

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

---

**Phạm Thị Phương Chi**

**SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP MORRIS ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY  
CÁC THÔNG SỐ TRONG MÔ HÌNH WETSPA**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC**

**Hà Nội - 2009**

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

---

**Phạm Thị Phương Chi**

**SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP MORRIS ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY  
CÁC THÔNG SỐ TRONG MÔ HÌNH WETSPA**

**Chuyên ngành: Thủy văn học  
Mã số: 60.44.90**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC**

**Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Thanh Sơn**

**Hà Nội - 2009**

## LỜI CẢM ƠN

*Luận văn này được thực hiện tại Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên. Luận văn nằm trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Đại học Quốc gia “Phân tích độ nhạy và độ bất định của mô hình WetSpa sử dụng phương pháp Monte Carlo để dự báo lũ (áp dụng cho lưu vực sông Vệ), thực hiện một phần công việc của đề tài. Tôi xin gửi lời cảm ơn đến các thầy cô, đặc biệt là TS. Nguyễn Thanh Sơn và TS. Nguyễn Tiên Giang đã hướng dẫn tôi thực hiện luận văn này. Tôi xin cảm ơn sự giúp đỡ của GS. Yongbo Liu ở Trường Đại học Tự do Brussel, là một trong những người tham gia xây dựng mô hình đã cung cấp cho tôi phiên bản mới nhất của mã nguồn mô hình WetSpa, cũng như những chỉ dẫn trong quá trình thay đổi mã nguồn của mô hình bằng ngôn ngữ lập trình Fortran.*

*Tôi xin chân thành cảm ơn CN. Nguyễn Thị Thủy, cán bộ viện nghiên cứu Khí tượng Thủy văn đã cung cấp số liệu mưa và dòng chảy cũng như những giúp đỡ trong quá trình tính toán bằng mô hình. Tôi xin gửi lời cảm ơn đến hai bạn sinh viên của Trường đại học Twente, Hà Lan đã cùng tôi thực hiện nghiên cứu này: Daniël Van Puten và đặc biệt là Tom Doldersum, người đã giúp đỡ tôi rất nhiều trong quá trình tìm hiểu về ngôn ngữ lập trình Matlab và ArcView Avenue.*

*Cuối cùng xin cảm ơn gia đình và bạn bè đã giúp đỡ, động viên tôi rất nhiều trong suốt quá trình học tập và thực hiện luận văn.*

*Do thời gian và kinh nghiệm hạn chế nên khoá luận không tránh khỏi những thiếu sót, vì vậy tôi rất mong sự góp ý của các thầy cô và các bạn để luận văn được hoàn thiện hơn.*

*Học viên*

*Phạm Thị Phương Chi*

## MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN.....	2
MỤC LỤC .....	3
BẢNG KÝ HIỆU CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	4
MỞ ĐẦU.....	6
<b>Chương 1. TỔNG QUAN</b> .....	9
1.1. MÔ HÌNH MƯA - DÒNG CHẢY PHÂN PHỐI.....	9
1.1.1 Cấu trúc cơ bản của mô hình mưa - dòng chảy lưu vực .....	10
1.1.2. Mô hình mưa - dòng chảy lưu vực .....	11
1.2. PHÂN TÍCH ĐỘ NHẠY.....	17
1.2.1. Khái niệm.....	17
1.2.2. Tính toán độ nhạy.....	18
1.2.3. Tầm quan trọng của phân tích độ nhạy.....	19
1.3. SƠ LƯỢC ĐẶC ĐIỂM ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN CỦA LƯU VỰC SÔNG VỆ - TRẠM AN CHỈ.....	22
1.3.1. Vị trí địa lý.....	22
1.3.2. Địa hình.....	22
1.3.3. Địa chất, thổ nhưỡng.....	24
1.3.4. Thảm thực vật.....	24
1.3.5. Khí hậu.....	25
1.3.6. Thủy văn.....	26
<b>Chương 2. MÔ HÌNH WETSPA CẢI TIẾN VÀ PHƯƠNG PHÁP MORRIS</b> .....	29
2.1. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH THỦY VĂN.....	29
2.1.1. Lịch sử phát triển mô hình WetSpa.....	29
2.1.2. Mô hình WetSpa cải tiến.....	32
2.2. PHƯƠNG PHÁP MORRIS.....	47
<b>Chương 3. SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP MORRIS ĐỂ ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY CÁC THÔNG SỐ TRONG MÔ HÌNH WETSPA CẢI TIẾN TRÊN LƯU VỰC SÔNG VỆ - TRẠM AN CHỈ</b> .....	53
3.1. THU THẬP VÀ XỬ LÝ DỮ LIỆU.....	53
3.1.1. Dữ liệu không gian.....	53
3.1.2. Số liệu khí tượng.....	53
3.1.3. Số liệu thủy văn.....	53
3.2. ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY CÁC THÔNG SỐ.....	57
3.2.1. Tính toán trong Arcview.....	57
3.2.2. Lựa chọn các thông số đưa vào phân tích độ nhạy.....	58
3.2.3. Thiết lập ma trận B*.....	67
3.2.4. Tính toán lưu lượng đầu ra.....	67
3.2.5. Phân tích độ nhạy.....	68
3.3. HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM NGHIỆM MÔ HÌNH.....	74
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ</b> .....	79
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	82

## BẢNG KÝ HIỆU CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Giải nghĩa	Nguyên gốc
ASCII	Bộ mã chuyển đổi thông tin chuẩn của Mỹ	American Standard Code for Information Interchange
BASIN	Mô hình lưu vực	
CN	Đường cong chỉ số ẩm	Curve Number
D	Chiều	Dimensional
DEM	Bản đồ số độ cao	Digital Elevation Map
DHI	Viện Thủy lực Đan Mạch	Danish Hydraulic Institute
GeoHMS	Hệ thống mô phỏng địa lý thủy văn	Geographic - Hydrologic Modeling System
GIS	Hệ thống tin địa lý	Geographic Information System
GLUE	Phương pháp ước lượng bất định khả năng	Generalised Likelihood Uncertainty Estimation
HBV	Mô hình cân bằng nước	Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning
HEC	Trung tâm Thủy văn công trình	Hydrologic Engineering Center
HMS	Hệ thống mô phỏng thủy văn	Hydrologic Modeling System
IHMS	Hệ thống mô hình thủy văn kết hợp	Interactive Hydrologic Modeling System
IUH	Đường thủy văn đơn vị tức thời	Unit Hydrograph
NAM	Mô hình mưa - dòng chảy	Nedbor -Afstromming-Model
NASIM	Mô hình Niederschlag - Abfluss	Niederschlag - Abfluss Simulation Model
PEST	Mô hình ước lượng thông số độc lập	Parameter Estimator System
PET	Bốc thoát hơi nước khả năng	Potential Evapotranspiration
OAT	Thực hiện lần lượt từng bước một	One - At a Time
ReCM	Mô hình Khí hậu khu vực	Regional Climate Model
SA	Phân tích độ nhạy	Sensitivity Analysis
SAC-SMA	Mô hình tính toán độ ẩm đất	Sacramento - Soil Moisture

	Sacramento	Assesment
SSARR	Điều tiết hồ chứa và tổng hợp dòng chảy	Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation
SCS	Phương pháp bảo toàn đất	Soil Conservation Service
SMA	Mô hình tính toán độ ẩm đất	Soil Moisture Assesment
SMAP	Chương trình tính toán độ ẩm đất	Soil Moisture Assesment Program
SWAT	Phương pháp đánh giá nước và đất	Soil and Water Assesment Tool
UA	Phân tích độ bất định	Uncertainty Analysis
UH	Đường thủy văn đơn vị	Unit Hydrograph
UHM	Mô hình thủy văn đơn vị	Unit Hydrograph Model
WetSpa	Mô hình dự báo trao đổi nước và nhiệt giữa đất, thảm phủ thực vật, khí quyển	Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere

## MỞ ĐẦU

Do hạn chế về số liệu, do sự nhận thức không đầy đủ về các quá trình vật lý và khả năng đáp ứng của công nghệ đo đạc các yếu tố thủy lực nên trên thế giới cũng như ở Việt Nam hiện có rất nhiều mô hình thủy văn, thủy lực đang được sử dụng để tính toán các đặc trưng cũng như mô phỏng dòng chảy trên các lưu vực sông. Trước đây, do sự hạn chế của công cụ tính toán (máy tính), các mô hình tham số tập trung thường được ưa chuộng do sự đơn giản, số lượng thông số ít, dễ dàng hiệu chỉnh và vận hành (tuy nhiên mức độ chính xác không cao - do sự trung bình hoá các điều kiện lưu vực) thì hiện nay các mô hình tham số phân phối có mức độ chính xác cao hơn và cũng phức tạp hơn với những bộ thông số đồ sộ được sử dụng cùng với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ thông tin.

Mức độ tin cậy của mỗi mô hình phụ thuộc vào cách thiết kế cấu trúc mô hình và bộ thông số. Tuy nhiên, việc ước lượng các thông số địa hình, đặc tính vật lý của đất, tầng ngậm nước, sử dụng đất trên lưu vực... trong các mô hình thủy văn thường rất khó khăn, do giá trị các thông số vốn không thể đo được trực tiếp, mà cần phải giả định một giá trị ban đầu nào đó tùy theo kinh nghiệm của người khai thác, sau đó cần hiệu chỉnh để tìm ra bộ thông số tối ưu nhằm nâng cao hiệu quả mô hình.

Đối với một số mô hình phổ biến như bộ mô hình HEC của Cục Công binh Mỹ, bộ mô hình MIKE của Viện Thủy lực Đan Mạch..., khai thác mô hình thường có nhiều thuận lợi từ những kinh nghiệm đã được công bố trong các bài báo và nghiên cứu trước đó. Tuy nhiên, với những mô hình mới, việc khai thác có thể sẽ gặp nhiều khó khăn trong quá trình hiệu chỉnh bộ thông số tối ưu. Kể cả với những đối tượng có kinh nghiệm, quá trình mô phỏng và kiểm nghiệm mô hình vẫn gây rất nhiều trở ngại do số lượng các thông số mô hình là rất lớn, rất tốn kém thời gian để tìm ra bộ thông số phù hợp cho từng lưu vực.

Có hai phương pháp hiệu chỉnh thông số là thử sai và tối ưu hoá. Phương pháp thử sai được sử dụng rộng rãi vì tính đơn giản, nhưng mất nhiều thời gian và mang tính chủ quan, phụ thuộc kinh nghiệm khai thác mô hình, chỉ phù hợp với các mô hình ít thông số. Phương pháp tối ưu hoá mang tính khách quan, do đó phạm vi tìm kiếm rộng hơn, rất tiện lợi cho khai thác các mô hình thông số phân phối.

Để rút ngắn hơn nữa thời gian hiệu chỉnh, hay chính là giảm bớt khối lượng tính trong phương pháp tối ưu hoá, xuất hiện nhu cầu phải giới hạn số lượng các thông số cần hiệu chỉnh, nói cách khác là phải phân tích độ nhạy (SA) cho các thông số. SA là công cụ khảo sát và hoàn thiện cấu trúc mô hình, chỉ ra các thông số quan trọng. SA đánh giá mức độ ảnh hưởng các thông tin đầu vào tới sản phẩm đầu ra của mô hình để tập trung hiệu chỉnh vào một số thông số nhạy (phản ứng tốt với đầu ra) và có thể bỏ qua các thông số không nhạy (trơ), làm giảm khối lượng tính toán. Điều đầu tiên phải quan tâm khi khai thác mô hình là phải tìm hiểu ý nghĩa của mỗi thông số để đánh giá một cách sơ bộ mức độ quan trọng của chúng. Điều này có nghĩa là phải nhận thức rõ ràng về tất cả các thông số được sử dụng và các quá trình được tính toán trong mô hình. Các thông số không được tường minh không nên hiệu chỉnh vì có thể việc hiệu chỉnh sẽ gán cho các giá trị không phù hợp với bản chất vật lý. Không hiểu về độ nhạy của thông số cũng có thể dẫn đến việc tập trung hiệu chỉnh vào một thông số không nhạy và làm tăng thời gian tính toán. Tập trung vào hiệu chỉnh các thông số nhạy dẫn tới ước lượng tốt hơn giá trị của nó và làm giảm khối lượng tính cũng như độ bất định của mô hình.

Gần đây trên thế giới, một số phương pháp phân tích độ nhạy, bao gồm các loại thông số tổng thể hay chi tiết, với kỹ thuật phân tích vi phân hay tích phân, đã được áp dụng để sàng lọc các thông số mô hình trước khi hiệu chỉnh.

Trong [25] M.G.F. Werner, N.M. Hunter và P.D. Bates đã sử dụng phương pháp ước lượng bất định khả năng (GLUE) để đánh giá các giá trị bất định về phân phối sử dụng đất trong mô hình thủy động lực tương tác 1D, 2D trên lưu vực sông Meuse. A. Bahremand và F. De Smedt [10] kiểm định tự động và phân tích độ nhạy các thông số sử dụng mô hình ước lượng thông số độc lập (PEST) với mô hình WetSpa cho lưu vực Torysa có diện tích khá lớn ở Slovakia đã đạt được những kết quả khả quan. Ryan Fedak (1999) đã nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước ô lưới với hai mô hình HEC-1 và TopModel [19]. Ngoài ra, có thể kể đến các nghiên cứu của Iman và Helton (1988) [27], Campolongo và Saltelli (1997) [18], Nguyen T.G. và De Kov J. [30], ...



Trong thực tiễn khai thác mô hình ở Việt Nam, việc phân tích độ nhạy vẫn chưa được quan tâm đúng mức. Ngoài một số nghiên cứu của Lâm Quốc Anh và Phan Quốc Khánh (2008) về cân bằng trong lĩnh vực toán học [9], Hồ Thị Minh Hà (2008) với (ReCM3) [2] ..., hiện chưa có nhiều công trình đi sâu vào phân tích độ nhạy. Nên tiến hành nghiên cứu vấn đề này do tính hữu dụng không chỉ cho phát triển, hiệu chỉnh mô hình mà còn làm giảm độ bất định trong quá trình mô phỏng .

Xuất phát từ các vấn đề nêu trên, *mục tiêu của luận văn này* là đánh giá độ nhạy các thông số trong mô hình WetSpa, là một mô hình còn khá mới, bắt đầu được ứng dụng ở Việt Nam, nhằm phục vụ việc thu thập số liệu, hiệu chỉnh, kiểm định và khai thác nó thuận lợi trong thực tiễn.

Phạm vi *không gian* và phạm vi *khoa học* của đề tài là ứng dụng *mô phỏng dự báo lũ* cho lưu vực *sông Vệ - trạm An Chỉ*, tỉnh Quảng Ngãi.

Lựa chọn phương pháp phân tích độ nhạy thường được dựa trên mức độ phức tạp của mô hình và mục tiêu phân tích. Morgan, Henrion và Small (1990) [24] đã đưa ra bốn chỉ tiêu lựa chọn như sau: 1) độ bất định về dạng mô hình (nếu cấu trúc mô hình và các tương tác mang tính khái quát thì không phù hợp với phương pháp định lượng toàn diện), 2) bản chất của mô hình (số lượng đầu vào và thông số, phản ứng phức tạp, liên tục hay đứt đoạn), 3) yêu cầu phân tích (kết quả trực tiếp gây ra những tác động quan trọng) và 4) điều kiện nguồn (thời gian, con người và phần mềm). Căn cứ vào các chỉ tiêu này, phương pháp Morris là một phương pháp phân tích độ nhạy tổng thể đã được chứng minh là khá hiệu quả trong những nghiên cứu trước đây (T.G. Nguyen, J.L. de Kok [30], Morris [13]). Cấu trúc luận văn gồm có các nội dung chính như sau:

Tổng quan về mô hình mưa - dòng chảy phân phối, phân tích độ nhạy và lưu vực nghiên cứu

Giới thiệu cơ sở lý thuyết mô hình WetSpa cải tiến và phương pháp Morris

Phân tích đánh giá độ nhạy các thông số trong mô hình Wetspa cải tiến để dự báo lũ trên lưu vực sông Vệ - Trạm An Chỉ

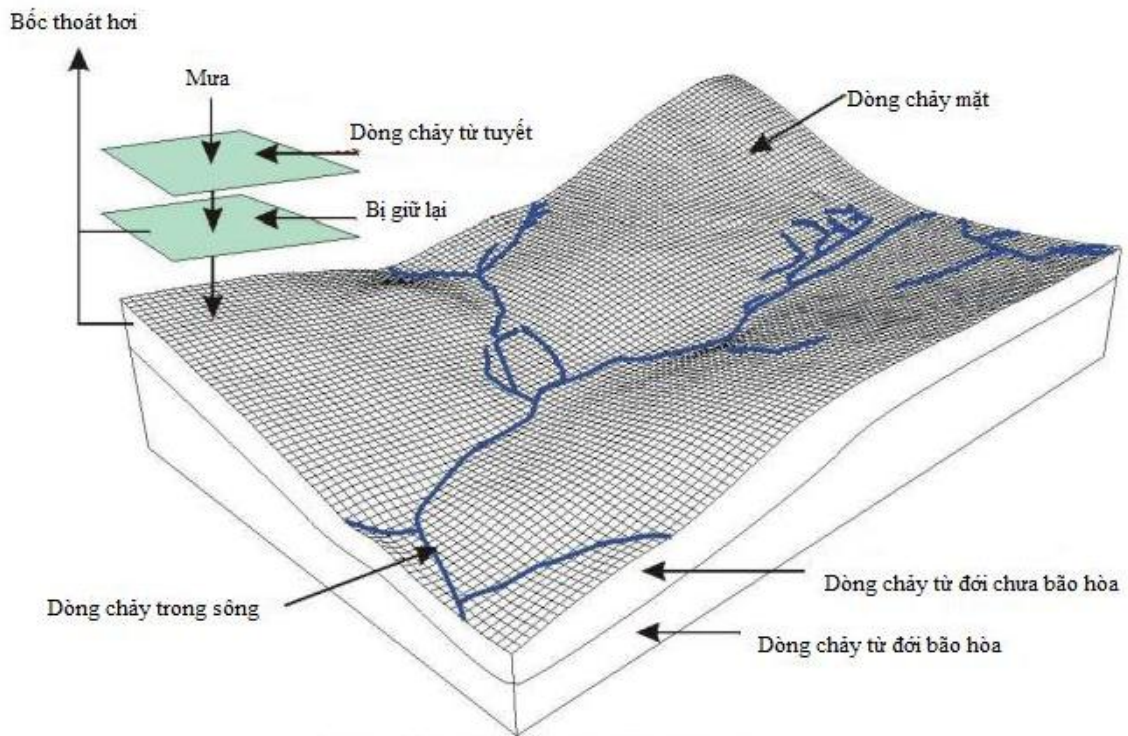
## **Chương 1. TỔNG QUAN**

Trong giai đoạn từ năm 1980 - 1995 việc ứng dụng mô hình toán thủy văn trong công tác nghiên cứu và nghiệp vụ đã trở nên phổ biến. Những mô hình được khai thác rộng rãi trong giai đoạn này bao gồm SSARR, TANK đơn, Kalinin - Milinkov là các mô hình thông số tập trung nên vấn đề phân tích độ nhạy chưa được chú trọng. Hiện nay khi việc khai thác tài nguyên nước trên các lưu vực có nhiều biến động về điều kiện mặt đệm do quá trình phát triển kinh tế xã hội đòi hỏi khai thác bề mặt lưu vực mạnh mẽ (công nghiệp hóa, đô thị hóa ...) dẫn tới tính đồng nhất của bề mặt lưu vực bị phá vỡ cùng với sự phát triển của công nghệ thông tin làm cho việc sử dụng mô hình thông số phân bố trở thành một giải pháp hữu hiệu của thực tiễn. Và do mô hình phân bố có nhiều thông số nên bài toán phân tích độ nhạy để làm giảm khối lượng tính toán được đặt ra. Trong khuôn khổ luận văn này chỉ tập trung tổng quan mô hình thông số phân phối, đặc biệt là lớp mô hình mưa - dòng chảy.

### **1.1. MÔ HÌNH MƯA - DÒNG CHẢY PHÂN PHỐI**

Các mô hình mưa - dòng chảy phân phối hiện nay được sử dụng rất rộng rãi trong nhiều lĩnh vực: khai thác, quản lý tài nguyên nước, đánh giá chất lượng nước, dự báo lũ... Tổng quan này tóm lược một số thông tin về các mô hình mưa - dòng chảy phân phối: cách tiếp cận, phương pháp và khả năng ứng dụng. Các thông tin này hỗ trợ cho việc lựa chọn được mô hình phù hợp với từng nhu cầu.

Cấu trúc đặc trưng của bất cứ mô hình mưa - dòng chảy là đều bắt nguồn từ cấu trúc lưu vực đơn giản như hệ thống bể chứa thẳng đứng - hình thành mô hình, tầng tuyến tính. Các bể chứa chính gồm mưa, bốc thoát hơi (bao gồm cả phần bị giữ lại bởi thảm phủ), dòng chảy trực tiếp, dòng chảy trong đới bão hòa (dòng nước hợp lưu), dòng chảy cơ sở và dòng chảy trong lòng dẫn. Để tính toán các quá trình diễn ra trong mỗi bể chứa, nhiều phương trình được ứng dụng. Cấu trúc và các phương trình này được sử dụng trong phần lớn các mô hình như HEC-HMS, MIKE-SHE, SAC-SMA, NASIM, HBV, NAM, MIKE 11, BASIN, SWAT, WETSPA ... [1, 3, 4, 6]



**Hình 1.1. Cấu trúc chung của mô hình thủy văn**

### 1.1.1 Cấu trúc cơ bản của mô hình mưa - dòng chảy lưu vực

Đặc điểm chung nhất của mô hình là phân chia lưu vực thành các đới và miền theo trật tự thẳng đứng và bề mặt để có thể được hỗ trợ của mô hình tuyến tính và liên kết với nhau qua các phương trình bảo toàn vật chất và động lượng. [21, 22, 23]

*Giáng thủy* (bao gồm cả mưa và tuyết): được đưa vào mô hình dưới dạng số liệu theo chuỗi thời gian lấy từ các trạm đo hoặc radar khí tượng. Để tính toán ảnh hưởng của tuyết các phương pháp chỉ số nhiệt độ, hoặc cân bằng năng lượng được sử dụng.

*Tổn thất* là lượng bốc thoát hơi và lượng bị giữ lại thực tế được tính từ chuỗi số liệu từ các trạm đo khí tượng. Nó cũng có thể lấy từ lượng bốc thoát hơi thực tế từ bốc thoát hơi tiềm năng qua tính toán trực tiếp hoặc gián tiếp.

*Dòng chảy mặt* từ các tiểu lưu vực: phương pháp được sử dụng phổ biến nhất là thủy văn đơn vị (UH) và các biến đổi khác (Clark's, Snyder's, CN). Người sử dụng cũng có thể sử dụng các phương pháp khác dựa vào mô hình sóng động học

hoặc phương pháp sai phân hữu hạn.

*Dòng chảy sát mặt* trong đới không bão hòa: có vài phương pháp được sử dụng, như phương pháp SCS, mà được sử dụng để tính toán lưu lượng dòng chảy phụ thuộc vào các thông số CN tùy thuộc vào điều kiện thủy văn và thổ nhưỡng - điều kiện ban đầu (bão hòa) hoặc sử dụng đất. Một vài phương pháp khác là phương pháp Green-Ampt hoặc SMA (tính toán độ ẩm đất). Các phương pháp khác dựa vào các cách tiếp cận phức tạp hoặc đơn giản từ mô hình 2 lớp đơn, mô hình trọng lực đến mô hình dựa vào lời giải của phương trình Richard.

*Dòng chảy cơ sở*: tùy thuộc vào mô hình, phương pháp sử dụng dựa vào mô hình tuyến tính, triết giảm theo hàm mũ hoặc dòng chảy cố định, phương pháp sai phân hữu hạn hoặc phân tử hữu hạn và thể tích hữu hạn.

*Dòng chảy trong sông*: được diễn toán như phương pháp Muskingum - Cunge, mô hình Lag, mô hình sóng động học hoặc phương trình khuếch tán. Các phương pháp này dựa vào giải phương trình cơ bản của lòng dẫn hở là hệ phương trình động lượng và phương trình liên tục - như hệ phương trình Saint - Venant. Trong mô hình mưa - dòng chảy một vài công trình được mô hình hóa như bể chứa, đầm lầy có đê chắn thủy triều hoặc công trình phân nước.

### **1.1.2. Mô hình mưa - dòng chảy lưu vực**

*MIKE - SHE*: Mô hình mưa - dòng chảy của Viện Thủy lực Đan Mạch thuộc nhóm mô hình bán phân bố hoặc phân bố. Nó bao gồm vài thành phần tính lưu lượng và phân phối nước theo các pha riêng của quá trình dòng chảy:

Mưa - số liệu đầu vào, cả dạng lỏng và rắn

Bốc thoát hơi, bao gồm cả phần bị giữ lại bởi thực vật- số liệu đầu vào

Dòng chảy mặt - dựa vào phương pháp sai phân hữu hạn 2 chiều

Dòng chảy trong lòng dẫn - diễn toán 1 chiều của Mike 11 được sử dụng. Mô hình này cung cấp vài phương pháp như Muskingum, phương trình khuếch tán hoặc phương pháp dựa vào giải phương trình Saint - Venant.

Dòng chảy sát mặt trong đới không bão hòa - mô hình 2 lớp đơn, mô hình

dòng chảy trọng lực hoặc mô hình giải phương trình Richard.

Dòng chảy cơ sở - MIKE SHE bao gồm mô hình dòng chảy cơ sở 2D và 3D dựa vào phương pháp sai phân hữu hạn.

Đối với modun thổ nhưỡng, bộ dữ liệu bao gồm đặc tính thủy văn của đất (độ lỗ hổng, độ dẫn thấm thủy lực...) được tạo ra. Phần kết hợp với 2 phần mềm Arcview 3.x hoặc ArcGIS 9.1. làm việc với số liệu đầu vào: Geomodel phiên dịch các đặc điểm địa lý; DaisyGIS mô tả tất cả các quá trình quan trọng gắn với hệ sinh thái nông nghiệp.

Mô hình có thể hiệu chỉnh tự động hoặc theo thông thường. Đối với hiệu chỉnh tự động công cụ Autocal được phát triển. Công cụ này đưa ra phương án tốt nhất theo các điều kiện biên và ban đầu.

*NAM*: là mô hình mưa rào-dòng chảy thuộc nhóm phần mềm của Viện Thủy lực Đan Mạch, là một phần của mô hình MIKE 11. Nó được xem như là mô hình dòng chảy tất định, tập trung và liên tục cho ước lượng mưa - dòng chảy dựa theo cấu trúc bán kinh nghiệm.

*MIKE NAM* là mô hình liên tục và do đó có thể mô phỏng mưa trong nhiều năm, tuy nhiên bước thời gian cũng có thể được hiệu chỉnh để nó có thể mô phỏng trận mưa và các cơn bão nhất định. *NAM* là mô hình bán kinh nghiệm có nghĩa là nó mô tả đơn giản hóa dạng định lượng, các biến đổi của đất trong chu kỳ thủy văn và sẽ được giải thích nhiều hơn.

*MIKE 11-RR* là mô đun thêm vào bộ MIKE 11, nó không chỉ gồm *NAM* mà còn có mô hình đường đơn vị *UHM*, mô hình tính độ ẩm tháng *SMAP*, và *URBAN*.

Nó là mô hình tất định do đó đường như lưu vực trở thành một đơn vị đồng nhất. Để đánh giá sự thay đổi của các thuộc tính thủy văn của lưu vực, lưu vực chia ra thành nhiều lưu vực con khép kín. Quá trình diễn toán thực hiện bởi mô đun diễn toán thủy động lực trong kênh của MIKE 11. Phương pháp này cho phép các tham số khác nhau trong mỗi một lưu vực con, do đó nó được xem là mô hình phân bố.

Mô hình có nhiều đặc trưng mở rộng nên việc phân loại mô hình này khó. Mô

hình có khuynh hướng mở rộng nhiều mặt để mô phỏng lũ, điều này làm mô hình có tính cạnh tranh với các mô hình khác. Do đó chỉ có một đặc trưng mở rộng trong mô hình có thể ứng dụng khác với diễn toán mưa rào-dòng chảy cơ bản là sự tích hợp ở mức độ cao với mô hình thủy lực MIKE 11.

*BASINS* được xây dựng bởi Văn phòng Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ. Với nhiều mô đun thành phần trong hệ thống, thời gian tính toán được rút ngắn hơn, nhiều vấn đề được giải quyết hơn và các thông tin được quản lý hiệu quả hơn trong mô hình. Với việc sử dụng GIS, mô hình *BASINS* thuận tiện hơn trong việc biểu thị và tổ hợp các thông tin tại bất kỳ một vị trí nào. Mô hình *BASINS* bao gồm các mô hình thành phần sau:

Các mô hình trong sông: *QUAL2E*, phiên bản 3.2

Các mô hình lưu vực: *WinHSPF*, *SWAT*.

Các mô hình lan truyền: *FLOAD*

*SWAT* được xây dựng dựa trên cơ sở vật lý, bên cạnh đó kết hợp các phương trình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa các biến đầu vào và đầu ra, mô hình yêu cầu thông tin về thời tiết, thuộc tính của đất, tài liệu địa hình, thảm phủ, và sử dụng đất trên lưu vực. Những quá trình vật lý liên quan đến sự chuyển động nước, chuyển động bùn cát, quá trình canh tác, chu trình chất dinh dưỡng, ... đều được mô tả trực tiếp trong mô hình *SWAT* qua việc sử dụng dữ liệu đầu vào này. Mô hình chia lưu vực ra làm các vùng hay các lưu vực nhỏ. Phương pháp sử dụng các lưu vực nhỏ trong mô hình khi mô phỏng dòng chảy là rất tiện lợi khi mà các lưu vực này có đủ số liệu về sử dụng đất cũng như đặc tính của đất ... Mô hình chia dòng chảy thành 3 pha: pha mặt đất, pha dưới mặt đất (sát mặt, ngầm) và pha trong sông. Việc mô tả các quá trình thủy văn được chia làm hai phần chính: phần thứ nhất là pha lưu vực với chu trình thủy văn kiểm soát khối lượng nước, bùn cát, chất hữu cơ và được chuyển tải tới các kênh chính của mỗi lưu vực. Phần thứ hai là diễn toán dòng chảy, bùn cát, hàm lượng các chất hữu cơ tới hệ thống kênh và tới mặt cắt cửa ra lưu vực.

*HEC-HMS*: là phiên bản tiếp của *HEC-1*, phát triển từ thập kỷ 60 thế kỷ trước

của Cục Công binh Mỹ. Thành phần cơ bản của mô hình bao gồm:

Mô đun lưu lượng dòng chảy - bao gồm các phương pháp như SCS, Green-Ampt hoặc SMA

Mô đun dòng chảy trực tiếp - đối với tính toán dòng chảy trực tiếp phương pháp đơn vị thủy văn hoặc các dạng biến đổi khác được sử dụng (Clark's, Snyder's, SCS). Cũng có thể sử dụng phương pháp sóng động học.

Mô đun dòng chảy cơ sở - có thể lựa chọn mô hình bể chứa tuyến tính, giảm theo hàm mũ, hoặc mô đun dòng chảy cố định.

Mô đun diễn toán - phương pháp Muskingum, mô hình Lag, mô hình sóng động học hoặc các biến đổi của chúng.

Các mô hình khác - trong trường hợp đặc biệt cũng có thể tính bể chứa, đập.

Đối với mô hình HEC-HMS mở rộng giao diện Arcview gọi là HEC-GeoHMS cũng được tạo ra. Mở rộng này có thể lấy từ một vài đặc tính thủy văn cơ bản của lưu vực cơ sở, hướng dòng chảy, dòng chảy tích lũy, độ dốc...

Mô hình có thể hiệu chỉnh thông thường hoặc tự động. Với loại mô hình này (hợp với lưu vực trên 500 km<sup>2</sup>) hiệu chỉnh thực hiện với các trận lũ ngắn.

*NASIM*: Mô hình mưa - dòng chảy NASIM của viện thủy văn Đức, phát triển kể từ thập niên 80 và thuộc nhóm mô hình bán phân bố, tất định, nhận thức. Các thành phần cơ bản sau:

Trạm mưa - để phân biệt mưa dạng lỏng hay rắn, mô hình sử dụng phương pháp kết hợp “chi số nhiệt độ”.

Phân phối mưa theo không gian - chuyển đổi giá trị điểm sang mưa diện.

Phân chia thành phần dòng chảy: dòng chảy trong đới chưa bão hòa (dòng hợp lưu) và đới bão hòa (dòng chảy cơ sở) của khu vực bằng mô hình tầng tuyến tính và phi tuyến. Đối với dòng chảy mặt, phương pháp đường thủy văn đơn vị được sử dụng trong mô hình.

Dòng chảy trong lòng dẫn sử dụng phương pháp Kalinin - Miliukov.

Một vài mở rộng cho ArcView 3.x được tạo ra để phân tích dữ liệu. Đầu tiên là tạo ra hàm thời gian - diện tích của lưu vực. Thứ đến là xây dựng các đặc tính cơ bản của lưu vực. Các mở rộng khác được sử dụng để thể hiện kết quả. Cùng với mô hình, phần mềm Time - View cho chuỗi thời gian được tạo ra.

Hiệu chỉnh mô hình thông thường được phát triển. Mô hình nhạy với các thông số thể hiện đặc tính của đất - độ dẫn thấm thủy lực theo phương ngang và phương thẳng đứng, độ lỗ hổng, tốc độ thấm... Trong tương lai, hiệu chỉnh tự động sẽ được kết hợp vào mô hình.

*SAC - SMA* : Tính toán độ ẩm đất, một phần của công nghệ mô hình của hệ thống NWSRFS, phát triển từ thập kỷ 70 bởi Viện khí hậu Quốc gia Mỹ. Mỗi lưu vực được phân chia thành các đới, được gắn vào hệ thống bể chứa cơ bản gồm có đới cao và thấp. Đới cao hơn gồm nước chịu ứng suất căng và nước tự do, đới thấp hơn gồm dòng chảy cơ sở và nước ứng suất và nước tự do bổ sung. Dòng chảy vượt ngưỡng hình thành một vài dạng dòng chảy:

Dòng chảy trực tiếp

Dòng chảy mặt

Dòng chảy sát mặt (dòng chảy nhập lưu)

Dòng chảy cơ sở ban đầu

Dòng chảy cơ sở bổ sung

*SAC - SMA* hỗ trợ cả hiệu chỉnh tự động và hiệu chỉnh thông thường. Cùng với 24 thông số có thể được phân loại theo từng đới.

*HBV*: Được phát triển từ thập niên 70 ở Viện Khí tượng và Thủy văn Thụy Điển - là một phần của hệ thống mô hình IHMS. Các modul đặc trưng là:

Modul tuyết - tính toán dựa và phương pháp độ - ngày đơn giản.

Modul độ ẩm đất - thành phần tính toán chính của tập trung dòng chảy mặt

Modul ban đầu dòng chảy - dựa vào phương pháp đơn vị thủy văn

Modul bể chứa



SCS: phương pháp do Cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ (1972) phát triển để tính tổn thất dòng chảy từ mưa rào (gọi là phương pháp SCS). Theo đó, trong một trận mưa rào, độ sâu mưa hiệu dụng hay độ sâu dòng chảy trực tiếp  $P_e$  không bao giờ vượt quá độ sâu mưa  $P$ . Tương tự, 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 trữ nước tiềm năng tối đa nào đó  $S$ . Đồng thời có một lượng  $I_a$  bị tổn thất ban đầu không sinh dòng chảy trước thời điểm sinh nước đọng trên bề mặt lưu vực. Do đó, có lượng dòng chảy tiềm năng là  $P - I_a$ . Qua nghiên cứu các kết quả thực nghiệm trên nhiều lưu vực nhỏ đã xây dựng được quan hệ:  $I_a = 0.2S$ .

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

Lập đồ thị quan hệ giữa  $P$  và  $P_e$  bằng các số liệu của nhiều lưu vực, đã tìm ra được họ các đường cong tiêu chuẩn hoá, sử dụng số hiệu 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 CN và S đã được Cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ lập thành bảng tính dựa trên các bảng phân loại đất theo 4 nhóm và các loại hình sử dụng đất.

*WetSpa*: Mô hình phân bố lưu vực dựa vào GIS, WetSpa cải tiến, được phát triển phù hợp cho sử dụng dự báo lũ và quản lý lưu vực theo quy mô lưu vực. Mô hình có cơ sở vật lý và mô phỏng các quá trình thủy văn của giáng thủy, tuyết tan, điền trũng, triết giảm, bốc hơi, dòng chảy mặt, dòng sát mặt, dòng ngầm, ... liên tục theo không gian và thời gian, đảm bảo cân bằng nước và năng lượng cho mỗi ô lưới. Dòng chảy mặt được tính toán bằng phương pháp hệ số hiệu chỉnh dựa trên đặc tính độ dốc, sử dụng đất, loại đất của từng ô lưới, thay đổi với độ ẩm đất, cường độ mưa và thời đoạn mưa. Dòng sát mặt được tính toán dựa vào định luật Darcy và xấp xỉ động học, dòng ngầm được tính theo phương pháp bể chứa tuyến tính.

Trên cơ sở tổng quan các mô hình, trong luận văn sử dụng mô hình WetSpa cải tiến, sẽ được giới thiệu kỹ hơn trong chương tiếp theo, để tính toán.

## 1.2. PHÂN TÍCH ĐỘ NHẠY

### 1.2.1. Khái niệm

*Phân tích độ nhạy (SA) các thông số trong mô hình* là tìm hiểu các biến đầu ra của mô hình, có thể được phân cấp một cách định tính hay định lượng, thành những biến thể khác nhau như thế nào trong mối quan hệ với từng thông tin đầu vào và thông số cụ thể của mô hình? Như vậy, SA là bước đầu tiên cho việc khai thác mô hình trong bất cứ bối cảnh nào, lĩnh vực nào được sử dụng, đặc biệt là đối với những mô hình có nhiều thông số. [11]

Các mô hình được phát triển để mô phỏng các hệ thống và các quá trình tự nhiên khác nhau (kinh tế, xã hội, vật lý, môi trường, thủy văn...) hoặc những phức hợp động. Trong thực tiễn, có nhiều quá trình phức tạp đến mức các mô phỏng bằng thực nghiệm vật lý hoặc tiêu tốn quá nhiều thời gian, hoặc quá đắt đỏ, hay thậm chí là bất khả thi. Kết quả là, để tìm hiểu hệ thống và các quá trình, những người nghiên cứu thường sử dụng các mô hình toán.

Một mô hình toán được xác định bởi các phương trình, các yếu tố đầu vào, các thông số, và các biến nhằm mô tả quá trình đang được nghiên cứu. Đầu vào lệ thuộc vào nhiều nguồn bất định bao gồm sai số đo đạc, mức độ cập nhật thông tin hay kiến thức về các cơ chế và ảnh hưởng. Điều này tác động mạnh đến độ tin cậy trong tương tác hay đầu ra của mô hình. Hơn nữa, các mô hình có thể gặp phải tính biến thiên tự nhiên của hệ thống, như là sự cố ngẫu nhiên.

Việc vận hành mô hình tốt đòi hỏi người làm mô hình cung cấp sự đánh giá về độ tin cậy trong mô hình, có thể đánh giá độ bất định liên quan tới quá trình mô phỏng và với chính kết quả của mô hình.

Ban đầu, SA được thiết lập để xử lý độ bất định trong các biến đầu vào và các thông số mô hình. Qua một thời gian, ý tưởng được mở rộng để tính đến những bất định thuộc về nhận thức mô hình, như là bất định trong cấu trúc, giả thiết, khai báo mô hình. Tóm lại, SA được sử dụng để làm tăng độ tin cậy trong mô hình và trong dự báo, bằng cách cung cấp hiểu biết về sự phản ứng của các biến mô hình với sự thay đổi đầu vào, là dữ liệu dùng để hiệu chỉnh đầu vào, cấu trúc mô hình hay các

yếu tố tác động như là các biến độc lập. SA, do đó được kết hợp chặt chẽ với phân tích độ bất định (UA), với mục đích là định lượng tổng thể sự bất định trong đầu vào mô hình.

*Phân tích độ nhạy là sự nghiên cứu mối quan hệ giữa thông tin vào và ra của mô hình.*

### 1.2.2. Tính toán độ nhạy

Độ nhạy có thể được tính toán bằng nhiều phương pháp hay phân tích định tính hoặc định lượng. Có thể kể đến một số công trình phân tích độ nhạy như của M.G.F. Werner, N.M. Hunter và P.D. Bates [25], A. Bahremand và F. De Smedt [10], Ryan Fedak (1999) [19], Iman và Helton (1988) [27], Campolongo và Saltelli (1997) [18] ...

Để làm rõ về tính toán độ nhạy, xét bài toán sau:

Giả sử có một phân phối được cho bởi công thức:

$$y = \sum_i x_i \quad (1.1)$$

Thông thường giá trị  $y$  có thể bị ảnh hưởng bởi từng giá trị  $x_i$  riêng lẻ. Trong (1.1) phương pháp tính toán độ nhạy cho thấy sự biến đổi  $y$  có độ nhạy như nhau đối với tất cả các giá trị  $x_i$ . Điều này xảy ra khi độ nhạy của mỗi biến đều tham gia ảnh hưởng tới độ lệch của  $y$  (1.2):

$$S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (1.2)$$

ở đây độ lệch được tính tại 1 điểm  $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots)$  (giá trị danh nghĩa). Nói cách khác, giá trị  $S_i$  chính là chỉ số độ nhạy cục bộ đo ảnh hưởng lên  $y$  của các điểm xáo trộn  $x_i$  xung quanh 1 giá trị tham chiếu trung tâm  $x^0$ . Trong trường hợp này,  $S_i$  bằng 1 cho tất cả các điểm.

Một cách tính khác sẽ khảo sát điều gì xảy ra với  $y$  khi tất cả  $x_i$  đều làm thay đổi  $y$ . Độ lệch có thể đơn giản hóa bởi giá trị trung bình của đầu ra và đầu vào. Chỉ số nhạy do đó sẽ đo ảnh hưởng của các xáo trộn  $x_i$  lên  $y$  qua 1 phần xáo trộn của giá

trị thậm chí  $x_i$  (trong trường hợp này là giá trị trung bình của  $x_i$ ) (1.3):

$$S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{x_i^0}{y^0} \quad (1.3)$$

và giá trị  $x_i$  lớn nhất sẽ được tính toán như là yếu tố nhạy nhất. Cách khác, chỉ số nhạy có thể đo ảnh hưởng của xáo trộn  $x_i$  lên  $y$  qua 1 phần xáo trộn của độ lệch chuẩn của  $x_i$  (1.4):

$$S_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \frac{\delta x_i}{\delta y} \quad (1.4)$$

Nếu các độ lệch chuẩn bằng nhau, tất cả các yếu tố sẽ được đánh giá là quan trọng như nhau trong việc xác định sự thay đổi của  $y$ . Thực tế hơn, nếu độ lệch chuẩn khác nhau, độ lệch chuẩn cao hơn gắn với giá trị trung bình lớn hơn, thì giá trị  $x_i$  cao sẽ được xác định là yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất.

Phân tích độ nhạy không tập trung vào cái tạo thành đầu ra của mô hình, mà vào nguyên nhân làm thay đổi đầu ra đó là gì. Sử dụng công thức (1.4), giá trị  $x_i$  lớn chỉ được coi là yếu tố trội nếu nó dẫn tới phần lớn sự thay đổi của  $y$ . Nếu sử dụng công thức (1.2) thì giá trị  $x_i$  lớn cũng quan trọng như tất cả các yếu tố khác cho dù nó đóng góp phần nhiều vào  $y$ . Mục đích bàn luận về phép đo ở đây là nêu bật rằng cách tính được sử dụng, được lựa chọn trên cơ sở lý thuyết hay sử dụng một yêu cầu thực hiện SA, có một ảnh hưởng trực tiếp lên kết quả phân tích. Các cách tính khác nhau có ứng dụng và sử dụng khác nhau, và không tồn tại một công thức tổng quát để đo độ nhạy.

### 1.2.3. Tầm quan trọng của phân tích độ nhạy

Trong mô hình số, SA có ý nghĩa khác nhau đối với những đối tượng khác nhau. Đối với nhà thiết kế, SA có thể là quá trình dịch chuyển hay thay đổi các thành phần trong thiết kế hay kế hoạch để điều tra xem sơ đồ trách nhiệm cho kế hoạch thay đổi như thế nào. Đối với nhà nghiên cứu, SA có thể là sự phân tích độ mạnh của liên kết giữa đầu vào nhiệt động lực và động học với đầu ra tính toán của một hệ thống tương tác. Đối với nhà thiết kế phần mềm, SA có thể liên quan tới độ

mạnh và độ tin cậy của phần mềm tương ứng với các giả thiết khác nhau. Đối với nhà kinh tế, nhiệm vụ của SA là thông tin các thông số ước lượng của mô hình (thông thường bắt nguồn từ sự suy giảm) ổn định như thế nào liên quan với tất cả các yếu tố bị loại ra từ sự suy giảm, do đó tìm ra ước lượng thông số là mạnh hay yếu. Đối với nhà phát triển hệ thống chuyên môn, việc đo độ nhạy liên quan đến số lượng tiền phân phối là rất quan trọng. Đối với các nhà thống kê, bao gồm cả mô hình thống kê, SA chủ yếu được biết đến và thực hiện dưới tiêu đề “phân tích độ mạnh”. Họ hầu hết quan tâm tới “sức mạnh phân phối”, tính trợ liên quan với độ lệch nhỏ từ các giả thiết về phân phối nền tảng cho dữ liệu.

Những kiểu khác nhau của phép phân tích SA đều có mục đích chung là điều tra xem một mô hình tính toán cho trước phản ứng với sự thay đổi đầu vào của nó như thế nào. Những người làm mô hình quản lý SA để xác định:

- a) Liệu một mô hình có tương đồng với hệ thống hay quá trình nghiên cứu
- b) Các yếu tố đóng góp chủ yếu vào sự biến đổi đầu ra và đòi hỏi nghiên cứu thêm để làm tăng cơ sở kiến thức
- c) Những thông số mô hình (hay chính là một phần của mô hình) không quan trọng có thể được loại bỏ ra từ mô hình cuối cùng
- d) Liệu có những vùng của không gian yếu tố đầu vào làm cho sự biến đổi mô hình là cực đại
- e) Vùng tốt nhất trong không gian yếu tố để sử dụng trong nghiên cứu hiệu chỉnh tiếp theo
- f) Liệu có những (nhóm) yếu tố nào tương tác với nhau

Với (a), mô hình không phản ánh chính xác quá trình được đề cập nếu nó thể hiện sự phụ thuộc mạnh mẽ vào các yếu tố được cho là không có ảnh hưởng hay nếu giới hạn dự báo của mô hình không tốt. Trong trường hợp này, SA nêu bật tầm quan trọng phải xem xét lại cấu trúc mô hình. Thường thì mô hình tỏ ra nhạy với một giá trị đặc biệt của yếu tố, đến mức phải thay đổi (có thể thấy rút ra được từ các bằng chứng mới là sẽ dẫn đến sự thay đổi không thể chấp nhận được trong dự báo).

Khi điều này xảy ra, chắc chắn rằng để tối ưu hóa mô phỏng, một số giá trị thông số đã được chọn không đúng. Điều này thể hiện việc thiếu hiểu biết nhận thức về vai trò của các thông số trong hệ thống.

Với (b), SA có thể hỗ trợ người làm mô hình trong việc quyết định xem liệu các ước lượng thông số có đủ chính xác để mô hình đưa ra những dự báo tin cậy. Nếu không, công việc tiếp theo là trực tiếp đi theo hướng cải thiện ước lượng cho những thông số làm tăng độ bất định lớn nhất trong dự báo. Nếu độ nhạy mô hình tỏ ra phù hợp với (không mâu thuẫn với) những hiểu biết về hệ thống được mô phỏng, SA sẽ mở ra khả năng cải tiến mô hình bằng cách ưu tiên đo các yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất. Bằng cách này, những ảnh hưởng của sai số đo đạc tới kết quả tính toán có thể giảm thiểu.

Với (c), để cố loại bỏ thông số không ảnh hưởng đến sự thay đổi đầu ra, theo một số nhà nghiên cứu, khi một mô hình được sử dụng trong trường hợp (gặp thuận lợi và được phép thực nghiệm), mô hình không cần phải phức tạp hơn mức cần thiết, và các yếu tố/quá trình không quan trọng nên được loại bỏ.

Khi tập trung vào (e), tức là nhấn mạnh điều kiện cần cho việc tối ưu hóa toàn cục. Trước hết là nên nghiên cứu không gian thông số một cách tổng thể, và không chỉ xung quanh một vài điểm đại biểu.

(f) là một kỹ thuật quan trọng: thường các yếu tố có các ảnh hưởng kết hợp không thể làm giảm trong tổng thể những ảnh hưởng riêng lẻ. Điều này là đúng bởi vì sự có mặt của tương tác có liên quan đến tất cả các phần trước (hiệu chỉnh, sự quyết định điểm cực hạn...)

Tóm lại phân tích độ nhạy đánh giá mức độ ảnh hưởng các thông số đầu vào tới đầu ra. Đây là bước đầu tiên trong quá trình vận hành mô hình, rất cần thiết cho quá trình hiệu chỉnh mô hình để tập trung vào các thông số quan trọng và bỏ qua các thông số trợ nhằm giảm thiểu thời gian tính toán.

### 1.3. SƠ LƯỢC ĐẶC ĐIỂM ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN CỦA LƯU VỰC SÔNG VỆ - TRẠM AN CHỈ

#### 1.3.1. 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  $14^{\circ}58'15''$  vĩ Bắc và  $108^{\circ}47'36''$  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 1.2). [1, 4]

#### 1.3.2. Địa hình

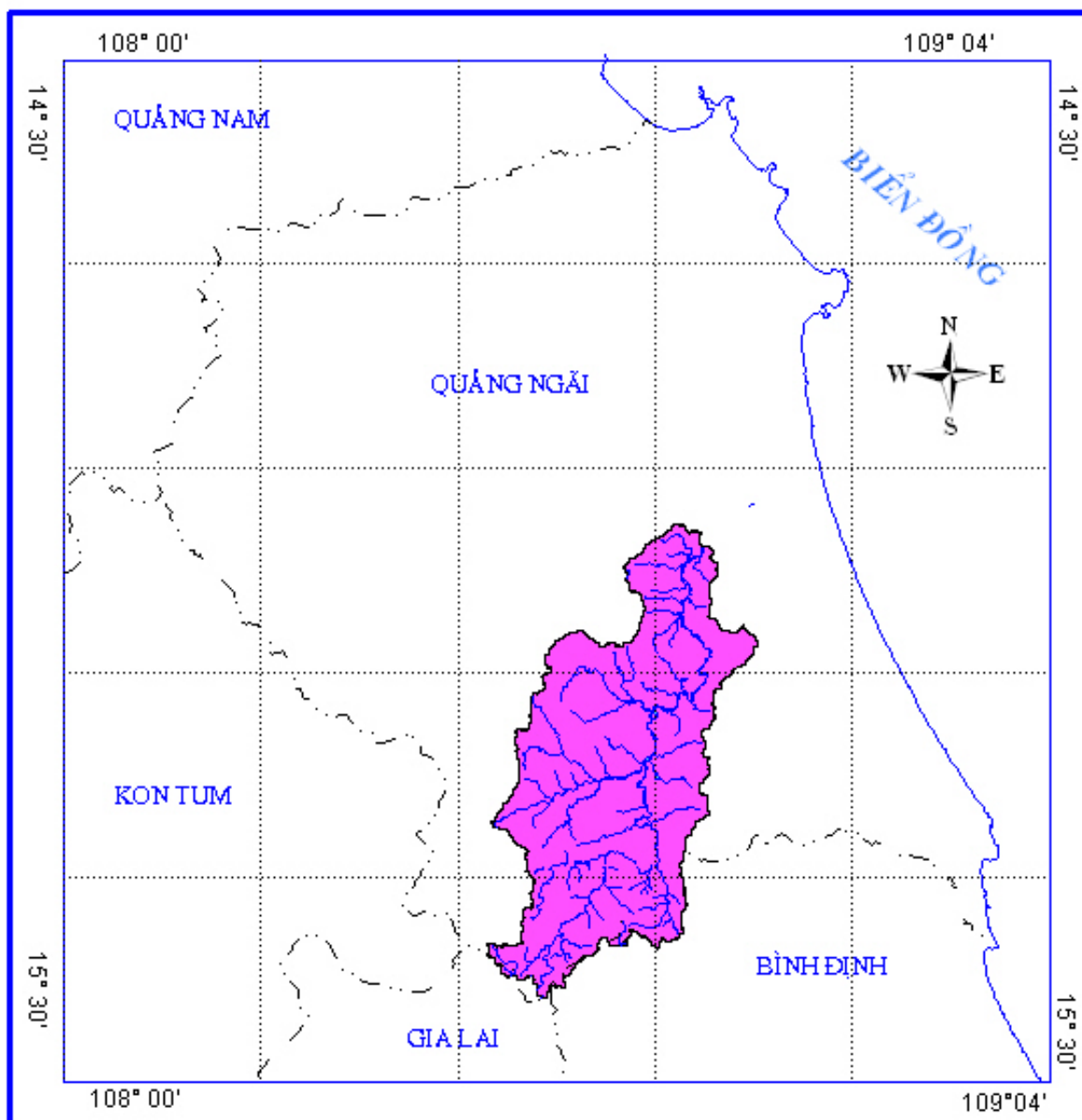
Sông Vệ bắt nguồn từ dãy Trường Sơn và đổ ra Biển Đông, địa hình lưu vực sông có thể chia ra làm hai miền. [4, 8]

Nét chung nhất về địa hình của lưu vực sông Vệ là gradient địa hình theo mặt cắt từ lục địa ra biển lớn, do đó các sông trong vùng phần lớn ngắn và chủ yếu phát triển quá trình xâm thực sâu, quá trình bồi tụ và xâm thực bờ chủ yếu xảy ra ở khu vực đồng bằng ven biển khi mực cơ sở xâm thực hạ thấp.

Miền núi, nơi thượng lưu của con sông, có độ dốc lớn, nước tập trung nhanh, *thuận lợi cho việc hình thành những trận lũ ác liệt, thời gian chảy truyền nhỏ*. Miền đồng bằng tương đối bằng phẳng lại bị chắn bởi những cồn cát, *làm cản trở hành lang thoát lũ, dễ gây ngập lụt*. Dựa trên chỉ tiêu nguồn gốc địa hình, trong vùng nghiên cứu thống trị các kiểu địa hình sau:

- Nhóm kiểu địa hình núi với các ngọn núi cao, độ dốc từ  $30 - 45^{\circ}$ , cấu tạo từ đá nguyên khối ít bị chia cắt
- Nhóm kiểu địa hình thung lũng hẹp, hai sườn dốc với các bãi bồi hẹp.
- Nhóm kiểu địa hình đồng bằng rải dọc theo bờ biển.

Nằm ở sườn phía đông dãy Trường Sơn, lưu vực sông Vệ đến trạm An Chỉ có địa hình phức tạp, gồm miền núi, trung du và đồng bằng với nhiều nhánh núi từ dãy Trường Sơn chạy ra vùng đồng bằng ven biển, tạo nên những thung lũng theo hướng Tây Nam - Đông Bắc. Địa hình lưu vực có độ cao trung bình biến động từ



**Hình 1.2. Vị trí lưu vực sông Vê**



100 - 1000m, 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 100m (Hình 3.1).

### **1.3.3. Địa chất, thổ nhưỡng**

Vùng nghiên cứu kéo dài thành một dải theo phương kinh tuyến. Trên chiều dài lớn đó bao gồm nhiều cấu trúc địa chất với chế độ kiến tạo, thành phần thạch học khác nhau. [4,8]

Thành phần đá gốc ở đây bao gồm các thành tạo: granulit mafic, gơnai granat, cordierit, hypersten, đá gơnai, đá phiến amphibol, biotit, amphibotit, migmatit (phức hệ sông Tranh) ở vùng làng Triết, đá xâm nhập granit, granodiorit, migmatit (phức hệ Chu Lai- Ba Tơ) ở khu vực núi 524, Bắc Nước Dàng và rải rác trên bề mặt đồng bằng, đáng kể nhất là Mộ Đức. Thành tạo Đệ tứ ở lưu vực gồm: cuội, cát, bột phân bố dọc thung lũng sông ở vùng Ba Tơ, Đông Nghĩa Minh và hỗn hợp cuội, sỏi dăm cát, bột ở Tây Nam Đức Phổ. Phần còn lại của lưu vực gần sát biển là các thành tạo cát, bột có nguồn gốc biển và gió biển.

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 (Hình 3.2).

### **1.3.4. Thảm 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. 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. Trên lưu vực có các loại lớp phủ thực vật và tỉ lệ che phủ so với diện tích lưu vực (%) tương ứng như sau: rừng rậm thường xanh cây lá rộng nhiệt đới gió mùa đã bị tác động (12,27%),

rừng thưa rụng lá hoặc trồng cây bụi có cây gỗ rải rác (50,5%), cây trồng nông nghiệp ngắn ngày (37,23%). (Hình 3.3) [4]

### **1.3.5. Khí hậu**

Lưu vực sông Vệ nằm phía Nam đèo Hải Vân thuộc vùng khí hậu Trung Trung Bộ. Có thể tóm lược các đặc điểm khí hậu chính của vùng này như sau: [4,7]

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...

*Mưa:* Có sự phân hoá khí hậu rõ rệt theo hướng Bắc - Nam. Lượng mưa khá lớn, đặc biệt là trên thượng du. Miền đồng bằng lượng mưa năm phổ biến 2000-2200 mm, phần thượng nguồn vượt quá 3000 mm, thậm chí 4000 mm ở vùng núi. Số ngày có mưa hàng năm khoảng 140 ngày. Mùa mưa bắt đầu từ tháng VIII, kết thúc vào tháng I. Tháng V, VI cũng xuất hiện mưa tiểu mãn.

*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. Gió mùa đông phổ biến các hướng Tây, Tây Bắc, Đông Bắc, về mùa hạ thịnh hành hướng gió Tây và Tây Nam, tốc độ 2,0 - 2,5 m/s. Các hiện tượng thời tiết đáng chú ý là dông, bão và gió Tây khô nóng.

*Nhiệt độ không khí:* Nhiệt độ không khí trung bình năm biến đổi trong phạm vi từ 20<sup>0</sup>C - 22<sup>0</sup>C ở vùng núi cao (>500 m) đến 25<sup>0</sup>C - 26<sup>0</sup>C vùng đồng bằng ven biển.

Mùa đông không còn lạnh, nhiệt độ trung bình năm khoảng 26 - 26,5<sup>0</sup>C, chênh lệch nhiệt độ trung bình tháng nóng nhất và lạnh nhất chỉ còn 6 - 7<sup>0</sup>C.

*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. Độ ẩm cao, trung bình năm đạt 85%, lượng mây 5 - 6/10, số giờ nắng khoảng 1700 giờ/năm.

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

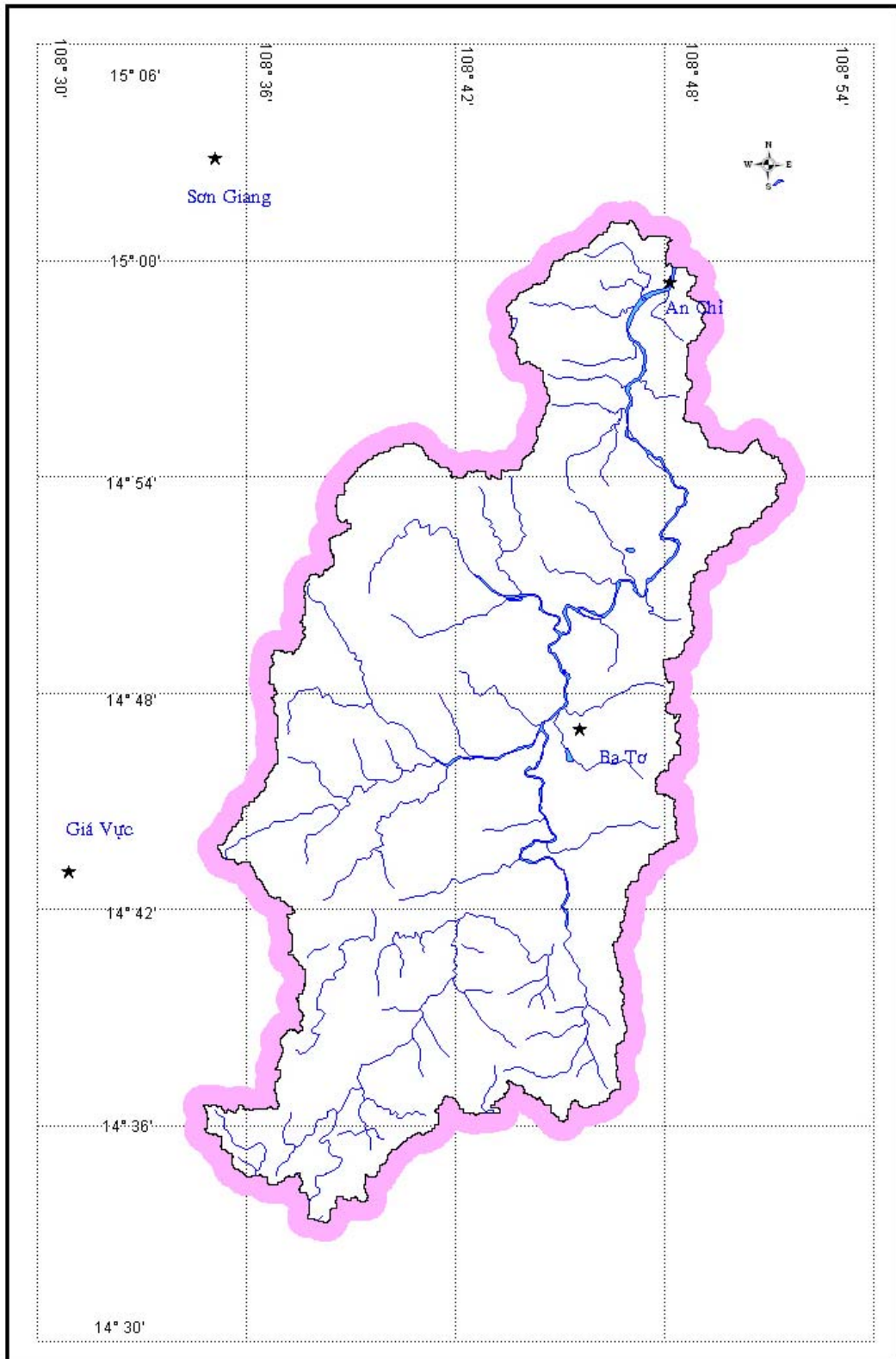
### **1.3.6. Thủy văn**

So với các hệ thống sông khác trên dải duyên hải Nam Trung Bộ thì lưu vực sông Vệ đến trạm An Chỉ thuộc loại nhỏ, nằm trọn trong tỉnh Quảng Ngãi, lưu vực có diện tích là 814 km<sup>2</sup>, chiếm 64,6% diện tích lưu vực sông Vệ. 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 khá cao 0,79 km/km<sup>2</sup>. 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 1,3. Phần thượng lưu và trung lưu dài khoảng 60 km, dòng chảy nhỏ hẹp, tương đối thẳng, phần hạ lưu mở rộng hơn. Có nhiều đồi núi sót và dải cồn cát ven biển nên mạng lưới sông vùng hạ lưu phát triển chằng chịt. [4,7]

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, 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.



**Hình 1.3. Bản đồ mạng lưới sông và phân bố các trạm khí tượng và thủy văn lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

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.

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, phần thượng nguồn vùng núi lượng mưa đạt tới 3000 mm còn phần hạ du vùng đồng bằng lượng mưa cũng đạt 2000 mm. Với lượng mưa lớn như vậy, trung bình năm trên 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.

Có thể thấy rằng với khả năng điều tiết lưu vực kém nên mặc dù có dạng lưu vực hình lông chim nhưng mức độ tập trung nước của lưu vực sông Vệ vẫn rất lớn, dễ gây ngập úng (Hình 1.3).

## **Chương 2. MÔ HÌNH WETSPA CẢI TIẾN VÀ PHƯƠNG PHÁP MORRIS**

### **2.1. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH THỦY VĂN**

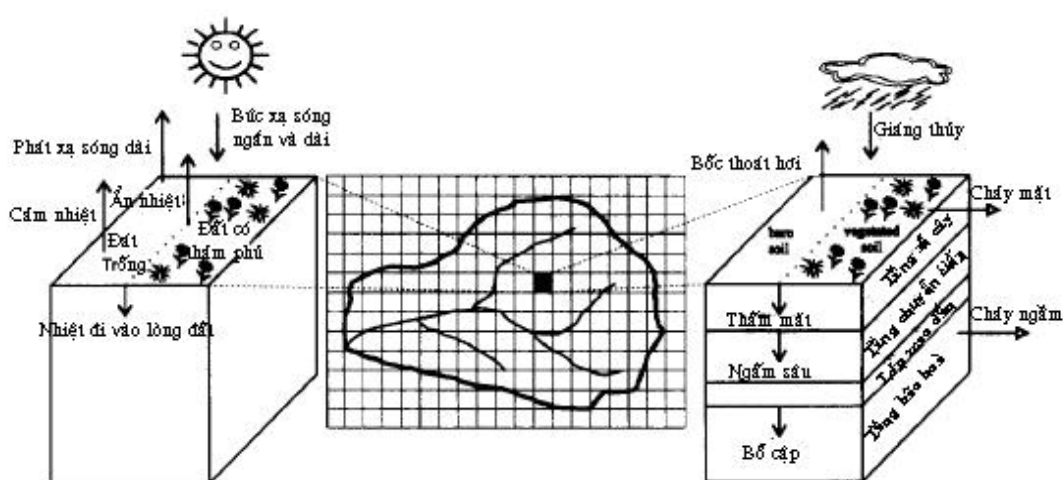
Sự phát triển của hệ thống thông tin địa lý (GIS) và công nghệ viễn thám trong thời gian gần đây đã cho phép thu thập và quản lý một số lượng lớn các tham số và biến số thủy văn phân bố theo không gian. Gắn kết giữa GIS với các mô hình thủy văn tham số phân bố ngày càng có ý nghĩa quan trọng giúp ích cho công tác nghiên cứu ảnh hưởng của hoạt động con người lên các đặc trưng thủy văn trên lưu vực sông. Theo lý thuyết, các mô hình lưu vực nên nắm bắt bản chất kiểm soát vật lý của các yếu tố địa hình, thổ nhưỡng và thảm phủ (hay sử dụng đất) lên sự sinh dòng chảy cũng như cân bằng nước và nhiệt. Các mô hình thủy văn tham số phân bố được cấu trúc một cách điển hình để đặc trưng hoá các điều kiện của lưu vực như địa hình, thổ nhưỡng, sử dụng đất, mức độ thoát nước, mức độ bão hoà của đất và các thuộc tính của mưa và sử dụng dữ liệu của các đặc trưng này dưới định dạng GIS. Mô hình WetSpa cải tiến là một trong những mô hình như vậy. [5, 33]

#### **2.1.1. Lịch sử phát triển mô hình WetSpa**

*WetSpa* là một mô hình thủy văn phân bố dựa trên quy luật tự nhiên dùng cho dự báo trao đổi nước và nhiệt giữa đất, thảm phủ thực vật, khí quyển trong phạm vi một vùng, một lưu vực, theo bước thời gian ngày. Mô hình được xây dựng ở trường Đại học Tự Do Brúc xen, Bỉ (Wang và cộng sự, 1996 và Bateaan và cộng sự, 1996). Trong mô hình hệ thống thủy văn của một lưu vực được xem xét bao gồm khí quyển, lớp tán lá của thảm phủ, đới rễ cây, tầng chuyển tiếp và tầng bão hoà. Lưu vực được chia thành các ô lưới nhằm xem xét tính không đồng nhất theo không gian của các yếu tố ảnh hưởng. Mỗi ô lưới lại được chia ra thành hai phần: đất trồng và phân đất có thảm phủ mà theo đó cân bằng nước và nhiệt được duy trì. Hình 3.1 mô tả các quá trình thủy văn dưới dạng giản đồ.

Sự chuyển động của nước trong đất được đơn giản hoá là dòng chảy một chiều thẳng đứng, bao gồm quá trình thấm mặt, thấm sâu và dâng mao dẫn trong tầng không bão hoà và bổ cập xuống tầng nước ngầm. Mô hình đã được thiết kế để

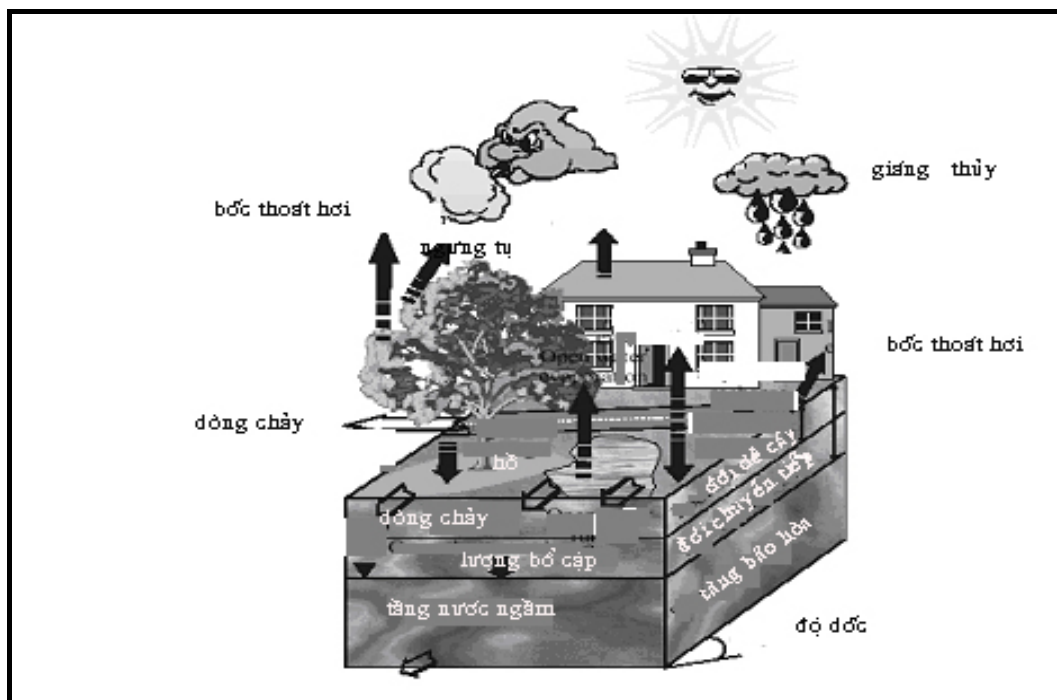
mô phỏng dòng chảy tràn Horton. Để thể hiện trung thực hơn mối tương tác giữa dòng chảy mặt và lượng trữ ngầm, một mô hình dòng ngầm được tích hợp mà trong đó cân bằng nước ngầm trong đới bão hoà được miêu tả bằng phương trình dòng chảy hai chiều theo phương ngang Dupuit - Forchheimer. Với các điều kiện biên thích hợp vị trí mực nước ngầm được xác định bằng sơ đồ sai phân cho mỗi ô lưới, và là sơ đồ hiện theo mỗi bước thời gian. Mô hình đã được xây dựng cho mục đích nghiên cứu với độ phân giải theo thời gian là phút. Điều này gây khó khăn trong việc áp dụng mô hình vào các bài toán thực tế do khó khăn về số liệu sử dụng.



**Hình 2.1. Cấu trúc mô hình WetSpa**

*WetSpa* được phát triển bởi Batelaan và De Smedt (2001) dựa trên cơ sở của *WetSpa* có thể được sử dụng như là đầu vào của các mô hình dòng ngầm trong một vùng và cho quá trình phân tích các hệ thống dòng ngầm trong một vùng để ước lượng lượng trao đổi nước ngầm theo không gian trong thời kì lâu dài. *WetSpa* thể hiện sự trao đổi của nước và nhiệt giữa đất, thảm phủ và khí quyển dưới các điều kiện gần như là ổn định, dựa trên cơ sở GIS, mô hình thủy văn phân bố theo không gian để tính toán lượng bốc thoát hơi, dòng chảy tràn và dòng ngầm phân bố trong không gian theo từng năm và từng mùa. Mô hình chứa các biến không gian theo sự phân bố của đất, thảm phủ, độ dốc... Hình 2.2 đưa ra lược đồ cân bằng nước ở một ô lưới. Tổng lượng cân bằng nước cho mỗi ô theo một lưới phân bố theo không gian được tách ra, phụ thuộc vào cân bằng nước cho các phần đất trồng, thực vật, ao hồ

và đất không thấm. Điều này giải thích sự không đồng nhất của thảm phủ phụ thuộc vào độ phân giải của ô lưới. Các quá trình trong mỗi phần của một ô lưới được sắp xếp theo từng lớp. Điều này có nghĩa là sau khi mưa rơi trên lưu vực, sẽ diễn ra các quá trình như hình 2.2.



**Hình 2.2. Một ô lưới giả thuyết trong Wetpass**

*WetSpa cải tiến* là mô hình thủy văn phân bố dựa trên cơ sở GIS cho dự báo lũ và mô phỏng cân bằng nước trên quy mô lưu vực, có khả năng dự báo lưu lượng ở cửa ra của lưu vực hay bất kì điểm hội tụ nào trên lưu vực với các bước thời gian khác nhau (De Smedt, 2000; Liu, 1999, 2002, 2003). Mục tiêu của mô hình không chỉ dự báo lũ mà còn nghiên cứu các nguyên nhân tác động đến lũ, đặc biệt là sự phân bố theo không gian của địa hình, thảm phủ và loại đất. So sánh với mô hình WetSpa gốc, những thay đổi chính liên quan đến phần cải tiến là:

Bước thời gian của tất cả các quá trình thủy văn được thay đổi thành nhiều độ phân giải khác nhau (phút, giờ, ngày, ..) tùy theo sự cần thiết của quá trình dự báo lũ.

Các thành phần diễn toán dòng chảy theo dòng chảy tràn và chảy trong kênh được kết hợp giải gần đúng bằng phương pháp sóng khuếch tán tuyến tính.



Thành phần dòng sát mặt được thêm vào mô hình gốc để mô phỏng dòng sát mặt giải gần đúng bằng phương pháp sóng động học.

Thành phần tuyết tan được thêm vào mô hình gốc để mô phỏng lượng tuyết tan sử dụng phương pháp nhiệt độ ngày.

Quá trình thủy văn điền trũng được đưa vào tính toán là một trong những tổn thất chính của lượng triết giảm ban đầu.

Mô phỏng dòng ngầm được thực hiện trên quy mô lưu vực con bằng phương pháp bề chứa tuyến tính để đơn giản hoá các thông số mô hình.

Một vài công thức được thay đổi cho phù hợp với bản chất vật lý và các dữ liệu sẵn có.

Tất cả các giá trị tham số trong các bảng tra cứu trong mô hình được hiệu chỉnh lại dựa trên tài liệu và các trường hợp nghiên cứu trước đây.

Các chương trình trong mô hình sử dụng ngôn ngữ ArcView Avenue và Fortran do đó sử dụng các đầu vào và đưa ra kết quả các đầu ra không gian rất tốt.

### **2.1.2. Mô hình WetSpa cải tiến**

Mô hình WetSpa cải tiến được phát triển dựa trên mô hình WetSpa và mô hình WetSpa cải tiến.

*Mục tiêu của WetSpa cải tiến bao gồm [5,33]*

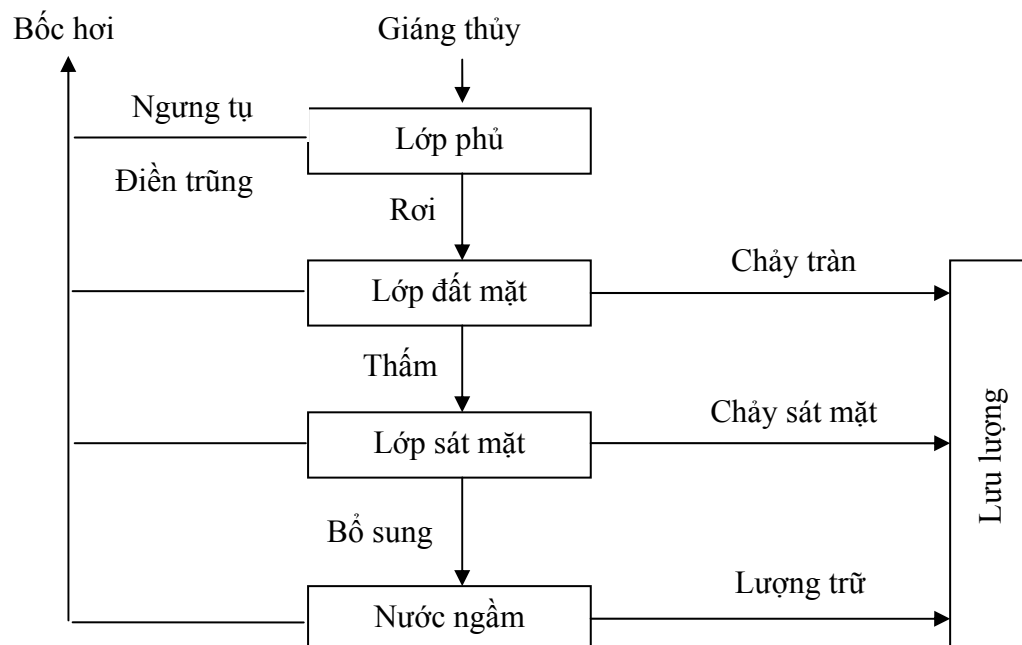
- Cung cấp công cụ dựa trên nền GIS phục vụ dự báo lũ và quản lý lưu vực, điều này rất thích hợp áp dụng công nghệ GIS và viễn thám.
- Cho phép sử dụng mô hình mô phỏng các quá trình thủy văn phân bố theo không gian như: dòng chảy tràn, độ ẩm của đất, trao đổi dòng ngầm.
- Cho phép sử dụng mô hình để phân tích sự thay đổi của việc sử dụng đất và biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến các quá trình thủy văn.
- Cung cấp một mô hình phân bố có thể vận hành trên phạm vi từng ô lưới với bước thời gian khác nhau, và một mô hình bán phân bố trên quy mô lưu vực nhỏ.
- Cung cấp một môi trường làm tiền đề cho sự phát triển các mô hình đánh giá chất lượng nước và xói mòn đất trong tương lai với nhiều độ phân giải khác nhau.

*Cấu trúc mô hình:* [5, 33] Mô hình sử dụng nhiều lớp để mô phỏng quá trình cân bằng giữa nước và nhiệt cho mỗi ô lưới, trong đó gồm các quá trình: giáng thủy, ngưng tụ, tuyết tan, tích nước trong các vùng trũng, thấm, bốc thoát hơi, ngấm, chảy tràn, chảy sát mặt và dòng chảy ngầm. Hệ thống mô phỏng quá trình thủy văn gồm có bốn bể chứa: lớp phủ thực vật, lớp đất bên trên, tầng rễ cây và tầng nước ngầm bão hoà. Mưa rơi từ khí quyển trước khi xuống mặt đất bị giữ lại bởi lượng ngưng tụ trên lá cây. Phần mưa còn lại rơi xuống mặt đất được chia thành hai phần phụ thuộc vào thảm phủ, loại đất, độ dốc, cường độ mưa và độ ẩm kì trước của đất. Thành phần đầu tiên làm đầy các vùng trũng trên mặt đất và đồng thời chảy tràn trên mặt đất trong khi phần còn lại ngấm vào đất. Phần mưa ngấm đó có thể giữ lại ở đới rễ cây, chảy sát mặt hay thấm sâu hơn xuống tầng nước ngầm, chúng phụ thuộc vào độ ẩm của đất. Nước tích tụ từ một ô lưới bất kì chảy sát mặt phụ thuộc vào lượng trữ nước ngầm và hệ số triết giảm. Thấm qua tầng đất được giả định nhập vào lượng nước ngầm. Chảy sát mặt từ đới rễ cây được giả định đóng góp vào dòng chảy tràn và chảy ra cửa lưu vực cùng với dòng chảy mặt. Tổng lượng dòng chảy từ mỗi ô lưới là tổng lượng dòng chảy mặt, sát mặt và dòng ngầm. Bốc thoát hơi diễn ra từ thực vật qua hệ thống rễ cây ở trong lớp đất và một phần nhỏ từ lượng nước ngầm. Cân bằng nước đối với lượng ngưng tụ gồm có mưa, bốc hơi và qua dòng chảy. Cân bằng nước cho các vùng trũng gồm có lượng mưa rơi, thấm, bốc hơi và chảy tràn. Cân bằng nước cho khối đất gồm: ngấm, bốc thoát hơi, thấm và chảy sát mặt. Cân bằng nước cho lượng nước ngầm gồm: lượng cung cấp cho nước ngầm, bốc thoát hơi từ tầng sâu và dòng chảy sát dòng ngầm. Hình 2.3 đưa ra cấu trúc mô hình ở mức độ ô lưới.

#### *Các giả thiết của mô hình*

- Các đặc điểm của đất và địa mạo là đồng nhất trên mỗi ô lưới.
- Thảm phủ và lớp đất đồng nhất trên mỗi ô lưới.
- Giáng thủy đồng nhất theo không gian trên một ô lưới.
- Dạng chảy tràn Horton có thể sử dụng cho hầu hết các khu vực.

- Bốc hơi được bỏ qua trong suốt trận mưa và khi độ ẩm đất thấp hơn độ ẩm đất bão hòa.
- Bốc hơi sâu diễn ra khi đất khô và giới hạn bởi lượng trữ nước ngầm hiệu quả.
- Lượng ẩm đất đồng nhất trong mỗi ô trong khi lượng trữ nước ngầm phân bố không đều trên tỉ lệ lưu vực con cho mỗi bước tính.
- Nước lưu thông theo hướng chảy từ một ô này tới một ô khác và không bị phân chia cho hơn 1 ô lưới bên cạnh.
- Phương pháp sóng khuếch tán tuyến tính có thể áp dụng để diễn toán cho dòng chảy tràn và chảy trong kênh.
- Bán kính thủy lực phụ thuộc vào vị trí, thay đổi theo quy mô lũ nhưng không đổi trong một trận lũ.
- Dòng sát mặt xảy ra khi lượng ẩm đất cao hơn sức chứa tối đa và có thể được ước lượng bởi định luật Darcy và phương pháp sóng động học.
- Các tổn thất của quá trình ngấm sâu xuống đất không quan trọng.



**Hình 2.3. Cấu trúc của mô hình WetSpa mở rộng ở cấp độ ô lưới**

*Các công thức trong mô hình:* [5] WetSpa cải tiến là mô hình liên tục, phân bố dựa trên các quá trình vật lý mô tả các quá trình mưa, chảy tràn và bốc thoát hơi cho cả vùng địa hình đơn giản và phức tạp. Nó là mô hình phân bố vì lưu vực và mạng lưới kênh thể hiện thông qua một mạng lưới các ô. Mỗi ô được mô tả bởi các tham số, điều kiện ban đầu và lượng mưa riêng biệt. Nó là mô hình liên tục vì có các thành phần mô tả sự di chuyển của lượng nước trong đất và bốc thoát hơi giữa các trận lũ và do đó có sự cân bằng nước và nhiệt giữa các trận lũ. Nó là mô hình dựa trên các quá trình vật lý vì các mô hình toán sử dụng mô tả các thành phần dựa trên các nguyên tắc vật lý như bảo toàn khối lượng và động lượng.

### *Mưa*

Mưa là một thành phần quan trọng trong bất cứ mô hình thủy văn nào. Hiện nay WetSpa sử dụng phương pháp đa giác Thiessen. Khu vực nào gần một trạm đo mưa nhất sẽ sử dụng số liệu mưa ở trạm đó. Điều này dẫn đến những vùng mưa cùng số liệu với tính không liên tục giữa các vùng. Thêm vào đó, không có căn cứ nào giả định rằng các điểm đo mưa cung cấp những giá trị mưa chính xác cho những vùng xung quanh.

Phương pháp cổ điển nhất để ước lượng lượng mưa cho một vùng là dựa vào các đường đẳng mưa với sự giúp đỡ của cấu trúc ô lưới. Lượng mưa trung bình tính toán giữa các đường đẳng mưa kế tiếp nhau. Phương pháp này khó khăn cho việc sử dụng mô phỏng các bước thời gian với dữ liệu mưa rải rác.

Phương pháp trọng số tỉ lệ nghịch theo khoảng cách là lựa chọn tiếp theo trong mô hình, lượng mưa ở bất kỳ vị trí mong muốn nào được nội suy từ dữ liệu thực tế dựa trên khoảng cách từ mỗi trạm đo mưa và vị trí mong muốn. Tuy nhiên, việc nội suy rất khó khăn với phương pháp trọng số tỉ lệ nghịch theo khoảng cách đối với ma trận số liệu lớn.

### *Ngung tụ*

Ngung tụ là một phần của giáng thủy, nó được trữ lại hoặc tích tụ bởi thảm phủ và bị bốc hơi sau đó. Trong các nghiên cứu về những trận lũ, lượng tổn thất do ngung tụ tần lá cây nói chung là được bỏ qua. Tuy nhiên nó có thể là nhân tố ảnh

hưởng quan trọng cho những trận lũ vừa hay nhỏ và tính toán cân bằng nước sẽ có những sai số nếu không tính đến tổn thất bốc hơi từ lượng ngưng tụ.

Cân bằng khối lượng của lượng ngưng tụ

Giáng thủy là một quá trình phức tạp, nó bị ảnh hưởng bởi các đặc trưng của bão, loại thảm phủ, độ che phủ, giai đoạn trưởng thành, mùa, tốc độ gió... Tổn thất ngưng tụ cao hơn trong giai đoạn đầu của một trận lũ và đạt đến giá trị 0 sau đó. Trong phần WetSpa mở rộng, tốc độ mưa bị giảm cho đến khi đạt tới khả năng trữ. Nếu tốc độ mưa trong bước thời gian đầu tiên lớn hơn khả năng trữ thì cường độ mưa sẽ bị giảm bởi khả năng trữ. Mặt khác, tất cả lượng mưa bị ngưng tụ ở lớp thảm phủ và phần còn lại của lượng ngưng tụ sẽ bị di chuyển từ mưa theo các bước thời. Cân bằng khối lượng của lượng ngưng tụ trong một ô lưới:

$$SI_i(t) = ST_i(t-1) + I_i(t) - EI_i(t) \quad (2.1)$$

trong đó:  $SI_i(t-1)$  và  $SI_i(t)$  là khả năng ngưng tụ của ô thứ  $i$  ở bước thời gian  $t-1$  và  $t$  (mm),  $EI_i(t)$  là lượng bốc hơi của ô thứ  $i$  từ lượng ngưng tụ (mm),  $I_i(t)$  là tổn thất ngưng tụ ở ô thứ  $i$  trong toàn bộ bước thời gian  $t$  (mm).

$$I_i(t) = \begin{cases} I_{i,o} - ST_i(t-1) & \text{khi } P_i(t) > I_{i,o} - ST_i(t-1) \\ P_i(t) & \text{khi } P_i(t) \leq I_{i,o} - ST_i(t-1) \end{cases} \quad (2.2)$$

trong đó  $I_{i,o}(t)$  là khả năng ngưng tụ (mm),  $P_i(t)$  là lượng mưa ở ô thứ  $i$  (mm)

*Lượng mưa vượt thấm và thấm mặt*

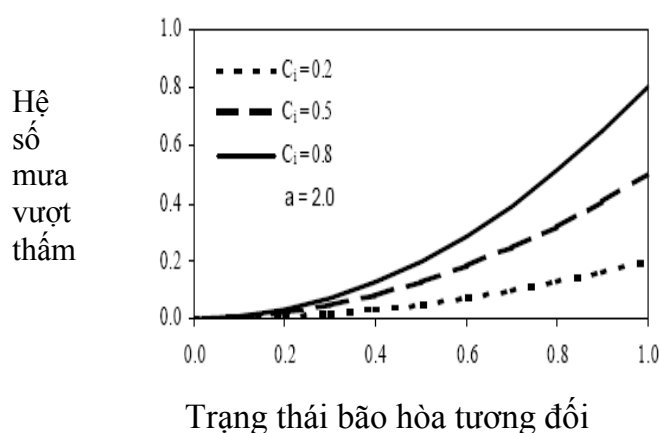
Lượng mưa vượt thấm hay lượng mưa hiệu quả là một phần lượng mưa trong một cơn bão, nó được tạo ra khi cường độ mưa vượt quá khả năng thấm của lớp đất mặt. Nó có thể tạm thời giữ lại ở lớp đất như là tích nước trong các vùng trũng trũng hay trở thành dòng chảy tràn hoặc dòng chảy mặt ở cửa ra của lưu vực sau khi chảy qua bề mặt lưu vực dưới giả định của dòng chảy tràn Horton. Các dạng của dòng chảy tràn nhanh chóng thay đổi thành lưu lượng và là một thành phần quan trọng cho ước lượng quá trình phản ứng của lưu vực. Thấm mặt là dòng chảy đi xuống tầng đất từ bề mặt được định nghĩa là lượng mưa không đóng góp vào dòng chảy mặt. Dưới các điều kiện bình thường, tốc độ thấm mặt là một hàm của: các đặc

trung của mưa, điều kiện mặt đệm, đặc điểm của đất, lượng ẩm ban đầu của đất... Trong WetSpa cải tiến, phương pháp hệ số thay đổi để ước lượng dòng chảy mặt và quá trình ngấm sử dụng liên kết chảy tràn và ngấm với địa hình, loại đất, thảm phủ, lượng ẩm và cường độ mưa. Phương trình được biểu diễn dưới dạng:

$$PE_i = C_i [P_i(t) - I_i(t)] \left[ \frac{\theta_i(t)}{\theta_{i,s}} \right]^a \quad (2.3)$$

$$F_i = P_i(t) - I_i(t) - PE_i(t) \quad (2.4)$$

trong đó:  $PE_i(t)$  là lượng mưa vượt thấm của ô thứ  $i$  trên toàn bộ khoảng thời gian (mm),  $F_i(t)$  là lượng thấm mặt của ô thứ  $i$  (mm),  $I_i(t)$  là tổn thất qua lá (mm),  $\theta_i(t)$  là lượng ẩm của đất trong bước thời gian  $t$  ( $m^3/m^3$ ),  $\theta_{i,s}$  là độ rỗng đất ( $m^3/m^3$ ),  $a$  là số mũ liên quan đến cường độ mưa,  $C_i$  là hệ số mưa vượt thấm tiềm năng hay hệ số dòng chảy tiềm năng ở ô thứ  $i$ . Các hệ số mưa vượt thấm mặc định cho độ dốc, loại đất và thảm phủ khác nhau được tham khảo từ tài liệu (Kirkby 1978, Chow et al. 1988, Browne 1990, Mallant & Feyen 1990 và Fetter 1980). Dựa trên sự phân tích vật lý và nội suy tuyến tính của các giá trị này, một bảng tra cứu đã được thiết lập liên quan đến hệ số mưa vượt thấm tiềm năng và sự tổ hợp của độ dốc, loại đất và thảm phủ. Mưa vượt thấm gần như liên quan đến độ ẩm tương đối của đất. Khi đất khô không có mưa vượt thấm, và hệ số mưa vượt thấm thực tế đạt đến ngưỡng (lượng nước ngấm được xem xét sử dụng cho thấm, bốc thoát hơi và chảy sát mặt) khi lượng ẩm của đất gần đạt bão hoà.



**Hình 2.4. Mối quan hệ giữa hệ số mưa vượt thấm và lượng ẩm của đất**

### Tổn thất điền trũng và dòng chảy tràn

Mưa rơi xuống mặt đất có thể ngấm hay bị giữ lại ở những vùng trũng nhỏ như là: mương, vũng nước và trên mặt đất. Ngay khi cường độ mưa vượt khả năng thấm cục bộ, lượng mưa vượt thấm bắt đầu làm đầy các vùng trũng. Nước giữ trong vùng trũng ở cuối trận mưa hoặc bốc hơi hoặc đóng góp cho độ ẩm đất và chảy sát mặt theo quá trình thấm. Các yếu tố ảnh hưởng đến tích đọng vào các vùng trũng là: địa hình; độ dốc: chênh lệch độ dốc càng lớn, tổn thất càng nhỏ; loại đất: càng nhiều đất pha cát, tổn thất càng lớn; thảm phủ: rừng càng nhiều, tổn thất càng nhỏ; lượng mưa kì trước: lượng ẩm càng nhiều, lượng trữ càng ít và thời gian: tổn thất giảm theo thời gian. Trong WetSpa cải tiến, tích nước cho các vùng trũng được xem xét trong hệ số mưa vượt thấm tiềm năng, liên quan đến nhấn mạnh các ảnh hưởng của nó đến quá trình sinh dòng chảy, đặc biệt là độ nhám bề mặt và cho những cơn lũ nhỏ.

- Công thức tính lượng tích nước từ các vùng trũng Phương trình thực nghiệm của Linsley sử dụng trong WetSpa cải tiến:

$$SD_i(t) = SD_{i,o} \left( 1 - \exp \left( - \frac{PC_i}{SD_{i,o}} \right) \right) \quad (2.5)$$

trong đó:  $SD_i(t)$  là lượng trữ nước từ các vùng trũng trong ô thứ  $i$  ở thời gian  $t$  (mm),  $SD_{i,o}$  là khả năng trữ nước từ các vùng trũng (mm). Giá trị này được lấy từ bảng tra cứu.

$PC_i$  là lượng mưa vượt thấm tích tụ trên lớp đất mặt (mm)

$$PC_i(t) = PE_i(t) + SD_{i,o} \ln \left( - \frac{SD_i(t-1)}{SD_{i,o}} \right) \quad (2.6)$$

Theo phương trình (2.6) tất cả dòng chảy tràn và lượng tích nước từ các vùng trũng xảy ra đồng thời, theo sự di chuyển nước của dòng chảy tràn, thậm chí nếu lượng mưa vượt thấm ít hơn khả năng trữ nước từ các vùng trũng.

- Cân bằng khối lượng của lượng trữ nước từ các vùng trũng

$$SD_i(t) = SD(t-1) + \Delta SD_i(t) - ED_i(t) - F_i(t) \quad (2.7)$$

trong đó:  $ED_i(t)$  và  $F_i(t)$  là lượng bốc hơi và ngấm từ lượng trữ nước từ các vùng

trũng ở ô thứ i trong bước thời gian t sau khi mưa rơi (mm)

$\Delta D_i(t)$  là số gia của lượng trữ nước từ các vùng trũng ở ô thứ i trong toàn bộ bước thời gian t (mm)

$$\Delta SD_i(t) = PE_i(t) \exp\left(-\frac{PC_i}{SD_{i,o}}\right) \quad (2.8)$$

-Công thức tính dòng chảy tràn

Lượng mưa vượt thấm là tổng của dòng chảy tràn và sự thay đổi lượng trữ nước từ các vùng trũng, do đó lượng chảy tràn trên toàn bộ khoảng thời gian  $RS_t$  (m) được viết như sau:

$$RS_i(t) = PE_i(t) \left(1 - \exp\left(-\frac{PE_i}{SD_{i,o}}\right)\right) \quad (2.9)$$

*Cân bằng nước trong đới rễ cây*

Lượng ẩm của đất là lượng nước thực tế giữ trong đất ở bất kì thời điểm nào, thường ứng dụng cho lớp đất có thực vật phát triển. Dựa vào lượng ẩm khác nhau của đất, lượng trữ ẩm có thể được chia thành lượng bão hoà, khả năng chứa, độ ẩm dư... WetSpa cải tiến tính toán cân bằng nước trong đới rễ cây cho từng ô lưới. Lượng nước trong đất được cung cấp bởi ngấm và di chuyển từ đới rễ cây bởi bốc thoát hơi, chảy sát mặt và thấm xuống khu trữ nước ngầm.

Lượng trữ ẩm trong đới rễ cây được xác định bởi một phương trình cân bằng đơn giản:

$$D_i[\theta_i(t) - \theta_i(t-1)] = F_i(t) - ES_i(t) - RG_i(t) - RI_i(t) \quad (2.10)$$

trong đó:  $\theta_i(t)$  và  $\theta_i(t-1)$  là lượng ẩm của đất ở ô thứ i với bước thời gian t và t-1 ( $m^3/m^3$ ),  $D_i$  là độ sâu của rễ cây,  $F_i(t)$  là lượng ngấm qua lớp đất mặt trong khoảng thời gian t gồm lượng ngấm trong suốt cơn mưa và lượng ngấm từ các vùng trũng sau cơn mưa (mm),  $ES_i(t)$  là lượng bốc thoát hơi thực tế từ đất trong khoảng thời gian t (mm),  $RG_i(t)$  là lượng thấm từ đới rễ cây hay cung cấp cho dòng ngầm (mm),  $RI_i(t)$  là dòng chảy sát mặt của ô thứ i trong khoảng thời gian t (mm).

*Bốc thoát hơi từ đất*



- Bốc thoát hơi tiềm năng

PET được định nghĩa là lượng nước bốc hơi, nó có thể được thoát ra từ thực vật hay lớp đất mặt trên mỗi đơn vị diện tích và mỗi đơn vị thời gian dưới những điều kiện tồn tại mà không có giới hạn cung cấp nước. Các nhân tố ảnh hưởng chính đến bốc thoát hơi tiềm năng là : bức xạ mặt trời; tốc độ gió, đưa độ ẩm ra khỏi mặt đất, và chênh lệch độ ẩm riêng của lớp không khí phía trên lớp nước, động lực cho khuếch tán hơi nước. Trong WetSpa cải tiến, ba lựa chọn để ước lượng PET là:

+ Phương trình Penman-Monteith :

$$EP = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{37}{T + 273.2} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2.11)$$

trong đó : EP là lượng bốc thoát hơi tiềm năng (m),  $R_n$  là bức xạ thực ( $MJ/m^2$ ), G là biến động nhiệt của đất ( $MJ/m^2$ ), T là nhiệt độ không khí ( $^{\circ}C$ ),  $e_s$  là áp suất hơi nước bão hoà ở nhiệt độ không khí (kPa),  $e_a$  là áp suất hơi nước của không khí (kPa),  $u_2$  là tốc độ gió ở 2m (m/s),  $\Delta$  là chênh lệch của đường cong áp suất hơi nước bão hoà (kPa/C),  $\gamma$  là hằng số đo ẩm (kPa/C).

+ Phương pháp thống kê dựa trên số liệu quá khứ :

De Smedt dựa trên thực nghiệm đã xây dựng phương trình tính bốc hơi tiềm năng trung bình ngày :

$$EP_d = 0.27 + 1.37 \left[ 1 + \sin \left( 2\pi \frac{d - 87}{365} \right) \right]^{135} \quad (2.12)$$

trong đó :  $EP_d$  là bốc hơi tiềm năng ngày (mm), d là số ngày của một năm

Phương trình bốc hơi tiềm phân phối theo giờ :

$$EP = \frac{EP_d}{24} \left[ 1 + 0.9 \sin \left( 2\pi \frac{h - 6}{24} \right) \right] \quad (2.13)$$

trong đó: EP là bốc hơi tiềm năng giờ (mm), h là giờ trong khoảng 0 và 24

+ Đo đạc ở vùng đất trũng

Bốc hơi từ đất trũng cung cấp một cách đo kết hợp ảnh hưởng của nhiệt độ, độ

ẩm, tốc độ gió và ánh nắng mặt trời cho PET.

Có thể sử dụng hệ số đất trồng và sử dụng trực tiếp trong mô hình cho quá trình hiệu chỉnh thông số và mô phỏng mô hình.

- Bốc thoát hơi thực tế

Không xem xét bốc hơi từ lượng ngưng tụ và các vùng trồng, lượng bốc thoát hơi thực tế là tổng lượng nước bốc hơi từ đất và thực vật với lượng ẩm thực tế của đất. Do đó nếu đất bão hoà, tốc độ bốc thoát hơi thực tế sẽ bằng với tốc độ PET. Các yếu tố ảnh hưởng đến bốc thoát hơi tiềm năng là: thời tiết, thảm phủ, đất... Trong WetSpa cải tiến, bốc thoát hơi gồm bốn phần: bốc hơi từ lượng ngưng tụ, bốc hơi từ các vùng trồng, bốc thoát hơi từ đất và bốc thoát hơi từ lượng nước ngầm. Bốc hơi từ lượng ngưng tụ và các vùng trồng được mô tả ở trên, dòng ngầm đóng góp cho bốc hơi sẽ được mô tả sau. Lượng bốc thoát hơi thực tế từ đất và thảm phủ được tính toán cho mỗi ô lưới phát triển bởi Thornthwait và Mather (1955), là một hàm của PET, thảm phủ và các giai đoạn phát triển của thảm phủ, và lượng ẩm:

$$ES_i(t) = \begin{cases} [c_v \{ EP - EI_i(t) - ED_i(t) \}] \left[ \frac{\theta_i(t) - \theta_{i,w}}{\theta_{i,f} - \theta_{i,w}} \right] & \text{khi } \theta_{i,w} \leq \theta_i(t) < \theta_{i,f} \\ [c_v \{ EP - EI_i(t) - ED_i(t) \}] & \text{khi } \theta_i(t) \geq \theta_{i,f} \end{cases} \quad (2.14)$$

trong đó:  $ES_i(t)$  là lượng bốc thoát hơi thực tế trong khoảng thời gian  $t$  (mm),  $C_v$  là hệ số thảm phủ quyết định bởi các loại thảm phủ thay đổi trong năm,  $\theta_i(t)$  là lượng ẩm trung bình của ô thứ  $i$  ở thời gian  $t$  ( $m^3/m^3$ ),  $\theta_{i,r}$  là khả năng trữ ẩm của đất ( $m^3/m^3$ ),  $\theta_{i,w}$  là lượng ẩm tại thời điểm khi thực vật bị héo ( $m^3/m^3$ ).

#### *Thấm sâu và dòng chảy sát mặt*

Thấm sâu hay lượng cung cấp cho dòng ngầm liên quan đến quá trình tự nhiên mà nước được bổ sung từ tầng thông khí đến đới bão hoà. Lượng bổ cấp cho dòng ngầm là thành phần quan trọng trong cân bằng đới rễ cây, nó liên kết tầng thông khí và tầng nước ngầm. Các ảnh hưởng chính đến lượng cung cấp cho dòng ngầm là độ dẫn thủy lực, độ sâu rễ cây và lượng ẩm của đất. Trong WetSpa cải tiến, thấm được giả định là chảy trực tiếp xuống bồn nước ngầm và ước lượng nó dựa theo định luật

Darcy, kết quả của độ dẫn thủy lực và gradien thủy lực tiềm năng. Giả định rằng áp suất tiềm năng chỉ thay đổi rất nhỏ trong đất, gradien của nó xấp xỉ bằng 0 và thấm chỉ do trọng lực. Dựa trên giả định này, lượng thấm đơn giản độ dẫn thủy lực tương đương với sự bão hoà trung bình trong lớp đất tương ứng.

$$RG_i(t) = K_i [\theta_i(t)] \Delta t = K_{i,f} \left[ \frac{\theta_i(t) - \theta_{i,f}}{\theta_{i,s} - \theta_{i,f}} \right]^A \Delta t \quad (2.15)$$

trong đó:  $RG_i(t)$  là lượng thấm sâu trong khoảng thời gian  $t$  (mm),  $K_i[\theta_i(i)]$  độ dẫn thủy lực tương đương với lượng ẩm trung bình ở thời gian  $t$  (mm/h),  $\Delta t$  bước thời gian (h),  $K_{i,s}$  độ dẫn thủy lực bão hoà trong ô thứ  $i$  (mm/h),  $\theta_{i,s}$  độ rỗng ( $m^3/m^3$ ),  $\theta_{i,r}$  lượng ẩm còn thừa trong ô thứ  $i$  ( $m^3/m^3$ ),  $A$  chỉ số tính không liên kết giữa các lỗ rỗng tính toán từ phương trình  $A=(2+3B)/B$  với  $B$  là chỉ số phân bố kích thước độ rỗng của ô.

Dòng sát mặt là thành phần quan trọng của cân bằng nước trong đất. Nó là lượng nước thấm xuống lớp đất mặt và di chuyển theo phương ngang đến khi gia nhập vào kênh. Các yếu tố ảnh hưởng đến dòng sát mặt là: các thuộc tính vật lý và độ dày của lớp đất: cấu trúc đất thô làm dòng chảy theo phương thẳng đứng còn cấu trúc đất mịn hay lớp đất chống lại dòng chảy theo phương thẳng đứng và dòng sát mặt có thể diễn ra nhanh chóng; thảm phủ: trực tiếp liên quan đến khả năng ngấm và ảnh hưởng của vật chất vô cơ; địa hình: gradien độ dốc là yếu tố quan trọng quyết định vận tốc và lượng dòng chảy sát mặt; địa chất và khí hậu của khu vực nghiên cứu. Trong WetSpa cải tiến, dòng chảy sát mặt được giả định xảy ra sau quá trình ngấm và ngừng khi lượng ẩm của đất thấp hơn khả năng trữ. Lượng dòng chảy sát mặt được tính toán từ định luật Darcy và sóng động học có nghĩa là gradien thủy lực bằng với độ dốc ở mỗi ô:

$$RI_i(t) = c_s D_i S_i K[\theta_i(t)] \Delta t / W_i \quad 1 \quad (2.16)$$

trong đó :  $RI_i(t)$  (mm) là lượng dòng sát mặt chảy ra từ ô thứ  $i$  ở mỗi bước thời gian (h),  $D_i$  là độ sâu rễ ở ô thứ  $i$  (m),  $S_i$  là độ dốc ở ô thứ  $i$  (m/m),  $K_i[\theta_i(i)]$  độ dẫn thủy lực tương đương với lượng ẩm trung bình ở thời gian  $t$  (mm/h),  $W_i$  là chiều rộng của

ô thứ  $i$  (m),  $C_s$  là hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào thảm phủ.

*Lượng trữ nước ngầm và dòng chảy cơ sở*

Lượng trữ nước ngầm là lượng nước trong đới bão hoà. Thông thường lưu lượng dòng ngầm hình thành một dòng chảy cơ sở ở cửa ra của lưu vực.

$$QG_s(t) = c_g [SG_s(t)/1000]^m \quad (2.17)$$

trong đó :  $QG_s(t)$  dòng ngầm trung bình ở cửa ra của lưu vực con ( $m^3/s$ ),  $SG_s(t)$  là lượng trữ nước ngầm ở lưu vực con ở thời điểm  $t$  (mm),  $m$  là số mũ:  $m=1$  cho hồ chứa tuyến tính và  $m = 2$  cho hồ chứa phi tuyến,  $c_g$  là hệ số triết giảm dòng ngầm phụ thuộc vào diện tích, hình dạng, thể tích của lỗ hổng và khả năng truyền của lưu vực con.

Cho mỗi tiểu lưu vực, cân bằng lượng ngầm dưới dạng:

$$SG_s(t) = SG_s(t-1) + \frac{\sum_{i=1}^{N_s} [RG_i(t)A_i]}{A_s} - EG_s(t) - \frac{QG_s(t)\Delta t}{1000A} \quad (2.18)$$

trong đó:  $SG_s(t)$  và  $SG_s(t-1)$  là lượng nước ngầm của lưu vực con ở bước thời gian  $t$  và  $t-1$  (mm),  $N_s$  là số lượng ô trong lưu vực con,  $A_i$  là diện tích ô ( $m^2$ ),  $A_s$  là diện tích tiểu lưu vực ( $m^2$ ),  $EG_s(t)$  là lượng bốc thoát hơi trung bình từ lượng nước ngầm của lưu vực con (mm),  $QG_i(t)$  là lưu lượng dòng ngầm ( $m^3/s$ ).

Một phương trình tuyến tính sử dụng trong mô hình liên quan giữa bốc thoát hơi dưới tầng sâu với PET và lượng nước ngầm:

$$EG_i(t) = c_d [c_v EP - EI_i(t) - ED_i(t) - ES_i(t)] \quad (2.19)$$

trong đó :  $EG_i(t)$  là lượng bốc thoát hơi trung bình từ lượng nước ngầm (mm),  $EP$  là PET (m),  $C_d$  là một biến, tính toán từ  $SG_i(t)/SG_{s,0}$  với  $SG_{s,0}$  là lượng nước ngầm của lưu vực con ở thời điểm  $t$  (mm) và  $SG_{s,0}$  là khả năng trữ nước ngầm của lưu vực con (mm).

*Dòng chảy tràn và diễn toán dòng chảy trong kênh*

Trong WetSpa cải tiến, diễn toán dòng chảy tràn và dòng chảy trong kênh dùng phương pháp sóng khuếch tán tuyến tính. Phương pháp này phù hợp mô

phòng dòng chảy ở mức độ nhất định và một trong những thuận lợi là nó có thể giải quyết theo phương pháp giải tích, tránh tính toán bằng phương pháp số và xác định các điều kiện biên một cách chính xác. Giả định ô lưới là một đoạn sông với dòng chảy không ổn định một chiều và bỏ qua các số hạng chuyển động trong phương trình động lượng St. Venant, quá trình chảy trong ô có thể được mô phỏng bởi phương trình sóng khuếch tán ( Miller và Cunge, 1975 ):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c_i \frac{\partial Q}{\partial x} - d_i \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} = 0 \quad (2.20)$$

trong đó Q là lưu lượng ở thời điểm t (s) và vị trí x (m),  $c_i$  là tốc độ sóng khuếch tán ở ô thứ i(m/s),  $d_i$  là hệ số khuếch tán của sóng ở ô thứ i(m<sup>2</sup>/s).

Xem xét một hệ thống được giới hạn bởi biên trên và biên dưới, giải phương trình (3.20) ở cửa ra của ô lưới, khi vận tốc dòng chảy và hệ số khuếch tán không đổi có thể giải bằng quá trình phân bố mật độ thời gian lần chuyển tiếp đầu tiên của một chuyển động Brown:

$$u(t) = \frac{l_i}{2\sqrt{\pi d_i t^3}} \exp\left[-\frac{(c_i t - l_i)^2}{4d_i t}\right] \quad (2.21)$$

với  $u_i(t)$  là hàm phản ứng xung của ô lưới (1/s) và  $l_i$  là kích cỡ ô lưới (m).

Tham số  $c_i$  và  $d_i$  được tính toán theo công thức Manning (Henderson, 1966):

$$c_i = \frac{5}{3} v_i \quad (2.22)$$

$$d_i = \frac{v_i R_i}{2S_i} \quad (2.23)$$

trong đó :  $R_i$  là bán kính thủy lực ở ô thứ i (m),  $S_i$  là độ dốc ở ô thứ i (m/m),  $V_i$  là vận tốc dòng chảy (m/s).

Bán kính thủy lực được tính theo công thức:

$$R_i = a_p (A)^{b_p} \quad (3.24)$$

trong đó  $A_i$  là diện tích lưu vực ở thượng lưu (km<sup>2</sup>),  $a_p$  là hằng số,  $b_p$  là số mũ theo tỉ lệ hình dạng, tất cả phụ thuộc vào tần suất lũ.

Vận tốc dòng chảy tính toán theo phương trình Manning:

$$v_i = \frac{1}{n_i} R_i^{\frac{2}{3}} S_i^{\frac{1}{2}} \quad (2.25)$$

với  $n_i$  là hệ số nhám Manning phụ thuộc vào loại thảm phủ và đặc điểm của kênh.

Dưới giả định hệ thống diễn toán tuyến tính, hàm phản ứng xung ở cuối dòng chảy là kết quả từ một xung đơn vị đầu vào đến một ô riêng lẻ, có thể được tính toán mà không cần sự can thiệp đến các ô khác. Dọc theo hướng phản ứng của dòng chảy gồm xung di chuyển qua nhiều ô, mỗi ô có một hàm phản ứng cấp đơn vị khác nhau. Trong quá trình diễn toán này, đầu ra của bất kì ô lưới nào lại trở thành đầu vào của ô lưới kế tiếp và phân bố đầu vào gốc được thay đổi liên tục bởi quá trình động lực trong các ô, đó chính là các hàm phản ứng xung. Phản ứng theo hướng dòng chảy là tổng của các phản ứng xung liên tiếp nhau.

$$U_i(t) = \prod_{j=1}^N u_j(t) \quad (2.26)$$

trong đó:  $U_i(t)$  là hàm phản ứng theo hướng dòng chảy ( $s^{-1}$ )

Chỉ số  $i$  liên quan đến ô nơi bắt đầu tính là đầu vào,  $j$  là số chuỗi số và  $N$  là tổng số ô dọc theo hướng dòng chảy.

Mô hình phương trình sóng khuếch tán thỏa mãn phương trình (2.26) cho các ô lưới, điều đó có nghĩa rằng nó cho phép khả năng phân tích theo chiều dọc. Bởi vì các hàm phản ứng xung là bất biến theo thời gian, do đó phương trình (2.26) cũng bất biến theo thời gian và do đó có một mối quan hệ tuyến tính giữa phản ứng theo hướng dòng chảy và lượng đầu vào. Giả định rằng hàm phản ứng theo hướng dòng chảy  $U_i(t)$  cũng là một phân bố thời gian di chuyển đầu tiên, De Smedt (2000) đưa ra một cách giải gần đúng phương trình (2.36) bằng phương pháp số liên quan đến lưu lượng ở cuối của một hướng dòng chảy đến nơi bắt đầu của một hướng dòng chảy tiếp theo :

$$U(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2 t^3 / t_i^3}} \exp\left[-\frac{(t-t_i)^2}{2\sigma_i^2 t / t_i}\right] \quad (2.27)$$

trong đó :  $t_i$  là thời gian chảy trung bình từ ô thứ  $i$  đến dòng chảy (s),  $\sigma_i^2$  là phương

sai của thời gian chảy ( $s^2$ ).

Tham số  $t_i$ ,  $\sigma_i^2$  là các tham số phân bố theo không gian, và có thể tính được bằng tích phân chập dọc theo địa hình quyết định dòng chảy như là một hàm của tốc độ sóng và hệ số phân tán :

$$t_i = \sum_{j=1}^N \left( \frac{1}{c_j} \right) l_j \quad (2.28)$$

$$\sigma_i^2 = \sum_{j=1}^N \left( \frac{2d_j}{c_j^3} \right) l_j \quad (2.29)$$

Hàm phản ứng ở cuối dòng chảy đến một đầu vào tùy ý ở ô bắt đầu, có thể được tính toán bằng cách cộng dồn tổng lượng dòng chảy đầu vào bởi hàm phản ứng xung đơn vị. Từ cách nhìn nhận trên, điều này tương đương với việc phân tích đầu vào thành các hàm phản ứng xác định và cộng tất cả các hàm phản ứng thành một phản ứng đơn. Do đó, quá trình lưu lượng từ một lượng đầu vào bất kì được tính theo công thức :

$$Q_i(t) = \sum_{\tau=0}^{t-\tau} V_i(\tau) U_i(t-\tau) \quad (2.30)$$

trong đó :  $Q_i(t)$  là lưu lượng ở nơi kết thúc của một hướng dòng chảy sinh bởi một lượng đầu vào bất kì trong ô thứ  $i$ ;  $U_i(t-\tau)$  tương đương với đường đơn vị tức thời (IUH) sử dụng trong quy ước của ngành thủy văn và  $\tau$  là thời gian trễ (s) ;  $V_i(\tau)$  là tổng lượng dòng chảy đầu vào ô thứ  $i$  gồm có dòng chảy mặt và dòng chảy sát mặt, cộng thêm dòng chảy ngầm nếu ô thứ  $i$  nằm ở cửa ra của tiêu lưu vực.

Xem xét quá trình phân tích thực tế trong một hệ thống diễn toán tuyến tính, hàm phản ứng của dòng chảy trên lưu vực có thể được quyết định là tổng các hàm phản ứng của các nhân tố được đóng góp từ tất cả các ô lưới. Do đó, hàm phản ứng ở cấp độ lưu vực có thể được tính toán là :

$$Q(t) = \sum_{i=1}^{N_w} Q_i(t) \quad (2.31)$$

với  $N_w$  là số các ô trên toàn bộ lưu vực,  $Q(t)$  là lưu lượng ở cửa ra của lưu vực.

## 2.2. PHƯƠNG PHÁP MORRIS

Trong các thí nghiệm vật lý, việc thực hiện một thí nghiệm từng bước một (OAT) được chấp nhận nếu sai sót ngẫu nhiên là nhỏ so với những hiệu quả chính được mong đợi. Tuy nhiên, 1 đề án có thể đưa ra những ước tính thiên lệch, những thiên lệch bắt nguồn từ ảnh hưởng của những tương tác. Daniel (1973) đề xuất phương pháp cải thiện ước tính được cung cấp bởi một đề án từng bước một; sự cải thiện có được bằng cách loại bỏ những sự thiên lệch tương tác giữa 2 yếu tố từ các ước tính ảnh hưởng chủ yếu. Phương pháp của Daniel đã từng được chứng tỏ làm việc tốt nhất cho thử nghiệm từng bước một chặt chẽ, nhưng không làm việc tốt lắm với đề án tiêu chuẩn có giới hạn bỏ toàn.

Thông thường, số lượng các đánh giá mô hình được đòi hỏi của một đề án từng bước một là hàm của  $k$  (thường là  $2k+1$ ), với  $k$  là số lượng các yếu tố được xem xét. Giá thành tính toán thấp là một trong những ưu thế của đề án từng bước một. Tuy nhiên, Kleijnen (1998) tranh luận rằng một đề án OAT, chỉ đòi hỏi khoảng chừng  $k+1$  bước chạy, và cho những ước lượng chính xác hơn về các ảnh hưởng chính.

Một hạn chế của các đề án từng bước một là chúng không có khả năng đánh giá sự tương tác giữa các yếu tố. Hơn nữa, nhiều thí nghiệm OAT trong các tài liệu là thực nghiệm địa phương, mà các yếu tố thay đổi trong một biên nhỏ xung quanh giá trị đại biểu. Những giá trị đại biểu này biểu diễn một điểm đặc biệt trong không gian đầu vào (kịch bản điều khiển). Kết quả của chính một thực nghiệm địa phương này do đó phụ thuộc vào sự lựa chọn điểm này, và sự thực hiện mô hình được xác định chỉ là cục bộ trong không gian đầu vào (nói cách khác là xung quanh điểm được chọn). Điều này chỉ phù hợp nếu mối quan hệ đầu vào - đầu ra có thể xấp xỉ được một cách chính xác thông qua một tương quan bậc nhất. Nếu mô hình cho thấy tính phi tuyến mạnh thì mỗi sự thay đổi trong việc chọn giá trị đại biểu sẽ đưa ra những kết quả có tính nhạy hoàn toàn khác nhau. [11]

Morris (1991) [13, 14] đã đề xuất đề án OAT không độc lập với sự lựa chọn điểm đặc biệt trong không gian đầu vào. Ta gọi đề án này là một thực nghiệm toàn cục, bởi vì thí nghiệm của ông bao trùm toàn bộ khối không gian mà yếu tố có thể



biến đổi trên đó (trong thực nghiệm cục bộ, các yếu tố chỉ thay đổi xung quanh các giá trị đại biểu của chúng, và kết quả phụ thuộc vào sự lựa chọn các giá trị này). Morris đánh giá ảnh hưởng chủ yếu của 1 yếu tố bằng cách tính toán một số  $r$  các phép đo cục bộ, tại các điểm khác nhau  $x_1, \dots, x_r$  trong không gian đầu vào, sau đó lấy trung bình của chúng (điều này làm giảm sự phụ thuộc vào điểm đặc biệt ở trong thực nghiệm cục bộ). Những giá trị  $r$  này được chọn sao cho mỗi yếu tố được thay đổi trên suốt khoảng không gian thực nghiệm.

Morris giả thiết một mô hình tính toán tốn kém (về công suất, thời gian), hay một mô hình với một số lượng lớn các yếu tố, số bước chạy máy tính cần thiết cho đề án này tỉ lệ với số yếu tố  $k$ . Đề án này không cần đơn giản hóa các giả thiết về diễn biến đầu vào - đầu ra. Morris mong muốn xác định yếu tố nào: (a) có ảnh hưởng không đáng kể, (b) ảnh hưởng phụ hay tuyến tính, hay (c) ảnh hưởng tương tác hay phi tuyến. Đề án của ông được tạo ra từ các đề án OAT độc lập ngẫu nhiên, trong đó ảnh hưởng của việc thay đổi giá trị của mỗi sự lựa chọn yếu tố được đánh giá một cách lần lượt.

Vector  $x$   $k$  chiều cho mô hình mô phỏng có thành phần  $x_i$  mang giá trị  $p$  trong tập  $\{0, 1/(p-1), 2/(p-1), \dots, 1\}$ . Miền thực nghiệm  $\Omega$  do đó là một lưới  $k$  chiều bậc  $p$ . Trong các ứng dụng thực tế, các giá trị tiêu biểu trong  $\Omega$  sau đó được biểu diễn lại theo tỉ lệ để tạo ra các giá trị thực (không chuẩn) của các yếu tố mô phỏng. Đặt  $\Delta$  là thương số được xác định trước của  $1/(p-1)$ . Từ đó Morris xác định ảnh hưởng sơ cấp của yếu tố thứ  $i$  tại một điểm  $x$  cho trước như sau:

$$d_i(x) = \frac{[y(x_1, \dots, x_{i-1}, x_i + \Delta, x_{i+1}, \dots, x_k) - y(x)]}{\Delta} \quad (2.32)$$

trong đó  $x$  là bất cứ giá trị nào trong  $\Omega$  được lựa chọn sao cho điểm  $x+\Delta$  vẫn nằm trong  $\Omega$ . Một phân phối xác định  $F_i$  của những ảnh hưởng sơ cấp cho yếu tố đầu vào thứ  $i$  có được bằng cách lấy mẫu  $x$  trong  $\Omega$ . Số lượng các yếu tố của mỗi  $F_i$  là  $p^{k-1} [p-\Delta(p-1)]$ .

Sự mô tả đặc điểm của phân phối  $F_i$  thông qua giá trị trung bình  $\mu$  và độ lệch

chuẩn  $\delta$  cho ra thông tin hữu ích về mức độ ảnh hưởng của yếu tố thứ  $i$  lên đầu ra. Giá trị trung bình cao chỉ ra 1 yếu tố với ảnh hưởng tổng thể quan trọng. Độ lệch chuẩn lớn cho thấy đồng thời sự tương tác giữa một yếu tố với các yếu tố khác hay 1 yếu tố có ảnh hưởng phi tuyến.

Trong dạng đơn giản nhất, hiệu quả tính toán tổng thể đòi hỏi cho một mẫu ngẫu nhiên của các giá trị  $r$  từ mỗi phân phối  $F_i$  là  $n=2rk$  bước chạy ( $k$  là số yếu tố). Mỗi ảnh hưởng sơ cấp đòi hỏi đánh giá về  $y$  2 lần. Morris xác định tính kinh tế của đề án như là số lượng các ảnh hưởng sơ cấp được đánh giá bởi đề án, tỉ lệ với số bước chạy. Tính kinh tế của đề án càng cao thì việc cung cấp thông tin cho phân tích độ nhạy và độ bất định càng tốt. Dạng đơn giản nhất của  $M$  có tính kinh tế là  $rk/2rk=1/2$

Morris đề xuất một đề án mang tính kinh tế hơn là thiết kế đơn giản đã được kể đến ở trên. Thiết kế này dựa trên việc thiết lập ma trận  $B^*$  với các hàng đại diện cho vecto đầu vào  $x$ , trong đó tương ứng với thực nghiệm sẽ cung cấp  $k$  ảnh hưởng sơ cấp (1 ảnh hưởng cho mỗi yếu tố đầu vào) là  $k+1$  bước chạy. Điều này làm tăng tính kinh tế của thiết kế từ  $k$  lên  $k+1$ . Trong thiết kế này, thuận tiện khi giả sử rằng  $p$  là chẵn và  $\Delta=p/[2(p-1)]$ . Với giả thiết này, mỗi ảnh hưởng sơ cấp  $p^{k-1}[p-\Delta(p-1)]=p^k/2$  cho mỗi yếu tố đầu vào thứ  $i$  có khả năng được lựa chọn như nhau (Morris 1991). Ý tưởng then chốt của thiết kế Morris như sau:

1. Giá trị cơ sở được lựa chọn ngẫu nhiên cho mỗi vecto  $x$ , mỗi thành phần  $x_i$  được lấy trong tập  $\{0, 1/(p-1), 2/(p-1), \dots, 1\}$ .
2. Một hay nhiều thành phần  $k$  của  $x^*$  được cộng thêm vào với  $\Delta$  sao cho vecto  $x^{(1)}$  vẫn thuộc  $\Omega$ .
3. Ảnh hưởng sơ cấp được tính đến của thành phần  $x^{(1)}$  thứ  $i$  là:

$$d_i(x) = \frac{[y(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+\Delta}, x_{i+1}, \dots, x_k) - y(x)]}{\Delta} \quad \text{nếu } x^{(1)} = x^{(1)} + \Delta \quad (2.33)$$

$$d_i(x) = \frac{[y(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i-\Delta}, x_{i+1}, \dots, x_k) - y(x)]}{\Delta} \quad \text{nếu } x^{(1)} = x^{(1)} - \Delta \quad (2.34)$$

4. Đặt  $x^{(2)}$  là vecto mới  $(x_1^{(1)}, \dots)$  được xác định trong bước trên. Chọn vecto  $x^{(3)}$  thứ 3 sao cho  $x^{(3)}$  chỉ khác  $x^{(2)}$  1 thành phần  $x_j$ .

Do đó ảnh hưởng sơ cấp tính toán được của yếu tố  $j$ :

$$d_j(x^{(2)}) = \frac{y(x^{(3)}) - y(x^{(2)})}{\Delta} \quad \Delta > 0 \quad (2.35)$$

$$d_j(x^{(2)}) = \frac{y(x^{(2)}) - y(x^{(3)})}{\Delta} \quad \Delta < 0 \quad (2.36)$$

Bước 4 được lặp lại sao cho giai đoạn  $k+1$  vecto  $x^{(1)}$  đầu vào  $(x^1, x^2, \dots, x^{k+1})$  được thành lập với 2 vecto bất kỳ chỉ khác nhau duy nhất một thành phần. Hơn nữa, bất cứ thành phần  $i$  của vecto cơ sở  $x^*$  được chọn ít nhất 1 lần để cộng với  $\Delta$  nhằm đánh giá 1 ảnh hưởng sơ cấp cho mỗi yếu tố. Vecto  $x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(k+1)}$  xác định 1 quỹ đạo trong không gian thông số.

Mỗi thành phần  $x_i$  của vecto  $x$  chỉ có thể được tăng (không giảm) bởi  $\Delta$  - xem ví dụ. Do đó mỗi điểm của quỹ đạo trong không gian thông số sẽ có khoảng cách Oclit từ điểm gốc (vecto 0  $k$  chiều) lớn hơn khoảng cách tới 1. 1 thành phần  $x_i$  của  $x^*$  đã được tăng lên tại một giai đoạn nhất định có thể được giảm đi trong 1 bước giai đoạn (phải giữ giá trị cao hơn giá trị cơ sở)

Số dòng của  $B^*$  là các vecto  $x_1$  đến  $x_{k+1}$  được mô tả ở trên. Ma trận này được gọi là ma trận định hướng. Nó tương ứng với 1 quỹ đạo của  $k$  bước trong không gian thông số với điểm bắt đầu  $x^{(1)}$ . Điều này dẫn tới 1 ảnh hưởng sơ cấp đơn cho mỗi yếu tố.

Để xác định  $B^*$ , bước đầu tiên chọn 1 ma trận  $B$  kích thước  $(k+1)*k$  với các hạng tử là 0 và 1 sao cho mỗi 2 cột sẽ chỉ khác nhau duy nhất một hạng tử. Đặc biệt,  $B$  có thể được chọn là 1 ma trận đơn vị tam giác dưới chặt chẽ. Xem xét việc chuyển ma trận  $B$  cho bởi:

$$B' = J_{k+1,1} x^* + \Delta B \quad (2.37)$$

trong đó  $J_{k+1,k}$  là ma trận đơn vị kích thước  $(k+1)*k$  và  $x^*$  là giá trị cơ sở của  $x$  được lựa chọn ngẫu nhiên. Do đó nó gây ra  $k$  ảnh hưởng sơ cấp, cho mỗi yếu tố đầu

vào, với 1 chi phí tính toán cho k+1 bước chạy. Tuy nhiên, vấn đề là ma trận B' không được lựa chọn ngẫu nhiên. Một phiên bản ngẫu nhiên của ma trận thiết kế được cho bởi:

$$B^* = \{J_{m,1}x^* + (\Delta/2)[(2B - J_{m,k})D^* + J_{m,k}]\}P^* \quad (2.38)$$

trong đó D là ma trận kích thước k với các hạng tử là +1 hay -1 với khả năng như nhau, J là ma trận đơn vị và P\* là ma trận ngẫu nhiên k\*k, trong đó mỗi cột chứa 1 hạng tử bằng 1 và tất cả các hạng tử khác bằng 0, và không có 2 cột nào có hạng tử 1 ở cùng 1 vị trí. Mỗi ma trận B\* cho 1 ảnh hưởng sơ cấp cho mỗi yếu tố được lựa chọn ngẫu nhiên.

Ví dụ: Giả sử p=4, k=2 và  $\Delta=2/3$ . Như vậy ta kiểm tra 2 yếu tố có thể có giá trị thuộc  $\{0, 1/3, 2/3, 1\}$ . Do đó:

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}; x^* = \{0, 1/3\}; D^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}; P^* = 1$$

$$\rightarrow (\Delta/2)[(2B - j_{k+1,k})D^* + j_{k+1,k}] = \begin{bmatrix} 0 & \Delta \\ \Delta & \Delta \\ \Delta & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 2/3 \\ 2/3 & 2/3 \\ 2/3 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow B^* = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2/3 & 1 \\ 2/3 & 1/3 \end{bmatrix}; x^{(1)} = (0, 1); x^{(2)} = (2/3, 1); x^{(3)} = (2/3, 1/3)$$

Để tính giá trị trung bình và độ lệch của phân phối  $F_i (i=1, \dots, k)$ , Morris lấy 1 mẫu ngẫu nhiên của r yếu tố, mà Morris thử những ma trận định hướng độc lập phụ thuộc vào r (tương ứng với r quỹ đạo khác nhau, với mỗi 1 điểm bắt đầu khác nhau). Từ đó mỗi ma trận định hướng cho 1 ảnh hưởng sơ cấp cho mỗi yếu tố, và ma trận gây ra những mẫu rk hướng, cho mỗi  $F_i (i=1, \dots, k)$ . Thiết kế này cho k ước lượng tương quan cho mỗi quỹ đạo (ma trận định hướng) ở đó r quỹ đạo độc lập cho r ước lượng độc lập. Do đó, giá trị trung bình  $\mu$  và độ lệch chuẩn S cho k yếu tố có thể được đánh giá thông qua ước lượng cổ điển cho một mẫu ngẫu nhiên độc lập.

Tiến bộ chính của thiết kế Morris là giá thành tính toán tương đối thấp. Thiết kế đòi hỏi khoảng 1 đánh giá/ảnh hưởng sơ cấp tính toán, và một số  $r$  ảnh hưởng sơ cấp được tính cho mỗi yếu tố. Do đó thiết kế đòi hỏi tổng số bước chạy là hàm tuyến tính của số yếu tố thứ  $k$ . Giá thành kinh tế của thiết kế là  $r_k/r_{(k+1)}=k/(k+1)$ .

Hạn chế chính của phương pháp là sự tương tác riêng lẻ giữa các yếu tố không được tính đến. Phương pháp có thể cung cấp một phép đo tổng thể sự tương tác của 1 yếu tố với các phần còn lại của mô hình nhưng không đưa ra thông tin rõ ràng về đặc tính tương tác.

Việc phân tích độ nhạy các thông số trong mô hình WetSpa cải tiến đã từng được thực hiện bởi Bahremand và De Smedt (2008) bằng PEST. Hai tác giả này đề xuất để nghiên cứu sâu hơn, nên sử dụng một phương pháp tổng thể để phân tích độ nhạy. Phương pháp cục bộ, như PEST, chỉ sử dụng các dữ liệu cục bộ không phản ánh được toàn bộ không gian thông số, do đó kết quả chỉ đúng với độ nhạy và độ bất định cục bộ [10]. Trong luận văn này sử dụng phương pháp Morris để phân tích độ nhạy tổng thể cho các thông số trong mô hình WetSpa cải tiến.

### **Chương 3. SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP MORRIS ĐỂ ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY CÁC THÔNG SỐ TRONG MÔ HÌNH WETSPA CẢI TIẾN TRÊN LƯU VỰC SÔNG VỆ - TRẠM AN CHỈ**

#### **3.1. THU THẬP VÀ XỬ LÝ DỮ LIỆU**

##### **3.1.1. Dữ liệu không gian**

Trong mô hình WetSpa cải tiến sử dụng 3 bản đồ số là: DEM, bản đồ đất và sử dụng đất. Ngoài ra để so sánh và tính toán các đặc trưng lưu vực còn cần sử dụng đến bản đồ mạng lưới sông suối và bản đồ mạng lưới trạm thủy văn trên lưu vực. [5, 15, 31, 33, 34]

Bản đồ DEM với kích thước 90x90 m dùng để tính toán các tham số liên quan đến địa hình (hình 3.1).

Các loại thảm phủ trên lưu vực sông Vệ được chuyển đổi sao cho phù hợp với các thuộc tính trong mô hình và đưa về cùng kích cỡ ô lưới giống DEM. Từ bản đồ này ta có được các tham số về hệ số dòng chảy tiềm năng và khả năng trữ của các vùng trũng.

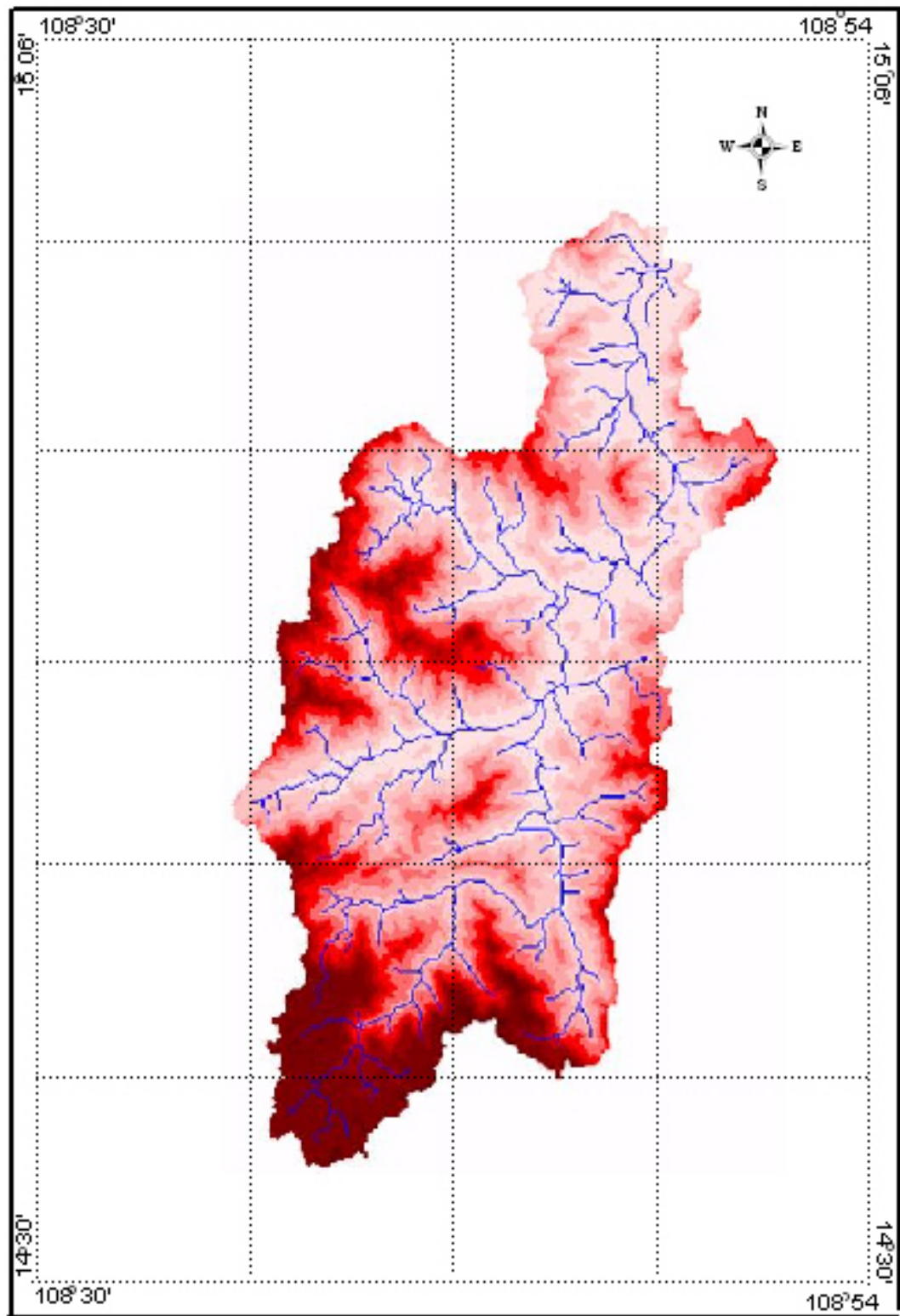
Các loại đất trên lưu vực sông cũng được thay đổi cho phù hợp với các loại đất trong mô hình và đưa về kích cỡ ô lưới 90x90m [16, 17]. Từ bản đồ này, các tham số về khả năng về độ rỗng, độ dẫn thủy lực, độ ẩm dư... được đưa vào mô hình.

##### **3.1.2. Số liệu khí tượng**

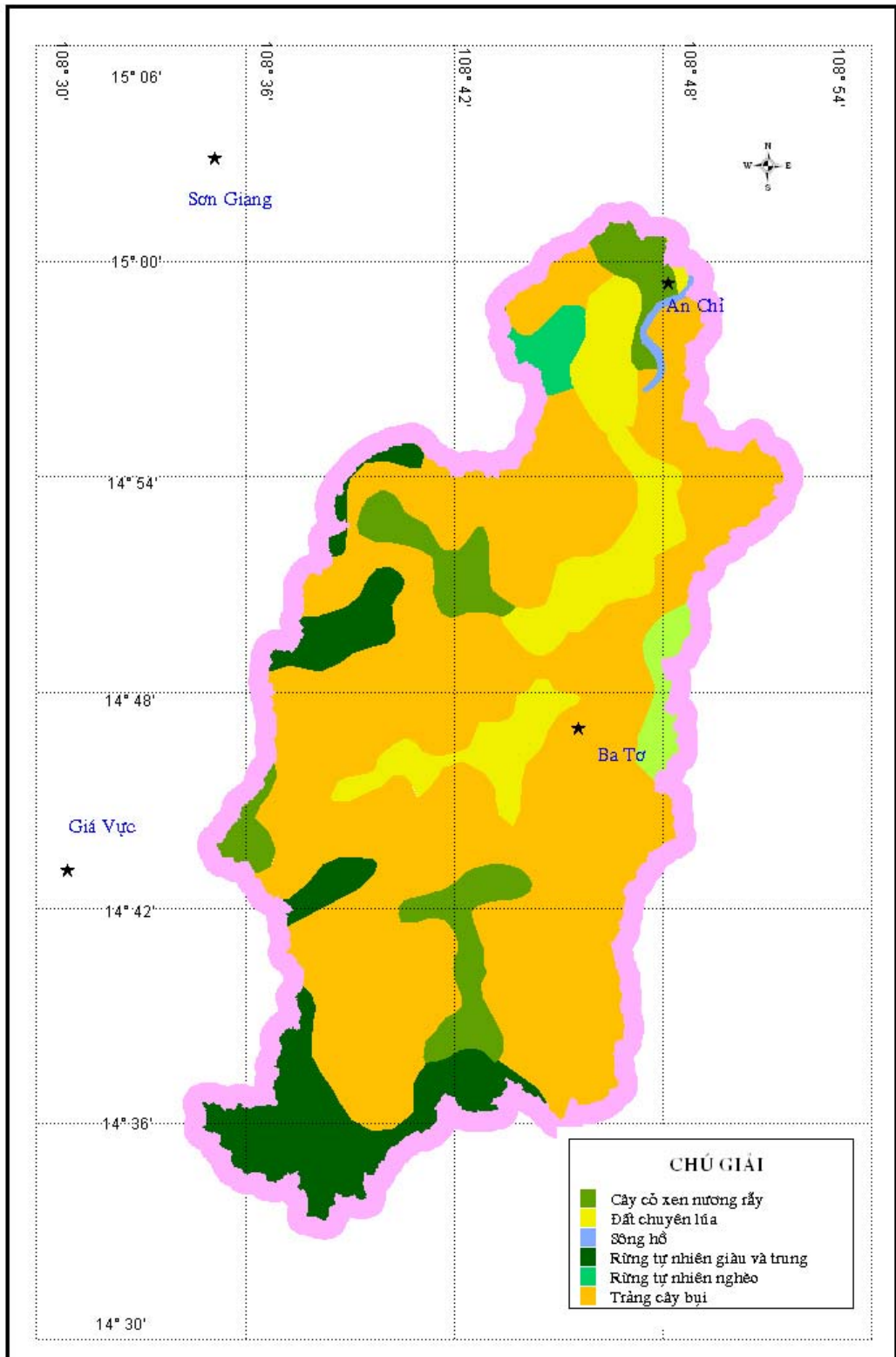
Số liệu mưa tại 4 trạm An Chỉ, Sơn Giang, Giá Vực, Ba Tơ được sử dụng để tính toán dòng chảy trên lưu vực. Trong đó, có hai trạm Ba Tơ và An Chỉ là trạm nằm trong lưu vực, hai trạm đo còn lại Sơn Giang và Giá Vực nằm ngoài lưu vực, được sử dụng để vẽ đa giác Thiessen và nội suy số liệu mưa trên toàn bộ lưu vực. Số liệu mưa quan trắc 6 giờ một lần được quy về mưa hàng giờ.

##### **3.1.3. Số liệu thủy văn**

Chuỗi số liệu lưu lượng tại trạm An Chỉ được sử dụng để so sánh với kết quả đầu ra của mô hình. Các trận lũ sử dụng là trận lũ tháng 11, 12 năm 1999 và trận lũ tháng 10 năm 2003. Số liệu quan trắc được quy về số liệu giờ.

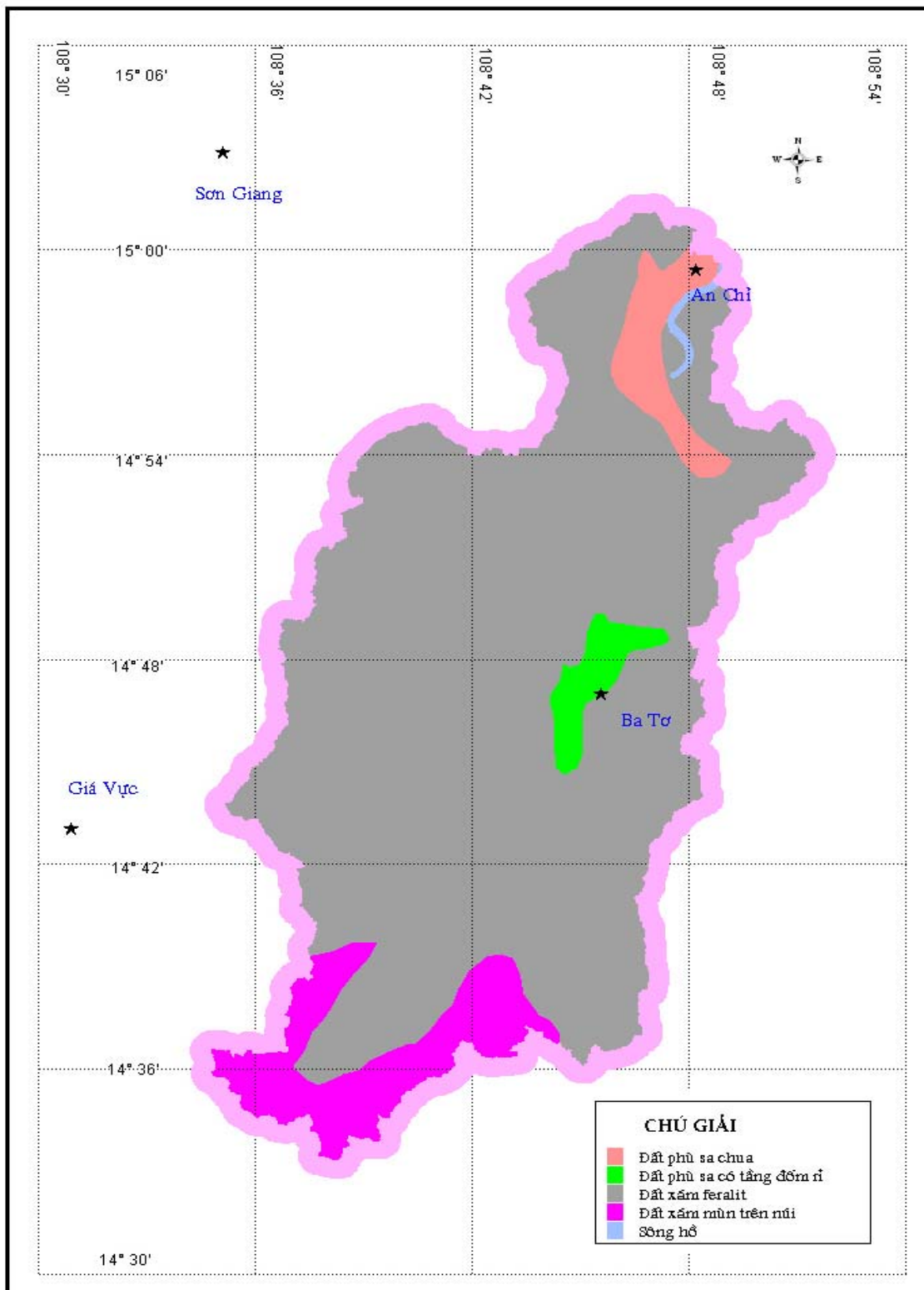


**Hình 3.1. Địa hình lưu vực sông Vê đến trạm An Chỉ**



Hình 3.2. Bản đồ sử dụng đất trên lưu vực sông Vê, trạm An Chi





Hình 3.3. Bản đồ đất trên lưu vực sông Vê, trạm An Chỉ

## 3.2. ĐÁNH GIÁ ĐỘ NHẠY CÁC THÔNG SỐ

Các bước thực hiện đánh giá độ nhạy mô hình gồm có:

### 3.2.1. Tính toán trong Arcview

Sử dụng phần mềm Arcview tính toán nội suy các bản đồ thông số địa hình, thủy văn, thủy lực tại từng ô lưới trên lưu vực: [5, 15, 31, 33, 34]

- Tính toán hướng dòng chảy và tích tụ dòng chảy
- Tính toán mạng lưới sông suối, với kích thước ô lưới ban đầu là 400, phân cấp sông suối
- Tính toán độ dốc với giá trị độ dốc nhỏ nhất là 0.01%
- Tính toán bán kính thủy lực cho từng ô lưới ứng với tần suất lũ 2 năm
- Phân chia lưu vực thành 13 lưu vực con với giá trị ô lưới là 4000
- Tính toán độ dẫn thủy lực
- Tính toán độ rỗng của đất
- Tính toán khả năng trữ
- Tính toán lượng ẩm dư
- Tính toán chỉ số phân bố kích cỡ độ rỗng của đất
- Tính toán giai đoạn héo của thực vật
- Tính toán độ sâu của đới rễ cây
- Tính toán khả năng ngưng tụ
- Tính toán hệ số Manning sử dụng bảng tra của mô hình
- Tính toán hệ số dòng chảy tiềm năng với giả thiết bề mặt không thấm là 70%
- Tính toán khả năng trữ
- Tính toán vận tốc dòng chảy và thời gian chảy trong ô lưới và lưu vực con
- Phân chia đa giác Thiessen từ các trạm mưa đã có

Các bản đồ thông số này được xuất ra dưới định dạng ASCII phù hợp với đầu vào của ngôn ngữ lập trình Fortran.

### 3.2.2. Lựa chọn các thông số đưa vào phân tích độ nhạy

Liu (2004) [33] đã đưa ra một bảng phân tích độ nhạy thông số dùng cho hiệu chỉnh mô hình trong Arcview như sau:

**Bảng 3.1. Độ nhạy các thông số trong mô hình WetSpa (Liu 2004)**

Thông số	Độ nhạy tương đối	Ảnh hưởng chính	Ưu tiên hiệu chỉnh	Đánh giá độc lập
<b>Giáng thủy/ Bốc thoát hơi nước</b>				
Trọng số trạm đo	Cao	Thể tích dòng chảy	1	x
Yếu tố hiệu chỉnh	Cao	Thể tích dòng chảy	1	
Tỉ lệ che phủ	Cao	Thể tích dòng chảy	2	
Gradient giáng thủy theo phương thẳng đứng	Trung bình	Thể tích dòng chảy	2	x
Gradient bốc thoát hơi nước theo phương thẳng đứng	Trung bình	Thể tích dòng chảy	2	x
Lượng trữ nước ngầm cục đại	Trung bình	Đường nước thấp	2	
<b>Tuyết tan</b>				
Nhiệt độ nền	Cao	Tuyết tan	1	x
Thông số nhiệt độ ngày	Cao	Tuyết tan	1	x
Thông số mưa ngày	Cao	Tuyết tan	2	x
Tốc độ đoạn nhiệt	Cao	Tuyết tan	2	x

Thông số	Độ nhạy trong đối	Ảnh hưởng chính	Ưu tiên hiệu chỉnh	Đánh giá độc lập
Phân phối dòng chảy				
Hệ số dòng chảy tiềm năng	Cao	Thể tích, đường nước lớn	1	
Thành phần dòng chảy mặt	Cao	Thể tích, đường nước lớn	1	
Cường độ mưa vượt ngưỡng	Cao	Thể tích, đường nước lớn	1	
Tỉ lệ phân trăm không thấm	Cao	Thể tích, đường nước lớn	1	x
Khả năng giữ nước	Trung bình	Thể tích dòng chảy	2	x
Khả năng triết giảm	Trung bình	Thể tích dòng chảy	2	x
Quá trình dòng chảy				
Hệ số nhám bề mặt	Trung bình	Đường nước lớn	2	x
Hệ số nhám trong sông	Cao	Đường nước lớn	2	x
Bán kính thủy lực	Cao	Đường nước lớn	2	
Giới hạn độ dốc nhỏ nhất	Trung bình	Đường nước lớn	3	
Giới hạn mạng lưới sông	Trung bình	Đường nước lớn	3	
Yếu tố dòng ngầm	Cao	Thể tích, dạng đường quá trình	1	
Hệ số rút nước	Cao	Đường nước thấp	1	

Thông số	Độ nhạy trọng đối	Ảnh hưởng chính	Ưu tiên hiệu chỉnh	Đánh giá độc lập
Số lưu vực con	Trung bình	Đường nước thấp	3	
Đặc tính của đất				
Tính dẫn nước	Trung bình	Thể tích dòng chảy	3	x
Độ rỗng	Thấp	Thể tích dòng chảy	3	x
Khả năng ngăn nước	Thấp	Thể tích dòng chảy	3	x
Độ ẩm giới hạn dưới	Thấp	Thể tích dòng chảy	3	x
Thành phần ẩm dư	Thấp	Thể tích dòng chảy	3	x
Chỉ số phân bố kích thước rỗng	Thấp	Thể tích dòng chảy	3	x
Độ sâu đới rễ cây	Trung bình	Thể tích dòng chảy	3	x
Điều kiện ban đầu				
Độ ẩm đất	Thấp	Dạng đường quá trình	3	x
Lượng trữ nước ngầm	Thấp	Dạng đường quá trình	3	x
Lượng nước bị giữ lại	Thấp	Dạng đường quá trình	3	x
Lượng triết giảm	Thấp	Dạng đường quá trình	3	x
Dòng chảy cơ sở ban đầu	Thấp	Dạng đường quá trình	3	x

(Nguồn: Documentation and User Manual WetSpa Extension)

Trong đó, những thông số độc lập là những thông số phụ thuộc nhiều vào bản chất vật lý, nên chúng được xác định là độc lập với quá trình hiệu chỉnh. Ngoài ra có một số thông số như lượng trữ nước ngầm cực đại, hệ số rút nước, số lưu vực con, giới hạn độ dốc nhỏ nhất, giới hạn mạng lưới sông, hoặc chỉ ảnh hưởng tới đường nước thấp, hoặc có độ nhạy trung bình, có thể không cần đưa vào phân tích độ nhạy. Thông số về tỉ lệ che phủ, bán kính thủy lực, hệ số dòng chảy tiềm năng mặc dù nhạy nhưng lại được tính toán từ các bản đồ trong Arcview nên không thể đưa vào hiệu chỉnh tự động. Như vậy, trong số các thông số được đề xuất trên đây, chỉ có yếu tố hiệu chỉnh giáng thủy/bốc thoát hơi nước ( $K_{ep}$ ), thành phần dòng chảy mặt ( $K_{run}$ ), hệ số dòng ngầm ( $C_g$ ), cường độ mưa vượt ngưỡng ( $P_{max}$ ) là đáng chú ý.

Các phân tích dưới đây sẽ phân tích kỹ hơn các thông số này và xem xét thêm một số các thông số khác trong mô hình.

#### *Thông số tổng thể [33]*

A. Bahremand và F. De Smedt (2007) [10] đã chỉ ra 11 thông số chính có thể hiệu chỉnh được trong mô hình WetSpa, các thông số còn lại được tính toán tự động trong Arcview và không thể thay đổi được. 11 thông số này cùng cũng đồng thời là 11 trong số 12 thông số toàn cục có trong mô hình, bao gồm: hệ số dòng sát mặt, hệ số dòng ngầm, độ ẩm đất, thông số hiệu chỉnh bốc thoát hơi nước khả năng, lượng trữ nước ngầm ban đầu, lượng trữ nước ngầm cực đại, nhiệt độ tuyết tan, hệ số nhiệt độ, hệ số mưa, hệ số dòng chảy mặt, cường độ mưa tương ứng với hệ số dòng chảy mặt bằng 1, và một thông số nữa không thể đưa vào phân tích độ nhạy là thời gian.

Những tham số này mang tính chất vật lý quan trọng trong kiểm soát quá trình sản sinh dòng chảy và lưu lượng ở cửa ra lưu vực, nhưng lại rất khó xác định chính xác trên từng ô lưới. Do đó, việc hiệu chỉnh những tham số toàn cục này dựa vào số liệu dòng chảy thực đo là cần thiết đối với mô hình phân phối này.

\* Thời gian tính toán  $dt(h)$

Trong mô hình, ta có thể sử dụng chuỗi số liệu tính toán theo bước thời gian giờ hay ngày. Giá trị của  $dt$  phụ thuộc vào chuỗi số liệu đo đạc được,  $dt$  bằng 1 đối

với chuỗi quan trắc hàng giờ, dt bằng 24 đối với chuỗi quan trắc hàng ngày. Thông số này không thể hiệu chỉnh được.

\* Thông số dòng sát mặt  $C_i$

Dòng sát mặt là thành phần quan trọng của cân bằng nước trong đất. Nó là lượng nước thấm xuống lớp đất mặt và di chuyển theo phương ngang đến khi gia nhập vào dòng chính. Đây là thành phần dòng chảy chủ yếu ở vùng nhiệt đới ẩm, đặc biệt là ở các vùng dốc và có độ che phủ tốt. Trong mô hình WetSpa cải tiến, dòng sát mặt được giả định xảy ra sau quá trình ngấm khi độ ẩm đất vượt quá khả năng chứa nước và gradient thủy lực đủ lớn để làm nước chảy, và ngừng khi lượng ẩm của đất thấp hơn khả năng trữ.

Do tính không đẳng hướng của nước phụ thuộc vào dẫn xuất thủy lực, phần dòng chảy trong đất có gradient thủy lực theo phương ngang lớn hơn theo phương thẳng đứng. Mặc dù trong mô hình giả thiết thành phần đất không đổi, trên thực tế, độ xốp và độ thấm của đất có xu hướng giảm theo độ dày, sức nặng của lớp đất phủ và vận chuyển vật chất trong nước. Hơn nữa, nước trong đất nhanh chóng tập trung thành dòng chảy qua đới rễ cây, đường hầm của sinh vật, hay các ống sinh ra bởi sự xói lở dòng sát mặt có thể góp phần quyết định đỉnh lũ. Để tính toán những ảnh hưởng này, trong mô hình sử dụng tham số hiệu chỉnh dẫn xuất thủy lực phương ngang trong tính toán dòng chảy sát mặt. Hệ số này thường lớn hơn 1, và có thể hiệu chỉnh bằng cách so sánh phần chênh lệch của lưu lượng lũ tính toán so với lưu lượng thực đo.

Trong WetSpa, lượng dòng chảy sát mặt được tính toán từ định luật Darcy:

$$RI_i(t) = C_i D_i S_i K_i[\theta_i(t)] \Delta t / W_i$$

trong đó :  $RI_i(t)$  (mm) là lượng dòng sát mặt chảy ra từ ô thứ  $i$  ở mỗi bước thời gian (h),  $D_i$  là độ sâu rễ ở ô thứ  $i$  (m),  $S_i$  là độ dốc ở ô thứ  $i$  (m/m),  $K_i[\theta_i(t)]$  là độ dẫn thủy lực tương đương với lượng ẩm trung bình ở thời gian  $t$  (mm/h),  $W_i$  là chiều rộng của ô thứ  $i$  (m),  $C_i$  là hệ số không thứ nguyên phản ánh ảnh hưởng của vật chất hữu cơ, đới rễ cây và mật độ sông suối tới tính truyền dẫn thủy lực theo phương

ngang của lớp đất trên cùng. Hệ số này góp phần quyết định dòng chảy ra của lưu vực. Theo A. Bahremand và F. De Smedt (2007) [10]  $C_i$  thường có giá trị lớn hơn 1.

\* Hệ số triệt giảm dòng ngầm  $C_g$

$C_g$  phản ánh chế độ triệt giảm nước ngầm cho toàn bộ lưu vực. Dòng chảy ngầm được đánh giá trên phạm vi toàn bộ lưu vực theo phương trình:

$$QG_s(t) = C_g [SG_s(t)/1000]^m$$

trong đó  $QG_s(t)$  là dòng ngầm ở cửa ra của lưu vực con thứ  $s$  ( $m^3/s$ ),  $SG_s(t)$  là lượng trữ nước ngầm ở lưu vực con thứ  $s$  ở thời điểm  $t$  (mm), số mũ  $m=1$  cho hồ chứa tuyến tính và  $m=2$  cho hồ chứa phi tuyến,  $C_g$  là hệ số triệt giảm dòng ngầm phụ thuộc vào diện tích, hình dạng, thể tích của lỗ hổng và khả năng truyền nước của lưu vực con. Nó phản ánh đặc tính trữ nước của lưu vực con, và do đó, là không đổi cho toàn bộ dòng chảy tại một vị trí nhất định. Để đơn giản mô hình, một giá trị chung cho hệ số triệt giảm dòng ngầm được xác định tại cửa ra lưu vực trong 1 file đầu vào. Hệ số này đặc trưng cho mỗi lưu vực con dựa vào diện tích thoát nước và độ dốc trung bình, trong đó giá trị cao hơn được ấn định cho lưu vực con có diện tích thoát nước lớn và độ dốc lớn, và giá trị thấp hơn cho lưu vực con có diện tích thoát nước nhỏ và độ dốc thoải. Việc hiệu chỉnh thông số này dựa vào việc so sánh quá trình dòng chảy kiệt thực đo và tính toán là rất cần thiết.

\* Tiêu chuẩn độ ẩm đất  $K_{ss}$

$K_{ss}$  liên quan tới sức chứa tối đa và độ ẩm đất ban đầu. Độ ẩm đất là thành phần then chốt trong mô hình điều khiển các quá trình thủy văn sản sinh dòng chảy mặt, bốc thoát hơi nước, thấm và dòng sát mặt. Nếu mô hình được sử dụng mô phỏng dòng chảy hạn ngắn hay dự báo lũ khả năng, điều kiện độ ẩm trở thành một trong những yếu tố quan trọng nhất trong việc sản sinh dòng chảy cũng như phân phối của nó.  $K_{ss}$  liên quan đến chỉ số độ ẩm địa hình TWI được đưa vào mô hình để đánh giá độ ẩm thời kỳ trước của một lưu vực với  $TWI = \ln(A/S)$ , trong đó  $A$  là diện tích lưu vực dốc ngược ( $km^2$ ) và  $S$  là độ dốc địa phương. Giá trị này có thể được điều chỉnh trong suốt quá trình hiệu chỉnh bằng cách phân tích cân bằng nước



đầu ra và so sánh giữa lưu lượng tính toán và thực đo cho giai đoạn ban đầu.

\* Thông số hiệu chỉnh bốc thoát hơi nước khả năng  $K_{ep}$

Tốc độ bốc thoát hơi nước khả năng liên quan đến bề mặt nước hay cỏ bao phủ trên diện rộng. Để tính đến những ảnh hưởng này, cần sử dụng một hệ số hiệu chỉnh, hệ số này thường gần bằng 1, thường được đưa vào mô hình dưới dạng một hằng số giả định cho toàn lưu vực trong suốt chuỗi thời gian và có thể được hiệu chỉnh bởi mô hình thông qua mô phỏng cân bằng nước hạn dài.

\* Lượng trữ nước ngầm ban đầu  $G_0$

$G_0$  chính là độ sâu tầng nước ngầm (mm). Trong WetSpa cải tiến, cân bằng nước ngầm được duy trì trên quy mô lưu vực con và coi lượng trữ nước ngầm hiệu quả là một phần của lượng trữ trong tầng ngầm nước góp phần vào dòng chảy mặt. Một giá trị lượng trữ nước ngầm ban đầu theo độ sâu (mm) được thiết lập trong file thông số đầu vào cho tất cả các lưu vực con. Giá trị này có thể được điều chỉnh trong suốt quá trình hiệu chỉnh bằng cách so sánh giữa dòng chảy tính toán và thực đo cho giai đoạn ban đầu, là một trong những điều kiện ban đầu quan trọng trong mô hình.

\* Lượng trữ nước ngầm cực đại  $G_{max}$

Lượng trữ nước ngầm cực đại là độ sâu cực đại của tầng nước ngầm trên lưu vực. Mặc dù là thông số rất quan trọng nhưng  $G_{max}$  thường không thể đo đạc được trực tiếp mà phải giả định mang một giá trị nào đó, giá trị này có thể được thay đổi trong quá trình hiệu chỉnh mô hình.

\*  $T_0$

$T_0$  là giá trị nhiệt độ cơ sở ( $^{\circ}C$ ) mà tại đó giáng thủy thay đổi trạng thái từ mưa thành tuyết, giá trị điển hình thường bằng 0 hoặc rất gần với 0.

\*  $K_{snow}$

$K_{snow}$  là hệ số tan chảy tuyết theo nhiệt độ hàng ngày ( $mm/^{\circ}C/ngày$ ). Phạm vi hệ số nhiệt độ ngày điển hình là  $1.8 - 3.7mm/^{\circ}C/ngày$  đối với mưa tự do. Thông thường, hệ số nhiệt độ ngày thay đổi cả theo thời gian và không gian, nhưng trong

mô hình WetSpa nó được coi là một thông số toàn cục và mang một giá trị cố định cho toàn bộ lưu vực.

\*  $K_{rain}$

Hệ số nhiệt độ - mưa ngày ( $mm/mm/^\circ C/day$ ) quyết định tốc độ tuyết tan gây ra bởi sự ngưng tụ của không khí ẩm trên bề mặt tuyết và sự truyền nhiệt bình lưu cho tuyết thông qua giáng thủy, và được sử dụng để tính toán tuyết tan thêm vào lượng mưa rơi. Giá trị hệ số mưa ngày thường rất nhỏ, điển hình khoảng  $0.01 mm/mm/^\circ C/ngày$ . Nếu giá trị bằng 0, ảnh hưởng của mưa đối với tuyết tan sẽ không được xét đến.

Đối với các lưu vực ở Việt Nam, thường không có băng tuyết nên có thể bỏ qua 3 thông số  $T_0$ ,  $K_{snow}$ ,  $K_{rain}$

\*Thông số dòng chảy mặt  $K_{run}$

$K_{run}$  là hệ số dòng chảy mặt đối với cường độ mưa rất nhỏ gần bằng 0. Đây là một hệ số quan trọng, phản ánh dòng chảy mặt cơ sở trên lưu vực.

\*Cường độ mưa tương ứng với thành phần dòng chảy mặt bằng 1  $P_{max}$

Thông số này là cường độ mưa giới hạn (hay chính là cường độ mưa vượt ngưỡng) với đơn vị là  $mm/h$  hay  $mm/ngày$  phụ thuộc vào bước thời gian của quá trình mô phỏng, với hệ số dòng chảy mặt bằng 1.

Trên thực tế giá trị 2 thông số này thay đổi theo không gian, phụ thuộc vào đặc tính từng ô lưới, như loại đất, sử dụng đất, độ dốc..., để đơn giản trong mô hình giả thiết  $K_{run}$  và  $P_{max}$  là hằng số. Việc hiệu chỉnh 2 thông số này có thể được thực hiện bằng cách so sánh lượng dòng chảy mặt và đỉnh lũ tính toán và thực đo.

Do  $T_0$ ,  $K_{snow}$  và  $K_{rain}$  là các thông số chỉ ảnh hưởng đến quá trình dòng chảy trong mùa tuyết tan nên không được sử dụng để phân tích độ nhạy, A. Bahreman và F. De Smedt (2007) [10] đã tiến hành phân tích 8 thông số còn lại bằng phương pháp PEST tính toán được độ nhạy của chúng theo thứ tự như trong bảng 3.2 và khẳng định mối quan hệ nghịch biến giữa  $K_{ss}$  và  $G_0$ .

**Bảng 3.2. Kết quả phân tích độ nhạy của Bahremand và Smedt**

Độ nhạy	1	2	3	4	5	6	7	8
Thông số	$K_{ep}$	$K_{run}$	$K_{ss}$	$K_i$	$K_g$	$P_{max}$	$G_0$	$G_{max}$

Từ kết quả trên có thể thấy trong số 8 thông số này, thông số hiệu chỉnh bốc thoát hơi nước khả năng  $K_{ep}$  là thông số có độ nhạy lớn nhất. Tuy nhiên, số liệu đo bốc thoát hơi nước thường rất thiếu nên thông số này sẽ được đưa vào tính toán dưới một dạng khác, là một hệ số có liên quan đến mưa như phân tích dưới đây :

*Mưa, bốc thoát hơi nước*

Hai yếu tố rất khó xác định là mưa và bốc hơi. Đối với lưu vực sông Vệ, do không có số liệu bốc thoát hơi nước nên ảnh hưởng của bốc thoát hơi nước được đưa vào mô hình với tư cách một thành phần triết giảm của mưa (%) [15, 31]. Như vậy lượng mưa được tính theo công thức:

$$x_{model} = x * k_r \quad (3.1)$$

trong đó:  $x_{model}$  là lượng mưa đầu vào của mô hình,  $x$  là lượng mưa thực đo (hoặc từ mô hình dự báo mưa),  $k_r$  là hệ số triết giảm của mưa do bốc thoát hơi nước (%).

*Thông số tính toán từ ArcView*

Ngoài ra, để cho đường quá trình tính toán phù hợp với đường quá trình thực đo ta có thể hiệu chỉnh các tham số mô hình trong phần ArcView để đạt được kết quả tốt nhất. Việc thay đổi các tham số này là cần thiết vì các giá trị kinh nghiệm trong mô hình được áp dụng cho các lưu vực ở Châu Âu với điều kiện thảm phủ, thổ nhưỡng không giống như lưu vực ở Việt Nam.

\* Hệ số dòng chảy ngầm (m) chịu ảnh hưởng của các kích bản sử dụng đất, loại đất, độ dốc, cường độ mưa và điều kiện độ ẩm đất, độ sâu đới rễ cây. Trong mô hình gốc, m nhận giá trị từ 1 đến 2.

\* Hệ số triết giảm dòng chảy b

Hệ số triết giảm dòng chảy đại diện cho lượng nước bị giữ lại trên bề mặt đất do ảnh hưởng của sử dụng đất, loại đất và độ dốc. Trong mô hình gốc b nhận giá trị

bảng 1.35. Trong quá trình phân tích độ nhạy, giá trị của b sẽ được thay đổi theo phương pháp giống như đối với mưa.

Ngoài ra, trong mô hình còn có rất nhiều thông số được biểu diễn qua các hệ số trong các phương trình tính, các thông số này được tính toán thông qua các thông số toàn cục hay bộ phận xem xét ở trên, một số thông số lại được gán sẵn cho các giá trị xác định cho toàn bộ lưu vực nên chúng không có ý nghĩa đối với quá trình hiệu chỉnh mô hình cũng như phân tích độ nhạy. Như vậy, theo các phân tích ở trên, chỉ nên đưa 7 thông số toàn cục  $K_i$ ,  $K_g$ ,  $K_{ss}$ ,  $G_0$ ,  $G_{max}$ ,  $K_{run}$ ,  $P_{max}$ , hệ số mưa  $k_r$  và 2 thông số b và m vào phân tích độ nhạy.

### 3.2.3. Thiết lập ma trận B\*

Việc thiết lập ma trận B\* chứa các bộ thông số dùng để hiệu chỉnh theo phương pháp Morris được thực hiện bằng cách lập trình bằng ngôn ngữ Matlab. Mã lệnh của chương trình tính được ghi trong phụ lục 1.

Quá trình hiệu chỉnh ban đầu để tìm ra khoảng giá trị giới hạn của các tham số trong ma trận B\* đã được thực hiện bởi T. Doldersum [15] theo hai phương pháp Random Sampling và Latin Hypercube Sampling với hàm mục tiêu là chỉ tiêu Nash  $NS > 0.7$  (mức chấp nhận được). Khoảng giới hạn của các thông số được liệt kê trong bảng 3.3.

**Bảng 3.3. Khoảng giới hạn của các thông số đưa vào phân tích độ nhạy**

Thông số	$K_r$	$K_i$	$K_g$	$K_{ss}$	$G_0$	$G_{max}$	$K_{run}$	$P_{max}$	b	m
Giá trị nhỏ nhất	0.9	2	0.002	0	0	50	0	0	0.4	1
Giá trị lớn nhất	1.1	11	0.06	1.5	50	150	10	500	1.6	2

### 3.2.4. Tính toán lưu lượng đầu ra

Việc hiệu chỉnh tự động cho mô hình được thực hiện trên cơ sở chỉnh sửa mã nguồn của mô hình bằng ngôn ngữ lập trình Fortran để thay vì chỉ tính toán lưu lượng đầu ra đối với từng bộ thông số nhất định, có thể đưa tất cả các bộ thông số (được chứa trong ma trận B\*) vào tính toán trong một lần vận hành, kết quả đầu ra

của mô hình sẽ là lưu lượng tại cửa ra tương ứng với từng bộ thông số. Mã lệnh của chương trình tính được ghi trong phụ lục 2.

Trong luận văn này đã đưa 10000 bộ thông số vào tính toán tự động, cho ra kết quả 10000 trường hợp lưu lượng đầu ra tại trạm An Chi, sử dụng số liệu mưa của hai trận lũ tháng 11 năm 1999 (trận lũ đơn tương đối nhỏ) và tháng 10 năm 2003 (lũ kép khá lớn). Sau khi tính toán kết quả cho hai trận lũ, kiểm tra và loại bỏ các bộ thông số cho kết quả không phù hợp.

### 3.2.5. Phân tích độ nhạy

Việc phân tích độ nhạy được thực hiện bằng cách lập trình trong ngôn ngữ Matlab, đưa tất cả các kết quả lưu lượng đầu ra ở trên vào tính toán. Độ nhạy của mô hình được đánh giá đối với 3 biến là đỉnh lũ, tổng lượng lũ và thời gian trễ. Mã lệnh của chương trình tính được ghi trong phụ lục 3.

Tính toán độ nhạy theo phương pháp Morris thu được kết quả như sau:

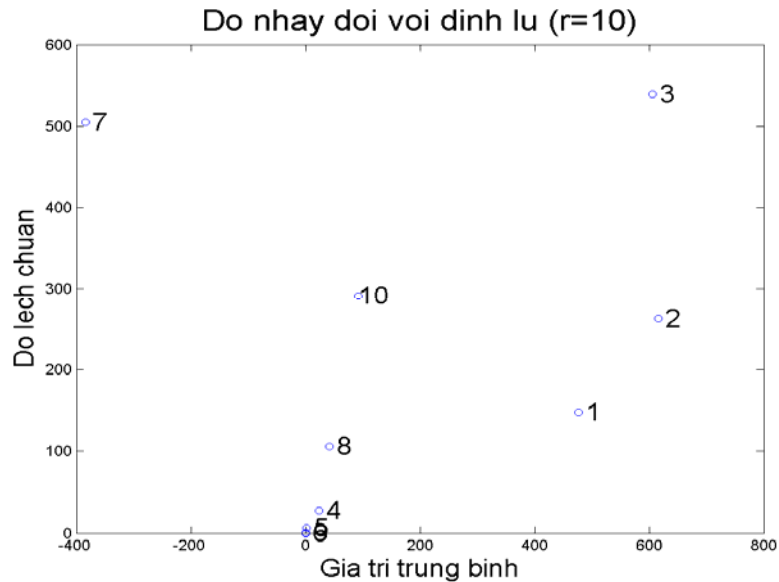
*Đối với trận lũ từ ngày 1 đến ngày 7 tháng 11 năm 1999*

**Bảng 3.4. Kết quả phân tích độ nhạy đối với đỉnh lũ cho trận lũ tháng 11 năm 1999 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chi**

Thông số	$\mu$	S	$\mu^2 + S^2$
3	606.04	538.93	811
2	615.6	262.05	669.06
7	-384.49	504.51	634.32
1	476.4	147.89	498.82
10	91.9	290.61	304.8
8	42.265	106.12	114.23
4	23.431	27.456	36.095
5	2.55	6.2698	6.7685
9	0.0075	0.0079057	0.010897
6	0	0	0

Thông số thứ 3 ( $K_g$ ) và 7 ( $K_{run}$ ) có độ lệch chuẩn cao, cho thấy nó có sự tương tác rất lớn với các thông số khác. Thông số thứ 1 ( $K_r$ ), 2 ( $K_i$ ), 8 ( $P_{max}$ ) và 10 (b) có độ lệch chuẩn tương đối lớn thể hiện khả năng tương tác lẫn nhau và với các thông số khác. Các thông số 1 ( $K_r$ ), 2 ( $K_i$ ) và 3 ( $K_g$ ) có giá trị trung bình cao thể hiện mức

ảnh hưởng mạnh đối với giá trị đỉnh dòng chảy, thông số 8 ( $P_{max}$ ) và 10 (m) có giá trị trung bình tương đối lớn, cũng có ảnh hưởng đáng kể đến đầu ra. Các thông số còn lại 4 ( $K_{ss}$ ), 5 ( $G_0$ ) và 6 ( $G_{max}$ ) không nhạy đối với đỉnh lũ.



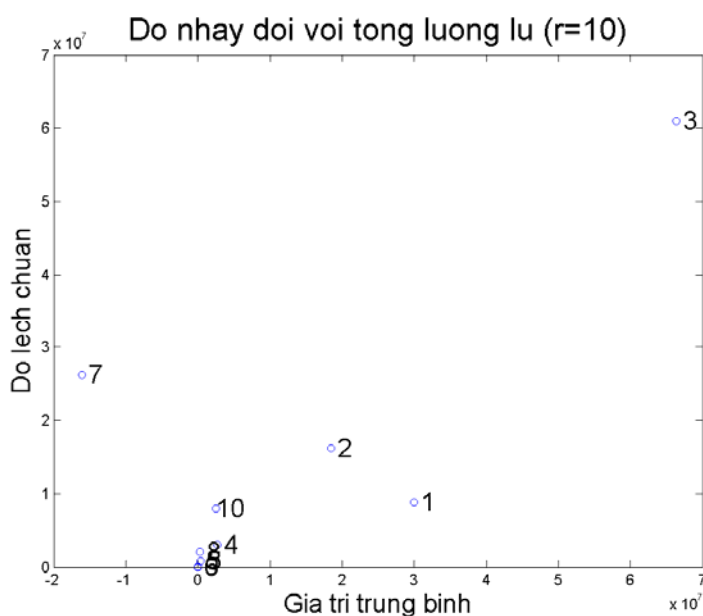
**Hình 3.4. Biểu diễn độ nhạy đối với đỉnh lũ cho trận lũ tháng 11 năm 1999 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

**Bảng 3.5. Kết quả phân tích độ nhạy đối với tổng lượng lũ cho trận lũ tháng 11 năm 1999 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

Thông số	$\mu$	S	$\mu^2 + S^2$
3	6.6329x107	6.1011x107	9.0122x107
1	2.994x107	8.8145x106	3.1211x107
7	-1.6038x107	2.6249x107	3.0761x107
2	1.8503x107	1.6145x107	2.4557x107
10	2.5177x106	7.9617x106	8.3503x106
4	2.7175x106	2.9901x106	4.0404x106
8	2.4714x105	2.0837x106	2.0983x106
5	3.3487x105	8.2183x105	8.8744x105
9	842.4	1029.1	1329.9
6	0	0	0

Thông số  $K_g$  có độ lệch chuẩn rất cao, cho thấy sự tương tác rất mạnh với các thông số khác. Thông số  $K_r$ ,  $K_i$ ,  $K_{run}$  và  $m$  có độ lệch chuẩn khá lớn thể hiện khả năng tương tác lẫn nhau và với các thông số khác. Các thông số  $K_r$ ,  $K_i$  và  $K_g$  có giá

trị trung bình cao thể hiện mức ảnh hưởng mạnh đối với giá trị đỉnh dòng chảy. Các thông số còn lại không nhạy đối với tổng lượng lũ.

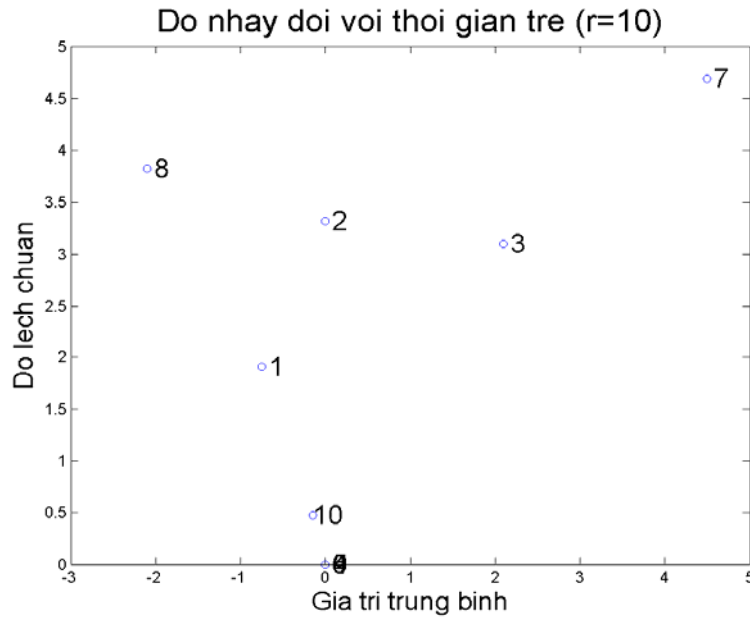


**Hình 3.5. Biểu diễn độ nhạy đối với tổng lượng lũ cho trận lũ tháng 11 năm 1999 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

**Bảng 3.6. Kết quả phân tích độ nhạy đối với thời gian trễ cho trận lũ tháng 11 năm 1999 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

Thông số	$\mu$	S	$\mu^2 + S^2$
7	4.5	4.6904	6.5
8	-2.1	3.821	4.36
3	2.1	3.0984	3.743
2	0	3.3166	3.3166
1	-0.75	1.9039	2.0463
10	-0.15	0.47434	0.49749
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
9	0	0	0

Các thông số đều có độ lệch chuẩn rất nhỏ nên hầu như không có tương tác lẫn nhau. Chỉ có thông số  $K_g$  và  $K_{run}$  có giá trị trung bình lớn hơn 1, tức là làm thay đổi thời gian trễ hơn 1 giờ, các thông số còn lại không làm thay đổi thời gian trễ.



**Hình 3.6. Biểu diễn độ nhạy đối với thời gian trễ cho trận lũ tháng 11 năm 1999 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

*Đối với trận lũ từ ngày 14 đến ngày 19 tháng 10 năm 2003*

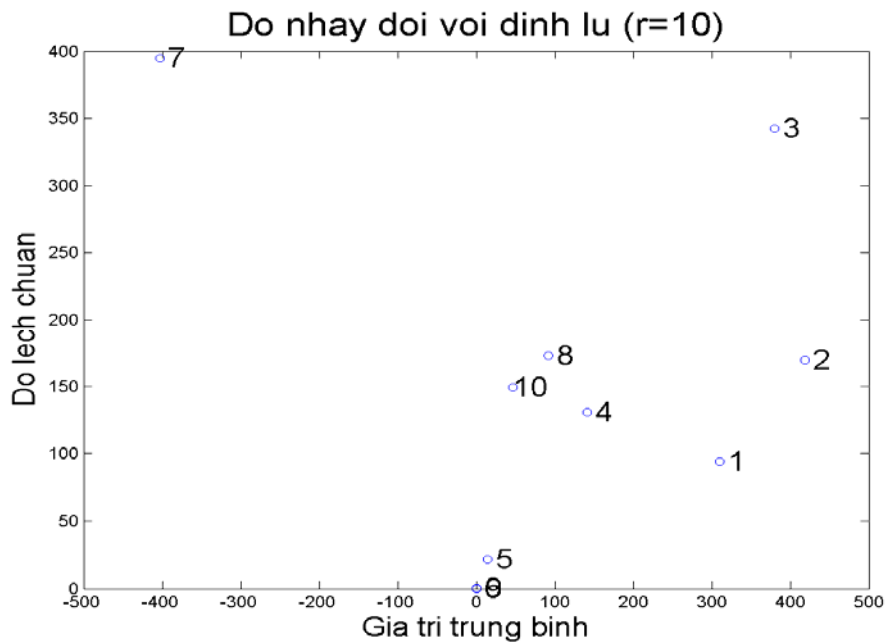
**Bảng 3.7. Kết quả phân tích độ nhạy đối với đỉnh lũ cho trận lũ tháng 10 năm 2003 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

Thông số	$\mu$	S	$\mu^2 + S^2$
7	-402.41	394.68	563.65
3	380.59	342.27	511.85
2	418.99	169.4	451.94
1	310.1	94.218	324.09
8	91.675	172.54	195.39
4	141.38	130.95	192.71
10	47.275	149.5	156.79
5	14.04	21.602	25.764
9	0.066	0.065268	0.092822
6	0	0	0

Thông số  $K_g$  và  $K_{run}$  có độ lệch chuẩn cao, cho thấy sự tương tác rất lớn với các thông số khác. Thông số  $K_r$ ,  $K_i$ ,  $K_{ss}$ ,  $P_{max}$  và  $m$  có độ lệch chuẩn tương đối lớn thể hiện khả năng tương tác lẫn nhau. Các thông số  $K_r$ ,  $K_i$ , và  $K_g$  có giá trị trung bình cao thể hiện mức ảnh hưởng mạnh đối với giá trị đỉnh dòng chảy, thông số  $K_{ss}$ ,



$P_{max}$  và  $m$  có giá trị trung bình tương đối lớn, cũng có ảnh hưởng đáng kể đến đầu ra. Các thông số  $G_0$ ,  $G_{max}$  và  $b$  không nhạy đối với đỉnh lũ.



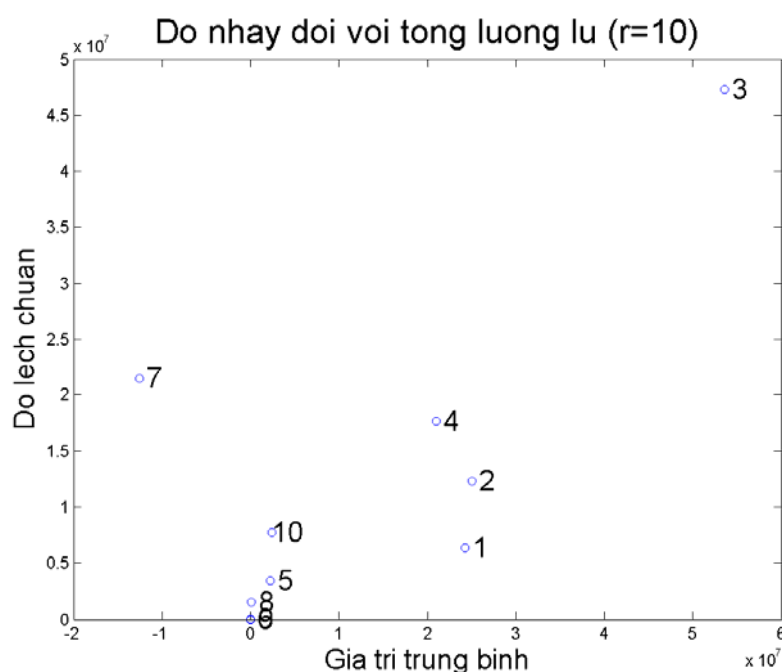
**Hình 3.7. Biểu diễn độ nhạy đối với đỉnh lũ cho trận lũ tháng 10 năm 2003 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

**Bảng 3.8. Kết quả phân tích độ nhạy đối với tổng lượng lũ cho trận lũ tháng 10 năm 2003 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

Thông số	$\mu$	S	$\mu^2 + S^2$
3	5.3568x107	4.7333x107	7.1484x107
2	2.5058x107	1.2309x107	2.7918x107
4	2.1017x107	1.7604x107	2.7415x107
1	2.4292x107	6.3958x106	2.512x107
7	-1.2582x107	2.1431x107	2.4852x107
10	2.4381x106	7.7098x106	8.0862x106
5	2.2622x106	3.4138x106	4.0953x106
8	1.2492x105	1.5029x106	1.508x106
9	9649.8	8332.1	12749
6	0	0	0

Thông số  $K_g$  có độ lệch chuẩn rất cao, cho thấy sự tương tác rất mạnh với các thông số khác. Thông số thứ  $K_r$ ,  $K_i$ ,  $K_{ss}$ ,  $K_{run}$  và  $m$  có độ lệch chuẩn khá lớn thể hiện khả năng tương tác lẫn nhau và với các thông số khác. Các thông số  $K_r$ ,  $K_i$ ,  $K_g$  và  $K_{ss}$  có

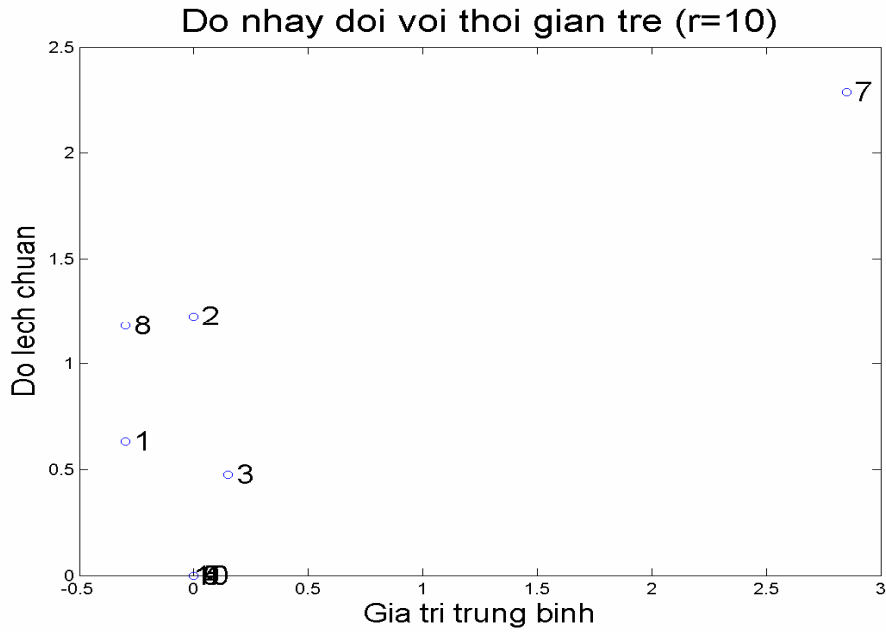
giá trị trung bình cao thể hiện mức ảnh hưởng mạnh đối với giá trị đỉnh dòng chảy. Các thông số còn lại  $G_0$ ,  $G_{\max}$ ,  $P_{\max}$  và  $b$  không nhạy đối với tổng lượng lũ.



**Hình 3.8. Biểu diễn độ nhạy đối với tổng lượng lũ cho trận lũ tháng 10 năm 2003 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

**Bảng 3.9. Kết quả phân tích độ nhạy đối với thời gian trễ cho trận lũ tháng 10 năm 2003 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

Thông số	$\mu$	S	$\mu^2 + S^2$
7	2.85	2.2858	3.6534
2	0	1.2247	1.2247
8	-0.3	1.1832	1.2206
1	-0.3	0.63245	0.7
3	0.15	0.47434	0.49749
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0



**Hình 3.9. Biểu diễn độ nhạy đối với thời gian trễ cho trận lũ tháng 10 năm 2003 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

Các thông số đều có độ lệch chuẩn rất nhỏ, không có tương tác lẫn nhau. Chỉ có thông số  $K_{run}$  có giá trị trung bình lớn hơn 1, các thông số còn lại không làm thay đổi thời gian trễ.

Các kết quả phân tích độ nhạy các thông số cho tất cả các trường hợp được tổng hợp trong bảng 3.10:

**Bảng 3.10. Tổng hợp các kết quả phân tích độ nhạy**

Thông số bắt buộc phải hiệu chỉnh	$K_g, K_{run}$
Thông số cần hiệu chỉnh	$K_r, K_i$
Thông số nên hiệu chỉnh thêm	$K_{ss}, G_0, G_{max}, P_{max}, b, m$
Thông số không cần hiệu chỉnh	Các thông số còn lại trong mô hình

### 3.3. HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM NGHIỆM MÔ HÌNH

Ứng dụng các kết quả phân tích độ nhạy ở trên để hiệu chỉnh mô hình WetSpa trên lưu vực sông Vệ cho trận lũ từ ngày 1 đến ngày 7 tháng 11 năm 1999, kiểm

định cho trận lũ từ ngày 14 đến ngày 18 tháng 10 năm 2003 và dự báo trận lũ từ ngày 1 đến ngày 8 tháng 12 năm 1999.

Trong mô hình WetSpa sử dụng 5 tiêu chuẩn để kiểm định là:

*Tiêu chuẩn về độ lệch:*

$$CR1 = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{S_i} - Q_{O_i})}{\sum_{i=1}^N Q_{O_i}} \quad (3.2)$$

trong đó: CR1: tiêu chuẩn về độ lệch,  $Q_{S_i}$  và  $Q_{O_i}$  là lưu lượng tính toán và thực đo ở bước thời gian thứ  $i$  ( $m^3/s$ ) và  $N$  là số lượng các bước thời gian trong toàn bộ giai đoạn hiệu chỉnh. Giá trị CR1 càng thấp thì tính phù hợp càng tốt, giá trị này bằng 0 thể hiện mô phỏng lượng dòng chảy thực đo tốt nhất.

*Độ tin cậy:*

$$CR2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{S_i} - \bar{Q}_o)^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{O_i} - \bar{Q}_o)^2} \quad (3.3)$$

trong đó: CR2 là hệ số xác định mô hình,  $\bar{Q}_o$  là lưu lượng thực đo trung bình trong toàn bộ giai đoạn mô phỏng. CR2 thể hiện sự tương xứng giữa giá trị thực đo và giá trị tính toán. Giá trị này thay đổi giữa 0 và 1, giá trị này càng gần 1 thì độ tin cậy càng cao.

*Chỉ tiêu Nash-Sutcliffe:*

$$CR3 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{S_i} - Q_{O_i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{O_i} - \bar{Q}_o)^2} \quad (3.4)$$

trong đó: CR3 là chỉ tiêu Nash-Sutcliffe sử dụng để đánh giá khả năng mô phỏng đường quá trình của dòng chảy. Giá trị CR3 thay đổi từ một giá trị âm đến 1, với 1 chỉ ra sự phù hợp giữa đường quá trình thực đo và đường quá trình tính toán.

Dạng loga của chỉ tiêu Nash-Sutcliffe cho đánh giá chân lũ:

$$CR4 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [\ln(Qs_i - \varepsilon) - \ln(Qo_i + \varepsilon)]^2}{\sum_{i=1}^N [\ln(Qo_i + \varepsilon) - \ln(\overline{Qo} + \varepsilon)]^2} \quad (3.5)$$

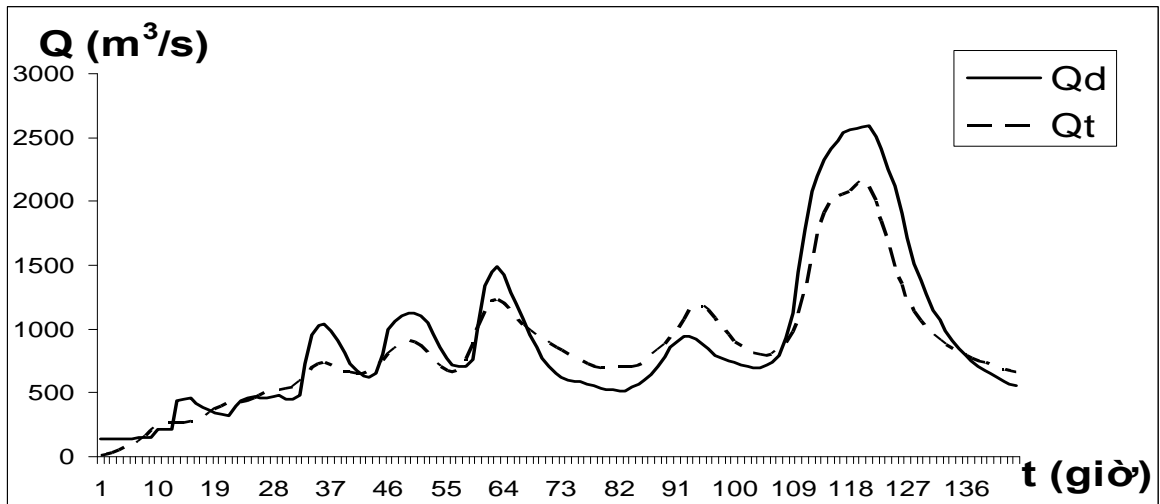
trong đó: CR4 là chỉ tiêu loga Nash-Sutcliffe cho đánh giá khả năng sản sinh sự tiến triển theo thời gian của chân lũ và  $\varepsilon$  là giá trị đủ nhỏ bất kì để tránh vấn đề lưu lượng thực đo hay tính toán bằng 0. Tương tự như CR3, giá trị CR4 tốt nhất là 1.

Dạng mô phỏng theo chỉ tiêu Nash-Sutcliffe cho đánh giá đỉnh lũ:

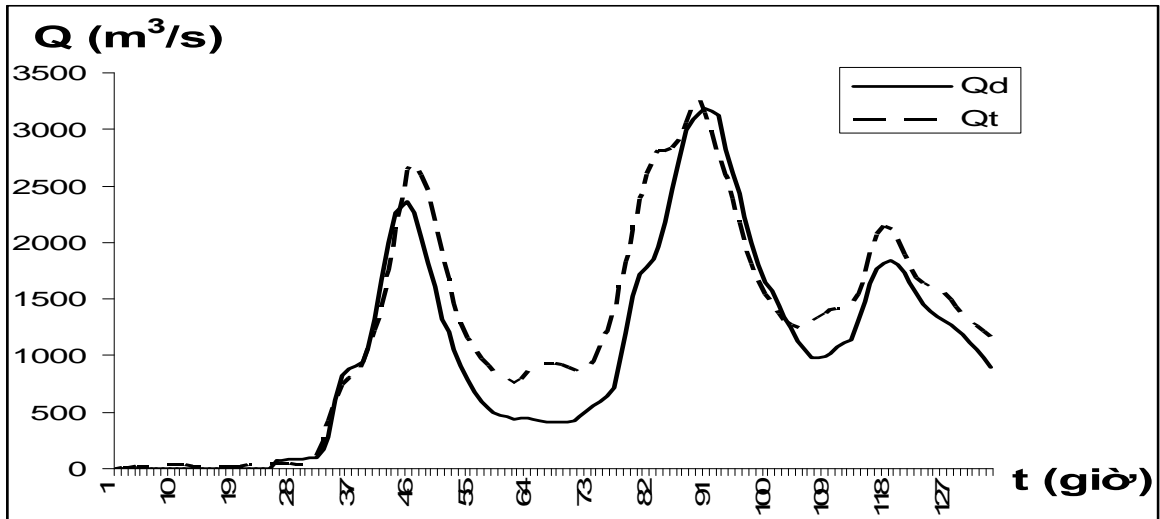
$$CR5 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Qo_i - \overline{Qo})(Qs_i - Qo_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Qo_i - \overline{Qo})(Qo_i - \overline{Qo})^2} \quad (3.6)$$

trong đó: CR5 là dạng mô phỏng chỉ tiêu Nash-Sutcliffe cho đánh giá khả năng sản sinh tiến triển theo thời gian của đỉnh lũ. Giá trị tốt nhất là 1.

Kết quả ứng dụng mô hình WetSpa vào dự báo lũ được thể hiện như dưới đây.



**Hình 3.10. Kết quả hiệu chỉnh cho trận lũ từ ngày 1 đến ngày 7 tháng 11 năm 1999 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**



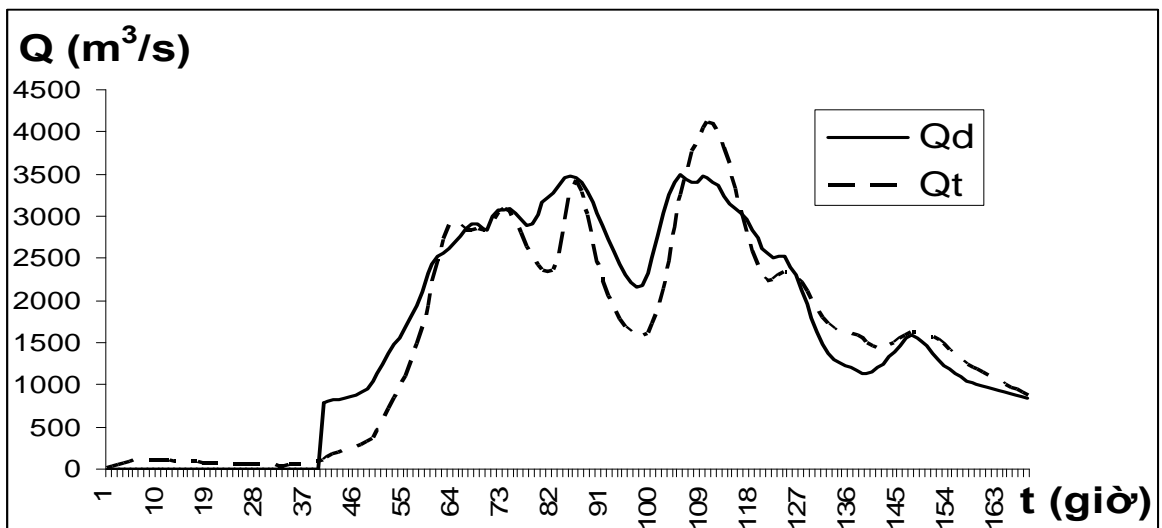
**Hình 3.11. Kết quả kiểm định cho trận lũ từ ngày 14 đến ngày 19 tháng 10 năm 2003 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, rút ra được bộ thông số tối ưu sau:

**Bảng 3.11. Bộ thông số tối ưu**

Thông số	$K_r$	$K_i$	$K_g$	$K_{ss}$	$G_0$	$G_{max}$	$K_{run}$	$P_{max}$	$b$	$m$
Giá trị	1.1	5.0	0.04	0.0	16.67	83.33	3.33	333.33	1.2	1.0

Áp dụng dự báo trận lũ từ ngày 1 - 8 / 12 năm 1999 thu được kết quả như sau:



**Hình 3.12. Kết quả dự báo cho trận lũ từ ngày 1 đến ngày 8 tháng 12 năm 1999 trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ**

Các chỉ tiêu đạt được như sau:

**Bảng 3.12. Các chỉ tiêu dự báo**

Chỉ tiêu	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5
Kết quả	0.166277	0.951702	0.7778063	0.267211	0.152270143

Như vậy, kết quả dự báo đạt các chỉ tiêu về độ lệch, độ tin cậy và chỉ tiêu Nash - Sutcliffe. Có thể sử dụng mô hình để dự báo lũ trong thực tế. Tuy nhiên các chỉ tiêu đánh giá chân lũ và đỉnh lũ còn thấp.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Qua quá trình thực hiện luận văn, tác giả rút ra một số những kết luận và kiến nghị như sau:

1. Việc phân tích độ nhạy là cần thiết để giảm bớt thời gian hiệu chỉnh đối với những mô hình có nhiều thông số, đặc biệt là các mô hình thông số tập trung như mô hình WetSpa.

2. Kết quả phân tích độ nhạy bằng phương pháp Morris cho các thông số trong mô hình WetSpa phù hợp với một số nghiên cứu trước đây của Liu (2004) [33], A. Bahremand và F. De Smedt (2007) [10].

3. Phương pháp Morris là một phương pháp có nhiều ưu thế trong phân tích độ nhạy. Tuy nhiên hạn chế của phương pháp là mới chỉ đánh giá được độ nhạy của từng thông số, chứ không tính toán được mức độ ảnh hưởng qua lại giữa các thông số. Hơn nữa, phương pháp chưa xét đến mức độ bất định của mỗi thông số. Vì trên thực tế, có thể có những thông số rất nhạy nhưng lại mang giá trị rất ổn định, và cũng có những thông số có độ nhạy không lớn lắm, nhưng mức độ bất định lại rất lớn. Để quá trình hiệu chỉnh thông số đạt được hiệu quả cao hơn, cần có những nghiên cứu sâu hơn để đánh giá đồng thời về độ nhạy và độ bất định của các thông số, hay có thể sử dụng thêm các phương pháp khác để đánh giá độ nhạy.

4. Kết quả phân tích độ nhạy đối với lưu vực sông Vệ:

Từ kết quả phân tích độ nhạy ở trên, có thể thấy thông số  $K_g$  là thông số có độ nhạy lớn nhất đối với đỉnh lũ, tổng lượng lũ, đồng thời nó cũng có mức độ tương tác lớn với các thông số khác trong mô hình. Đây là thông số quan trọng nhất.

Thông số  $K_{run}$  là thông số có độ lệch chuẩn cao, thể hiện khả năng tương tác với các thông số khác. Đây cũng là thông số duy nhất có ảnh hưởng đáng kể đối với thời gian trễ.

Các thông số  $K_r$ ,  $K_i$  có ảnh hưởng khá quan trọng đến đỉnh lũ cũng như tổng lượng lũ.



Thông số  $K_g$  chỉ có ảnh hưởng đáng kể đối với thời gian trễ trong những trận lũ tương đối nhỏ như trận lũ tháng 11 năm 1999. Đối với trận lũ lớn hơn tháng 10 năm 2003, nó không có ảnh hưởng đáng kể.

#### 5. Một số kiến nghị

Trong các quá trình dự báo thực tế, chỉ nên tập trung vào hiệu chỉnh giá trị các thông số  $K_g$ ,  $K_{run}$ ,  $K_r$ ,  $K_i$  để tiết kiệm thời gian và bước chạy mô hình.

Bộ thông số tối ưu tìm được chỉ phù hợp đối với các trận lũ ở mức độ trung bình. Đối với trận lũ lớn tháng 12 năm 1999, kết quả dự báo bằng bộ thông số này chưa được chính xác, đặc biệt đối với đỉnh lũ lớn. Điều này cũng có thể được lý giải là do trận lũ tháng 12 này là trận lũ nối tiếp sau trận lũ tháng 11, khi đó các điều kiện độ ẩm đất đã thay đổi không còn phù hợp với bộ thông số tìm được trước đó. Thêm nữa, do điều kiện chuỗi số liệu tương đối ngắn nên thời gian để mô hình chạy ổn định là rất ngắn, có thể dẫn đến sai sót trong dự báo. Cuối cùng, một nguyên nhân nữa có thể kể đến là đối với những trận mưa lớn, lưu vực sông Vệ có thể không còn là lưu vực kín, biên của lưu vực thay đổi làm thay đổi lưu lượng ở cửa ra của lưu vực tại trạm An Chi. Vấn đề này nên được xem xét kỹ hơn trong những nghiên cứu sau này.

6. Sau quá trình nghiên cứu, tác giả nhận thấy mô hình WetSpa còn có một số hạn chế như sau:

Mô hình tính toán với chuỗi số liệu đầu vào liên tục. Do đó, trong giai đoạn chuẩn bị dữ liệu phải thực hiện kiểm tra tính liên tục và độ tin cậy của số liệu. Các giá trị âm trong chuỗi số liệu đại diện cho trường hợp các dữ liệu thực đo bị thiếu phải được thay thế bằng các giá trị nội suy.

Cách phân chia các loại sử dụng đất không rõ ràng gây khó khăn cho người sử dụng.

Các giá trị được gán cho mỗi ô lưới biểu hiện giá trị trung bình trên diện tích mỗi ô. Sự biến thiên trên mỗi ô lưới càng lớn, sai số sẽ càng tăng. Do đó, kích thước ô lưới nên được xác định rõ ràng. Kích cỡ ô lưới nhỏ có thể biểu hiện tốt hơn sự

thay đổi các đặc điểm vật lý trên lưu vực, nhưng dẫn đến việc giả định thời gian và tổn bộ nhớ hơn trong suốt thời gian mô phỏng, đặc biệt cho những lưu vực lớn. Với kích cỡ ô lưới 90x90m áp dụng cho lưu vực sông Vệ đã gây tràn bộ nhớ đối với hệ thống máy tính thông thường. Người sử dụng cần cân bằng giữa độ chính xác của mô hình và khả năng của máy tính.

Bước thời gian trong mô hình là ngày hoặc giờ sẽ không khả thi khi dự báo lũ cho một lưu vực rất nhỏ, nơi lượng nước thừa có thể chảy ra ngoài ngay ở bước thời gian đầu tiên.

Phần diện tích không thấm ở khu vực đô thị được đưa vào mô hình một cách chủ quan, phụ thuộc vào kích cỡ ô lưới. Trong một ô lưới kích cỡ 50x50 m thì 30% diện tích không thấm được gán vào khu vực dân cư, 70% cho khu vực công nghiệp và thương mại và 100% cho bãi đỗ xe, đường chính... Điều này không phản ánh thực tế và mang đến nhiều sai số cho kết quả mô hình.

Mô hình sử dụng nhiều hệ số kinh nghiệm được mặc định qua nội suy và hiệu chỉnh từ các nghiên cứu trước đây và sử dụng cho toàn bộ lưu vực. Do phạm vi dao động quá lớn, nhiều tham số như độ dẫn thủy lực, hệ số nhám... có thể thay đổi lớn khi ứng dụng mô hình đến những địa điểm khác với môi trường hoàn toàn khác. Do đó, việc hiệu chỉnh mô hình là cần thiết và điều này mang đến những khó khăn cho quá trình tham số hóa của mô hình ở lưu vực không có trạm đo.

WetSpa sử dụng nhiều loại ngôn ngữ lập trình phức tạp như ArcView Avenue, Fortran và Visual Basic, gây khó khăn cho người dùng khi muốn thay đổi mô hình cho phù hợp với nhu cầu sử dụng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt

[1]. Nguyễn Anh Đức (2005), *Hiệu chỉnh, áp dụng công thức SCS và mô hình sóng động học phương pháp phân tử hữu hạn mô phỏng quá trình lũ lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ*, Khóa luận tốt nghiệp ngành Thủy văn, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.

[2]. Hồ Thị Minh Hà (2008), *Nghiên cứu khả năng mô phỏng mùa các yếu tố khí tượng trên lãnh thổ Việt Nam bằng phương pháp thủy động và thống kê*, Luận án Tiến sỹ ngành Khí tượng, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.

[3]. Nguyễn Ý Như (2009), *Ứng dụng mô hình SWAT nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và sử dụng đất đến dòng chảy sông Bến Hải*, Khóa luận tốt nghiệp ngành Thủy văn, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.

[4]. Nguyễn Thanh Sơn (2008), *Nghiên cứu mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy phục vụ sử dụng hợp lý tài nguyên nước và đất một số lưu vực sông thượng nguồn miền Trung*, Luận án Tiến sỹ ngành Địa lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.

[5]. Nguyễn Thị Thùy (2008), *Ứng dụng mô hình WetSpa cải tiến dự báo lũ cho lưu vực sông Cả tính đến trạm Dừa*, Khóa luận tốt nghiệp ngành Thủy văn, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.

[6]. Ngô Chí Tuấn (2009), *Cân bằng nước hệ thống lưu vực sông Thạch Hãn*, Luận văn thạc sỹ ngành Thủy văn, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.

[7]. Viện Quy hoạch Thủy lợi (2003), *Quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Trà Khúc - Tỉnh Quảng Ngãi*, Hà Nội.

[8]. Bofu Yu (2004), *Báo cáo Thủy văn và Hình thái địa hình bồi tích các sông Trà Bồng, Trà Khúc và sông Vệ tại Quảng Ngãi, Việt Nam*

### Tiếng Anh

[9]. Lam Quoc Anh, Phan Quoc Khanh (2008), *Sensitivity analysis for*

- [10]. Bahremand A., De Smedt F. (2008), *Distributed Hydrological Modeling and Sensitivity Analysis in Torysa Watershed, Slovakia*, Water Resources Management, 22, 393-408.
- [11]. Saltelli, A., Chan, K., Scott, E. (2000), *Sensitivity Analysis*, Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- [12]. Roberta-Serena Blasone, Jasper A. Vrugt, Henrik Madsen, Dan Rosbjerg, Bruce A. Robinson, George A. Zyvoloski (2008), *Generalized likelihood uncertainty estimation (GLUE) using adaptive Markov Chain Monte Carlo sampling*, Water Resources, 31, 630-648.
- [13]. Morris D.M. (1982), *Sensitivity of European Hydrological System snow models. Hydrological aspects of alpine and high mountain areas*, IAHS Publ, 138, 122-231.
- [14]. Morris D.M. (1991), *Factorial sampling plans for preliminary computational experiments*, Technometrics, 33, 161-174.
- [15]. Tom Doldersum (2009), *Global sensitivity analysis of the WetSpa model*, Bachelor thesis, Twente University, Enschede, The Netherlands.
- [16]. FAO (2006), *World reference base for soil resources 2006*, Italia.
- [17]. FAO (2006), *FAO Soil Unit*, Italia.
- [18]. Campolongo F., Saltelli A. (1997), *Sensitivity analysis of an environmental model: an application of different analysis methods*, Reliability Engineering & System Safety, 57, 49-69.
- [19]. Ryan Fedak (1999), *Effect of Spatial Scale on Hydrologic Modeling in a Headwater Catchment*, Master Thesis.
- [20]. Aronica G., Bates P. D., Horritt M. S. (2002), *Assessing the uncertainty in distributed model predictions using observed binary pattern information within GLUE*, Hydrological processes, 16, 2001-2016.
- [21]. Beven K., Binley A. (1992), *The future of distributed models: model*

- [22]. Beven Keith (2001), *How far can we go in distributed hydrological modelling?*, Hydrology and Earth System Sciences, 5, 1-12.
- [23]. NSW Department of Commerce Manly Hydraulics Laboratory (2006), *Review and Assesment of Hydrologic/Hydraulic Flood Models*.
- [24]. Granger Morgan, Max Herion, Mitchell Small (1990), *Uncertainty*, Cambridge University Press, The United Stated of America.
- [25]. Werner M.G.F., Hunter N.M, Bates P.D. (2005), *Identifiability of distributed floodplain roughness values in flood extent estimation*, Journal of Hydrology, 314, 139–157.
- [26]. Yu, P., Yang, Y., Chen, S. (2001), *Comparison of uncertainty analysis methods for a distributed rainfall-runoff model*, Hydrology, 244, 43-59.
- [27]. Iman R.L., Helton J.C. (1988), *An investigation of uncertainty and sensitivity analysis techniques for computer models*, Risk Analysis 8 (1), 71-90.
- [28]. Nurmohamed, R., Naipal, S., De Smedt, F. (2006), *Hydrologic modeling of the Upper Suriname River basin using WetSpa and ArcView GIS*, Journal of spatial Hydrology, 6, 1-17.
- [29]. Uhlenbrook, S., Sieber, A. (2005), *On the value of experimental data to reduce the prediction uncertainty of a process-oriented catchment model*, Environmental modelling and software, 20, 19-32.
- [30]. Nguyen, T. G., De Kok J. (2006), *Systematic testing of an integrated systems model for coastal zone management using sensitivity and uncertainty analyses*, Environmental Modelling & Software, 22, 1572-1587.
- [31]. Daniel Van Puten (2009), *Estimating and updating uncertainty with the GLUE methodology*, Bachelor thesis Twente University, Enschede, The Netherlands.
- [32]. V. Vandenberghe, W. Bauwens, P.A. Vanrolleghem, *Evaluation of uncertainty propagation into river water quality predictions to guide future monitoring campaigns*, Environmental modelling and software, 22, 725-732.

[33]. Liu Y.B., De Smedt F. (2004), *Documentation and User Manual WetSpa Extension; A GIS based Hydrologic Model for Flood Prediction and Watershed Management*, Vrije Universiteit Brussel; Department of Hydrology and Hydraulic Engineering.

[34]. Liu Y.B., Corluy J. (2005), *Steps of running WETSPA*, Vrije Universiteit Brussel; Department of Hydrology and Hydraulic Engineering.