

THỰC NGHIỆM SỐ CÔNG THỨC TÍNH THẨM TRONG PHƯƠNG PHÁP SCS CHO LƯU VỰC SÔNG VỆ TRẠM AN CHỈ

Nguyễn Thanh Sơn

Khoa Khí tượng-Thủy văn và Hải dương học

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội

Tóm tắt. Phương pháp SCS của Cục thổ nhưỡng Hoa Kỳ hiện được áp dụng rộng rãi ở nhiều khu vực trên thế giới. Phương pháp này dùng để tính thẩm trong các mô hình mưa - dòng chảy đã được áp dụng linh hoạt với nhiều cải tiến cho phù hợp với các điều kiện địa phương. Bài báo này giới thiệu việc hiệu chỉnh công thức thẩm bằng thực nghiệm số kết hợp phương pháp SCS và mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng lũ trên lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ.

1. Phương pháp SCS

Phương pháp SCS của Cục thổ nhưỡng Hoa Kỳ [7] được áp dụng để tính tổn thất dòng chảy từ mưa. Hệ 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 như sau:

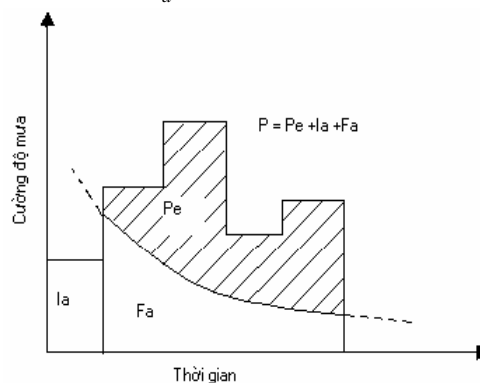
$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (1)$$

Từ nguyên lý liên tục, ta có:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (2)$$

Kết hợp giải (1) và (2) để tính P_e

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (3)$$



Hình 1. Các biến số tổn thất dòng chảy trong phương pháp SCS

I_a - độ sâu tổn thất ban đầu, P_e - độ sâu mưa hiệu dụng, F_a - độ sâu thẩm liên tục, P - tổng độ sâu mưa.

Qua nghiên cứu các kết quả thực nghiệm trên nhiều lưu vực nhỏ, người ta đã xây dựng được quan hệ kinh nghiệm :

$$I_a = 0,2S$$

Trên cơ sở này, ta có :

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (4)$$

Lập đồ thị quan hệ giữa P và P_e bằng các số liệu của nhiều lưu vực, người ta đã tìm ra được họ các đường cong. Để tiêu chuẩn hoá các đường cong này, người ta sử dụng số hiệu của đường cong CN làm thông số. Đó là một số không thứ nguyên, lấy giá trị trong khoảng $0 \leq CN \leq 100$. Đối với các mặt không thấm hoặc mặt nước, $CN = 100$; đối với các mặt tự nhiên, $CN < 100$. Số hiệu của đường cong CN và S liên hệ với nhau qua phương trình :

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ (inch)} \quad \text{hay} \quad S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \text{ (mm)} \quad (5)$$

Các số hiệu của đường cong CN đã được Cục thổ nhưỡng Hoa Kỳ[7] lập thành bảng tính sẵn dựa trên phân loại đất và tình hình sử dụng đất.

Phương pháp SCS đã được sử dụng rộng rãi ở nhiều nơi trên thế giới bởi nó cho kết quả khá ổn định và đáng tin cậy trong việc đánh giá dòng chảy mặt. Các cải tiến SCS về lý luận và thực tiễn đã được *Bofu Yu* [6], *Tammos* [8], *Viện nghiên cứu rừng Vac-sa-va* [5], ... tiến hành và mang lại những lợi ích to lớn.

Mặc dù được sử dụng rộng rãi, phương pháp SCS sẽ giảm giá trị bởi sự nhận thức lí thuyết thiếu chính xác. Ở Utah, người đã liên kết số đường cong SCS với diện tích bão hoà cục bộ và đã thấy rằng việc sử dụng $I_a = 0.2S$ cho tổn thất ban đầu không tạo ra kết quả tốt trong việc dự báo dòng mặt trừ khi S phụ thuộc vào tổng lượng mưa. *Ashish Pandey cùng các cộng sự* [4] xác định dòng chảy mặt cho lưu vực Karso, kết hợp sử dụng GIS và SCS.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$Q = \frac{(P - 0.3S)^2}{(P + 0.7S)} \quad (6)$$

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

Phương pháp SCS đã được áp dụng để tính mưa hiệu quả trong mô hình sóng động học một chiều, phương pháp phân tử hữu hạn để mô phỏng lũ trên các lưu vực sông Trà Khúc [1] và sông Vệ [2]. Qua thực tiễn mô phỏng nhận thấy rằng có thể sử dụng phương pháp SCS hiệu quả với những vùng có nhiều tài liệu mặt đệm trên cơ sở khai thác công nghệ GIS.

Nhằm nâng cao hiệu quả của việc khai thác phương pháp SCS trong thực tiễn Việt Nam có thể hiệu chỉnh theo các hướng sau:

- Hiệu chỉnh công thức tính thấm I_a
- Xác định lại điều kiện ẩm và phạm vi sử dụng phương pháp SCS cho các loại độ ẩm đất trước kỳ tính toán
- Hiệu chỉnh bảng CN đối với cách phân loại đất ở Việt Nam.

Trong khuôn khổ bài báo này, tiến hành hiệu chỉnh công thức tính thấm I_a bằng thực nghiệm số cho lưu vực sông Vệ - trạm An Chỉ

2. Hiệu chỉnh công thức tính thấm SCS trên lưu vực sông Vệ

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

Mô phỏng lũ bằng mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp SCS đã được tác giả trình bày trong [1]. Kết quả mô phỏng lũ được sử dụng để đánh giá việc hiệu chỉnh công thức tính thấm trong SCS.

Mô tả tài liệu: Tài liệu lượng mưa sử dụng để tính toán và hiệu chỉnh là mưa giờ tại trạm Ba Tư gồm có 15 trận mưa gây lũ lớn tiêu biểu từ năm 1998 đến 2003 do Trung tâm Tư liệu Quốc Gia - Bộ Tài nguyên Môi trường cung cấp, cụ thể là:

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

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

Số liệu dòng chảy là giá trị lưu lượng tại trạm An Chỉ theo giờ tương ứng với thời gian từng trận mưa.

Ngoài ra còn có tài liệu mặt đê là các bản đồ số tỷ lệ 1: 25.000 về địa hình, đất, sử dụng đất và thảm thực vật của lưu vực sông Vệ.

Việc tính toán mô phỏng lũ đã được trình bày chi tiết trong [2,3]

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

$$R^2 = \frac{F_0^2 - F^2}{F_0^2} \cdot 100\% \quad (7)$$

Với:

$$F^2 = \sum_{i=1}^N (Q_{id} - Q_{it})^2, F_0^2 = \sum_{i=1}^N (Q_{id} - \bar{Q}_d)^2 \quad (8)$$

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

Tiêu chuẩn đánh giá như sau:

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

Kết quả đánh giá mô phỏng 15 trận lũ với công thức tính thấm nguyên thủy của Cục thổ nhưỡng Hoa Kỳ được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả đánh giá mô phỏng lũ theo mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp SCS

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

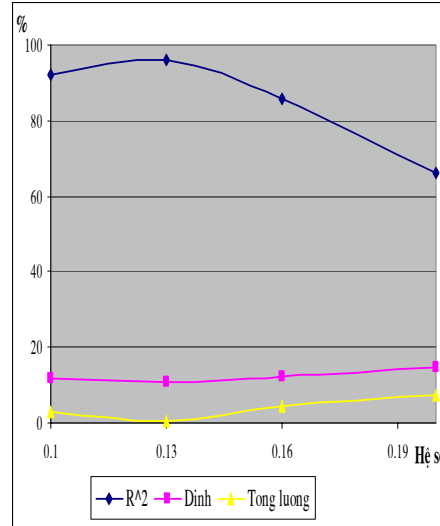
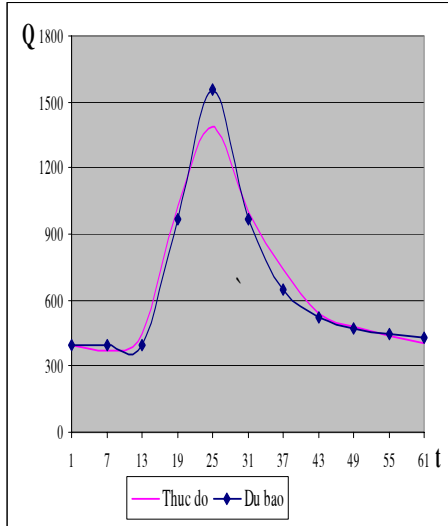
Từ kết quả ở bảng 1 cho thấy, trung bình cho cả 15 trận lũ, độ hữu hiệu $R^2 = 75,7$ – đạt loại khá, trong đó mức tốt có 5 trận – chiếm 33%, khá có 7 trận – chiếm 47%, đạt có 3 trận – chiếm 20%; sai số đỉnh lũ mô phỏng và thực đo là 15,1% và sai số tổng lượng lũ mô phỏng và thực đo là 12,5% là khá tốt.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

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

Thực tiễn áp dụng SCS tại các nước trên thế giới đã nhận được nhiều phát triển cải tiến để phù hợp hơn. Chủ yếu sự hiệu chỉnh công thức SCS hướng đến hai vấn đề: hiệu chỉnh công thức tính mưa hiệu quả (tính độ sâu thấm ban đầu) và hiệu chỉnh biên độ ẩm các phương án. Trong SCS, với công thức $I_a = 0,2S$ tiến hành thế giá trị 0,2 bằng các giá trị khác nhằm lựa chọn hệ số phù hợp hơn.

Qua 15 trận lũ được lựa chọn tại trạm An Chỉ với các phương án I_a khác nhau nhận lần lượt các giá trị 0,1S - 0,2S, để xác định công thức tính mưa hiệu quả tốt nhất. Công thức phù hợp nhất sẽ cho kết quả mô phỏng có sai số về đỉnh, lượng lũ thấp nhất và độ đảm bảo hữu hiệu đường quá trình lũ R^2 lớn nhất. Qua các phương án tính toán cho 15 trận lũ lập bảng sai số ứng với từng phương án trong mỗi con lũ, ví dụ cho trận lũ từ ngày 25/11/1998 đến ngày 27/11/1998 (Hình 2). Tương tự tính toán và mô phỏng cho cả 15 trận lũ.

So sánh kết quả mô phỏng lũ ứng với phương án $I_a = 0.2S$ và $I_a = 0.13S$ qua ví dụ của trận lũ từ ngày 23/11/2003 đến ngày 26/11/2003 (Hình 3) cho ta thấy công thức thực nghiệm $I_a = 0.2S$ không phù hợp với điều kiện lưu vực sông Vệ – An Chỉ. Kết quả mô phỏng 15 trận lũ với bộ thông số đã xác lập với $I_a = 0.13S$ được trình bày trong bảng 2:

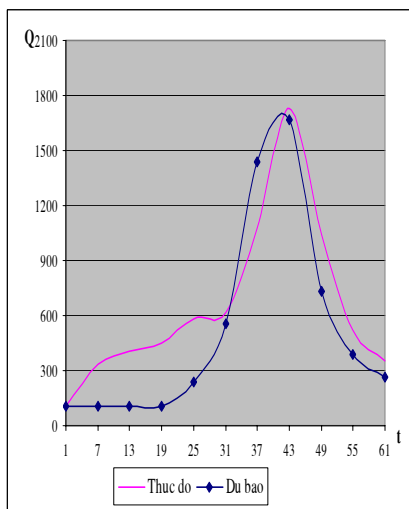


Đường quá trình lũ ứng với $I_a = 0.13S$

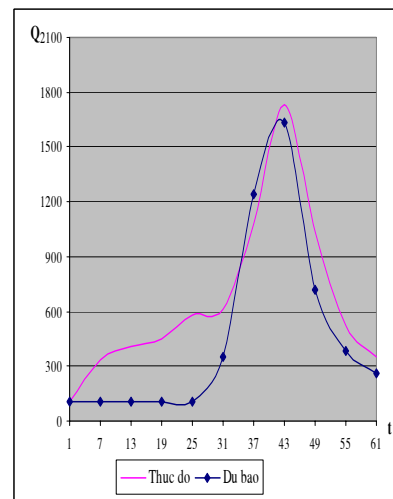
Biểu đồ chỉ tiêu R^2 , sai số đỉnh và tổng lượng

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

Hình 2. Kết quả mô phỏng trận lũ từ ngày 25/11/1998 đến ngày 27/11/1998



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



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

Hình 3. So sánh hai phương án hiệu chỉnh SCS (a) và không hiệu chỉnh (b)

Bảng 2. Kết quả đánh giá mô phỏng lũ theo mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp SCS với $I_a = 0.13S$

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

Kết quả tính toán cho thấy rằng với phương án $I_a = 0.13S$ cho đường quá trình thực đo và tính toán phù hợp hơn, với độ lệch đỉnh tối đa và tối thiểu được quan sát tương ứng là 33.2% và 1.4%, sai số tổng lượng tối đa và tối thiểu được quan sát tương ứng là 35.3% và 0.6%. Mặt khác ta cũng thấy rằng, với phương án này độ đảm bảo R^2 cũng đạt loại khá trở lên. Vậy phân tích kết quả mô phỏng của 15 trận lũ rút ra được công thức tính mưa hiệu quả cho lưu vực sông Vệ- An Chỉ tốt nhất là $I_a = 0.13S$.

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

3. Kết luận

1. Việc tính toán thử nghiệm cho thấy việc hiệu chỉnh lại công thức tính thấm trong SCS là có cơ sở và làm tăng hiệu quả của việc sử dụng phương pháp này trong các mô hình thủy văn mưa – dòng chảy

2. Đối với lưu vực sông Vệ – trạm An Chỉ chọn được công thức $I_a = 0,13 S$ làm công thức tính thấm trong phương pháp SCS cho kết quả phù hợp nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thanh Sơn, Lương Tuấn Anh, Áp dụng mô hình thủy động học các phần tử hữu hạn mô tả quá trình dòng chảy lưu vực, *Tạp chí Khoa học*, Đại học Quốc Gia Hà Nội, T. XIX, No1, 2003.
2. Nguyễn Thanh Sơn, Ngô Chí Tuấn, Kết quả mô phỏng lũ bằng mô hình sóng động học một chiều lưu vực sông Vệ, *Tạp chí Khoa học*, Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, T.XX, No3PT, Hà Nội, 2004.
3. Trần Thực, Lương Tuấn Anh, Nguyễn Thanh Sơn, Nghiên cứu mô hình thủy động lực mưa - dòng chảy trong tính toán và dự báo dòng chảy lũ, *Tuyển tập báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 8*, Viện Khí tượng thủy văn, Bộ Tài nguyên & Môi trường 12/2003.
4. Alish Pandey, V.M. Chowdary, B.C. Mal and P.P. Dabral. Estimation of runoff agricultural watershed using SCS Curve Number and Geographic Information System, *Map India Conference 2003 @ Gisdevelopment.net*, All rights reserved.
5. Andrzej Ciepielowski, Józef Wójcik, Kazimierz Banasik, Adatation of the SCS unit hydrograph method to the conditions in Polish forests, *Journal of Hydrology*, December 1997.

6. Bofu Yu, Theoretical Justification of SCS method for runoff Estimation, *Journal of Irrigation and rainage engineering*, November, December, 1998.
7. Chow V.T., *Applied Hydrology*, Mc Graw Hill, 1988.
8. Tammos, Steenhuis, Michael Winchell, Tane Rossing, Tames A. Zollweg and Micheal F.Walter, SCS runoff Equation Renisited for Variable- Source Runoff, *Journal of Irrigation and rainage engineering*, November, December, 1995.

VNU. JOURNAL OF SCIENCE, Nat., Sci., & Tech., T.XXII, N₀1AP., 2006

NUMERICAL EXPERIMENT OF THE FORMULA COMPUTING INFILTRATION EMBEDDED IN THE SCS METHOD FOR THE VE RIVER BASIN, AN CHI STATION

Nguyen Thanh Son

*Department of Hydro-Meteorology & Oceanography
College of Science, VNU*

SCS method developed by the U.S. Soil Consevation Service have been being applied in many reagions all over the world. Application of this method for computing infiltration in rainfall--runoff models have been applied for various local reagions with flexible corrections. This paper presents the correction of the formular computing infiltration by using the numerical method, which is the combination of the SCS method and one-dimensional kinematic way solved by finite element method. The correction was done for the Ve river basin, An Chi station.