

# Ứng dụng mô hình SWAT khảo sát ảnh hưởng của các kịch bản sử dụng đất đối với dòng chảy lưu vực sông Bến Hải

Nguyễn Ý Như, Nguyễn Thanh Sơn\*

*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN  
334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 25 tháng 11 năm 2009

**Tóm tắt.** Nghiên cứu này đánh giá tác động của thay đổi sử dụng đất, thâm phủ đối với dòng chảy thông qua mô hình thông số phân bố SWAT, và đi sâu hơn về tác động dòng chảy theo mùa. Lưu vực sông Bến Hải được lựa chọn làm khu vực nghiên cứu, vì tính nhạy cảm của dòng chảy trong lưu vực, cấu trúc địa hình đa dạng, và là vùng nằm trong khu vực chịu nhiều ảnh hưởng của các hiện tượng thời tiết cực đoan. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho chuỗi số liệu 28 năm thể hiện sự ổn định tốt giữa biểu đồ thủy văn đo đạc và tính toán ở trạm Gia Vòng với hệ số Nash đạt 72% và 75%. Qua phân tích phản ứng của dòng chảy với những thay đổi sử dụng đất theo các kịch bản cho thấy độ nhạy cảm của lưu vực, và ảnh hưởng của từng loại hình sử dụng đất, hỗ trợ cho các chính sách và quy hoạch sử dụng đất đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững.

## 1. Mở đầu

Thay đổi sử dụng đất là yếu tố tác động lớn đến sự thay đổi các thành phần trong quá trình thủy văn cả về không gian và thời gian, gây biến đổi giá trị dòng chảy. Quá trình thay đổi sử dụng đất diễn ra liên tục, ở quy mô lưu vực, tác động đến các quá trình thủy văn ảnh hưởng lần lượt đến hệ thống sinh thái, môi trường và kinh tế. Vì thế, hiểu biết tốt hơn về tác động thay đổi sử dụng đất đối với quá trình thủy văn lưu vực có tầm quan trọng đối với tính toán dòng chảy và đưa ra các biện pháp giảm nhẹ tác động tiêu cực, trở thành vấn đề quyết định đối với quy hoạch, quản lý và phát triển bền vững của lưu vực. Việc lựa chọn phương pháp hiệu quả đánh

giá tác động của thay đổi sử dụng đất đối với sự hình thành dòng chảy được đặt ra. Gần đây nhiều nghiên cứu phân tích dựa vào kịch bản, điều kiện sử dụng đất hiện tại, quá khứ, hay kịch bản cực đoan được nhận như đầu vào đối với mô hình thủy văn để xác định phản ứng thủy văn của lưu vực. Thay đổi sử dụng đất trong vùng theo 9 kịch bản giả thiết được phân tích và đánh giá thông qua mô hình thông số phân bố SWAT có thể cung cấp những thông tin hữu ích cho người ra quyết định trong các chính sách sử dụng đất, đồng thời dự đoán cường độ của phản ứng thủy văn. Mục tiêu của nghiên cứu này khảo sát tác động của thay đổi thảm thực vật theo các kịch bản đối với dòng chảy ở lưu vực sông Bến Hải - Quảng Trị, đi sâu đánh giá biến đổi dòng chảy theo mùa.

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-38584943  
E-mail: sonnt@vnu.edu.vn

## 2. Mô hình SWAT

SWAT là mô hình thủy văn phân bố, được phát triển từ những năm 90 của thế kỷ trước. Mô hình được xây dựng để đánh giá tác động của sử dụng đất và hoá chất trong nông nghiệp trên lưu vực sông. Các mô hình thủy văn thông số tập trung tính toán với các điều kiện thủy văn trung bình theo không gian, trong khi các mô hình thủy văn thông số phân bố thể hiện chi tiết hơn hệ thống thủy văn thông qua việc xem xét sự biến đổi các thông số và dữ liệu đầu vào theo không gian. Các mô hình thông số phân bố như SWAT nói chung chia lưu vực thành các lưu vực nhỏ và yêu cầu thông tin về thời tiết, thuộc tính của đất, tài liệu địa hình, thảm phủ, và sử dụng đất trên lưu vực. Chu trình thủy văn được mô tả trong mô hình SWAT dựa trên phương trình cân bằng nước [1]:

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day}^i - Q_{surf}^i - E_a^i - w_{seep}^i - Q_{gw}^i) \quad (1)$$

trong đó:  $SW_t$  là tổng lượng nước tại cuối thời đoạn tính toán (mm);  $SW_o$  là tổng lượng nước ban đầu tại ngày thứ  $i$  (mm);  $t$  là thời gian (ngày);  $R_{day}$  là tổng lượng mưa tại ngày thứ  $i$  (mm);  $Q_{surf}$  là tổng lượng nước mặt của ngày thứ  $i$  (mm);  $E_a$  là lượng bốc thoát hơi tại ngày thứ  $i$  (mm);  $w_{seep}$  là lượng nước đi vào tầng ngầm ngày thứ  $i$  (mm);  $Q_{gw}$  là lượng nước hồi quy tại ngày thứ  $i$  (mm).

Mô hình thực hiện tính toán các thành phần thủy văn như dòng mặt, thành phần nước trong đất, dòng ngầm... Khi mưa rơi, tán lá có tác dụng làm giảm khả năng xói và giữ lại một lượng nước trên tán lá. Ảnh hưởng của tán lá đến những quá trình này là một hàm của mật độ cây và hình thái của các loại cây được xác định bằng chỉ số che phủ của lá. Nước khi đi vào trong đất sẽ di chuyển theo các cách khác nhau: bị thực vật hấp thụ hoặc bay hơi; thấm sâu xuống tầng đáy và bổ sung nước cho tầng này,

hoặc có thể chuyển động như dòng chảy bộ phận và đóng góp vào thành phần dòng chảy.

Bốc thoát hơi là cơ chế cơ bản của tổn thất nước dòng chảy mặt và thành phần nước trong đất. Phương pháp Penman-Monteith được sử dụng tính lượng bốc thoát hơi tiềm năng. Dòng chảy mặt tính bằng phương pháp SCS, chi tiết các phương pháp này được trình bày trong Neitsch và cộng sự [1].

## 3. Xây dựng kịch bản

### 3.1. Kịch bản cơ sở

Kịch bản cơ sở phản ánh điều kiện hiện tại, theo bản đồ sử dụng đất năm 2000, được tính toán trước khi tiến hành các kịch bản thay đổi thảm thực vật, cung cấp cơ sở cho việc so sánh tác động của các kịch bản. Giai đoạn 28 năm từ 1979 đến 2006 sử dụng cho hiệu chỉnh và kiểm định được dùng làm thời đoạn tính toán cho kịch bản cơ sở trong nghiên cứu này.

### 3.2. Kịch bản độc lập

Dựa vào phương hướng phát triển kinh tế, đất nông nghiệp tăng chủ yếu do khai thác quỹ đất chưa sử dụng đưa vào sản xuất cây hàng năm và cây lâu năm, trồng và khoanh nuôi phục hồi rừng, phân bố sử dụng đất theo không gian và tỉ lệ thay đổi diện tích như các hình 1 và 2.

Phân bố loại cây trồng theo không gian trong kịch bản này dựa trên đặc tính của đất, địa hình và loại hình sử dụng đất như sau:

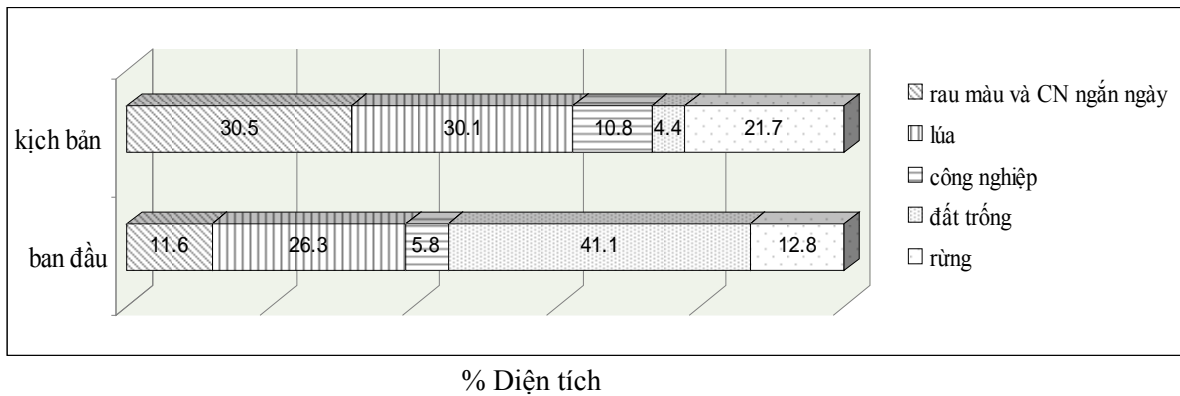
- ◆ Nhóm đất phù sa địa hình bằng và thấp: thích hợp trồng lúa hoặc luân canh cây trồng ngắn ngày.
- ◆ Đất clay sử dụng trồng lúa nước.
- ◆ Đất xám feralit ở địa hình có các cấp độ khác nhau. Đất có độ dốc thấp thích hợp trồng cây lương thực ngắn ngày. Đất có độ dốc trung

binh thích hợp với cây công nghiệp lâu năm và cây ăn quả. Đối với đất có độ dốc cao chủ yếu cho cây rừng hoặc nông lâm kết hợp.

◆ Nhóm đất đỏ ưu thế trồng cây lâu năm, đặc biệt là đất đỏ bazan cần ưu tiên trồng các loại cây công nghiệp dài ngày.



Hình 1. Phân bố sử dụng đất theo không gian kích bản độc lập.



Hình 2. Thay đổi tỉ lệ diện tích sử dụng đất của kịch bản độc lập so với sử dụng đất năm 2000.

3.3. Nhóm kịch bản

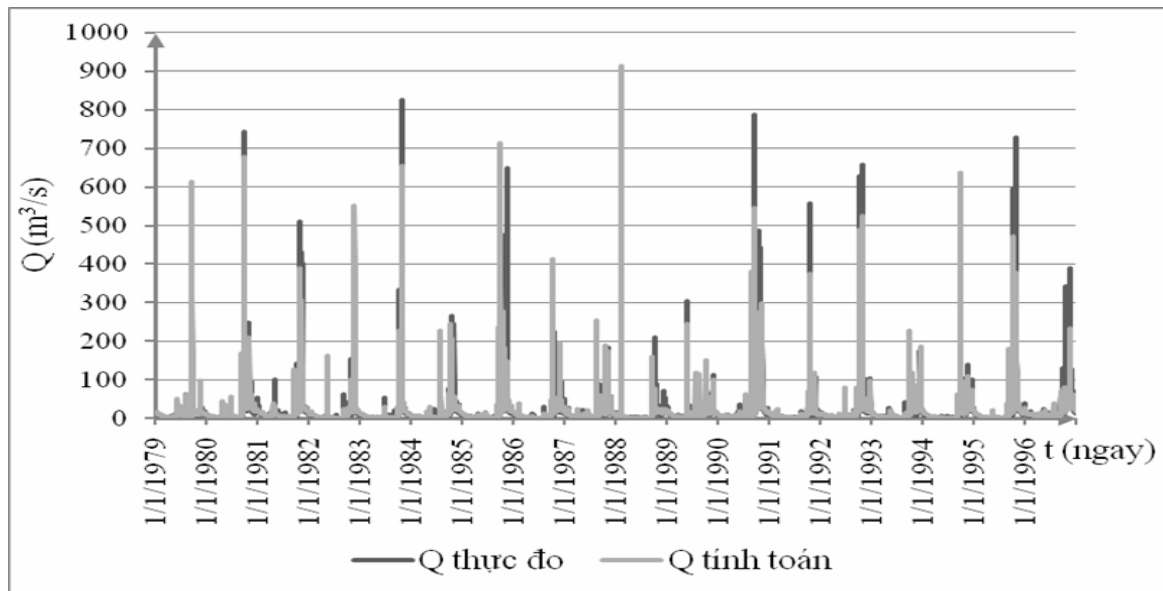
Trong nhóm kịch bản này, nghiên cứu giả thiết vùng đất chưa đưa vào sử dụng chiếm 41.1% được trồng thử nghiệm với 6 loại cây khác nhau bao gồm cây ăn quả, khoai lang, thuốc lá, mía, đậu, và thông. Kết hợp với 2 kịch

bản đưa ra 2 trường hợp: một cực đoan – toàn bộ vùng đất bị hoang hóa và một tối ưu – phần diện tích không sử dụng được phủ kín bằng rừng tự nhiên giàu.

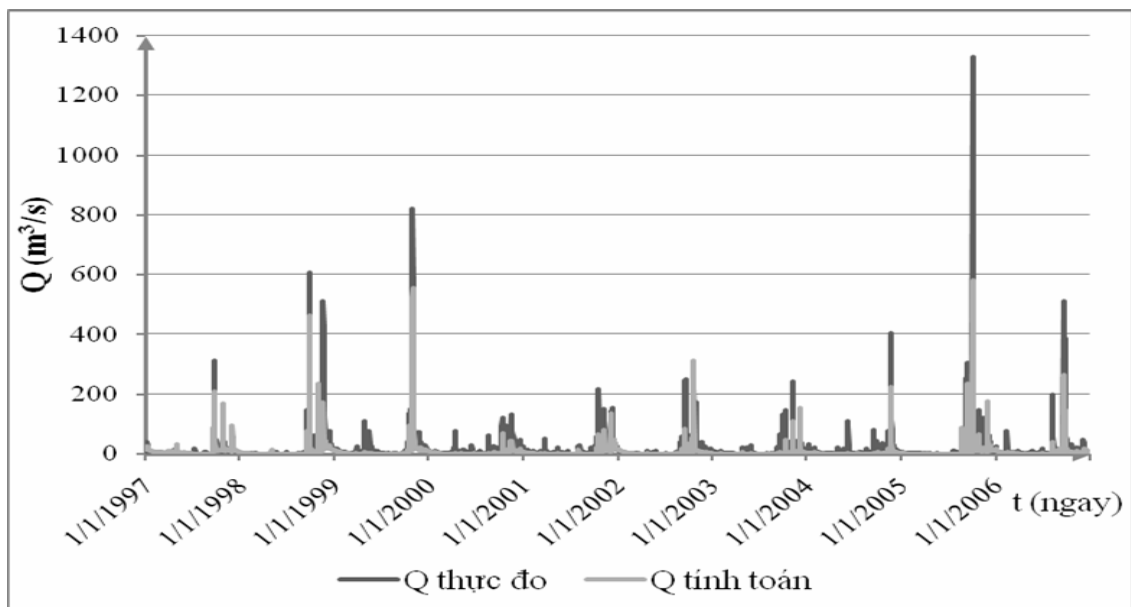
#### 4. Kết quả và thảo luận

So sánh dòng chảy ngày giữa tính toán và thực đo giai đoạn hiệu chỉnh (hình 3) thấy rằng SWAT đã mô phỏng được khá chính xác quá

trình lũ trong giai đoạn từ năm 1979 đến năm 2006, mặc dù xuất hiện một số đỉnh chưa phù hợp với đường quá trình và với dòng chảy nhỏ có giá trị vượt quá thực đo.



Hình 3. Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán tại trạm Gia Vòng giai đoạn hiệu chỉnh.



Hình 4. Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán tại trạm Gia Vòng giai đoạn kiểm định.

Trong giai đoạn kiểm định (hình 4), giá trị dòng chảy tính toán gần với giá trị thực đo hơn so với giai đoạn hiệu chỉnh. Mặc dù giá trị đỉnh lũ ngày theo tính toán vẫn nhỏ hơn so với giá trị thực đo, và xuất hiện một sai số lớn giá trị lưu lượng ngày 7/10/2005, nhưng mức độ mô phỏng nói chung chính xác hơn.

#### 4.1. Kích bản độc lập

Kết quả trên có thể khẳng định rằng mô hình SWAT có khả năng phản ánh điều kiện thủy văn thực tế trên lưu vực. Tác động của thay đổi thảm phủ đối với dòng chảy lưu vực dựa vào kết quả so sánh giữa tính toán kích bản cơ sở với kích bản độc lập.

Bảng 1. Thay đổi giá trị lưu lượng theo mùa của kích bản độc lập so với kích bản cơ sở

Thay đổi dòng chảy năm (%)	Thay đổi dòng chảy tháng (%)				
	I- III	IV - VI	VII	VIII - X	XI-XII
-2.3%	+16.9	-7.5	+17.4	-8.2	+7.4

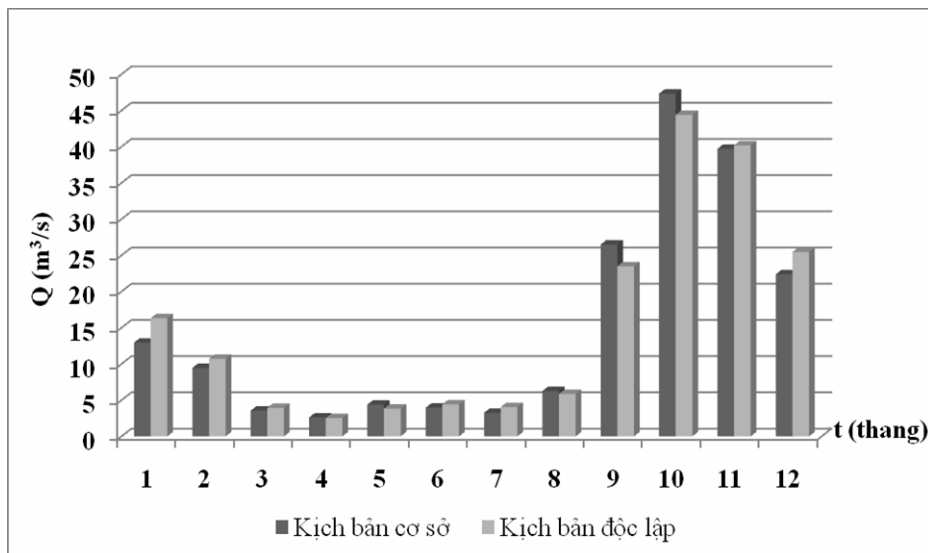
Kết quả tính cho thấy lưu lượng trung bình năm giảm 2.3%. Tuy giá trị lưu lượng năm chỉ dao động có hơn 2%, nhưng giá trị theo mùa lại biến đổi khá lớn (bảng 1) và khoảng dao động theo các tháng tương đối rộng (bảng 2), kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu khác [2]

Bảng 2. Khoảng dao động của biến đổi lưu lượng tháng kích bản độc lập so với kích bản cơ sở

Giá trị dòng chảy tăng		Giá trị dòng chảy giảm	
Lớn nhất (Tháng I)	Nhỏ nhất (Tháng XI)	Lớn nhất (Tháng V)	Nhỏ nhất (Tháng IV)
26.2%	1%	11.8%	3.2%

Biến đổi lớp phủ theo kích bản này làm tăng lưu lượng mùa kiệt và giảm mạnh lưu lượng mùa lũ. Sự giảm dòng chảy do thay đổi thảm phủ diễn ra mạnh nhất vào tháng V và tháng IX, mức độ giảm nhẹ hơn ở các tháng IV, VIII và X. Dòng chảy từ tháng XII đến tháng II tăng khá mạnh (hình 5).

Thay đổi diễn biến dòng chảy như thế này do khi thay đổi diện tích đất trồng thành đất trồng cây hàng năm và lâu năm, rõ ràng cây trồng hút ẩm từ đất nhiều hơn, hơn nữa lượng bốc thoát hơi cũng tăng lên gây xu hướng giảm dòng chảy năm.



Hình 5. Diễn biến lưu lượng theo mùa tương ứng với kích bản độc lập so với kích bản cơ sở.

Từ kết quả đánh giá cho thấy sự thay đổi sử dụng đất dẫn đến thay đổi các thành phần trong cân bằng nước. Dựa trên cơ sở đó cùng với đặc điểm về địa hình, thổ nhưỡng, có thể thiết lập phương án quy hoạch sử dụng đất vừa đạt được hiệu quả sử dụng đất tối ưu vừa có thể góp phần điều tiết dòng chảy cho lưu vực.

4.2. Nhóm kịch bản

Đối với kịch bản cực đoan, toàn bộ đất đai trong lưu vực bị hoang mạc hóa khiến dòng chảy năm có xu hướng tăng lên rất mạnh 13.7% (bảng 3). Xu hướng tăng này có thể do sự giảm mạnh lượng bốc thoát hơi từ bề mặt, sinh dòng chảy mặt lớn, lượng nước được chứa trong tầng nước ngầm giảm. Sự thay đổi này dẫn đến tổng lượng nước tăng và dòng chảy lưu vực lớn hơn.

Bảng 3. Thay đổi lưu lượng ứng với sử dụng đất theo kịch bản cực đoan so với kịch bản cơ sở

Thay đổi dòng chảy năm (%)	Thay đổi dòng chảy tháng (%)				
	I-III	IV-VI	VII	VIII-X	XI-XII
+ 13.7%	+ 9.68	+ 8.11	+ 5.73	+ 6.65	+ 3.85

Trong kịch bản tối ưu diện tích rừng chiếm hơn 50% diện tích toàn lưu vực. Diện tích rừng tăng mạnh dẫn đến dòng chảy năm giảm 7.3% (bảng 4). Xu hướng giảm này do lượng bốc thoát hơi từ diện tích rừng nhiều hơn so với đất

trồng cỏ và cây bụi, hơn nữa độ sâu rễ của cây rừng có khả năng hút ẩm từ đất nhanh hơn, diện tích lá thoát hơi lớn hơn.

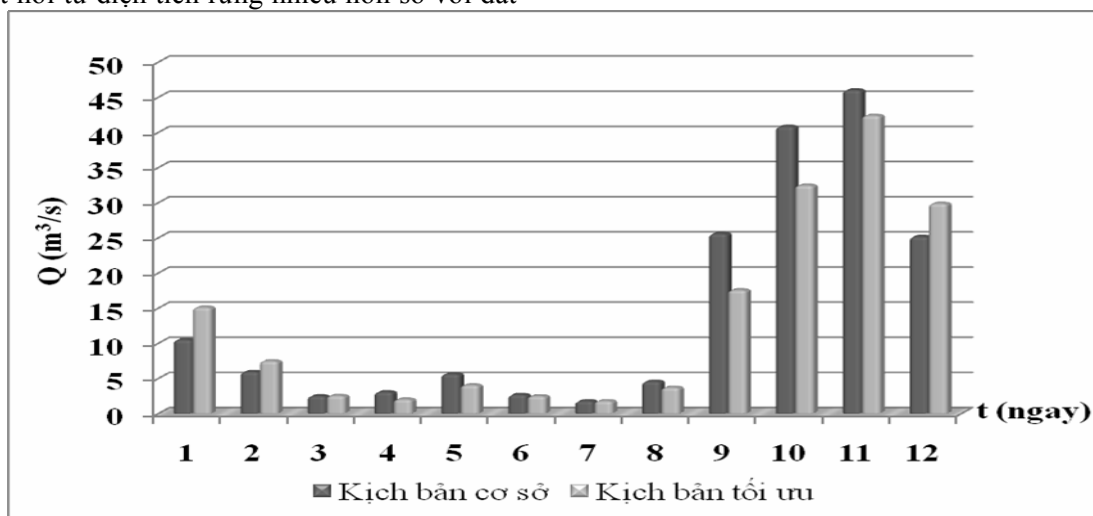
Bảng 4. Thay đổi dòng chảy theo mùa ứng với sử dụng đất theo kịch bản tối ưu so với kịch bản cơ sở

Thay đổi dòng chảy năm (%)	Thay đổi dòng chảy theo tháng (%)				
	I-III	IV-VI	VII	VIII-XI	XII
-7.3%	+ 23.9	-23.1	+ 0.5	-19.6	+18.7

Theo số liệu trong bảng 4 cho thấy kịch bản này tác động mạnh đến dòng chảy theo mùa. Giảm mạnh vào giai đoạn tháng VIII-XI: giai đoạn này mưa phong phú và nhiệt độ đủ cao gây bốc thoát hơi tương đối. Dòng chảy giảm về căn bản, gây ra giảm mạnh tổng lượng nước và dòng chảy trong sông. Giảm lưu lượng ra của lưu vực cũng xảy ra trong các tháng trước mùa lũ. Trong 3 tháng (IX - XI), tỉ lệ giảm dòng chảy giảm dần (bảng 5) do mưa trung bình tháng XI giảm so với 2 tháng trước đó và nhiệt độ thấp hơn, làm giảm lượng bốc thoát hơi.

Bảng 5. Tỉ lệ giảm lưu lượng trong tháng mùa lũ theo kịch bản tối ưu so với kịch bản cơ sở (%)

VIII	IX	X	XI
-18.8167	-31.3515	-20.513	-7.86688



Hình 6. Thay đổi lưu lượng tháng kịch bản tối ưu so với kịch bản cơ sở.

Tăng dòng chảy ra khỏi lưu vực trong tháng XII và thời đoạn từ tháng I đến tháng III (hình 6) là do đóng góp của nước ngầm. Lượng nước ngầm tăng làm tăng dòng chảy nhập lưu, đồng thời dòng chảy mặt đổ vào sông giảm so với tính toán kịch bản cơ sở. Sự thay đổi này là do nước mặt di chuyển vào trong đất sau khi bốc thoát hơi.

Kết quả đánh giá kịch bản này chứng minh khả năng điều tiết dòng chảy theo mùa của rừng, điều này là cần thiết đối với quy hoạch trong thời gian dài của sử dụng đất không chỉ để bảo vệ nguồn nước mà còn quản lý hiệu quả lũ cũng như hạn hán.

Tính toán với 6 loại cây trồng lại cho thấy dòng chảy năm hầu như thay đổi rất ít, chỉ dao động từ 2 cho đến 3%. Trong đó trồng rừng thông có khả năng điều tiết dòng chảy tốt nhất, sinh dòng chảy mặt nhỏ và lượng nước ngầm lớn

## 5. Kết luận

Nghiên cứu này sử dụng mô hình SWAT để đánh giá tác động tiềm năng của thay đổi sử

dụng đất đối với sự hình thành dòng chảy dưới số liệu mưa thực tế. Kết quả từ nghiên cứu này có thể được tổng hợp thành ba điểm. Thứ nhất, sự thay đổi sử dụng đất tác động không đáng kể đến dòng chảy năm, nhưng có khả năng điều tiết dòng chảy theo mùa mạnh. Thứ hai, việc lựa chọn loại cây trồng cũng có tác động đáng kể đến phân phối dòng chảy mùa. Thông là loại cây có khả năng điều tiết dòng chảy khá mạnh, giảm sự hình thành dòng chảy mặt và tăng khả năng giữ nước của đất. Thứ ba, dựa vào các đặc điểm của lưu vực các nhà chính sách có thể xây dựng được phương án để đạt được hiệu quả sử dụng đất tối đa đảm bảo phát triển bền vững.

## Tài liệu tham khảo

- [1] S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams, *Soil and water assessment tool theoretical documentation*, USDA-ARS Publications, 2001
- [2] Hua Guo a, QiHu b, \*, Tong Jiang, Annual and seasonal streamflow responses to climate and land-cover changes in the Poyang Lake basin, *Journal of Hydrology*, China, 355 (2008) 106.

# Applying SWAT model to analyse the impact of land use scenarios on streamflows in Ben Hai river basin

Nguyen Y Nhu, Nguyen Thanh Son

*Faculty of Hydro-Meteorology & Oceanography, College of Science, VNU  
334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

This study assesses the impact of land use, land cover change on streamflow using the distributed parameter model SWAT, and further investigates the impacts of the seasonal stream flow. Ben Hai was selected as a research area because of the sensitivity of stream flow in the river basin, diverse topography structure, and be more influenced of the extreme weather phenomenon.

Calibration and validation with the time-series 28-year in studied area indicated the good agreement between the measured hydrograph and the simulated value at Gia Vong station. Nash is 72% and 75% for calibration and validation period, respectively. The stream flow responses to land use change scenarios reveal the sensitivity of Ben Hai river basin, influences of specific kind of land use and support in policy making and land use planning, in turn, ensure the sustainable development target.