

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

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN
DIỄN TOÁN LỮ LƯU VỰC SÔNG VỆ
TRẠM AN CHỈ

MÃ SỐ: QT-04-26

CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI:

THS. NGUYỄN THANH SƠN

CÁN BỘ PHỐI HỢP:

CN. NGÔ CHÍ TUẤN

CN. NGUYỄN VĂN CƯỜNG

CN. CÔNG THANH

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRUNG TÂM THÔNG TIN THƯ VIỆN

DT/ 446

HÀ NỘI - 2005

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	6
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HOÁ QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH DÒNG CHẢY TỪ MƯA TRÊN 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	19
1.4. Một số kết quả ứng dụng mô hình toán thủy văn ở Việt Nam	26
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP SCS VÀ MÔ HÌNH SÓNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN	28
2.1. Phương pháp SCS	29
2.2. Phát triển phương pháp SCS	31
2.3. Phương pháp phần tử hữu hạn	34
2.4. Nhận xét về khả năng sử dụng mô hình	41
CHƯƠNG 3. HIỆU CHỈNH PHƯƠNG PHÁP SCS VÀ ÁP DỤNG MÔ HÌNH SÓNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN ĐỂ MÔ PHỎNG LŨ VÀ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC SỬ DỤNG ĐẤT TRÊN LƯU VỰC SÔNG VỆ – TRẠM AN CHỈ	43
3.1. Điều kiện địa lý tự nhiên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ	43
3.2. Mô phỏng lũ trên lưu vực sông Vệ trạm An Chỉ bằng mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn và SCS	50
3.3. Hiệu chỉnh công thức tính mưa hiệu quả trong phương pháp SCS trên lưu vực sông Vệ – trạm An Chỉ	58
3.4. Khảo sát ảnh hưởng của việc sử dụng đất trên lưu vực sông Vệ – Trạm An Chỉ đến dòng chảy lũ qua một số kịch bản	60
KẾT LUẬN	65
TÀI LIỆU THAM KHẢO	67
CÁC PHỤ LỤC	71

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 [1, 2, 9, 10, 12, 13, 16, 18 – 21, 23 – 25, 28] và ngoài nước [30, 32–35, 38, 41, 43 – 51]. Các mô hình thủy văn tất định như SSARR, TANK, NAM, SWMM... trong lĩnh vực thủy văn công trình và dự báo đã thu được những kết quả đáng kể [16, 18, 19, 23 – 25, 28]. 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.

Mục tiêu của đề tài là phân tích, lựa chọn và xây dựng một mô hình toán mô phỏng lũ vừa đáp ứng khả năng cảnh báo lũ lụt, vừa đáp ứng việc xây dựng, điều chỉnh quy hoạch trên lãnh thổ lưu vực sông Vệ – trạm An Chỉ.

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 ngành [3, 4, 5, 6]. Qua tìm hiểu, phân tích các mô hình thủy 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

ít và mô hình sóng động học một chiều phương pháp phân tử hữu hạn để mô phỏng á trình chảy trên sườn dốc và trong lòng dẫn [21, 23–25].

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 mưa trên bề mặt lưu vực

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

Chương 3: Hiệu chỉnh phương pháp SCS và áp dụng mô hình sóng động học một chiều phương pháp phân tử hữu hạn để mô phỏng lũ và đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng đất qua một số kịch bản.

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 qua lại. 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 định lượng hoá 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 đề tài không thể tránh khỏi những khiếm khuyết, rất mong được sự góp ý tận tình của các đồng nghiệp.

Chương 1

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

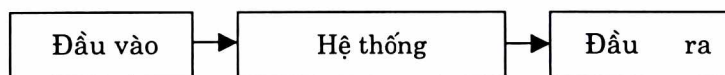
1.1 PHÂN LOẠI CÁC MÔ HÌNH MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH DÒNG CHẢY SÔNG

Có nhiều cách phân loại mô hình toán thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy văn trên lưu vực mà ta đã biết trước. Xét trên quan điểm hệ thống, các mô hình thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy 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 thủy động lực học, mô hình nhận thức và mô hình hộp đen. Dựa vào sự xấp xỉ không gian, các mô hình thủy văn tất định còn

được chia thành các mô hình thông số phân phối dải và các mô hình thông số tập trung.

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 km² 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
<p>i: Ký hiệu tiểu vùng thủy văn j: Ký hiệu các tầng (tầng mặt, tầng ngầm, ...)</p>		

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, 23, 24, 49].

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 và dự báo dòng chảy ở những hoàn cảnh thực tế nhất định.

Như vậy, có khá nhiều mô hình thủy văn để lựa chọn và áp dụng trong thực tế. Tuy nhiên, theo A. Becker [33] 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:

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

- Dẫn 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 dẫn 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 [18,43], phương pháp lý luận - thực nghiệm của Alechsseep [29], các phương trình thẩm thực nghiệm của Green-Ampt, Horton, Phillip [45], Holtan[46], phương pháp SCS [41,47], phương trình cân bằng nước hoặc phương pháp hệ số dòng chảy [2, 8, 10,11].

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. 41, 51].

Từ 1935 Horton [37] 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. [22, 32] 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 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, toi 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. 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 chấp nhận được [21].

Việc sử dụng cách tiếp cận mô hình hoá để diễn toán dòng chảy tại mặt cắt cửa ra của lưu vực 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 của người sử dụng mô hình.

Trong cách tiếp cận mô hình hoá đối với các bài toán thuỷ văn thường hướng tới để thoả mãn 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 phần tử hữu hạn, phương pháp luân hướng, nhằm lựa chọn một giải pháp thích hợp nhất giải quyết bài toán đặt ra từ góc độ thủy văn học.

1.2. MÔ HÌNH THỦY ĐỘNG LỰC HỌC

Mô hình thủy 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 thủy 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 [32]. 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, 42] :

- 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_{ox}, S_{oy} - Độ dốc sườn dốc theo trục Ox, Oy tương ứng;
- T_{ox}, T_{oy} - 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 thuỷ 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 thuỷ động

lực học đối với các sườn dốc có hình dạng và địa hình phức tạp là phương pháp phần tử hữu hạn [12, 23, 41]

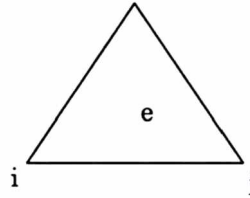
Theo phương pháp phần tử hữu hạn, mặt sườn dốc được chia thành các phần tử. Các phần tử có thể là hình tam giác, tứ giác đều hoặc không đều có kích thước khác nhau. Trong trường hợp tổng quát, các phần tử tam giác được lựa chọn (hình 1.1)

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 1.1. 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:

$$\iint_{\Omega} \left\{ \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial x} - g(S_{ox} - S_{fx}) - (R - I) \frac{U}{h} \right\} F_i d\Omega = 0$$

$$\iint_{\Omega} \left\{ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + g \frac{\partial h}{\partial y} - g(S_{oy} - S_{fy}) - (R - I) \frac{V}{h} \right\} F_i d\Omega = 0$$

$$\iint_{\Omega} \left\{ \frac{\partial h}{\partial t} + U \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial h}{\partial y} + h \frac{\partial V}{\partial y} - (R - I) \right\} F_i d\Omega = 0 \quad (1.5)$$

trong đó:

Ω - Miền giới hạn bởi sườn dốc.

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

$$\sum_1^{N_e} \left\{ A_{ij} \frac{dU_i}{dt} + B_{ij} U_i + D_i^x h_i + a_1 (S_{ox} - S_{fx})_i - a_2 (R - I)_i \frac{U_i}{h_i} \right\} = 0$$

$$\sum_1^{N_e} \left\{ A_{ij} \frac{dV_i}{dt} + B_{ij} V_i + D_i^y h_i + a_1 (S_{oy} - S_{fy})_i - a_2 (R - I)_i \frac{V_i}{h_i} \right\} = 0$$

$$\sum_1^{Ne} \left\{ A_{ij} \frac{dh_i}{dt} + B_{ij}^x U_i + B_{ij}^y V_i + B_{ij} h_i - a_2 (R - I)_i \right\} = 0 \quad (1.6)$$

trong đó:

Ne- Số các phần tử của lưới tính

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

$$A_{ij} = \iint_{\Delta} F_i F_j d\Delta = \begin{cases} \Delta / 6 & \text{Nếu } i = j \\ \Delta / 12 & \text{Nếu } i \neq j \end{cases} = \delta_{ij}$$

$$B_{ij} = \sum_k U_k \iint_{\Delta} F_k F_j \frac{\partial F_i}{\partial x} dx dy + \sum_k V_k \iint_{\Delta} F_k F_j \frac{\partial F_i}{\partial y} dx dy$$

$$D_i^x = \iint_{\Delta} g F_j \frac{\partial F_i}{\partial x} dx dy$$

$$D_i^y = \iint_{\Delta} g F_j \frac{\partial F_i}{\partial y} dx dy$$

$$a_1 = g \iint_{\Delta} F_j dx dy$$

$$a_2 = \iint_{\Delta} F_j dx dy$$

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

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

Δ - Diện tích của phần tử e

Dễ 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. $\{W\}_{t=0}$ 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 Ox và Oy ;

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



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

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

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

trong đó:

- Ψ - Độ ẩm thể tích của đất;
- $D(\Psi)$ - Hệ số khuếch tán âm;
- $K(\Psi)$ - Hệ số truyền ẩm thuỷ lực.

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

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

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 [43] 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 .

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

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

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

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 ẩm (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.

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, 23–25, 43] 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 phương pháp phân tử hữu hạn.

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, 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:

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} - \frac{V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} - S_0 - S_r = 0 \quad (1.21)$$

trong đó: V : tốc độ dòng chảy;
 h : độ sâu dòng chảy;
 S_0 : độ dốc đáy;
 S_r : độ dốc cản.

Trong dòng chảy ổn định $S_0 = S_r$ và lưu lượng Q_r xác định theo công thức Sêzi:

$$Q_r = C A h^n \sqrt{S_0} = f(h) \quad (1.22)$$

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:

$$Q = Q_r \sqrt{S_f/S_0} \quad (1.24)$$

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, 21, 43].

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:

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

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:

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

trong đó: Q - Lưu lượng tại cửa ra và to - 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: K3, i0 - Các thông số thực nghiệm.

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

$$P_s = P_r \left[1 - e^{-m \int_{t_0}^t P dt} \right] \quad (1.28)$$

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, 22]:

- 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, 22] 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:

$$Y = \beta (X-H)$$

$$Y_0 = \alpha X \quad (1.32)$$

trong đó: β, α : 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, 28] 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 điện 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 ngấm trên và tầng ngấm 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, 37], là mô hình thông số dải theo các tiểu vùng thuỷ văn. Mô hình chia bề mặt lưu vực thành các tiểu vùng thuỷ 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 1.2.

Dòng chảy mặt bao gồm quá trình thấm, quá trình trữ và chảy tràn. Quá trình thấm được mô phỏng bằng phương trình Holtan[45]:

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

trong đó:

f_t : cường độ thấm;

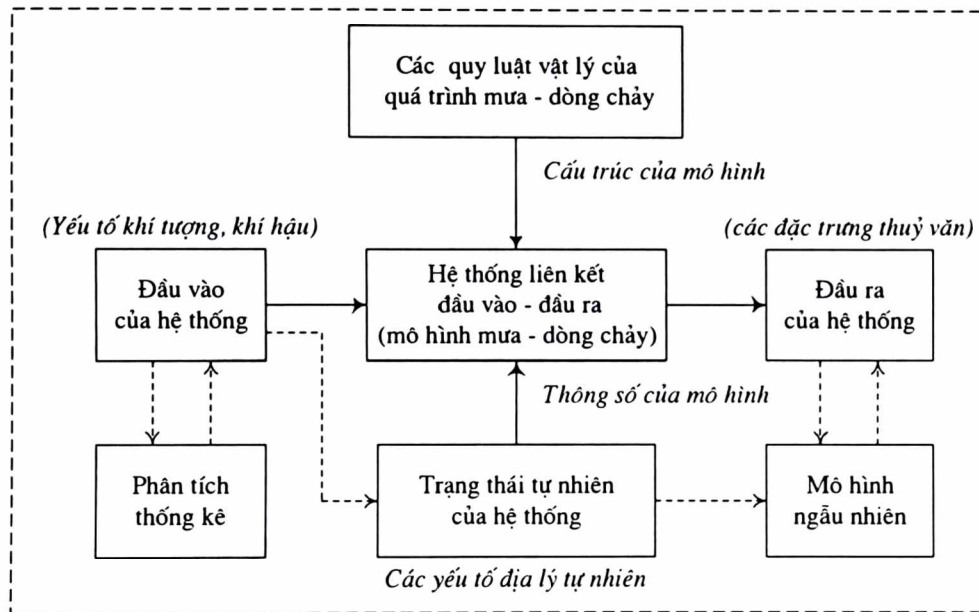
A: hệ số phụ thuộc vào độ rỗng của đất, mật độ rễ cây;

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:

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



Hình 1. 2. 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

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

trong đó: X_i là lượng mưa tại các trạm đo mưa; n là số trạm mưa; α 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 [37,45] hoặc mô hình thấm Green_Amp [37, 40]. Lượng mưa hiệu quả xác định bằng cách khấu trừ tổn thất ở trên hoặc theo phương pháp SCS [37, 41, 44]. 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 THUỶ 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 thuỷ 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, 28].

Trong lĩnh vực dự báo, ngoài các phương pháp đã ứng dụng trước đây như phương pháp Kalinhin - Miuliacóp [13] phương pháp tính dòng chảy đoạn sông có gia nhập khu giữa [18], mô hình HMC [1, 9, 43], phương pháp đường đơn vị, đẳng thời [13, 22] cùng với việc sử dụng các mô hình SSAR, TANK [9,13, 22] các mô hình NAM [19, 28] SMART, USDAHL, SCS [27, 37, 41] 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, 23, 45, 46].

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 [21].

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.

Chương 2

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

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 định áp 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 lập 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.

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 thỏa 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 phân 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 phân tử hữu hạn là công thức chuyển của nó có tính chất trung gian mà mỗi một phân 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 phân tử hữu hạn, lòng dẫn được chia thành các phân tử lòng dẫn và sườn dốc được chia thành các dải tương ứng với mỗi phân 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 phân tử lòng dẫn. Trong mỗi dải lại chia ra thành các phân tử sườn dốc sao cho độ dốc sườn dốc trong mỗi phân tử tương đối đồng nhất. Việc mô phỏng lưu vực bằng các phân 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. [32] cho phép áp dụng mô hình sóng động học một chiều cho từng dải sườn dốc. Mô hình sóng động học phương pháp phân tử hữu hạn 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 phân 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 [23–25].

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) [37, 41, 45]. Ta đã thấy, trong một trận mưa rào, độ sâu mưa hiệu dụng hay độ sâu dòng chảy trực tiếp P_c 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 2.1). 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_c và F_a thì bằng với tỉ số giữa hai đại lượng tiềm năng $P - I_a$ và S . Vậy ta có:

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

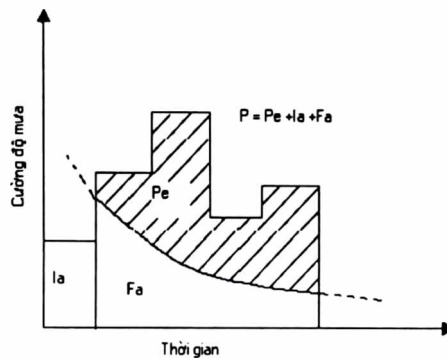
Từ nguyên lí liên tục, ta có:

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

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 [37].



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 :

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

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 :

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ (inch)} \quad \text{hay} \quad S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ (mm)} \quad (2.5)$$

Các số hiệu của đường cong CN đã được cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ lập thành bảng tính sẵn [45] dựa trên phân loại đất và tình hình sử dụng đất.

2.2. PHÁT TRIỂN PHƯƠNG PHÁP SCS

Từ công thức (2.4) thấy rằng nếu lập đồ thị quan hệ giữa P và P_c bằng các số liệu của nhiều lưu vực, người ta đã tìm ra được họ các đường cong CN, và sử dụng số liệu của chúng làm thông số. Đó là một số không thứ nguyên, lấy giá trị trong khoảng 0 < CN < 100. Đối với các mặt không thấm hoặc mặt nước, CN = 100; đối với các mặt tự nhiên, CN < 100.

Độ ẩm của đất trước trận mưa đang xét được gọi là độ ẩm thời kì trước. Độ ẩm này được phân chia thành ba nhóm: độ ẩm thời kì trước trong điều kiện bình thường (kí hiệu là AMC II), trong điều kiện khô (AMC I) và trong điều kiện ướt (AMC III). Đối với điều kiện khô (AMC I) hoặc điều kiện ướt (AMC III), các số liệu đường cong tương đương có thể được suy ra như sau:

$$CN(I) = \frac{4,2CN(II)}{10 - 0,0568CN(II)} \quad (2.6)$$

$$\text{và } CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)} \quad (2.7)$$

Cho tới đây, ta mới chỉ tính được độ sâu mưa hiệu dụng hay độ sâu dòng chảy trực tiếp trong một trận mưa rào. Bằng cách mở rộng phương pháp trên, ta có thể tìm được phân bố theo thời gian của tổn thất dòng chảy.

Bảng 2.1. Phân loại các nhóm độ ẩm thời kì trước (AMC) trong tính toán lượng tổn thất dòng chảy của phương pháp SCS.

Nhóm AMC	Tổng lượng mưa 5 ngày trước (in)	
	Mùa không hoạt động	Mùa sinh trường
I	Nhỏ hơn 0,5	Nhỏ hơn 1,4
II	0,5 to 1,1	1,4 to 2,1
III	Trên 1,1	Trên 2,1

Trong 30 năm trở lại đây, phương pháp SCS đã được một số nhà nghiên cứu sử dụng bởi vì nó cho kết quả khá ổn định và đáng tin cậy trong việc đánh giá dòng chảy mặt. Bofu Yu [34] cho rằng, khả năng thấm biến đổi trong không gian phân bố theo hàm số mũ, tốc độ mưa biến đổi theo thời gian cũng phân bố theo hàm số mũ. Cơ sở lý luận của phương pháp SCS cho phép xác nhận tính hợp lý của nó với việc nghiên cứu cường độ mưa và khả năng thấm thực tế biến đổi theo thời gian và không gian như thế nào một cách riêng biệt.

Đối với lưu vực không thấm với khả năng thấm là bằng không, dòng chảy mưa

rào cân bằng với lượng mưa hiệu quả. Khi cường độ mưa tăng dần, dòng chảy mưa rào cũng tăng với khả năng thấm bình quân nhất định.

Việc sử dụng phổ biến và có hiệu quả của phương pháp SCS trên nhiều lưu vực nhỏ ở vùng nông thôn và thành phố làm nảy sinh đề xuất rằng sự biến đổi của tốc độ mưa theo thời gian và của tốc độ thấm theo không gian là quan trọng nhất đối với những lưu vực nhỏ và những dòng chảy riêng lẻ.

Tammos [50] cho rằng, mưa rơi trên đất chưa bão hoà thấm vào và làm tăng thể tích ẩm ướt tới tận khi mặt đất trở nên bão hoà, sau đó mưa tiếp tục thêm vào tạo thành dòng chảy bề mặt. Vì I_a là tổng lượng nước quy định cho dòng chảy bắt đầu, trong các số hạng thủy văn về thay đổi – nguồn – diện tích, I_a là như nhau để tổng lượng nước đó có thể thấm vào trước khi đủ độ bão hoà trên đơn vị diện tích cho những chỗ đất tạo ra dòng chảy đầu tiên. Do đó, một cách chính xác hơn để xác định tổn thất ban đầu khi quá trình thay đổi nguồn chiếm ưu thế hơn cách sử dụng $I_a = 0.2S$ thực sự bởi việc sử dụng một mô hình cân bằng nước cho đất với lượng nước hiệu quả nhỏ nhất.

Từ đó ta có thể tính được phần tổn thất từ lưu vực:

$$Q = P_e - S + \frac{S^2}{P_e + S} \quad (2.8)$$

Việc xây dựng những yếu tố kỹ thuật cho việc tăng nguồn nước như hệ thống các con đê, đập, những công trình đòi hỏi phải sử dụng những phương pháp đơn giản nhưng chính xác, do vậy sử dụng phương pháp SCS là một trong các giải pháp tối ưu. Viện nghiên cứu rừng Vac-sa-va [31] đã nghiên cứu và tìm ra những giá trị CN mới phù hợp với điều kiện rừng Ba Lan, cụ thể là rừng Kozienice. Những số liệu giám sát rừng được sử dụng để vẽ các bản đồ dành cho những khu rừng và những bản đồ đất từ những kế hoạch quản lý đất.

Mặc dù được sử dụng rộng rãi, nhưng phương pháp SCS bị giảm giá trị đi bởi sự nhận thức lí thuyết thiếu chính xác. Ở Utah, người đã liên kết số đường cong SCS với diện tích bão hoà cục bộ và đã thấy rằng việc sử dụng $I_a = 0.2S$ cho tổn thất ban đầu không tạo ra kết quả tốt trong việc dự báo dòng mặt trừ khi S phụ thuộc vào tổng lượng mưa [47, 48]. Ashish Pandey cùng các cộng sự [30] xác định dòng chảy mặt cho lưu vực Karso, kết hợp sử dụng GIS và SCS.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2.9)$$

$$Q = \frac{(P - 0.3S)^2}{(P + 0.7S)} \quad (2.10)$$

trong đó: Q là độ sâu dòng chảy mặt (mm); P: lượng mưa (mm); S: khả năng hồi phục tối đa của lưu vực sau 5 ngày mưa; $I_a = 0.3S$ độ sâu tổn thất ban đầu (mm) (giá trị của I_a được sử dụng ứng với lưu vực Karso); Độ lệch tối đa và tối thiểu được quan sát tương ứng là 28.33% và 3.27%, nằm trong giới hạn cho phép. Phương pháp này có thể được áp dụng cho các lưu vực khác ở Ấn Độ.

Phương pháp SCS được sử dụng để hiệu chỉnh các thông số và tính toán số liệu đầu vào cho các mô hình thủy văn. Lashman Nandagiri [44] triển khai và áp dụng phương pháp SCS vào mô hình KREC tại lưu vực sông Gurgurpurg – huyện Dakshina Kannada – bang Karnataka – Ấn Độ. Mô hình này lấy số liệu đầu vào là mưa và lượng bốc hơi trực tiếp từ bề mặt lưu vực để dự báo dòng chảy bề mặt. Kết quả tốt và cho độ chính xác cao.

Do hệ thống số liệu KTTV là rất thưa thớt, rải rác nên dẫn đến thông tin nghèo nàn, điều này đã được xem xét và khắc phục bằng việc sử dụng số liệu một cách khoa học. Nhiều năm gần đây điều này đã được thực hiện, một số đề xuất đã được đưa vào bổ sung cho số liệu ở quy mô không gian và thời gian tương ứng để ứng dụng vào các mô hình thủy văn cho hợp lí. Trong nhiều trường hợp áp dụng cho lưu vực này thì đúng nhưng cho lưu vực khác thì lại sai, do vậy cần phải tạo ra phương pháp mới để có thể ngoại suy từ những số liệu sẵn có theo cả không gian và thời gian. Do vậy vấn đề dự báo dòng chảy cho những lưu vực hỏ là mục đích của Lashman Nandagiri [44]. Trong đó đề cập tới việc sử dụng mô hình thủy văn đánh giá dòng chảy đã đưa vào mô hình:

- + Thông số tối ưu hoá mô hình cân bằng nước trên phạm vi lưu vực.
- + Việc thực hiện và kiểm tra mô hình vật lí về cân bằng nước.
- + Việc thử nghiệm các cách khác nhau để ghi lại diễn biến dòng chảy rồi hiệu chỉnh những mô hình thủy văn.

Một mô hình hoàn chỉnh yêu cầu cần đánh giá sự phân bố theo không gian và thời gian của tất cả các thông số nguồn nước. Trong suốt vài thập kỉ lại đây, những kĩ sư và các nhà nghiên cứu đã thể hiện sự tập trung vào vấn đề áp dụng các công nghệ GIS và vệ tinh cảm quang từ xa để trích ra những thông số bề mặt đất, nơi mà tồn tại như là bước đầu tiếp cận hợp lí mới đây trong các mô hình thủy văn. Với những tiến bộ kĩ thuật công nghệ máy tính: GIS và RS trở thành công cụ hữu hiệu để tổ hợp không gian và phi không gian làm cơ sở dữ liệu cho mô hình thủy văn. Chandana Gangodagamage [35] phát triển phương pháp đường thủy văn Mikingum cho lưu vực sông Bata là phụ lưu của lưu vực sông Yamuta của Ấn Độ. Bản đồ thủy văn đơn vị,

đường dòng là cơ sở tạo thành mô hình chính thống. ILWIS, ERDAS, và bản đồ AutoCad đã được sử dụng. Sử dụng vệ tinh RS và GIS đánh giá sự biến đổi về mặt không gian các yếu tố thủy lực, sử dụng làm đầu vào của mô hình [49].

Dự báo đầu ra đã được thực hiện thành công đường phân giới tốt như là diện tích ngầm. Dự báo đầu ra và mô phỏng việc sử dụng số đường cong SCS. Phương pháp SCS bao gồm sự mô tả quan hệ đất bao phủ (kiểu bao phủ, đất dùng và điều kiện thủy lực) nhóm đất thủy lực và số CN. Số CN đại diện cho tiềm năng dòng mặt của đất thủy lực bao phủ phức hợp.

Bảng 1.2. Sự biến đổi tổn thất ban đầu và lượng cầm giữ tiềm năng lớn nhất trong đất và điều kiện che phủ

Đất và điều kiện che phủ	Quan hệ với S
Khu vực đất đen điều kiện AMC2 và AMC3	$I_a = 0.1S$
Khu vực đất đen điều kiện AMC1	$I_a = 0.2S$
Tất cả các khu vực khác	$I_a = 0.3S$

Các điều kiện ẩm kỳ trước (AMC) - AMC là bảng phụ lục mà trường điều kiện dòng mặt khác nhau nếu điều kiện mưa tương tự. Quan sát 5 ngày trong điều kiện mưa sớm tùy theo mức độ sắp xếp theo tiêu chuẩn.

Bảng 1.3. Điều kiện AMC

Lớp AMC	AMC (mm)	Điều kiện
AMC I	<35	Đất khô nhưng có điểm sương
AMC II	35 ÷ 52.5	Điều kiện trung bình
AMC III	>52.5	Đất bão hoà, mưa nặng hạt của trận mưa nhỏ

2.3. PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

Ross B.B và nnk. [46] dùng mô hình sóng động học phương pháp phần tử hữu hạn 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) [38, 39] 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, 37–39].

Judah (1973) [9, 23, 24] 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[51]. 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) [41] 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.

Desai và Abel (1972) [43] đã kể ra những bước cơ bản trong phương pháp phần tử hữu hạn như sau:

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 hoạ 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.

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 phần tử kênh này kẻ các đường ra phía ngoài làm ranh giới của các lưu vực con thành một phần 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 phần tử kênh. Khái niệm này cho phép có thể sử dụng việc phân tích một chiều. Các phần tử bổ sung được hình thành bằng cách vẽ các đường song song với các phần tử kênh, bằng cách đó chia mỗi một dải thành một hệ thống các phần tử.

Xét bãi dòng chảy mặt thứ nhất, quá trình giải là quá trình phân tích phần 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 phần 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 phần 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 phần tử bãi dòng chảy sẽ chỉ ra được chính xác từng phần tử, dải và bãi dòng chảy.

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

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} - q = 0 \quad (2.11)$$

Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) = gA(S - S_f) - gA \frac{\partial y}{\partial x} \quad (2.12)$$

trong đó: Q - Lưu lượng trên bãi dòng chảy trên mặt hoặc trong kênh; q - dòng chảy bổ sung ngang trên một đơn vị chiều dài của bãi dòng chảy (mưa vượt thấm đối với bãi dòng chảy trên mặt và 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, 43].

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:

$$S = S_f \quad (2.13)$$

Phương trình (2.11) có thể biểu diễn dưới dạng phương trình dòng chảy đều như phương trình Chezy hoặc Manning. Phương trình Manning được chọn cho việc giải này:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A \quad (2.14)$$

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:

$$A(x,t) \approx A^*(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x) A_i(t) = [N]\{A\} \quad (2.15)$$

$$Q(x,t) \approx Q^*(x,t) = \sum_{i=1}^n N_i(x) Q_i(t) = [N]\{Q\} \quad (2.16)$$

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:

$$A^*(x,t) = N_i(x) A_i(t) + N_{i+1}(x) A_{i+1}(t) \quad (2.17)$$

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

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, 23–25].

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)[51].

Phương pháp Galerkin cho rằng tích phân:

$$\int_D N_i R dD = 0 \quad (2.18)$$

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

Do phương trình (2.18) 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 (2.18) và lấy tích phân theo từng phần tử của không gian :

$$\sum_{i=1}^{NE} \int_{D_i} \left\{ N_i \left[\frac{\partial Q}{\partial x} + \dot{A} - q \right] \right\} dD_i = 0 \quad (2.19)$$

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

Xét riêng một phần tử, phương trình (2.19) trở thành:

$$\int_{D_i} \left[N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\} - N_i q \right] dD_i = 0 \quad (2.20)$$

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

$$\int_{x_1}^{x_2} \left[N_i \frac{\partial N_j}{\partial x} \{Q\} + N_i N_j \{\dot{A}\}_i - N_i q \right] dx = 0 \quad (2.21)$$

Lấy tích phân của từng số hạng trong (2.21):

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

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

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

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

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

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

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

$$[F_A] \{A\} + [F_Q] \{Q\} - q \{F_q\} = 0 \quad (2.22)$$

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 (2.22) trở thành:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} - \frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_t + [F_Q] \{Q\}_t - q \{F_q\}_{t+\Delta t} = 0 \quad (2.23)$$

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 (2.23) 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:

$$\frac{1}{\Delta t} [F_A] \{A\}_{t+\Delta t} = \{f_q\} \quad (2.24)$$

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

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 trong công trình [23]

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 . Phương trình Manning có thể viết lại là:

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} A \cdot S^{1/2} = \frac{1}{nP^{2/3}} A^{5/3} S^{1/2} \quad (2.25)$$

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

Viết dưới dạng tổng quát

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

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 có thể viết :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \frac{\partial Q}{\partial t} = q \quad (2.26)$$

Đặt $\alpha \beta Q^{\beta-1} = \mu$, phương trình (2.26) trở thành:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \mu \frac{\partial Q}{\partial t} = q \quad (2.27)$$

Để dàng nhận thấy, áp dụng phương pháp phân tử hữu hạn (nhận được:

$$\begin{aligned} [F_Q]\{Q\} + \mu[F_A]\{\dot{Q}\} &= \{f_q\} \\ \mu[F_A]\{\dot{Q}\} &= \{f_q\} - [F_Q]\{Q\} \end{aligned} \quad (2.28)$$

Đặt $\bar{Q} = \frac{1}{2}(Q_{i+\Delta t} + Q_i)$, phương trình (2.28) trở thành:

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

Biểu thức cuối cùng sẽ là:

$$\{Q_{i+\Delta t}\} = [B]^{-1}[C]\{Q_i\} + [B]^{-1}\{F_q\}_{i+\Delta t} \quad (2.29)$$

Phương trình (2.29) có thể giải được chỉ phụ thuộc vào lưu lượng.

Số liệu đo đạc dòng chảy từ các bãi dòng chảy sườn dốc của Crawford và Linsley (1966)[41] 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 của việc phân bố các lưới ô khác nhau đến dòng chảy lũ cũng được xét đến (Ross, 1975)[46].

2.4. 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 phần tử rất chi tiết, khi đó có thể tính toán mô phỏng dòng chảy sinh ra từ mưa ứng với từng phần tử của lưu vực, 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 phần 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 phần

tử còn gặp khó khăn. Tuy nhiên với ưu điểm của nó, nên chúng tôi mạnh dạn lựa chọn mô hình sóng động học phương pháp phần tử hữu hạn kết hợp với phương pháp SCS để mô phỏng quá trình tổn thất và phát triển dòng chảy trên bề mặt lưu vực [24] và trong lòng dẫn, qua đó bước đầu đánh giá tác động của việc sử dụng đất đến dòng chảy lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ, tỉnh Quảng Ngãi.

Chương 3

HIỆU CHỈNH PHƯƠNG PHÁP SCS VÀ ÁP DỤNG MÔ HÌNH SÓNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN ĐỂ MÔ PHỎNG LŨ VÀ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC SỬ DỤNG ĐẤT TRÊN LƯU VỰC SÔNG VỆ – TRẠM AN CHỈ

3.1. ĐIỀU KIỆN ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN LƯU VỰC SÔNG VỆ – TRẠM AN CHỈ

3.1.1. Vị trí địa lý

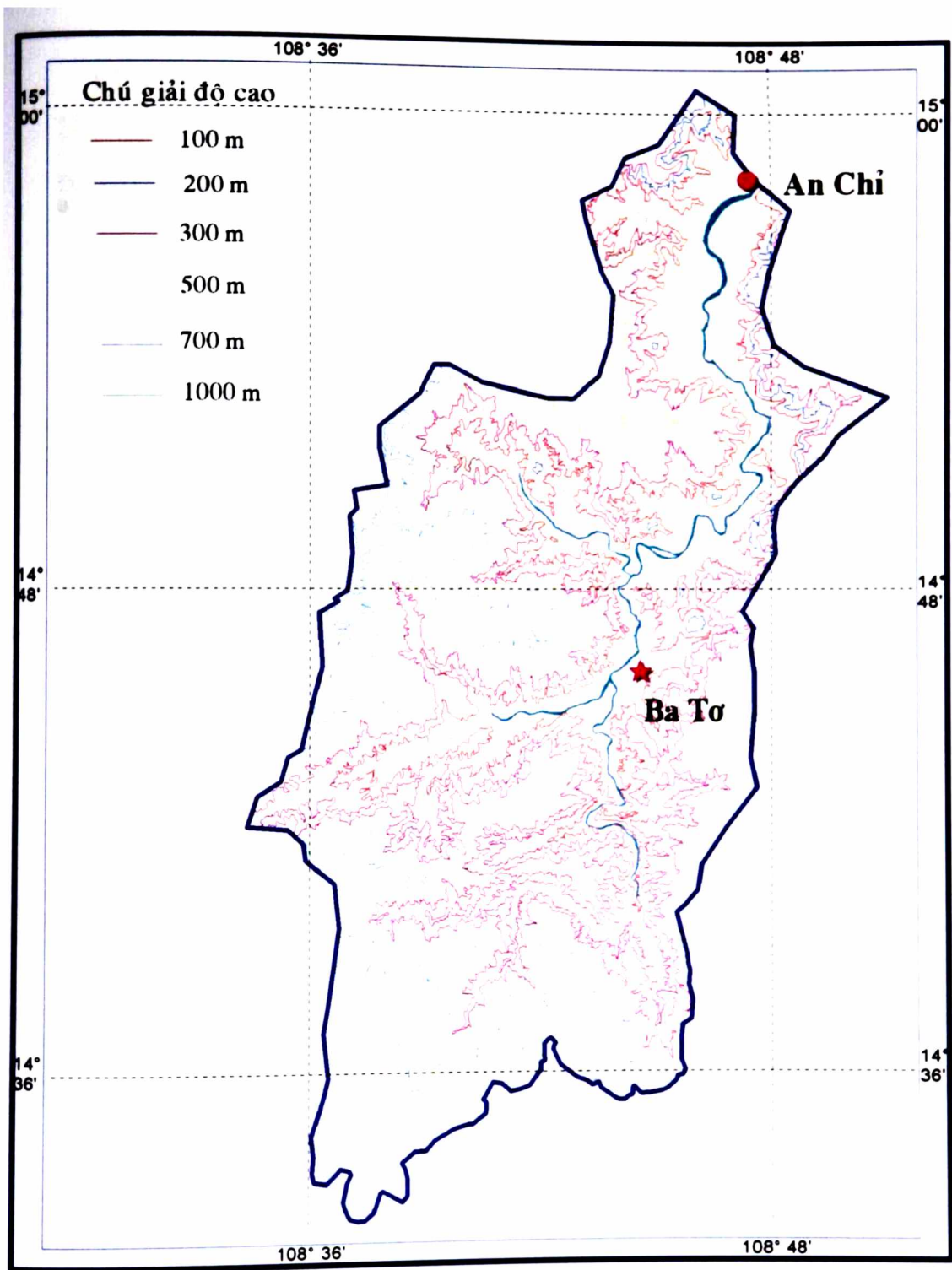
Sông Vệ bắt nguồn từ vùng núi cao Trường Sơn, có tọa độ địa lý là $14^{\circ}32'25''$ vĩ bắc, $108^{\circ}37'4''$ kinh đông, vị trí trạm An Chỉ có tọa độ $14^{\circ}58'15''$ $108^{\circ}47'36''$ kinh đông; sông Vệ nằm gọn trong tỉnh Quảng Ngãi, phía bắc và phía tây giáp với sông Trà Khúc, phía nam giáp tỉnh Bình Định và phía đông giáp biển (Hình 3.4) [6].

3.1.2. Địa hình

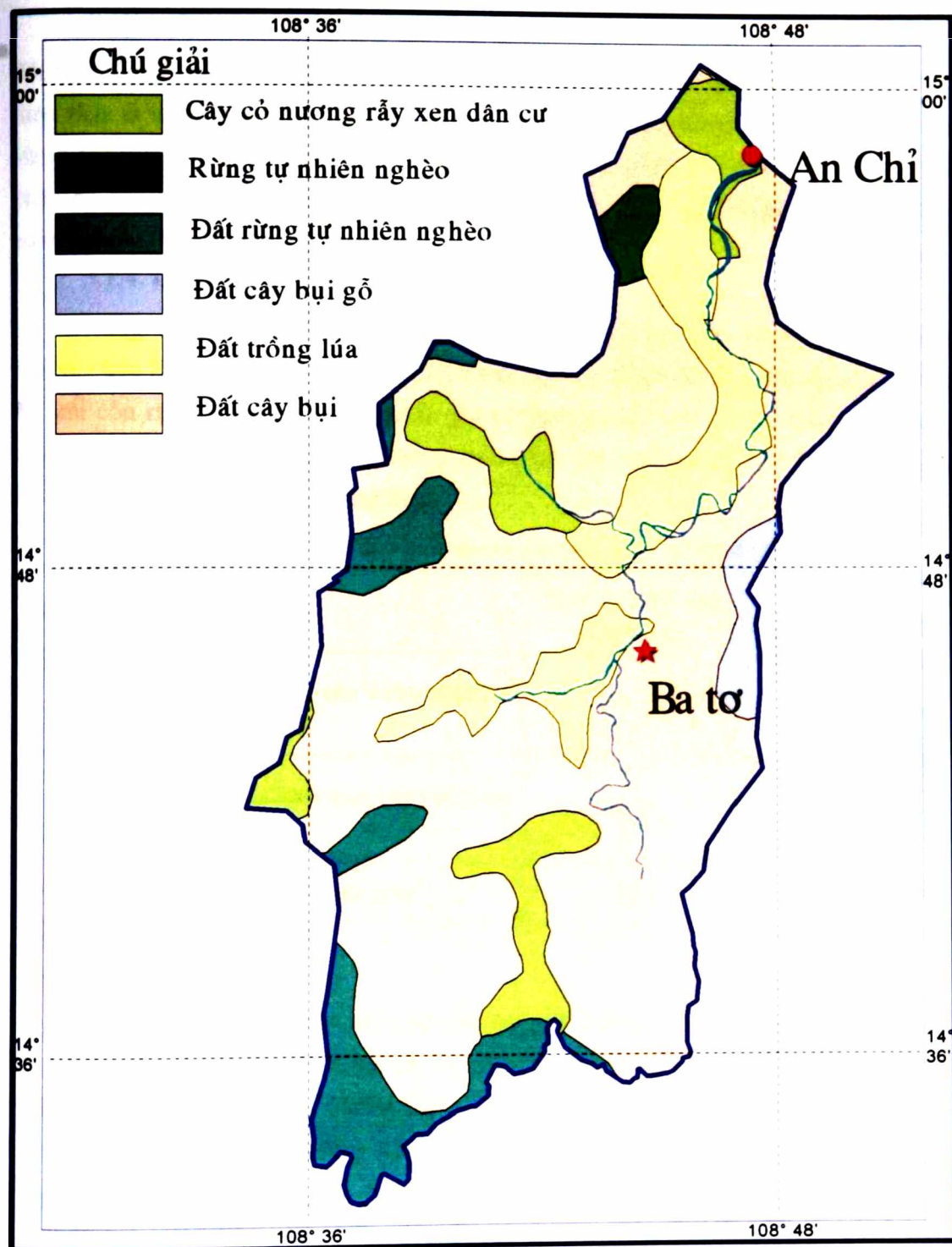
Nằm ở sườn phía đông dãy Trường Sơn, tỉnh Quảng Ngãi có địa hình khá phức tạp, gồm miền núi, trung du và đồng bằng với nhiều nhánh núi từ dãy Trường Sơn chạy ra tận vùng đồng bằng ven biển, tạo nên những thung lũng chạy theo hướng tây nam - đông bắc. Địa hình nói chung trên lưu vực có độ cao trung bình biến động từ 100 - 1000m, có những đỉnh núi cao trên 1000 m; địa hình dốc, có xu thế thấp dần theo hướng tây nam - đông bắc và tây - đông. Vùng trung du gồm những đồi núi thấp, nhấp nhô, độ cao 100 - 500 m, độ dốc địa hình còn tương đối lớn. Vùng đồng bằng nằm ở hạ lưu các dòng sông, nhìn chung địa hình không được bằng phẳng, độ cao khoảng 100 m. (Hình 3.1) [3]

3.1.3. Địa chất, thổ nhưỡng

Địa chất vùng nghiên cứu bao gồm nhiều cấu trúc địa chất với chế độ kiến tạo, thành phần thạch học khác nhau. Đặc điểm sông ngòi, chế độ thủy văn và của vùng nghiên cứu phụ thuộc một phần quan trọng vào đặc điểm địa chất, do đó việc nghiên cứu đặc điểm kiến tạo thành phần thạch học trên các lưu vực sông sẽ góp phần tích cực trong việc xác định nguyên nhân lũ lụt vùng này [7]. Sau đây là một số đặc điểm chính về địa chất của lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ. Thành phần đất đá nền ở đây bao gồm: granulit mafic, gơnai granat, cordierit, hypersten, đá gơnai, đá phiến amphibol, biotit, amphibotit, migmatit, đá xâm nhập granit, granodiorit, migmatit (phức hệ Chu Lai- Ba Tư γ_2cb). Thành tạo Đệ tứ ở lưu vực gồm: Đệ tứ không phân chia (aQ): cuội, cát, bột phân bố dọc thung lũng sông và hỗn hợp cuội, sỏi dăm cát, bột (adpQ) ở Tây Nam Đức Phổ. Phần còn lại của lưu vực là các thành tạo cát, bột có nguồn gốc biển (mQ_m , vmQ_m^{2-3} , mvQ_{IV}^{1-2}).



Hình 3.1. Bản đồ địa hình lưu vực sông Vê - trạm An Chỉ



Hình 3.2. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất lưu vực sông Vẹ - trạm An Chỉ

Tình hình thổ nhưỡng: Đất trên lưu vực rất đa dạng, gồm 6 nhóm đất. Ở vùng đồi núi có các loại đất như đất đỏ vàng trên đá biến chất và đất sét, chiếm phần lớn diện tích. 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 đen, đất đỏ vàng là loại đất phân bố rộng rãi ở miền núi, thành phần cơ giới nhẹ, thích hợp để trồng các loại cây công nghiệp [5]. (Hình 3.2)

3.1.4. Lớp phủ thực vật

Rừng tự nhiên trên lưu vực còn ít, chủ yếu là loại rừng trung bình và rừng nghèo, phần lớn phân bố ở núi cao [15]. Vùng núi cao có nhiều lâm thổ sản quý. Vùng đồi núi còn rất ít rừng, đại bộ phận là đồi núi trọc và đất trồng cây công nghiệp, cây bụi, ngoài ra ở vùng hạ lưu có đất trồng nương rẫy xen dân cư [4]. Với độ che phủ của các loại rừng được trình bày trong bảng 3.1.

Bảng 3.1. Lớp phủ thực vật theo mức độ che tán và tỷ lệ % so với lưu vực [7]

STT	Loại hình lớp phủ	Tỷ lệ % so với diện tích lưu vực	Mức độ tán che (%)
1	Rừng rậm thường xanh cây lá rộng nhiệt đới gió mùa đã bị tác động	12.27	70 ÷ 90
2	Rừng thưa rụng lá hoặc trảng cây bụi có cây gỗ rải rác	50.50	30 ÷ 40
3	Cây trồng nông nghiệp ngắn ngày	37.23	< 5

3.1.5. Khí hậu

Trong mùa hè, lưu vực chịu ảnh hưởng của luồng không khí nhiệt đới Ấn Độ Dương, không khí xích đạo và tín phong mùa hè - luồng không khí nhiệt đới từ Thái Bình Dương thổi tới. Luồng không khí xích đạo có đặc tính nóng, ẩm. Luồng không khí nhiệt đới từ Thái Bình dương dịu mát và ẩm hơn. Luồng không khí nhiệt đới từ Ấn Độ Dương thổi tới nước ta vào đầu mùa hè, có đặc tính nóng và ẩm, gây ra mưa vào đầu mùa hè - mưa tiểu mãn. Đặc biệt khi luồng không khí này vượt qua dãy Trường Sơn, do hiệu ứng “phơn” trở nên nóng và khô - gió mùa Tây Nam. Song, bản thân các luồng không khí trên chỉ có thể gây ra mưa khi có những nhiễu động thời tiết như bão, áp thấp nhiệt đới, dải hội tụ nhiệt đới và frông lạnh... [7]

Tình hình thổ nhưỡng: Đất trên lưu vực rất đa dạng, gồm 6 nhóm đất. Ở vùng đồi núi có các loại đất như đất đỏ vàng trên đá biến chất và đất sét, chiếm phần lớn diện tích. 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 đen, đất đỏ vàng là loại đất phân bố rộng rãi ở miền núi, thành phần cơ giới nhẹ, thích hợp để trồng các loại cây công nghiệp [5]. (Hình 3.2)

3.1.4. Lớp phủ thực vật

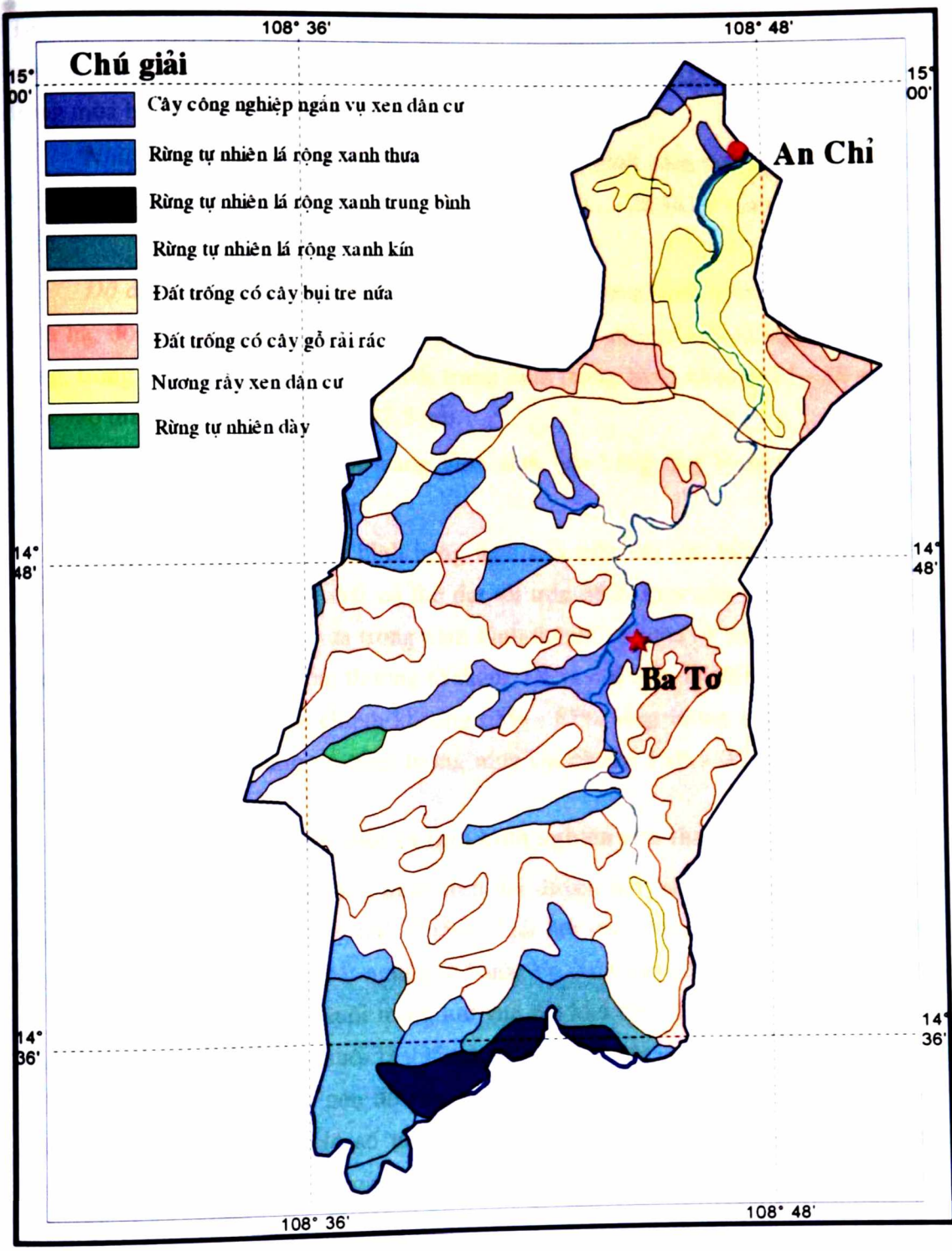
Rừng tự nhiên trên lưu vực còn ít, chủ yếu là loại rừng trung bình và rừng nghèo, phần lớn phân bố ở núi cao [15]. Vùng núi cao có nhiều lâm thổ sản quý. Vùng đồi núi còn rất ít rừng, đại bộ phận là đồi núi trọc và đất trồng cây công nghiệp, cây bụi, ngoài ra ở vùng hạ lưu có đất trồng nương rẫy xen dân cư [4]. Với độ che phủ của các loại rừng được trình bày trong bảng 3.1.

Bảng 3.1. Lớp phủ thực vật theo mức độ che tán và tỷ lệ % so với lưu vực [7]

STT	Loại hình lớp phủ	Tỷ lệ % so với diện tích lưu vực	Mức độ tán che (%)
1	Rừng rậm thường xanh cây lá rộng nhiệt đới gió mùa đã bị tác động	12.27	70 ÷ 90
2	Rừng thưa rụng lá hoặc trảng cây bụi có cây gỗ rải rác	50.50	30 ÷ 40
3	Cây trồng nông nghiệp ngắn ngày	37.23	< 5

3.1.5. Khí hậu

Trong mùa hè, lưu vực chịu ảnh hưởng của luồng không khí nhiệt đới Ấn Độ Dương, không khí xích đạo và tín phong mùa hè - luồng không khí nhiệt đới từ Thái Bình Dương thổi tới. Luồng không khí xích đạo có đặc tính nóng, ẩm. Luồng không khí nhiệt đới từ Thái Bình dương dịu mát và ẩm hơn. Luồng không khí nhiệt đới từ Ấn Độ Dương thổi tới nước ta vào đầu mùa hè, có đặc tính nóng và ẩm, gây ra mưa vào đầu mùa hè - mưa tiểu mãn. Đặc biệt khi luồng không khí này vượt qua dãy Trường Sơn, do hiệu ứng “phơn” trở nên nóng và khô - gió mùa Tây Nam. Song, bản thân các luồng không khí trên chỉ có thể gây ra mưa khi có những nhiễu động thời tiết như bão, áp thấp nhiệt đới, dải hội tụ nhiệt đới và frông lạnh... [7]



Hình 3.3. Bản đồ rừng lưu vực sông Vê - trạm An Chi

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

Nhiệt độ không khí: Nhiệt độ không khí trung bình năm biến đổi trong phạm vi từ 200C - 220 C ở vùng núi cao (> 500 m) đến 250C - 26 0C ở vùng đồng bằng ven biển.

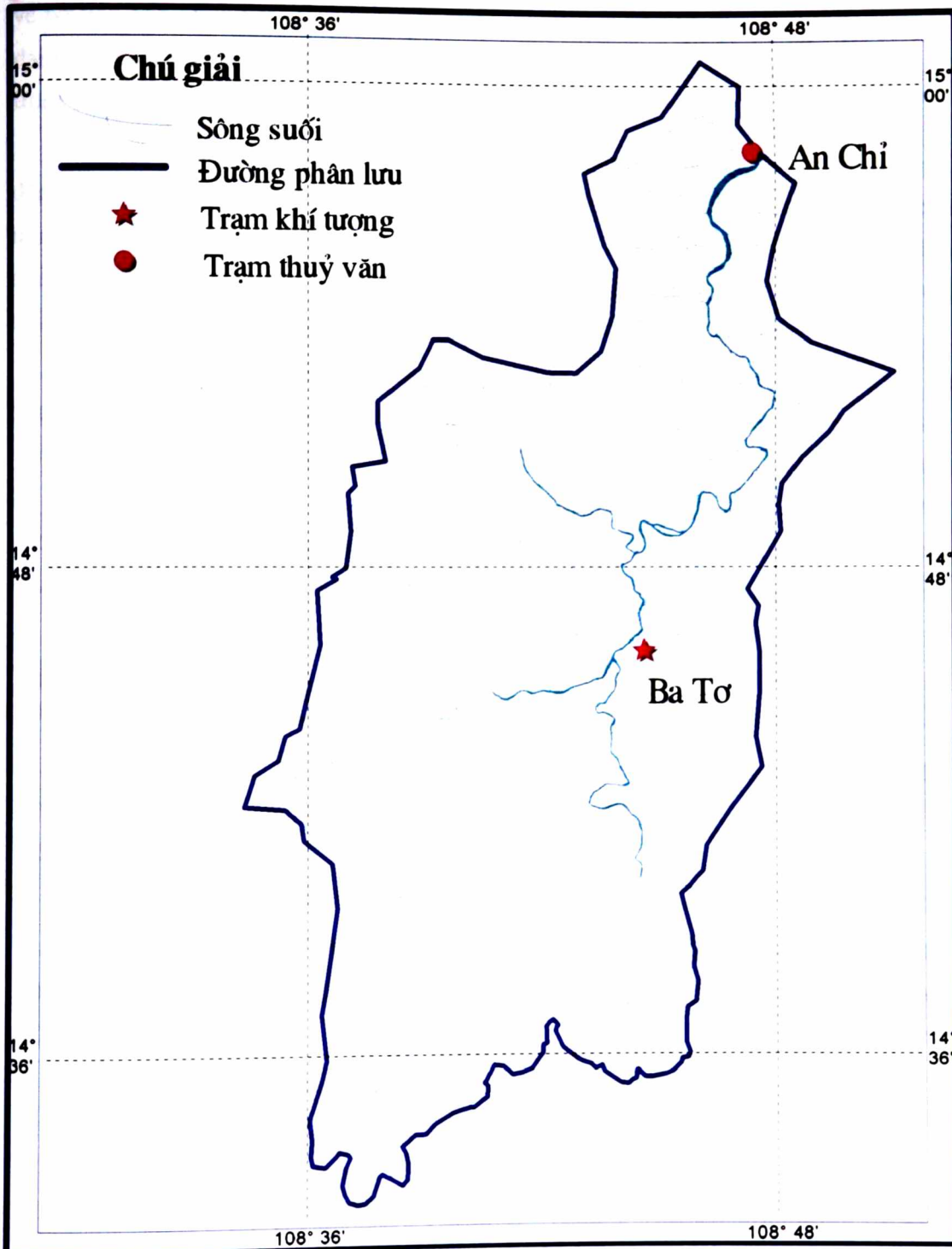
Độ ẩm không khí: Độ ẩm không khí tuyệt đối trung bình năm từ 23,6 mb, trong mùa hạ, độ ẩm tuyệt đối trung bình tháng từ 28 - 31 mb tại các thung lũng và đồng bằng, trong mùa đông, độ ẩm tuyệt đối trung bình tháng bằng khoảng 21 - 28 mb, thấp nhất vào tháng I đạt khoảng 19 - 22,5 mb.

Bốc hơi: Lượng bốc hơi trung bình năm (đo bằng ống Piche) biến đổi trong phạm vi từ 640 mm đến 900 mm.

Mưa: Lượng mưa trung bình hàng năm của trên lưu vực biến động mạnh theo không gian, nơi mưa nhiều nhất có thể đạt tới trên 3600 mm còn nơi mưa ít nhất chỉ khoảng 1600 mm. Chế độ mưa trong năm hình thành hai mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa bắt đầu muộn, thường từ tháng IX và chỉ kéo dài đến tháng XII. Lượng mưa của 4 tháng mùa mưa chiếm khoảng 65% - 85% tổng lượng mưa năm. Mùa khô kéo dài tới 8 tháng nhưng có tổng lượng mưa chỉ chiếm 15% - 35% tổng lượng mưa năm.

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

So với các hệ thống sông khác trên dải duyên hải Nam Trung bộ thì sông Vệ thuộc loại nhỏ, nằm trọn trong tỉnh Quảng Ngãi lưu vực có tổng diện tích là 1260km². Dòng chính sông dài 91 km bắt nguồn từ Nước Vo ở độ cao 1070m và đổ ra biển Đông tại Long Khê. Mật độ sông suối trong lưu vực đạt khá cao 0,79km/km² tương ứng với tổng chiều dài toàn bộ sông suối là 995km. Nằm trong dải ven biển, phần diện tích đồi núi chiếm diện tích rất nhỏ nên độ cao bình quân lưu vực chỉ đạt 170m. Độ dốc bình quân lưu vực đạt 19,9%. Hệ số uốn khúc của dòng chính là không cao 1,3. Phần thượng lưu và trung lưu dài khoảng 60 km, dòng chảy nhỏ hẹp, tương đối thẳng. Phần hạ lưu từ Nghĩa Hành đến cửa sông Lòng Sông mở rộng hơn. Có nhiều đồi núi sót và những dải cồn cát ven biển nên mạng lưới sông vùng hạ lưu phát triển chằng chịt. [5,7]



Hình 3.4. Bản đồ mạng lưới sông và các trạm khí tượng, thủy văn lưu vực sông Vê - trạm An Chỉ

Hệ thống sông Vệ có 5 phụ lưu cấp I có chiều dài lớn hơn 10km phát triển mạnh về bờ trái. Diện tích bờ trái chỉ lớn gấp 1,63 lần diện tích bờ phải, nhưng toàn bộ chiều dài sông suối bờ trái lớn gấp 3,5 lần bờ phải. Hệ số không cân bằng lưới sông tới 3,5 trong khi hệ số không đối xứng chỉ đạt 0,24.

Mùa lũ trên lưu vực sông Vệ thường kéo dài trong 3 tháng, bắt đầu từ tháng X đến tháng XII nó chiếm khoảng 70.6% tổng lượng dòng chảy năm. Mô đun dòng chảy mùa lũ $M_{lũ} = 196 \text{ l/s.km}^2$ so với toàn lãnh thổ Việt Nam đây là vùng có trị số dòng chảy lũ lớn. Mùa kiệt trên lưu vực sông Vệ thường kéo dài trong 9 tháng, bắt đầu từ tháng I đến tháng IX và chiếm khoảng 29.4% tổng lượng dòng chảy năm [14].

Có thể thấy rằng với khả năng điều tiết lưu vực kém nên mặc dù dạng lưu vực hình lông chim nhưng mức độ tập trung nước của lưu vực sông Vệ rất lớn, khả năng điều tiết dòng chảy trên lưu vực kém. Lưu vực sông Vệ với vị trí địa lý đón gió thuận lợi nên hàng năm lượng mưa mang đến lưu vực rất phong phú đạt 2476 mm. Lượng mưa có xu thế tăng dần từ Đông sang Tây do độ cao địa hình, phần thượng nguồn vùng núi lượng mưa đạt tới trên 3000 mm còn phần hạ du vùng đồng bằng lượng mưa cũng đạt trên 2000 mm. Với lượng mưa lớn như vậy nên trung bình năm lưu vực sông Vệ xuất hiện từ 6 đến 8 trận lũ, phụ thuộc vào các đợt mưa lớn của năm và các trận lũ này thường gắn liền với ngập lụt các vùng hạ du do lượng mưa lớn trên diện rộng [7, 26].

3.2. MÔ PHỎNG LŨ TRÊN LƯU VỰC SÔNG VỆ TRẠM AN CHỈ BẰNG MÔ HÌNH SỐNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN VÀ SCS

3.2.1. Thu thập và xử lý số liệu

Mưa: Tài liệu thu thập là lượng mưa giờ gồm có 15 trận mưa gây lũ lớn tiêu biểu từ năm 1998 đến 2003 do Trung tâm Tư liệu Quốc Gia - Bộ Tài nguyên Môi trường cung cấp, cụ thể:

Năm	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Số trận lũ	4	1	2	3	2	3

Thời gian của các trận mưa đơn trung bình khoảng 3 ngày đo tại trạm Ba Tơ.

Dòng chảy: Số liệu thu thập được là giá trị lưu lượng tại cửa ra (trạm An Chỉ) theo giờ tương ứng với thời gian từng trận mưa.

Số liệu mặt đệm: gồm các bản đồ địa hình, rừng, sử dụng đất, và mạng lưới thủy văn năm 2000 tỷ lệ 1: 25 000 (Hình 3.1–3.4). Các loại bản đồ trên đều đã được số

hoá và có thể truy xuất dễ dàng qua các phần mềm GIS thông dụng.

File số liệu dùng cho chương trình tính lập theo mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp SCS được xử lý như sau:

- *Tài liệu mưa*: Mưa ban đầu được cung cấp là giá trị mưa theo từng giờ, và được lũy tích 6 giờ.

- *Tài liệu về dòng chảy*: Dòng chảy ứng với từng giờ được trích ra để so sánh với dòng chảy mô phỏng khi chạy mô hình để ổn định bộ thông số.

Xử lý tài liệu mặt đệm: Lưu vực sông Vệ được chia thành một lưới tính theo phương pháp phần tử hữu hạn gồm các đoạn sông, dải lưu vực và các phần tử trên nguyên tắc phân tích tính đồng nhất về độ dốc sườn và hướng dòng chảy qua bản đồ địa hình và bản đồ mạng lưới thủy văn, bản đồ độ dốc lưu vực.

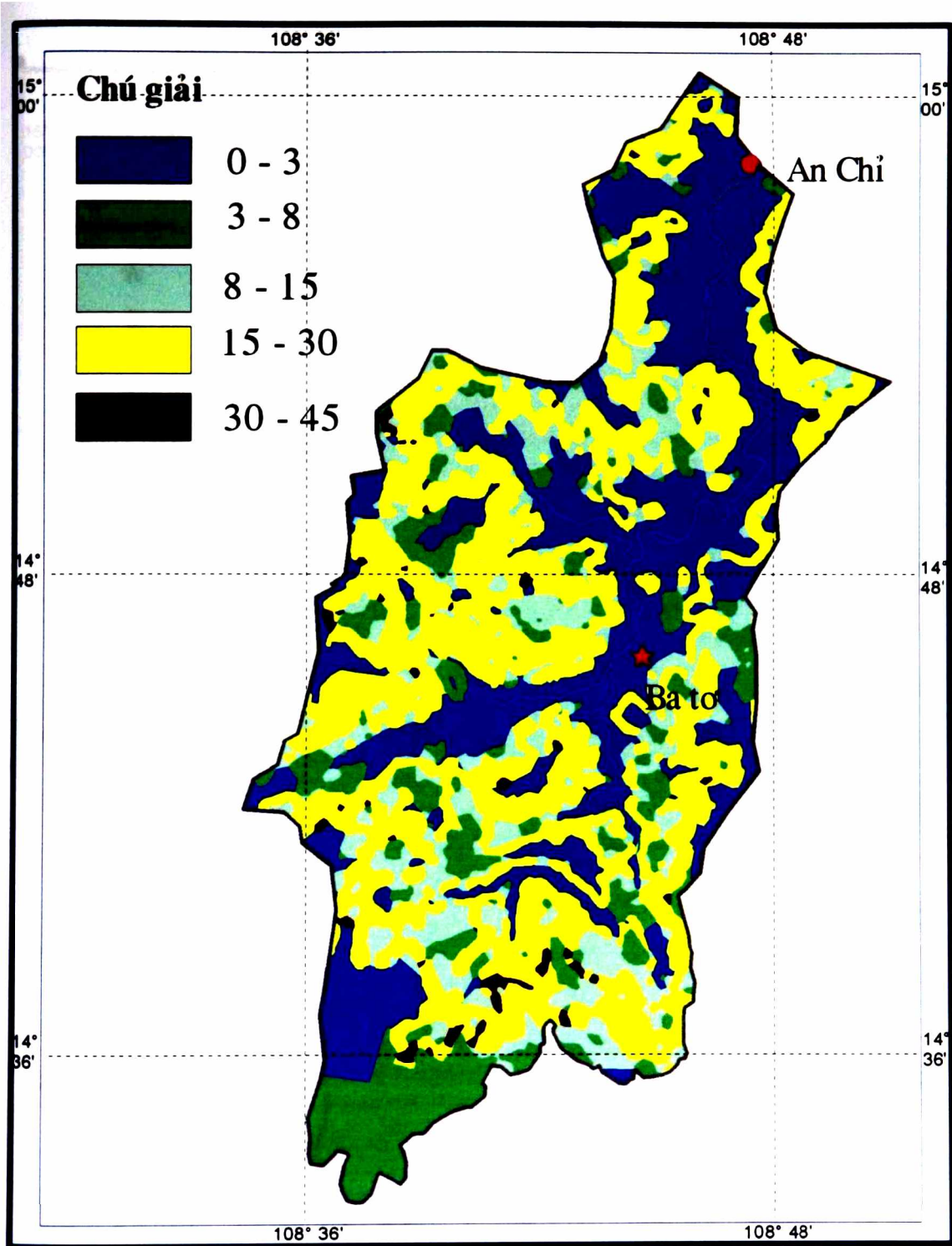
Phân đoạn sông: Từ bản đồ mạng lưới sông đã phân chia sông Vệ thành 7 đoạn sông con, các đoạn sông con này được đánh dấu theo thứ tự từ I đến VII. Các lưu vực nhỏ ứng với các đoạn sông này thể hiện sự đồng nhất về và khả năng tập trung nước.

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

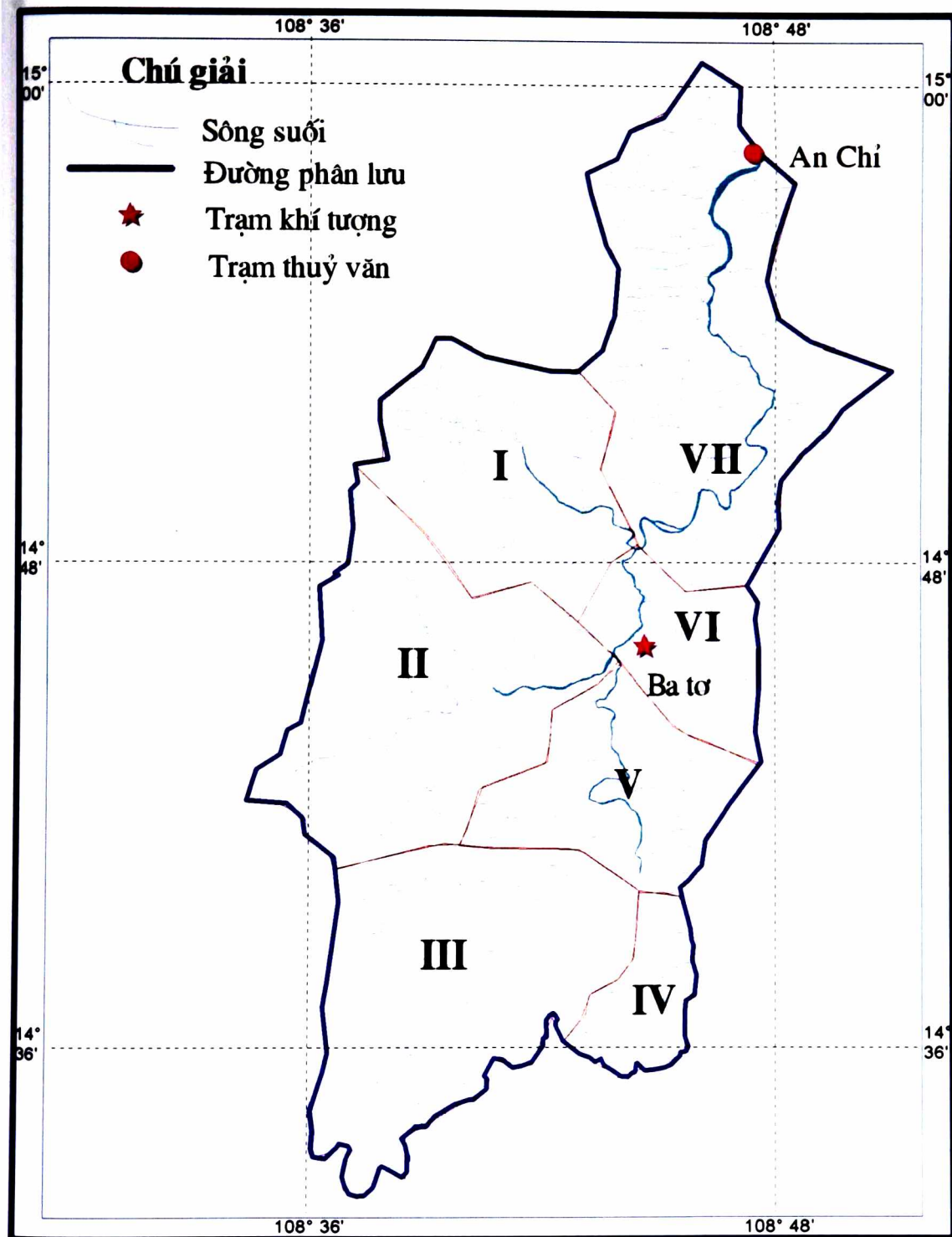
Phân chia các phần tử trên toàn lưu vực: Từ các dải của các đoạn sông như bảng trên ta tiến hành chia các dải ra thành các phần tử sườn dốc sao cho độ dốc sườn dốc trong mỗi phần tử tương đối đồng nhất. Theo nguyên lý đó thì lưu vực sông Vệ đến trạm An Chỉ ta chia được 83 phần tử. Khi đã có được các phần tử thì ta tiến hành áp từng phần tử này vào các bản đồ độ dốc, bản đồ sử dụng đất và bản đồ rừng, thu được các thông số mỗi phần tử.

Tính độ dốc trung bình của mỗi phần tử: tính độ dốc trung bình trọng số của phần tử, bằng cách đo diện tích của từng loại độ dốc ứng trong phần tử đó rồi dùng công thức tính trung bình có trọng số diện tích áp dụng cho tất cả các phần tử. Công đoạn tính toán này xử lý bởi các phần mềm MAPINFO và EXCEL.

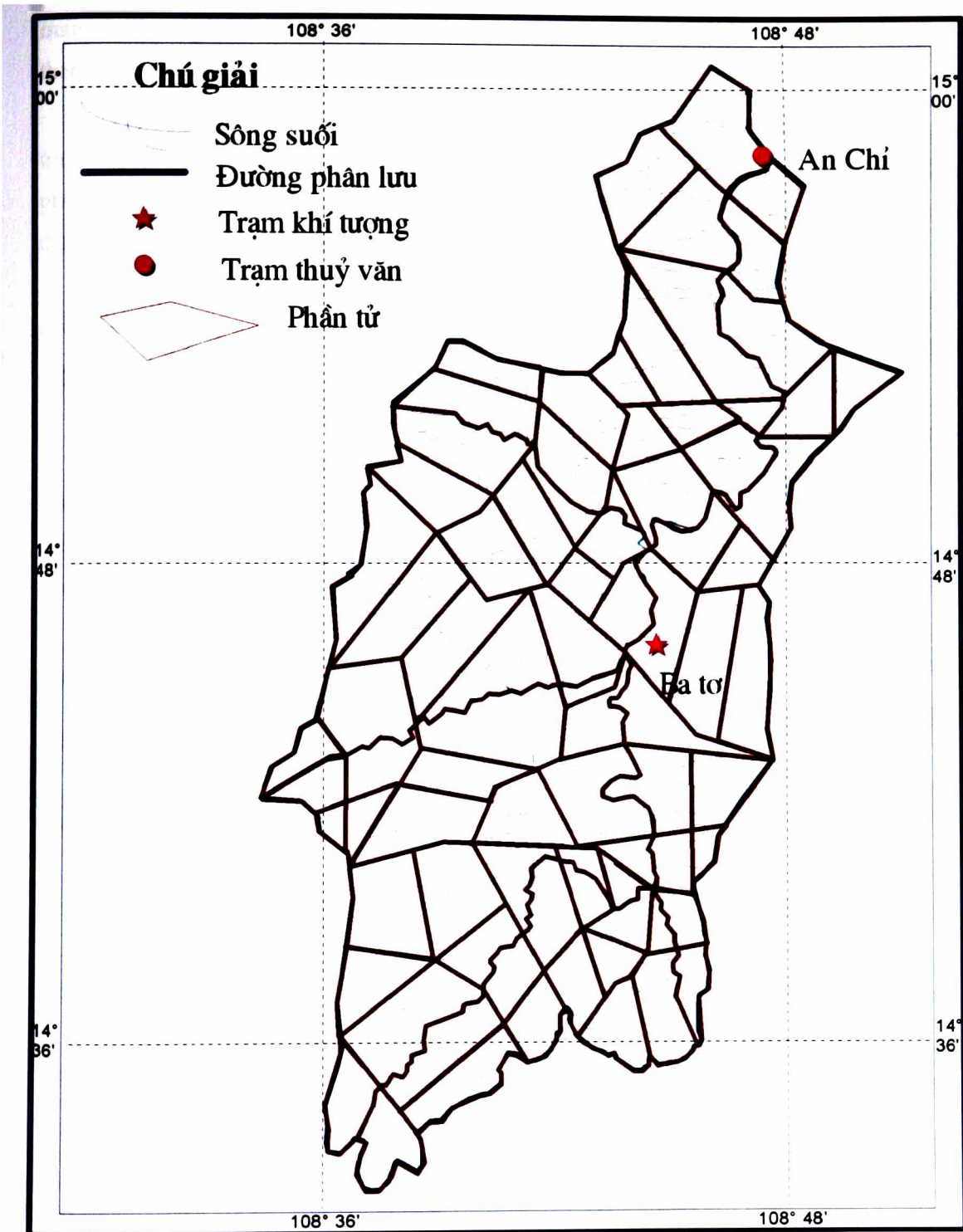
Tính chiều dài, rộng, diện tích của phần tử: Tiến hành xác định chiều dài của từng phần tử, ta đo chiều dài của phần tử (theo hướng dòng chảy) và đo diện tích từng phần tử trên bản đồ số. Chiều rộng trung bình của phần tử nhận được bằng cách lấy diện tích chia cho chiều dài phần tử. Tiếp tục như vậy tính được hết cho các phần tử.



Hình 3.5. Bản đồ độ dốc lưu vực sông Vê - trạm An Chỉ



Hình 3.6. Sơ đồ phân đoạn sông lưu vực sông Vê - trạm An Chí



Hình 3.7. Sơ đồ lưới phần tử lưu vực sông Vê - trạm An Chi

Tính chiều dài và độ dốc đoạn lòng dẫn: Dựa vào bản đồ địa hình và bản đồ mạng lưới sông suối để xác định chiều dài của từng đoạn lòng dẫn của mỗi dải, và tiếp theo là xác định cao độ đầu và cuối các dải sau đó tính độ dốc trung bình của lòng dẫn.

Tính hệ số nhám của mỗi phân tử: Từ bản đồ rừng ta xác định các loại rừng và tra bảng lấy hệ số nhám của mỗi phân tử. Hệ số nhám được lấy bằng 0,4 đối với thảm phủ là cây lấy gỗ; 0,35 đối với vườn cây; 0,3 đối với vùng trồng cỏ; 0,25 đối với vùng dân cư và 0,02 đối với vùng không thấm nước.

Tim hệ số CN của từng phân tử: Từ bản đồ sử dụng đất tra bảng lấy các tham số CN cho từng loại sử dụng đất trên phân tử rồi tính theo công thức trung bình trọng số diện tích sẽ xác định được CN trung bình của từng phân tử.

Ngoài ra còn các thông số khác trong file số liệu đầu vào cho mô hình như sai số cho phép (10^{-5}), bước lặp (100), chiều rộng đoạn lòng dẫn nằm trong khoảng (30 - 170m), hệ số dốc mái kênh (1.5), và hệ số nhám của lòng dẫn (đã được xác định theo giả định nằm trong khoảng 0.03 - 0.1), rồi cho tối ưu hoá từng thông số ứng với các trận lũ để tìm ra được bộ thông số cho lưu vực sông Vệ.

Mô tả đoạn file số liệu đầu vào

7 0.0001 10. 12 66 100 1(So doan song, sai so tinh, thoi gian hoi tu, so thoi doan tinh, thoi gian du bao, vong lap, phuong an tinh).

0 6 12 18 24 30 36 42 48 54 60 66 (So thoi doan mưa)

0 85 205.4 291.5 324.4 332.7 333.9 334.4 334.4 334.6 334.6 334.6

(Luong mua luy tích)

(Các giá trị trên là thông số cho cả chương trình)

6 So dai cua doan song thu nhât

0 So doan song nhap luu

30 35 40 45 50 55 Chieu rong cua song ung voi cac dai

1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 cac gia tri do doc mai canh tung dai

2600 6500 3200 3800 3500 2000 chieu dai doan long dan

0.115 0.061 0.031 0.014 0.009 0.008 do doc doan long dan

1 1 1 4 1 1 So phan tu dai ben trai cua long dan

1 2 2 2 1 2 So phan tu dai ben phai cua long dan

0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 He so nham song

(Các giá trị tiếp theo trên là thông số chung cho cả đoạn sông thứ nhất)

3539.6 cac gia tri chieu rong ben trai cua phan tu thuoc dai 1

3439.3 cac gia tri chieu rong ben phai cua phan tu thuoc dai 1

2100 cac gia tri chieu dai ben trai cua phan tu thuoc dai 1

2400 cac gia tri chieu dai ben phai cua phan tu thuoc dai 1

0.35 cac gia tri he so nham ben trai cua phan tu thuoc dai 1

0.35 cac gia tri he so nham ben phai cua phan tu thuoc dai 1

38.25 cac gia tri chi so CN ben trai cua cac phan tu thuoc dai 1

38.25 cac gia tri chi so CN ben phai cua cac phan tu thuoc dai 1

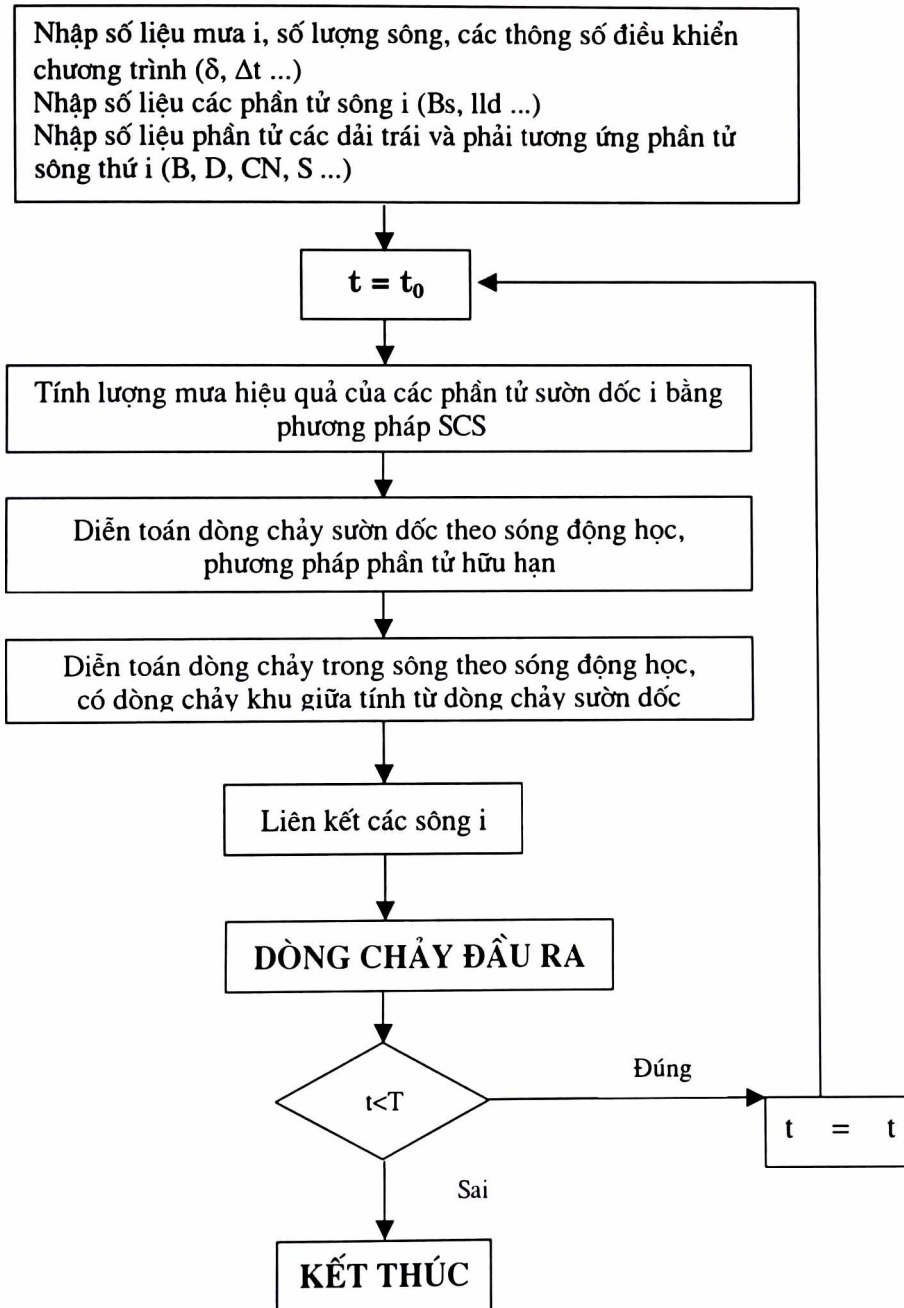
0.0886 cac gia tri do doc ben trai cua cac phan tu thuoc dai 1

0.0959 cac gia tri do doc ben phai cua cac phan tu thuoc dai 1

Kết thúc số liệu của dải thứ nhất của đoạn sông thứ nhất và tiếp tục nhập cho các dải tiếp theo kết thúc của đoạn sông thứ nhất. Cứ tiếp tục như vậy cho đến với các đoạn sông tiếp theo cho đến đoạn sông thứ 7.

3.2.2. Chương trình tính

Sơ đồ khối



Hình 3.8. Sơ đồ khối chương trình mô phỏng dòng chảy theo mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp SCS

Sử dụng chương trình tính này để mô phỏng cho 15 trận lũ, xác lập được bộ thông số ch0 lưu vực sông Vệ trạm An Chỉ.

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

$$R^2 = \frac{F_0^2 - F^2}{F_0^2} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

Với:

$$F^2 = \sum_{i=1}^N (Q_{id} - Q_{it})^2, \quad F_0^2 = \sum_{i=1}^N (Q_{id} - \bar{Q}_d)^2 \quad (3.2)$$

trong đó: Q_{id} : lưu lượng thực đo; Q_{it} : lưu lượng tính toán; $Q_{d\text{tb}}$: lưu lượng thực đo trung bình trong thời kỳ tính toán; N : tổng số điểm quan hệ lưu lượng thực đo và tính toán.

Tiêu chuẩn đánh giá như sau:

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

Kết quả đánh giá mô phỏng 15 trận lũ được trình bày trong bảng 3.2.

Bảng 3.2. Kết quả đánh giá mô phỏng lũ theo mô hình sóng động học một chiều phương pháp phân tử hữu hạn và phương pháp SCS

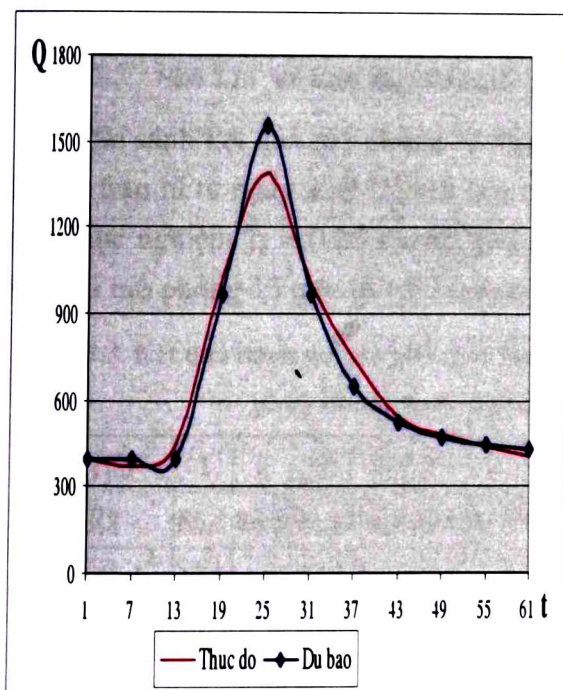
Trận	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TB
R^2	89.9	97.1	80.1	72.2	54.8	97.8	95.6	63.3	65.8	66.1	83.8	72.8	68.2	85.8	41.9	75.7
SS đỉnh	7.2	1.3	28.6	15.4	27.0	2.8	6.9	4.3	5.7	14.7	3.1	4.0	69.1	3.1	33.1	15.1
SS lượng	9.3	1.0	25.2	0.3	34.3	10.0	9.6	18.8	40.7	7.4	7.3	3.4	4.6	4.5	10.6	12.5

Từ kết quả ở bảng 3.2 cho thấy trung bình cho cả 15 trận lũ, độ hữu hiệu $R^2 = 75,7$ – đạt loại khá, trong đó mức tốt có 5 trận – chiếm 33%, khá có 7 trận – chiếm 47%, đạt có 3 trận – chiếm 20%; sai số đỉnh lũ mô phỏng và thực đo là 15,1% và sai số tổng lượng lũ mô phỏng và thực đo là 12,5% là khá tốt. Bộ thông số lưu vực như vậy là đáng tin cậy, có thể sử dụng trong các mô phỏng tiếp theo.

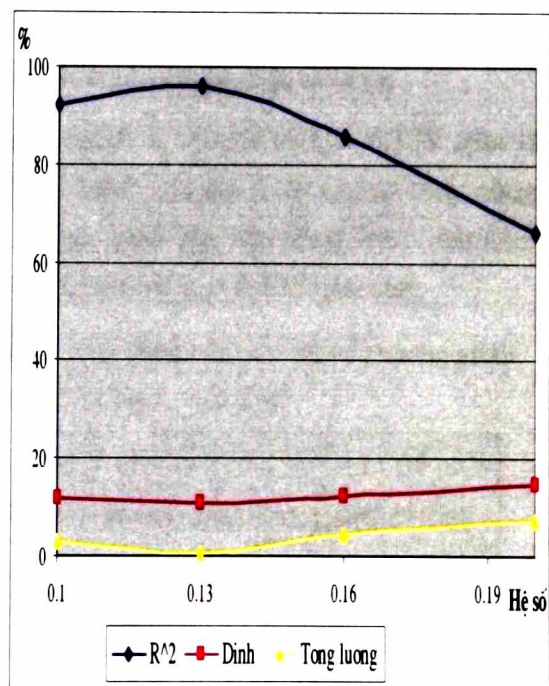
Tất cả phương án mô phỏng trên đều lấy điều kiện độ ẩm loại trung bình, chưa phân tích và lựa chọn nền ẩm cho các thời gian xuất hiện khác nhau và công thức tính mưa hiệu quả trong SCS là $I_a = 0,2S$ với điều kiện xác lập tại Mỹ. Để xét công thức này phần tiếp theo thử nghiệm cho lưu vực sông Vệ – trạm An Chỉ sẽ được bàn luận tới.

3.3. HIỆU CHỈNH CÔNG THỨC TÍNH MƯA HIỆU QUẢ TRONG PHƯƠNG PHÁP SCS TRÊN LƯU VỰC SÔNG VỆ – TRẠM AN CHỈ

Các công thức tính toán trong SCS là các công thức thực nghiệm nhận được từ số liệu thực nghiệm trên nước Mỹ. Thực tiễn áp dụng SCS tại các nước trên thế giới đã nhận được nhiều phát triển cải tiến để phù hợp hơn. Chủ yếu sự hiệu chỉnh SCS hướng đến hai vấn đề: hiệu chỉnh công thức tính mưa hiệu quả và hiệu chỉnh biên độ ẩm. Đề tài này chỉ mới hiệu chỉnh thử nghiệm công thức tính mưa hiệu quả. Trong SCS, với công thức $I_a = 0,2S$ tiến hành thế giá trị 0,2 bằng các giá trị khác nhằm lựa chọn hệ số phù hợp hơn qua 15 trận lũ được lựa chọn với 4 phương án I_a nhận lần lượt các giá trị 0.1S, 0.13S, 0.16S, 0.2S, để hiệu chỉnh công thức tính mưa hiệu quả. Công thức phù hợp nhất sẽ cho kết quả mô phỏng có sai số về đỉnh, lượng thấp nhất và độ đảm bảo hữu hiệu R^2 lớn nhất. Qua 4 phương án tính toán cho 15 trận lũ lập bảng sai số ứng với từng phương án trong mỗi con lũ, ví dụ cho trận lũ từ ngày 25/11/1998 đến ngày 27/11/1998 (Hình 3.9). Tương tự tính toán và mô phỏng cho cả 15 trận lũ.



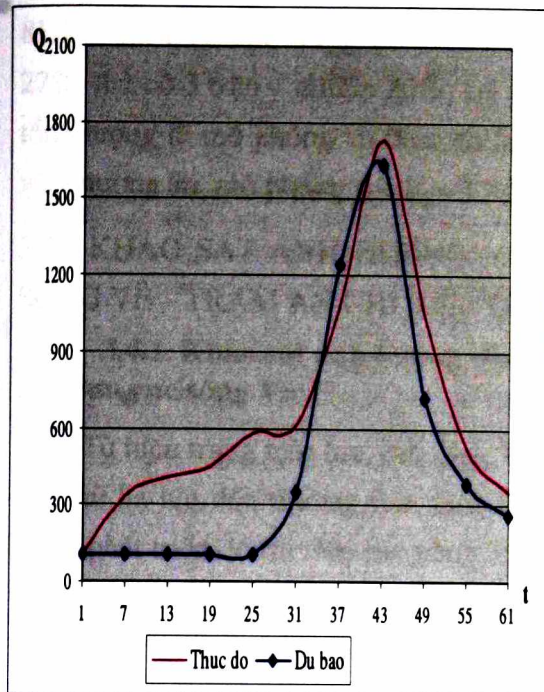
Đường quá trình lũ ứng với $I_a = 0.13S$



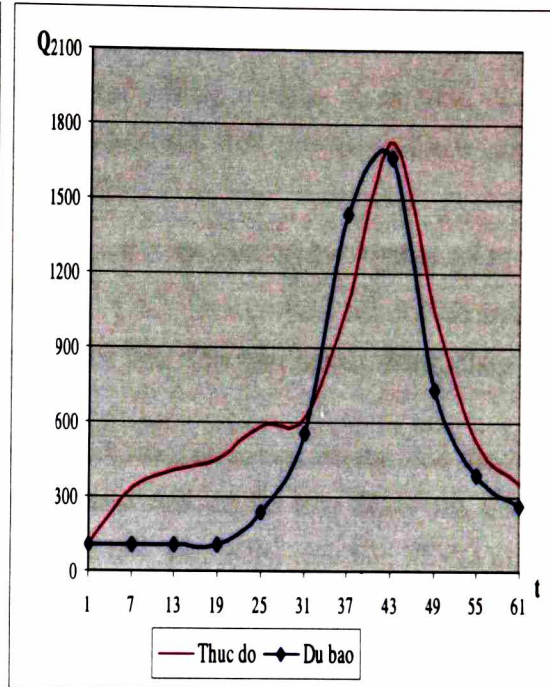
Biểu đồ chỉ tiêu R^2 , sai số đỉnh và tổng lượng

Phương án	$I_a = 0.1S$	$I_a = 0.13S$	$I_a = 0.16S$	$I_a = 0.2S$
Chỉ tiêu (%)				
R^2	92.1	96.1	85.7	66.1
Sai số đỉnh	11.7	10.6	12.1	14.7
Sai số tổng lượng	3.1	0.6	4.2	7.4

Hình 3.9. Kết quả mô phỏng trận lũ từ ngày 25/11/1998 đến ngày 27/11/1998



a. Đường quá trình lũ ứng với $I_a = 0.13S$



b. Đường quá trình lũ ứng với $I_a = 0.2S$

Hình 3.10. So sánh hai phương án hiệu chỉnh SCS (a) và không hiệu chỉnh (b)

So sánh kết quả mô phỏng lũ ứng với phương án $I_a = 0.2S$ và $I_a = 0.13S$ qua ví dụ của trận lũ từ ngày 23/11/2003 đến ngày 26/11/2003 (Hình 3.10) cho ta thấy công thức thực nghiệm $I_a = 0.2S$ không phù hợp với điều kiện lưu vực sông Vệ – An Chỉ. Kết quả mô phỏng 15 trận lũ với bộ thông số đã xác lập với $I_a = 0.13S$ như sau:

Bảng 3.3. Kết quả đánh giá mô phỏng lũ theo mô hình sóng động học một chiều phương pháp phân tử hữu hạn và phương pháp SCS với $I_a = 0.13S$

Trận	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TB
R2	85.6	96.8	84.4	79.2	50.1	97.2	94.2	63.0	70.1	96.1	85.0	89.0	83.5	85.2	57.7	81.1
SS đỉnh	18.5	1.4	33.2	21.2	29.9	8.9	11.8	1.7	3.6	10.6	3.3	1.6	1.7	1.5	1.1	10.0
SS lượng	12.2	2.7	19.9	6.6	35.3	11.7	6.9	15.4	26.4	0.6	4.8	1.0	10.7	5.4	15.5	11.7

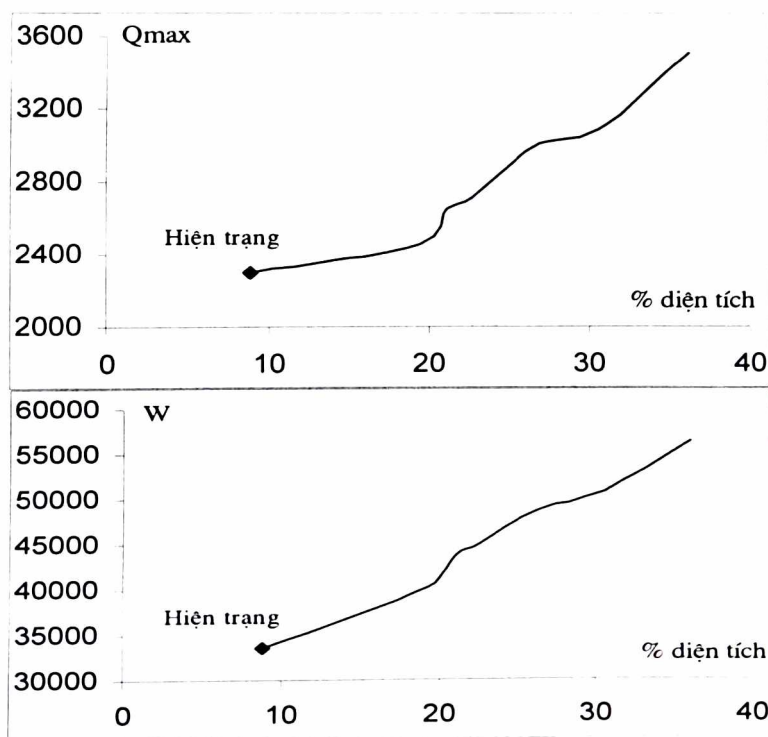
Kết quả tính toán cho thấy rằng với phương án $I_a = 0.13S$ cho đường quá trình thực đo và tính toán phù hợp hơn, với độ lệch đỉnh tối đa và tối thiểu được quan sát tương ứng là 33.2% và 1.4%, sai số tổng lượng tối đa và tối thiểu được quan sát tương ứng là 35.3% và 0.6%. Mặt khác ta cũng thấy rằng, với phương án này độ đảm bảo R2 cũng đạt loại khá trở lên. Vậy qua tính toán và phân tích kết quả của 15 trận lũ rút ra được công thức tính mưa hiệu quả cho lưu vực sông Vệ- An Chỉ tốt nhất là $I_a = 0.13S$.

Từ kết quả ở bảng 3.3 cho thấy trung bình cho cả 15 trận lũ, độ hữu hiệu $R^2 = 81.1$ – đạt loại khá, trong đó mức tốt có 8 trận – chiếm 53%, khá có 4 trận – chiếm 27%, đạt có 3 trận – chiếm 20%; sai số đỉnh lũ mô phỏng và thực đo là 10% và sai số tổng lượng lũ mô phỏng và thực đo là 11,7% là khá tốt. Kết quả này tốt hơn nhiều so với phương án mô phỏng với $I_a = 0,2 S$ (Bảng 3.2).

3.4. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC SỬ DỤNG ĐẤT TRÊN LƯU VỰC SÔNG VỆ – TRẠM AN CHỈ ĐẾN DÒNG CHẢY LŨ QUA MỘT SỐ KỊCH BẢN

3.4.1. Khảo sát ảnh hưởng của việc đô thị hóa đến quá trình dòng chảy lũ trên lưu vực sông Vệ

Từ hiện trạng trên lưu vực sông Vệ tiến hành tăng diện tích đô thị dọc theo dòng sông từ hạ lưu đến thượng lưu. Quá trình tăng diện tích đô thị hóa được tiến hành cụ thể là phát triển đô thị trên các vùng đất thổ cư và các mặt bằng qua bản đồ địa hình và bản đồ sử dụng đất, xác lập lại bộ thông số, cụ thể là chỉ số CN cho các phần tử khi sử dụng đất thay đổi (khu thương mại và kinh doanh với $CN = 91$, $n = 0.062$). Sau đó ta tiến hành thay đổi các thông số CN và n trong các file số liệu đầu vào và tiến hành mô phỏng cho các trận lũ đã lựa chọn trên sông Vệ

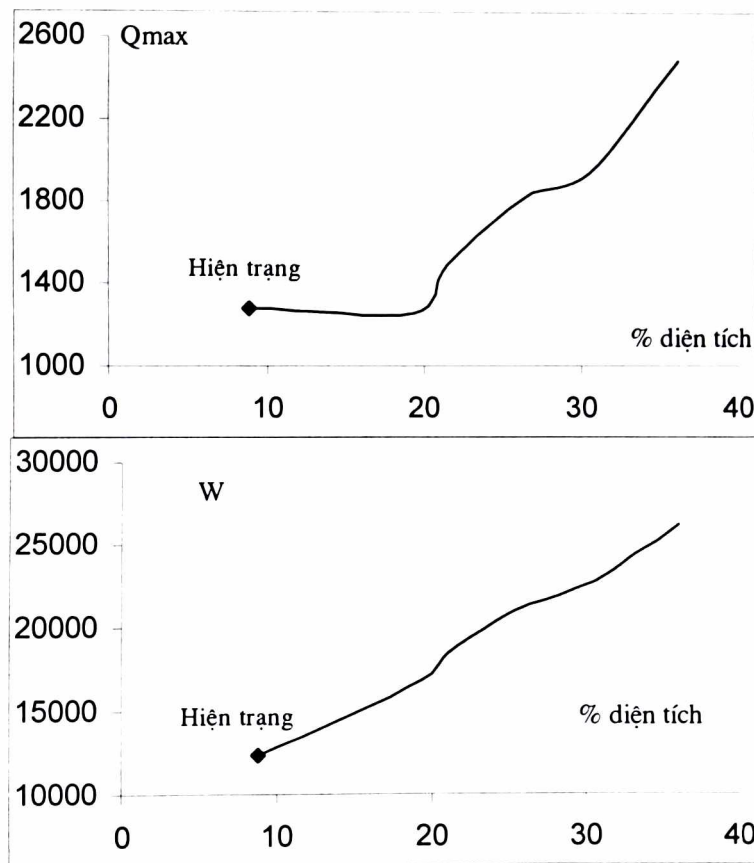


Hình 3.11: Ảnh hưởng của đô thị hoá đến quá trình dòng chảy trên sông Vệ,

trận lũ ngày 21/X đến 24/X năm 1998

Ảnh hưởng của việc tăng diện tích đô thị hóa dọc sông từ hạ lưu lên thượng lưu của sông Vệ đến dòng chảy lũ bằng các quan hệ $Q_{max} \sim F$ và $W \sim F$ được thể hiện trong các hình 3.11, 3.12,

Từ các hình 3.11, 3.12, ta thấy khi diện tích đô thị hóa ở trên lưu vực tăng lên thì tổng lượng dòng chảy lũ và đỉnh dòng chảy lũ cũng tăng lên. Điều đó phù hợp với quy luật của dòng chảy trên bề mặt lưu vực : tăng cường quá trình đô thị hoá có nghĩa là tăng diện tích bề mặt không thấm dẫn đến tăng dòng chảy mặt. (hệ số CN tăng CN = 91 và hệ số nhám của phần tử giảm xuống $n = 0.062$), khả năng tập trung dòng chảy nhanh, mức độ tổn thất do thấm giảm.



Hình 3.12: Ảnh hưởng của đô thị hóa đến quá trình dòng chảy trên sông Vệ, trận lũ ngày 25/XI đến 27/XI năm 1998

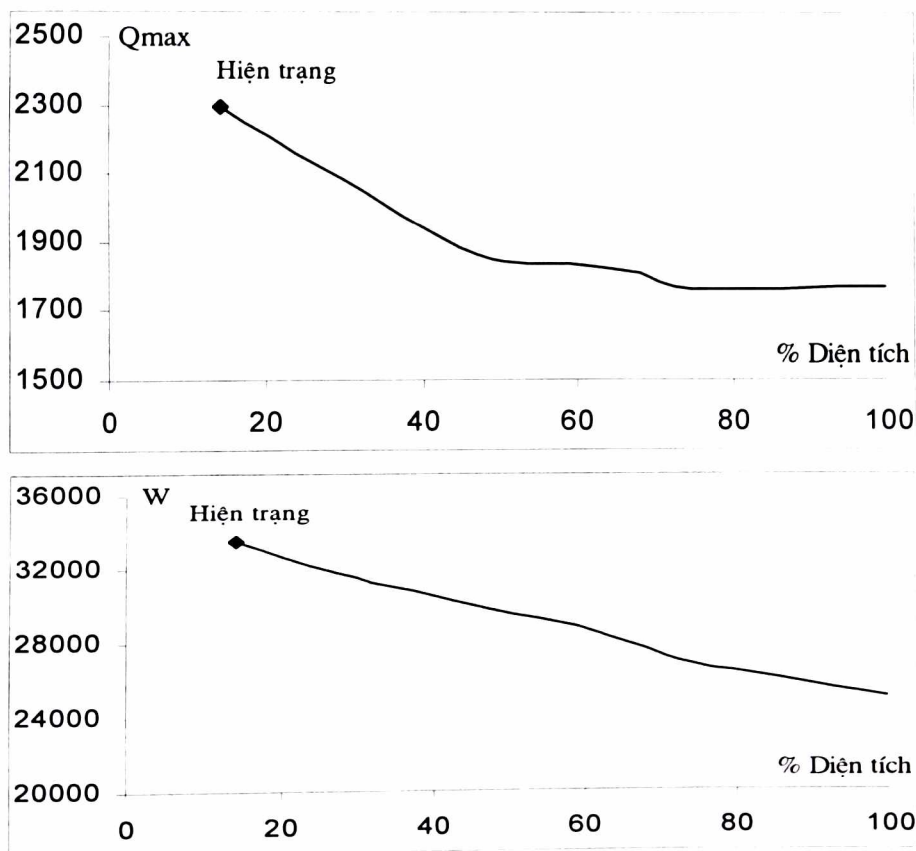
Khi tỷ lệ đô thị hóa vượt quá 20% thì đỉnh dòng chảy tăng lên một cách đột ngột. Điều này có ý nghĩa cảnh báo rằng với tỷ lệ diện tích đô thị trên lưu vực tới 20% sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình tập trung nước, gây lên những trận lũ lớn dẫn tới những thiệt hại khôn lường. Do vậy, đối với lưu vực sông Vệ, chúng tôi đưa ra khuyến cáo: việc quy hoạch đô thị trên lưu vực không được vượt quá giới hạn 20% diện tích

lưu vực, đảm bảo an toàn cho các công trình và đời sống kinh tế xã hội của nhân dân.

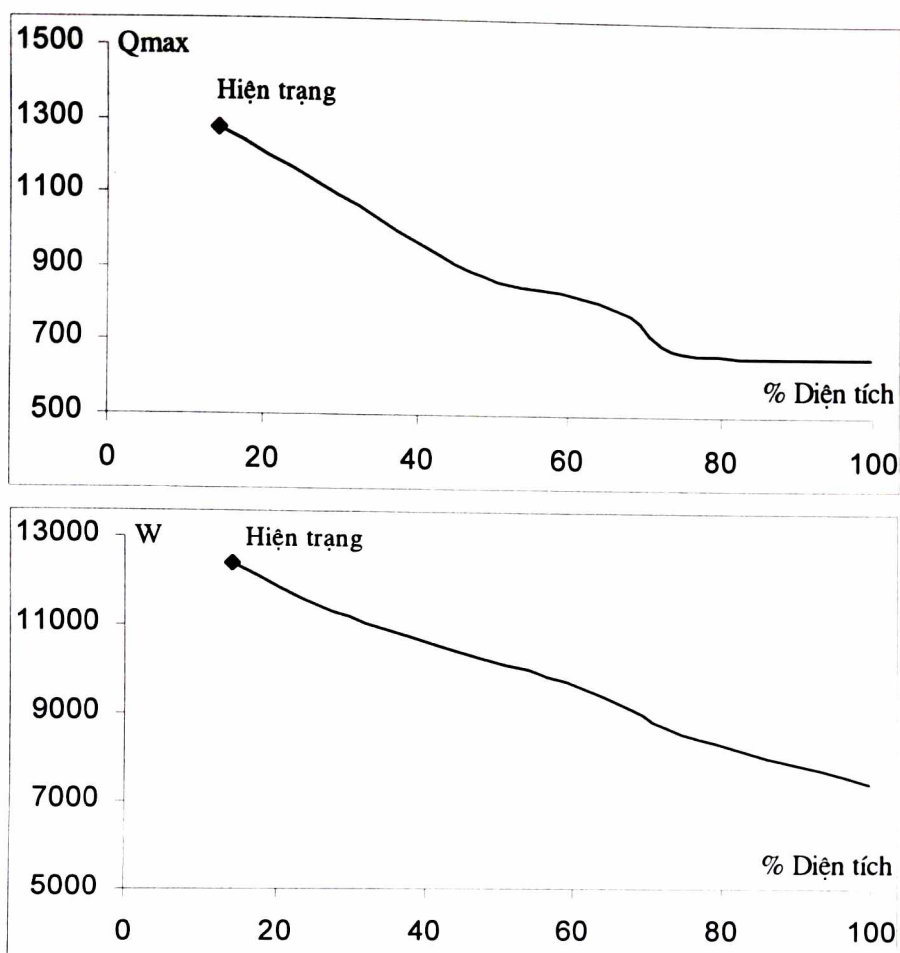
3.4.2. Khảo sát ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên lưu vực sông vực sông Vệ

Từ hiện trạng rừng ban đầu trên lưu vực ta tiến hành tăng diện tích rừng tự nhiên trên lưu vực lên. Cách thức tiến hành tăng diện tích rừng trên lưu vực là ta tiến hành tăng dần diện tích rừng tự nhiên từ thượng lưu về hạ lưu trên lưu vực sông Vệ. Khi thay đổi như vậy hệ số CN và hệ số nhám trung bình thay đổi tương ứng là $CN = 46, n = 0,4$; đưa vào các file số liệu đầu vào tương ứng với từng phần tử lưu vực và tiến hành kiểm nghiệm cho các trận lũ đã chọn.

Từ hiện trạng rừng trên lưu vực sông Vệ ta cũng tiến hành tăng dần diện tích rừng. Sau khi nhận lại các hệ số CN và hệ số nhám trung bình phân tử trong các file số liệu ta tiến hành chạy cho hai trận lũ tiêu biểu trên sông Vệ. Kết quả được thể hiện ở các hình 3.13 và 3.14.



Hình 3.13: Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Vệ, trận lũ ngày 21/X đến 24/X năm 1998



Hình 3.14: Ảnh hưởng của rừng đến quá trình dòng chảy trên sông Vệ,
trận lũ ngày 25/X đến 27/X năm 1998

Từ các hình 3.13 và 3.14 cho thấy kết quả thay đổi hiện trạng rừng trên lưu vực sông Vệ (với rừng hiện trạng là 14.1%) . Khi diện tích rừng trên lưu vực tăng lên sẽ làm tăng độ nhám bề mặt, hệ số CN giảm, do đó làm giảm dòng chảy mặt và tăng dòng chảy ngầm. Kết quả là tổng lượng lũ, đỉnh lũ giảm xuống và thời gian xuất hiện lũ trên lưu vực chậm lại.

Rừng đóng vai trò hết sức quan trọng trong quá trình hình thành dòng chảy và điều tiết lũ lụt, nhất là đối với các khu rừng đầu nguồn và rừng phòng hộ. Việc tăng diện tích rừng sẽ góp phần điều hòa dòng chảy trong năm, nó làm giảm dòng chảy mặt và tăng dòng chảy ngầm, từ đó dẫn đến làm giảm tổng lượng, đỉnh lũ và thời gian xuất hiện lũ chậm lại. Do vậy, việc tăng diện tích rừng trên các lưu vực là một trong những biện pháp tích cực và có hiệu quả trong việc phòng chống thiên tai, lũ lụt và chống ô nhiễm môi trường nhất là những khu vực rừng đầu nguồn và rừng phòng hộ. Điều này

càng quan trọng đối với một nước nằm ở khu vực nhiệt đới gió mùa nóng ẩm quanh năm, lượng mưa bình quân tương đối lớn (khoảng 1960 mm năm) và có hệ thống sông ngòi dày đặc với chế độ lũ diễn biến rất phức tạp như nước ta.

Thực tế đã chứng minh rằng việc chặt phá rừng bừa bãi trong những năm gần đây đã gây nên những trận lũ có sức tàn phá khủng khiếp như trận lũ xảy ra trên lưu vực sông Hương ở Thừa Thiên Huế năm 1999 - 2000 gây thiệt hại hàng tỷ đồng về người và của ngoài ra nó còn gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng sau khi lũ rút gây nên các loại dịch bệnh cho nhân dân quanh vùng.

KẾT LUẬN

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

1. Bước đầu tổng quan các mô hình toán mưa - dòng chảy. *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 Vệ, 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 Vệ 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 Vệ - An Chỉ, cụ thể là *xây dựng được lưới tính gồm 83 phần tử*. 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 phần 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 của trạm Ba Tơ. 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 Vệ qua bảng 3,2, các trận lũ mô phỏng là đạt loại khá.
4. Hiệu chỉnh công thức tính mưa trong phương pháp SCS cho phương án Ia = 0,13S là phù hợp nhất.
5. Với file số liệu (bộ thông số) 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 sông Vệ - An Chỉ cần từ 1÷5 phút 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. Điều này đang được thử nghiệm trong đề tài QGTĐ.04.04 mà tập thể tác giả đang tham gia.
6. Chương trình tính của 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

phòng, với những trận lũ trong mùa lũ và cuối mùa lũ nên sử dụng phương án 2 hoặc phương án 3.

7. Khảo sát ảnh hưởng của quá trình đô thị hoá cho thấy ngưỡng phát triển đô thị trên lưu vực không nên vượt quá 20% diện tích.
8. 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.
9. Trong điều kiện phát triển công nghệ thông tin, mô hình tính toán kết hợp phương pháp SCS và mô hình phần 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.
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 phần 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 KHCN cấp Trung tâm KHTN&CNQG, Hà Nội, 1999.*
8. *Đỗ Cao Đàm và NNK. Thủy văn công trình. NXB Nông nghiệp, 1993.*
9. *Bùi Văn Đức, Vũ Văn Tuấn, Lương Tuấn Anh. Các mô hình toán về mưa - dòng chảy. 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. Tập 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. Tập san KTTV, số 11(419), 1995*
16. *Đào Văn Lễ. áp dụng mô hình SSARR 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. Tập 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* Mô hình hoá toán học lũ tiểu mãn sông ngòi Nam Trung Bộ. Đề tài cấp ĐHKHTN MS: TN 99-24, Hà Nội, 2001
21. *Nguyễn Thanh Sơn* ứng dụng mô hình toán phục vụ quy hoạch lưu vực sông Trà Khúc. Đề tài cấp ĐHQG MS: QT 03-21, Hà Nội, 2004
22. *Nguyễn Thanh Sơn.* Tính toán thủy văn. NXB ĐHQGHN, Hà Nội, 2004.
23. *Nguyễn Thanh Sơn, Lương Tuấn Anh,* áp dụng mô hình thủy động học các phần tử hữu hạn mô tả quá trình dòng chảy lưu vực. Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, T.XIX, No1, Hà Nội, 2003.
24. *Nguyễn Thanh Sơn, Ngô Chí Tuấn.* Kết quả mô phỏng lũ bằng mô hình sóng động học một chiều lưu vực sông Vệ. Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, T.XX, No3PT, Hà Nội, 2004.
25. *Trần Thục, Lương Tuấn Anh, Nguyễn Thanh Sơn* Nghiên cứu mô hình thủy động lực mưa - dòng chảy trong tính toán và dự báo dòng chảy lũ. Tuyển tập báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 8. Viện Khí tượng thủy văn, Bộ Tài nguyên & Môi trường 12/2003
26. *Trần Tuất, Nguyễn Đức Nhật.* Khái quát địa lý thủy văn sông ngòi Việt Nam. Tổng cục KTTV 1980.
27. *Vũ Văn Tuấn.* Mô hình hoá dòng chảy trong những lưu vực có hoạt động nông - lâm nghiệp. TS - KTTV số 12 (384), 1992.
28. *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
29. *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)
30. *Alish Pandey, V.M. Chowdary, B.C. Mal and P.P. Dabral.* Estimation of runoff agricultural watershed using SCS Curve Number and Geographic Information System. Map India Conference 2003 @ Gisdevelopment.net, All rights reserved.

31. **Andrzej Ciepielowski, Józef Wójcik, Kazimierz Banasik. Adatation of the SCS unit hydrograph method to the conditions in Polish forests.**
32. **Bephanhi A.N. Cơ sở lý thuyết dòng chảy mưa rào.** Tuyển tập công trình đại học KTTV, Odessa. 1949 (39-175)(Tiếng Nga)
33. **Becker A. Deterministic modelling in Hydrology.** Lecture for Post - Graduate Training Course on Hydrology. Budapest, 1993.
34. **Bofu Yu. Theoretial Justification of SCS method for runoff Estimation.** Journal of Irrigation and rainage engineering/ November/ December 1998.
35. **Chandana Gangodagame. Hydrological modeling using remote sensing and GIS.** Asian Conference on Remote Sensing, 5 - 9 November 2001, Singapore
36. **Chapter III Runoff.** BSE 472 - 2004.
37. **Chow V. T, NNK. Applied Hydrology.** Mc Graw Hill, 1988.
38. **Fouad H. Jaber, Rabi H. Mohtar. Stability and accuracy of finite element schemes for the one - dimensional kinematic wave solution.** Advances in Water Resources.
39. **George E. Bandford and Michael E. Meadows. Finite element simulation of nonlinear kinematic surface runoff.** Journal of Hydrology, 119 (1990) 335 -336.
40. **Guide to Hydrological Practices,** WMO - No.168.1994.
41. **Haan C.T. ; Johnson H.P.;Brakensiek D. L. Hydrologic modeling of smal watwrsheds,** ASAE Techniccal Editor: James A. Basselman, 1982
42. **Handbook of Hydrology.** Mc. Graw. Hill, 1992.
43. **Kuchment L. S. Mô hình hoá toán học dòng chảy sông.** NXB Leningrat, 1980 .
44. **Lashman Nandagiri. Callibrating Hydrological Models in unggaged Basins- Possible use of Areal Evapotran Siration Instead of Stream Flows.** Depastment of Applied Mechanics & Hydraulics National Institue of Techlonogy Karataka, Surathkal Srinivasnaga P.O, Karnataka, India 575025 (I and @ rocketmail.com).
45. **Philip B. Bedient. Wayne C. Huber. Hydrology and Floodplain Analysis.** Addison-Wesley Publishing Company, 1992
46. **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
47. **SCS Hydorlogic Method.** ISWM design Manual for Development/ Redevelopment.
48. **Steve W. Lyon, M. Todd Walter, Pierre Grérard - Marchant and Tammo S. Steenhuis. Using a topographic index to distribute variable source area runoff predicted with the SCS curve - number equation.** Hydrological Processes.

49. *Symeonakis E., Koukoulas S., Calvo - Cases A., Arnau - Rosalen E. and Markis I..* **A landuse change and land degradation study in Spain and Greece using remote sensing and GIS.** Commission VII, WG VII/4.

50. *Tammos, Steenhuis, Michael Winchell, Tane Rossing, Tames A.Zollweg and Micheal F.Walter.* **SCS runoff Equation Revisited for Variable- Source Runoff Areas.** Journal of Irrigation and Drainage engineering (May/ June 1995)

51. *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 ĐIỂN TOÁN LƯU LƯU VỰC S. VỆ - TRẠM AN CHỈ

Mã số: QT-04-26

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: 15 triệu đồng

Trong đó:

- Từ ngân sách Nhà nước: 15 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: 2004

Thời gian kết thúc: 2005

Tên các cán bộ phối hợp nghiên cứu:

1. CN. Ngô Chí Tuấn, Khoa KTTV
2. CN. Nguyễn Văn Cường, Đài KTTV Nam Trung Bộ
3. CN Công Thanh, 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




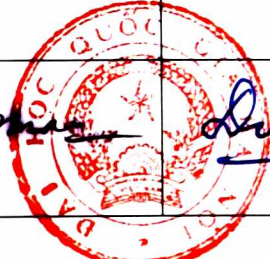
Tóm tắt kết quả nghiên cứu:

1. Tổng quan các mô hình toán thủy văn nói chung và các mô hình toán mưa – dòng chảy nói riêng, từ đó lựa chọn mô hình toán 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 với phương pháp SCS nguyên gốc và hiệu chỉnh.
5. Thay đổi kịch bản sử dụng đất và khảo sát việc mô phỏng lũ
6. Đăng 01 bài báo, hướng dẫn 02 khoá luận tốt nghiệp,

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. Tư vấn cho tỉnh về quy hoạch lưu vực
3. Diễn toán lũ lưu vực sông Vệ - An Chỉ, dùng để tính toán và dự báo lũ, phục vụ cảnh báo và phòng chống thiên tai lũ lụt tỉnh Quảng Ngãi.

	Chủ nhiệm đề tài	Thủ trưởng cơ quan chủ trì đề tài	Chủ tịch Hội đồng đánh giá chính thức	Thủ trưởng cơ quan quản lý đề tài
Họ tên	Nguyễn Thanh Sơn	Trần Nghi	Phạm Văn Huấn	
Học hàm, học vị	THS	GS.TS	PGS.TS	TL.GIÁM ĐỐC TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ
Họ tên, đóng dấu		 	 	

Nguyễn Đình Lộc

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

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

CỬ NHÂN KHOA HỌC NGÀNH THỦY VĂN LỤC ĐỊA

**ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG KHAI THÁC SỬ DỤNG ĐẤT ĐẾN DÒNG CHẢY
LỮ LƯU VỰC SÔNG VỆ VÀ SÔNG TRÀ KHÚC BẰNG MÔ HÌNH
PHẦN TỬ HỮU HẠN SÓNG ĐỘNG HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP SCS**

*Người hướng dẫn:
Người thực hiện:*

**Nguyễn Thanh Sơn
Phạm Quang Huy**

HÀ NỘI - 2004

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

KHOÁ LUẬN TỐT NGHIỆP

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

**HIỆU CHỈNH, ÁP DỤNG CÔNG THỨC SCS VÀ MÔ HÌNH SÓNG
ĐỘNG HỌC PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN MÔ PHỎNG
QUÁ TRÌNH LŨ LƯU VỰC SÔNG VỆ - TRẠM AN CHỈ**

**Người hướng dẫn: ThS. Nguyễn Thanh Sơn
Người thực hiện: Nguyễn Anh Đức**

HÀ NỘI - 2005