

HIỆU CHỈNH CÔNG THỨC TÍNH ĐỘ SÂU TỒN THẤT BAN ĐẦU TRONG PHƯƠNG PHÁP SCS BẰNG THỰC NGHIỆM SỐ CHO LƯU VỰC SÔNG TẢ TRẠCH TRẠM THƯỢNG NHẬT

NGUYỄN THANH SƠN

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

I. MỞ ĐẦU

Trong các bài toán mô phỏng quá trình mưa - dòng chảy, thường quan tâm đến hai bài toán thành phần chính là bài toán mô phỏng quá trình vận chuyển nước và bài toán mô phỏng quá trình thấm [1] với mục đích để tính lượng mưa sinh dòng chảy. Hiện nay để tính thấm có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau như phương trình khuếch tán âm, phương trình Boussinesq, phương pháp lý luận - thực nghiệm của Alekseev, các phương trình thấm của Green-Ampt, Horton, Phillip, phương pháp hệ số dòng chảy hoặc phương pháp SCS (*Soil Conservation Service*) [7].

Các phương pháp tính thấm nêu trên đều có công thức giải tích, rất thuận tiện cho việc tính toán trên máy tính điện tử song đòi hỏi về số liệu trường âm khá chi tiết, khó đáp ứng trong điều kiện quan trắc ở nhiều nơi trên thế giới, đặc biệt là ở Việt Nam.

Phương pháp SCS của Cục thổ nhưỡng Hoa Kỳ là một phương pháp thực nghiệm, hiện được áp dụng rộng rãi ở nhiều khu vực trên thế giới. Phương pháp này dùng để tính thấm trong các mô hình mưa - dòng chảy đã được áp dụng linh hoạt với nhiều cải tiến phù hợp với các điều kiện địa phương. Do tính dễ áp dụng, phương pháp SCS từ lâu đã được áp dụng rộng rãi ngoài Hoa Kỳ và mang lại những thành công nhất định ở Ấn Độ, Úc, Ba Lan, Niu Di lân v.v.. Tuy nhiên, khi áp dụng phương pháp SCS ngoài lãnh thổ Hoa Kỳ đòi hỏi có những cải tiến cho phù hợp. Có thể nhận thấy rằng các cải tiến này tập trung vào các hướng:

(1) Xem xét lại công thức quan hệ giữa lượng tổn thất ban đầu và lượng cảm giữ tiềm năng cho phù hợp với điều kiện địa phương và khái quát công thức tính mưa hiệu quả.

(2) Xem xét lại công thức liên hệ để tính hệ số CN trong các trường hợp ứng với độ ẩm kỳ trước thuộc loại ướt, trung bình hoặc khô.

(3) Xây dựng lại bảng tra cứu mối quan hệ giữa các loại đất và tình hình sử dụng đất và chỉ số CN phù hợp với điều kiện địa phương

Bài báo này giới thiệu kết quả hiệu chỉnh công thức tính độ sâu tổn thất ban đầu bằng thực nghiệm số kết hợp phương pháp SCS và mô hình sóng động học một chiều phương pháp phần tử hữu hạn (KW-1D) để mô phỏng lũ trên lưu vực sông Tả Trạch - trạm Thượng Nhật.

II. PHƯƠNG PHÁP SCS

Phương pháp SCS [7] (Hình 1) 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:

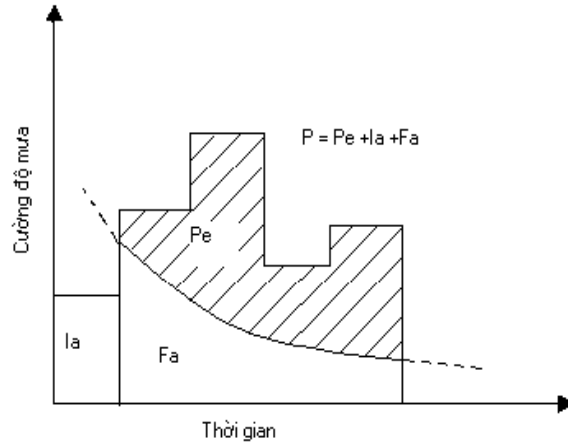
$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (1)$$

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

S - độ sâu nước cầm giữ tiềm năng tối đa, I_a - độ sâu tổn thất ban đầu, P_e - độ sâu mưa hiệu dụng, F_a - độ sâu thấm liên tục, P - tổng độ sâu mưa.

Qua nghiên cứu các kết quả thực nghiệm trên nhiều lưu vực nhỏ, ở Mỹ 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, đã tìm được họ các đường cong, tiêu chuẩn hoá theo số CN . 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 tài liệu phân loại đất và tình hình sử dụng đất ở Hoa Kỳ.

Phương pháp SCS đã được sử dụng rộng rãi ở nhiều nơi trên thế giới 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 hiệu quả nhất định. Ashish Pandey cùng các cộng sự [4] xác định dòng chảy mặt cho lưu vực Karso, kết hợp sử dụng GIS và SCS nhận được:

$$Q = \frac{(P - 0,3S)^2}{(P + 0,7S)} \quad (6)$$

trong đó: Q là độ sâu dòng chảy mặt (mm); P : lượng mưa (mm); S : lượng cầm giữ tiềm năng (ứng với 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 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 phần 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 trong thực tiễn Việt Nam có thể hiệu chỉnh phương pháp SCS theo các hướng sau:

- Hiệu chỉnh công thức tính độ sâu tổn thất ban đầu 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 độ sâu tổn thất ban đầu I_a bằng thực nghiệm số cho lưu vực sông Tả Trạch - trạm Thượng Nhật.

III. HIỆU CHỈNH CÔNG THỨC TÍNH ĐỘ SÂU TỔN THẤT BAN ĐẦU TRONG PHƯƠNG PHÁP SCS TRÊN LƯU VỰC SÔNG TẢ TRẠCH - TRẠM THƯỢNG NHẬT

Sông Tả Trạch có diện tích tương đối nhỏ chỉ với 208 km², chiều dài sông là 16,7 km; có tới 3/4 chiều dài sông chảy qua vùng đồi núi và trung du. Độ cao bình quân lưu vực là khá lớn, khoảng 450m. Hệ số uốn khúc của dòng chính là không cao, khoảng 1,13. Phần thượng lưu và trung lưu dài khoảng 14,5 km, dòng chảy nhỏ hẹp và tương đối khúc khuỷu và dốc. Phần hạ lưu từ Khê Hai Nhất đến trạm Thượng Nhật dài khoảng 2,2 km lòng sông mở rộng hơn, bằng phẳng và tương đối thẳng. Sông Tả Trạch nằm ở thượng lưu sông Hương nên các sông suối ở đây thường ngắn và dốc. Mật độ sông suối trong khu vực này khoảng 0,63 km/km², sông suối phát triển mạnh về phía nam. Tuy nhiên, khả năng điều tiết dòng chảy trên lưu vực là không cao; mức độ tập trung nước trên lưu vực sông Tả Trạch rất lớn.

Mô phỏng lũ bằng mô hình sóng động học một chiều phương pháp phân tử hữu hạn và phương pháp SCS đã được trình bày trong [1]. Kết quả mô phỏng lũ được sử dụng để đánh giá việc hiệu chỉnh công thức tính độ sâu tổn thất ban đầu trong phương pháp SCS.

Mô tả tài liệu: Tài liệu lượng mưa và dòng chảy sử dụng để tính toán và hiệu chỉnh lấy tại trạm Thượng Nhật gồm có 5 trận mưa gây lũ lớn tiêu biểu từ năm 2004 đến 2005 do Bộ Tài nguyên và Môi trường cung cấp, cụ thể là:

Năm	2004	2005
Số trận lũ	1	4

Ngoài ra còn sử dụng tài liệu mặt đệm là các bản đồ số của lưu vực sông Tả Trạch đến trạm Thượng Nhật tỷ lệ 1: 25 000: địa hình, đất, sử dụng đất và thảm thực vật.

Phương pháp luận mô phỏng lũ có thể tham khảo chi tiết trong [2,3]

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

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

Với:

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

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:

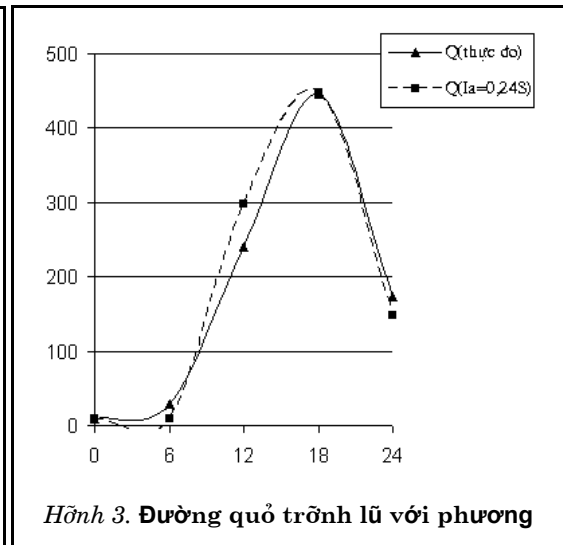
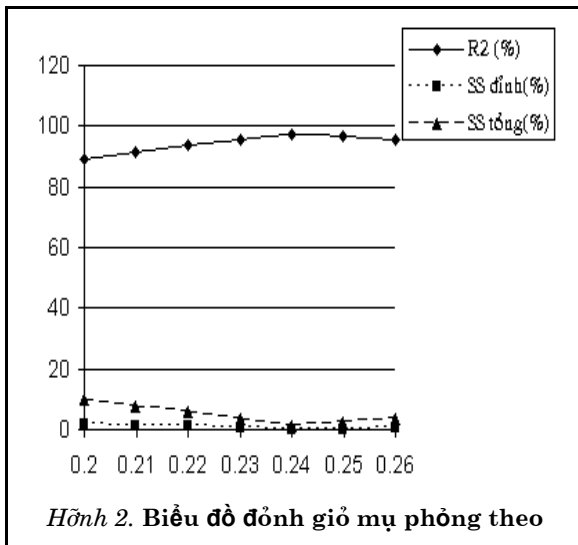
$$R^2 = \begin{cases} 40 \div 65\% & \text{đạt} \\ 65\% \div 85\% & \text{khá} \\ > 85\% & \text{tốt} \end{cases}$$

Sai số đỉnh lũ và sai số tổng lượng lũ được tính theo công thức sau:

$$SS_d = \frac{Q_u - Q_{td}}{Q_{td}} \cdot 100\%$$

$$SS_t = \frac{W_u - W_{td}}{W_{td}} \cdot 100\%$$

Tiến hành khảo nghiệm số: Sử dụng mô hình KW-1D [1] kết hợp phương pháp SCS tiến hành khảo nghiệm số với 5 trận lũ các năm 2004, 2005 trên lưu vực sông Tả Trạch - Thượng Nhật. Bảng 1 trình bày kết quả khảo nghiệm số cho trận lũ từ 13h ngày 24/11 đến 13h ngày 25/11/2004



Theo kết quả thể hiện trên bảng 1 và hình 2, công thức tính độ

sâu tổn thất ban đầu được chọn là công thức cho chỉ tiêu R^2 có giá trị lớn nhất, đồng thời các giá trị sai số đỉnh và lượng lũ có giá trị bé nhất. Với trường hợp này, hệ số được chọn cho công thức tính độ sâu tổn thất ban đầu trong phương pháp SCS là 0,24.

Tương tự, tiến hành khảo nghiệm số cho cả 5 trận lũ lựa chọn đều cho phương án nhận hệ số 0,24 là tốt nhất cho lưu vực sông Tả Trạch - trạm Thượng Nhật. Hệ số CN trong các khảo nghiệm số tra theo bảng của Cục thổ nhưỡng Hoa Kỳ [7], áp dụng cho các loại đất và các loại hình sử dụng đất trên lưu vực sông Tả Trạch - trạm Thượng Nhật. Tổng hợp kết quả mô phỏng lũ theo phương án $I_a = 0,2S$ và $I_a = 0,24S$ được trình bày trong bảng 2.

Bảng 1. Kết quả mô phỏng lũ với công thức tính độ sâu tổn thất ban đầu khác nhau cho trận lũ từ 13h/24/11 đến 13h/25/11/2004 trên lưu vực S.Tả Trạch - Thượng Nhật

Phương án	R^2 (%)	Sai số đỉnh(%)	Sai số tổng(%)
$I_a = 0,2S$	89,22	1,76	9,95
$I_a = 0,21S$	91,28	1,37	7,78
$I_a = 0,22S$	93,75	1,00	5,55
$I_a = 0,23S$	95,41	0,63	3,78
$I_a = 0,24S$	97,49	0,11	1,34
$I_a = 0,25S$	96,50	0,27	2,34
$I_a = 0,26S$	95,38	0,60	3,45

Bảng 2. Kết quả đánh giá mô phỏng lũ của các trận lũ với $I_a = 0,2 S$ và $0,24 S$

TT	Trận lũ	$I_a = 0,2 S$			$I_a = 0,24 S$		
		SS đỉnh (%)	SS tổng (%)	R^2 (%)	SS đỉnh (%)	SS tổng (%)	R^2 (%)
1	13h/24 - 13h/25/11/2004	1,76	9,95	89,22	0,27	1,34	96,50
2	19h/12- 19h/13/9/2005	7,50	12,94	86,89	2,10	3,17	95,94
3	1h/8/10 - 1h/9/10/2005	6,61	3,68	86,15	3,75	2,67	88,74
4	19h/23 - 19h/24/10/2005	6,04	7,47	68,96	2,13	2,20	73,68
5	1h/1 - 1h/2/11/2005	5,35	9,27	72,46	2,74	4,91	77,21
Trung bình cả 5 trận lũ		5,45	8,66	80,74	2,20	2,86	86,41

Dựa vào bảng 2, nhận thấy với $I_a = 0,2S$, kết quả mô phỏng các trận lũ thuộc loại khá (65% - 85%): $R^2 = 80,74$, sai số tổng = 8,66, SS đỉnh = 5,45 (trung bình cho cả 5 trận lũ). Nhưng với $I_a = 0,24S$, kết quả mô phỏng lũ thuộc loại tốt, so với phương án $I_a = 0,2S$, R^2 tăng 5,67%, sai số đỉnh lũ giảm 3,25 %, sai số tổng lượng lũ giảm 5,8%.

So sánh kết quả mô phỏng lũ ứng với phương án $I_a = 0,2S$ và $I_a = 0,24S$ qua 5 trận lũ ta thấy công thức thực nghiệm $I_a = 0,24S$ là phù hợp với điều kiện lưu vực sông Tả Trạch - Thượng Nhật với các giá trị đánh giá sai số theo R^2 , sai số đỉnh lũ và tổng lượng lũ tốt hơn hẳn.

Các kết quả kiểm tra ở trên cho thấy công thức tính độ sâu tổn thất ban đầu $I_a = 0,24S$ được chấp nhận. Suy ra công thức tính mưa hiệu quả trong phương pháp SCS đối với lưu vực sông Tả Trạch sẽ là:

$$P_e = \frac{(P - 0,24S)^2}{P + 0,76S} \quad \text{với } S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) mm \quad (9)$$

Kiểm tra bằng chuỗi số liệu độc lập: Sử dụng công thức (9) trong mô hình KW-1D [1], tiến hành kiểm tra với 3 trận lũ độc lập trong các năm 2000 và 2002 cho kết quả đạt từ khá đến tốt (bảng 3), chứng tỏ độ tin cậy của công thức hiệu chỉnh tính độ sâu tổn thất ban đầu.

Bảng 3. Kết quả kiểm tra công thức hiệu chỉnh bằng các chuỗi độc lập với $I_a = 0.24 S$

STT	Trận lũ	Sai số đỉnh (%)	Sai số tổng lượng (%)	Độ hữu hiệu (%)
1	1h/20/10/2000 - 1h/21/10/2000	13,12	14,37	81,27
2	13h/27/11/2000 - 13h/28/11/2000	17,5	17,09	75,89
3	19h/22/9/2002 - 19h/23/9/2002	16,27	6,4	93,53
Trung bình cho 3 trận lũ		15,63	12,62	83,56

IV. KẾT LUẬN

1. Tính toán thử nghiệm cho thấy việc hiệu chỉnh lại công thức tính độ sâu tổn thất ban đầu trong phương pháp 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 Tả Trạch – trạm Thượng Nhật chọn được công thức $I_a = 0,24S$

làm công thức tính độ sâu tổn thất ban đầu trong phương pháp SCS, áp dụng với mô hình KW-1D cho kết quả phù hợp nhất.

Các kết quả nghiên cứu công bố trong bài báo này được sự hỗ trợ kinh phí của đề tài QG.07.15 và đề tài 705606 thuộc Chương trình NCCB giai đoạn 2006-2008.

TÀI LIỆU DẪN

1. Nguyễn Thanh Sơn, Lương Tuấn Anh, 2003. 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, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ T. XIX*, No1. tr 90-99, Hà Nội.
2. Nguyễn Thanh Sơn, Ngô Chí Tuấn, 2004. 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, tr.44-50, Hà Nội
3. Trần Thục, Lương Tuấn Anh, Nguyễn Thanh Sơn, 2003. 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, tr. 222-227, Hà Nội.
4. Alish Pandey, V.M. Chowdary, B.C. Mal and P.P. Dabral, 2003. 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, 1997. Adatation of the SCS unit hydrograph method to the conditions in Polish forests. *Journal of Hydrology*, No 49, December 1997, pp. 64- 75.
6. Bofu Yu, 1998. Theoretial Justification of SCS method for runoff Estimation. *Journal of Irrigation and drainage engineering/ November/ December No 51*, pp. 77-93.
7. Chow V.T. 1988. *Applied Hydrology*. Mc Graw Hill, 454 pp.
8. Tammos, Steenhuis, Michael Winchell, Tane Rossing, Tames A. Zollweg and Micheal F.Walter, 1995. SCS runoff Equation Renisited for Variable- Source Runoff *Journal of Irrigation and rainage engineering/ November/ December No 5*, pp. 62-78.

Địa chỉ liên hệ: Nguyễn Thanh Sơn, Khoa KTTV-HDH, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội. Tel: 8584943; Mobil: 0903252559, E-mail: sonnt@vnu.edu.vn

SUMMARY

CALIBRATION OF INITIAL HEAD LOSS FORMULA IN THE SCS METHOD USING NUMERICAL EXPERIMENTS FOR THE TA TRACH RIVER BASIN, THUONG NHAT STATION

SCS method developed by the U.S. Soil Consevation Service has been being applied in many countries all over the world. Application of this method for computing infiltration in rainfall--runoff models has been carried out for various local condition with flexible corrections. This paper presents a correction of the formular computing infiltration by using a numerical method, which is the combination of the SCS method and one-dimensional kinematic wave solved by finite element method. The correction was carried out for the Ta Trach river basin, Thuong Nhat station.