



ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP MORRIS ĐỂ PHÂN TÍCH ĐỘ NHẠY CỦA CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI LƯU LƯỢNG LŨ TÍNH TOÁN TỪ LƯU VỰC NHỎ

Vũ Ngọc Trụ^{1*}, Nguyễn Thị Lâm Tuyết²

Tóm tắt: Trong công thức dự báo lưu lượng lũ từ lưu vực nhỏ hiện nay, mô hình đang được sử dụng phổ biến ở Việt Nam là mô hình thủy văn thông số cố định. Các tham số đầu vào được xác định theo một giá trị trung bình đại diện cho lưu vực nhưng mức độ quan trọng và sự ảnh hưởng của mỗi tham số đó trong công thức chưa được phân định. Bằng phương pháp đánh giá độ nhạy theo Morris, một khảo sát về độ nhạy của tám tham số đầu vào đã được thực hiện. Thông qua việc quy đổi từ không gian thực về không gian chuẩn, độ nhạy của các tham số khảo sát đã được phân biệt dựa trên các phân tích định tính và định lượng. Kết quả nghiên cứu sẽ giúp cho các nhà thiết kế và các cơ quan quản lý vĩ mô có những điều chỉnh hợp lý nhằm nâng cao tính bền vững của các công trình thoát nước trong suốt thời gian khai thác.

Từ khóa: Lưu lượng lũ; lưu vực nhỏ; dòng chảy; phương pháp Morris; độ nhạy.

Application of MORRIS method for analysis of sensitivity of the factors influencing flooding flows calculated from small basin

Abstract: In flood discharge forecasting formula for small basin, a recent applicable model which has been utilizing widely in Vietnam is the fixed-parameter hydrological model. The input parameters are identified in accordance to an average value representing for its basin. However, the significance and influence of these parameters have not been identified yet. Based on the Morris's sensitivity assessment method, a survey on sensitivity of 08 input parameters has been conducted. By converting from actual dimension into standardized dimension, the parameter's sensitivity has been identified based on both qualitative and quantitative analysis. The research outcomes will helps designers and macro-management agencies to have appropriate adjustments in order to enhance the stability of water drainage construction works during its operational life.

Keywords: Flood discharge; small basin; water-flow; Morris method, sensitivity.

Nhận ngày 13/12/2016; sửa xong 15/02/2017; chấp nhận đăng 21/3/2017

Received: December 13, 2016; revised: February 15, 2017; accepted: March 21, 2017



1. Đặt vấn đề

Như chúng ta đã biết, khi thiết kế các công trình thoát nước trên đường ô tô từ lưu vực nhỏ, ngành giao thông trước đây trong tiêu chuẩn 22 TCN-220-95 [1] và hiện nay trong tiêu chuẩn TCVN 9845-2013 [2] đang sử dụng công thức xác định lưu lượng dưới đây:

$$Q_p = A_p \cdot \delta \cdot H_p \cdot F \cdot \varphi \quad (1)$$

trong đó: p là tần suất thiết kế; H_p là lượng mưa ngày ứng với tần suất $p\%$ (mm); F là diện tích lưu vực (Km^2); A_p là mô đun dòng chảy lũ ứng với tần suất $p\%$; φ là hệ số dòng chảy lũ; δ là hệ số triết giảm lưu lượng do hồ ao, đầm lầy trên lưu vực.

Đây là mô hình thủy văn thông số cố định nên sự đa dạng của mỗi tham số đại diện cho lưu vực tính toán đã được thu hẹp, đơn giản hóa bằng một giá trị trung bình tương ứng, đại diện cho lưu vực. Phương pháp tính toán theo giá trị trung bình trên sẽ hợp lý hơn nếu các đặc trưng của lưu vực như mức độ che phủ của thảm thực vật, độ dốc các sườn dốc, loại đất... ít thay đổi trên lưu vực tính toán. Trên thực tế ở nhiều khu vực đồi núi, các tham số trên thay đổi khá đáng kể trên một lưu vực nhưng việc xác định một giá trị trung bình chưa có những định lượng rõ ràng, nên mức độ chính xác của kết quả tính toán sẽ phụ thuộc nhiều vào chủ quan của người tính toán và vào mức độ đa dạng, phức tạp của lưu vực. Mặt khác, ở nhiều nơi tình trạng thảm phủ lưu vực thay đổi liên tục trong suốt thời gian khai thác công trình, nhất là ở các vùng trồng rừng nguyên liệu. Những sai số và khác biệt về dữ liệu đầu vào do những nguyên nhân kể trên chắc chắn sẽ ảnh hưởng đến kết quả tính toán lưu lượng tại công trình. Mức độ ảnh hưởng của mỗi tham số tới lưu lượng lũ như thế nào cần được đánh giá định lượng để có những khuyến cáo khoa học cho các nhà thiết kế khi lựa chọn tham số thủy văn tính toán.

¹ TS, Khoa Xây dựng Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng.

² KS, Sở Giao thông Vận tải Yên Bái.

*Tác giả chính. E-mail: vutru1975@gmail.com.

Nội dung nghiên cứu trong bài báo này sẽ ứng dụng phương pháp đánh giá độ nhạy của Morris để khảo sát mức độ ảnh hưởng (độ nhạy) của từng tham số tới kết quả lưu lượng tính toán trên lưu vực, có xét tới những sai số chủ quan và khách quan của số liệu đầu vào của bài toán tính toán lưu lượng lũ từ lưu vực nhỏ. Phương pháp này sẽ tiến hành xác định ảnh hưởng của các tham số, đại lượng có các tác động xung quanh đến kết quả tính toán, bao quát hơn là mối quan hệ giữa các yếu tố đầu vào và đầu ra, giữa chính các yếu tố đầu vào với nhau. Quá trình phân tích độ nhạy sử dụng các phương pháp trong thống kê, xác suất, nghiên cứu những dao động nhỏ xung quanh một giá trị đầu vào $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ được đưa vào có ảnh hưởng như thế nào đến các giá trị đầu ra.



2. Phương pháp phân tích độ nhạy Morris

Phương pháp phân tích độ nhạy phổ biến nhất là phương pháp OAT (One factor At a Time) khi khảo sát một tham số thay đổi trong lúc tất cả các tham số còn lại được duy trì không đổi. Phương pháp này dựa trên nguyên lý tính toán đạo hàm riêng của các hàm đầu ra so với các biến được đưa vào:

$$S_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

Việc tính toán thực hiện bằng cách thay đổi các giá trị đưa vào của mô hình trong một không gian rất hẹp quanh một giá trị danh nghĩa. Nhìn chung khi áp dụng phương pháp này, những mối quan hệ giữa các tham số đầu vào và đầu ra được giả định là tuyến tính (các yếu tố đầu vào gần như độc lập).

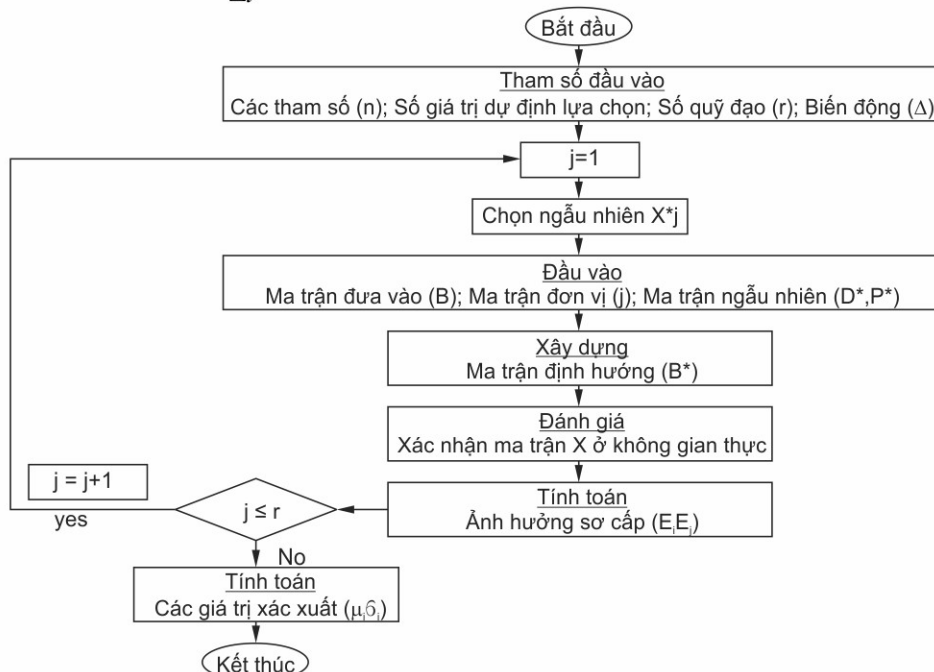
Phương pháp OAT này dễ dàng nhận thấy một hạn chế rất lớn là chúng không có khả năng đánh giá được sự tương tác giữa các yếu tố cũng như sự tương tác đó có ảnh hưởng mạnh lên kết quả đầu ra hay không. Hơn nữa, việc phụ thuộc vào giá trị danh nghĩa, sự thực hiện mô hình là cục bộ trong không gian đầu vào (xung quanh điểm được chọn) sẽ chỉ phù hợp với giả định tuyến tính như trên, tức là nếu mô hình cho thấy tính phi tuyến mạnh thì mỗi sự thay đổi trong việc chọn giá trị danh nghĩa sẽ có kết quả về mức độ nhạy hoàn toàn khác nhau.

Phương pháp Morris [3] có ưu điểm là khắc phục được những hạn chế trên. Các tham số sẽ được chọn và rời rạc hóa trong một không gian chuẩn giống nhau, bao trùm toàn bộ khối không gian mà chúng có thể biến đổi trong đó.

Phương pháp này cho phép xác định được những tham số quan trọng nhất trong số những tham số của một mô hình phức tạp. Đồng thời, nó cho phép xác định được những ảnh hưởng của tham số là không đáng kể, tuyến tính, phi tuyến hay tương tác với các tham số khác. Sự sắp xếp này sẽ được dựa trên khái niệm ảnh hưởng sơ cấp (EE) của một tham số được đưa ra. Việc đánh giá sẽ được thực hiện bằng cách tính toán r lần lặp đi lặp lại (ta gọi nó là r quỹ đạo), tại r điểm khác nhau trong không gian đầu vào, sau đó sẽ xác định được các đại lượng trung bình, độ lệch chuẩn để từ đó đưa ra được những kết luận về độ nhạy của mỗi tham số đầu vào.

Ảnh hưởng sơ cấp (EE_i) của 1 tham số x_i ($i=1, 2, \dots, n$) được xác định như sau:

$$EE_i = \frac{f(x_1, \dots, x_{i-1}, x_i + \Delta, x_{i+1}, \dots, x_n) - f(X)}{\Delta} \quad (3)$$



Hình 1. Sơ đồ tính toán theo phương pháp Morris [4]

Ở đây $f(X)$ và $f(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n)$ là phản ứng của mô hình trước sự biến động 1 khoảng Δ_i của biến x_i . Khoảng Δ_i này phụ thuộc vào p là số giá trị dự kiến của biến x_i trong không gian thực.

Trước đó, chúng ta sẽ đưa các biến đầu vào $X(x_1, \dots, x_n)$ được định nghĩa lại trong một không gian chuẩn (1 đa khối đơn vị chuẩn) $[0, 1]^n$ nhờ vào một sự biến đổi tuyến tính đơn giản để chuyển không gian thực của các biến vào không gian chuẩn:

$$(R_1, R_2, R_n) \longrightarrow [0, 1]^n \quad (4)$$

$X \qquad X^*$

Như vậy, ta có thể cho các biến biến động cùng một khoảng Δ đồng nhất trong không gian chuẩn. Thông thường ta chọn $\Delta = \frac{1}{p-1}$. Tổng thể các giá trị dự kiến được lựa chọn ngẫu nhiên trong không gian chuẩn là $\Omega = \left\{0, \frac{1}{p-1}, \frac{1}{p-2}, \dots, 1\right\}$. Khi đó, $X^*(x_1^*, x_2^*, \dots, x_i^*, \dots, x_n^*)$ là một điểm trong không gian chuẩn $[0, 1]^n$ và một sự biến động Δ của X^* sẽ vẫn đặt trong không gian chuẩn $[0, 1]^n$: $(x_1^*, \dots, x_i^* + \Delta, \dots, x_n^*)$. Ở đây, ta chú ý trong việc chọn X^* ban đầu, đó là giá trị x_i^* cần chọn trong khoảng $[0, 1 - \Delta]$ thay vì $[0, 1]$ nhằm tránh $x_i^* + \Delta$ nằm ngoài không gian chuẩn.

Như trình tự thực hiện mô tả trong Hình 1, với mỗi lần thực hiện một quỹ đạo, ta bắt đầu chọn được ngẫu nhiên một giá trị X từ điểm "tham chiếu" ban đầu X^* (cũng là ngẫu nhiên) trong tập hợp Ω sau đó sẽ áp dụng cho mỗi biến động Δ của từng tham số x_i^* và chọn được các tham số $x_i + \Delta_i$ khác nhau, hiểu đơn giản thì đó là việc ta tính ngược lại để tìm X trong không gian thực. Tập hợp của tất cả các điểm X^* "tham chiếu" (gồm các điểm X^* đã có dao động Δ) sẽ được tổng hợp trong một ma trận gọi là ma trận định hướng B^* có kích thước $(n+1)n$. Giữa 2 hàng liên tiếp của ma trận này, luôn luôn chỉ có một giá trị trong các tham số x_i^* là bị thay đổi khoảng Δ .

Ma trận B^* của phương pháp Morris được định nghĩa như sau:

$$B^* = \left\{ J_{n+1,1} \cdot X^* + \frac{\Delta}{2} [(2B - J_{n+1,n}) \cdot D^* + J_{n+1,n}] \right\} \cdot P^* \quad (5)$$

trong đó: $J_{n+1,1}$ và $J_{n+1,n}$ là ma trận đơn vị có kích thước $(n+1) \cdot 1$ và $(n+1) \cdot n$; X^* là điểm tham chiếu lựa chọn ngẫu nhiên ban đầu; B là ma trận đơn vị tam giác dưới có kích thước $(n+1) \cdot n$; D^* là ma trận chéo, ở đó các thành phần đường chéo chính được chọn ngẫu nhiên bằng 1 hoặc -1, có kích thước $n \cdot n$; P^* là ma trận vuông $n \cdot n$, được thiết lập với điều kiện mỗi hàng mỗi cột chỉ có duy nhất một phần tử bằng 1, ma trận này cũng ngẫu nhiên.

Khi đó, từ ma trận B^* , chúng ta sẽ luôn chọn được $X^*(x_1^*, x_2^*, \dots, x_i^*, \dots, x_n^*)$ và $X^*(x_1^*, \dots, x_i^* + \Delta, \dots, x_n^*)$. Quay trở lại không gian thực ta sẽ xác định được các $X(x_1, \dots, x_p, \dots, x_n)$ và $X(x_1, \dots, x_{i+\Delta}, \dots, x_n)$, $i = 1 \div n$.

Sau r quỹ đạo được thực hiện, với mỗi tham số x_i , ta sẽ có r ảnh hưởng sơ cấp ($EE_{i1}, EE_{i2}, \dots, EE_{ir}$). Từ đó, ta xác định được các đại lượng trung bình, trung bình tuyệt đối và độ lệch chuẩn.

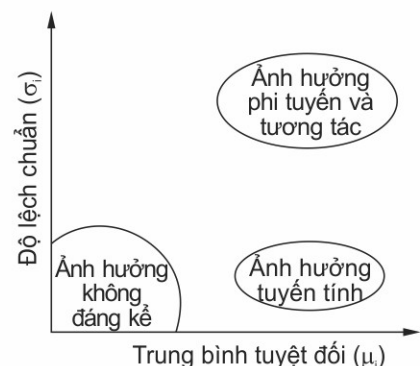
$$\text{Trị trung bình: } \mu_i = \frac{\sum_{j=1}^r EE_{i,j}}{r} \quad (6)$$

$$\text{Trị trung bình tuyệt đối: } \mu_i^* = \frac{\sum_{j=1}^r |EE_{i,j}|}{r} \quad (7)$$

$$\text{Độ lệch chuẩn: } \sigma_i = \sqrt{\frac{1}{r-1} \cdot \sum_{j=1}^r (EE_{i,j} - \mu_i)^2} \quad (8)$$

Từ các kết quả trung bình và độ lệch chuẩn, chúng ta sẽ đưa ra được các đánh giá cần thiết: Giá trị trung bình μ_i^* đánh giá được mức độ nhạy giữa tham số đầu vào $i(x_i)$ và kết quả đầu ra của mô hình. Khi trung bình tham số i cao, kết quả có một mức độ nhạy lớn với tham số này. Ngược lại, một giá trị thấp chứng tỏ sự ảnh hưởng không đáng kể lên kết quả đầu ra; Độ lệch chuẩn σ_i cho thấy đồng thời sự tương tác giữa một tham số với các tham số khác hay nói cách khác là sự ảnh hưởng phi tuyến.

Như minh họa trong Hình 2, ảnh hưởng của tham số đầu vào là không đáng kể nếu cả trung bình và độ lệch chuẩn của những ảnh hưởng sơ cấp là nhỏ. Khi chỉ có trị trung bình là lớn, còn độ lệch chuẩn thấp, thì ảnh hưởng của tham số sẽ là tuyến tính (tức nó gần như độc lập với các tham số khác và có tác động riêng lẻ lên kết quả). Cuối cùng, nếu ta quan sát được cả trung bình và độ lệch chuẩn lớn, thì có nghĩa rằng ảnh hưởng của tham số là phi tuyến và có sự tương tác với các tham số khác thì đó sẽ là một tham số rất quan trọng, quyết định đến kết quả đầu ra.



Hình 2. Phân loại ảnh hưởng của các tham số đầu vào bằng phương pháp Morris



3. Sử dụng phương pháp Morris để đánh giá độ nhạy của bài toán tính lưu lượng lũ từ lưu vực nhỏ

Trước hết, chúng ta cần xác định những tham số đầu vào cần để nghiên cứu có liên quan đến công thức (1). Các tham số đầu vào ở đây bao gồm rất nhiều các yếu tố có thể có liên quan trực tiếp hoặc quan hệ phụ thuộc lẫn nhau, nhưng đều tác động đến lưu lượng lũ như tính chất sông suối trong lưu vực, tình trạng thảm phủ, độ dốc sườn dốc, loại đất, cấu tạo tầng đất... Ngoài lượng mưa H_p (%) là cố định, các tham số còn lại phụ thuộc vào sai số chủ quan của người thiết kế sẽ được khảo sát trong nghiên cứu này bao gồm: Diện tích lưu vực F (Km^2); Chiều dài suối chính L (Km); Chiều dài suối nhánh Σl (Km); Đặc trưng nhám trên sườn dốc m_{sd} ; Đặc trưng nhám của lòng sông m_{ls} ; Độ dốc trung bình của sườn dốc J_{sd} (‰); Độ dốc trung bình của lòng chính J_{ls} (‰); Hệ số dòng chảy lũ φ .

Trong công thức (1) ở trên, nhận thấy rằng các tham số này không đứng độc lập tuyến tính riêng biệt mà ngược lại một số trong đó có mối liên hệ chặt chẽ với nhau, ví dụ sự phụ thuộc của φ vào F và H_p . Vì vậy, hoàn toàn hợp lý nếu chúng ta sử dụng phương pháp Morris để khảo sát độ nhạy thay vì dùng phương pháp cổ điển OAT.

Tiếp theo là việc lựa chọn không gian tính toán của từng tham số. Chúng ta biết rằng, trên thực tế có rất nhiều lưu vực với đặc trưng khác nhau, nếu thay đổi lưu vực thì sẽ tạo ra một không gian tính toán rất rộng và sẽ gây phức tạp cho mục tiêu bài toán. Trong khuôn khổ bài báo này sẽ khảo sát ảnh hưởng của các tham số qua một không gian hẹp hơn: tính toán lưu lượng dòng chảy khi có sự dao động ở các tham số đầu vào (do sai số chủ quan và khách quan của người thiết kế) trên một lưu vực cụ thể ở tỉnh Yên Bái (thuộc vùng mưa III, $H_p\% = 172mm$). Khi đó, những số lượng phép tính thực hiện sẽ được rút ngắn nhưng vẫn đảm bảo tính thực tiễn của mục tiêu nghiên cứu.

Trong các tham số khảo sát, $H_p\%$ được ấn định theo vùng mưa, m_{sd} và m_{ls} có thể xác định thông qua các bảng tính toán có sẵn, còn lại các tham số khác được xác định theo chủ quan và kinh nghiệm của người thiết kế. Vì vậy để có một số liệu sát với thực tế mà không làm mất đi tính ngẫu nhiên, tác giả sẽ lấy dải biến thiên của mỗi tham số thông qua kết quả khảo sát từ 20 người thiết kế. Kết quả xác định các tham số đầu vào từ bình đồ lưu vực như sau:

Qua phân tích kết quả thu được, dải biến thiên các tham số ảnh hưởng được đề xuất như trong Bảng 1 dưới đây:

Bảng 1. Phạm vi biến thiên của các thông số đầu vào sử dụng cho phương pháp Morris

Tên tham số	F	L	Σl	m_{sd}	m_{ls}	J_{sd}	J_{ls}	φ
Tên biến	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Khoảng biến thiên	0,918÷1,122	1,11÷1,35	1,66÷2,02	0,2÷0,3	7÷9	100÷150	20÷70	0,66÷0,89
Trị trung bình	1,02	1,227	1,84	0,25	8	136	38	0,77

Như vậy, bài toán đặt ra sẽ là khảo sát ảnh hưởng của 8 tham số trên ($n = 8$) tới giá trị lưu lượng lũ tính toán Qp. Để đảm bảo tính chính xác, nhóm nghiên cứu sẽ thực hiện một lượng lớn $r = 1000$ quỹ đạo, tức là tạo ra 1001 cặp giá trị đầu vào một cách ngẫu nhiên xuất hiện trong dải biến thiên khảo sát. Dự kiến lựa chọn $p = 1001$ giá trị ngẫu nhiên trong khoảng $[0, 1]$ nhằm tăng mật độ lấp đầy các giá trị trong đó. Như vậy độ dao động sẽ là $\Delta = 1/1000$.

Do điều kiện thu thập dữ liệu đầu vào bị hạn chế nên trong nghiên cứu này sử dụng cùng một dạng hàm song ánh đơn giản $Y = AX + B$ để chuyển các khoảng giá trị của các tham số sang không gian chuẩn. Với một tham số x_i ($i = 1 \div 8$) thuộc khoảng giá trị $[a_i, b_i]$ tham số này sẽ được đưa vào không gian chuẩn (tức lựa chọn hàm đưa nó vào khoảng $[0, 1]$ bằng hàm):

$$x_i^* = \frac{x_i - a_i}{b_i - a_i} \quad (9)$$

Khi đó ta có các ma trận đưa vào trong không gian chuẩn sẽ là: B là ma trận đơn vị tam giác dưới (9×8); J là ma trận đơn vị (9×8); D* là ma trận chéo (8×8) có các giá trị ngẫu nhiên 1 hoặc -1 trên đường chéo; P* là ma trận (8×8) ngẫu nhiên sao cho mỗi hàng mỗi cột chỉ có 1 phần tử bằng 1, còn lại bằng 0.

Dựa trên công thức tính toán (5) của Morris, chúng ta sẽ xác định được ma trận B* dạng (9×8) mà ở đó 2 hàng liên tiếp nhau của ma trận này chỉ có 1 tham số chênh lệch một khoảng $\Delta = 1/1000$. Từ ma trận B* sẽ tính toán được các ảnh hưởng sơ cấp của từng tham số và xác định được các giá trị trung bình, độ lệch chuẩn của mỗi tham số xem xét tương ứng với trung bình vào độ lệch chuẩn từ kết quả của dãy 1000 số liệu ở từng biến.

Để khảo sát sự hội tụ của mỗi tham số trên biểu đồ, tiến hành khảo sát 25 lần quỹ đạo $r = 1000$ sẽ thu được 25 trị trung bình và 25 độ lệch chuẩn của mỗi biến, tương ứng với việc mỗi biến sẽ có 25 điểm được biểu diễn trên đồ thị. Nhằm hỗ trợ cho quá trình khảo sát, trong nghiên cứu này đã sử dụng ngôn ngữ lập trình Visual Basic kết hợp với Excel, với việc lập các macro và các hàm tính toán nội suy 1 chiều và 2 chiều nhằm thực hiện các vòng lặp với 25 lần chu kỳ quỹ đạo $r = 1000$ (điều này tương đương với việc thực hiện 25.000 lần lựa chọn ngẫu nhiên các tham số). Các giá trị độ lệch chuẩn và trung bình tuyệt đối của các tham số khảo sát được trình bày trong Bảng 2, Bảng 3 và được minh họa trong biểu đồ ảnh hưởng như trong Hình 3 dưới đây.

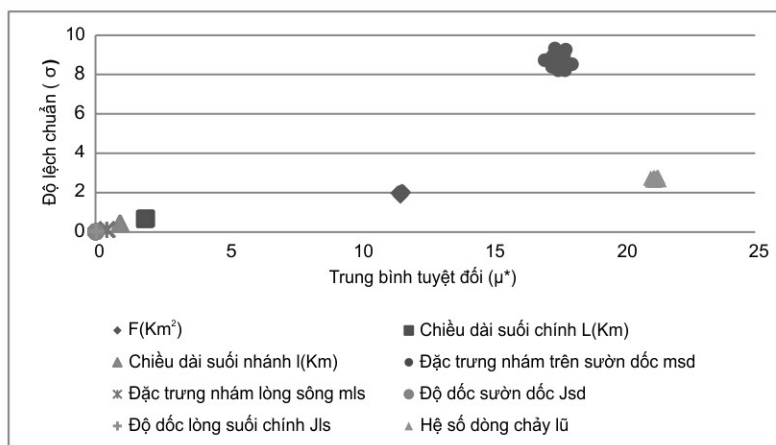
Bảng 2. Độ lệch chuẩn của các tham số khảo sát

N°	$\sigma_1(F)$	$\sigma_2(L)$	$\sigma_3(\Sigma I)$	$\sigma_4(msd)$	$\sigma_5(mls)$	$\sigma_6(Jsd)$	$\sigma_7(Jls)$	$\sigma_8(\varphi)$
1	2,006782	0,634727	0,415565	8,536297	0,107476	0,005106	0,014826	2,614397
2	1,795158	0,634791	0,396449	8,080089	0,11089	0,004946	0,015539	2,713938
3	1,945514	0,652374	0,412139	8,46177	0,110321	0,005174	0,016226	2,697921
4	1,931416	0,666187	0,419769	8,481766	0,109751	0,005087	0,015904	2,732128
5	1,948569	0,641836	0,40914	8,33914	0,104755	0,005159	0,015475	2,789878
6	1,993806	0,661096	0,41862	8,479947	0,106894	0,005111	0,015517	2,67858
7	1,972226	0,65399	0,419371	8,5754	0,106773	0,005096	0,016173	2,74196
8	2,051598	0,660714	0,421341	8,537918	0,107343	0,005208	0,015073	2,729851
9	1,961182	0,670164	0,407377	8,377339	0,109105	0,005074	0,01618	2,63724
10	2,049037	0,680622	0,426451	8,577163	0,109729	0,005247	0,016125	2,711864

Bảng 3. Trung bình tuyệt đối của các tham số khảo sát

N°	$\mu_1^*(F)$	$\mu_2^*(L)$	$\mu_3^*(\Sigma I)$	$\mu_4^*(msd)$	$\mu_5^*(mls)$	$\mu_6^*(Jsd)$	$\mu_7^*(Jls)$	$\mu_8^*(\varphi)$
1	11,51252	1,868113	0,924018	19,15259	0,433194	0,011421	0,029029	21,10276
2	11,55762	1,880301	0,954161	19,55785	0,44047	0,01173	0,029617	21,26978
3	11,64444	1,927056	0,933275	19,18159	0,44558	0,01154	0,030679	21,30537
4	11,54117	1,891711	0,956238	19,61181	0,438554	0,011776	0,030124	21,26979
5	11,54106	1,881849	0,941508	19,38042	0,434431	0,011664	0,029508	21,33177
6	11,56032	1,86036	0,953129	19,63846	0,434359	0,011649	0,029341	21,32237
7	11,63142	1,910029	0,933924	19,2142	0,436413	0,011383	0,029963	21,28986
8	11,59661	1,895624	0,900458	18,6643	0,432569	0,011072	0,029631	21,04756
9	11,45615	1,865649	0,959481	19,76006	0,436662	0,011814	0,030233	21,37325
10	11,64932	1,920658	0,924928	19,07785	0,438771	0,011422	0,0304	21,16203

Kết quả thu được cho thấy, ở từng biến khảo sát, 10 kết quả thu được ứng với 10 lần độc lập thực hiện quỹ đạo $r = 1000$ nằm khá hội tụ trên biểu đồ, chứng tỏ số lượng phép tính thực hiện trong khảo sát trên là chấp nhận được.



Hình 3. Biểu đồ ảnh hưởng của các tham số khảo sát



4. Phân tích kết quả

Các kết quả thu được như trên Hình 3 đã cho thấy ba tham số: đặc trưng nhám trên sườn dốc m_{sd} , hệ số dòng chảy lũ φ và diện tích lưu vực F có độ nhạy lớn nhất, ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán lưu lượng dòng chảy theo TCVN 9845. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng và độ nhạy của cả ba tham số này khác nhau. Tham số m_{sd} có cả trị trung bình và độ lệch chuẩn lớn, đối chiếu theo chỉ dẫn trong mục II, ảnh hưởng của tham số m_{sd} là phi tuyến và có độ nhạy cao, tương tác mạnh với các tham số khác và tác động quan trọng đến kết quả đầu ra. Hai tham số còn lại là diện tích lưu vực F và hệ số dòng chảy lũ có trị trung bình lớn nhưng độ lệch chuẩn nhỏ, nên ảnh hưởng của hai tham số này là tuyến tính, tác động riêng lẻ tới lưu lượng tính toán. So sánh về độ nhạy giữa F và φ có thể thấy rằng độ lệch chuẩn không khác nhau nhiều nhưng trị trung bình của φ lại lớn hơn F rất nhiều. Điều đó phản ánh độ nhạy của φ lớn hơn F rất nhiều trong công thức lưu lượng.

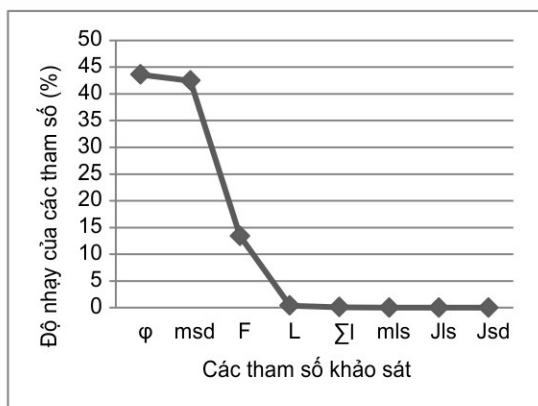
Năm tham số còn lại là chiều dài suối chính, chiều dài suối nhánh, đặc trưng độ nhám lòng sông, độ dốc sườn dốc và độ dốc lòng suối có độ nhạy thấp, thể hiện qua trị trung bình và độ lệch chuẩn đều nhỏ. Điều này có thể được giải thích bằng việc năm tham số này chỉ ảnh hưởng đến thời gian hình thành dòng chảy kể từ khi có mưa để đạt tới thời điểm Q_{max} tại công trình, trong khi ba tham số đầu tiên ảnh hưởng tới lượng nước sẽ tham gia vào Q_{max} tại công trình.

Khi so sánh độ nhạy giữa m_{sd} và φ , một tham số có ảnh hưởng tuyến tính, tham số còn lại ảnh hưởng phi tuyến, nhưng có trị trung bình và độ lệch chuẩn khác nhau, vậy tham số nào có độ nhạy cao hơn? Rõ ràng đánh giá định tính từ biểu đồ trong Hình 3 không đủ cơ sở để trả lời cho câu hỏi này. Để so sánh mức độ ảnh hưởng của hai tham số đó trong trường hợp này cần dựa trên đánh giá định lượng theo đề xuất của Gresman [5] với công thức tính toán độ nhạy tổng thể từ các kết quả của trung bình và độ lệch chuẩn (Hình 4):

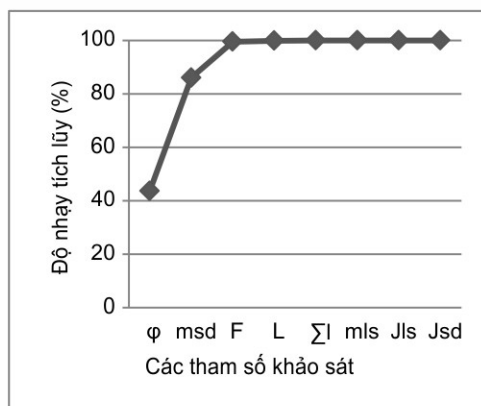
$$G_i^* = \frac{G_i}{\sum G_i} \text{ với } G_i = \mu_i^2 + \sigma_i^2 \quad (10)$$

Biểu đồ trong Hình 4 dưới đây giúp chúng ta có một đánh giá định lượng về những ảnh hưởng của từng tham số thông qua kiến nghị của của Gresham. Nếu coi tổng độ nhạy của 8 tham số ảnh hưởng là 100% thì riêng độ nhạy của φ và m_{sd} đã chiếm đến 86.1%, trong đó tham số φ có độ nhạy cao hơn một chút (43.5%) so với tham số m_{sd} (41.6%). Trên Hình 5, độ nhạy tích lũy của cả ba tham số m_{sd} , φ và F đã chiếm đến 99% trong tổng độ nhạy của cả 8 tham số. Độ nhạy của năm tham số khảo sát còn lại ở mức thấp cho thấy rằng kết quả tính theo trị số trung bình đại diện cho lưu vực như hướng dẫn trong tiêu chuẩn TCVN 9845-2013 là chấp nhận được.

Sự nhìn nhận đúng mức về vai trò và độ nhạy của các tham số F , m_{sd} có ý nghĩa quan trọng trong bài toán tính toán lưu lượng lũ từ lưu vực nhỏ φ . Như đã phân tích ở phần I, sự lựa chọn tham số đầu vào đều gặp những sai số chủ quan hoặc khách quan gây ảnh hưởng đến kết quả dự báo lũ. Nếu như đối với F , có thể làm tăng độ chính xác khi xác định diện tích bằng các giải pháp như đo diện tích lưu vực trên bản đồ tỷ lệ lớn, hoặc đo trên bản đồ số sẽ giúp giảm thiểu sai số, thì việc xác định các tham số m_{sd} và φ phức tạp hơn nhiều. Tại một lưu vực ngoài thực địa, đặc trưng thảm phủ sườn dốc (ảnh hưởng tới m_{sd}) và loại đất cấu tạo nên lưu vực (tham số ảnh hưởng trực tiếp tới φ) có thể thay đổi, nhưng trong công thức (1), chỉ có một giá trị cố định đại diện cho mỗi tham số trên lưu vực được lựa chọn. Đối với mô hình thủy văn thông số cố định, để xét tới sự phân bố thay đổi của mỗi tham số trên một lưu vực, chúng tôi đề xuất nên xác định theo trị số bình quân gia quyền của mỗi tham số đó.



Hình 4. Đánh giá định lượng về độ nhạy của các tham số trong nghiên cứu



Hình 5. Biểu đồ độ nhạy tích lũy của các tham số trong nghiên cứu

Tình trạng thấm phủ trên bề mặt lưu vực không chỉ ảnh hưởng đến m_{sd} mà còn ảnh hưởng đến trị số ϕ (ảnh hưởng đến tốc độ thấm và tới trị số ϕ trong bảng tra sẵn). Trong khảo sát này, m_{sd} mới chỉ xem xét dao động trong khoảng 0.2-0.3, tương ứng với mức độ cỏ thưa hoặc cỏ dày. Nếu khảo sát rộng hơn, m_{sd} có thể dao động từ 0.1 đến 0.5 (như dải biến thiên trong bảng tra sẵn), khi đó m_{sd} sẽ có độ nhạy mạnh hơn nữa. Điều này hoàn toàn có thể xảy ra ở các lưu vực, khi tình trạng thấm phủ phụ thuộc vào mục tiêu sử dụng đất và loại cây trồng. Để đảm bảo sự an toàn cho các công trình thoát nước, người thiết kế cần dự đoán được tình trạng thấm phủ lưu vực trong điều kiện bất lợi nhất có thể xuất hiện trong thời gian khai thác công trình (khi thấm phủ không còn đáng kể do khai thác cây trồng...).

Ảnh hưởng và độ nhạy của m_{sd} không chỉ đơn thuần được xem xét từ phía người thiết kế, mà còn cần được xem xét từ phía cơ quan quản lý địa phương nhằm có quản lý, khai thác hiệu quả các lưu vực hai bên đường. Việc làm tăng mật độ và duy trì ổn định thảm phủ lưu vực sẽ là một giải pháp quan trọng, góp phần kiểm soát tốt lưu lượng lũ tính toán, giảm thiểu nguy cơ lũ quét và mất khác, đó cũng là một trong những giải pháp thích ứng biến đổi khí hậu quan trọng trong cơ sở hạ tầng giao thông ở khu vực miền núi.



5. Kết luận

Bằng phương pháp Morris, nghiên cứu đã khảo sát độ nhạy của 8 tham số trong công thức tính lưu lượng lũ từ lưu vực nhỏ. Các tham số với dải biến thiên lựa chọn trong không gian thực đã được chuyển đổi về không gian chuẩn để xác định độ lệch chuẩn và trung bình tuyệt đối. Do hạn chế về thời gian nên trong nghiên cứu này chưa khảo sát sâu sắc về quy luật biến thiên của các tham số đầu vào. Các tham số này có thể có những tác động tương hỗ lẫn nhau mà chưa thể phân tách hoàn toàn, nhưng nội dung nghiên cứu này đã bước đầu chỉ ra được vai trò và độ nhạy của mỗi tham số trong công thức dự báo lưu lượng lũ. Kết quả cho thấy các yếu tố có độ nhạy cao, có ảnh hưởng lớn đến lưu lượng tính toán là hệ số dòng chảy lũ ϕ , độ nhám sườn dốc m_{sd} và diện tích lưu vực F . Kết quả này không chỉ có ý nghĩa đơn thuần với những nhà thiết kế trong việc dành sự quan tâm hợp lý hơn tới mỗi tham số đầu vào của công thức (1), mà còn giúp cho các nhà quản lý xây dựng nên những chiến lược dài hạn trong việc quản lý, khai thác các thảm phủ lưu vực hiệu quả và góp phần duy trì sự bền vững của các tuyến đường, thích ứng với biến đổi khí hậu và ứng phó với các hiện tượng thời tiết cực đoan.

Tài liệu tham khảo

- 22TCN220-95, *Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ*, Bộ Giao thông Vận tải.
- TCVN 9845-2013, *Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ*, Hà Nội.
- Max D.Morris, (1991), "Factorial sampling plans for preliminary computational experiments", *Technometrics*, 33(2):161-174.
- Ngo Viet Duc (2015), *Contribution à l'approche probabiliste de la durabilité des structures en béton soumise la carbonatation*, These, LMDC Toulouse, France
- Gresham A., Sobol I. (1995), "On an alternative global sensitivity estimators", *Proceedings of SAMO*, Belgirate, 40-42