

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

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN**  
**PHỤC VỤ QUY HOẠCH**  
**LƯU VỰC SÔNG TRÀ KHÚC**

MÃ SỐ: QT-03-21

CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI:

KS. NGUYỄN THANH SƠN

CÁN BỘ PHỐI HỢP:

THS. TRẦN NGỌC ANH

CN. NGÔ CHÍ TUẤN

THS. ĐẶNG QUÝ PHƯỢNG

**HÀ NỘI - 2002**

## BÁO CÁO TÓM TẮT

### a. Tên đề tài:

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN PHỤC VỤ QUY HOẠCH LƯU VỰC SÔNG TRÀ KHÚC

Mã số: QT-03-21

b. Chủ trì đề tài: KS. Nguyễn Thanh Sơn, Khoa KTTV&HDH

### c. Các cán bộ tham gia:

CN. Ngô Chí Tuấn, Khoa KTTV&HDH

ThS. Đặng Quý Phương, Khoa KTTV&HDH

ThS. Trần Ngọc Anh, Khoa KTTV&HDH

### d. Mục tiêu và nội dung nghiên cứu:

**Mục tiêu:** Lựa chọn, sử dụng mô hình toán để mô phỏng lũ do mưa lớn gây ra trên lưu vực sông Trà Khúc từ đó rút ra các kết luận về sử dụng đất trên lưu vực phục vụ công tác quy hoạch.

#### **Nội dung:**

Tổng quan các mô hình toán quy hoạch lưu vực, lựa chọn mô hình toán phù hợp để giải quyết bài toán phục vụ định hướng quy hoạch lưu vực sông Trà Khúc.

Mô phỏng lũ với điều kiện địa lý tự nhiên lưu vực sông Trà Khúc - tr. Sơn Giang, thử nghiệm các kịch bản sử dụng đất và rút ra các nhận xét phục vụ công tác quy hoạch lưu vực

### e. Các kết quả đạt được:

1. Tổng quan các mô hình toán thủy văn nói chung và các mô hình toán phục vụ quy hoạch lưu vực nói riêng, từ đó lựa chọn mô hình thích ứng với mục tiêu đề ra.
2. Thu thập bộ số liệu về mưa, dòng chảy, tập bản đồ địa hình, rừng, hiện trạng sử dụng đất và tổng quan các đặc điểm địa lý tự nhiên trên lưu vực nghiên cứu.
3. Xây dựng các bản đồ độ dốc, bản đồ lưới phân tử phục vụ tính toán theo mô hình sóng động học phương pháp phân tử hữu hạn
4. Lập chương trình và tính toán mô phỏng lũ theo thuật toán đã lựa chọn và ổn định bộ thông số mô hình
5. Thay đổi kịch bản sử dụng đất và đề xuất các kiến nghị về quy hoạch lưu vực

### f. Tình hình kinh phí của đề tài:

Kinh phí được cấp năm 2003: 20 triệu đồng

Đã được sử dụng vào các hạng mục như sau:

<b>STT</b>	<b>Nội dung công việc</b>	<b>Số tiền</b>
1	Văn phòng phẩm	800.000 đồng
2	Thông tin liên lạc	550.000 đồng
3	Tổ chức Hội thảo	1.877.000 đồng
4	Công tác phí	1.473.000 đồng
5.	Thuê khoán chuyên môn	12.000.000 đồng
6.	Phụ cấp chủ trì đề tài	1.100.000 đồng
7.	Quản lý phí (11%) (QL+DDN+DDT)	2.200.000 đồng
<b>Cộng</b>		<b>20.000.000 đồng</b>
<i>Hai mươi triệu đồng chẵn</i>		

XÁC NHẬN CỦA BAN CHỦ NHIỆM KHOA

CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI

PGS.TS. PHẠM VĂN HUẤN

NGUYỄN THANH SƠN

XÁC NHẬN CỦA TRƯỜNG

**Project:**

**APPLICATION OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR  
PLANNING OF TRAKHUC RIVER BASIN**

**Code:** QT-03-21

**Head of Project:**

1. Eng. Nguyen Thanh Son

**Member:** 1. BS. Ngo Chi Tuan

2. MS. Dang Quy Phuong

3. MS. Tran Ngoc Anh

**Objectives and scope of the study:**

The difficulties usually occur when applying directly the hydrological models to simulate the watershed's parameters because of the lack of detailed observed data.

A method of modelling the waterflow with analyzing the model's input using GIS techniques and unlimited quantity of elements of relative homogenous watershed's components was presented in this text.

The application of the model has shown the ability of the model to estimate the impact of changing of geographical conditions on the formation and development of waterflow on a basin, that is very useful tool for the catchment management and planning work.

XÁC NHẬN CỦA BAN CHỦ NHIỆM KHOA

CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI

PGS.TS. PHẠM VĂN HUẤN

NGUYỄN THANH SƠN

XÁC NHẬN CỦA TRƯỜNG

## MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	6
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HOÁ QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH DÒNG CHẢY TỪ BỀ MẶT LƯU VỰC	8
1.1. Phân loại các mô hình mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy sông	8
1.2. Mô hình thủy động lực học	13
1.3. Các mô hình nhận thức	20
1.4. Một số ứng dụng mô hình toán thủy văn ở Việt Nam	27
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP SCS VÀ MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN SÓNG ĐỘNG HỌC	29
2.1. Phương pháp SCS	30
2.2. Phương pháp phần tử hữu hạn	32
2.3. Chương trình diễn toán lũ	41
2.4. Kiểm tra mô hình	42
2.5. Nhận xét về khả năng sử dụng mô hình	42
CHƯƠNG 3. ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP SCS VÀ MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN SÓNG ĐỘNG HỌC MÔ PHỎNG LŨ VÀ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG MỘT SỐ ĐIỀU KIỆN MẶT ĐỆM ĐẾN QUÁ TRÌNH DÒNG CHẢY SÔNG TRÀ KHÚC - TRẠM SƠN GIANG	43
3.1. Điều kiện địa lý tự nhiên lưu vực sông Trà Khúc	43
3.2. Tổng quan tài liệu và phương pháp xử lý	51
3.3. Chương trình tính	58
3.4. Kết quả tính toán	60
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	73
TÀI LIỆU THAM KHẢO	75
CÁC PHỤ LỤC	77

## MỞ ĐẦU

Tài nguyên nước chiếm một vị thế quan trọng trong việc đánh giá tài nguyên lãnh thổ. Trong chiến lược quy hoạch lãnh thổ, ngoài việc đánh giá đúng đắn tài nguyên nước còn quan tâm đến vai trò của các điều kiện hình thành chúng, qua đó có thể loại bỏ, điều chỉnh sao cho có thể bảo vệ, sử dụng và tái tạo loại tài nguyên này theo hướng có lợi nhất, hay nói cách khác là duy trì chúng trong trạng thái phát triển bền vững.

Với các phương pháp tính toán tài nguyên nước truyền thống, trong điều kiện Việt Nam không phải điều đó lúc nào cũng có thể thực hiện được do sự thiếu số liệu quan trắc thường xuyên, so sự thiếu đồng bộ trong các tài liệu cập nhật. Để khắc phục điều đó, sử dụng mô hình toán gần như là con đường duy nhất để đạt được mục đích.

Nằm trong đới nhiệt ẩm, gió mùa có lượng mưa lớn, đạt trung bình 1960 mm, lại phân bố không đều trên toàn lãnh thổ, hàng năm Việt Nam chịu một sức ép về thiên tai lũ lụt và hạn hán.

Dòng chảy sông ngòi ở Việt Nam do mưa quyết định là chủ yếu, việc tập trung giải quyết mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy đã thu hút được sự quan tâm lớn của các nhà khoa học trong và ngoài nước [1, 2, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 23, 26, 30]. Các mô hình thủy văn tất định như SSAR, TANK, NAM, SWMM... trong lĩnh vực thủy văn công trình và dự báo đã thu được những kết quả đáng kể [10, 16, 18, 19, 24]. Tuy nhiên, việc ứng dụng rộng rãi các mô hình đó thường khó khăn trong việc dò tìm và hiệu chỉnh bộ thông số, đòi hỏi nhiều công sức và kinh nghiệm của người sử dụng. Việc mô phỏng các trận lũ lớn lại càng phức tạp hơn do thiếu các tài liệu thực tế về các quá trình dòng chảy trên bề mặt lưu vực. Việc xây dựng các mô hình mưa dòng chảy có khả năng phù hợp với các điều kiện địa lý tự nhiên ở nước ta luôn là vấn đề cấp thiết [1].

Mục tiêu của đề tài là phân tích, lựa chọn và xây dựng một mô hình tính toán mô phỏng lũ vừa đáp ứng khả năng phòng tránh thiên tai, vừa đáp ứng việc xây dựng, điều chỉnh quy hoạch trên lãnh thổ.

Ngày nay, trong điều kiện phát triển công nghệ thông tin, với các thiết bị máy tính tốc độ cao cho phép sử dụng các mô hình số. Việc khai thác số liệu bề mặt lưu vực có thể sử dụng công nghệ GIS để nhận các thông tin quan trọng đối với việc hình thành dòng chảy sườn dốc như địa hình, mạng lưới thủy văn, hiện trạng sử dụng đất, thảm

thực vật ... từ các bản đồ chuyên dụng[3, 4, 5, 6]. Qua tìm hiểu, phân tích các mô hình thuỷ động lực học, các phương pháp mô phỏng quá trình tổn thất, quá trình chảy trên sườn dốc và trong sông, đề tài lựa chọn phương pháp SCS để mô tả quá trình tổn thất và mô hình phân tử hữu hạn sóng động học để mô phỏng quá trình chảy trên sườn dốc và trong lòng dẫn [21].

Đề tài gồm 3 chương, mở đầu, kết luận, tài liệu tham khảo và phụ lục.

*Mở đầu:* Đặt vấn đề, tính cấp thiết, mục đích nghiên cứu của đề tài.

*Chương 1:* Tổng quan các phương pháp mô hình hoá quá trình hình thành dòng chảy từ bề mặt lưu vực

*Chương 2:* Cơ sở lý thuyết của phương pháp SCS và mô hình phân tử hữu hạn sóng động học

*Chương 3:* Áp dụng phương pháp SCS và mô hình phân tử hữu hạn sóng động học mô phỏng lũ và đánh giá ảnh hưởng một số điều kiện mặt đệm đến quá trình dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc - trạm Sơn Giang.

*Kết luận:* Trình bày các kết quả của đề tài, các hướng phát triển nghiên cứu trong các giai đoạn tiếp theo.

Sự hình thành dòng chảy sông là một quá trình phức tạp, tổ hợp nhiều yếu tố tác động tương hỗ. Việc mô phỏng dòng chảy trình bày trong đề tài mới chỉ là những bước đầu tiên, một số nhân tố do các nguyên nhân khách quan và chủ quan còn phải đơn giản hoá. Để mô phỏng chính xác hơn còn cần tập trung tìm tòi các mối quan hệ giữa các điều kiện đó. Mặc dù rất cố gắng, trong điều kiện hạn chế thời gian và tài liệu nên trong đề tài không thể tránh khỏi những khiếm khuyết.

## Chương 1

# TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HOÁ QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH DÒNG CHẢY TỪ BỀ MẶT LƯU VỰC

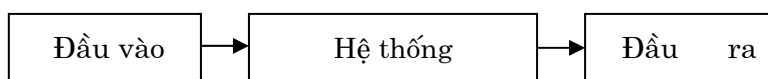
## 1.1 PHÂN LOẠI CÁC MÔ HÌNH MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH DÒNG CHẢY SÔNG

Có nhiều cách phân loại mô hình toán thuỷ văn tùy theo quan điểm và ý tưởng của người phân loại. Một trong các cách phân loại là dựa trên cơ sở xem xét sự phân bố của các biến vào và ra hệ thống trong các trường không gian, thời gian

Một cách khác, các mô hình toán thuỷ văn được phân loại thành: mô hình tất định và mô hình ngẫu nhiên. Mô hình ngẫu nhiên mô phỏng quá trình dao động của bản thân quá trình thuỷ văn mà không chú ý đến các nhân tố đầu vào tác động của hệ thống.

Mô hình tất định là mô hình mô phỏng quá trình biến đổi của các hiện tượng thuỷ văn trên lưu vực mà ta đã biết trước. Xét trên quan điểm hệ thống, các mô hình thuỷ văn tất định có các thành phần chính sau [ 9,13]:

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



Mô hình hoá các hệ thống thuỷ văn là ứng dụng các công cụ toán học và logic học để thiết lập các mối liên hệ định lượng giữa các đặc trưng dòng chảy và các yếu tố hình thành nó. Dưới dạng đơn giản, đó là các quan hệ thực nghiệm, các kỹ thuật về hộp đen... . Loại mô hình này không chú trọng mô phỏng cấu trúc bên trong của hệ thống mà chỉ liên kết các đầu vào và đầu ra của bài toán. Một dạng khác, các mô hình dựa trên cơ sở các phương trình vật lý - toán và các quan niệm lý luận về sự hình thành dòng chảy và được gọi là các mô hình thuỷ động lực học. Giữa hai dạng trên là các lớp mô hình nhận thức, liên kết logic các thành phần nhận thức được đơn giản hoá của quá trình thuỷ văn [1, 9]

Như vậy, dựa trên cơ sở cấu trúc vật lý, các mô hình mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy được phân loại thành các mô hình thuỷ động lực học, mô hình nhận thức và



mô hình hộp đen. Dựa vào sự xấp xỉ không gian, các mô hình thủy văn tất định còn được chia thành các mô hình thông số phân phối dải và các mô hình thông số tập trung. Sơ đồ phân loại các mô hình thủy văn tất định được trình bày ở trong hình 1.1.

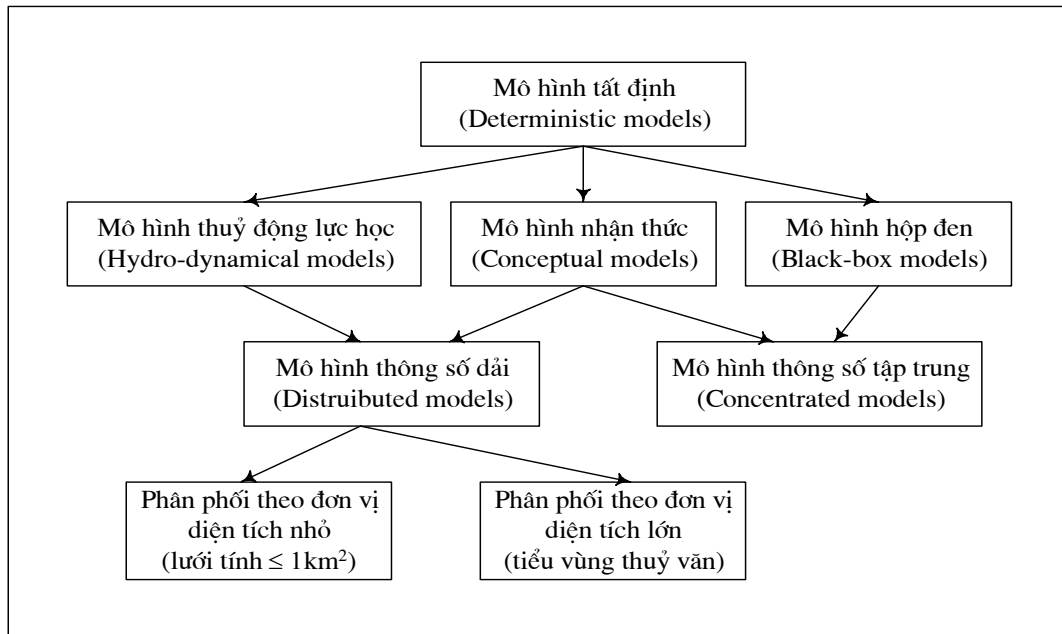
Theo Lương Tuấn Anh [ 1 ], khảo sát các mô hình thủy văn tất định, mô hình thủy động lực học có cơ sở lý thuyết chặt chẽ nhất và có khả năng đánh giá tác động của lưu vực quy mô nhỏ đến dòng chảy. Tuy nhiên, việc chia lưu vực thành các lưới nhỏ hơn hoặc bằng 1 km<sup>2</sup> đã tạo ra cho mô hình rất nhiều thông số (Bảng 1.1) và số liệu đầu vào đòi hỏi rất chi tiết, khó đáp ứng dù là đối với cả các lưu vực thực nghiệm.

**Bảng 1.1 Đặc điểm của các thông số trong mô hình thủy văn tất định**

Loại mô hình	Số liệu vào, kết quả tính và các biến trung gian	Đặc điểm của các thông số của mô hình
1. Mô hình phân phối dải theo các đơn vị diện tích nhỏ	$U(x, y, z, t)$	$K(x, y, z)$
2. Mô hình phân phối dải theo tiểu vùng thủy văn	$U_{ij}(t)$	$K_{ij}$
3. Mô hình thông số tập trung	$U_j(t)$	$K_j$
i: Ký hiệu tiểu vùng thủy văn j: Ký hiệu các tầng (tầng mặt, tầng ngầm, ...)		

Việc ứng dụng các mô hình nhận thức thông số dải theo tiểu vùng thủy văn sẽ giảm được nhiều thông số và có khả năng đánh giá được tác động của lưu vực quy mô trung bình đến dòng chảy. Tuy nhiên, các mô hình loại này còn ít được phổ biến rộng rãi và việc ứng dụng chúng đòi hỏi sự kết hợp với các phương tiện kỹ thuật nhất định như việc ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS) có các chức năng xử lý bản đồ và thông tin viễn thám [21].

Trong số các mô hình tất định, các mô hình thông số tập trung là mô hình có ít thông số nhất, dễ sử dụng và được ứng dụng rộng rãi. Các mô hình đơn giản nhất như các quan hệ thực nghiệm, mô hình đường đơn vị ... đã và sẽ còn chứng tỏ được tính hiệu quả trong tính toán thủy văn và dự báo dòng chảy ở những hoàn cảnh thực tế nhất định.



**Hình 1.1 Phân loại các mô hình thủy văn tất định**

Như vậy, có khá nhiều mô hình thủy văn để lựa chọn và áp dụng trong thực tế. Tuy nhiên, theo A. Becker [ 27] việc lựa chọn từng mô hình phụ thuộc vào từng mục đích, đối tượng nghiên cứu, tình hình số liệu sẵn có, đồng thời phụ thuộc vào điều kiện địa lý tự nhiên của vùng nghiên cứu (bảng 1..2)

Về cấu trúc, các mô hình thủy văn tất định đơn giản hay phức tạp gồm các bài toán thành phần sau:

- Diễn toán dòng chảy
- Tính lượng mưa sinh dòng chảy (hay còn gọi là lượng mưa hiệu quả hoặc dòng chảy tràn)
- Cấu trúc tầng của mô hình (hay là các bề tuyến tính phản ánh cơ chế hình thành dòng chảy trên lưu vực, dòng chảy mặt, dòng chảy ngầm,...)
- Xác định bộ thông số của mô hình.

Các phương pháp diễn toán dòng chảy thường dựa trên cơ sở hệ phương trình bảo toàn và chuyển động của chất lỏng. Lượng mưa hiệu quả hoặc lượng tổn thất dòng chảy có thể được ước tính thông qua phương trình khuếch tán ẩm, phương trình Boussinerq [18,32], phương pháp lý luận - thực nghiệm của Alechsseep [25], các phương trình thấm thực nghiệm của Green-Ampt, Horton, Phillip [28], Holtan[34], phương pháp SCS [28], phương trình cân bằng nước hoặc phương pháp hệ số dòng chảy [2, 8, 10].

**Bảng 1.2 Mục đích, đối tượng ứng dụng các mô hình thủy văn tất định**

STT	Mục đích đối tượng ứng dụng mô hình	Bước thời gian	Xấp xỉ không gian
1	Kế hoạch hoá dài hạn về sử dụng và quản lý nguồn nước, trong đó bao gồm việc lập kế hoạch, phát triển các cấu trúc mới, chiến lược phát triển	1 tháng, 1 tuần	Mô hình thông số tập trung hoặc mô hình phân phối theo tiểu vùng thủy văn
2	Đánh giá tác động của sự biến đổi trong sử dụng đất quy mô vừa, biến đổi khí hậu và các tác động khác của con người đến dòng chảy, tài nguyên nước	1 tháng, 1 tuần	Mô hình phân phối theo tiểu vùng thủy văn
3	Đánh giá tác động của sự biến đổi trong sử dụng đất quy mô nhỏ đến dòng chảy, xói mòn lưu vực, ...	1 ngày, 6 giờ hoặc 1 giờ	Mô hình phân phối dải theo lưới tính (mô hình thủy động lực học)
4	Dự báo hạn vừa, nhất là thời kỳ hạn hán	1 tháng, 1 tuần	Mô hình thông số tập trung hoặc mô hình thông số dải theo tiểu vùng thủy văn
5	Ngoại suy chuỗi dòng chảy	1 ngày 1 tuần 1 tháng	Mô hình thông số tập trung hoặc mô hình thông số dải theo tiểu vùng thủy văn
6	Xây dựng chiến lược phòng lũ, thiết kế hồ chứa, hệ thống hồ chứa	1 ngày, 6 giờ hoặc 1 giờ	Mô hình thông số dải theo tiểu vùng thủy văn
7	Tính toán dòng chảy lũ thiết kế	1 ngày, 6 giờ hoặc 1 giờ	Mô hình thông số tập trung hoặc mô hình thông số dải theo tiểu vùng thủy văn
8	Phân tích tác nghiệp, dự báo ngắn hạn	1 giờ, 6 giờ hoặc 1 ngày	Mô hình thông số tập trung hoặc mô hình thông số dải theo tiểu vùng thủy văn

Lựa chọn và xác định các thông số của mô hình được thực hiện dựa trên cơ sở phương pháp giải các bài toán ngược, phương pháp thử sai và các phương pháp tối ưu hoá [13, 30, 35].

Từ 1935 Horton [1, 28] đã chỉ ra rằng trong cơ chế hình thành dòng chảy, cường độ mưa vượt thấm là điều kiện cơ bản của sự hình thành dòng chảy mặt. Hàm lượng nước thổ nhưỡng trong tầng đất thoáng khí vượt lượng nước đồng ruộng là điều kiện cơ bản để sinh dòng chảy ngầm. Lý luận về sự hình thành dòng chảy này đã nói rõ điều kiện hình thành dòng chảy ở tầng đất thoáng khí có cấu tạo đất đồng nhất. Nhưng nó không giải thích được cơ chế hình thành dòng chảy ở tầng đất thoáng khí không đồng nhất và tầng mặt có cường độ thấm rất lớn.

Năm 1949, trong chuyên khảo " Lý thuyết dòng chảy sườn dốc" Bephanhi A. N. [20, 26] đã đưa ra lý thuyết về sự hình thành dòng chảy mưa rào. Trong đó, sự hình thành dòng chảy sườn dốc được chia ra 4 dạng: dòng vượt thấm, với cường độ mưa lớn hơn cường độ thấm (còn gọi là dòng chảy treo); dòng chảy bão hoà khi lượng mưa rơi vượt quá khả năng chứa thấm (còn gọi là dòng chảy tràn); trong một số điều kiện thổ nhưỡng và cấu trúc đất đá nhất định còn hình thành dòng chảy sát mặt (dòng chảy trong hành lang cuội sỏi) và chảy trong tầng ngầm đất đá (dòng chảy trong đất) diễn ra theo hai cơ chế là dòng chảy bão hoà và dòng chảy không bão hoà. Dòng chảy bão hoà thường xảy ra ở vùng đủ ẩm ( $X > PET$ ) xuất hiện theo tầng đất ở phẫu diện như sau:

- Dòng chảy mặt xuất hiện ở tầng mặt của sườn dốc.
- Dòng chảy sát mặt (xuất hiện trước nhất sau đến dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm) hình thành trong tầng đất từ mặt lưu vực đến tầng ít thấm tương đối (chủ yếu đất tầng này là đất mùn, tối xốp), tầng đất này còn gọi là tầng rễ cây hoạt động.
- Dòng chảy ngầm hình thành từ mặt ít thấm tương đối đến tầng không thấm.

Dòng chảy vượt thấm thường xuất hiện ở vùng thiếu ẩm hoặc hụt ẩm từng thời kỳ ( $X > PET$ ). Khi có cường độ mưa lớn, khả năng thấm kém dòng chảy chỉ còn hai thành phần chính là dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm. Dòng chảy vượt thấm còn xuất hiện ở các nơi đủ ẩm nhưng có kết cấu thổ nhưỡng tầng mặt là tầng ít thấm tương đối. Như vậy, theo lý thuyết Bephanhi, dòng chảy sườn dốc có cấu trúc ba tầng đối với cơ chế bão hoà và hai tầng đối với cơ chế vượt thấm.

Các lý luận hiện nay về cơ chế hình thành dòng chảy hầu như đã bỏ qua ảnh hưởng của địa hình và kết cấu thổ nhưỡng, và đó chính là nhược điểm của chúng.

Việc ứng dụng các lý thuyết về cơ chế hình thành dòng chảy trong việc mô hình

hoá các quá trình thuỷ văn cũng rất đa dạng. Nhiều tác giả chỉ mô phỏng dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm. Một số khác lại mô phỏng đủ cả dòng chảy mặt, sát mặt, dòng chảy ngầm, dòng chảy tầng sâu, ... .

Nước ta nằm ở vùng đủ ẩm. Đối với các sông suối vừa và nhỏ ở miền Trung, do địa hình dốc, tầng đất xốp, mùn mỏng, rừng bị suy giảm, khi có mưa với cường độ lớn đất bị xói mòn nên dòng chảy tập trung nhanh chủ yếu do tác dụng của trọng lực (độ dốc) nên việc mô phỏng dòng chảy mặt bằng cách ghép thành phần dòng chảy mặt và dòng chảy sát mặt trong nhiều trường hợp là có thể chấp nhận được.

Việc sử dụng cách tiếp cận mô hình hoá để diễn toán dòng chảy tại mặt cắt của ra của lưu vực tự trung phụ thuộc vào độ chính xác của việc xác định mưa hiệu quả và việc xác định các thông số điều khiển của hệ thống (lưu vực), điều này, về phần mình, lại phụ thuộc rất nhiều vào nhận thức về các điều kiện địa lý tự nhiên và cách mô phỏng chúng của người sử dụng mô hình.

Trong cách tiếp cận mô hình hoá đối với các bài toán thuỷ văn thường nhằm tới hai mục đích:

1. Khảo sát hiện trạng bằng các bộ số liệu mưa, bề mặt lưu vực để xác định bộ thông số tối ưu, mô phỏng chính xác nhất quá trình dòng chảy, phục vụ các tính toán thiết kế và dự báo.

2. Trên cơ sở mô hình được lựa chọn, tác động đến lưu vực nhằm tạo ra bộ thông số mặt đệm có lợi nhất cho mục đích quy hoạch.

Trong các mục tiếp sau sẽ trình bày tóm tắt một số lớp mô hình, chủ yếu đi sâu vào phân tích cơ sở của phương pháp, điểm mạnh và hạn chế của mỗi lớp mô hình đối với việc mô phỏng dòng chảy từ bề mặt lưu vực, đồng thời giới thiệu một số phương pháp tính đang được các nhà khoa học quan tâm như: phương pháp phân tử hữu hạn, phương pháp luân hướng, ... . nhằm lựa chọn một giải pháp thích hợp nhất giải quyết bài toán quy hoạch lưu vực từ góc độ thuỷ văn học.

## 1.2. MÔ HÌNH THUỶ ĐỘNG LỰC HỌC

Mô hình thuỷ động lực học dựa trên cơ sở xấp xỉ chi tiết không gian lưu vực và tích phân số trị các phương trình đạo hàm riêng mô tả các quá trình vật lý diễn ra trên lưu vực như phương trình bảo toàn và chuyển động của chất lỏng. Đối với các mô hình thuỷ động lực học, mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy sông được chia làm hai giai đoạn: chảy trên sườn dốc và trong lòng dẫn.

### 1.2.1. Mô hình thủy động lực học hai chiều mô phỏng dòng chảy sườn dốc

Khi xây dựng các mô hình động lực học hai chiều mô phỏng dòng chảy sườn dốc, người ta thường giả thiết rằng chuyển động của nước trên bề mặt lưu vực xảy ra dưới dạng lớp mỏng liên tục. Các kết quả khảo sát thực địa cho thấy, dòng chảy mặt liên tục chỉ quan sát được trong khoảng thời gian không lớn và ít khi bao quát được một diện tích rộng. Lớp nước hình thành nhanh chóng chuyển vào hệ thống rãnh suối. Tuy nhiên, nếu bỏ qua thời gian chảy tập trung đến các rãnh suối, khi đó, có thể mô phỏng dòng chảy của các rãnh suối trên sườn dốc và dòng chảy lớp mỏng cũng bằng một hệ phương trình. Bản chất liên tục của dòng chảy cũng được đề cập đến trong công trình của A.N. Bephanhi và cộng sự [26]. Mô hình động lực học hai chiều được xây dựng dựa trên cơ sở phương trình Navie Stoc, áp dụng cho dòng chảy sườn dốc với các thành phần được lấy trung bình theo trục thẳng đứng Oz [ 9, 31] :

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial(U, h)}{\partial x} + \frac{\partial(V, h)}{\partial y} + \frac{\partial(h)}{\partial t} = R - I \quad (1.1)$$

- Phương trình chuyển động

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} &= g \left( S_{ox} - \frac{T_{ox}}{\rho gh} \right) - (R - I) \frac{U}{h} - \frac{\partial(\Lambda R)}{\partial x} \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial y} &= g \left( S_{oy} - \frac{T_{oy}}{\rho gh} \right) - (R - I) \frac{V}{h} - \frac{\partial(\Lambda R)}{\partial y} \end{aligned} \quad (1.2)$$

trong đó:

- U, V - Vận tốc được trung bình hoá theo trục Oz ứng với trục Ox, Oy tương ứng;
- h - Độ sâu lớp dòng chảy;
- S<sub>ox</sub>, S<sub>oy</sub> - Độ dốc sườn dốc theo trục Ox, Oy tương ứng;
- T<sub>ox</sub>, T<sub>oy</sub> - ứng suất tiếp theo hướng Ox và Oy;
- R - Cường độ mưa;
- I - Cường độ thấm;
- Λ - Vận tốc hạt mưa.

Đại lượng  $S_{fx} = \frac{T_{ox}}{\rho gh}$  và  $S_{fy} = \frac{T_{oy}}{\rho gh}$  chính là độ dốc thủy lực theo hướng Ox và Oy

tương ứng và thường được xác định theo công thức Sêzi như sau:

$$S_{fx} = \frac{U\sqrt{U^2 + V^2}}{C^2 \cdot h}$$

và 
$$S_{fy} = \frac{V\sqrt{U^2 + V^2}}{C^2 \cdot h}$$

Trong đó: C - Hệ số Sêzi

Theo các số liệu phân tích và thực nghiệm, các thành phần của hệ phương trình có trị số xấp xỉ trong khoảng sau:

$\frac{\partial U}{\partial t}$	$U \frac{\partial U}{\partial x}$	$V \frac{\partial U}{\partial y}$	$g \frac{\partial h}{\partial x}$	$\frac{U}{h}(R-I)$	$gS_f$	$\frac{\partial(\Lambda R)}{\partial x}$
$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-7}$

Theo số liệu cho thấy thành phần  $\frac{\partial(\Lambda R)}{\partial x}$  nhỏ hơn nhiều so với các thành phần khác, có thể bỏ qua. Khi đó, phương trình động lực 2 chiều diễn toán dòng chảy sườn dốc có dạng sau:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(Uh)}{\partial x} + \frac{\partial(Vh)}{\partial y} = \frac{\partial h}{\partial t} + U \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial h}{\partial y} + h \frac{\partial V}{\partial y} = (R-I) \quad (1.3)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(S_{ox} - S_{fx}) - (R-I) \frac{U}{h} \quad (1.4)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial y} = g(S_{oy} - S_{fy}) - (R-I) \frac{V}{h}$$

Hệ phương trình (1.3), (1.4) được giải bằng các phương pháp số trị. Hiện nay, một trong những phương pháp số trị có nhiều ưu điểm để giải hệ phương trình thủy động lực học đối với các sườn dốc có hình dạng và địa hình phức tạp là phương pháp phần tử hữu hạn [12, 21, 30]

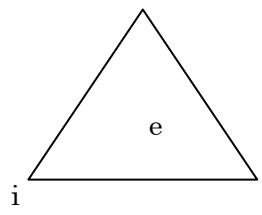
Theo phương pháp phần tử hữu hạn, mặt sườn dốc được chia thành các phần tử. Các phần tử có thể là hình tam giác, tứ giác đều hoặc không đều có kích thước khác nhau. Trong trường hợp tổng quát, các phần tử tam giác được lựa chọn (hình 1.2)

Các ẩn hàm  $U(x, y, t)$ ,  $V(x, y, t)$ ,  $h(x, y, t)$  trong mỗi phần tử được xấp xỉ như sau:

$$U \approx \sum_{i=1}^N U_i(t) F_i(x, y)$$

$$V \approx \sum_{i=1}^N V_i(t) F_i(x, y)$$

$$h \approx \sum_{i=1}^N h_i(t) F_i(x, y)$$



Hình 1.2. Phần tử tam giác

trong đó:

$F_i$  - Hàm nội suy thường được xấp xỉ theo quan hệ tuyến tính như sau:

$$F_i = \frac{1}{2\Delta}(a_i + b_i x + c_i y)$$

$$\begin{array}{lll} a_i = x_j y_k - x_k y_j & b_i = y_j - y_k & c_i = x_k - x_j \\ a_j = x_k y_i - x_i y_k & b_j = y_k - y_i & c_j = x_i - x_k \\ a_k = x_i y_j - x_j y_i & b_k = y_i - y_j & c_k = x_j - x_i \end{array}$$

Áp dụng phương pháp Galerkin cho hệ (1.3), (1.4) đối với điểm  $i$  được:

$$\begin{aligned} \iint_{\Omega} \left\{ \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S_{ox} - S_{fx}) - (R - I) \frac{U}{h} \right\} F_i d\Omega &= 0 \\ \iint_{\Omega} \left\{ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial y} - g(S_{oy} - S_{fy}) - (R - I) \frac{V}{h} \right\} F_i d\Omega &= 0 \\ \iint_{\Omega} \left\{ \frac{\partial h}{\partial t} + U \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial h}{\partial y} + h \frac{\partial V}{\partial y} - (R - I) \right\} F_i d\Omega &= 0 \quad (1.5) \end{aligned}$$

trong đó:

$\Omega$  - Miền giới hạn bởi sườn dốc.

Hệ phương trình (5) được biến đổi về dạng sau:

$$\begin{aligned} \sum_1^{Ne} \left\{ A_{ij} \frac{dU_i}{dt} + B_{ij} U_i + D_i^x h_i + a_1 (S_{ox} - S_{fx})_i - a_2 (R - I)_i \frac{U_i}{h_i} \right\} &= 0 \\ \sum_1^{Ne} \left\{ A_{ij} \frac{dV_i}{dt} + B_{ij} V_i + D_i^y h_i + a_1 (S_{oy} - S_{fy})_i - a_2 (R - I)_i \frac{V_i}{h_i} \right\} &= 0 \\ \sum_1^{Ne} \left\{ A_{ij} \frac{dh_i}{dt} + B_{ij}^x U_i + B_{ij}^y V_i + B_{ij} h_i - a_2 (R - I)_i \right\} &= 0 \quad (1.6) \end{aligned}$$

trong đó:

Ne- Số các phần tử của lưới tính

Các hệ số được xác định theo các biểu thức sau:

$$\begin{aligned} A_{ij} &= \iint_{\Delta} F_i F_j d\Delta = \begin{cases} \Delta/6 & \text{Nếu } i = j \\ \Delta/12 & \text{Nếu } i \neq j \end{cases} = \delta_{ij} \\ B_{ij} &= \sum_k U_k \iint_{\Delta} F_k F_j \frac{\partial F_i}{\partial x} dx dy + \sum_k V_k \iint_{\Delta} F_k F_j \frac{\partial F_i}{\partial y} dx dy \\ D_i^x &= \iint_{\Delta} g F_j \frac{\partial F_i}{\partial x} dx dy & D_i^y &= \iint_{\Delta} g F_j \frac{\partial F_i}{\partial y} dx dy \\ a_1 &= g \iint_{\Delta} F_j dx dy & a_2 &= \iint_{\Delta} F_j dx dy \end{aligned}$$



$$B_{ij}^x = \sum_k h_k \iint_{\Delta} F_k F_j \frac{\partial F_i}{\partial x} dx dy$$

$$B_{ij}^y = \sum_k h_k \iint_{\Delta} F_k F_j \frac{\partial F_i}{\partial y} dx dy$$

$\Delta$  - Diện tích của phần tử e

Để nhận thấy rằng:

$$\frac{\partial F_i}{\partial x} = b_i \quad \frac{\partial F_i}{\partial y} = c_i \quad \iint_{\Delta} F_j dx dy = \frac{\Delta}{3}.$$

Nên các hệ số của phương trình (1.6) có thể viết gọn lại như sau:

$$B_{ij} = \sum_k U_k \delta_{kj} b_i + V_k \delta_{kj} c_i$$

$$D_i^x = g \frac{\Delta}{3} b_i$$

$$D_i^y = g \frac{\Delta}{3} c_i$$

$$a_1 = g \frac{\Delta}{3}$$

$$a_2 = \frac{\Delta}{3}$$

$$B_{ij}^x = \sum_k h_k \delta_{kj} b_i$$

$$B_{ij}^y = \sum_k h_k \delta_{kj} c_i$$

Hệ phương trình (1.6) sau khi tổng hợp cho tất cả các phần tử thuộc sườn dốc có dạng phương trình ma trận:

$$[A] \frac{d\{W\}}{dt} = \{T\} \quad (1.7)$$

Trong đó:

$[A]$  - Ma trận dải theo đường chéo;

$\{W\}, \{T\}$  - Véc tơ.

Phương trình (1.7) được giải theo sơ đồ hiện như sau:

$$[A]\{W\}_{t+\Delta t} = [A]\{W\}_t + \Delta t \{T\} \quad (1.8)$$

Phương trình (1.8) với điều kiện ban đầu  $\{W\}_{t=0}$  và điều kiện biên tại ranh giới lưu vực.  $\{W\}_{\Gamma=0}$  được biến đổi về hệ phương trình đại số tuyến tính:

$$[A]\{Z\} = \{B\} \quad (1.9)$$

Trong đó:

$\{Z\}$  - Ẩn số cần tìm là U, V, h tại thời điểm  $(t + \Delta t)$ ;

$\{B\}$  - Véc tơ cho trước;

$[A]$  - Ma trận cho trước.

Phương trình (1.9) có thể giải được bằng các phương pháp giải hệ phương trình đại số tuyến tính thông thường.

Mô hình sóng động lực hai chiều mô phỏng dòng chảy sườn dốc có ưu 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 các 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 bị hạn chế.

### 1.2.2. Mô hình sóng động học hai chiều

Trong phương trình động lực học (1.1), (1.2) nếu bỏ qua các thành phần quán tính, đạo hàm lớp nước theo chiều dài sườn dốc và các thành phần tính đến hiệu ứng động lực của mưa, có thể nhận được phương trình sóng động học hai chiều mô tả chuyển động của nước theo sườn dốc trong điều kiện cân bằng của lực cản và trọng lực [1.6].

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = R - I \quad (1.10)$$

$$q_x = ch^{3/2} \frac{i_x}{\sqrt{|\text{grad} \eta|}}$$

$$q_y = ch^{3/2} \frac{i_y}{\sqrt{|\text{grad} \eta|}} \quad (1.11)$$

Trong đó:

C - Hệ số Sêzi;

R - Cường độ mưa;

I - Cường độ thấm;

$i_x, i_y$  - Độ dốc sườn dốc theo hướng 0x và 0y;

$$\text{grad} \eta = \sqrt{i_x^2 + i_y^2}$$

Để tính lượng tổn thất dòng chảy, mô hình sóng động học hai chiều sử dụng phương trình khuếch tán ẩm:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ D(\Psi) \frac{\partial \Psi}{\partial z} - K(\Psi) \right\} \quad (1.12)$$

$$I = \left\{ -D(\Psi) \frac{\partial \Psi}{\partial z} - K(\Psi) \right\}_{z=0}$$

trong đó:

$\Psi$  - Độ ẩm thể tích của đất;

$D(\Psi)$  - Hệ số khuếch tán ẩm;

$K(\Psi)$  - Hệ số truyền ẩm thủy lực.

Dòng chảy ngầm được ước tính dựa trên nguyên lý "xếp chồng"[32] như sau:

$$Q_N(a, b, t) = \int_0^t \int_d^e \int_{\varphi_1(x)}^{\varphi_2(x)} \frac{\sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2}}{2(\pi D_o)^{1/2} (t-\tau)^{3/2}} * \\ * \exp \left\{ - \frac{\left[ c_o(t-\tau) - \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2} \right]^2}{4D_o(t-\tau)} \right\} I(t-\tau, x, y) dx dy d\tau$$

trong đó:

- $a, b$  - Tọa độ mặt cắt cửa ra;
- $c, d$  - Tọa độ biên theo trục hoành;
- $\varphi_1(x), \varphi_2(x)$  - Đường cong giới hạn lưu vực.

Để tích phân phương trình sóng động học hai chiều (1.10), (1.11), trong [32] đã ứng dụng phương pháp luân hướng. Theo phương pháp này, trong khoảng thời gian từ  $t$  đến  $t+\Delta t$ , nửa bước thời gian đầu  $(t, t+\Delta t/2)$  hệ phương trình được xấp xỉ bằng sơ đồ ẩn theo hướng  $x$  và sơ đồ hiện theo hướng  $y$  còn nửa bước thời gian sau  $(t+\Delta t/2, t+\Delta t)$  sơ đồ hiện ứng dụng theo trục  $Ox$  và sơ đồ ẩn theo trục  $Oy$ .

$$\frac{h_{ij}^{t+\Delta t/2} - h_{ij}^t}{0.5\Delta t} = \frac{(q_x)_{i,j}^{t+\Delta t/2} - (q_x)_{i-1,j}^{t+\Delta t/2}}{\Delta x} + \frac{(q_y)_{i,j}^t - (q_y)_{i,j-1}^t}{\Delta y} + (R-I)^t$$

$$\frac{h_{ij}^{t+\Delta t} - h_{ij}^{t+\Delta t/2}}{0.5\Delta t} = \frac{(q_x)_{i,j}^{t+\Delta t/2} - (q_x)_{i-1,j}^{t+\Delta t/2}}{\Delta x} + \frac{(q_y)_{i,j}^{t+\Delta t} - (q_y)_{i,j-1}^{t+\Delta t}}{\Delta y} + (R-I)^t$$

$$(q_x)_{ij}^t = c(h_{ij})^{3/2} \frac{(i_x)_{ij}}{\sqrt{|grad \eta|_{ij}}} \quad (q_y)_{ij}^t = c(h_{ij})^{3/2} \frac{(i_y)_{ij}}{\sqrt{|grad \eta|_{ij}}}$$

Thông thường, phương trình sóng động học một chiều được ứng dụng để tính diễn toán dòng chảy trong lòng sông:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1.13)$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A$$

trong đó:

- $q$  - Lượng nhập lưu khu giữa;
- $S$  - Độ dốc lòng sông.

Phương trình khuếch tán âm (1.12) và phương trình sóng động học (1.13) được giải bằng phương pháp sai phân. Như vậy, mô hình sóng động học hai chiều đã có thể áp dụng vào tính toán thực tế. Tuy nhiên, thực chất các kết quả tính toán mới chỉ ở mức độ thực nghiệm số trị chưa có khả năng ứng dụng phổ biến.

Ngoài ra, một mô hình có nhiều triển vọng ứng dụng trong tương lai là mô hình hệ thống thủy văn Châu Âu viết tắt là SHE (European Hydrologic System). Mô hình thuộc loại thông số dải và được phát triển từ các phương trình đạo hàm riêng mô tả các quá trình vật lý diễn ra trên lưu vực: tích nước, bốc thoát hơi nước, dòng chảy tràn trên sườn dốc, trong lòng dẫn, chuyển động của nước trong các tầng đất bão hoà và không bão hoà, tuyết tan [9, 31].

Mô hình này có khả năng đánh giá tác động của môi trường đến dòng chảy sông do mức độ phức tạp của nó chưa cho phép sử dụng rộng rãi.

### 1.2.3. Mô hình sóng động học một chiều

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

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1.14)$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A$$

trong đó

Q - Lưu lượng dòng chảy sườn dốc hoặc trong sông;

q - Lượng mưa sinh dòng chảy đối với dòng chảy sườn dốc và lượng nhập lưu khu giữa đối với lòng dẫn;

A - Mặt cắt ướt của dòng chảy trên sườn dốc hay lòng dẫn;

S - Độ dốc sườn dốc hoặc độ dốc lòng sông.

Việc khảo sát phương trình (1.14) đã được tiến hành trong nhiều công trình nghiên cứu [1, 9, 21, 32] và rút ra kết luận là thích hợp nhất đối với dòng chảy sườn dốc và thích hợp với lòng dẫn có độ dốc tương đối lớn. Một trong cách tiệm cận mô phỏng dòng chảy sườn dốc bằng mô hình sóng động học một chiều có nhiều triển vọng nhất là mô hình phân tử hữu hạn. Chi tiết về phương pháp này sẽ được bàn trong chương 2.

## 1.3. CÁC MÔ HÌNH NHẬN THỨC

### 1.3.1. Cơ sở diễn toán dòng chảy

Cơ sở ban đầu của phương pháp diễn toán dòng chảy trong các mô hình nhận thức là hệ phương trình Saint-Venant:

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

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S_0 - S_r) = 0 \quad (1.16)$$

Từ phương trình liên tục (1.15), tích phân theo mặt cắt 1-1 và 2-2, thu được:

$$\int_1^2 \frac{\partial A}{\partial t} dx = - \int_1^2 \frac{\partial Q}{\partial x} dx \quad (1.17)$$

Theo công thức Leibniz, phương trình (1.17) có thể viết thành:

$$\frac{d}{dt} \int_1^2 A(x, t) dx = - [Q(x, t)]_1^2 \quad (1.18)$$

Do  $\int_1^2 A(x, t) dx = S(t)$ , nên phương trình (1.18) trở thành:

$$\frac{dS(t)}{dt} = Q_1(t) - Q_2(t) \quad (1.19)$$

Phương trình (1.19) còn được gọi là phương trình cân bằng nước của đoạn sông. Trong cách tiếp cận hệ thống, nếu xem  $S(t)$  - lượng trữ nước của lưu vực (cm),  $Q_1(t) = R(t)$  - lượng mưa sinh dòng chảy (cm/h) hay còn gọi là lượng mưa hiệu quả và  $Q_2(t) = Q(t)$  - lưu lượng nước tại mặt cắt cửa ra của lưu vực (cm/h), khi đó phương trình (1.19) có dạng sau:

$$\frac{dS(t)}{dt} = R(t) - Q(t) \quad (1.20)$$

Phương trình cân bằng nước lưu vực (1.20) là một phương trình cơ bản để diễn toán dòng chảy trong phần lớn các mô hình nhận thức [9, 13]. Từ (1.16) thay  $Q = A.V$ , phương trình chuyển động trở thành:

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} - S_o - S_f = 0 \quad (1.21)$$

trong đó:  $V$ : tốc độ dòng chảy;

$h$ : độ sâu dòng chảy;

$S_o$ : độ dốc đáy;

$S_f$ : độ dốc cản.

Trong dòng chảy ổn định  $S_o = S_f$  và lưu lượng  $Q_r$  xác định theo công thức Sêzi:

$$Q_r = C A h^n \sqrt{S_o} = f(h) \quad (1.22)$$

trong đó:  $n$ : hệ số mũ.

Theo (1.22), lưu lượng dòng ổn định luôn phụ thuộc đơn trị vào độ sâu dòng chảy  $h$ . Tương tự như vậy, trong dòng không ổn định:

$$Q = C A h^n \sqrt{S_f} \quad (1.23)$$

Từ (1.22), (1.23) có thể viết như sau:

$$Q = Q_r \sqrt{S_r / S_o} \quad (1.24)$$

### 1.3.2. Một số mô hình nhận thức

*Mô hình của Trung tâm Khí tượng Thủy văn Liên Xô (HMC):* Mô hình này mô phỏng quá trình tổn thất dòng chảy của lưu vực và sau đó ứng dụng cách tiệm cận hệ thống để diễn toán dòng chảy tới mặt cắt cửa ra của lưu vực [1, 32].

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

$$P = h - E - I \quad (1.25)$$

trong đó: h - Cường độ mưa trong thời đoạn tính toán (6h, 24h, ...);

E - Lượng bốc thoát hơi nước;

I - Cường độ thấm trung bình.

Lượng bốc thoát hơi nước trên lưu vực được ước tính từ phương trình sau:

$$E = (K_1 D + K_2 Du) e^{-d/w} \quad (1.26)$$

trong đó: D - Lượng thiếu hụt ẩm của không khí;

u - Vận tốc gió;

K1, K2, W - Các thông số;

d - Lượng thiếu hụt ẩm của đất được ước tính từ phương trình cân bằng nước:

$$d = W - \int_{t_0}^t (E + Q + I - h) d\tau$$

trong đó: Q - Lưu lượng tại cửa ra và  $t_0$  - thời điểm khi  $d = 0$ .

Cường độ thấm trung bình được xác định theo công thức:

$$I = \frac{d}{K_3} + i_0 \quad (1.27)$$

trong đó:  $K_3, i_0$  - Các thông số thực nghiệm.

Lượng dòng chảy mặt được tính từ lượng mưa hiệu quả bằng phương trình:

$$P_s = P_r \left[ 1 - e^{-m} \int_{t_n}^t P dt \right] \quad (1.28)$$

trong đó:  $t_n$  - Thời gian bắt đầu dòng chảy;

r, m - Các thông số.

Lượng dòng chảy ngầm được tính từ phương trình:

$$P_i = i_0 e^{-K_4 d} \quad (1.29)$$

trong đó:  $K_4$  - thông số thực nghiệm.

Lượng dòng chảy mặt và ngầm được tính diễn toán riêng rẽ. Do đó, quá trình lưu lượng được tính từ phương trình:

$$Q(t) = \int_0^t h_1(t-\tau)P_s(\tau)d\tau + \int_0^t h_2(t-\tau)P_i(\tau)d\tau$$

trong đó:  $h_1(t), h_2(t)$  - là hàm ảnh hưởng.

Mô hình gồm 12 thông số:  $K_1, K_2, K_3, K_4, i_0, m, r, w$  và 4 thông số khác của hàm ảnh hưởng.

*Mô hình SSARR* do Rockwood D. (1957), gồm 3 thành phần cơ bản [13, 20]:

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

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

$$\left[ \frac{I_1 + I_2}{2} \right] \Delta t - \left[ \frac{O_1 + O_2}{2} \right] \Delta t = S_2 + S_1 \quad (1.30)$$

Phương trình lượng trữ của hồ chứa là :

$$\frac{dS}{dt} = T_s \frac{dQ}{dt} \quad (1.31)$$

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

*Mô hình TANK* [9, 13] được phát triển tại Trung tâm Nghiên cứu Quốc gia về phòng chống thiên tai tại Tokyo, Nhật Bản. Theo mô hình này, lưu vực được mô phỏng bằng chuỗi các bể chứa theo tầng, phù hợp với phẫu diện đất. Nước mưa và do tuyết tan được quy về bể chứa trên cùng. Mỗi bể chứa có một cửa ra ở đáy và một hoặc hai cửa ra ở cuối thành bể, phía trên đáy. Lượng nước chảy ra khỏi bể chứa qua cửa đáy vào bể chứa tầng sau trừ bể chứa tầng cuối, ở bể này lượng chảy xuống được xác định là tổn thất của hệ thống. Lượng nước qua cửa bên của bể chứa trở thành lượng nhập lưu cho hệ thống lòng dẫn. Số lượng các bể chứa, kích thước cũng như vị trí cửa ra là các

thông số của mô hình. Mô hình đã đưa ra các hệ thức cơ bản để tính mưa bình quân lưu vực, bốc hơi lưu vực, cơ cấu truyền ẩm, tốc độ truyền ẩm

Quan hệ giữa lượng dòng chảy với lượng ẩm trong các bể là tuyến tính:

$$\begin{aligned} Y &= \beta (X-H) \\ Y_0 &= \alpha X \end{aligned} \quad (1.32)$$

trong đó:  $\beta, \alpha$ : hệ số cửa ra thành bên và đáy;

H: độ cao cửa ra thành bên.

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

*Mô hình NAM* [19, 24] được 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 lưu vực được xem là một đơn vị xử lý. Do đó, các thông số và các biến là đại diện cho các giá trị được trung bình hoá trên toàn lưu vực. Mô hình tính quá trình mưa - dòng chảy theo cách tính liên tục hàm lượng ẩm trong năm bể chứa riêng biệt có tương tác lẫn nhau:

- + Bể chứa tuyết được kiểm soát bằng các điều kiện nhiệt độ không khí.
- + Bể chứa mặt bao gồm lượng ẩm bị chặn do lớp phủ thực vật, lượng điều trũng và lượng ẩm trong tầng sát mặt.  $U_{max}$  là giới hạn trên của lượng nước trong bể này.
- + Bể chứa tầng dưới là vùng rễ cây mà từ đó cây cối có thể rút nước cho bốc thoát hơi.  $L_{max}$  là giới hạn trên của lượng nước trong bể này.
- + Bể chứa nước tầng ngậm trên và tầng ngậm dưới là hai bể chứa sâu nhất.

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

Dòng chảy sát mặt QIF:



$$QIF = \begin{cases} CQIF \frac{\frac{L}{L_{max}} - CLIF}{1 - CLIF} U & \text{Với } \frac{L}{L_{max}} > CLIF \\ 0 & \text{Khi } \frac{L}{L_{max}} \leq CLIF \end{cases} \quad (1.33)$$

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

Dòng chảy tràn QOF:

$$QOF = \begin{cases} CQOF \frac{\frac{L}{L_{max}} - CLOF}{1 - CLOF} P_N & \text{Với } \frac{L}{L_{max}} > CLOF \\ 0 & \text{Khi } \frac{L}{L_{max}} \leq CLOF \end{cases} \quad (1.34)$$

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

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

$$Q_{out} = Q_{out}^0 e^{-\frac{t}{CK}} + Q_{in} \left( 1 - e^{-\frac{t}{CK}} \right) \quad (1.35)$$

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 USDAHL* Mô hình này được công bố vào năm 1970 [1, 9, 28], là mô hình thông số dải theo các tiểu vùng thủy văn. Mô hình chia bề mặt lưu vực thành các tiểu vùng thủy văn với các đặc trưng như loại đất, sử dụng đất, ... . Đối với mỗi vùng, các quá trình mưa, bốc thoát hơi, thấm, điền trũng, dòng chảy được tính toán xử lý trong mối liên hệ giữa vùng này với vùng khác. Quá trình hình thành dòng chảy được mô phỏng như hình 1.3.

Dòng chảy mặt bao gồm quá trình thấm, quá trình trữ và chảy tràn. Quá trình thấm được mô phỏng bằng phương trình Holtan[28]:

$$f_t = A \cdot GI \cdot S_{at}^{1.4} + f_c \quad (1.36)$$

trong đó:

$f_t$ : cường độ thấm;

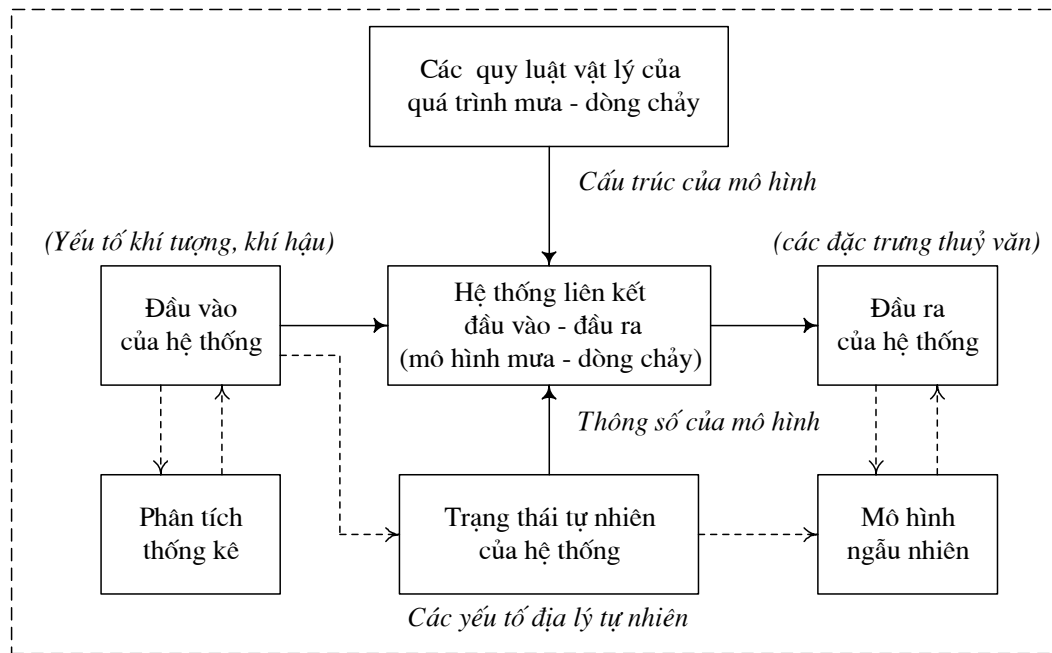
A: hệ số phụ thuộc vào độ rỗng của đất, mật độ rễ cây;

GI: chỉ số phát triển thực vật, phụ thuộc vào nhiệt độ không khí và loại cây;

$f_c$ : cường độ thấm ổn định;

$S_{at}$ : độ thiếu hụt ẩm của đất là hàm số theo thời gian:

$$S_{at} = S_{at-1} - f_{t-1} + f_c \quad (1.36)'$$



Hình 1. 3. Sơ đồ mô hình USDAHL

Quá trình trữ, chảy tràn, chảy dưới mặt đất được thực hiện dựa trên cơ sở phương trình cân bằng nước và phương trình cân bằng độ ẩm đất. Dòng chảy trong lòng dẫn được diễn toán theo mô hình tuyến tính. Mô hình này có khả năng đánh giá tác động của các yếu tố lưu vực quy mô trung bình đến sự hình thành dòng chảy.

Mô hình HEC-1 về nguyên tắc tiến hành giải quyết từng thành phần:

+ Lưu vực được chia thành các lưu vực bộ phận. Mỗi một bộ phận lưu vực có lượng mưa tương đối đồng nhất và được diễn toán riêng. Lượng mưa được xác định theo trung bình tỷ lệ các điểm mưa như công thức

$$\bar{X} = \frac{\sum \alpha_i \cdot X_i}{\sum \alpha_i} \quad (1.37)$$

trong đó:  $X_i$  là lượng mưa tại các trạm đo mưa;  $n$  là số trạm mưa;  $\alpha$  là hệ số tỷ lệ hay

trọng số xác định từ phân diện tích khống chế của từng trạm mưa. Lượng tổn thất xác định bằng công thức tính thấm của Phillip [28,33] hoặc mô hình thấm Green\_Amp [28, 29]. Lượng mưa hiệu quả xác định bằng cách khấu trừ tổn thất ở trên hoặc theo phương pháp SCS [28]. Hàm tập trung được xác định theo đường đơn vị tổng hợp SCS, Snyder hay Clark được lượng dòng chảy của từng lưu vực con.

Các dòng chảy của các lưu vực con được tập hợp lại và diễn toán tiếp tục xuống hạ lưu theo mô hình Muskingum hay sóng động học. Trên đoạn sông diễn toán sẽ được bổ sung lượng dòng chảy khu giữa như một lưu vực con. Diễn toán liên tục như vậy được dòng chảy ở mặt cắt khống chế. Mô hình HEC-1 có khả năng mô phỏng đường quá trình trên lưu vực nhưng việc tối ưu hoá của mô hình chỉ xét được trên từng đoạn nhỏ một mà không tối ưu đồng thời bộ thông số trên toàn hệ thống.

Như vậy, khi xây dựng các mô hình mưa - dòng chảy, thông thường cần đề cập và giải quyết các vấn đề sau đây:

- Vấn đề tổn thất dòng chảy: tổn thất do thấm thực vật, do tích đọng trên mặt lưu vực, do thấm, do bốc hơi, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thấm, bốc hơi, cách xét tác động của độ ẩm ban đầu... .

- Xây dựng cấu trúc tầng và cấu trúc không gian của mô hình: trên cơ sở phân tích cơ chế hình thành dòng chảy, lựa chọn các thành phần dòng chảy chính như dòng chảy mặt, dòng chảy ngầm hoặc dòng chảy mặt, dòng chảy sát mặt, dòng chảy ngầm... và sau đó xây dựng các sơ đồ liên kết các thành phần dòng chảy.

- Vấn đề diễn toán dòng chảy: Cần lựa chọn trong số các phương pháp diễn toán dòng chảy một phương pháp thích hợp với cấu trúc của mô hình. Đối với các lớp mô hình nhận thức, các cách xử lý khác nhau của phương trình lượng trữ thường được chọn để diễn toán đồng thời cho dòng chảy mặt, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm... .

#### 1.4. MỘT SỐ KẾT QUẢ ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN THUYẾT VĂN Ở VIỆT NAM

Ngày nay, trong việc dự báo lũ, đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng, khai thác bề mặt lưu vực việc áp dụng mô hình toán thuyết văn vào việc khôi phục, kéo dài xử lý số liệu ngày càng rộng rãi. Đối với những vùng ít được nghiên cứu thì việc sử dụng mô hình toán còn được coi là công cụ duy nhất để tính toán.

Cùng với việc phát triển kỹ thuật tính toán cùng với việc áp dụng công nghệ thông tin thì thế mạnh của việc giải quyết các bài toán số trị và khả năng ứng dụng chúng trong hoạt động tác nghiệp càng có vị thế nổi bật.

Mô hình toán được khai thác sử dụng sớm nhất, từ năm 1980, là mô hình SSAR

trong lĩnh vực thủy văn công trình và sau đó là trong việc cảnh báo, dự báo lũ ở đồng bằng châu thổ sông Cửu Long. Mô hình này cũng được áp dụng để dự báo lũ cho hệ thống sông Hồng và Thái Bình ở đồng bằng Bắc Bộ cho kết quả khả quan [16].

Mô hình TANK được sử dụng vào những cuối của thập kỷ 80 thế kỷ XX ở Việt Nam. Sử dụng mô hình TANK khá đa dạng, nhưng thành tựu cơ bản nhất đạt được trong lĩnh vực khôi phục và bổ sung số liệu, là tình trạng phổ biến nhất khi nghiên cứu thủy văn ở nước ta. Mô hình sử dụng đơn giản, có ý nghĩa vật lý trực quan, thích hợp với các sông suối vừa và nhỏ [1, 24].

Trong lĩnh vực dự báo, ngoài các phương pháp đã ứng dụng trước đây như phương pháp Kalinhin - Miuliacốp [13] phương pháp tính dòng chảy đoạn sông có gia nhập khu giữa [18], mô hình HMC [1, 9, 32], phương pháp đường đơn vị, đẳng thời [13, 20] cùng với việc sử dụng các mô hình SSAR, TANK [9,13, 20] các mô hình NAM [ 19, 24] SMART, USDAHL, SCS [23, 28, 30] đang được triển khai nghiên cứu và có những kết quả tốt ban đầu đạt độ chính xác cho các yêu cầu quy hoạch.

Cùng với sự phát triển của hệ thống tin địa lý, công nghệ GIS đang dần chiếm lĩnh các ứng dụng trong việc nhận các thông tin từ bề mặt lưu vực góp phần thúc đẩy các công trình nghiên cứu khai thác các lớp mô hình thủy động lực [12, 17, 21, 33, 34].

Trong ứng dụng thực tiễn ở Việt Nam, nhiều mô hình đã được khai thác, vận dụng linh hoạt phù hợp với các điều kiện về số liệu. Nhiều khi việc liên kết, tổ hợp các phương pháp tính có khả năng đem lại hiệu quả cao trên cơ sở tận dụng được nhiều nguồn thông tin mà không một mô hình đơn lẻ nào có thể khái quát được.

Với mục tiêu đặt ra là ứng dụng mô hình toán phục vụ quy hoạch lưu vực, đề tài này lựa chọn phương pháp SCS và mô hình phân tử hữu hạn sóng động học để giải quyết bài toán mô phỏng lũ và đánh giá tác động của các điều kiện sử dụng đất, thảm thực vật trên lưu vực đến dòng chảy, phục vụ cho việc tối ưu hoá quy hoạch sử dụng đất trên lưu vực. Cơ sở của phương pháp sẽ trình bày chi tiết trong chương 2.

## Chương 2

### CƠ CỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP SCS VÀ MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN SÓNG ĐỘNG HỌC

Khi các mô hình phân tích, do các điều kiện tự nhiên của chúng, các yếu tố được mô phỏng có độ dài không tương xứng, thì phương pháp mô hình số được sử dụng. Các phương trình đạo hàm riêng của các mô hình toán được xấp xỉ nhờ sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn hoặc phần tử hữu hạn. Nhờ sử dụng các xấp xỉ này, các biến liên tục được thay bằng các biến rời rạc mà các biến rời rạc này được xác định tại các điểm nút. Phương pháp này như là một ví dụ, phương trình đạo hàm liên tục xác suất thủy lực tại mọi nơi trong miền tính toán được thay thế bởi một số các phương trình đại số mà các phương trình đại số này xác định áp suất thủy tĩnh tại một số điểm cụ thể. Hệ các phương trình đại số này được giải bằng phương pháp lặp ma trận.

Có sự khác nhau quan trọng giữa phương pháp sai phân hữu hạn và phương pháp phần tử hữu hạn là một quan hệ mới được cải tiến. Lợi ích lớn của phương pháp phần tử hữu hạn là sự linh động của nó trong quá trình giải bài toán. Các ứng dụng của phương pháp này tăng lên nhờ các ưu điểm của nó và các phương pháp giải phân tích bao gồm các điều kiện biên không đều và đối với các bài toán trong môi trường không đồng nhất hoặc không đẳng hướng. Tính linh động của phương pháp phần tử hữu hạn là giải được các bài toán hỗn hợp như là bài toán vận chuyển có điều kiện biên biến đổi như là sự vận động của dòng chảy.

Phương pháp số thứ hai là phương pháp phần tử hữu hạn (Wang và Anderson, 1982) [31]. Hướng nghiên cứu cơ bản của phương pháp này hiện nay được ứng dụng trong cơ học xây dựng, nơi mà các phần tử là các phần có thật của một cấu trúc, nó quyết định về các rầm và các cột trong khung sườn của một toà nhà, hoặc về lưới của các rầm trong sàn của một cây cầu. Sự biến dạng của các yếu tố được biểu diễn trong các số hạng của lực tác động lên hai đầu. Điều này cho phép biểu thị sự thay thế của mỗi điểm nút bằng các nút lân cận, và sự biến dạng của các phần tử liên quan. Hệ thống phương trình cuối cùng nhận được từ điều kiện cân bằng tại mỗi nút.

Trong bài toán về dòng chảy sườn dốc cũng có thể hình dung rằng một vùng được phân chia thành các phần tử nhỏ với mỗi đặc tính vật lý riêng, bằng cách đó đối với mỗi một phần tử dòng chảy được mô tả trong đặc tính của các điểm giao. Sử dụng hệ Saint - Venant vào mỗi phần tử với hệ các phương trình đại số nhận được từ điều kiện mà dòng chảy phải liên tục tại mỗi nút.

Cách thường dùng để mô tả phương pháp phần tử hữu hạn không dùng như là một lập luận mang tính vật lý. Thay vì sử dụng đối số toán học thì sử dụng hàm trọng số nào đó, trong đó hệ thống các phương trình nhận được do yêu cầu phương trình sai phân thoả mãn "ở sát trung bình". Hệ thống các phương trình nhận được trong phương pháp phần tử hữu hạn có cấu trúc giống như trong phương pháp sai phân hữu hạn. Trên thực tế, hai phương pháp rất giống nhau và đối với một bài toán nào đó thì chúng có thể được xem xét như là hai quá trình biểu diễn của một mô hình toán đơn. Tuy nhiên, cách thức xuất phát và phát triển thường biểu thị một sự khác nhau nào đó. Thí dụ chẳng hạn, dạng tự nhiên và đơn giản nhất của phần tử là dạng hình tam giác, làm cho sự miêu tả trường một cách linh hoạt hơn, trong khi đó các mắt lưới tự nhiên và đơn giản nhất trong phương pháp sai phân hữu hạn là mạng vuông hoặc hình chữ nhật, nó kém linh động hơn. Thuận lợi khác của phương pháp phần tử hữu hạn là công thức chuyển của nó có tính chất trung gian mà mỗi một phần tử có thể có các giá trị riêng cho các tham số vật lý như là các tham số về dẫn truyền và tích trữ.

Để xấp xỉ lưu vực sông bằng các phần tử hữu hạn, lòng dẫn được chia thành các phần tử lòng dẫn và sườn dốc được chia thành các dải tương ứng với mỗi phần tử lòng dẫn sao cho: trong mỗi dải dòng chảy xảy ra độc lập với dải khác và có hướng vuông góc với dòng chảy trong phần tử lòng dẫn. Trong mỗi dải lại chia ra thành các phần tử sườn dốc sao cho độ dốc sườn dốc trong mỗi phần tử tương đối đồng nhất. Việc mô phỏng lưu vực bằng các phần tử hữu hạn như vậy cho phép chuyển bài toán hai chiều (2D) trên sườn dốc thành bài toán một chiều (1D) trên sườn dốc và trong sông. Vì vậy, theo lý thuyết Bephanhi A. N. [26] cho phép áp dụng mô hình sóng động học một chiều cho từng dải sườn dốc. Mô hình phần tử hữu hạn sóng động học đánh giá tác động của việc sử dụng đất trên lưu vực đến dòng chảy được xây dựng dựa trên hai phương pháp: phương pháp phần tử hữu hạn để mô tả quá trình lan truyền vật chất trên sườn dốc và trong lòng dẫn và phương pháp SCS để mô tả quá trình tổn thất trên bề mặt lưu vực [21].

## 2.1. PHƯƠNG PHÁP SCS

Cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ (1972) đã phát triển một phương pháp để tính tổn thất dòng chảy từ mưa rào (gọi là phương pháp SCS) [28]. Ta đã thấy, trong một trận mưa rào, độ sâu mưa hiệu dụng hay độ sâu dòng chảy trực tiếp  $P_e$  không bao giờ vượt quá độ sâu mưa  $P$ . Tương tự như vậy, sau khi quá trình dòng chảy bắt đầu, độ sâu nước bị cầm giữ có thực trong lưu vực,  $F_a$  bao giờ cũng nhỏ hơn hoặc bằng một độ sâu nước cầm giữ có thực trong lưu vực, mặt khác  $F_a$  bao giờ cũng nhỏ hơn hoặc bằng một

độ sâu nước cầm giữ tiềm năng tối đa nào đó  $S$  (hình 1.4). Đồng thời còn có một lượng  $I_a$  bị tổn thất ban đầu nên không sinh dòng chảy, đó là lượng tổn thất ban đầu trước thời điểm sinh nước đọng trên bề mặt lưu vực. Do đó, ta có lượng dòng chảy tiềm năng là  $P - I_a$ . Trong phương pháp SCS, người ta giả thiết rằng tỉ số giữa hai đại lượng có thực  $P_e$  và  $F_a$  thì bằng với tỉ số giữa hai đại lượng tiềm năng  $P - I_a$  và  $S$ . Vậy ta có:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (2.1)$$

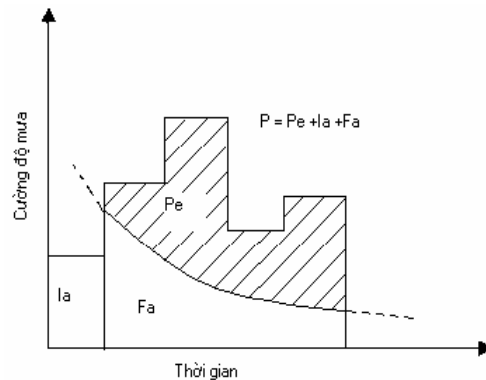
Từ nguyên lí liên tục, ta có:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2.2)$$

Kết hợp (2.1) và (2.2) để giải  $P_e$

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2.3)$$

Đó là phương trình cơ bản của phương pháp SCS để tính độ sâu mưa hiệu dụng hay dòng chảy trực tiếp từ một trận mưa rào [28].



**Hình 2.1: Các biến số có tổn thất dòng chảy trong phương pháp SCS**

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

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

$$\text{Trên cơ sở này, ta có :} \quad \begin{aligned} I_a &= 0,2S \\ P_e &= \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Lập đồ thị quan hệ giữa  $P$  và  $P_e$  bằng các số liệu của nhiều lưu vực, người ta đã tìm ra được họ các đường cong. Để tiêu chuẩn hoá các đường cong này, người ta sử dụng số hiệu của đường cong, CN làm thông số. Đó là một số không thứ nguyên, lấy

giá trị trong khoảng  $0 \leq CN \leq 100$ . Đối với các mặt không thấm hoặc mặt nước,  $CN = 100$ ; đối với các mặt tự nhiên,  $CN < 100$ . Số hiệu của đường cong và S liên hệ với nhau qua phương trình :

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ inch) hay } S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ (mm)} \quad (2.5)$$

Các số hiệu của đường cong CN đã được cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ lập thành bảng tính sẵn [28] dựa trên phân loại đất và tình hình sử dụng đất.

## 2.2. PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

Một ví dụ của mô hình thủy động lực học là mô hình của Ross B.B và nnk., Đại học Quốc gia Blacksburg, Mỹ [34]. Mô hình dùng để dự báo ảnh hưởng của việc sử dụng đất đến quá trình lũ. Mưa vượt thấm là đầu vào của mô hình. Phương pháp phần tử hữu hạn số kết hợp với phương pháp số dư của Galerkin được sử dụng để giải hệ phương trình sóng động học của dòng chảy một chiều.

Việc áp dụng lý thuyết phần tử hữu hạn để tính toán dòng chảy được Zienkiewicz và Cheung (1965) [1] khởi xướng. Các tác giả đã sử dụng phương pháp này để phân tích vấn đề dòng chảy thấm. Nhiều nhà nghiên cứu khác cũng đã áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn để giải quyết các vấn đề của dòng chảy Oden và Somogyi (1969), Tong (1971) [9, 13, 28, 30, 34].

Judah (1973) [9, 21] đã tiến hành việc phân tích dòng chảy mặt bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Tác giả đã sử dụng phương pháp số dư của Galerkin trong việc xây dựng mô hình diễn toán lũ và đã thu được kết quả thoả mãn khi mô hình được áp dụng cho lưu vực sông tự nhiên. Tác giả cho rằng mô hình phần tử hữu hạn dạng này gặp ít khó khăn khi lưu vực có hình học phức tạp, sử dụng đất đa dạng và phân bố mưa thay đổi. Phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp với phương pháp Galerkin còn được Al-Mashidani và Taylor (1974) áp dụng để giải hệ phương trình dòng chảy mặt ở dạng vô hướng [35]. So với các phương pháp số khác, phương pháp phần tử hữu hạn được coi là ổn định hơn, hội tụ nhanh hơn và đòi hỏi ít thời gian chạy hơn. Cooley và Moin (1976) [30] cũng áp dụng phương pháp Galerkin khi giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn cho dòng chảy trong kênh hở và thu được kết quả tốt. ảnh hưởng kỹ thuật tổng hợp thời gian khác nhau cũng được đánh giá. Phương pháp phần tử hữu hạn đặc biệt được ứng dụng vào việc đánh giá ảnh hưởng của những thay đổi trong sử dụng đất đến dòng chảy lũ vì lưu vực có thể được chia thành một số hữu hạn các lưu vực con hay các phần tử. Những đặc tính thủy văn của một hoặc tất cả các phần tử có thể được thay đổi để tính toán các tác động đến phản ứng thủy văn của toàn bộ hệ thống lưu vực.

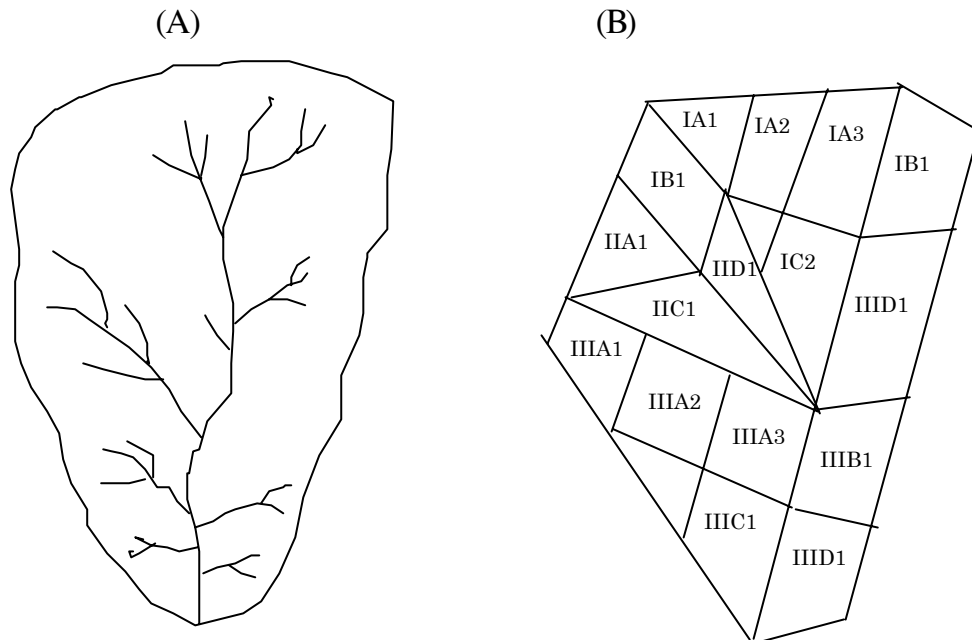


### 2.2.1. Xây dựng mô hình

Desai và Abel (1972) [32] đã kể ra những bước cơ bản trong phương pháp phần tử hữu hạn như sau:

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

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



Hình 2.2. Lưu vực và lưới phần tử hữu hạn tương ứng.

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

điều kiện ràng buộc thời gian và kinh phí.

Một lưu vực giả thuyết được sử dụng để minh họa cho quá trình này. Lưu vực bao gồm một dòng chính và một nhánh lớn. Cả hai nhánh này đều được đưa vào sơ đồ dòng chảy. Ba lưu vực con hay bãi dòng chảy trên mặt được xác định. Ngoài ra, ba kênh có thể được xác định. Dù vậy, bất kỳ số lượng bãi dòng chảy bề mặt hay kênh có thể xác định nếu như có số liệu mặt cắt ngang của kênh. Trên hình 2.2B, những đường đậm là ranh giới gần đúng của lưu vực và các bãi dòng chảy mặt.

Bước tiến hành tiếp theo là xác định các thành phần của kênh. Cách thức đơn giản nhất là chia mỗi một trong 3 kênh thành một số lượng các đoạn bằng nhau thích hợp. Từ những nút của các phân tử kênh này kẻ các đường ra phía ngoài làm ranh giới của các lưu vực con thành một phân tử kênh. Trong trường hợp có một lưu vực thực tế thì các bản đồ địa hình của khu vực sẽ cung cấp cơ sở cho việc vạch ra các ranh giới này. Các đường này xác định các dải trong đó dòng chảy mặt diễn ra một cách độc lập với các dải khác và theo hướng vuông góc với dòng chảy trong các phân tử kênh. Khái niệm này cho phép có thể sử dụng việc phân tích một chiều. Các phân tử bổ sung được hình thành bằng cách vẽ các đường song song với các phân tử kênh, bằng cách đó chia mỗi một dải thành một hệ thống các phân tử.

Xét bãi dòng chảy mặt thứ nhất, quá trình giải là quá trình phân tích phân tử hữu hạn cho từng dải với mưa vượt thấm là đầu vào để tìm ra dòng chảy mặt chảy vào kênh dẫn. Sau đó phân tích phân tử hữu hạn cho kênh dẫn được thực hiện tương tự như với một dải dòng chảy mặt riêng lẻ để tìm ra lưu lượng trong kênh dẫn tại vị trí các nút phân tử kênh. Quá trình này được lặp lại cho các bãi dòng chảy còn lại để tìm được quá trình lưu lượng tại nút hạ lưu của toàn bộ lưu vực.

Việc đánh số đúng các phân tử bãi dòng chảy sẽ chỉ ra được chính xác từng phân tử, dải và bãi dòng chảy. Theo thí dụ trên hình 2.2B, các số La Mã biểu thị các bãi dòng chảy, các chữ in hoa biểu thị các dải và các chữ số thường biểu thị các phân tử trong dải.

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

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (2.6)$$

Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) = gA(S - S_f) - gA \frac{\partial y}{\partial x} \quad (2.7)$$

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

Việc xấp xỉ sóng động học được áp dụng đối với phương trình động lượng. Đó là sự lựa chọn tốt nhất vì các điều kiện biên và điều kiện ban đầu chỉ cần áp dụng đối với phương trình liên tục. Tính đúng đắn của quá trình này đã được nói đến trong nhiều tài liệu (Lighthill và Witham, 1955; Woolhiser và Liggett, 1967) [1,13, 32].

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

$$S = S_f \quad (2.8)$$

Phương trình (2.1) có thể biểu diễn dưới dạng phương trình dòng chảy đều như phương trình Chezy hoặc Manning. Phương trình Manning được chọn cho việc giải này:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A \quad (2.9)$$

trong đó:  $R$  - bán kính thủy lực (diện tích/chu vi ướt);  $n$ - hệ số nhám Manning.

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

$$A(x,t) \approx A^*(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x) A_i(t) = [N]\{A\} \quad (2.10)$$

$$Q(x,t) \approx Q^*(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x) Q_i(t) = [N]\{Q\} \quad (2.11)$$

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

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

$$A^*(x,t) = N_i(x) A_i(t) + N_{i+1}(x) A_{i+1}(t) \quad (2.12)$$

$$Q^*(x,t) = N_i(x) Q_i(t) + N_{i+1}(x) Q_{i+1}(t) \quad (2.13)$$

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

Các hàm nội suy thường được coi là các hàm tọa độ vì chúng xác định mối quan hệ giữa các tọa độ tổng thể và địa phương hay tự nhiên. Các hàm nội suy đối với các phần tử đường đã được bàn luận tương đối kỹ trong nhiều bài viết về phần tử hữu hạn (Desai và Abel, 1972; Huebner, 1975)[1, 21].

*3. Tìm hệ phương trình phần tử hữu hạn:* Việc tìm các phương trình phần tử hữu hạn bao gồm việc xây dựng hệ phương trình đại số từ tập hợp các phương trình vi phân cơ bản. Có bốn quy trình thường được sử dụng nhất là phương pháp trực tiếp, phương pháp cân bằng năng lượng, phương pháp biến thiên và phương pháp số dư có trọng số. Phương pháp số dư có trọng số của Galerkin được dùng để thiết lập các phương trình vì nó đã chứng tỏ là một phương pháp tốt đối với các bài toán về dòng chảy mặt (Judah, 1973; Taylor và nnk, 1974)[35].

Phương pháp Galerkin cho rằng tích phân:

$$\int_D N_i R dD = 0 \quad (2.14)$$

$D$ : khối chứa các phần tử.  $R$ : số dư được gán trọng số trong hàm nội suy  $N_i$

Do phương trình (2.14) được viết cho toàn bộ không gian nghiệm nên nó có thể được áp dụng cho từng phần tử như dưới đây, ở đó hàm thử nghiệm sẽ được thay thế vào phương trình (2.14) và lấy tích phân theo từng phần tử của không gian :

$$\sum_{i=1}^{NE} \int_{D_e} \left\{ N_i \left[ \frac{\partial Q}{\partial x} + A - q \right] \right\} dD_e = 0 \quad (2.15)$$

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

Xét riêng một phần tử, phương trình (2.15) trở thành:

$$\int_{D_e} \left[ N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\} - N_i q \right] dD_e = 0 \quad (2.16)$$

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

$$\int_{x_1}^{x_2} \left[ N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\}_i - N_i q \right] dx = 0 \quad (2.17)$$

Lấy tích phân của từng số hạng trong (2.17):

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

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

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

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

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

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

Kết hợp ba số hạng cho phương trình đối với một phần tử hữu hạn tuyến tính:

$$[F_A] \{\dot{A}\} + [F_Q] \{Q\} - q \{F_q\} = 0 \quad (2.18)$$

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 (2.18) trở thành:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_t + [F_Q] \{Q\}_t - q \{F_q\}_{t+\Delta t} = 0 \quad (2.19)$$

Hệ phương trình thiết lập cho lưới phần tử hữu hạn gồm n phần tử được thiết lập sao cho có thể bao hàm được toàn bộ số phần tử. ở đây, do các dải được diễn toán một cách độc lập nên phương trình tổng hợp cần phải viết cho từng dải và từng kênh dẫn.

4. *Giải hệ phương trình cho véc tơ các biến của trường tại các nút.* Hệ phương trình phần tử hữu hạn (2.19) với các ẩn số là các biến tại các nút có thể được giải bằng phương pháp khử Gauss. Hệ phương trình phi tuyến cần phải giải thông qua các bước lặp. Các điều kiện ban đầu có thể làm hệ phương trình trở nên đơn giản hơn. Ví dụ đối với một dải chứa n phần tử tuyến tính và n+1 nút, trên các bãi dòng chảy sườn dốc của kênh tại thời điểm t = 0, có một vài số hạng sẽ bằng 0. Phương trình phần tử hữu hạn trở thành:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} = \{f_q\} \quad (2.20)$$

Sau khi giải đồng thời hệ phương trình này tìm các ẩn {A}, phương trình Manning được sử dụng để tìm các ẩn {Q}. Điều kiện biên tiếp theo có thể làm đơn giản hoá việc giải hệ phương trình là lưu lượng bằng 0 ở mọi thời điểm tại các biên trên hoặc tại các nút của các dải và kênh dẫn. Có một ngoại lệ là trường hợp tương tự như đối với 3 bãi dòng chảy sườn dốc và 3 kênh dẫn khi lưu lượng ở mọi thời điểm t tại nút trên cùng của kênh thứ 3 là tổng của các lưu lượng tại các nút dưới của 2 kênh khác. Các giá trị A và Q tìm được tại một bước thời gian sẽ được đưa vào phương trình phần tử hữu hạn để tìm các giá trị A, Q ở bước thời gian tiếp theo. Các giá trị {A}<sub>t+Δt</sub>, {Q}<sub>t+Δt</sub> tại một bước thời gian tính toán sẽ trở thành các giá trị {A}<sub>t</sub> và {Q}<sub>t</sub> trong bước thời gian tính toán tiếp theo. Quá trình này được thực hiện cho đến khi tìm được kết quả cần thiết.

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

Viết phương trình (2.19) cho một phần tử:

$$\frac{l_1}{\Delta t} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{6} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{Bmatrix}_{t+\Delta t} - \frac{l_1}{\Delta t} \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{6} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{Bmatrix}_t + \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{Bmatrix} - l_1 q_1 \begin{Bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \end{Bmatrix} = 0$$

Triển khai phương trình cho 3 phần tử, 4 nút:

$$\begin{aligned}
& \frac{l_1}{\Delta t} \left( \frac{1}{3} A_1 + \frac{1}{6} A_2 \right)_{t+\Delta t} - \frac{l_1}{\Delta t} \left( \frac{1}{3} A_1 + \frac{1}{6} A_2 \right)_t + \left( -\frac{1}{2} Q_1 + \frac{1}{2} Q_2 \right)_t - \frac{l_1 q_1}{2} = 0 \\
& \frac{l_1}{\Delta t} \left( \frac{1}{6} A_1 + \frac{1}{3} A_2 \right)_{t+\Delta t} - \frac{l_1}{\Delta t} \left( \frac{1}{6} A_1 + \frac{1}{3} A_2 \right)_t + \left( -\frac{1}{2} Q_1 + \frac{1}{2} Q_2 \right)_t - \frac{l_1 q_1}{2} = 0 \\
& \frac{l_2}{\Delta t} \left( \frac{1}{3} A_2 + \frac{1}{6} A_3 \right)_{t+\Delta t} - \frac{l_2}{\Delta t} \left( \frac{1}{3} A_2 + \frac{1}{6} A_3 \right)_t + \left( -\frac{1}{2} Q_2 + \frac{1}{2} Q_3 \right)_t - \frac{l_2 q_2}{2} = 0 \\
& \frac{l_2}{\Delta t} \left( \frac{1}{6} A_2 + \frac{1}{3} A_3 \right)_{t+\Delta t} - \frac{l_2}{\Delta t} \left( \frac{1}{6} A_2 + \frac{1}{3} A_3 \right)_t + \left( -\frac{1}{2} Q_2 + \frac{1}{2} Q_3 \right)_t - \frac{l_2 q_2}{2} = 0 \\
& \frac{l_3}{\Delta t} \left( \frac{1}{3} A_3 + \frac{1}{6} A_4 \right)_{t+\Delta t} - \frac{l_3}{\Delta t} \left( \frac{1}{3} A_3 + \frac{1}{6} A_4 \right)_t + \left( -\frac{1}{2} Q_3 + \frac{1}{2} Q_4 \right)_t - \frac{l_3 q_3}{2} = 0 \\
& \frac{l_3}{\Delta t} \left( \frac{1}{6} A_3 + \frac{1}{3} A_4 \right)_{t+\Delta t} - \frac{l_3}{\Delta t} \left( \frac{1}{6} A_3 + \frac{1}{3} A_4 \right)_t + \left( -\frac{1}{2} Q_3 + \frac{1}{2} Q_4 \right)_t - \frac{l_3 q_3}{2} = 0
\end{aligned}$$

Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận như sau:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{Bmatrix}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t} [F_A] \begin{Bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{Bmatrix}_t + [F_Q] \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \end{Bmatrix}_t - \{f_q\} = 0 \quad \text{trong đó:}$$

$$[F_A] = \begin{bmatrix} \frac{l_1}{3} & \frac{l_1}{6} & 0 & 0 \\ \frac{l_1}{6} & \frac{l_1}{3} + \frac{l_2}{3} & \frac{l_2}{6} & 0 \\ 0 & \frac{l_2}{6} & \frac{l_2}{3} & \frac{l_3}{6} \\ 0 & 0 & \frac{l_3}{6} & \frac{l_3}{3} \end{bmatrix}; \quad [F_Q] = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}; \quad \{f_q\} = \begin{Bmatrix} \frac{l_1 q_1}{2} \\ \frac{l_1 q_1 + l_2 q_2}{2} \\ \frac{l_2 q_2 + l_3 q_3}{2} \\ \frac{l_3 q_3}{2} \end{Bmatrix}$$

Tổng quát cho  $n$  phần tử tuyến tính ta có phương trình dạng:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_t + [F_Q] \{Q\}_t - q \{f_q\} = 0 \quad (2.21)$$

trong đó:

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

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

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

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

Một cách tiệm cận khác để giải quyết bài toán khi số liệu địa hình lòng dẫn thiếu. Khi đó cần thiết tiến hành một số thủ thuật để thay biến A bằng Q. Từ (2.9), phương trình Manning có thể viết lại là:

$$Q = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{P} \right)^{2/3} A S^{1/2} = \frac{1}{nP^{2/3}} A^{5/3} S^{1/2} \quad (2.22)$$

$$A^{5/3} = \frac{nP^{2/3}}{S^{1/2}} Q \quad \Rightarrow \quad A = \left( \frac{nP^{2/3}}{S^{1/2}} \right)^{0.6} Q^{0.6}$$

Viết dưới dạng tổng quát

$$A = \left( \frac{nP^{2/3}}{S^{1/2}} \right)^\beta Q^\beta$$



$$\text{Đặt } \left( \frac{nP^{2/3}}{S^{1/2}} \right)^\beta = \alpha \quad \Rightarrow \quad A = \alpha Q^\beta$$

Trong phương trình Manning  $\beta = 0.6$ . Khi đó (2.6) có thể viết lại là:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \frac{\partial Q}{\partial t} = q \quad (2.23)$$

Đặt  $\alpha \beta Q^{\beta-1} = \mu$ , phương trình (2.23) trở thành:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \mu \frac{\partial Q}{\partial t} = q \quad (2.24)$$

Dễ dàng nhận thấy, áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn (2.10), (2.11) vào (2.24) nhận được:

$$\begin{aligned} [F_Q] \{Q\} + \mu [F_A] \{\dot{Q}\} &= \{f_q\} \\ \mu [F_A] \{\dot{Q}\} &= \{f_q\} - [F_Q] \{Q\} \end{aligned} \quad (2.25)$$

Đặt  $\bar{Q} = \frac{1}{2}(Q_{t+\Delta t} + Q_t)$ , phương trình (2.25) trở thành:

$$\begin{aligned} \mu [F_A] \{Q_{t+\Delta t}\} &= \Delta t \{f_q\}_{t+\Delta t} + \mu [F_A] \{Q_t\} - [F_Q] \{\bar{Q}\} \\ &= \Delta t \{f_q\}_{t+\Delta t} + \mu [F_A] \{Q_t\} - 0.5 \Delta t [F_Q] \{Q_{t+\Delta t}\} - 0.5 \Delta t [F_Q] \{Q_t\} \\ \Rightarrow [\mu [F_A] + 0.5 \Delta t [F_Q]] \{Q_{t+\Delta t}\} &= \Delta t \{f_q\}_{t+\Delta t} + [\mu [F_A] - 0.5 \Delta t [F_Q]] \{Q_t\} \\ \Rightarrow [B] \{Q_{t+\Delta t}\} &= [C] \{Q_t\} + [F_q]_{t+\Delta t} \end{aligned}$$

Biểu thức cuối cùng sẽ là:

$$\{Q_{t+\Delta t}\} = [B]^{-1} [C] \{Q_t\} + [B]^{-1} \{F_q\}_{t+\Delta t} \quad (2.26)$$

Phương trình (2.26) có thể giải được chỉ phụ thuộc vào lưu lượng.

### 2.3. CHƯƠNG TRÌNH DIỄN TOÁN LŨ

Trong chương trình đưa vào các đặc trưng thủy văn như độ dốc, hệ số Manning, mưa vượt 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 lượng mưa vượt thấm được tính theo phương pháp SCS.

Hệ số Manning của từng phân tử cũng được xác định theo cách lấy trung bình có trọng số. Độ dốc của từng phân tử có thể xác định theo bản đồ địa hình của khu vực. Độ dốc của các phân tử lòng dẫn có thể tìm được theo cách tương tự [21].

## 2.4. KIỂM TRA MÔ HÌNH

Số liệu đo đạc dòng chảy từ các bãi dòng chảy sườn dốc của Crawford và Linsley (1966)[30] đã được sử dụng để kiểm tra tính đúng đắn của chương trình diễn toán lũ đối với dòng chảy sườn dốc. Phương pháp xấp xỉ bằng phân tử hữu hạn cho kết quả có thể thoả mãn mặc dù việc lấy hệ số Manning biến đổi theo độ sâu có thể còn cho kết quả tốt hơn nữa.

Mô hình này còn có thể áp dụng cho cả lưu vực lớn trong tự nhiên (Ross, 1975). Các phép kiểm tra sự hội tụ, tính ổn định và ảnh hưởng của việc phân bố các lưới ô khác nhau đến dòng chảy lũ cũng được xét đến (Ross, 1975)[34].

## 2.5. NHẬN XÉT VỀ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG MÔ HÌNH

Với giả thiết của mô hình phân tử hữu hạn sóng động học có thể chia lưu vực ra thành các phân tử rất chi tiết, khi đó có thể tính toán mô phỏng dòng chảy sinh ra từ mưa ứng với từng phân tử của lưu vực, thông qua việc áp dụng mô hình sóng động học một chiều. Mưa hiệu quả trên lưu vực được tính thông qua phương pháp SCS, phương pháp này có tính đến cả tổn thất ban đầu cường độ thấm liên tục và độ ẩm trước lũ nên việc tính mưa hiệu quả theo phương pháp này là tương đối chính xác. Việc kết hợp mô hình phân tử hữu hạn sóng động học với phương pháp tính tổn thất do thấm SCS sẽ cho kết quả mô phỏng chính xác nhất. Hiện nay với công nghệ GIS việc chia lưu vực thành các phân tử và xác định thông số lưu vực đã có thuận lợi, song công nghệ này mới bước đầu được đưa vào ứng dụng trong thủy văn ở nước ta và các bản đồ sử dụng là các bản đồ chuyên ngành, chưa sử dụng tiêu chí SCS do vậy việc nhận thông số từ các phân tử còn gặp khó khăn. Tuy nhiên với ưu điểm của nó, nên chúng tôi mạnh dạn lựa chọn mô hình phân tử hữu hạn sóng động học kết hợp với phương pháp SCS để mô phỏng quá trình tổn thất và phát triển dòng chảy trên bề mặt lưu vực và trong lòng dẫn, và qua đó bước đầu đánh giá tác động của việc sử dụng đất, rừng đến tính toán dòng chảy cho lưu vực sông ngòi cũng như việc quy hoạch sử dụng bề mặt lưu vực. Chương 3 sẽ trình bày cụ thể một số kết quả thực hiện ý tưởng này cho lưu vực sông Trà Khúc - trạm Sơn Giang, tỉnh Quảng Ngãi.

### Chương 3

## ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP SCS VÀ MÔ HÌNH PHẦN TỬ HỮU HẠN SÓNG ĐỘNG HỌC MÔ PHÒNG LỮ VÀ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG MỘT SỐ ĐIỀU KIỆN MẶT ĐỆM ĐẾN QUÁ TRÌNH DÒNG CHẢY LƯU VỰC SÔNG TRÀ KHÚC - TRẠM SƠN GIANG.

### 3.1. ĐIỀU KIỆN ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN LƯU VỰC SÔNG TRÀ KHÚC

#### 3.1.1. Vị trí địa lý

Lưu vực sông Trà Khúc hầu hết nằm trong địa phận tỉnh Quảng Ngãi với tổng diện tích là 2440 km<sup>2</sup> (tính đến trạm Sơn Giang). Sông có hướng chung là Tây Nam - Đông Bắc, nằm trong vị trí 108008'45" đến 108039'7" kinh độ Đông và 14033' đến 15017'34" vĩ độ Bắc. Phía Bắc lưu vực sông Trà Khúc là lưu vực sông Trà Bồng thuộc địa phận tỉnh Quảng Nam, phía Tây giáp địa phận tỉnh Kon Tum có dãy núi Ngọc Cơ Rinh cao 2050 m, phía Nam giáp lưu vực sông Côn thuộc địa phận tỉnh Bình Định, và phía Đông giáp biển (Hình 3.1) [3, 6].

#### 3.1.2 Địa hình

Địa hình lưu vực chủ yếu là loại địa hình miền núi thuộc sườn đông của dãy Trường Sơn Nam và vùng đồng bằng do sông Trà Khúc tạo nên. Địa hình lưu vực sông Trà Khúc nghiêng từ Tây, Tây Nam sang Đông và Đông Bắc. Đường phân nước của lưu vực có độ cao từ 150 m - 1760 m, chạy dọc theo các núi: thượng Quảng Ngãi và thượng Kon Tum ở phía Tây - Tây Nam. Phần địa hình miền núi có độ cao từ 1100 - 1800 m (vùng Sơn Hà); 800 - 1100 m (vùng Minh Long). Vùng chuyển tiếp miền núi đồng bằng có các đỉnh núi cao 200 - 300 m và đôi, vùng thung lũng và đồng bằng có độ cao dưới 10 m; ngoài ra có các cồn cát ven biển cao trên 10 m. Địa hình miền núi chiếm gần 3/4 diện tích rất dốc (khoảng 2/3 diện tích có độ dốc trên 250) nên các dòng sông có độ dốc lớn với khả năng chia cắt, xâm thực rất lớn (Hình 3.1) [3].

#### 3.1.3 Địa chất, thổ nhưỡng

Đặc điểm thạch học của lưu vực gồm các thành tạo sau: Hệ tầng Sông Tranh (PR1st): đá gonalai, đá phiến amphibol, biolit, amphibolit, migmatit, ở khu vực KonPlông; Hệ tầng Đurcmia (PR1đm): gonalai, đá phiến kết tinh, đá hoa migmatit, phân bố ở khu vực Mang Xim; Hệ tầng A vương ( $\epsilon$ -01av): phylit, đá phiến lục, quartzit phân bố ở khu vực Sơn Trịnh; Phúc hệ Sông Re ( $\gamma$ 1sr): plagiongranit, granodiorit, granitmigmatit phân bố ở khu vực núi Đá Vách; Phúc hệ Núi Chúa (( $\gamma$ 1nc): granit,

granodiorit, migmatit ở Đông Bắc núi Đá Vách, thành tạo bề mặt san bằng N2 - Q1: cuội, sỏi, cát, bột, sét ở khu vực Nghĩa Hành, Sơn Hà: thành tạo bazantoleit có tuổi N2 - Q1 ở mũi Ba Làng An và Phú Nhiêu, ở phần thấp của lưu vực được cấu thành bởi các vật liệu: cuội, sỏi, cát, sét có nguồn gốc sông, sông - biển (aQII - III; amQIV) và cát có nguồn gốc gió biển [7].

Phần trung du và thượng nguồn chủ yếu là đất đỏ vàng trên đá biến chất, đá sét tầng dày khoảng 30 cm. Các thung lũng và đồng bằng được cấu tạo bởi phù sa cổ, phù sa mới ngoài ra còn có loại đất xám và các chất bồi tích của sông, tầng dày 0,7 - 1,2 m. ở vùng đồng bằng có các loại đất như: cát, đất phù sa, đất xám và đất đỏ vàng. Đất xám và đất xám bạc màu nằm ở vùng cao, đất đỏ vàng phân bố rộng rãi ở miền núi, thành phần cơ giới nhẹ, thích hợp để trồng các loại cây công nghiệp, (Hình 3.2) [5].

### 3.1.4. Thảm thực vật

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

*Bảng 3.1. Các đặc trưng lớp phủ thực vật trên lưu vực sông Trà Khúc [7]*

Stt	Loại rừng	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Phần trăm diện tích (%)	Mức độ tán che
1	Rừng rậm thường xanh cây lá rộng ít bị tác động	86,9	2,74	> 90
2	Rừng rậm thường xanh cây lá rộng đã bị tác động	1045	32,25	70 ÷ 90
3	Rừng rụng lá cây lá rộng hoặc rừng lá kim	51,2	1,58	40 ÷ 50
4	Rừng thưa rụng lá, trảng cây bụi có cây gỗ rải rác	1548,6	47,8	30 ÷ 40
5	Cây trồng nông nghiệp ngăn ngày xen dân cư	506,3	15,63	< 5

Nói chung thực vật trên lưu vực sông Trà Khúc rất phong phú, trong đó có rất nhiều loại cây sinh sống (Bảng.3.1), trong đó chủ yếu là rừng mới được trồng các loại cây tre nứa, cây lá kim, cây đặc sản. Nhưng diện tích đất trống và cây bụi vẫn còn rất lớn, chiếm tỷ lệ khá lớn diện tích toàn lưu vực, (Hình 3.3) [4].

### 1.3.5. Khí hậu

Lưu vực sông Trà Khúc nằm trong vùng Trung Trung Bộ nên có đặc điểm chung của khí hậu Trung Trung Bộ thuộc vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, mùa hè nóng và mưa nhiều với nền nhiệt độ cao ít biến động. Tuy nhiên do đặc điểm riêng của địa hình lưu vực sông Trà Khúc, nên ở đây thể hiện những nét riêng của đặc điểm khí hậu nhiệt

đới gió mùa miền duyên hải sườn Đông dãy núi Trường Sơn Nam khu vực Trung Bộ: có mưa nhiều vào từ tháng IX đến tháng XII kết hợp với địa hình dốc gây ra lũ lụt nghiêm trọng và ít mưa từ tháng I đến tháng VIII gây hạn hán. Chế độ ánh sáng, mưa và độ ẩm phong phú. Tổng lượng bức xạ trong năm từ 140-150 kcal/năm. Số giờ nắng khoảng 2000 giờ/năm.

Do ảnh hưởng của dãy núi Trường Sơn đã tạo ra hiệu ứng fon đối với gió mùa không khí trở nên khô nóng và gây ra thời tiết nắng nóng kéo dài trong suốt các tháng mùa khô tại lưu vực sông Trà Khúc - tỉnh Quảng Ngãi. Vào cuối mùa hạ đầu mùa đông, gió mùa đông bắc đối lập với hướng núi, cùng với các nhiễu động nhiệt đới như bão, xoáy thấp, hội tụ nhiệt đới và đới gió đông tạo nên mùa mưa lũ. Khi gió mùa đông bắc chuyển xuống phía nam trong thời kỳ này sẽ gây ra mưa to đến rất to kéo dài trong nhiều ngày, làm xuất hiện các trận lũ lớn. Như vậy mùa mưa trên lưu vực sông Trà Khúc bắt đầu từ tháng IX kéo dài đến tháng XII, mùa khô từ tháng I đến tháng VIII hàng năm. Lượng mưa năm tập trung chủ yếu vào mùa mưa chính (IX-XII). Từ tháng IX đến tháng XII, lượng mưa ở vùng núi chiếm 65-70% tổng lượng mưa năm, vùng đồng bằng ven biển chiếm 75-80% lượng mưa năm. Trong đó hai tháng X và XI, lượng mưa rất lớn chiếm khoảng 45-61% lượng mưa năm [22].

### **3.1.6. Mạng lưới sông suối và tình hình nghiên cứu thủy văn**

Sông Trà Khúc bắt nguồn từ vùng núi phía đông cao nguyên KonPlong có độ cao 1000m. Từ nguồn tới ngã ba nơi sông nhánh Đắc Rinh nhập lưu có tên là sông Re có độ dốc lòng sông đoạn thượng lưu rất lớn khoảng 50.6‰, mật độ lưới sông trên đoạn này khoảng 0.39 km/km<sup>2</sup> thuộc loại trung bình. Từ nguồn đến vĩ độ 14°40' sông chảy theo hướng tây nam - đông bắc, tới ngã ba (sông Re và Đắc Sê Lô) sông chuyển hướng nam - bắc, tiếp tục chảy tới Thạch Nham dòng sông bị uốn khúc theo hướng chung là tây nam - đông bắc, từ Thạch Nham ra biển Sa Kỳ sông chảy theo hướng tây đông. Sông Trà Khúc có diện tích lưu vực là 3240 km<sup>2</sup>, chiều dài sông 135km, khoảng 2/3 chiều dài sông chảy qua vùng núi, và đồi cao [6]. Độ dốc bình quân lưu vực tương đối lớn, khoảng 23.9%. Trong đó lưu vực có độ dốc rất lớn như Đắc D Rinh 34.1% và phụ lưu số 1-Nước Ong là 31%. Độ dốc bình quân lòng sông khoảng 52.7 ‰, thuộc loại sông có độ dốc rất lớn. Các sông có độ dốc lớn như Đắc Re 50.6%, Xã Diêu 126.7%, và phụ lưu 1-Đắc Si Rô 176.3%. Mật độ lưới sông thuộc loại trung bình, khoảng 0.39 km/km<sup>2</sup>. Trong đó sông Giang có mật độ lưới sông tương đối dày khoảng 0.86 km/km<sup>2</sup>.

Sông Trà Khúc có 9 phụ lưu cấp I (Đắc Leng (Đắc Re), Nước Lạc, Đắc Sê Lo, Tam

Dinh, Xã Diêu, Tam Rao, Giang, Phước Giang và phụ lưu số 9), 5 phụ lưu cấp II (Đắc Tem, Đắc Si Ro, Đắc Sơ Rông, Đắc D Rinh và phụ lưu 4), 6 phụ lưu cấp III (phụ lưu 1-Đắc D Rinh, Đắc Ro Man, Đắc Ba, Nước Bá Mao, Nước Ong) và hai phụ lưu cấp IV (phụ lưu 1-Nước Ong và Nước Nia). Các phụ lưu lớn như Đắc Sê Lô (phụ lưu cấp I), Đắc D Rinh (phụ lưu cấp II), Nước Ong (phụ lưu cấp III). Từ Sơn Hà lên thượng lưu, sông Trà Khúc có dạng hình quạt (Hình 2.4) [ 6 ].

Mùa lũ trên sông Trà Khúc xuất hiện từ tháng X - XII chiếm 66,5% lượng dòng chảy năm với  $M_{lũ} = 1871 \text{ l/s.km}^2$ . Tháng XI là tháng có dòng chảy sông ngòi lớn nhất chiếm 27,8% lượng dòng chảy năm với  $M_{\text{thángmax}} = 235 \text{ l/s.km}^2$ . Lũ trên lưu vực sông Trà Khúc thường rất ác liệt, mang đậm tính chất lũ núi với các đặc tính: cường suất lũ lớn, đỉnh lũ cao và thời gian lũ (cả lũ lên và lũ xuống) ngắn. Mực nước trên các triền sông tăng nhanh trong thời gian xuất hiện lũ, cường suất lũ ở thượng nguồn đạt  $50 \div 70 \text{ cm/h}$  còn ở hạ du đạt  $30 \text{ cm/h}$ , thậm chí có những trận lũ lớn đạt tới  $100 \text{ cm/h}$ . Cùng với khả năng điều tiết trên lưu vực không lớn và khả năng thoát nước của hạ du kém, vì vậy trên lưu vực sông Trà Khúc thường xuất hiện kèm với nhiều đỉnh, thời gian mực nước ở mức cao kéo dài gây ngập lụt nghiêm trọng cho thung lũng sông và vùng đồng bằng Quảng Ngãi. Trung bình trong một năm thường xuất hiện  $5 \div 7$  trận lũ và tập trung nhất vào tháng X và XI [22].

Mạng lưới quan trắc thu thập số liệu khí tượng thủy văn trên lưu vực sông Trà Khúc đã được tiến hành từ rất sớm từ những năm 1907 nhưng không đầy đủ.

Sau năm 1975, việc tổ chức mạng lưới trạm và quan trắc các yếu tố khí tượng thủy văn mới thực sự được tiến hành đầy đủ hơn. Hiện nay trên lưu vực sông có một trạm khí tượng cơ bản là trạm khí tượng Quảng Ngãi. Trên lưu vực đã có 1 trạm thủy văn cơ bản đo lưu lượng nước là Sơn Giang và 2 trạm thủy văn đo mực nước là Sơn Giang, Trà Khúc. Trên lưu vực có 5 trạm đo mưa là: Giá Vực, Sơn Giang, Trà Khúc, Sơn Hà và Cổ Luỹ. Nhìn chung về lưới trạm khí tượng thủy văn còn thiếu nhất là vùng các sông nhánh trên đầu nguồn và núi cao.

Hình 3.1

Hình 3.2



Hình 3.3

Hình 3.4

## 3.2. TỔNG QUAN TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ

### 3.2.1. Đánh giá chung

Số liệu mưa thu thập được là mưa ngày giờ với thời đoạn là 6 giờ, gồm có 9 trận mưa đơn và kép gây lũ lớn tiêu biểu kéo dài từ 6 đến 10 ngày đo tại trạm mưa Sơn Giang và Giá Vực của các năm 1998, 1999 do Viện KTTV cung cấp với thời gian của các trận như ở bảng 3.2.

Số liệu dòng chảy được cung cấp bởi Viện KTTV là giá trị dòng chảy tại cửa ra - trạm Sơn Giang theo ngày tương ứng với thời gian từng trận mưa.

Số liệu mặt đệm được lấy từ bản đồ địa hình, bản đồ rừng, bản đồ sử dụng đất, và bản đồ mạng lưới thủy văn năm 2000 tỷ lệ 1:25 000 được sử dụng để xét độ dốc và hướng dòng chảy phục vụ việc phân chia các đoạn sông và các phân tử, tính độ dốc lòng dẫn, mô tả hiện trạng các loại cây trồng và rừng tự nhiên, hiện trạng sử dụng đất tại từng khu vực, để lấy hệ số CN theo phương pháp SCS trên lưu vực

Các loại bản đồ trên đều đã được số hoá và có thể truy xuất dễ dàng qua các phần mềm GIS thông dụng. Trong công trình này chúng tôi sử dụng phần mềm MAPINFO để xử lý thông tin mặt đệm.

### 3.1.2. Xử lý số liệu

Mô hình lựa chọn và nhiệm vụ của bài toán yêu cầu số liệu đầu vào với file số liệu được xử lý như sau:

- *Tài liệu mưa* ban đầu được cung cấp là giá trị mưa theo từng ngày của hai trạm v được tính theo phương pháp trung bình có trọng số. Theo yêu cầu, số liệu đầu vào là mưa tích lũy theo giờ, nên từ số liệu mưa tính trung bình trọng số từng ngày, sau khi tích lũy thì ta được bảng số liệu lũy tích mưa theo các trận trong bảng 3.2.

*Bảng 3.2. Số liệu lũy tích mưa của 9 trận mưa*

Trận 1 từ ngày 4/XI/1998 đến ngày 12/XI/1998										
Thời gian (h)	0	24	48	72	96	120	144	168	<b>192</b>	216
$\Sigma X$	0	12.9	71.7	165.5	180.4	180.7	192.1	192.1	193.5	201.7
Trận 2 từ ngày 17/XI/1998 đến ngày 25/XI/1998										
Thời gian (h)	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216
$\Sigma X$	0	1.1	12.1	227.6	494.6	537.0	860.4	899.8	900.4	918.3

<b>Trận 3 từ ngày 25/XI/1998 đến ngày 30/XI/1998</b>										
Thời gian (h)	0	24	48	72	96	120	144	168		
$\Sigma X$	0	17.9	198	198	201.5	202.2	202.2	202.2		
<b>Trận 4 từ ngày 9/XII/1998 đến ngày 13/XII/1998</b>										
Thời gian (h)	0	24	48	72	96	120				
$\Sigma X$	0	25.4	192.2	391.8	392	401.1				
<b>Trận 5 từ ngày 22/X/1999 đến ngày 27/X/1999</b>										
Thời gian (h)	0	24	48	72	96	120	144			
$\Sigma X$	0	7.1	130.9	252.9	282.8	308.2	324.7			
<b>Trận 6 từ ngày 1/XI/1999 đến ngày 8/XI/1999</b>										
Thời gian (h)	0	24	48	72	96	120	144	168	192	
$\Sigma X$	0	121.6	256.7	456.2	643.7	888.7	940.2	940.5	943.7	
<b>Trận 7 từ ngày 12/XII/1999 đến ngày 18/XII/1999</b>										
Thời gian (h)	0	24	48	72	96	120	144			
$\Sigma X$	0	36.1	87.1	118.5	123	215.8	220.3			
<b>Trận 8 từ 1 giờ ngày 13/XI/1998 đến 1 giờ ngày 19/XI/1998</b>										
Thời gian (h)	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108
$\Sigma X$	0	58.6	226.8	369.9	433.4	504.0	513.4	513.4	513.6	513.6
<b>Trận 9 từ 1 giờ ngày 19/XI/1998 đến 19 giờ ngày 25/XI/1998</b>										
Thời gian (h)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
$\Sigma X$	0	26.6	48.6	133.2	208.8	275.4	360	430.6	474.9	494.7

- *Tài liệu về dòng chảy* ứng với từng ngày được dùng để so sánh với giá trị dòng chảy mô phỏng sau khi tính toán theo mô hình.

*Tài liệu mặt đẽm* lưu vực sông Trà Khúc được dùng để rời rạc hoá thành một lưới phân tử gồm các đoạn sông, dải và các phân tử lưu vực qua phân tích tính đồng nhất về độ dốc sườn và hướng dòng chảy từ các bản đồ độ dốc và lưới thủy văn. Bản đồ độ dốc tích hợp từ bản đồ địa hình bằng phần mềm ILWIS với 6 cấp: 0-3 độ; 3-8 độ; 8-15 độ, 15-30 độ và trên 30 độ (Hình 3.5).

*Phân đoạn sông*: Từ bản đồ mạng lưới sông phân chia lưu vực sông Trà Khúc thành 9 đơn vị thủy văn (lưu vực nhỏ) tương ứng với 9 đoạn sông, được ký hiệu từ I đến IX, thể hiện sự đồng nhất về độ dốc và khả năng tập trung nước, (Hình 3.6).

*Hình 3.5 Bản đồ độ dốc lưu vực sông Trà Khúc - Sơn Giang*

*Phân dải dòng chảy* được tiến hành sao cho trong mỗi dải dòng chảy xảy ra độ lặp với dải khác và có hướng vuông góc với hướng dòng chảy sông trong phần tử lòng dẫn. Số thứ tự của các dải được sắp xếp tăng dần từ thượng lưu về hạ lưu của đoạn sông, kết quả phân dải thể ở bảng 3.3.

*Bảng 3.3: Số dải của các đoạn sông lưu vực Trà Khúc - Sơn Giang*

Lưu vực	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Số dải	3	8	6	6	6	3	3	3	1

*Phân chia các phần tử sườn dốc* sao cho độ dốc sườn trong mỗi phần tử tương đối đồng nhất. Theo nguyên tắc đó, lưu vực sông Trà Khúc đến Sơn Giang được phân thành 150 phần tử, được ký hiệu riêng biệt, trong đó ký hiệu số La Mã từ I đến IX - là chỉ số của đoạn sông, chữ cái L, R - là chỉ phần tử thuộc phía trái và phía phải của lòng dẫn, số tự nhiên thứ nhất là chỉ thứ tự của dải, số tự nhiên thứ hai là chỉ thứ tự của phần tử trong dải được thống kê trong bảng 3.4 và được thể hiện trên hình 3.7.

*Tính độ dốc trung bình của phần tử:* Từ các phần tử được cắt trên bản đồ độ dốc tiến hành tính độ dốc trung bình của từng phần tử theo phương pháp trung bình trọng số, bằng cách đo diện tích của từng loại độ dốc có trong phần tử đó rồi dùng công thức tính trung bình có trọng số theo diện tích áp dụng cho mọi phần tử. Công đoạn tính toán này xử lý bởi các phần mềm MAPINFO và EXCEL .

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

*Xác định hệ số CN của từng phần tử:* Từ bản đồ sử dụng đất sau khi đã cắt riêng từng phần tử, tiến hành đo diện tích của từng loại sử dụng đất trong phần tử, kết hợp với bảng phân loại đất rồi tra bảng CN [28] để lấy và tính CN trung bình của từng phần tử theo công thức trung bình trọng số.

*Hệ số nhám Manning n của từng phần tử* được xác định dựa trên bản đồ rừng sau khi đã cắt riêng từng phần tử, tiến hành xác định diện tích của từng loại lớp phủ trong phần tử rồi tra giá trị n [28] và tính n trung bình của từng phần tử theo công thức trung bình có trọng số. *Chiều dài lòng dẫn, độ dốc lòng dẫn của phần tử* được xác định trực tiếp từ bản đồ mạng lưới sông suối và bản đồ địa hình. *Độ rộng lòng dẫn, độ dốc mái kênh và hệ số nhám lòng dẫn* là những thông số mô hình được tối ưu hoá trong quá trình mô phỏng từng dải trong lưu vực nhỏ.

**Hình 3.6. Sơ đồ phân đoạn sông trên lưu vực Trà Khúc - Sơn Giang**

**Hình 3.7: Sơ đồ lưới các phần tử lưu vực sông Trà Khúc - tr. Sơn Giang**



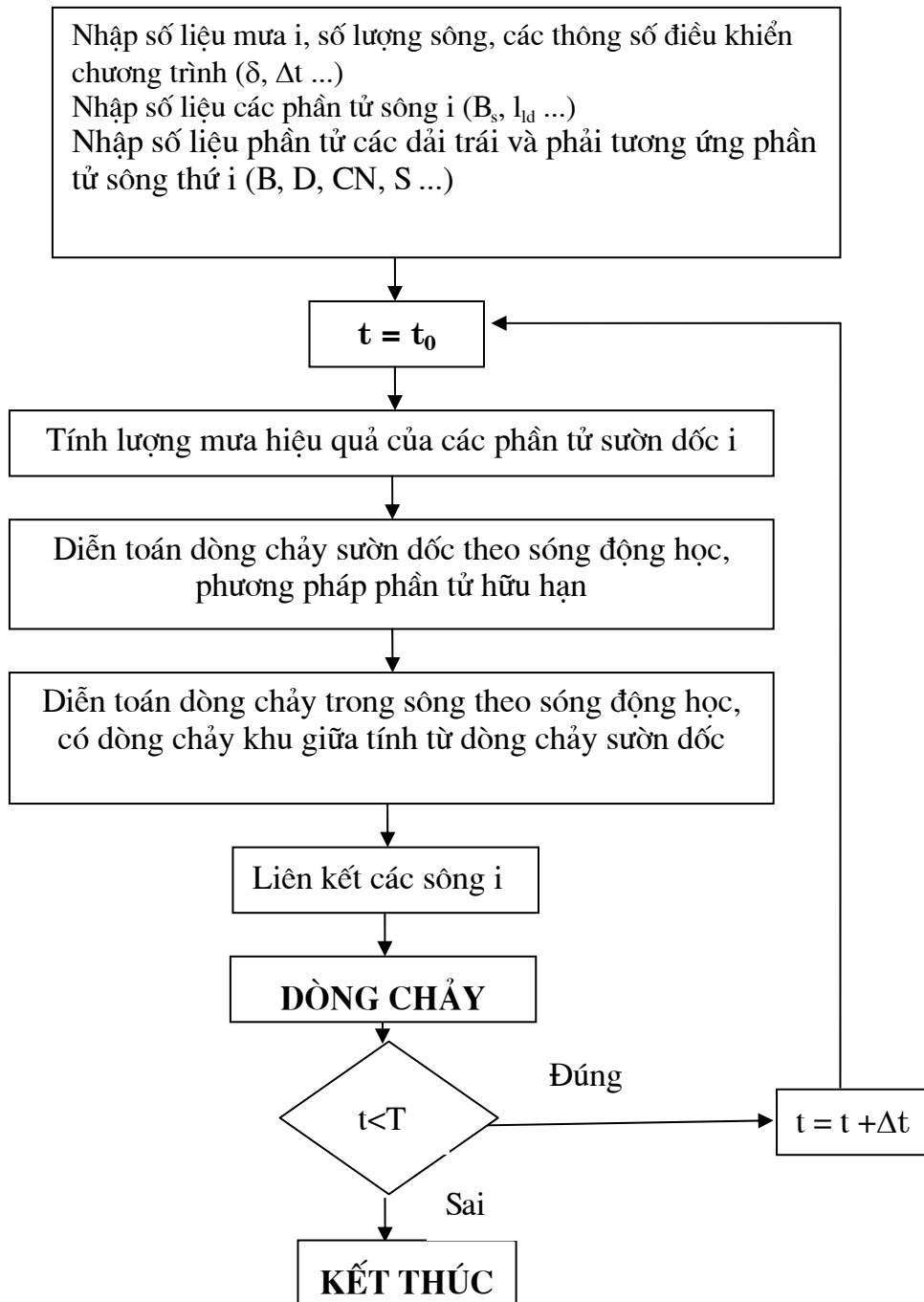
Bảng 3.4: Các phân tử của lưu vực Trà Khúc - Sơn Giang

STT	Sông 1	Sông 2	Sông 3	Sông 4	Sông 5	Sông 6	Sông 7	Sông 8	Sông 9
1	IL11	IIL11	IIIL11	IVL11	VL11	VIL11	VIIL11	VIIIL11	IXL11
2	IL21	IIL12	IIIL12	IVL21	VL12	VIL12	VIIL21	VIIIL21	IXR11
3	IL22	IIL13	IIIL13	IVL22	VL21	VIL21	VIIL31	VIIIL31	
4	IL31	IIL14	IIIL14	IVL31	VL22	VIL22	VIIR11	VIIIR11	
5	IR11	IIL21	IIIL21	IVL41	VL31	VIL31	VIIR21	VIIIR21	
6	IR21	IIL22	IIIL22	IVL42	VL32	VIR11	VIIR22	VIIIR31	
7	IR31	IIL23	IIIL23	IVL43	VL41	VIR21	VIIR23		
8	IR32	IIL31	IIIL24	IVL44	VL42	VIR22	VIIR31		
9		IIL32	IIIL31	IVL51	VL51	VIR31	VIIR32		
10		IIL33	IIIL32	IVL52	VL52		VIIR33		
11		IIL41	IIIL33	IVL61	VL61		VIIR34		
12		IIL42	IIIL34	IVR11	VL62				
13		IIL51	IIIL41	IVR12	VR11				
14		IIL52	IIIL42	IVR21	VR12				
15		IIL61	IIIL51	IVR22	VR21				
16		IIL62	IIIL61	IVR31	VR22				
17		IIL71	IIIL62	IVR32	VR31				
18		IIL72	IIIL63	IVR33	VR32				
19		IIL81	IIIR11	IVR34	VR41				
20		IIR11	IIIR21	IVR35	VR42				
21		IIR21	IIIR31	IVR36	VR51				
22		IIR31	IIIR32	IVR41	VR52				
23		IIR41	IIIR33	IVR42	VR61				
24		IIR51	IIIR34	IVR43	VR62				
25		IIR61	IIIR35	IVR44					
26		IIR71	IIIR41	IVR45					
27		IIR81	IIIR42	IVR51					
28			IIIR43	IVR52					
29			IIIR44	IVR61					
30			IIIR45	IVR62					
31			IIIR51	IVR63					
32			IIIR61						
<b>TỔNG</b>	8	27	32	31	24	9	11	6	2

Sau khi tách các phân tử từ bản đồ lưới ta tiến hành dùng nó để cắt riêng từng loại bản đồ và thu được các thông số độ dốc, sử dụng đất và rừng ứng với các phân tử.

### 3.3. CHƯƠNG TRÌNH TÍNH

#### 3.3.1. Sơ đồ khối



Hình 3.8. Sơ đồ khối của chương trình mô phỏng dòng chảy

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

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

```

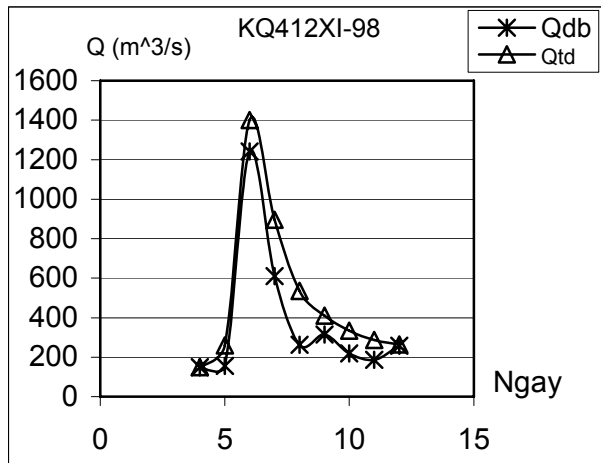
9  0.0001  10.  11  240  100  1
(So doan song, sai so tinh, thoi gian hoi tu, so cap tinh, thoi gian du bao, vong
lap, phuong an tinh)
0  24  48  72  96  120  144  168  192  216  240
(Thoi gian tích luy mua)
0  25.5  104.6  465.2  771.4  1105.1  1240.6  1288.9  1307.8  1307.8  1307.9
(Mua tích luy 24h)
6      SONG I                      So dai thuoc song I
0                      So song do vao song I
30  35  40  50  60  65          ! Chieu rong cua song ung voi tung dai
1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5      ! m : do doc mai kenh
6700 5400 6700 5500 5900 5900 ! chieu dai doan long dan
0.1194 0.037 0.0264 0.0264 0.0169 0.0076 ! do doc doan long dan
1 2 1 4 2 1                  left: so phan tu trai
2 2 6 5 2 3                  right: so phan tu phai
0.1 0.09 0.08 0.07 0.06 0.06   He so nham song
3889.47                       chieu rong left cua phan tu 1
3174.06 6646.19               chieu rong right cua phan tu 1
3800                           chieu dai left cua phan tu 1
3200 2100                       chieu dai right cua phan tu 1
0.374                           he so nham left cua phan tu 1
0.355 0.374                       he so nham right cua phan tu 1
51.1                             chi so CN left cua dai 1
55.4 50.9                         chi so CN right cua dai 1
0.247                             do doc left cua dai 1
0.2252 0.3182                     do doc right cua dai 1
4341.43 6399.59                   chieu rong left cua phan tu 2
2367.78 4031.56                   chieu rong right cua phan tu 2
4900 2700                           chieu dai left cua phan tu 2
2700 3200                           chieu dai right cua phan tu 2
0.360 0.305                         he so nham left cua phan tu 2
0.379 0.307                         he so nham right cua phan tu 2
54.1 66.8                           chi so CN left cua dai 2
49.9 56.4                           chi so CN right cua dai 2
0.2848 0.2098                       do doc left cua dai 2
0.2920 0.2835                       do doc right cua dai2

```

Cứ thế tiếp tục cho đến hết dải 6 của sông I và tiếp tục nhập sông II, tương tự

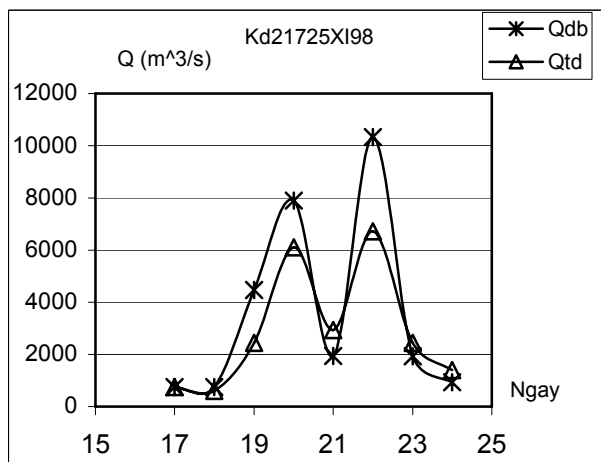
### 3.4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

**3.4.1 Mô phỏng dòng chảy:** Từ file số liệu và bộ thông số đã được xác lập mô phỏng 7 trận lũ của năm 1998, 99 (H.3.9 - 3.15) và kiểm tra chuỗi số liệu độc lập (H.3.16, 3.17) cho kết quả:



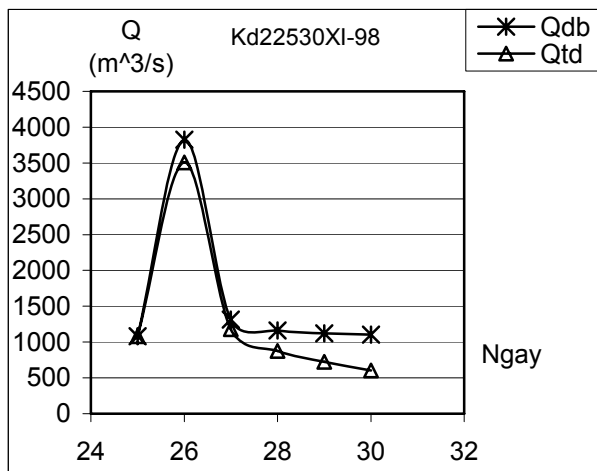
Hình 3.9. Kết quả mô phỏng trận lũ từ ngày 4/XI đến 12/XI năm 1998 tại trạm Sơn Giang

Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)
4	150	150
5	155.3	259
6	1241.41	1400
7	609.62	896
8	263.58	536
9	315.18	410
10	219.72	335
11	185.81	288
12	257.59	264
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>92%</b>	
<b>Sai số đỉnh</b>	<b>12,8%</b>	
<b>Sai số tổng lượng</b>	<b>33,5%</b>	



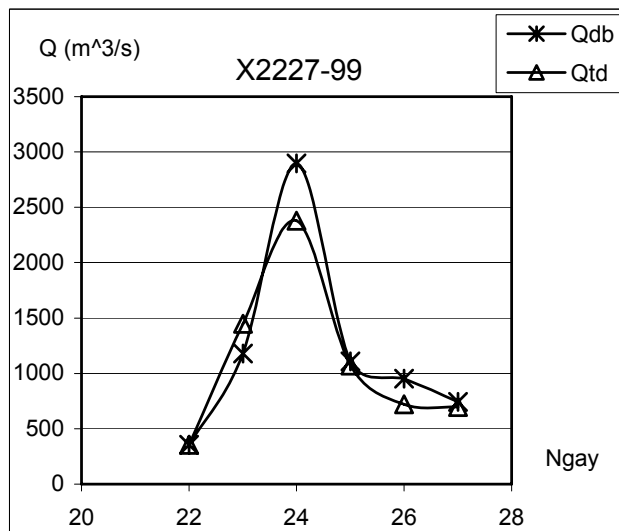
Hình 3.10. Kết quả mô phỏng trận lũ từ ngày 17/XI đến 25/XI năm 1998 tại trạm Sơn Giang

Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)
17	753	753
18	753	600
19	4465.09	2450
20	7892.75	6100
21	1939.01	2940
22	10335.13	6720
23	1931.57	2450
24	927.57	1400
25	1224.53	1080
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>74,1%</b>	
<b>Sai số đỉnh 1</b>	<b>22,7%</b>	
<b>Sai số đỉnh 2</b>	<b>35%</b>	
<b>Sai số tổng lượng</b>	<b>19%</b>	



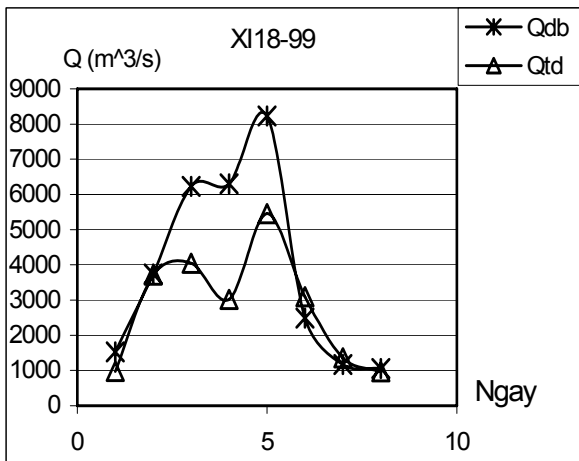
Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Q(i) (m <sup>3</sup> /s)
25	1080	1080
26	3799.5	3510
27	1322.1	1180
28	1164.3	874
29	1121.4	722
30	1102.9	603
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>94,7%</b>	
<b>Sai số đỉnh</b>	<b>10,7%</b>	
<b>Sai số tổng lượng</b>	<b>16,9%</b>	

Hình 3.11. Kết quả mô phỏng trận lũ từ ngày 25/XI đến 30/XI năm 1998 tại trạm Sơn Giang



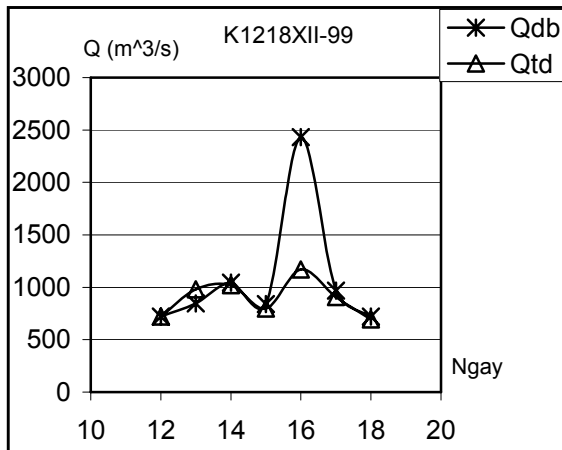
Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)
22	357	357
23	1152.91	1450
24	2871.72	2380
25	1076.82	1070
26	971.05	722
27	776.64	695
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>94,3%</b>	
<b>Sai số đỉnh</b>	<b>17,1%</b>	
<b>Sai số tổng lượng</b>	<b>8%</b>	

Hình 3.12. Kết quả mô phỏng trận lũ từ ngày 22/X đến 27/X năm 1999 tại trạm Sơn Giang



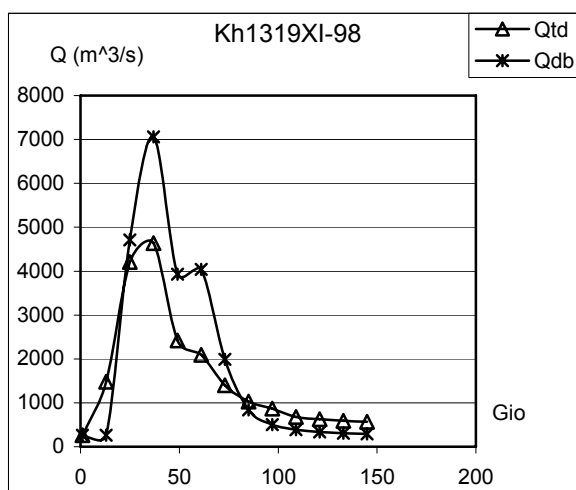
Hình 3.13. Kết quả mô phỏng trận lũ từ ngày 1/XI đến 8/XI năm 1999 tại trạm Sơn Giang

Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)
1	1555.09	967
2	3736.7	3710
3	6216.88	4050
4	6277.82	3020
5	8169.62	5460
6	2526.46	3090
7	1168.16	1360
8	1054.68	965
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>63%</b>	
<b>Sai số đỉnh 1</b>	<b>35%</b>	
<b>Sai số đỉnh 2</b>	<b>33,2%</b>	
<b>Sai số tổng lượng</b>	<b>26,4%</b>	



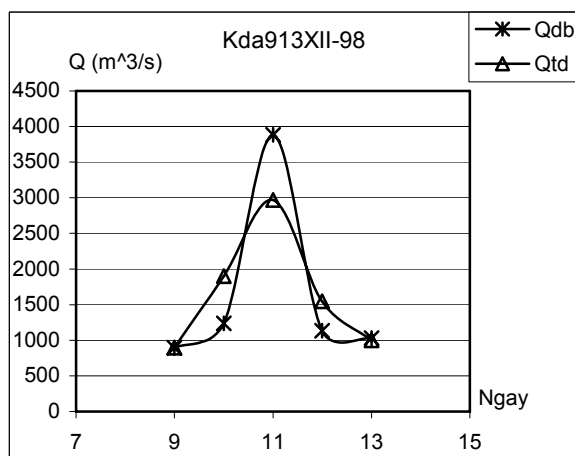
Hình 3.14. Kết quả mô phỏng trận lũ từ ngày 12/XII đến 18/XII năm 1999 tại trạm Sơn Giang

Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)
12	720	720
13	847.23	982
14	1044.63	1020
15	839.4	797
16	2433.25	1170
17	968.63	908
18	720	694
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>62%</b>	
<b>Sai số đỉnh 1</b>	<b>2,4%</b>	
<b>Sai số đỉnh 2</b>	<b>51,9%</b>	
<b>Sai số tổng lượng</b>	<b>16,9%</b>	



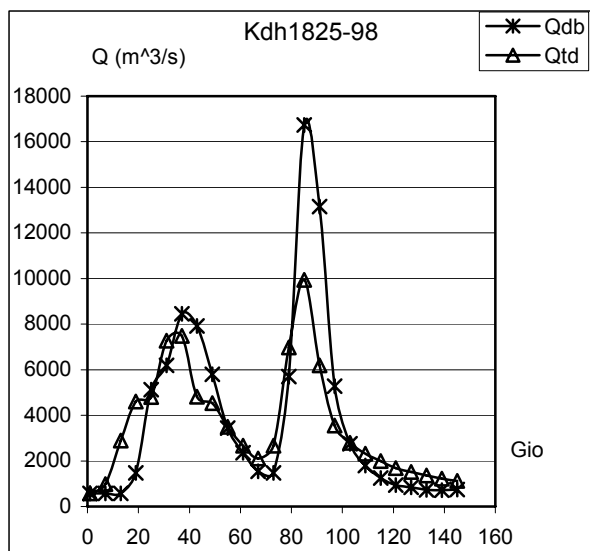
Hình 3.15. Kết quả mô phỏng trận lũ từ 1 giờ ngày 13/XI đến 1 giờ ngày 19/XI năm 1998 tại Sơn Giang

Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)
1	264	264
13	1480	264.05
25	4210	4711.01
37	4640	7061.47
49	2420	3932.72
61	2090	4042.21
73	1400	1992.09
85	1030	842.21
97	866	505.34
109	681	385.53
121	630	335.94
133	589	304.36
145	569	293.24
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>70,1%</b>	
<b>Sai số đỉnh</b>	<b>34,3%</b>	
<b>Sai số tổng lượng</b>	<b>16,3%</b>	



Hình 3.16. Kết quả tính cho chuỗi số liệu độc lập từ ngày 9/XII đến ngày 13/XII năm 1998 tại Sơn Giang

Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)
9	896	896
10	1239.07	1900
11	3882.54	2970
12	1133.17	1550
13	1031.31	1000
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>86,4%</b>	
<b>Sai số đỉnh</b>	<b>23,5%</b>	
<b>Sai số tổng lượng</b>	<b>1,6%</b>	



Hình 3.17. Kết quả tính cho chuỗi số liệu độc lập từ 1 giờ ngày 19/XI đến 19 giờ ngày 25/XI năm 1998 tại trạm Sơn Giang

Ngày	Qdb (m <sup>3</sup> /s)	Qtd (m <sup>3</sup> /s)
1	569	569
7	569	984
13	569.01	2890
19	1471.78	4600
25	5118.29	4800
31	6186.69	7270
37	8449.09	7490
43	7921.83	4820
49	5792.2	4540
55	3445.75	3500
61	2358	2670
67	1545.86	2110
73	1477.09	2670
79	5698.94	6980
85	16730.15	9940
91	13159.11	6190
97	5277.22	3550
103	2754.68	2800
109	1796.67	2320
115	1249.2	1990
121	937.88	1690
127	845.02	1520
133	736.32	1360
139	719.31	1220
145	741.59	1130
R <sup>2</sup>	69%	
Sai số đỉnh 1	11,4%	
Sai số đỉnh 2	40,6%	
Sai số tổng lượng	6,8%	



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

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

trong đó:

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

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

Tiêu chuẩn đánh giá như sau:

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

Theo tiêu chuẩn đánh giá sai số của Tổ chức Khí tượng Thế giới thì với 7 trận lũ trên sông Trà Khúc mô phỏng cho kết quả là 3 trận lũ thuộc loại tốt với  $R^2 > 85\%$ , 2 trận lũ đạt loại khá và 2 trận lũ đạt. Bộ thông số xác lập với kết quả tính toán này dùng cho hai trận lũ độc lập để kiểm định. Kết quả chạy cho hai trận lũ độc lập được thể hiện trên hình 3.12 và hình 3.13.

Với trận lũ từ ngày 9/XII đến ngày 13/XII năm 1998 cho kết quả sai số về lượng <10%, về đỉnh là 23,5%, sai số quá trình theo tiêu chuẩn  $R^2 = 86,4\%$  thuộc loại tốt.

Với trận lũ từ 1 giờ ngày 19/XI đến 19 giờ ngày 25/XI năm 1998 là trận lũ kép (hai đỉnh) với lưu lượng lớn, vì vậy việc mô phỏng hay dự báo đường quá trình của trận lũ này rất phức tạp. Kết quả trên hình 3.13 cho thấy mô hình đã mô phỏng khá tốt đỉnh thứ nhất (sai số đỉnh <15%), dự báo được đỉnh thứ hai tốt về thời gian xuất hiện nhưng giá trị có sai số lớn (>25%), sai số về lượng thuộc loại đạt là 6,8%, về quá trình, theo tiêu chuẩn đánh giá sai số  $R^2 = 69\%$ , thuộc loại khá. Như vậy bộ thông số xác lập từ 7 trận lũ mô phỏng khi dùng cho 2 trận lũ độc lập để kiểm tra đạt kết quả khả quan.

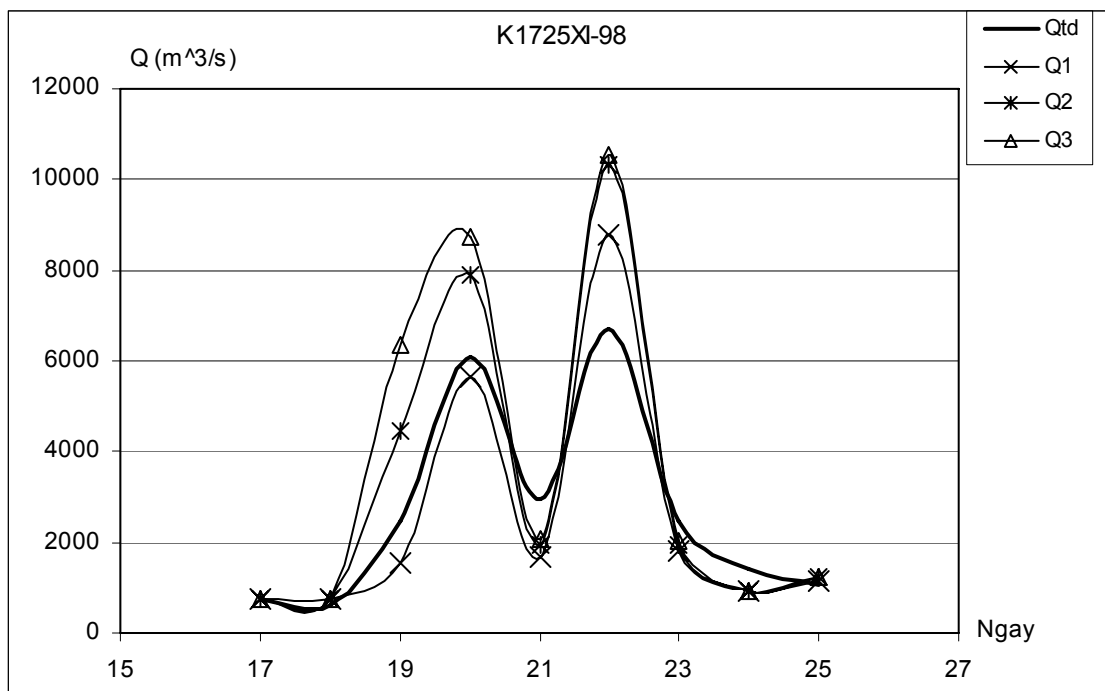
Từ các kết quả trên, bước đầu có thể nhận định như sau:

+ Mô hình đã miêu tả khá tốt dạng đường quá trình lũ trên lưu vực chứng tỏ tính ổn định của bộ thông số được xác lập.

+ Với các trận lũ đơn, mô hình cho kết quả dự báo tốt về đỉnh, cả về thời điểm xuất hiện lẫn giá trị (Hình 3.9, 3.11 và 3.13).

+ Với các trận lũ kép, mô hình mô phỏng khá tốt đỉnh thứ nhất, còn đỉnh thứ hai chưa phù hợp về giá trị, do chưa xử lý tốt quá trình tổn thất sau giai đoạn bão hoà.

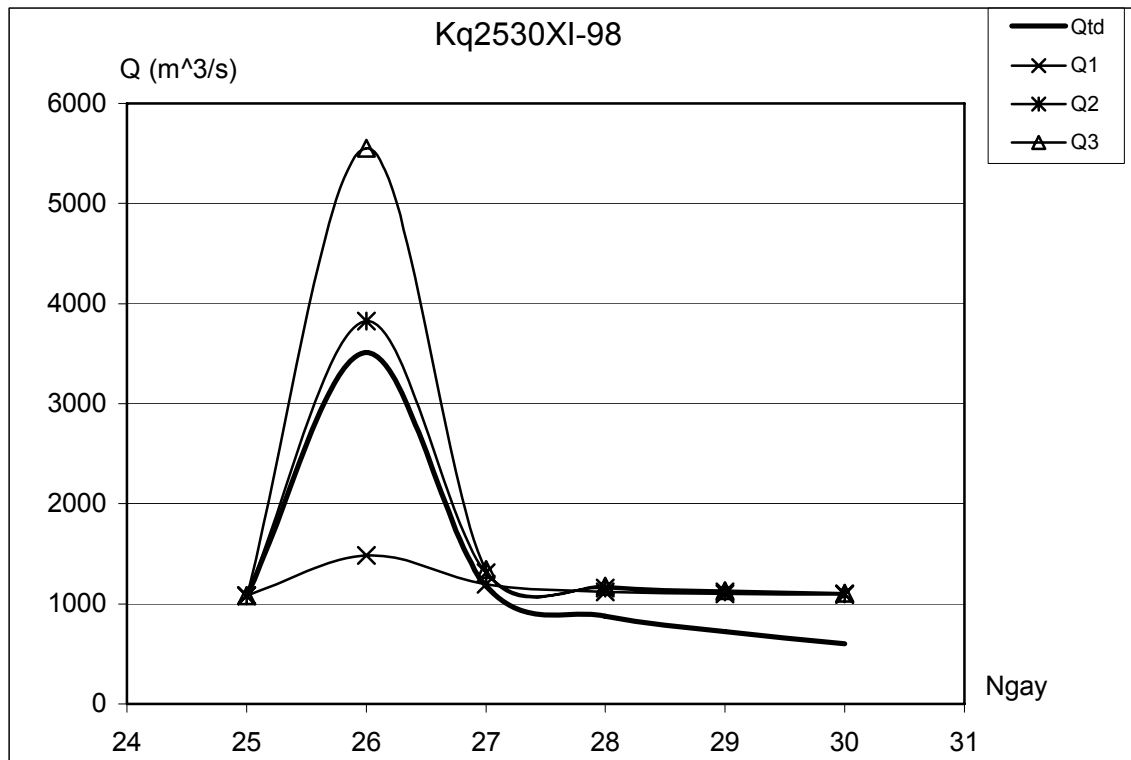
+ Với bộ thông số xác lập qua mô phỏng 7 con lũ, sau khi kiểm tra bằng 2 trận lũ độc lập (Hình 3.16 và 3.17), nhận thấy rằng mô hình có thể áp dụng được trên lưu vực sông Trà Khúc để tính toán và dự báo quá trình dòng chảy.



Hình 3.18. Kết quả tính lũ theo 3 phương án cho trận lũ từ ngày 17/XI đến 25/XI 1998

Trong quá trình mô phỏng đường quá trình lũ thì độ ẩm trước lũ có ảnh hưởng rất lớn. Cụ thể là vào đầu mùa lũ, độ ẩm trên lưu vực nhỏ nên quá trình sinh dòng chảy trên lưu vực chậm (sinh dòng muộn, lượng nhỏ), vào cuối mùa lũ, độ ẩm lớn quá trình sinh dòng chảy nhanh hơn và cho lượng lớn hơn. Công trình này đã tiến hành tính toán lũ cho 3 phương án: 1) với hiện trạng độ ẩm ban đầu thuộc loại khô (đầu mùa lũ), 2) với hiện trạng độ ẩm ban đầu thuộc loại trung bình và 3) với hiện trạng độ ẩm ban đầu thuộc loại ẩm (cuối mùa lũ hay lũ kế tiếp). Kết quả tính toán theo 3 phương án với 2 trận lũ được thể hiện trên hình 3.18 và 3.19. Ký hiệu:  $Q_{td}$  là lưu lượng thực đo;  $Q_1$  lưu lượng tính theo phương án 1;  $Q_2$  lưu lượng tính theo phương án 2;  $Q_3$  lưu lượng tính theo phương án 3.

Trên hình 3.18, trận lũ từ ngày 17/XI đến 25/XI tính theo phương án 1 cho kết quả tốt nhất, phương án 2 và phương án 3 cho kết quả kém hơn.



Hình 3.19. Kết quả tính theo 3 phương án cho trận lũ từ ngày 25/XI đến 30/XI 1998

Trận lũ từ ngày 25/XI đến 30/XI (Hình 3.19) tính theo phương án 1 cho kết quả kém bởi trận lũ này là trận lũ kế tiếp của trận lũ ngày 17/XI đến 25/XI do vậy độ ẩm trước lũ cần được xem xét. Phương án 2 cho kết quả tốt nhất, phương án 3 cho kết quả thiên lớn về đỉnh.

*Nhận xét kết quả tính toán theo 3 phương án và kiến nghị:* Với những trận lũ đầu mùa nên sử dụng phương án 1 để tính toán. Với những trận lũ kế tiếp và cuối mùa sử dụng phương án 2 hoặc phương án 3 để tính toán.

### 3.4.2. Khả năng ứng dụng mô hình đánh giá ảnh hưởng sử dụng đất trên lưu vực

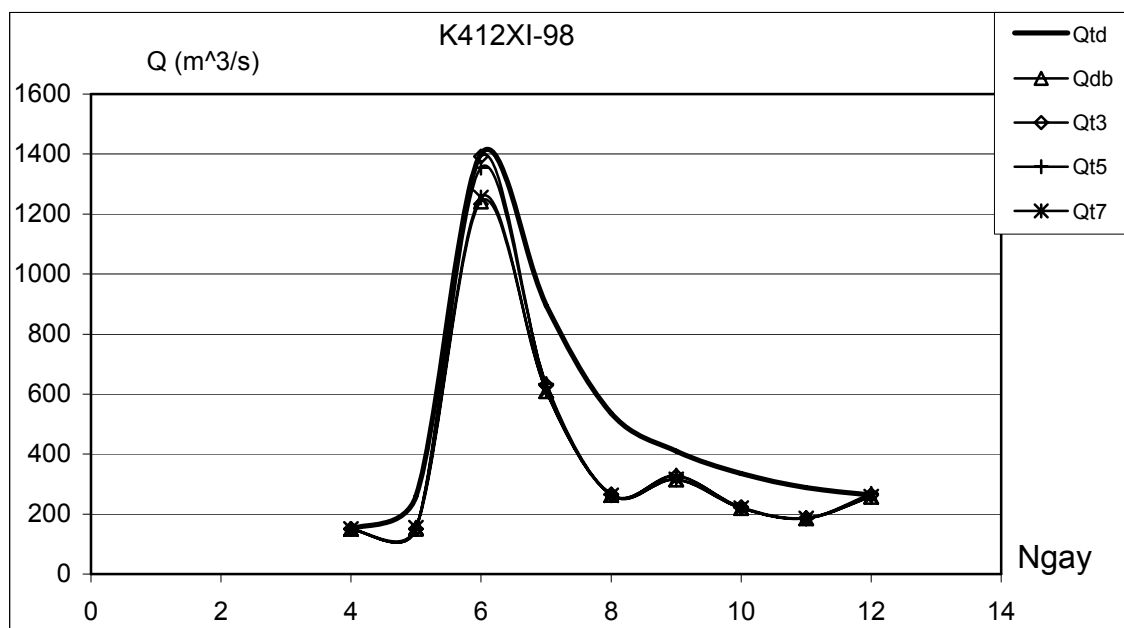
Mô hình đánh giá tác động của việc biến đổi sử dụng đất đến quá trình dòng chảy, chính là làm thay đổi điều kiện mặt đệm. Bài toán đặt ra là khi trên bề mặt lưu vực thay đổi hiện trạng sử dụng đất hay thay đổi cơ cấu cây trồng của một phần diện tích nào đó trên lưu vực thì ảnh hưởng của việc thay đổi này tác động đến quá trình dòng chảy như thế nào? Để xem xét vấn đề này, trong đề tài đã tạo ra những kịch bản sử dụng đất ở thượng nguồn (lưu vực III và V) và hạ nguồn (lưu vực VII). Kịch bản trên các lưu vực cụ thể như sau:

*Lưu vực III* là lưu vực rừng tự nhiên nghèo chiếm khoảng 1/2 diện tích lưu vực

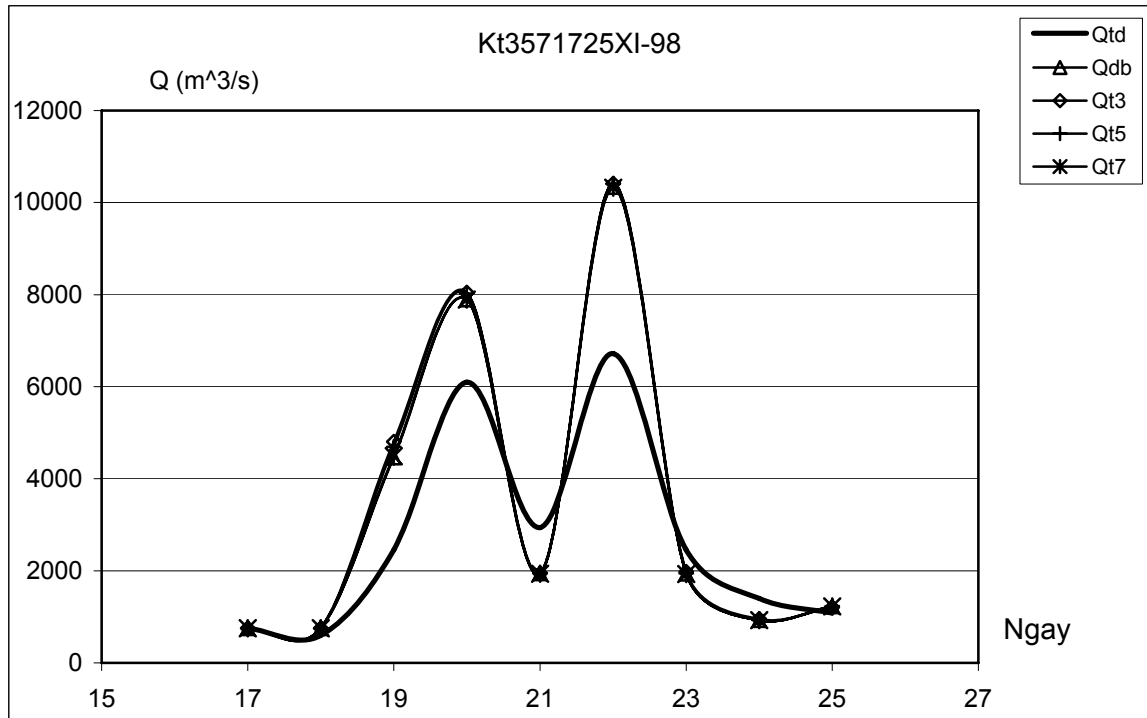
(hình 3.2 và 3.3), ngoài ra còn có đất trồng lúa và cây cỏ, nương rẫy xen dân cư. Thay đổi hiện trạng sử dụng đất trên lưu vực bằng việc giả định trên lưu vực III tất cả phần diện tích chuyển sang đất trồng trọt xen dân cư (có nghĩa là đất trồng có quản lý). Như vậy trên lưu vực III phần diện tích rừng tự nhiên nghèo đã được chuyển đổi sang phần diện tích nương rẫy xen dân cư. Thay đổi hiện trạng sử dụng đất kéo theo thay đổi hệ số  $CN$  và hệ số nhám Manning [28]. Như vậy, trong file số liệu gốc hệ số  $CN$  và hệ số  $n$  ở đoạn sông số III sẽ thay đổi.

*Lưu vực V* là rừng tự nhiên, cây cỏ nương rẫy xen dân cư chiếm diện tích rất nhỏ; đất cây bụi gỗ và đất cây bụi chiếm 3/4 diện tích lưu vực (với hiện trạng trung bình  $CN$  trong khoảng 50 và hệ số  $n$  trong khoảng 0,32). Thay đổi hiện trạng sử dụng đất trên lưu vực V chính là thay đổi phần diện tích đất cây bụi gỗ và đất cây bụi thành diện tích đất trồng trọt xen dân cư vì trên lưu vực rừng tự nhiên chiếm diện tích không đáng kể. Hệ số  $CN$  và hệ số nhám Manning  $n$  mới nhận được là  $CN$  trung bình bằng 62,  $n$  trung bình bằng 0,3 [28].

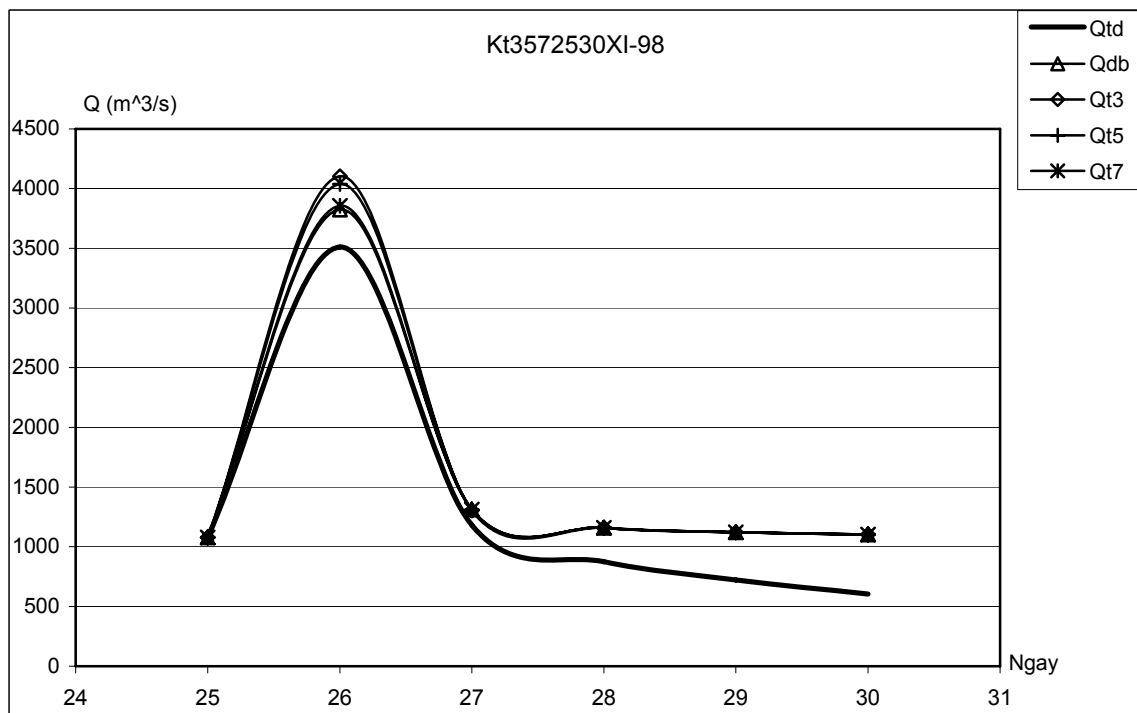
*Lưu vực VII* chủ yếu là đất cây bụi, rừng tự nhiên nghèo và đất lúa màu với hiện trạng trung bình  $CN$  là 47 và hệ số  $n$  là 0,35. Thay đổi hiện trạng sử dụng đất như ở lưu vực III và lưu vực V với  $CN$  trung bình bằng 62,  $n$  trung bình bằng 0,3 [28]. Tính cho các trận lũ thu được kết quả thể hiện ở hình 3.20, 3.21, 3.22. Ký hiệu  $Q_3$ ,  $Q_5$ ,  $Q_7$  là lưu lượng tính tương ứng với các kịch bản trên từng lưu vực;  $Q_{td}$  là lưu lượng thực đo;  $Q_{db}$  là lưu lượng dự báo khi chưa thay đổi hiện trạng sử dụng đất.



Hình 3.20. Kết quả thay đổi kịch bản tính cho trận lũ từ ngày 4/XI đến 12/XI/1998



Hình 3.21. Kết quả thay đổi kịch bản tính cho trận lũ từ ngày 17/XI đến 25/XI/1998



Hình 3.22. Kết quả thay đổi kịch bản tính cho trận lũ từ ngày 17/XI đến 25/XI/1998

Từ kết quả tính cho 3 trận lũ khi thay đổi hiện trạng sử dụng đất trên các hình 3.20, 3.21 và 3.22 nhận thấy xu thế của đỉnh và đường quá trình tăng lên. Như vậy với thay đổi hiện trạng sử dụng đất từ rừng, cây bụi gỗ, đất lúa màu sang sử dụng đất trồng trọt xen dân cư (tương ứng với việc tăng hệ số CN và giảm hệ số nhám n), sẽ làm tăng lượng và đỉnh của đường quá trình so với hiện trạng.

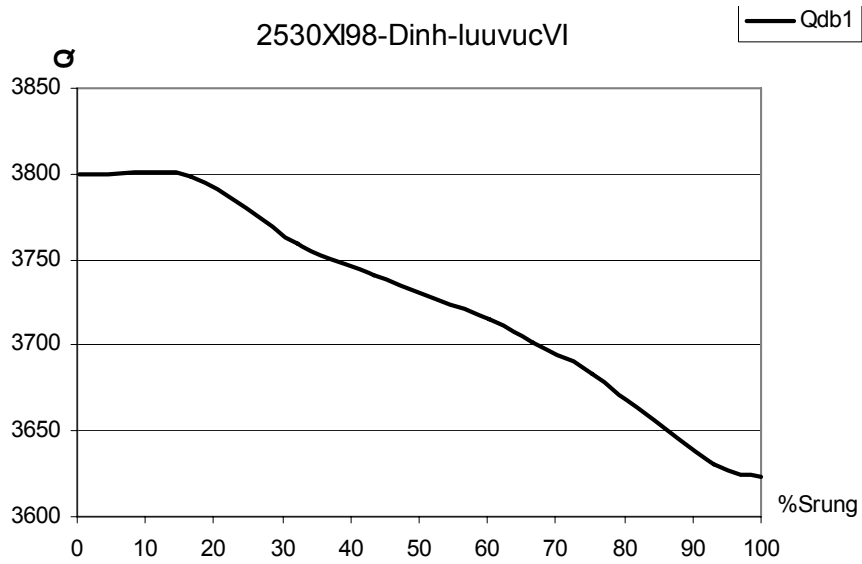
Kết quả tính cho thấy khi thay đổi hiện trạng sử dụng đất trên lưu vực số III và lưu vực số V ở vị trí thượng nguồn thì đỉnh đường quá trình tăng lên. Còn với lưu vực số VII, ở vị trí cửa ra cả đỉnh và lượng của đường quá trình thay đổi ít. Kết quả này phù hợp với lý thuyết về vai trò điều tiết của rừng là phòng lũ, một lần nữa minh chứng cho tác hại của việc phá rừng đầu nguồn sẽ làm tăng dòng chảy về đỉnh lẫn lượng. Như vậy có thể áp dụng mô hình vào công việc phòng lũ cho lưu vực bằng cách qui hoạch có hệ thống hiện trạng sử dụng đất, nhất là vùng thượng nguồn với chỉ số CN phù hợp. Về khả năng, mô hình có thể góp phần đánh giá, xây dựng quy hoạch sử dụng đất trên lưu vực trên nguyên tắc khai thác kinh tế có lợi mà vẫn đảm bảo sự phát triển bền vững.

### **3.4.3. Ứng dụng mô hình khảo sát ảnh hưởng của rừng đến dòng chảy**

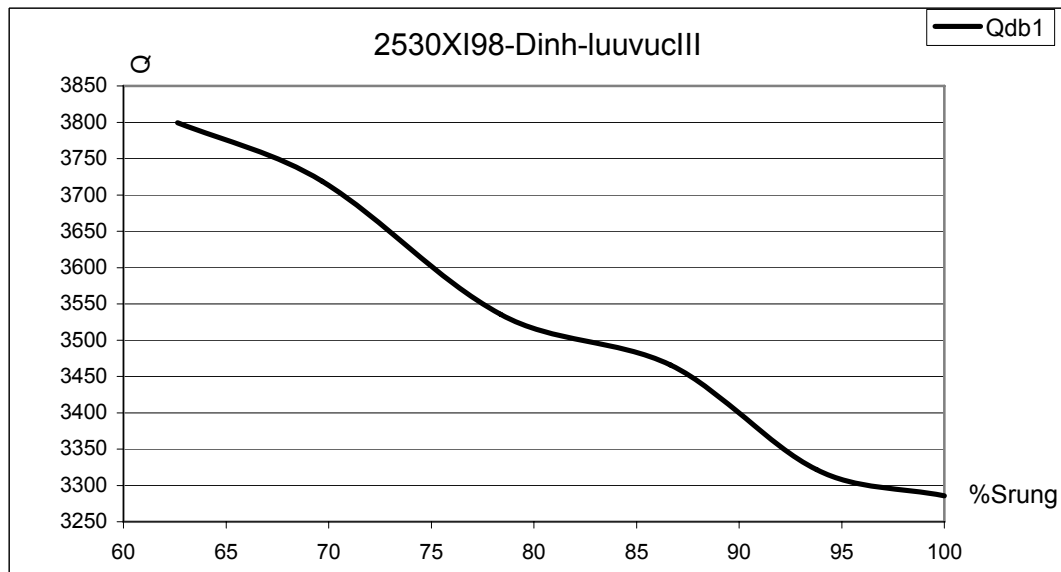
Để đánh giá ảnh hưởng của rừng đến sự hình thành và phát triển dòng chảy trên lưu vực sông Trà Khúc, tiến hành xây dựng các quan hệ giữa độ che phủ rừng và dòng chảy. Theo lý thuyết, độ che phủ rừng càng giảm thì sự gia tăng lũ trên lưu vực càng được thể hiện. Điều này đã được minh chứng trong một số công trình nghiên cứu trước đây [15].

Ảnh hưởng của rừng thể hiện trên nhiều góc độ: độ che phủ, loại rừng, độ cao và tán lá ... Rất khó tách rời tác động của rừng đến dòng chảy trong mối quan hệ với các điều kiện địa lý tự nhiên khác như độ dốc, đất đai, hướng sườn, diện rừng ... nên công trình này đã cố gắng lựa chọn các lưu vực nhỏ có tính đồng nhất cao về độ dốc, thổ nhưỡng để khảo sát ảnh hưởng của rừng, cụ thể là độ che phủ của rừng đối với sự hình thành đỉnh lũ.

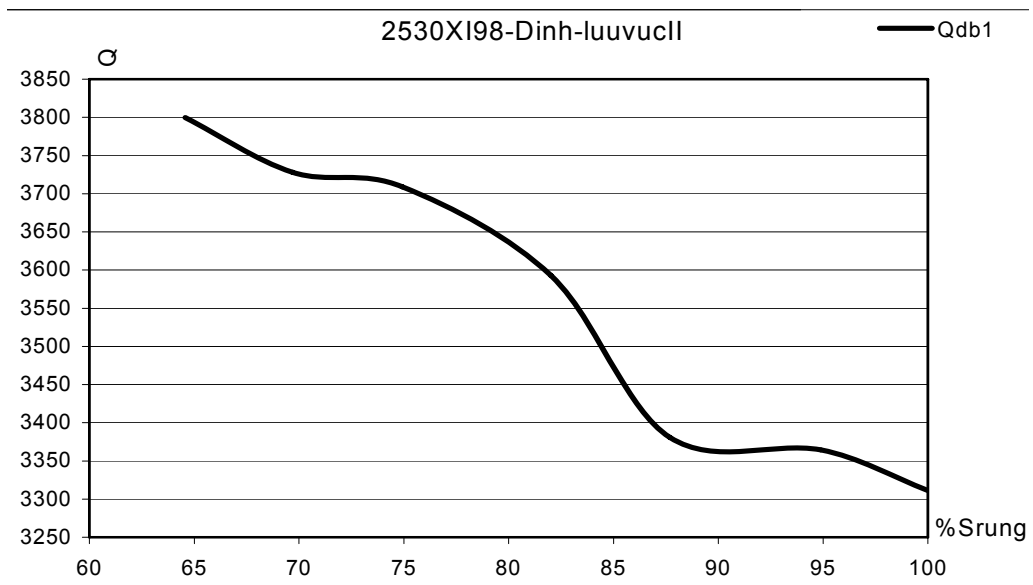
Để minh họa, chọn các lưu vực đầu nguồn lưu vực sông Trà Khúc để khảo sát. Lưu vực được chọn là các lưu vực số II (Hình 3.25), III (Hình 3.24) và VI (Hình 3.23). Trên cả ba biểu đồ có thể thấy rằng khi độ che phủ rừng tăng, lưu lượng đỉnh lũ giảm .



**Hình 3.23. Đường quan hệ giữa đỉnh và tỷ lệ rừng lưu vực VI  
trận lũ từ ngày 25 đến ngày 30 tháng XI năm 1998**



**Hình 3.24. Đường quan hệ giữa đỉnh và tỷ lệ rừng lưu vực III  
trận lũ từ ngày 25 đến ngày 30 tháng XI năm 1998**



**Hình 3.25. Đường quan hệ giữa đỉnh và tỷ lệ rừng lưu vực II  
trận lũ từ ngày 25 đến ngày 30 tháng XI năm 1998**



## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Đề tài đã thực hiện được một số nội dung như sau:

1. Bước đầu tổng quan các mô hình toán mưa - dòng chảy, nhất là các mô hình để phục vụ qui hoạch lưu vực. *Phân tích ưu nhược điểm của từng mô hình đã này lựa chọn phương pháp SCS và mô hình phân tử hữu hạn sóng động học để mô phỏng lũ, đánh giá việc sử dụng đất, ảnh hưởng của rừng đến dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc, sử dụng đầy đủ hơn các thông tin về mặt đệm nhờ công nghệ GIS.*
2. Đã nghiên cứu toàn diện và hệ thống mặt đệm lưu vực sông Trà Khúc qua các tài liệu nghiên cứu trước đây và phân tích các bản đồ chuyên ngành. Tiến hành lập bản đồ độ dốc và việc phân tích hướng dòng chảy trên lưu vực để xây dựng lưới phân tử lưu vực sông Trà Khúc - Sơn Giang, cụ thể là *xây dựng được lưới tính gồm 150 phần tử thuộc 39 dải của 9 đoạn sông* (đơn vị thủy văn). Từ lưới phân tử đã xây dựng, tiến hành tách các phần tử, áp các phần tử này vào các bản đồ độ dốc, sử dụng đất, rừng... để tính toán chọn các thông số phân tử: *độ dốc trung bình, chiều dài, rộng, diện tích và các hệ số CN, n*. Tài liệu mưa trên lưu vực là tài liệu mưa bình quân ngày và mưa thời đoạn 6 giờ được tính theo phương pháp trung bình trọng số trên hai trạm: Giá Vực và Sơn Giang. Tính *mưa tích lũy* theo thời đoạn 6 giờ, 12 giờ, 24 giờ tương ứng với tài liệu mưa thu thập được. Các thông số khác như *độ dốc mái kênh, hệ số nhám lòng sông, chiều rộng đoạn lòng dẫn* nhận được thông qua quá trình mô phỏng trận lũ bằng phương pháp tối ưu hoá.
3. Thành lập được *bộ thông số* cho lưu vực sông Trà Khúc qua mô phỏng cho 7 trận lũ phụ thuộc với sai số đỉnh của những trận lũ đơn nằm trong khoảng 10%÷17%, lũ kép trong khoảng từ 5%÷50%, sai số về tổng lượng của lũ đơn và lũ kép nằm trong khoảng 2%÷34%, đánh giá theo tiêu chuẩn sai số của tổ chức Khí tượng thế giới thì về lượng và đường quá trình các trận lũ mô phỏng là đạt loại khá. Đã tiến hành kiểm tra bộ thông số trên chuỗi độc lập với sai số về đỉnh nằm trong khoảng 10%÷40% ,sai số về lượng dưới 10%, đánh giá theo chỉ tiêu sai số  $R^2$  thì đường quá trình đạt loại khá.
4. Với file số liệu trên để mô phỏng cho một trận lũ khác chỉ cần nhập mưa tích lũy. Sau khi nhập mưa vào chương trình tính thì với cấu hình máy là Pentium IV, cụ thể với file số liệu của lưu vực Trà Khúc cần từ 1÷5 phút để máy cho ra kết quả phụ thuộc vào thời gian của trận lũ cần mô phỏng. Như vậy, nếu dự báo trước được mưa thì dễ dàng dự báo được dòng chảy.

5. Mô hình xây dựng cho 3 phương án tương ứng với thuộc tính của độ ẩm trên lưu vực. Phương án 1 độ ẩm trước lũ thuộc loại khô, phương án 2 độ ẩm trước lũ thuộc loại trung bình, phương án 3 độ ẩm trước lũ thuộc loại ẩm. Tiến hành tính cho 3 phương án và rút ra nhận xét: Với trận lũ đầu mùa hay những trận lũ không phải là những trận lũ kế tiếp nên sử dụng phương án 1 để mô phỏng, với những trận lũ trong mùa lũ và cuối mùa lũ nên sử dụng phương án 2 hoặc phương án 3.
6. Thay đổi kịch bản sử dụng đất bằng các kịch bản ở các lưu vực bộ phận khác nhau để đánh giá vai trò của việc thay đổi sử dụng đất ảnh hưởng đến dòng chảy tại mặt cắt cửa ra trên lưu vực sông Trà Khúc như sau: nếu thay đổi hiện trạng sử dụng đất ở thượng nguồn sẽ ảnh hưởng rất lớn đến dòng chảy tại mặt cắt cửa ra, thay đổi hiện trạng sử dụng đất ở lưu vực hạ lưu sẽ ít ảnh hưởng tới đỉnh nhưng nó gây dòng chảy xuất hiện sớm hoặc muộn hơn. Vì vậy có thể sử dụng mô hình để kiểm định việc qui hoạch sử dụng đất trên lưu vực và đề ra các phương án qui hoạch có lợi mà không ảnh hưởng tới phát triển bền vững.
7. Khảo sát ảnh hưởng của rừng đến dòng chảy bằng cách thay đổi diện tích rừng cho các lưu vực khác nhau cho kết quả phù hợp với lý thuyết: khi tăng diện tích rừng đầu nguồn đỉnh lũ hạ và thời gian lũ kéo dài.
8. Trong điều kiện phát triển công nghệ thông tin, mô hình tính toán kết hợp phương pháp SCS và mô hình phân tử hữu hạn sóng động học có thể áp dụng cho các lưu vực khác trong việc đánh giá, dự báo lũ phòng chống thiên tai và quy hoạch lưu vực.
9. Hướng phát triển tiếp theo của đề tài là khảo sát bản đồ quy hoạch tỉnh Quảng Ngãi, trên cơ sở nghiên cứu của đề tài đánh giá tính hợp lý của nó dưới góc độ thủy văn học.
10. Để hoàn thiện mô hình, *thứ nhất* cần thử nghiệm trên một số lưu vực khác để giới hạn phạm vi sử dụng, *thứ hai* cần phân tích, khảo sát chi tiết các phân tử trên lưu vực để tăng độ chính xác bộ thông số, *thứ ba* là nâng cao thuật giải hiệu quả và ổn định hơn với sự hình thành và phát triển dòng chảy, từ đó đề xuất các kiến nghị đúng đắn cho các nhà hoạch định chiến lược phát triển kinh tế lãnh thổ.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Lương Tuấn Anh*. Một mô hình mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy trên các lưu vực vừa và nhỏ ở miền Bắc Việt Nam. Luận án PTS. Hướng dẫn khoa học: PGS. PTS. Trần Thanh Xuân, PTS. Bùi Văn Đức. Hà Nội, 1996.
2. *Lương Tuấn Anh*. Công nghệ ước tính số liệu dòng chảy lũ từ mưa. Đề mục thuộc đề tài triển khai ứng dụng cấp Tổng cục "Lập bản đồ ngập lụt", 1995
3. *Bản đồ địa hình tỉnh Quảng Ngãi*. Tỷ lệ 1:25 000 Tổng cục Địa chính, 2000.
4. *Bản đồ rừng tỉnh Quảng Ngãi*. Tỷ lệ 1:25 000 Tổng cục Địa chính, 2000.
5. *Bản đồ hiện trạng sử dụng đất tỉnh Quảng Ngãi*. Tỷ lệ 1:25 000 Tổng cục Địa chính, 2000.
6. *Bản đồ mạng lưới thủy văn và phân bố các trạm khí tượng, thủy văn tỉnh Quảng Ngãi*. Tỷ lệ 1:25 000 Tổng cục Địa chính, 2000.
7. *Nguyễn Văn Cư và NNK*. Nghiên cứu hiện trạng, bước đầu xác định nguyên nhân lũ lụt các tỉnh vùng Nam Trung Bộ (từ Đà Nẵng đến Bình Thuận) và đề xuất cơ sở khoa học cho các giải pháp khắc phục. Báo cáo tổng kết đề tài KH-CN cấp Trung tâm KHTN&CNQG, Hà Nội, 1999.
8. *Đỗ Cao Đàm và NNK*. Thủy văn công trình. Giáo trình của trường Đại học thủy lợi. NXB Nông nghiệp, 1993.
9. *Bùi Văn Đức, Vũ Văn Tuấn, Lương Tuấn Anh*. Các mô hình toán về mưa - dòng chảy. Giáo trình chuyên đề bậc tiến sĩ. Viện Khí tượng thủy văn, Hà Nội, 2000.
10. *Lã Thanh Hà*. Xác định lượng mưa sinh dòng chảy trên cơ sở mô hình thấm thực nghiệm. Tạp san KTTV. Số 4(376), 1992
11. *Trịnh Quang Hoà*. Chiến lược điều khiển hệ thống công trình phòng lũ. Tập bài giảng chuyên đề sau đại học. Trường Đại học Thủy lợi. Hà Nội, 1991.
12. *Nguyễn Thế Hùng*. Ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn để giải một số mô hình thủy động lực học số trị. Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học Thủy khí Toàn quốc lần thứ III, Hà Nội, 1991
13. *Nguyễn Hữu Khải, Nguyễn Thanh Sơn*. Mô hình toán thủy văn, NXB ĐHQGHN, Hà Nội, 2003.
14. *Đỗ Đình Khôi, Hoàng Niêm*. Dòng chảy lũ sông ngòi Việt Nam. Viện Khí tượng Thủy văn Hà Nội, 1991.
15. *Phạm Ngọc Khuê*. Sự suy giảm của rừng và ảnh hưởng của nó đến dòng chảy lũ trên những lưu vực vừa và nhỏ. Tạp san KTTV, số 11(419), 1995
16. *Đào Văn Lễ*. Áp dụng mô hình SSAR để dự báo lũ cho hệ thống sông Hồng. Hội thảo quốc gia về mô hình toán thủy văn thủy lực trong phát triển và quản lý tài nguyên nước, Hà Nội, 1988
17. *Hoàng Niêm, Lương Tuấn Anh*. Ứng dụng thông tin viễn thám trong nghiên cứu đánh giá tài nguyên nước mặt. Tạp san KTTV, số 5 (337), 1992

18. *Nguyễn Việt Phổ*. Về ứng dụng mô hình toán thủy văn - thủy lực ở Việt Nam. Hội thảo quốc gia về mô hình toán thủy văn thủy lực trong phát triển và quản lý tài nguyên nước, Hà Nội, 1988
19. *Trần Văn Phúc*. Ứng dụng mô hình NAM tính quá trình dòng chảy lưu vực. Hội thảo quốc gia về mô hình toán thủy văn thủy lực trong phát triển và quản lý tài nguyên nước, Hà Nội, 1988
20. *Nguyễn Thanh Sơn*. Tính toán thủy văn. Giáo trình ĐHQGHN, Hà Nội, 1998.
21. *Nguyễn Thanh Sơn, Lương Tuấn Anh*, Áp dụng mô hình thủy động học các phân tử hữu hạn mô tả quá trình dòng chảy lưu vực. Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, T.XIX, No1, Hà Nội, 2003.
22. *Trần Tuất, Nguyễn Đức Nhật*. Khái quát địa lý thủy văn sông ngòi Việt Nam. Tổng cục KTTV 1980.
23. *Vũ Văn Tuấn*. Mô hình hoá dòng chảy trong những lưu vực có hoạt động nông - lâm nghiệp. TS - KTTV số 12 (384), 1992.
24. *Trần Thanh Xuân, Hoàng Minh Tuyển, Đặng Lan Hương*. Về khả năng ứng dụng các mô hình SSARR, NAM và TANK để kéo dài chuỗi dòng chảy của sông suối nhỏ. Tập san KTTV. Số 8 (404), 1994
25. *Alechseep. G.A*. Khả năng và phương pháp hoàn thiện các phương pháp tính toán, dự báo thủy văn phục vụ sản xuất, thiết kế. Tuyển tập công trình Hội nghị Thủy văn toàn Nga lần thứ V. Tập 6, 1989 (Tiếng Nga)
26. *Bephanhi A.N*. Cơ sở lý thuyết dòng chảy mưa rào. Tuyển tập công trình đại học KTTV, Odessa. 1949 (39-175)(Tiếng Nga)
27. *Becker A*. Deterministic modelling in Hydrology. Lecture for Post - Graduate Training Course on Hydrology. Budapest, 1993.
28. *Chow V. T, NNK*. Applied Hydrology. Mc Graw Hill, 1988.
29. *Guide to Hydrological Practices*, WMO - No.168.1994.
30. *Haan C.T. ; Johnson H.P.; Brakensiek D. L*. Hydrologic modeling of smal watwrsheds, ASAE Techniccal Editor: James A. Basselman, 1982
31. *Handbook of Hydrology*. Mc. Graw. Hill, 1992.
32. *Kuchment L. S*. Mô hình hoá toán học dòng chảy sông. NXB Leningrat, 1980 .
33. *Philip B. Bedient. Wayne C. Huber*. Hydrology and Floodplain Analysis. Addison-Wesley Publishing Company, 1992
34. *Ross B. B, NNK*. Finite element model of overland and channel flow for assessing the hydrologic impact of land - use change. Journal of Hydrology, 41, 1979
35. *Taylor C, NNK*. A finite element approach to watershed runoff. Journal of Hydrology, 21 (1974).

## PHIẾU ĐĂNG KÝ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU KH-CN

**Tên đề tài:**

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN PHỤC VỤ QUY HOẠCH LƯU VỰC SÔNG TRÀ KHÚC**  
**Mã số: QT-03-21**

**Cơ quan chủ trì đề tài: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN**

**Địa chỉ: 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội**

**Tel: 8.588579**

**Cơ quan quản lý đề tài: Đại học Quốc gia Hà Nội**

**Địa chỉ: 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội**

**Tel: 8.340564**

**Tổng kinh phí thực chi: 20 triệu đồng**

**Trong đó:**

- Từ ngân sách Nhà nước: 20 triệu đồng
- Kinh phí của trường: 0
- Vay tín dụng: 0
- Vốn tự có: 0
- Thu hồi: 0

**Thời gian nghiên cứu:**

**Thời gian bắt đầu: 2003**

**Thời gian kết thúc: 2003**

**Tên các cán bộ phối hợp nghiên cứu:**

**1. CN. Ngô Chí Tuấn, Khoa KTTV**

**2. ThS. Đặng Quý Phương, Khoa KTTV**

**3. ThS. Trần Ngọc Anh, Khoa KTTV**

Số đăng ký đề tài:

Ngày:

Số chứng nhận đăng  
ký kết quả nghiên cứu:

Bảo mật: B

A. Phổ biến rộng rãi

B. Phổ biến hạn chế

C. Bảo mật

**Tóm tắt kết quả nghiên cứu:**

1. Tổng quan các mô hình toán thủy văn nói chung và các mô hình toán phục vụ quy hoạch lưu vực nói riêng, từ đó lựa chọn mô hình thích ứng với mục tiêu đề ra.
2. Thu thập bộ số liệu về mưa, dòng chảy, tập bản đồ địa hình, rừng, hiện trạng sử dụng đất và tổng quan các đặc điểm địa lý tự nhiên trên lưu vực nghiên cứu.
3. Xây dựng các bản đồ độ dốc, bản đồ lưới phân tử phục vụ tính toán theo mô hình sóng động học phương pháp phân tử hữu hạn
4. Lập chương trình và tính toán mô phỏng lũ theo thuật toán đã lựa chọn và ổn định bộ thông số mô hình
5. Thay đổi kịch bản sử dụng đất và đề xuất các kiến nghị về quy hoạch lưu vực
6. Đăng 01 bài báo, hướng dẫn 02 khoá luận tốt nghiệp, phục vụ luận văn thạc sỹ của chính chủ trì đề tài ((đã bảo vệ)

**Kiến nghị về quy mô và đối tượng áp dụng nghiên cứu:**

Kết quả của đề tài có thể sử dụng:

1. Mô phỏng lũ cho các lưu vực sông suối Miền Trung
2. Dự báo lũ bằng mô hình cho trạm Sơn Giang - sông Trà Khúc
3. Tư vấn cho tỉnh về quy hoạch lưu vực

	<b>Chủ nhiệm đề tài</b>	<b>Thủ trưởng cơ quan chủ trì đề tài</b>	<b>Chủ tịch Hội đồng đánh giá chính thức</b>	<b>Thủ trưởng cơ quan quản lý đề tài</b>
Họ tên	Nguyễn Thanh Sơn	<b>Trần Nghi</b>	<b>Phạm Văn Huấn</b>	
Học hàm, học vị	KS	<b>GS.TS</b>	<b>PGS.TS</b>	
Ký tên Đóng dấu				