

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG SWAT ĐỂ ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỘNG DIỆN TÍCH RỪNG ĐẾN CHẾ ĐỘ DÒNG CHẢY LƯU VỰC THƯỢNG NGUỒN SÔNG MÃ

Application of SWAT Model to Evaluate Forest Land Area Change Impact on Flow Regime in Upper Ma River Basin, Vietnam

Trần Hữu Hùng¹, Lê Hồng Giang¹, Nguyễn Duy Bình²

¹*Sinh viên Khoa Tài nguyên & Môi trường, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội*

²*Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội*

Địa chỉ email tác giả liên lạc: *hunghuga@gmail.com*

Ngày gửi đăng: 29.03.2011; Ngày chấp nhận: 02.05.2011

TÓM TẮT

Đánh giá tác động của thay đổi sử dụng đất, đặc biệt là diện tích rừng đến điều kiện thủy văn được coi là không thể thiếu trong lập chiến lược quản lý lưu vực sông. Lưu vực thượng nguồn sông Mã là vùng với địa hình và chế độ dòng chảy biến động mạnh, đồng thời đang chịu nhiều áp lực từ việc thay đổi sử dụng đất trong những thập kỉ gần đây. Nghiên cứu này cố gắng sử dụng mô hình SWAT để định lượng tác động của các kịch bản biến động diện tích rừng đến chế độ dòng chảy của lưu vực thượng nguồn sông Mã. Mô hình SWAT đã được hiệu chỉnh và kiểm chứng thành công với dữ liệu quan trắc thủy văn năm 1998 - 2004. Kết quả mô phỏng chế độ dòng chảy của mô hình đã được phân tích để định lượng mức độ tác động của các kịch bản biến động diện tích rừng (tăng và giảm 25%, 50% diện tích rừng của năm 2005). Kết quả đánh giá tác động của biến động diện tích rừng đến chế độ dòng chảy chỉ ra rằng: sự tăng lên của diện tích rừng làm giảm lưu lượng dòng chảy trung bình trong sông vào mùa mưa lũ. Những kết quả của nghiên cứu này có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các nhà chức trách trong lập kế hoạch quản lý tài nguyên thiên nhiên của vùng.

Từ khóa: Biến động diện tích rừng, dòng chảy trong sông, đất rừng, SWAT.

SUMMARY

Assessment of land use change, especially forestland area change effects on hydrological conditions is considered to be indispensable in planning and management of any river basin. The upper part of Ma river basin, Northwest of Vietnam is a typical river basin in Vietnam with variable flow regime and topography, and has been undergoing tremendous land use changes in the last few decades. The present study is an attempt to use SWAT model to evaluate impacts of different forestland area change scenarios on hydrological regime of the upper part of Ma river basin. The SWAT model was calibrated and validated in accordance with the observed daily streamflows at selected gauging stations, using available meteorological and hydrological monitoring data series during 1998 to 2004. Simulated flow regime of the river was analyzed for quantifying implications of different re-forested area (25% and 50% of total 2005-year forested area in the river basin). The result of assessing the forestland area change scenarios effects on flow regime shown that: increasing forest land causes decreasing the mean stream flow in wet season. The preliminary results of this study can be used as decision support information for natural resource planning and management.

Key words: Forest land, forestland area change, stream flow, SWAT.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Môi trường những vùng đất dốc ở Việt Nam trải qua rất nhiều thay đổi trong những thập kỉ gần đây, bao gồm tăng mật độ dân số, tàn phá rừng, sự xuất hiện của các cơ sở hạ tầng mới... phục vụ cho các mục đích khác nhau. Những sự thay đổi này cần các công cụ định lượng để cung cấp thông tin về các tác động dài hạn cho các nhà hoạch định chính sách. Mô hình mô phỏng lưu vực sử dụng cho các nghiên cứu cảnh quan, sinh thái và thủy văn như SWAT có thể giúp các nhà hoạch định chính sách đánh giá các chiến lược phát triển cho từng mục đích cụ thể, như đánh giá tác động của các kịch bản về diện tích rừng trong tương lai đến chế độ thủy văn của lưu vực. Hơn nữa, việc đánh giá và mô hình hóa các tác động của thay đổi sử dụng đất lên các quá trình thủy văn là một vấn đề quan trọng của công tác quản lý lưu vực.

SWAT đã được sử dụng rộng rãi trong khoảng hơn 30 năm qua trên toàn thế giới và đã phát triển trở thành một công cụ hữu hiệu cho việc đánh giá tài nguyên nước và các vấn đề ô nhiễm trong những điều kiện môi trường và cảnh quan rộng lớn (Gassman và cs., 2007). Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng SWAT có khả năng mô phỏng dòng chảy, chất lượng nước và xói mòn đất trên những diện tích rộng lớn thậm chí ngay cả với dữ liệu hạn chế.

Mục đích của nghiên cứu này là ứng dụng SWAT để phân tích tác động của biến động diện tích rừng đến chế độ dòng chảy ở lưu vực thượng nguồn sông Mã và cũng là một nỗ lực thu nhận kinh nghiệm và công nghệ để có thể áp dụng mô hình SWAT cho các lưu vực sông khác trên toàn bộ miền Bắc Việt Nam.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vùng nghiên cứu: Lưu vực thượng nguồn sông Mã, miền Bắc Việt Nam

Lưu vực sông Mã nằm trên cả lãnh thổ Việt Nam và Lào. Sông Mã bắt nguồn từ Tây Bắc Việt Nam (tỉnh Điện Biên, Sơn La), chảy qua Lào rồi trở lại lãnh thổ Việt Nam ở tỉnh Thanh Hóa trước khi đổ nước vào vịnh Bắc Bộ. Diện tích lưu vực sông Mã là 28.400 km². Vùng nghiên cứu là phần thượng nguồn của lưu vực với diện tích 6.652 km² với loại hình sử dụng đất chủ yếu là đất đồi núi bỏ hoang và các loại đất rừng. Độ cao trung bình so với mực nước biển là 948 m (272 - 2.169 m). Lượng mưa trung bình hàng năm từ 1.000 - 1.400 mm và tập trung vào khoảng từ tháng 6 đến tháng 8 (80% tổng lượng mưa hàng năm).

2.2. Mô hình SWAT 2005

SWAT2005 (Neisch và cs., 2005) là mô hình được thiết kế để tính toán dòng chảy tràn và chất dinh dưỡng thoát ra từ vùng nông thôn, đặc biệt là từ các hoạt động nông nghiệp (Arnold và cs., 1998). Mô hình được đặt hàng bởi Trung tâm nghiên cứu nông nghiệp thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA). Các dữ liệu đầu vào của SWAT2005 được triển khai qua sự trợ giúp của giao diện chương trình ArcGIS (ArcSWAT2005 – Winchell và cs., 2009), giúp tự động gán các giá trị thông số mô hình mặc định và tạo ra các tập tin đầu vào dựa trên các lớp chồng xếp bản đồ GIS được cung cấp qua giao diện của chương trình.

Có rất nhiều ứng dụng của SWAT trên toàn thế giới với mục đích chủ yếu là đánh giá tác động của các hoạt động sử dụng/quản lý đất đến chế độ nước, vận chuyển trầm tích hay hóa chất trong nông nghiệp trên những lưu vực rộng lớn và đa dạng các loại thổ nhưỡng, sử dụng đất và các điều kiện quản lý (Gassman và cs., 2007). Động lực chính của SWAT là hợp phần thủy học. Các quá trình thủy văn được chia làm 2 pha (Hiroaki và Ikulo, 2009):

- Pha đất: Điều khiển lượng nước, trầm tích và dinh dưỡng tiếp nhận được từ một vùng tích nước.

Bảng 1. Dữ liệu đầu vào của mô hình

STT	Loại dữ liệu	Chi tiết	Nguồn
1	Lượng mưa	Dữ liệu mưa ngày từ 4 trạm khí tượng (Sông Mã, Sơn La, Yên Châu, Quế Nhai)	Trung tâm Khí tượng Thủy văn
2	Nhiệt độ, độ ẩm tương đối, bức xạ mặt trời và gió	Dữ liệu quan trắc tháng từ 2 trạm khí tượng (Sông Mã, Sơn La)	
3	Lưu lượng dòng chảy	Dữ liệu lưu lượng dòng chảy ngày từ Trạm thủy văn Xà Lả	
4	Bản đồ số độ cao (DEM)	Độ phân giải 30 m	
5	Bản đồ thổ nhưỡng	Độ phân giải 250 m	Bộ Tài nguyên và Môi trường
6	Bản đồ sử dụng đất	Độ phân giải 150 m	

• Pha di chuyển của nước: Mô phỏng chuyển động của nước trong hệ thống sông suối. SWAT tính toán cả nguồn đầu vào dinh dưỡng tự nhiên (khoáng hóa vật chất hữu cơ và cố định N) và các nguồn đóng góp của con người (phân bón, các nguồn dạng điểm).

SWAT mô tả lưu vực qua các tiểu lưu vực (subbasin) liên hệ với nhau bởi một mạng lưới sông ngòi. Mỗi tiểu lưu vực lại được chia nhỏ hơn thành các đơn vị đồng nhất thủy văn HRU (HRU: là những vùng nhỏ có cùng một loại sử dụng đất, loại thổ nhưỡng và loại biện pháp quản lý) dựa trên các lớp đặc tính sử dụng đất và thổ nhưỡng đơn nhất trên các vị trí trong diện tích tiểu lưu vực. SWAT tổng hợp lưu lượng, trầm tích, dinh dưỡng từ mỗi HRU vào các nhánh sông, ao hay hồ rồi đổ ra điều đầu ra của lưu vực (Arnold và cs., 2001). SWAT sử dụng mô hình (EPIC) để mô phỏng dinh dưỡng trong tất cả các mùa vụ. Để tạo ra các dữ liệu thời tiết, mô hình SWAT sử dụng mô hình WXGEN (Sharples và Williams, 1990).

2.3. Thiết lập mô hình

Mô hình SWAT2005 thiết lập cho thượng nguồn sông Mã miêu tả trong nghiên cứu này được bắt nguồn từ một nghiên cứu SWAT của Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội trước đó về vận chuyển nước và trầm tích (Nguyễn Duy Bình và cs., 2010). Các dữ liệu đầu vào chính của mô hình được mô tả ở bảng 1.

2.4. Mô tả lưu vực

SWAT chia toàn bộ lưu vực thành các tiểu lưu vực, các tiểu lưu vực lại được chia

nhỏ hơn thành các HRU. Bản đồ số độ cao (DEM), thổ nhưỡng, sử dụng đất và hệ thống sông ngòi là dữ liệu đầu vào của mô hình. Mô hình chia vùng nghiên cứu thành 28 tiểu lưu vực dựa vào việc phân chia DEM độ phân giải 30 m được cung cấp bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam.

Trong mỗi một tiểu lưu vực, các HRU được xác định có một loại hình thổ nhưỡng và sử dụng đất duy nhất và không giống với các HRU bên cạnh. Giới hạn diện tích để định dạng HRU trong 1 tiểu lưu vực là 5% đối với sử dụng đất và 10% với thổ nhưỡng.

2.5. Hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình

Hiệu chỉnh mô hình là sự điều chỉnh các thông số của mô hình trong giới hạn cho phép để đánh giá khách quan sự thống nhất giữa dữ liệu quan trắc và kết quả mô phỏng của mô hình. Kiểm chứng là quá trình xem xét mô hình dự đoán có chính xác không. Nghiên cứu này sử dụng bộ dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy từ 1998 - 2000 để hiệu chỉnh mô hình và dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy từ 2001 - 2004 để kiểm chứng mô hình.

Hiệu chỉnh mô hình cố gắng tập trung vào việc cải thiện khả năng dự đoán của mô hình dựa vào dữ liệu từ Trạm quan trắc thủy văn Xà Lả. Các hệ số Nash – Sutcliffe (NSE), hệ số xác định (R^2) và độ lệch phần trăm (PBIAS) được sử dụng để đánh giá kết quả dự đoán của mô hình.

Giá trị NSE được tính toán sử dụng công thức sau:

$$NSE = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - Q_{sim}^i)^2 \right]}{\left[\sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - \bar{Q}_{obs})^2 \right]} \quad (1)$$

Trong đó: n là số lần đánh giá. Q_{obs}^i và Q_{sim}^i là giá trị quan trắc và mô phỏng của lần thứ i . \bar{Q}_{obs} là giá trị quan trắc trung bình của các lần quan trắc Q_{obs}^i .

Giá trị NSE cho biết mức độ trùng khớp của đường giá trị quan trắc so với giá trị mô phỏng và đường 1:1 (Nash và Sutcliffe, 1970). Giá trị NSE giới hạn từ $-\infty$ đến 1, với giá trị nhỏ hơn hay gần bằng 0 biểu thị cho khả năng dự đoán không chính xác của mô hình, giá trị gần bằng 1 thể hiện cho khả năng dự đoán tốt của mô hình.

Hệ số xác định (R^2):

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - \bar{Q}_{obs})(Q_{sim}^i - \bar{Q}_{sim}) \right]^2}{\sum_{i=1}^{nN} (Q_{obs}^i - \bar{Q}_{obs})^2 \sum_{i=1}^{nN} (Q_{sim}^i - \bar{Q}_{sim})^2} \quad (2)$$

Trong đó: \bar{Q}_{sim} và \bar{Q}_{obs} là giá trị lưu lượng dòng chảy quan trắc và mô phỏng, n là số lần quan trắc.

Hệ số PBIAS:

$$PBIAS = \sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - Q_{sim}^i) \times 100 / \sum_{i=1}^n Q_{obs}^i \quad (3)$$

Trong đó: n là số lần đánh giá. Q_{obs}^i và Q_{sim}^i là giá trị quan trắc và mô phỏng tại lần thứ i .

Giá trị PBIAS bằng bằng 0 thể hiện sự mô phỏng đúng đắn của mô hình. Giá trị dương PBIAS biểu thị mô hình mô phỏng thấp hơn giá trị thực còn giá trị âm PBIAS biểu thị mô hình mô phỏng cao hơn giá trị thực.

2.6. Các kịch bản biến động diện tích rừng

Khi mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm chứng thích hợp, nghiên cứu tiến hành ứng

dụng mô hình để đánh giá tác động của biến động diện tích rừng trong vùng nghiên cứu. Có 4 kịch bản được thiết lập để biểu thị những thay đổi về diện tích rừng có thể xảy ra trong tương lai ở lưu vực thượng nguồn sông Mã và sử dụng hiện trạng sử dụng đất của năm 2005 như là kịch bản gốc. Tác động của biến động diện tích rừng đến chế độ dòng chảy trong phạm vi lưu vực được phân tích bằng cách so sánh giá trị lưu lượng dòng chảy của 4 kịch bản mô phỏng với kịch bản gốc.

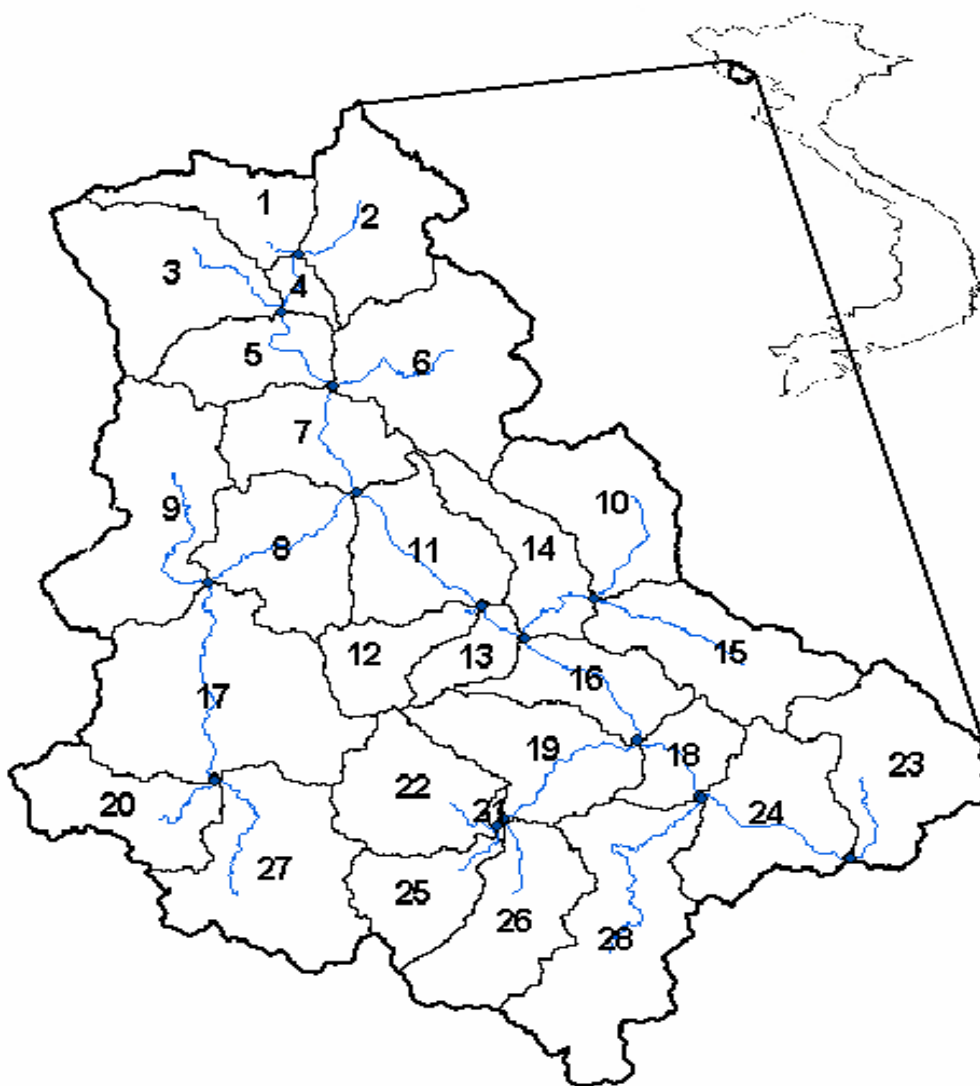
Các kịch bản biến động diện tích rừng được tiến hành đánh giá gồm có:

- Hiện trạng sử dụng đất năm 2005 được xem là kịch bản gốc.
- Kịch bản KB1: chuyển 141089 ha đất có rừng tự nhiên (tương đương 50% diện tích đất rừng) thành đất đồi núi bỏ hoang, đồng thời giữ nguyên các loại sử dụng đất khác.
- Kịch bản KB2: chuyển 68989 ha đất có rừng tự nhiên (tương đương 25% diện tích đất rừng) thành đất đồi núi bỏ hoang, đồng thời giữ nguyên các loại hình sử dụng đất khác.
- Kịch bản KB3: chuyển 69034 ha đất đồi núi bỏ hoang (tương đương 25% diện tích đất rừng) thành đất rừng trồng, giữ nguyên các loại sử dụng đất khác.
- Kịch bản KB4: chuyển 143095 ha đất đồi núi bỏ hoang (tương đương 50% diện tích đất rừng) thành đất rừng trồng, giữ nguyên các loại sử dụng đất khác.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô tả lưu vực

Sự mô phỏng của mô hình biểu diễn lưu vực gồm có 28 tiểu lưu vực để tính toán thời tiết, thổ nhưỡng, địa hình và biến động sử dụng đất trong phạm vi lưu vực thượng nguồn sông Mã (Hình 1). Có tổng số 7 loại sử dụng đất được đề cập. Bảng 2 thể hiện các loại sử dụng đất, diện tích và giá trị hệ số thấm nước CN của mỗi loại sử dụng đất được biểu diễn ở lưu vực thượng nguồn sông Mã.



Hình 1. Mô tả lưu vực thượng nguồn sông Mã

Bảng 2. Các loại sử dụng đất và giới hạn hệ số CN trong lưu vực thượng nguồn sông Mã

Mã SWAT	Loại sử dụng đất	Diện tích		Giới hạn hệ số CN
		(ha)	(%)	
BRNL	Đất đồi núi chưa sử dụng	305635	45,94	45 – 83
UDFR	Các loại đất có rừng tự nhiên	243648	36,63	25 – 77
PDDY	Đất trồng lúa	16694	2,51	62 – 84
AGRC	Đất sản xuất nông nghiệp	65729	9,88	62 – 84
FRSL	Đất rừng trồng	29038	4,37	36 – 79
PRNL	Đất trồng cây lâu năm	1094	0,16	67 - 87
DTFR	Các loại đất khoanh nuôi trồng rừng	3396	0,51	36 - 79
Tổng số		665234	100	

3.2. Hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình

Dựa vào các dữ liệu về thời tiết và lưu lượng dòng chảy thu thập được trong giới hạn lưu vực, các thông số trong mô hình được hiệu chỉnh và kiểm chứng sử dụng bộ dữ liệu trong vòng 6 năm. Khoảng từ 1998 – 2000 được chỉ định làm giai đoạn hiệu chỉnh và khoảng từ 2001 – 2004 được chỉ định làm giai đoạn kiểm chứng đối với kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy của mô hình. Để tính toán sự biến động theo không gian của các yếu tố địa hình, thổ nhưỡng và sử dụng đất trong lưu vực thượng nguồn sông Mã, các thông số quyết định đến dòng chảy của mô hình đã được hiệu chỉnh. Nghiên cứu đã sử dụng quá trình hiệu chỉnh thủ công để so sánh giá trị mô phỏng và quan trắc tại điểm

đầu ra của lưu vực (trạm thủy văn Xà Là). Kết quả của bước hiệu chỉnh và kiểm chứng các thông số của mô hình thể hiện ở bảng 3.

3.3. Dòng chảy sông ngòi

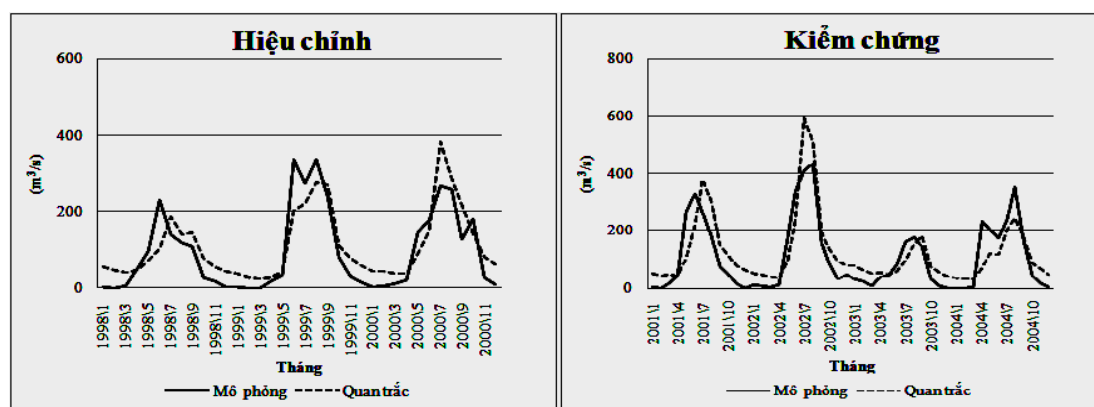
Một đồ thị so sánh giữa dữ liệu lưu lượng dòng chảy quan trắc theo tháng tại trạm thủy văn Xà Là và kết quả mô phỏng của mô hình đã chỉ ra sự tương đồng nhất định của dữ liệu quan trắc và mô phỏng của mô hình (Hình 2). Trong giai đoạn hiệu chỉnh từ 1998 – 2000, giá trị hệ số NSE theo tháng là 0,64, hệ số xác định R^2 là 0,76 và tỉ lệ % PBIAS là -14,23%. Trong giai đoạn kiểm chứng từ 2001 – 2004, giá trị các tham số NSE, R^2 , PBIAS lần lượt là: 0,64; 0,70; -12,30% (Bảng 4).

Bảng 3. Các thông số được hiệu chỉnh của mô hình SWAT

TT	Thông số	Mô tả	Loại file	Giá trị
1	Alpha_BF	Hằng số trễ của dòng chảy ngầm	.gw	1
2	RCHRG_DP	Hệ số thấm vào tầng nước ngầm sâu	.gw	0
3	REVAPMN	Độ sâu giới hạn của nước ở tầng nước ngầm nông mà xuất hiện sự tái bốc hơi nước lên tầng đất ở trên (mm)	.gw	100
4	GW_REVAP	Hệ số tái bốc hơi nước của nước ngầm	.gw	0,002
5	Sol_AWC	Khả năng chứa ẩm của đất	.sol	-20%
6	Sol_K	Sức dẫn thủy lực bão hòa (mm/h)	.sol	+500%

Bảng 4. Các hệ số NSE, R^2 , PBIAS trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình của vùng thượng nguồn sông Mã

STT	Giai đoạn	Khoảng thời gian	Monthly NSE	R^2	PBIAS (%)
1	Hiệu chỉnh	1998 – 2000	0,64	0,76	-14,23
2	Kiểm chứng	2001 – 2004	0,64	0,70	-12,30



Hình 2. Kết quả quá trình hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình đối với lưu lượng dòng chảy vùng thượng nguồn sông Mã

3.4. Đánh giá tác động của biến động diện tích rừng đến chế độ dòng chảy

Kịch bản biến động diện tích rừng

Diện tích các loại sử dụng đất của vùng thượng nguồn sông Mã được thể hiện ở bảng 5.

Đánh giá chế độ dòng chảy (lưu lượng dòng chảy)

Mô hình SWAT tiến hành mô phỏng thủy văn của lưu vực theo các kịch bản biến động diện tích rừng trong quãng thời gian 1998 – 2004. Các kịch bản khác nhau được tiến hành chạy mô hình độc lập với mục đích so sánh và đánh giá tác động của biến động diện tích rừng đến dòng chảy sông ngòi. Việc đánh giá tiến hành qua so sánh lượng dòng chảy do mô hình mô phỏng ở kịch bản gốc với các kịch bản biến động diện tích rừng.

Kết quả mô hình thể hiện: Đối với các kịch bản tăng diện tích rừng (KB3, KB4) lưu lượng dòng chảy trung bình hàng năm trong sông thấp hơn kịch bản gốc (HT), đặc biệt là vào mùa mưa lũ. Trong khi đối với các kịch bản tăng diện tích rừng (KB1, KB2) lưu lượng dòng chảy trung bình hàng năm trong sông cao hơn kịch bản gốc (HT), đặc biệt là

vào mùa mưa lũ (Bảng 6 và Hình 3). Kết quả cụ thể như sau:

Kịch bản có lưu lượng dòng chảy trung bình năm lớn nhất là kịch bản KB1 (diện tích đất có rừng tự nhiên chuyển thành đất đồi núi bỏ hoang tương đương 50% diện tích đất rừng hiện tại): lưu lượng dòng chảy trung bình năm cao hơn 8,67% so với lưu lượng dòng chảy kịch bản gốc.

Kịch bản có lưu lượng dòng chảy trung bình năm thấp nhất là kịch bản KB4: thấp hơn 5,77% so với kịch bản gốc khi mà đất đồi núi bỏ hoang được chuyển thành đất rừng trồng (diện tích tương đương 50% diện tích đất rừng hiện tại).

Đặc biệt, kết quả so sánh trong mùa mưa lũ (tháng 5 đến tháng 10) cho thấy với các kịch bản tăng diện tích rừng trồng thì lưu lượng dòng chảy trung bình tháng giảm xuống nhiều: KB3: 2,61%, KB4: 6,19% so với kịch bản gốc. Trong khi đó, lưu lượng dòng chảy trung bình tháng tăng lên khi mà diện tích rừng bị thay thế bởi đất đồi núi bỏ hoang: KB1: 8,87%, KB2: 3,71%. Kết quả này khẳng định vai trò giảm thiểu tác động của dòng chảy lớn vào mùa mưa lũ của rừng.

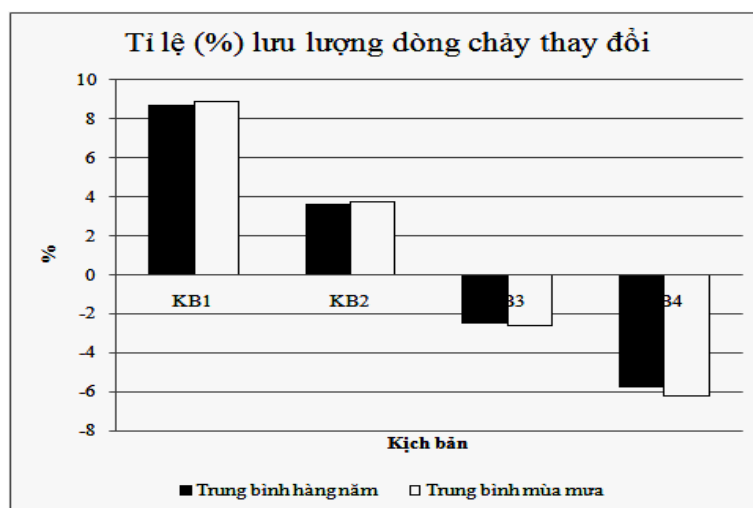
Bảng 5. Các kịch bản biến động diện tích rừng ở lưu vực thượng nguồn sông Mã

Mã sử dụng đất	KB1		KB2		HT		KB3		KB4	
	Diện tích (ha)	%	Diện tích (ha)	%	Diện tích (ha)	%	Diện tích (ha)	%	Diện tích (ha)	%
BRNL	442908	66,87	371366	56,07	305635	45,94	237720	35,91	159921	24,14
UDFR	102559	15,48	174659	26,37	243648	36,63	239285	36,15	242760	36,64
PDDY	16745	2,53	16126	2,43	16694	2,51	16616	2,51	15568	2,35
AGRC	64992	9,81	65116	9,83	65729	9,88	65613	9,91	64964	9,81
FRSL	29145	4,40	29140	4,40	29038	4,37	98072	14,82	172133	25,98
PRNL	2652	0,40	2601	0,39	1094	0,16	1010	0,15	2782	0,42
DTFR	3301	0,50	3367	0,51	3396	0,51	3619	0,55	3247	0,49
WATR	44	0,01					39	0,01		
ROCK									1115	0,17

Các mã sử dụng đất: AGRC = đất trồng cây hàng năm, FRSL = đất rừng trồng, PRNL = đất trồng cây lâu năm, BRNL = đất đồi núi bỏ hoang, UDFR = đất rừng tự nhiên, PDDY = đất trồng lúa, DTFR = đất khoanh nuôi phục hồi rừng, WATR = đất mặt nước/ sông suối, ROCK = đất núi đá

Bảng 6. Tỷ lệ (%) thay đổi lưu lượng dòng chảy của các kịch bản biến động diện tích rừng so với kịch bản gốc (hiện trạng sử dụng đất năm 2005)

Giá trị	Kịch bản 1 (KB1)	Kịch bản 2 (KB2)	Kịch bản 3 (KB3)	Kịch bản 4 (KB4)
Trung bình hàng năm	8,67	3,63	-2,45	-5,77
Trung bình mùa mưa (5 - 10)	8,87	3,71	-2,61	-6,19



Hình 3. Biểu đồ thể hiện tỉ lệ thay đổi lưu lượng dòng chảy của các kịch bản biến động diện tích rừng so với kịch bản gốc

4. KẾT LUẬN

Mô hình SWAT đã được ứng dụng thành công để mô phỏng chế độ dòng chảy ở lưu vực thượng nguồn sông Mã. Kết quả quá trình hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình với các hệ số: NSE theo tháng: 0,64, hệ số R^2 và PBIAS lần lượt là 0,76 và -14,23% ở giai đoạn hiệu chỉnh và 0,70, -12,3% ở giai đoạn kiểm chứng.

Các kịch bản biến động diện tích rừng có sự tác động lớn đến chế độ dòng chảy sông ngòi. Kết quả mô phỏng của mô hình chỉ ra rằng: sự tăng lên của diện tích rừng trồng làm giảm lưu lượng dòng chảy trung bình hàng năm và hạn chế bớt tác động phá hủy do lưu lượng dòng chảy lớn vào mùa mưa.

Kết quả ban đầu mà nghiên cứu này đạt được có thể là tài liệu thứ cấp giúp cho chính phủ trong việc lập kế hoạch sử dụng và quản lý đất trong tương lai.

Đây cũng có thể xem là bước khởi đầu quan trọng trong việc ứng dụng mô hình SWAT trong các nghiên cứu định lượng tác động của thay đổi sử dụng đất đến chế độ dòng chảy cũng như ứng dụng mô hình cho các nghiên cứu về biến đổi khí hậu và chất

lượng nước trong phạm vi lưu vực cho không chỉ lưu vực sông Mã mà là toàn miền Bắc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Arnold, J. G., P. M. Allen, and D. S. Morgan. (2001). Hydrologic model for design and constructed wetlands. *Wetlands* 21 (2): 167-178.
- Arnold, J.G., R. Srinivasan, R.R. Muttiah, and J.R. Williams (1998). Large area hydrologic modelling and assessment. Part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association* 34 (1), 73–89.
- Binh, N.D., N.A. Tuan, and H.L. Huong (2010). SWAT application coupled with web technology for soil erosion assessment in north western region of Vietnam. Presented at the 2010 International SWAT Conference, Mayfield Hotel, Seoul, South Korea, August 4-6, 2010.
- Gassman, P.W., M.R. Reyes, C.H. Green, and J.G. Arnold (2007). The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions, Transactions of the ASABE

- 50(4): 1211-1250. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Hiroaki S., and T. Ikuo (2009). Numerical analyses on seasonal variations of nutrient salts and load discharges in Abashiri River Basin. International SWAT conference proceedings. p241- 248.
- Nash, J.E., and J.V. Sutcliffe (1970). River flow forecasting through conceptual models, Part I. A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10 (3), 282–290.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, and J.R. Williams (2005). Soil and Water Assessment Tool user's manual version 2005: Draft- January 2005, US Department of Agriculture – Agricultural Research Service, Temple, Texas.
- Sharpley, N., and J. R. Williams (1990). EPIC-Erosion Productivity Impact Calculator model documentation. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Tech. Bull.
- Winchell, M., R. Srinivasan, M. Di Luzio, and J. Arnold (2009). ArcSWAT 2.1.5 Interface for SWAT2005: User's Guide, May 2009, Texas Agricultural Experiment Station, Texas, and USDA Agricultural Research Service, Temple, Texas.