

# NGHIÊN CỨU ĐỘ NHAY VÀI THÔNG SỐ TRONG CƠ CHẾ HÌNH THÀNH DÒNG CHẢY LŨ Ở LƯU VỰC GARDONS D'ANDUZE – CỘNG HÒA PHÁP

TS. Lê Xuân Khâm

Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Lũ quét ở các lưu vực vừa và nhỏ không những gây thiệt hại về tài sản mà còn thiệt hại về con người. Phần mềm MARINE (mô hình dự báo dòng chảy và lũ cho các yếu tố cực đoan) được xây dựng bởi Viện cơ học chất lỏng Toulouse, nó cho phép tính toán được đường quá trình lũ ở cửa ra của lưu vực. Có rất nhiều thông số liên quan đến hình dạng đường quá trình lũ. Vấn đề đặt ra là thông số nào có ảnh hưởng nhiều đến kết quả tính toán? Dựa vào kết quả đường quá trình lũ ở cửa ra của lưu vực Gardons d'Anduze - Pháp, dùng phương pháp GLUE "Generalized Likelihood Uncertainty Estimation" và các tiêu chuẩn so sánh giữa giá trị tính toán và giá trị quan trắc, người ta có thể so sánh độ nhạy của các thông số trong quá trình hình thành dòng chảy lũ.

Từ khóa: lũ quét, MARINE, độ nhạy, GLUE

## 1. GIỚI THIỆU

Lũ quét thường xảy ra ở nhiều nước trên thế giới, nó gây ra nhiều thiệt hại không chỉ về vật chất mà còn gây thiệt hại nhiều về con người. Việc xây dựng và phát triển các công cụ để dự báo lũ quét ở các lưu vực vừa và nhỏ là rất cần thiết. Bên cạnh đó cần cũng phải hiểu rõ các nhân tố ảnh hưởng tới cơ chế hình thành dòng chảy lũ, từ đó có cơ sở để xây dựng mô hình dự báo.

Phần mềm MARINE (Modélisation de l'Anticipation du Ruissellement et des Inondations pour des événements Extrêmes) được xây dựng bởi Viện cơ học chất lỏng Toulouse, nó có thể tính được đường quá trình lũ ở cửa ra của các lưu vực vừa và nhỏ, nhất là hiện tượng lũ quét.

Có rất nhiều thông số tham gia vào cơ chế hình thành dòng chảy lũ: hệ số Manning-Strickler, hệ số thấm, độ ẩm của đất, lực mao dẫn... Một vấn đề đặt ra là những thông số nào có vai trò quan trọng, những thông số nào ít quan trọng hơn trong quá trình hình thành dòng chảy lũ? Từ kết quả tính toán và số liệu quan trắc, dùng phương pháp phân tích độ nhạy GLUE để tìm ra mức độ quan trọng của các thông số trong cơ chế đang xét.

Lưu vực "Gardons d'Anduze" nằm ở vùng Nime thuộc đông nam nước Pháp được áp dụng để tính toán; lưu vực này được hợp bởi các nhánh sông nhỏ: Gardons St-Jean, St Croix, St

Martin, Mialet và Alès. Diện tích lưu vực 540 km<sup>2</sup> và có độ cao thay đổi từ 129m đến 1202m về phía núi Aigoual (hình 1). Độ dốc bình quân của suối chính khoảng 5 - 6%.



Hình 1. Lưu vực nghiên cứu

Tác giả đã dùng các số liệu mưa ở lưu vực Gardons để tính toán: số liệu năm 1994, 1996 và 2002. Trong khuôn khổ báo cáo này, chỉ giới thiệu kết quả tính toán ứng với mưa điển hình là trận mưa tháng 9 năm 2002 vì năm này có cường độ mưa và lưu lượng lũ lớn; phương pháp phân tích độ nhạy các thông số cũng sẽ được sơ bộ giới thiệu cũng như việc áp dụng phương pháp này vào việc phân tích độ nhạy của các thông số: hệ số thấm, cột nước thấm và hệ số Manning bờ khe suối của lưu vực.

## 2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN.

### 2.1. Các tiêu chuẩn nghiên cứu:

Trong các mô hình thủy văn, độ chính xác của mô hình thường được so sánh giữa đường quá trình tính toán và đường quá trình quan trắc. Có hai tiêu chuẩn được đề cập trong báo cáo này:

- Tiêu chuẩn Nash: đánh giá mức độ chính xác của đường quá trình lưu lượng tính toán và quá trình lưu lượng quan trắc.

$$Nash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^o - Q_i^s)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^o - \overline{Q^o})^2}$$

$i$  là chỉ số thời gian,  $Q_i^o$  là lưu lượng quan trắc ở thời điểm  $i$  ( $m^3.s^{-1}$ ),  $Q_i^s$  là lưu lượng tính toán ở thời điểm  $i$  ( $m^3.s^{-1}$ ) và  $\overline{Q^o}$  là lưu lượng quan trắc trung bình trong thời gian tính toán, có nghĩa từ  $i = 1$  đến  $i = n$

- Tiêu chuẩn đỉnh “nước dâng” (J): tiêu chuẩn Nash chưa đề cập rõ đến sự khác nhau giữa đỉnh của đường quá trình lưu lượng tính toán và đỉnh của đường quá trình lưu lượng quan trắc. Để khắc phục vấn đề này, người ta đưa vào tiêu chuẩn đỉnh “nước dâng”

$$J = \alpha.Nash + \beta \left( 1 - \frac{|\Delta T|}{T_c} \right) + \gamma \left( 1 - \frac{|\Delta Q|}{Q_{max}} \right)$$

$\alpha, \beta, \gamma$  - các hệ số,  $\alpha + \beta + \gamma = 1$

$T_c$  - thời gian tập trung dòng chảy

$\Delta Q$  - chênh lệch giữa đỉnh của đường quá trình lũ tính toán và đỉnh của đường quan trắc, tương ứng với sai lệch thời gian sai lệch  $\Delta T$

## 2.2. Phần mềm MARINE.

Phần mềm MARINE cho phép tính toán ứng với trường hợp nước dâng nhanh (ví dụ lũ quét) theo thời gian; là mô hình phân phối dựa trên cơ sở thực tế, được thiết lập tính toán từ các phân tử phần tử hữu hạn trên lưu vực.

Có rất nhiều phần mềm hiện nay có thể tính toán được đường quá trình lũ ở cửa ra của lưu vực, song còn một vấn đề là chưa giải quyết được triệt để số liệu đầu vào: các số liệu còn đưa về dạng gần đúng, số liệu toàn lưu vực còn lấy theo tính chất đồng bộ... nhưng thực chất ở các vị trí khác nhau trên lưu vực thì giá trị của các thông số về địa chất, về cường độ mưa... khác nhau, dẫn đến kết quả tính toán vẫn chưa được chính xác.

Phần mềm MARINE cũng cho phép tính toán đường quá trình lũ ở cửa ra. Ưu điểm rõ nhất của MARINE là hoàn toàn có khả năng tính toán với số liệu đầu vào phân phối theo không gian, có nghĩa là các vị trí khác nhau trên lưu vực thì thường sẽ có giá trị khác nhau (ví dụ phân phối mưa, phân phối độ ẩm...).

## 2.3. Phương pháp phân tích độ nhạy các thông số.

Để sử dụng phương pháp này, người ta đưa ra khái niệm véc tơ ứng với mỗi thông số (ví dụ véc tơ  $x$  nhận các giá trị trong khoảng  $a \div b$ , ta viết  $x[a,b]$ ). Số lượng các trị phân tử thuộc  $[a,b]$  nhiều hay ít tùy thuộc yêu cầu chính xác của phương pháp.

### 2.3.1. Phương pháp tổng quát:

Giả sử có véc tơ  $x[a,b]$ , dùng phương pháp Monte-Carlo [1] để lấy ngẫu nhiên các giá trị phân tử  $x^k$  theo một hàm mật độ xác suất nhất định. Ứng với mỗi giá trị phân tử  $x^k$ , người ta sẽ nhận được một giá trị kết quả tính toán của mô hình, các giá trị của các hàm chỉ tiêu (ví dụ hàm Nash) được tính toán để so sánh giữa kết quả tính toán và giá trị quan trắc. Sắp xếp theo chiều giảm dần các giá trị của hàm chỉ tiêu, các giá trị  $x^k$  được thay đổi theo. Các giá trị phân phối xác suất của  $x^k$  được chia thành hai phần: phần thứ nhất là tập hợp các giá trị “tốt” ( $B$ ), phần thứ hai là tập hợp giá trị “không tốt” ( $\overline{B}$ ). Độ nhạy của thông số đang xét được đánh giá theo khoảng cách lớn nhất ( $d_{mc,nc}$ ) theo phương đứng của hai đường phân phối xác suất  $f(x^k/B)$  và  $f(x^k/\overline{B})$  [2]. Giá trị  $d_{mc,nc}$  được tính theo công

thức:  $d_{m_c, n_c} = \text{Sup}_x |S_{n_c}(x) - S_{m_c}(x)|$ , trong đó  $S_{n_c}$  và  $S_{m_c}$  là tập hợp các giá trị phân phối xác suất tương ứng với  $f(x^k/B)$  và  $f(x^k/\overline{B})$ ;  $n_c$  là số lượng các kết quả tính toán “tốt” và  $m_c$  là số lượng các kết quả tính toán “không tốt”. Giá trị tính toán được của  $d_{mc,nc}$  sẽ so sánh với giá trị tiêu chuẩn, khi  $d_{mc,nc} | \text{tính toán} \geq d_{mc,nc} | \text{tiêu chuẩn}$  thì thông số  $x$  đang xét sẽ ảnh hưởng nhiều đến kết quả tính toán của mô hình, ngược lại sẽ không ảnh hưởng nhiều. Giá trị tiêu chuẩn được tính theo công thức sau:

$$d_{m_c, n_c} | \text{tieu\_chuan} = \beta \sqrt{\frac{m_c + n_c}{m_c . n_c}}$$

Trong đó:  $\beta$  là hệ số phụ thuộc vào mức độ chính xác để lấy giá trị chỉ số lượng tính toán “tốt” hay “không tốt”

### 2.3.2. Phương pháp phân tích độ nhạy GLUE:

Phương pháp phân tích độ nhạy GLUE [3] được dùng để phân tích độ nhạy của các thông

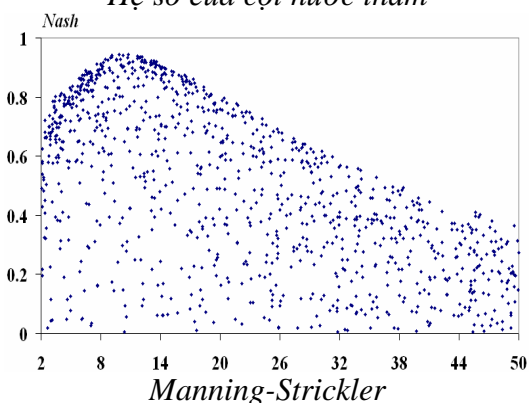
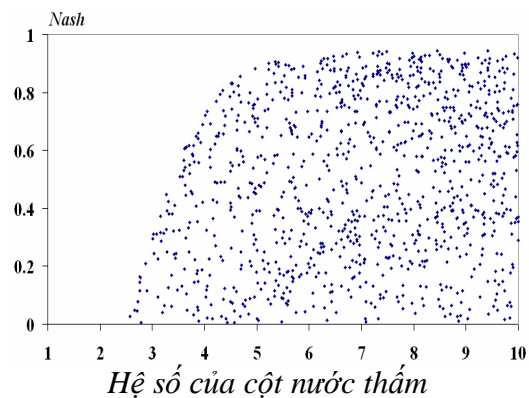
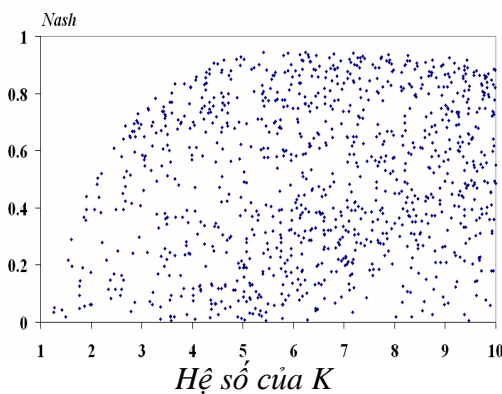
số trong mô hình. Cũng như phương pháp tổng quát, phương pháp GLUE cũng dựa vào phương pháp Monte-Carlo để tính toán kết quả thông qua các giá trị ngẫu nhiên theo qui luật phân phối nhất định. Trên cơ sở so sánh giữa kết quả tính toán của mô hình và giá trị quan trắc thực tế, các giá trị thống kê được gán cho mỗi thông số. Thông qua các giá trị thống kê được tính thông qua các hàm tiêu chuẩn như hàm Nash, hàm J. Với tập hợp các giá trị (giá trị khả dĩ) hàm tiêu chuẩn của các thông số, chúng ta có thể phân tích độ nhạy của mỗi thông số trong cùng một mô hình tính toán.

### 3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Có nhiều thông số tham gia vào quá trình hình thành dòng chảy lũ ở lưu vực vừa và nhỏ mà đã được mô hình hóa thông qua MARINE. Phương pháp phân tích độ nhạy có thể chỉ ra được thông số nào có vai trò quan trọng trong mô hình, thông số nào không quan trọng. Như trên đã nêu, tác giả phân tích độ nhạy tổ hợp 3 thông số: hệ số thấm, cột nước thấm và hệ số

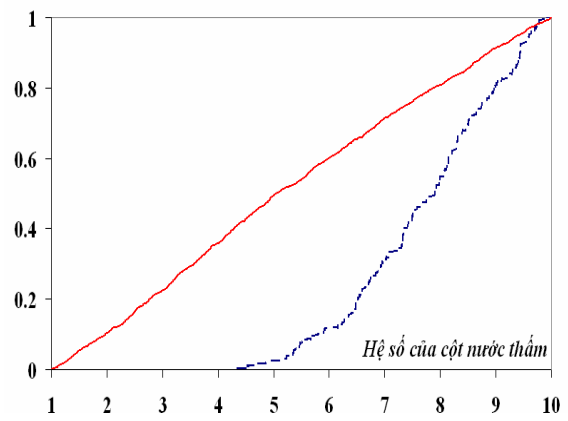
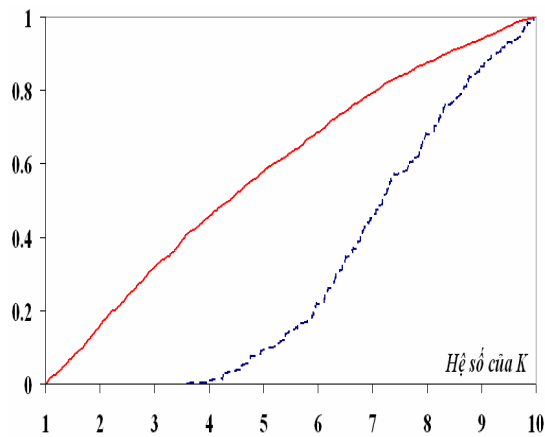
Manning-Strickler bờ khe suối của lưu vực. Hệ số thấm và cột nước thấm tính theo giá trị không gian trong lưu vực nên khi muốn thay đổi ta nhân các giá trị này với một hệ số (hệ số có giá trị thay đổi từ 1 đến 10) để phân tích độ nhạy, còn hệ số Manning-Strickler lấy đồng nhất trên toàn lưu vực nên lấy giá trị từ 2 đến 50; các giá trị này đều căn cứ sát với số liệu ở ngoài thực tế. Trong khuôn khổ báo cáo này, tác giả chỉ nêu kết quả tính toán đối tiêu chuẩn Nash, vì thực chất kết quả của Nash phản ánh gần đúng với kết quả tiêu chuẩn đỉnh “nước dâng” J [4] tương ứng với 2000 lần tính toán (2000 giá trị hàm Nash) với tổ hợp 3 thông số nêu trên.

Hình 2 và hình 3 là kết quả để phân tích độ nhạy của các thông số. Các giá trị khả dĩ của hàm Nash đều không phân tán hết khoảng biến thiên của từng thông số đã chọn (hệ số của  $K[1,10]$ , hệ số của cột nước thấm  $[1,10]$ , hệ số Manning-Strickler  $[2,50]$ ), điều đó chứng tỏ cả 3 thông số đều quan trọng trong mô hình MARINE (hình 2).

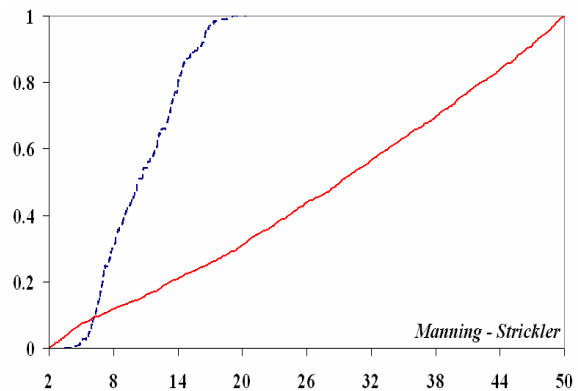


Hình 2. Giá trị Nash nhận được của 3 thông số: hệ số thấm, cột nước thấm và Manning-Strickler của bờ khe suối. Mỗi điểm chấm là biểu diễn cho 1 giá trị của hàm Nash.

Các giá trị khả dĩ của Manning-Strickler có xu hướng tập trung và đạt giá trị cực đại, có nghĩa là hệ số Manning-Strickler của bờ khe suối đóng vai trò chủ yếu và quan trọng hơn hai thông số còn lại. Căn cứ vào lân cận giá trị cực đại, chúng ta có thể dễ dàng xác định được khoảng giá trị hiệu quả (các giá trị đưa kết quả tính toán của mô hình gần đúng nhất với giá trị quan trắc) Manning-Strickler từ 9 đến 13 (hình 2)



Hình 3 - Phân phối xác suất thống kê của 3 thông số : hệ số thấm, cột nước thấm và Manning-Strickler của bờ khe suối, được tính toán từ giá trị Nash  
 ---- phân phối xác suất thống kê các giá trị “tốt”  
 — phân phối xác suất thống kê của giá trị “không tốt”



Bảng 1 thể hiện các giá trị  $d_{mc,nc}$  của các thông số (hệ số của K, hệ số của cột nước thấm, hệ số Manning-Strickler), tương ứng kết quả “tốt” là 10% ( $n_c = 200$ ), kết quả không tốt là 90% ( $m_c = 1800$ ). Tất cả các giá trị này (giá trị tính toán) đều lớn hơn rất nhiều giá trị chuẩn của  $d_{mc,nc}$  ở mức 99,9% (bảng 2); có nghĩa là cả 3 thông số đang xét đều quan trọng (đều nhạy) đối với mô hình tính toán. Giá trị  $d_{mc,nc}$  của Manning-Strickler lớn hơn so với hai giá trị còn lại (xem hình 3 và bảng 1), điều này phù hợp với kết quả của hình 2 (có nghĩa là Manning-Strickler của bờ khe suối quan trọng hơn hai thông số còn lại).

Bảng 1. Giá trị thống kê của Kolmogorov nhận được từ kết quả tính toán Monte-Carlo của Nash

Thông số tính toán	$d_{mc,nc}$
Hệ số của hệ số thấm (hệ số của K)	0,344
Hệ số của cột nước thấm	0,399
Hệ số Manning-Strickler của bờ khe suối	0,704

Vấn đề còn lại là hệ số thấm và cột nước thấm, giá trị nào sẽ quan trọng hơn trong mô

hình? Ở hình 2, các giá trị khả dĩ hàm Nash của cả hai giá trị đều không phân tán hết khoảng biến đổi của thông số đã chọn, song với thông số hệ số thấm, các giá trị này xu thế phân tán hơn so với cột nước thấm, có nghĩa là cột nước thấm sẽ có vai trò ảnh hưởng nhiều hơn đối với hệ số thấm. Giá trị  $d_{mc,nc}$  của cột nước thấm cũng lớn hơn giá  $d_{mc,nc}$  của hệ số thấm, điều đó cũng đã được khẳng định như kết quả ở hình 2 mà chúng ta đã phân tích ở trên (cột nước thấm quan trọng hơn hệ số thấm trong mô hình).

Mức độ chuẩn	Hệ số $\beta$	Giá trị chuẩn $d_{mc,nc}$
90,0%	1,22	0,090
99,9%	1,95	0,145

Bảng 2. Giá trị chuẩn thống kê của Kolmogorov

#### 4. KẾT LUẬN

Phương pháp GLUE và phương pháp phân tích tổng quát thống kê của Kolmogorov đã được nhiều tác giả dùng để phân tích độ nhạy của các thông số trong một mô hình tính toán. Các phương pháp này đã được tác giả giới thiệu ngắn gọn và áp dụng để phân tích độ nhạy ứng

với 3 thông số trong cơ chế hình thành dòng chảy lũ thông qua phần mềm MARINE ở lưu vực Gardons d'Anduze - Pháp, kết quả:

- Cả 3 thông số (hệ số thấm, cột nước thấm và Manning-Strickler bờ khe suối) đều quan trọng trong mô hình tính toán, trong đó Manning-Strickler có vai trò quan trọng nhất.

- Cột nước thấm nhạy hơn (có ảnh hưởng nhiều hơn) hệ số thấm trong cơ chế hình thành dòng chảy lũ.

Để phân tích độ nhạy theo phương pháp

GLUE và phương pháp tổng hợp, chúng ta phải chọn tổ hợp với số lượng các thông và khoảng cách biến thiên của mỗi thông số hợp lý. Dùng phương pháp GLUE và phương pháp phân tích tổng quát thống kê của Kolmogorov ngoài việc phân tích vào cơ chế hình thành dòng chảy lũ như đã trình bày ở trên còn được phân tích độ nhạy các thông số ở các mô hình khác: như các bài toán về thủy lực, nền móng, ổn định công trình... Phần này sẽ được tác giả giới thiệu trong những bài tiếp theo.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Melchers, R. E. "Structural reliability. Analysis and Prediction". Department of Civil Engineering and Surveying, University of Newcastle, N.S.W, Australia, 88-103, 1987

[2] Hornberger, G. M., and Spear, R. "An approach to the preliminary analysis of environmental systems". Journal of Environmental Management, 12, 7-18, 1981.

[3] Beven, K. "Changing ideas in hydrology - the case of physically-based models". J. of Hydrology 105, 157-172, 1989.

[4] Le, X.K et al. "Parameter sensitivity analysis of distributed hydrologic model. Application of MARINE on the "Gardons d'Anduze" basin, France". Japan - Vietnam Estuary Workshop, Vietnam, 2007.

#### **Abstract**

#### **SENSITIVITY STUDIES OF SOME PARAMETERS IN PROCESSES MECHANISM OF THE FLASH FLOOD ON THE GARDONS D'ANDUZE – FRENCH**

*The flash floods of slope basin threaten not only the property but also the human lives. MARINE software (Modélisation de l'Anticipation du Ruissellement et des Inondations pour des événements Extrêmes) has been developed at the Institute Fluids Mechanics of Toulouse, it allows the calculation of the flood hydrogram at the outlet of the basin. There are many parameters are involved in the shape of the hydrogram; problem is, which parameters are most sensitive for the results? From the flood hydrogram at the outlet of the Gardons d'Anduze basin, the use method GLUE "Generalized Likelihood Uncertainty Estimation" and the different comparative criteria between the simulations and the observations, we can compare sensitivity of the different parameters in the processes of flash flood.*

*Key words:* flash flood, MARINE, sensitivity, GLUE