

# Sử dụng phương pháp Morris đánh giá độ nhạy các thông số trong mô hình WetSpa cải tiến (Thử nghiệm trên lưu vực sông Vệ)

Phạm Thị Phương Chi<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Thanh Sơn<sup>1</sup>,  
Nguyễn Tiền Giang<sup>1</sup>, Tom Doldersum<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN  
334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Twente, Enschede, Hà Lan

Nhận ngày 25 tháng 11 năm 2009

**Tóm tắt.** Nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá độ nhạy các thông số trong mô hình WetSpa cải tiến, 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 thuận lợi trong thực tiễn. Việc phân tích độ nhạy được thử nghiệm để mô phỏng lũ bằng mô hình WetSpa cải tiến trên lưu vực sông Vệ, giới hạn đến trạm An Chỉ, tỉnh Quảng Ngãi. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ số triết giảm dòng ngầm  $K_g$  là thông số có độ nhạy lớn nhất đối với đỉnh lũ, tổng lượng lũ, đồng thời có mức độ tương tác lớn với các thông số khác trong mô hình. Hệ số dòng chảy mặt ứng với cường độ mưa nhỏ nhất  $K_{run}$  là thông số có ảnh hưởng đáng kể đối với thời gian trễ.

## 1. Đặt vấn đề

Trong các mô hình thủy văn thường có rất nhiều các thông số được ước lượng từ địa hình và đặc tính vật lý của đất, tầng ngậm nước, sử dụng đất trên lưu vực... Việc ước lượng các thông số này thường rất khó chính xác, 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. 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 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 [1]. Bài báo này tập trung vào việc phân tích độ nhạy một số thông số trong mô hình WetSpa cải tiến. Quá trình áp dụng dự

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-38584943  
E-mail: chitrum@ymail.com

báo lũ sẽ được thực hiện trong những nghiên cứu tiếp theo.

## 2. Giới thiệu phương pháp Morris và mô hình WetSpa cải tiến

### Phương pháp Morris

Mục đích của phương pháp Morris là nhằm tiết kiệm chi phí hay tiết kiệm bước tính dựa trên việc thiết lập một ma trận  $B^*$  với các dòng là các vecto đầu vào  $x^*$ , các cột đại diện cho các thông số. Mỗi một bước chạy, chỉ có một thông số được đưa vào tính toán độ nhạy. Số bước chạy cần thiết sẽ là một hàm tuyến tính của số lượng các thông số. Như vậy với ma trận  $B^*$   $k$  dòng,  $k+1$  bước chạy sẽ cho  $k$  ảnh hưởng sơ cấp.

Bước thứ nhất của phương pháp Morris là xác định giá trị của  $k$  và  $p$ , với  $k$  là số các thông số và  $p$  là số bộ thông số (chẵn). Trong ma trận  $B^*$  dưới đây,  $p = 4$ ,  $k = 3$ . Từ đó tính giá trị:

$$\Delta = \frac{p}{[2(p-1)]} = \frac{2}{3}$$

Giá trị từng thông số trong vecto  $x^*$  được chọn ngẫu nhiên trong tập sau:

$$Set = \left\{ 0, \frac{1}{(p-1)}, \frac{2}{(p-1)}, \dots, 1 - \Delta \right\} = \left\{ 0, \frac{1}{3} \right\}$$

Số bước chạy:

$$m = k + 1 = 4$$

Từ đây một giá trị cơ sở sẽ được lựa chọn ngẫu nhiên cho mỗi thông số. Ví dụ vecto giá trị đầu vào của các thông số  $x^*$  có thể được lấy như sau:

$$x^* = \left( 0, \frac{1}{3}, \frac{1}{3} \right)$$

\* Thiết lập ma trận  $B^*$

Để lập ma trận  $B^*$ , bước đầu tiên là chọn một ma trận  $B$   $m$  hàng  $k$  cột với các số hạng là 0 và 1, sao cho lần lượt 2 hàng của  $B$  chỉ khác nhau 1 số hạng. Cách đơn giản nhất để tạo ma trận này là lập một tam giác các số 1 bắt đầu từ hàng thứ 2. Sau đó một ma trận đơn vị  $J$   $m$  hàng  $k$  cột và một ma trận  $D^*$   $k$  dòng  $k$  cột với các số hạng là +1 hay -1 với khả năng như nhau được thành lập. Có ít nhất một ma trận  $P^*$   $k$  dòng  $k$  cột là ma trận hoán vị ngẫu nhiên và chứa trong mỗi cột một số hạng bằng 1 và tất cả các số hạng khác bằng 0, như vậy không có 2 cột nào có số hạng 1 tại cùng 1 vị trí.  $B$ ,  $J$ ,  $D^*$  và  $P^*$  sẽ là:

$$B_{m,k} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, J_{m,k} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$D^*_{k,k} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, P^*_{k,k} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Ma trận  $B^*$  được tính như sau:

$$\begin{aligned} B^* &= \{J_{m,1}x^* + (\Delta/2)[(2B - J_{m,k})D^* + J_{m,k}]\}P^* = \\ &= \begin{bmatrix} 2/3 & 1/3 & 1 \\ 0 & 1/3 & 1 \\ 0 & 1/3 & 1/3 \\ 0 & 1 & 1/3 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

\* Ảnh hưởng sơ cấp

Giả sử hàm đầu vào của mô hình có dạng:  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$

Ảnh hưởng sơ cấp của yếu tố thứ  $i$  như sau:

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

\* Đánh giá thông số

Từ các kết quả ảnh hưởng sơ cấp này, lập một phân phối F của các ảnh hưởng sơ cấp cho mỗi thông số và tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của phân phối đó. Các giá trị này sẽ được sử dụng để đánh giá độ nhạy của các thông số. Sự mô tả đặc điểm của phân phối  $F_i$  thông qua giá trị trung bình  $\mu$  và độ lệch chuẩn S phản ánh mức độ ảnh hưởng của yếu tố thứ i lên đầu ra. Giá trị trung bình cao chỉ ra 1 yếu tố có ảnh hưởng tổng thể quan trọng. Độ lệch chuẩn lớn cho thấy sự tương tác giữa một yếu tố với các yếu tố khác hay 1 yếu tố có ảnh hưởng phi tuyến. [1]

#### Mô hình WetSpa cải tiến

Mô hình WetSpa cải tiến được sử dụng trong nghiên cứu này được phát triển từ mô hình WetSpa và WetSpass cải tiến. Đây là một mô hình mô phỏng cân bằng nước và dòng chảy phân phối theo ô lưới. Mô hình dự báo đỉnh lũ và các đặc trưng thủy văn tại điểm bất kỳ trong mạng lưới sông và phân phối theo không gian trong mỗi ô lưới. Đầu vào của mô hình gồm chuỗi số liệu theo thời gian của độ cao, loại đất, sử dụng đất, giáng thủy và bốc hơi khả năng. Số liệu dòng chảy có thể được sử dụng cho việc kiểm định mô hình [2,3].

Trong mô hình có các thông số chính như sau:

\* Thông số tổng thể trong mô hình WetSpa cải tiến gồm có: thời gian tính toán  $dt(h)$ , thông số dòng sát mặt  $K_i$ , hệ số triết giảm dòng ngầm  $K_g$ , độ ẩm đất  $K_{ss}$ , thông số hiệu chỉnh bốc thoát hơi nước khả năng  $K_{ep}$ , lượng trữ nước ngầm ban đầu  $G_0$ , lượng trữ nước ngầm cực đại  $G_{max}$ , nhiệt độ tuyết tan  $T_0$ , hệ số nhiệt độ tan chảy tuyết  $K_{snow}$ , hệ số nhiệt độ - mưa  $K_{rain}$ , hệ số dòng chảy mặt  $K_{run}$  đối với cường độ mưa

gần bằng 0, và cường độ mưa giới hạn tương ứng với hệ số dòng chảy mặt bằng  $1 P_{max}$ .

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.

Đối với các lưu vực ở Việt Nam, thường không có băng tuyết nên có thể bỏ qua 3 thông số  $T_0$ ,  $K_{snow}$ ,  $K_{rain}$  là các thông số chỉ ảnh hưởng đến quá trình dòng chảy trong mùa tuyết tan. Thêm nữa, số liệu đo bốc thoát hơi nước thường rất thiếu nên thông số  $K_{ep}$  sẽ được đưa vào tính toán dưới một dạng khác, là thành phần triết giảm của mưa (%) như sau:

$$x_{model} = x * k_r$$

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 : 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 nên việc thay đổi các tham số này là cần thiết để cho đường quá trình tính toán phù hợp nhất với đường quá trình thực đo. Ở đây chỉ nghiên cứu hai thông số là hệ số dòng chảy ngầm  $m$  và hệ số triết giảm dòng chảy  $b$ . Ngoài ra, trong mô hình còn có rất nhiều thông số được biểu diễn qua các hệ số trong các phương trình tính, các hệ số này phần lớn được tính toán thông qua các thông số 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.

Tham khảo một số nghiên cứu trước đây về phân tích độ nhạy các thông số trong mô hình WetSpa của Y.B. Liu [2], A. Bahremand và F. De Smedt [4] và áp dụng cho lưu vực ở Việt Nam, nghiên cứu này chỉ 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 thử nghiệm trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chi.

### 3. Thử nghiệm phân tích độ nhạy

Việc phân tích độ nhạy các thông số trong mô hình WetSpa cải tiến được thực hiện mô phỏng lũ trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chi, có diện tích là 814km<sup>2</sup> thuộc tỉnh Quảng Ngãi ở miền Trung Việt Nam [5] với 10 thông số với ký hiệu như trong bảng 1:

Bảng 1. Ký hiệu các thông số dùng để phân tích độ nhạy

Ký hiệu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Thông số	$K_r$	$K_i$	$K_g$	$K_{ss}$	$G_0$	$G_{max}$	$K_{run}$	$P_{max}$	$b$	$m$

đối với tổng lượng lũ, đỉnh lũ và thời gian trễ. Số liệu địa hình, thảm phủ, thổ nhưỡng lấy từ các bản đồ DEM, sử dụng đất và loại đất với kích thước ô lưới là 90 x 90m. Số liệu mưa là số liệu thực đo tại 4 trạm An Chi, Ba Tơ, Sơn Giang và Giá Vực. Số liệu dòng chảy là lưu lượng của hai trạm lũ từ ngày 1 đến ngày 7 tháng 11 năm 1999 và từ ngày 14 đến ngày 19 tháng 10 năm 2003 tại trạm An Chi.

*Kết quả phân tích độ nhạy* được thể hiện trong hình 1.

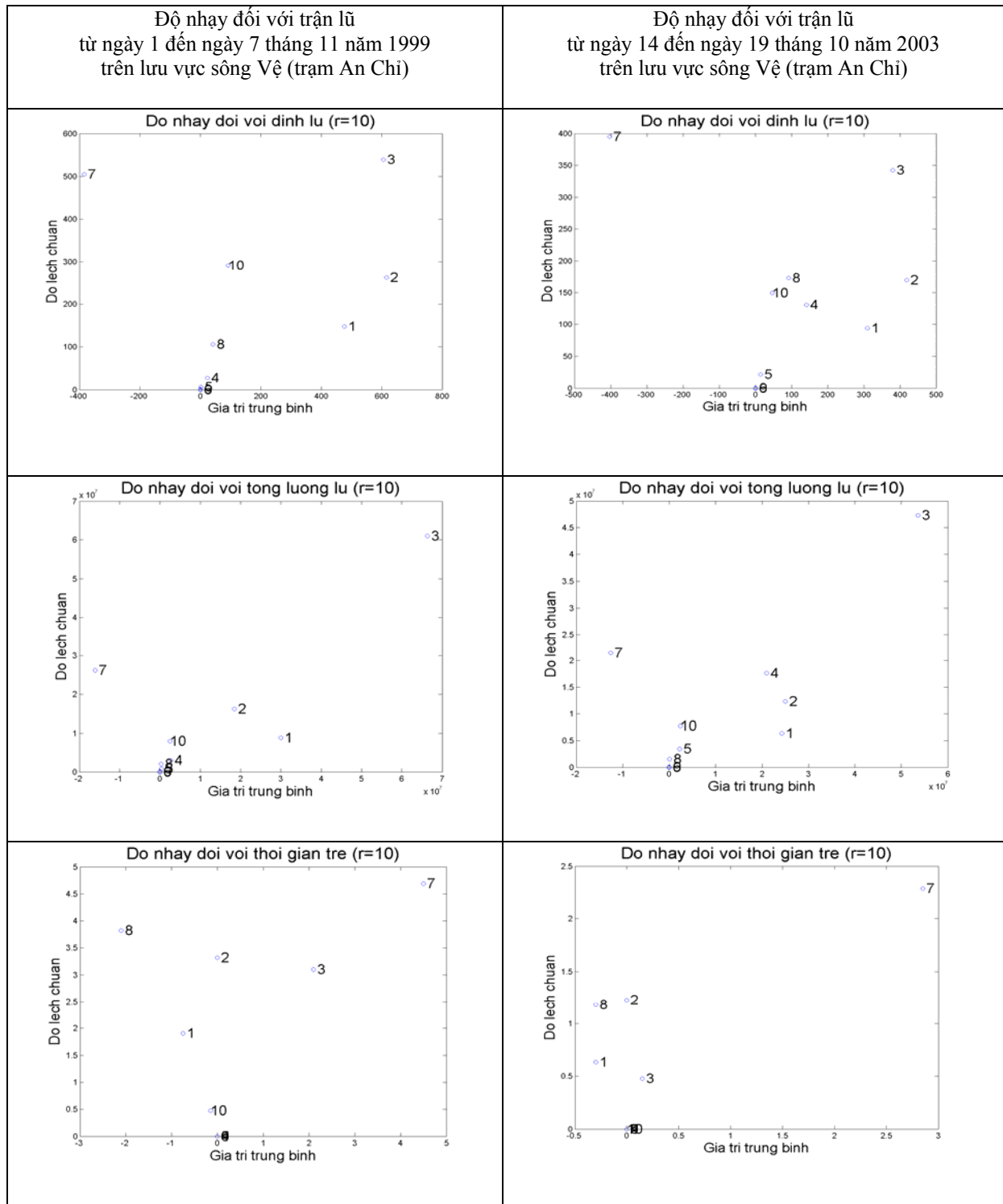
*Nhận xét:* Từ kết quả phân tích độ nhạy ở trên, có thể thấy thông số  $K_g$  là thông số có độ nhạy lớn nhất đối với đỉnh lũ, tổng lượng lũ,

đồng thời nó cũng có mức độ tương tác lớn với các thông số khác trong mô hình. Đây là thông số nhạy 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 có ảnh hưởng đáng kể nhất đối với thời gian trễ.

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

Thông số  $K_g$  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, không có ảnh hưởng đáng kể.



Hình 1. Kết quả phân tích độ nhạy các thông số trong mô hình WetSpa trên lưu vực sông Vệ (trạm An Chi) trong hai trận lũ từ ngày 1 đến ngày 7 tháng 11 năm 1999 và trận lũ từ ngày 14 đến ngày 19 tháng 10 năm 2003.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Từ các kết quả phân tích độ nhạy bằng phương pháp Morris, tác giả đề xuất trong quá trình sử dụng mô hình WetSpa cải tiến, các thông số cần được hiệu chỉnh trước tiên là  $K_r$ ,  $K_i$ ,  $K_g$ ,  $K_{run}$  vì đây là các thông số rất nhạy trong mô hình.

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.

#### Lời cảm ơn

Nội dung bài báo này là một phần kết quả của đề tài QG-09-25 do Đại học Quốc gia Hà

Nội tài trợ. Mã nguồn của mô hình WetSpa được GS. De Smedt và GS. Yongbo Liu, Đại học Tự do Brussel, Bỉ cung cấp và cho phép sử dụng cũng như phát triển. Tác giả xin chân thành cảm ơn những sự giúp đỡ quý báu này.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] A. Saltelli, K. Chan, E. Scott, , *Sensitivity Analysis*, Chichester: John Wiley and Sons Ltd, 2000.
- [2] Y.B. Liu, F. De Smedt, *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, 2004.
- [3] Y.B. Liu, J. Corluy, *Steps of running WETSPA*, Vrije Universiteit Brussel; Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, 2005
- [4] A. Bahremand, F. De Smedt, Distributed Hydrological Modeling and Sensitivity Analysis in Torysa Watershed, Slovakia, *Water Resources Management* 22 (2008) 393.
- [5] Nguyễn Thanh Sơn, Ngô Chí Tuấn, Kết quả mô phỏng lũ bằng mô hình sóng động học một chiều lưu vực sông Vệ, *Tạp chí khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, T.XX, số 3PT (2004) 44.

## Using Morris method to estimate the sensitivity of parameters in WetSpa extension model (with an application to Ve catchment)

Pham Thi Phuong Chi<sup>1</sup>, Nguyen Thanh Son<sup>1</sup>, Nguyen Tien Giang<sup>1</sup>, Tom Doldersum<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Hydro-Meteorology & Oceanography, College of Science, VNU, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*The University of Twente, Enschede, The Netherlands*

This paper concentrates on the sensitivity estimation of parameters in WetSpa Extension - a comparatively new model, which has been applied in Vietnam recently for data collecting, calibration, validation and advanced using in practice. This was applied to simulate flood with WetSpa Extension model on Ve catchment (An Chi station) in Quang Ngai Province. The results showed that the groundwater recession coefficient  $K_g$  has the strongest sensitivity on the peak runoff and total volume, and strong interaction with other parameters in the model. Surface runoff exponent corresponding to minimum rainfall intensity  $K_{run}$  is the parameter noticeably affecting on the time to the peak discharge.