

XÂY DỰNG MÔ ĐUN TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY TRONG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN BÙN CÁT TRÊN LƯU VỰC VỪA VÀ NHỎ (ÁP DỤNG CHO LƯU VỰC SUỐI SẬP THUỘC TỈNH SƠN LA)

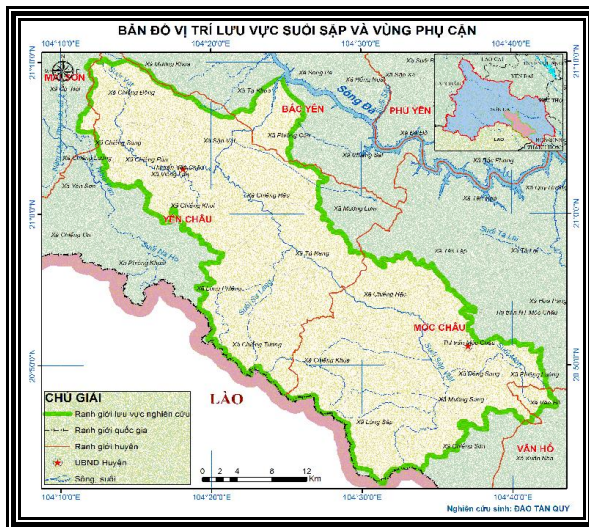
Đào Tấn Quy¹

Tóm tắt: Lưu vực Suối Sập thuộc địa phận các huyện Mộc Châu, Yên Châu, Bắc Yên, Mai Sơn, Vân Hồ tỉnh Sơn La, có diện tích tự nhiên 1085,5 km², chiếm 7,66% tổng diện tích toàn tỉnh. Nằm trong phạm vi địa lý: 104⁰11'09'' – 104⁰42'54" kinh độ Đông, 20⁰42'8 – 21⁰10'15 vĩ độ Bắc, phía Tây giáp lưu vực suối Nậm Pàn, phía Đông giáp huyện Vân Hồ, phía Nam giáp Lào. Tài nguyên nước mặt của lưu vực Suối Sập hàng năm vào khoảng 1,4 tỷ m³. Tổng lượng dòng chảy trong 5 tháng mùa lũ chiếm khoảng 80% tổng lượng dòng chảy năm, dòng chảy lớn nhất thường tập trung vào tháng 8 hàng năm, các tháng kiệt nhất thường xảy ra vào tháng 3. Lưu vực có địa hình phức tạp, bị chia cắt mạnh và độ dốc lớn nên thường xuyên bị xói mòn, sạt lở. Bài báo giới thiệu phần mềm Q_SDM_BASIN_2014 (Quy Sediment transport Model version 2014) để mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát trên lưu vực suối Sập tỉnh Sơn La. Phần mềm Q_SDM_BASIN được thiết lập trên cơ sở giải phương trình toán học mô phỏng các hiện tượng vật lý của quá trình xói mòn đất. Số liệu đầu vào của mô hình là số liệu khí tượng thủy văn, số liệu địa hình, thổ nhưỡng, thảm phủ trên lưu vực và kết quả của mô hình là quá trình tính toán dòng chảy và bùn cát tại cửa ra của lưu vực.

Từ khoá: Sơn La; Lưu vực; Mô hình mô phỏng vận chuyển bùn cát trên lưu vực vừa và nhỏ

1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ LƯU VỰC SUỐI SẬP

1.1. Điều kiện tự nhiên



Hình 1: Bản đồ vị trí lưu vực suối Sập

Lưu vực Suối Sập thuộc địa phận các huyện Mộc Châu, Yên Châu, Bắc Yên, Mai Sơn, Vân Hồ tỉnh Sơn La, có diện tích tự nhiên 1085,5 km², chiếm 7,66% tổng diện tích toàn tỉnh.

Lưu vực Suối Sập có 2 hệ thống núi chính chạy qua: Hệ thống núi tả ngạn sông Đà và hệ thống núi xen giữa sông Đà và sông Mã, hầu hết các dãy núi trong tỉnh đều thấp dần theo hướng Tây Bắc - Đông Nam.

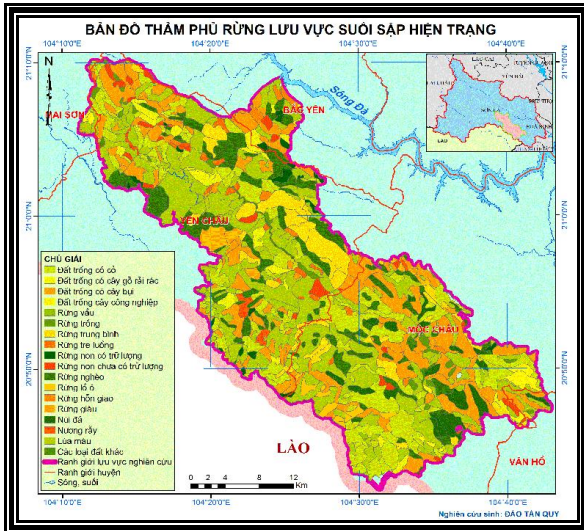
1.2. Đặc điểm thổ nhưỡng, thảm phủ

Lưu vực Suối Sập có 4 nhóm đất chính: Đất nâu vàng, đất xám feralit, đất xám mùn trên núi và núi đá Đất nâu vàng: Diện tích: 16289,4 ha, chiếm 15,01% diện tích tiểu lưu vực; Đất nâu vàng chủ yếu được hình thành ở địa hình sườn dốc, phân bố ở địa hình bị chia cắt mạnh nên thảm thực vật bị phá hủy. Đất xám feralit: Diện tích: 50531,8ha, chiếm 46,57% diện tích tiểu lưu vực;

Đất xám mùn trên núi: Diện tích: 33800,2ha, chiếm 31,15% diện tích tiểu lưu vực; Núi đá: Diện tích: 7870,3 ha, chiếm

¹ Trường Đại học Thủy lợi

7,2% diện tích tiểu lưu vực; Tiểu lưu vực Suối Sập là lưu vực có nhiều loại đất phù hợp với nhiều loại cây. Diện tích rừng thuộc tiểu vùng là 27573,5 ha, chiếm 25,48% diện tích toàn tiểu vùng, trong đó diện tích rừng tự nhiên giàu và trung bình là 8847 ha, diện tích rừng tự nhiên nghèo là 11752 ha. Đất trồng cây công nghiệp chiếm 0,93%, đất lúa màu chiếm 29,86%. [3]



Hình 2: Bản đồ thăm phủ lưu vực suối sập

1.3. Đặc điểm khí hậu

Lưu vực Suối Sập có khí hậu nhiệt đới, mang đặc điểm khí hậu chung của vùng Tây Bắc: Mùa đông lạnh khô, mùa hè nóng ẩm, mưa nhiều. Tuy nhiên, chế độ nhiệt, chế độ mưa, số giờ nắng có khác so với một số tiểu vùng. Lượng bốc hơi trên tiểu lưu vực Suối Sập tại trạm Cò Nòi dao động từ 898-1487 mm/năm, tại trạm Mộc Châu từ 540-1383 mm/năm. Lượng bốc hơi trung bình trong tháng tại trạm Cò Nòi dao động trong khoảng từ 74-124mm, tại trạm Mộc Châu là 45-115mm. Lượng bốc hơi lớn nhất xảy ra vào tháng 4, nhỏ nhất vào tháng 7 (trạm Cò Nòi) và tháng 2 (trạm Mộc Châu). Tổng số giờ nắng trong năm dao động từ 1700-2394 giờ/năm (trạm Cò Nòi), từ 1354-2022 giờ/năm (trạm Mộc Châu), Lượng mưa năm trong tiểu vùng Suối Sập biến đổi từ 937 - 1.800mm và

xu thế tăng dần từ Bắc xuống Nam. Trong năm được phân thành hai mùa rõ rệt: Mùa mưa và mùa khô. Mùa mưa kéo dài từ tháng 4, đến tháng 9 chiếm khoảng 75- 80% tổng lượng mưa cả năm, tháng có lượng mưa lớn nhất là tháng 7, 8 đạt từ 250 - 280mm/tháng (trạm Cò Nòi) và từ 280-320mm/tháng (trạm Mộc Châu). Mùa khô kéo dài từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau, lượng mưa chỉ chiếm từ 20 - 25% tổng lượng mưa năm, hai tháng có lượng mưa nhỏ nhất là tháng 12 và tháng 1.

1.4. Đặc điểm thủy văn

Tài nguyên nước mặt của lưu vực Suối Sập hàng năm vào khoảng 1,4 tỷ m³. Tổng lượng dòng chảy trong 5 tháng mùa lũ chiếm khoảng 80% tổng lượng dòng chảy năm, dòng chảy lớn nhất thường tập trung vào tháng 8 hàng năm, các tháng kiệt nhất thường xảy ra vào tháng 3. Mùa lũ trên lưu vực Suối Sập có thời gian xuất hiện trùng với mùa lũ trên các sông, suối trên địa bàn tỉnh Sơn La, mô đun dòng chảy bình quân tháng lớn nhất thường rơi vào tháng 9,10 và dao động trong khoảng từ 0,86-1,71 m³/s.km², mô đun dòng chảy trung bình trong các tháng mùa lũ khoảng 0,96 m³/s.km². Lưu lượng đỉnh lũ dao động trong khoảng từ 340-365 m³/s, lũ lên nhanh, thời gian lũ từ 2-3 ngày với thời gian đạt đỉnh từ 10-20 giờ. Biên độ lũ dao động từ 290-300 m³/s. Mùa kiệt thường bắt đầu từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau, khi mùa mưa kết thúc lượng dòng chảy mặt trong các tháng giảm chậm dần, mô đun dòng chảy trung bình tháng thấp nhất thường rơi vào tháng 3 với lưu lượng nhỏ nhất 0,6 m³/s. Bùn cát trên hệ thống sông, suối tại lưu vực chủ yếu do lượng bùn cát được hình thành do quá trình xói mòn và rửa trôi. Vào các tháng mùa lũ hàm lượng bùn cát cao gấp nhiều lần so với các tháng mùa kiệt, thường dao động trong khoảng 1000-5000 g/m³. Tháng có hàm lượng bùn cát cao nhất thường rơi vào tháng 8, 9 hàng năm dao động trong khoảng 2000-5000 g/m³, các tháng có hàm lượng bùn cát thấp nhất thường là tháng 1, 2 dao động trong khoảng 150-200 g/m³.

2. CƠ SỞ SỐ LIỆU VÀ MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

2.1. Cơ sở số liệu

Số liệu thu thập từ nguồn số liệu của Trung tâm lưu trữ dữ liệu khí tượng thủy văn quốc gia, dữ liệu bao gồm:

- Số liệu khí tượng thủy văn trên lưu vực các năm 1962, 1973, 1980, 2010, 2011, 2012 và 2013 bao gồm các số liệu mưa, nhiệt độ, bốc hơi và số liệu trích lũ, bùn cát tại trạm Thác Mộc, Mộc Châu.

- Số liệu về tình hình sử dụng đất, về loại đất trên lưu vực.

- Các bản đồ địa hình, bản đồ mạng lưới sông suối, lưới trạm khí tượng thủy văn, bản đồ thổ nhưỡng.

2.2. Thiết lập mô hình mô phỏng vận chuyển bùn cát và kịch bản tính toán

Mô hình mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát trên lưu vực vừa và nhỏ có hai mô đun: mô đun mô phỏng quá trình dòng chảy và mô đun mô phỏng quá trình xói mòn và vận chuyển bùn cát trên lưu vực.

Khi nước mưa rơi xuống lưu vực, một phần chảy trên mặt đất tạo thành dòng chảy mặt, một phần ngấm xuống đất rồi tập trung thành dòng chảy ngầm chảy vào sông, sau đó chảy qua cửa ra của lưu vực tạo thành dòng chảy.

Mô hình phân tích quá trình dòng chảy trên lưu vực dựa vào phương trình:

$$q(t) = \int_{\tau=t_0}^t p(\tau) \cdot \frac{1}{k} \cdot e^{-\frac{t-\tau}{k}} d\tau + q(t_0) \cdot e^{-\frac{t-t_0}{k}}$$

Trong đó:

q - Lưu lượng dòng chảy (m³/s);

p: Lượng mưa trên lưu vực (mm)

t: Thời gian chảy tràn bao gồm thời gian chảy tràn trên mặt đất và thời gian chảy trong sông

Mô hình mô phỏng xói mòn và vận chuyển bùn cát được thiết lập dựa vào phương trình toán học mô phỏng các hiện tượng vật lý của quá trình xói mòn và vận chuyển bùn cát. Cơ

sở toán học của các hiện tượng vật lý là phương trình liên tục của Bennett (1974)[1]. Phương trình liên tục của bùn cát được viết như sau:

$$\frac{\partial(q_s)}{\partial x} + \rho_s \frac{\partial(C_s \cdot h)}{\partial t} = \phi(x, t)$$

Trong đó:

q_s : Lưu lượng bùn cát qua một đơn vị mặt cắt [kg/s.m]

x : Khoảng cách dọc sông [m]

ρ_s : Độ đục bùn cát [kg/m³]

C_s : Nồng độ tập trung bùn cát [m³/m³]

h : Độ sâu dòng chảy [m]

ϕ : Lượng bùn cát bị xói mòn hoặc bồi lắng [kg/s.m²]

Phương trình vi phân liên tục của bùn cát nêu trên được giải bằng cách sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn sơ đồ hiện. Lượng bùn cát bị xói mòn hoặc bồi lắng ϕ có thể là giá trị dương (bồi) hay giá trị âm (xói). Sơ đồ sai phân của Lax biến đổi bởi Vreugdenhil và De Veries được áp dụng để giải phương trình vi phân liên tục của bùn cát như sau:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{1}{\Delta t} \left[f_i^{i-1} - \left((1-\alpha) f_i^j + \alpha \frac{f_{i+1}^j + f_{i-1}^j}{2} \right) \right]$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lambda \frac{f_{i+1}^{j+1} - f_{i-1}^{j+1}}{2\Delta x} + (1-\lambda) \frac{f_{i+1}^j - f_{i-1}^j}{2\Delta x}$$

Trong đó: Δx , Δt : bước không gian và thời gian

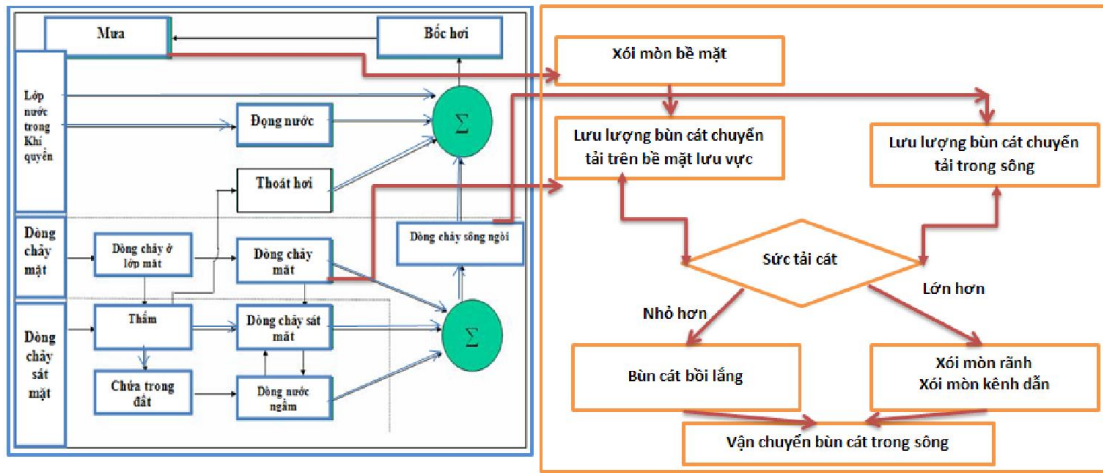
i, j: chỉ vị trí i và thời điểm j; α , λ : trọng số sai phân.

Để đơn giản hóa Foster (1992)[2] đã mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát trên lưu vực như sau:

$$\frac{\partial q_s}{\partial x} = \Phi(x, t)$$

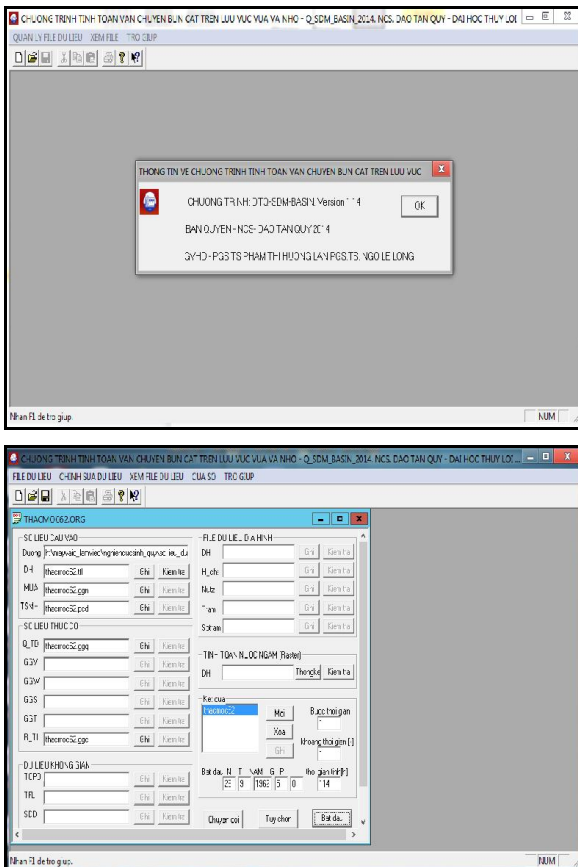
Phương trình này là cơ sở để xác định quá trình xói mòn và vận chuyển bùn cát trên lưu vực.

Tác giả xây dựng sơ đồ hình thành dòng chảy và bùn cát trên lưu vực được mô phỏng trong hình vẽ sau:



Hình 3: Sơ đồ hình thành dòng chảy và bùn cát trên lưu vực

Trên cơ sở đó tác giả dùng ngôn ngữ C++ đã viết mô đun tính toán dòng chảy, còn phần mô đun tính toán xói mòn và vận chuyển bùn cát trên lưu vực sẽ được giới thiệu trong bài báo khác. Giao diện của mô hình và mô đun tính toán dòng chảy như sau:



Hình 4: Giao diện của mô hình

Tác giả lấy số liệu của trận lũ năm 1962 thời gian từ 1 giờ ngày 28/9/1962 đến 19 giờ ngày 2/10/1962 dùng để hiệu chỉnh mô hình, lấy số liệu của trận lũ năm 1973 thời gian từ 10 giờ ngày 2/9/1973 đến 19 giờ ngày 13/9/1973 dùng để kiểm định mô hình. Từ kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình, dùng bộ thông số để mô phỏng dòng chảy cho các trận lũ xảy ra vào tháng 8/2010, 6/2011, 8/2012 và 8/2013.

Các chỉ tiêu phân tích đánh giá

Kết quả tính toán được đánh giá bởi chỉ tiêu đánh giá sai số dưới đây:

- Sai số đỉnh lũ: $\Delta H = H_{\Delta}^{tt} - H_{\Delta}^{td}$
- Sai số của đường quá trình (dùng chỉ tiêu Nash- Sutcliffe):

$$Nash = 1 - \frac{\sum (X_{o,i} - X_{s,i})^2}{\sum (X_{o,i} - \bar{X}_o)^2}$$

Trong đó:

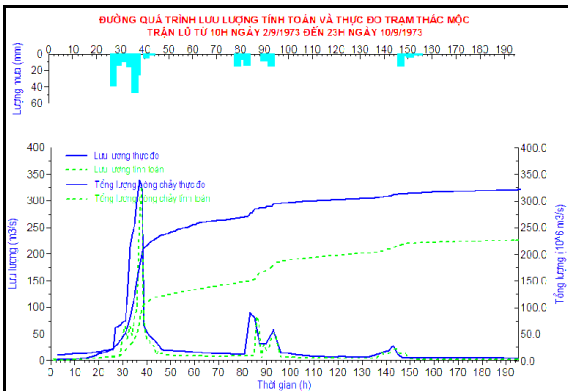
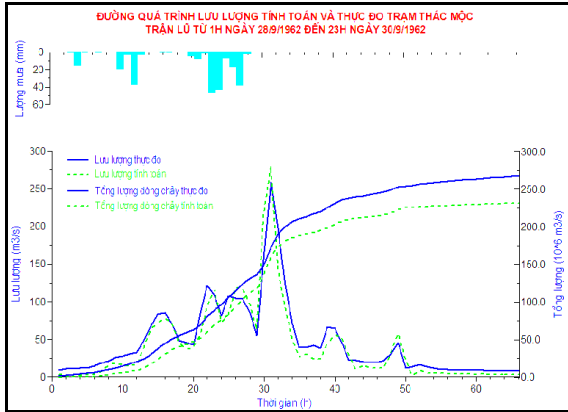
- ΔH : Chênh lệch mực nước đỉnh lũ
- H_{Δ}^{tt} : Mực nước đỉnh lũ tính toán từ mô hình
- H_{Δ}^{td} : Mực nước đỉnh lũ thực đo
- $X_{o,i}$: Giá trị thực đo
- $X_{s,i}$: Giá trị tính toán

3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ

3.1. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định

Lựa chọn trận lũ thực tế tháng 9/1962 để hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình. Kết quả tính toán hiệu chỉnh thông số của mô hình cho hệ số Nash đạt 81% , sai số đỉnh lũ là 13m³/s.

Với bộ thông số của mô hình, tiến hành tính toán kiểm định bộ thông số của mô hình với trận lũ 1973. Kết quả mô phỏng quá trình dòng chảy tính toán và thực đo với các trường hợp hiệu chỉnh, kiểm định và xác nhận mô hình như sau:



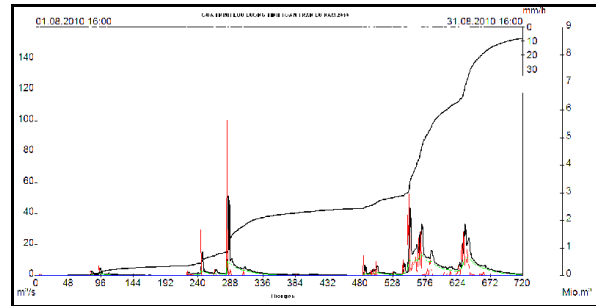
Hình 5: Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Thác Mộc

Kết quả tính toán cho hệ số Nash đạt giá trị từ 0,7 – 0,82, đạt yêu cầu trong giá trị cho phép. Do đó có thể sử dụng mô hình để mô phỏng dòng chảy cho trận lũ trong tháng 8 năm 2010.

3.2. Mô phỏng dòng chảy trong những năm gần đây

Do trạm Thác Mộc chỉ đo lưu lượng dòng

chảy đến năm 1982, do đó chúng tôi sử dụng số liệu mưa giờ tại trạm Mộc Châu để tính toán dòng chảy cho lưu vực tính đến trạm Thác Mộc trong những năm gần đây, và sử dụng phương pháp lưu vực tương tự để tính toán dòng chảy tại cửa ra của lưu vực Suối Sập. Kết quả mô phỏng dòng chảy cho trận lũ trong tháng 8 năm 2010 như sau:



Hình 6: Kết quả mô phỏng dòng chảy của trận lũ 8/2010

Với kết quả tính toán bằng mô hình Q_SDM_BASIN_2014 cho thấy lưu lượng lũ trên lưu vực suối Sập trung bình trong các tháng mùa lũ khoảng $0,96 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$. Qua kết quả tính toán cho thấy có thể áp dụng mô hình Q_SDM_BASIN_2014 để tính toán quá trình dòng chảy trên lưu vực vừa và nhỏ khác.

4. KẾT LUẬN

Bài báo giới thiệu sơ bộ kết quả việc xây dựng mô hình Q_SDM_BASIN_2014 (Quy Sediment transport Model version 2014) mô phỏng dòng chảy trên lưu vực Suối Sập tỉnh Sơn La. Mô hình có giao diện bằng tiếng Việt, đã áp dụng thành công tính toán quá trình dòng chảy trên lưu vực suối Sập và có thể sử dụng dễ dàng, áp dụng cho các lưu vực vừa và nhỏ khác của Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bennet, 1974. Bennet, J.P: Concepts of mathematical modeling of sediment yield. Water Resources Research . Vol. 10, NO. 3, June, p. 485-492
- [2] Foster, G.R.: Modeling the erosion process. Chapter 8. In: Hydrologic modeling of small watersheds, edited by C.T. Haan et al., ASAE Monograph No. 5

- [3] Đất Việt Nam – Hội khoa học đất Việt Nam – Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2000.
- [4] The Uplands Program”Sustainable Land Use and Rural Development in Mountainous Regions of Southea.

Abstract

SIMULATION OF SEDIMENT TRANSPORT MODELS FOR SMALL BASIN (APPLY FOR SUOI SAP BASIN IN SON LA PROVINCE)

Suoi Sap Basin located in Moc Chau, Yen Chau, Bac Yen, Mai Son, Van Ho of Son La province, with area 1085 km², accounting for 7.66% of the total area of the province. The Suoi Sap basin located in the geographic scope: 104⁰11'09 " – 104⁰42'54 east longitude, 20⁰42'8 – 21⁰10'15 north latitude, west Nam Pan stream basin, east of Van Lake, south Laos. Surface water resources of the Suoi Sap basin are 1.4 billion m³. Total flow in 5 months of flooding season is about 80% of the total annual flow, maximum flow often focuses in August every year, the driest month occurs in March. Basin topography is complicated, fragmented and often steep slopes should be in , erosion. This article introduces a model Q_SDM_BASIN_2014 (The sediment transport model version 2014) simulate sediment transport in Suoi Sap Basin of Son La province.

Key words: Son La, Basin, Q_SDM_BASIN_2014 (The sediment transport model version 2014).

BBT nhận bài: 03/3/2015

Phản biện xong: 13/4/2015