

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY VÀ BÙN CÁT LƯU VỰC SÔNG SÊ SAN

TS. Nguyễn Kiên Dũng

Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ khí tượng thủy văn và môi trường

Dòng chảy bùn cát là một thông tin quan trọng, không thể thiếu trong quá trình thiết kế, xây dựng và vận hành các công trình thủy lợi, thủy điện. Tuy nhiên, hiện có rất ít các trạm thủy văn ở nước ta, đặc biệt là vùng núi và cao nguyên đo bùn cát. Mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool) là một mô hình mô phỏng dòng chảy nước và bùn cát dựa trên cơ sở vật lý của hiện tượng thủy văn. Bài báo này giới thiệu việc ứng dụng mô hình SWAT tính toán dòng chảy nước và dòng chảy bùn cát bình quân ngày tại trạm Kon Tum và Trung Nghĩa trên lưu vực sông Sê San. Qua đó, độc giả có thể tham khảo trong quá trình ứng dụng các mô hình toán tính dòng chảy cát bùn cho các lưu vực khác..

1. Cơ sở lý thuyết của mô hình SWAT

1.1. Tính toán dòng chảy mặt

Mô hình SWAT ước tính dòng chảy bằng phương pháp đường cong SCS (SCS, 1972) và phương pháp thấm Green & Ampt (1911) [1].

Phương pháp đường cong SCS dựa trên phương trình:

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0,2S)^2}{(R_{day} + 0,8S)} \quad (1)$$

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (2)$$

Trong đó: Q_{surf} là lượng dòng chảy mặt lũy tích hay còn gọi là lượng mưa vượt thấm (mm), R_{day} là lượng mưa ngày (mm), S là tham số giữ nước (mm), CN là số đường cong phụ thuộc vào tình hình sử dụng đất, khả năng thấm và giữ nước của đất.

$$Sed = 11,8 (Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot area_{hru})^{0,56} \cdot K_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \cdot LS_{USLE} \cdot CFRG \quad (4)$$

Trong đó: Sed là lượng bùn cát ngày (tấn), Q_{surf} là lượng dòng chảy mặt (mm/ha) được tính từ công thức (1) và (3), q_{peak} là lưu lượng đỉnh lũ (m^3/s), $area_{hru}$ là diện tích của đơn vị thủy văn HRU (ha), K_{USLE} là hệ số xói mòn đất do ảnh hưởng của đất, C_{USLE} là hệ số xói mòn do ảnh hưởng của thảm phủ, P_{USLE} là hệ số xói mòn đất do ảnh hưởng của các biện pháp canh tác, LS_{USLE} là hệ số xói mòn đất do ảnh hưởng của địa hình, $CFRG$ là hệ số phá vỡ hạt thô.

$$q_{peak} = \frac{\alpha_{tc} Q_{surf} \cdot Area}{3,6 \cdot t_{conc}} \quad (5)$$

$$\alpha_{tc} = 1 - \exp[2 \cdot t_{conc} \cdot \ln(1 - \alpha_{0,5})] \quad (6)$$

Trong đó: α_{tc} là phần lượng mưa ngày xuất hiện trong thời gian tập trung dòng chảy (mm), $\alpha_{0,5}$ là phần lượng mưa ngày rơi trong nửa giờ mưa có

Phương pháp thấm Green & Ampt tính toán tổn thất thấm theo công thức Green & Ampt. Lượng dòng chảy gia nhập sông suối được tính toán theo công thức:

$$Q_{surf} = (Q'_{surf} - Q_{stor,i-1}) \left(1 - \exp \left[\frac{-surlag}{t_{conc}} \right] \right) \quad (3)$$

Trong đó: Q'_{surf} là lượng dòng chảy mặt ngày (mm), $Q_{stor,i-1}$ là lượng dòng chảy mặt được trữ hoặc trễ từ ngày trước đó (mm), $surlag$ là hệ số trễ dòng chảy mặt, t_{conc} là thời gian tập trung dòng chảy của lưu vực (h).

1.2. Tính toán xói mòn đất và dòng chảy bùn cát

Xói mòn đất do mưa và dòng chảy bùn cát được tính bằng phương trình mất đất phổ dụng cải tiến MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) [1]:

cường độ cao nhất (mm).

Các hệ số xói mòn do thảm phủ, biện pháp canh tác, địa hình (độ dốc và chiều dài sườn dốc) có thể tính theo các công thức của Wischmeier & Smith (1978). Các hệ số xói mòn do mưa và hệ số xói mòn do đất có thể tính theo Wischmeier & Smith (1978) hoặc Williams (1995) [1, 3].

2. Ứng dụng mô hình SWAT tính toán dòng chảy và bùn cát cho lưu vực sông Sê San

2.1. Chuẩn bị số liệu cho mô hình

Số liệu đầu vào của mô hình SWAT bao gồm: Mô hình số độ cao (DEM) tỷ lệ 1:50.000; các lớp thông tin địa lý cơ bản (bản đồ mạng lưới sông suối, bản đồ thảm phủ tỷ lệ 1:250.000 và 1:100.000, bản đồ đất tỷ lệ 1:1.000.000) được xử lý và lưu trữ bằng phần mềm ARCVIEW, dữ liệu dạng số lưu trữ bằng phần mềm

Database; số liệu mưa bình quân ngày tại 5 trạm trên lưu vực sông Sê San (Đắc Glei, Đắc Tô, Kon Tum, Kon Plong, Pleiku) thời kỳ 1985 - 2000; số liệu khí tượng (nhiệt độ, độ ẩm không khí, bốc hơi,...) bình quân ngày của 2 trạm Kon Tum, Pleiku thời kỳ 1985 - 2000 được dùng trong tính toán cho lưu vực sông Sê San; số liệu lưu lượng nước bình quân ngày tại 2 trạm Kon Tum (thời kỳ 1993 - 1997) và Trung Nghĩa (thời kỳ 1991 - 1997) được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định các thông số trong diễn toán dòng chảy; số liệu

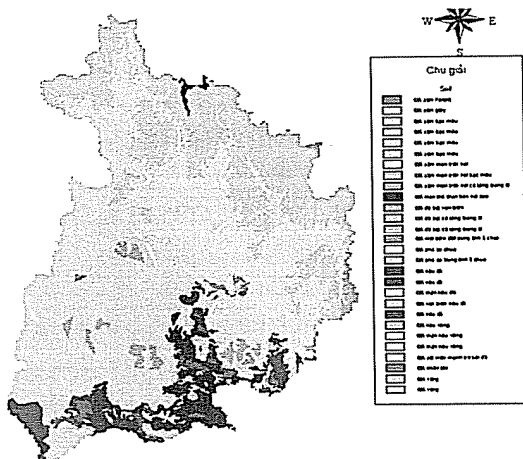
dòng chảy bùn cát bình quân ngày tại 2 trạm Kon Tum và Trung Nghĩa thời kỳ 1993 - 1997 được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định các thông số trong tính xói mòn và truyền tải bùn cát.

2.2. Mô phỏng dòng chảy nước và bùn cát cho lưu vực sông Sê San

Lưu vực sông Sê San được chia thành 27 lưu vực con trên cơ sở xét tính đồng nhất tương đối về địa hình, thổ nhưỡng, thảm phủ (bảng 1, hình 1, 2, 3).

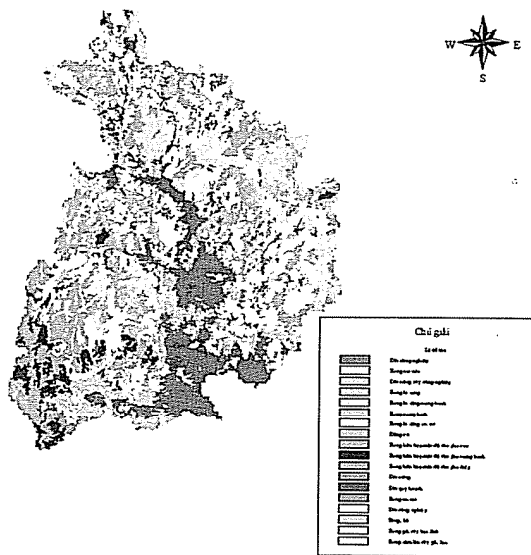
Bảng 1. Các lưu vực con trên lưu vực sông Sê San

Lưu vực	Tên đất	Loại sử dụng đất	Lưu vực	Tên đất	Loại sử dụng đất
Lưu vực 1	Đất xám mùn trên núi và bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 14	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi
Lưu vực 2	Đất xám mùn trên núi và bạc màu	Rừng lá kim	Lưu vực 15	Đất xám bạc màu	Đất nông nghiệp
Lưu vực 3	Đất xám mùn trên núi và bạc màu	Rừng lá kim	Lưu vực 16	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi
Lưu vực 4	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 17	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi
Lưu vực 5	Đất xám bạc màu	Rừng tự nhiên giàu và trung	Lưu vực 18	Đất xám mùn trên núi và bạc	Rừng tự nhiên nghèo
Lưu vực 6	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 19	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi
Lưu vực 7	Đất xám mùn trên núi và bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 20	Đất xám mùn trên núi và bạc	Rừng tự nhiên giàu và trung
Lưu vực 8	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 21	Đất mùn vàng đỏ trên núi	Trảng cây bụi
Lưu vực 9	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 22	Đất xám mùn trên núi và bạc	Rừng lá kim
Lưu vực 10	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 23	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi
Lưu vực 11	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 24	Đất mùn vàng đỏ trên núi	Đất nông nghiệp
Lưu vực 12	Đất xám bạc màu	Đất nông nghiệp	Lưu vực 25	Đất mùn vàng đỏ trên núi	Đất nông nghiệp
Lưu vực 13	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi	Lưu vực 26	Đất xám bạc màu	Trảng cây bụi
			Lưu vực 27	Đất xám bạc màu	Đất nông nghiệp

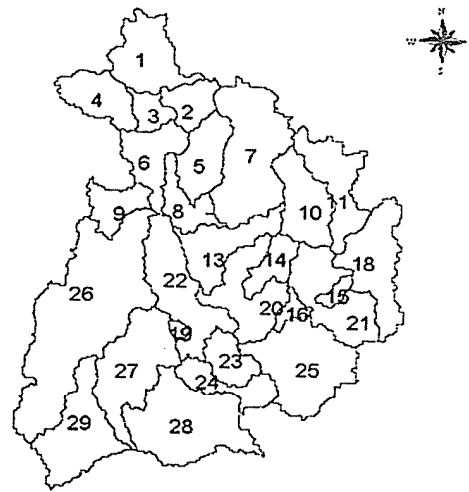


Hình 1. Bản đồ đất lưu vực sông Sê San

Chỉ tiêu Nash - Sutcliffe được sử dụng để đánh giá mức hiệu quả của quá trình mô phỏng mô hình. Các thông số thủy văn của mô hình được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm bao gồm chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II (CN2), hệ số tổn thất bốc hơi (CANMX là lượng trữ lớn nhất của vòm cây, ESCO là hệ số bốc hơi của đất, ccoefev là hệ số hiệu chỉnh bốc hơi kênh chính), hệ số thấm của kênh chính: CH_K(2), hệ số nhám sườn dốc: CV_N, hệ số nhám kênh dẫn: CH_N(1), độ dẫn thủy lực của kênh dẫn: CH_K(1) (mm/giờ), hệ số chiết giảm dòng chảy ngầm: ALPHA_BF, thời gian trữ nước tầng ngầm: GW_DELAY (ngày), hệ số nhám kênh chính CH_N(2) và hệ số dẫn thủy lực của kênh chính CH_K(2) (mm/giờ) [1], [2].



Hình 2. Bản đồ thảm phủ lưu vực sông Sê San



Hình 3. Các lưu vực con trên lưu vực sông Sê San

Mô hình dòng chảy được hiệu chỉnh với số liệu lưu lượng nước tại trạm thủy văn Kon Tum và trạm thủy văn Trung Nghĩa các năm 1991 - 1995 (hình 4, 6), được kiểm nghiệm với số liệu lưu lượng nước tại trạm (hình 5, 7).

Các thông số bùn cát của mô hình được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm bao gồm các hệ số trong phương trình USLE (P, C, L.S), tham số tương quan và số mũ trong phương trình tính lượng bùn cát ra nhập vào lòng dẫn (SPCON, SFEXP), hệ số xói mòn dẫn (CH_EROD) và hệ số bảo vệ lòng dẫn (CH_COV) [1], [2].

Mô hình bùn cát được hiệu chỉnh với số liệu lưu

lượng bùn cát tại trạm Kon Tum và trạm Trung Nghĩa các năm 1994 - 1995 (hình 8, 10), kiểm nghiệm với số liệu lưu lượng bùn cát tại trạm Kon Tum và trạm Trung Nghĩa năm năm 1997 (hình 9, 11).

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình được trình bày trong Bảng 2 cho thấy hệ số Nash - Sutcliffe, đối với mô phỏng dòng chảy là 0,73 (trạm Kon Tum: 0,69 và Trung Nghĩa: 0,76) và đối với dòng chảy bùn cát là 0,63 (trạm Kon Tum: 0,66, Trung Nghĩa: 0,60). Như vậy, mô hình SWAT mô phỏng quá trình dòng chảy và bùn cát lưu vực sông Sê San đạt ở mức khá.

Bảng 2. Một số kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình SWAT tính dòng chảy và bùn cát

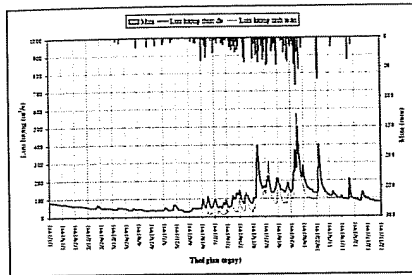
STT	Trạm	Hệ số NASH mô phỏng dòng chảy				Hệ số NASH mô phỏng bùn cát			
		Hiệu chỉnh		Kiểm nghiệm		Hiệu chỉnh		Kiểm nghiệm	
		1994	1995	1996	1997	1994	1995	1996	1997
1	Kon Tum	0,80	0,60	0,77	0,70	0,73	0,76		0,57
2	Trung Nghĩa	0,66	0,70	0,68	0,57	0,71	0,50		0,55

3. Hướng nghiên cứu tiếp theo

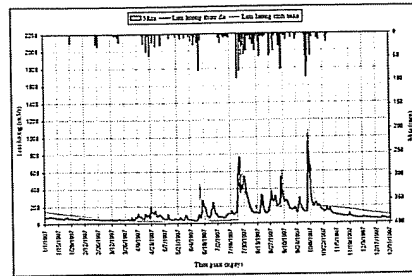
Tiếp tục ứng dụng mô hình SWAT mô phỏng quá trình dòng chảy và bùn cát cho các lưu vực sông khác trên Tây Nguyên nói riêng và cả nước nói chung với những thông tin cập nhật về địa hình, thảm phủ, sử dụng đất thổ nhưỡng. Qua đó rút ra những kinh nghiệm xử lý số liệu đầu vào của mô hình và chuẩn hóa bộ thông số mô hình để tính

toán dòng chảy và bùn cát cho những lưu vực sông thiếu hoặc không có số liệu đo đạc.

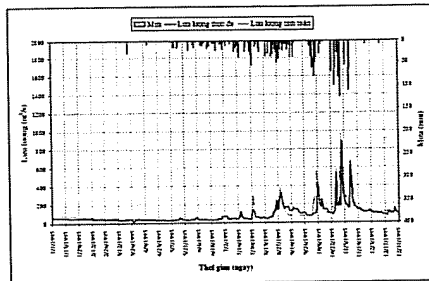
Ngoài ra, có thể sử dụng mô hình SWAT như một công cụ hữu hiệu nghiên cứu ảnh hưởng của thảm phủ, sử dụng đất, hệ thống hồ chứa đến dòng chảy và cát bùn phục vụ qui hoạch lưu vực sông, qui hoạch lâm nghiệp, nông nghiệp, đô thị.



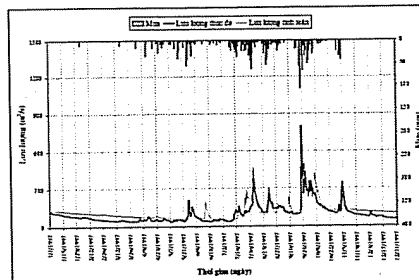
Hình 4. Quá trình lưu lượng tính toán và thực đo năm 1995 tại trạm Trung Nghĩa



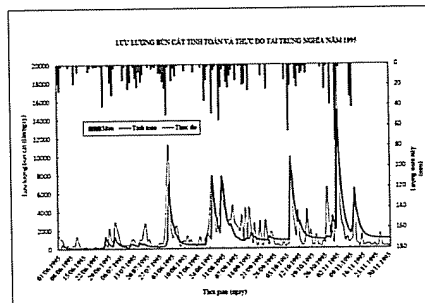
Hình 5. Quá trình lưu lượng tính toán và thực đo năm 1997 tại trạm Trung Nghĩa



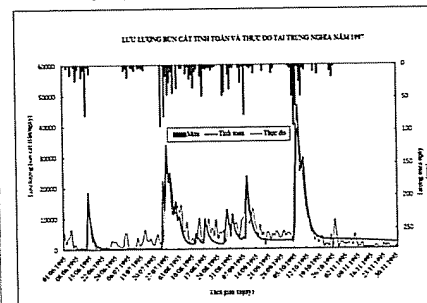
Hình 6. Quá trình lưu lượng tính toán và thực đo năm 1995 tại trạm Kon Tum



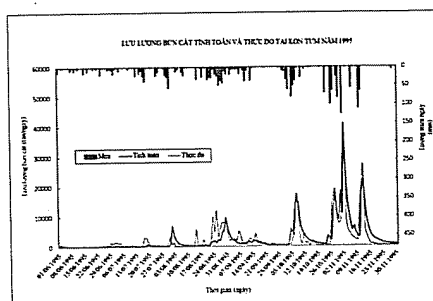
Hình 7. Quá trình lưu lượng tính toán và thực đo năm 1997 tại trạm Kon Tum



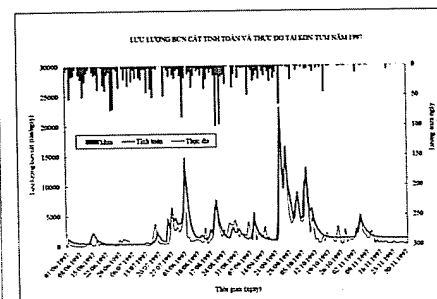
Hình 8. Quá trình bùn cát tính toán và thực đo năm 1995 tại trạm Trung Nghĩa



Hình 9. Quá trình bùn cát tính toán và thực đo năm 1997 tại trạm Trung Nghĩa



Hình 10. Quá trình bùn cát tính toán và thực đo năm 1995 tại trạm Kon Tum



Hình 11. Quá trình bùn cát tính toán và thực đo năm 1997 tại trạm Kon Tum

Tài liệu tham khảo

1. S.L. NEITSCH, J.G. ARNOLD, J.R. KINIRY, R. SRINIVASAN, J.R. WILLIAMS (2002). *Soil and Water Assessment Tool - User's Manual Version 2000*. Published 2002 by Texas Water Resources Institute, College Station, Texas TWRI Report TR-192.
2. S.L. NEITSCH, J.G. ARNOLD, J.R. KINIRY, R. SRINIVASAN, J.R. WILLIAMS (2012). *Soil and Water Assessment Tool - Input/Output Documentation Version 2012*. Published 2012 by Texas Water Resources Institute, TR-439.
3. Nguyễn Kiên Dũng (2003), *Nghiên cứu, tính toán bồi lắng và nước dâng ứng với các phương án xây dựng khác nhau của hồ chứa Sơn La. Đề tài NCKH cấp Bộ*. Hà Nội.