

Ứng dụng GIS và mô hình SWAT đánh giá ảnh hưởng thay đổi sử dụng đất đến lưu lượng dòng chảy lưu vực sông Vu Gia

Nguyễn Thị Hồng^{1,*}, Nguyễn Duy Liêm², Nguyễn Thị Bích³, Lê Duy Bảo Hiếu²,
Lê Hoàng Tú², Nguyễn Kim Lợi²

¹Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh

³Trường Đại học Lâm Nghiệp

Nhận ngày 16 tháng 6 năm 2014

Chỉnh sửa ngày 14 tháng 8 năm 2014; Chấp nhận đăng ngày 27 tháng 8 năm 2014

Tóm tắt: Một trong những nguyên nhân chính gây nên hiện tượng biến đổi dòng chảy, ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông là do tác động của con người thông qua hoạt động sử dụng đất. Nghiên cứu này ứng dụng GIS, mô hình SWAT đánh giá tác động của thay đổi sử dụng đất năm 2005 và năm 2010 đến lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Vu Gia. Sự gia tăng về lớp phủ thảm thực vật đã làm lưu lượng dòng chảy trong giai đoạn này giảm 5,7%, dòng chảy ngầm (GW_Q) tăng 30,69%, lượng nước trong kênh (WYLD) tăng 26,48%, các thành phần dòng chảy trễ (LAT_Q) và lượng nước trong đất (SW) tăng khoảng 24%, thành phần dòng chảy mặt (SUR_Q) giảm 9,39%. Kết quả nghiên cứu đã chứng minh việc tích hợp GIS và mô hình SWAT trong đánh giá tác động của thay đổi sử dụng đất đến lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Vu Gia, tỉnh Quảng Nam là phù hợp. Nhờ đó, có thể hỗ trợ hữu hiệu cho công tác quản lý, quy hoạch sử dụng đất trên phạm vi lưu vực sông vừa đảm bảo nhu cầu phát triển kinh tế-xã hội, vừa cân bằng yêu cầu bảo vệ nguồn tài nguyên thiên nhiên (đất, nước, rừng).

Từ khóa: GIS, SWAT, thay đổi sử dụng đất, lưu vực sông Vu Gia

1. Mở đầu

Trên thế giới, việc nghiên cứu về tác động của sự thay đổi sử dụng đất đến chu trình thủy văn của lưu vực đã trở thành chủ đề được quan tâm trong những năm qua. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm định lượng tác động của nạn phá rừng [1], chuyển đổi diện tích rừng sang đất nông nghiệp [2], xây dựng đường giao

thông trong rừng [3, 4], và quá trình đô thị hóa của vùng hạ lưu [5] đến dòng chảy lưu vực. Đối với lưu vực vùng nhiệt đới, Costa et al. (2003) phát hiện ra rằng nếu tỉ lệ phá rừng chiếm khoảng 30% diện tích lưu vực sẽ làm gia tăng lưu lượng trung bình năm khoảng 24% [6]. Đối với điều kiện tự nhiên ở Việt Nam, một số nghiên cứu với các chỉ tiêu được hiệu chỉnh cho phù hợp nhằm đánh giá tác động của thay đổi sử dụng đất, thảm phủ đối với dòng chảy [7-9].

* Tác giả liên hệ. ĐT 84-(0)4-38585097
email: nthong@vnu.edu.vn

Lưu vực sông Vu Gia thuộc địa phận các huyện Đông Giang, Tây Giang, Nam Giang, Đại Lộc, Phước Sơn tỉnh Quảng Nam. Đây được xem là lưu vực có vai trò rất quan trọng đối với sự phát triển kinh tế của tỉnh Quảng Nam. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, sự thay đổi dòng chảy cũng như gia tăng lượng xói mòn đất, bồi lắng trong lòng sông trên lưu vực diễn biến ngày càng phức tạp, đe dọa đến dân sinh và môi trường. Chính vì vậy, vấn đề cấp bách cần đặt ra là cần thiết phải tiến hành những nghiên cứu đánh giá một cách định lượng, chi tiết và cụ thể mức độ ảnh hưởng của hoạt động khai thác, sử dụng tài nguyên đất đai trên lưu vực ở thời điểm hiện tại cũng như định hướng quy hoạch trong tương lai đến tài nguyên đất và nước trên lưu vực sông Vu Gia. Nhờ đó, tạo cơ sở khoa học quan trọng hỗ trợ cho công tác quy hoạch sử dụng đất trên lưu vực hướng đến sự phát triển bền vững. Nghiên cứu này sử dụng công cụ Đánh giá Đất và Nước (Soil and Water Assessment Tool - SWAT) tích hợp với công nghệ GIS qua đó tìm hiểu bản chất, quy luật của các quá trình thủy văn diễn ra trên lưu vực.

Mô hình SWAT có nhiều ưu điểm so với các mô hình tiền thân – nó cho phép mô hình hóa các lưu vực không có mạng lưới quan trắc, mô phỏng tác động của thay đổi dữ liệu đầu vào như sử dụng đất, thực hành quản lý đất đai và khí hậu [10]. Giao diện tích hợp trong GIS tạo thuận tiện cho việc định nghĩa lưu vực, cũng như thao tác, xử lý các dữ liệu không gian và dữ liệu dạng bảng liên quan [11]. Trong trường hợp dữ liệu đầu vào hạn chế, SWAT vẫn có thể mô phỏng được. Ngoài ra, với khả năng tính toán hiệu quả, SWAT có thể mô phỏng các lưu vực rộng lớn với nhiều dạng thực hành quản lý đất đai mà không tốn nhiều thời gian và tài nguyên máy tính. Cuối cùng, SWAT là mô hình theo thời gian liên tục nên có thêm ô phỏng tác động lâu dài của sử dụng đất, thực hành quản lý đất đai và sự tích tụ của các chất ô nhiễm [10]. SWAT cho phép mô hình hóa nhiều quá trình vật lý trên cùng một lưu vực. Một lưu vực được

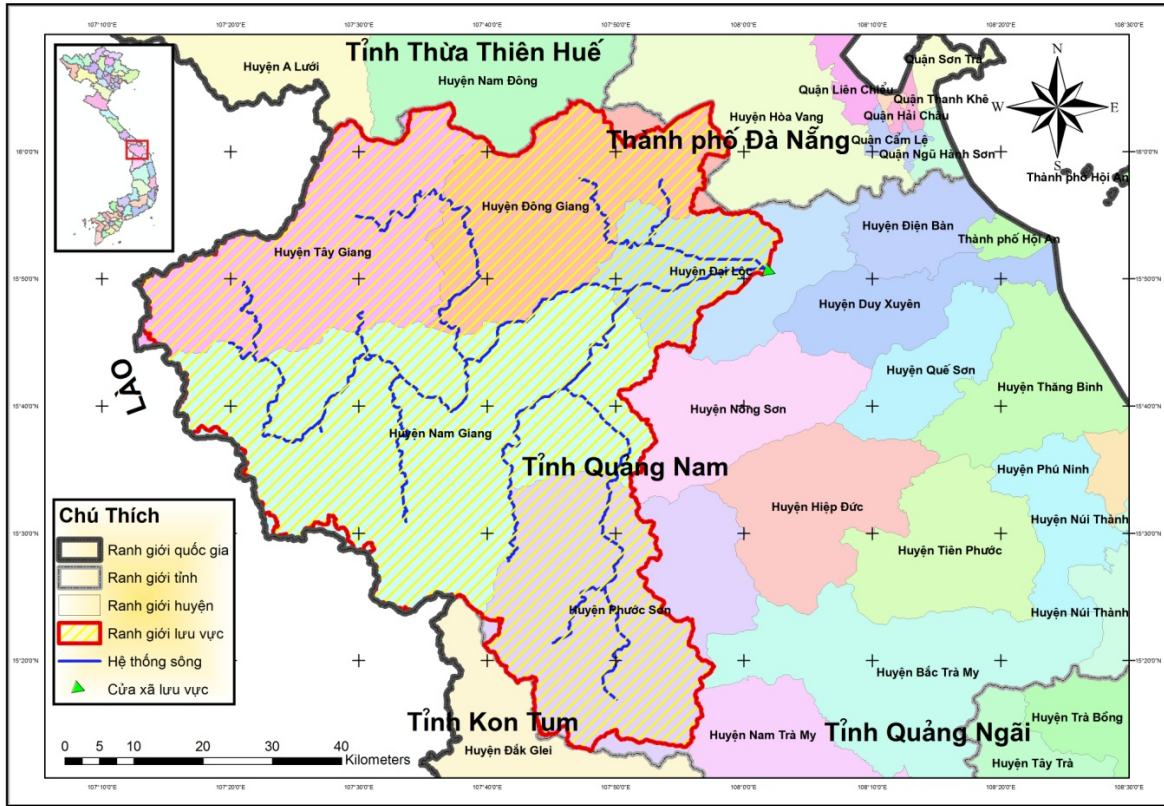
phân chia thành các tiểu lưu vực liên kết với nhau bởi một mạng lưới sông suối. Mỗi tiểu lưu vực sau đó được chia thành các đơn vị thủy văn (Hydrologic Response Unit - HRU) dựa trên những đặc trưng đồng nhất về sử dụng đất, thổ nhưỡng, độ dốc và thực hành quản lý đất đai.

2. Sơ lược về vùng nghiên cứu

Lưu vực sông Vu Gia nằm về phía Bắc sông Thu Bồn, bắt nguồn từ vùng núi phía Tây tỉnh Quảng Nam và phía Bắc tỉnh Kon Tum. Là con sông lớn của hai tỉnh Quảng Nam và Đà Nẵng [12], diện tích lưu vực tính đến xã Đại Hòa, huyện Đại Lộc vào khoảng 4661,28 km², chiều dài 163 km với lưu lượng dòng chảy 400 m³/s thuộc địa phận các huyện Đông Giang, Tây Giang, Nam Giang, Phước Sơn, Đại Lộc tỉnh Quảng Nam.

Địa hình của khu vực phân hóa khá rõ nét, bị chia cắt mạnh bởi các sông: Vu Gia, Thu Bồn, Tam Kỳ... có hướng nghiêng địa hình từ tây sang đông, vùng thượng nguồn có nhiều dãy núi cao. Địa hình lưu vực gồm có vùng trung du, vùng đồng bằng, vùng ven biển. Lưu vực sông nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới có hai mùa: mùa mưa và mùa khô chịu ảnh hưởng của không khí lạnh từ vùng núi Bạch Mã. Độ ẩm trung bình 84%.

Mưa có sự phân hóa rõ rệt theo từng khu vực và theo mùa. Tổng lượng mưa hàng năm thay đổi từ 2.000 mm ở đồng bằng đến 4.000 mm ở vùng núi. Mùa mưa thường kéo dài bốn tháng, từ tháng 9 đến hết tháng 12. Lượng mưa trong mùa mưa chiếm 65-80% tổng lượng mưa hàng năm, 40-50% lượng mưa hàng năm rơi vào tháng 10 và 11. Trong khi đó, mùa khô kéo dài từ tháng 1 đến tháng 8 với lượng mưa chỉ chiếm có 3-5% tổng lượng mưa cả năm (tập trung từ tháng 2 đến tháng 4). Tháng 5 và 6 là thời gian mưa lớn thứ hai trong năm, xuất hiện ở phần Tây Bắc lưu vực nên gây ra lũ Tiểu Mãn ở lưu vực sông Bung.



Hình 1. Ranh giới lưu vực sông Vu Gia

2. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Phương pháp GIS

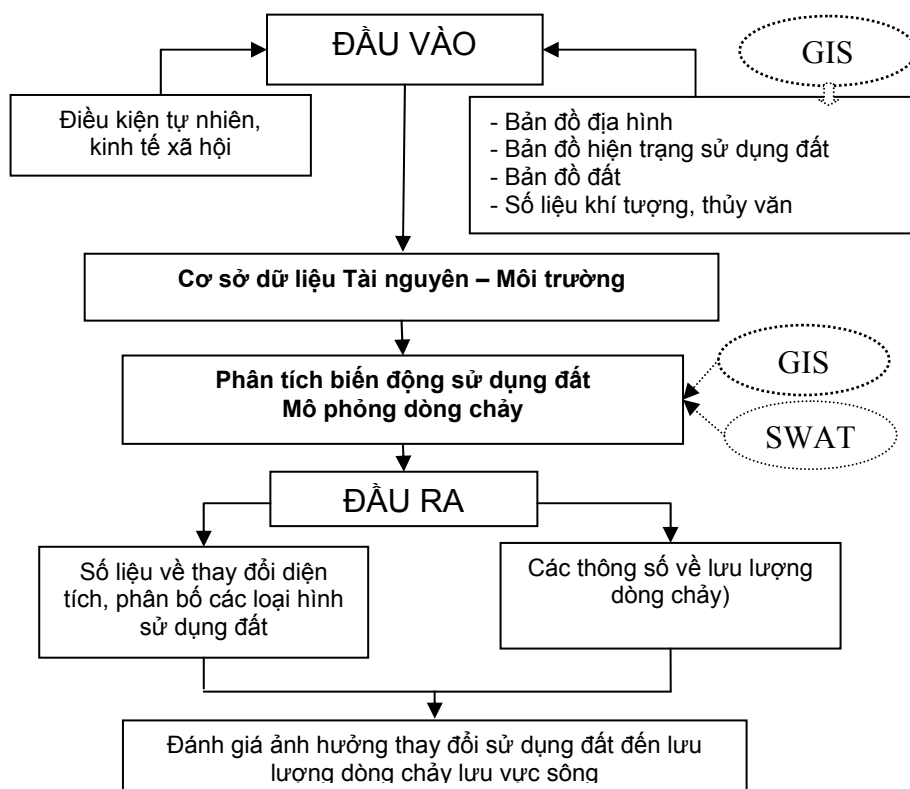
GIS nâng cao khả năng tính toán về các đặc tính lưu vực, tạo điều kiện cho việc phân định lưu vực bằng cách sử dụng các "Mô hình số độ cao"-DEM. Nó cung cấp một phương pháp nhất quán để phân tích lưu vực sử dụng DEMs và các bộ dữ liệu chuẩn như lớp phủ bề mặt, tính chất đất, vị trí trạm đo, và các biến số của thời tiết.

Nghiên cứu này ứng dụng GIS để đánh giá sự thay đổi sử dụng đất ở hai thời điểm (2005 và 2010), sau đó sử dụng mô hình SWAT chạy hai kịch bản ứng với hai thời điểm sử dụng đất khác nhau (hình 2).

3.2. Phương pháp xác định sự thay đổi các kiểu sử dụng đất

Ứng dụng GIS để xác định khả năng thay đổi các kiểu sử dụng đất dựa trên sự tiến triển các kiểu sử dụng đất và các nhân tố ảnh hưởng đến sự thay đổi.

Bản đồ sử dụng đất năm 2005 và 2010 của lưu vực sông Vu Gia với 14 loại hình sử dụng đất, được phân loại lại thành 9 loại sử dụng đất theo bảng mã sử dụng đất trong SWAT. Bảng mã này quy định mã số của các loại cây trồng, các loại hình che phủ chung, đất đô thị cùng với thuộc tính của chúng, làm cơ sở cho quá trình mô phỏng sự phát triển cây trồng, mô phỏng khu vực đô thị.



Hình 2. Sơ đồ nội dung phương pháp nghiên cứu

3.3. Mô hình SWAT

Nghiên cứu này sẽ tập trung sử dụng dữ liệu đã xử lý khi đưa vào mô hình SWAT trên hai kịch bản sử dụng đất của lưu vực sông Vu Gia năm 2005 và năm 2010 (hình 3). Dựa trên hai kịch bản này so sánh sự khác nhau về sử dụng đất, dữ liệu về thời tiết và thủy văn, kết hợp với lý thuyết về chuỗi Markov để đánh giá tác động của thay đổi sử dụng đất đến lưu lượng dòng chảy. Mô hình SWAT tổng hợp dòng chảy, bồi lắng và tải lượng dưỡng chất từ mỗi tiểu lưu vực, HRU và sau đó dẫn kết quả này vào các kênh dẫn, ao, hồ chứa đến cửa xả lưu vực [13]. SWAT mô hình hóa chu trình thủy văn dựa trên phương trình cân bằng nước sau [14]:

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

Trong đó,

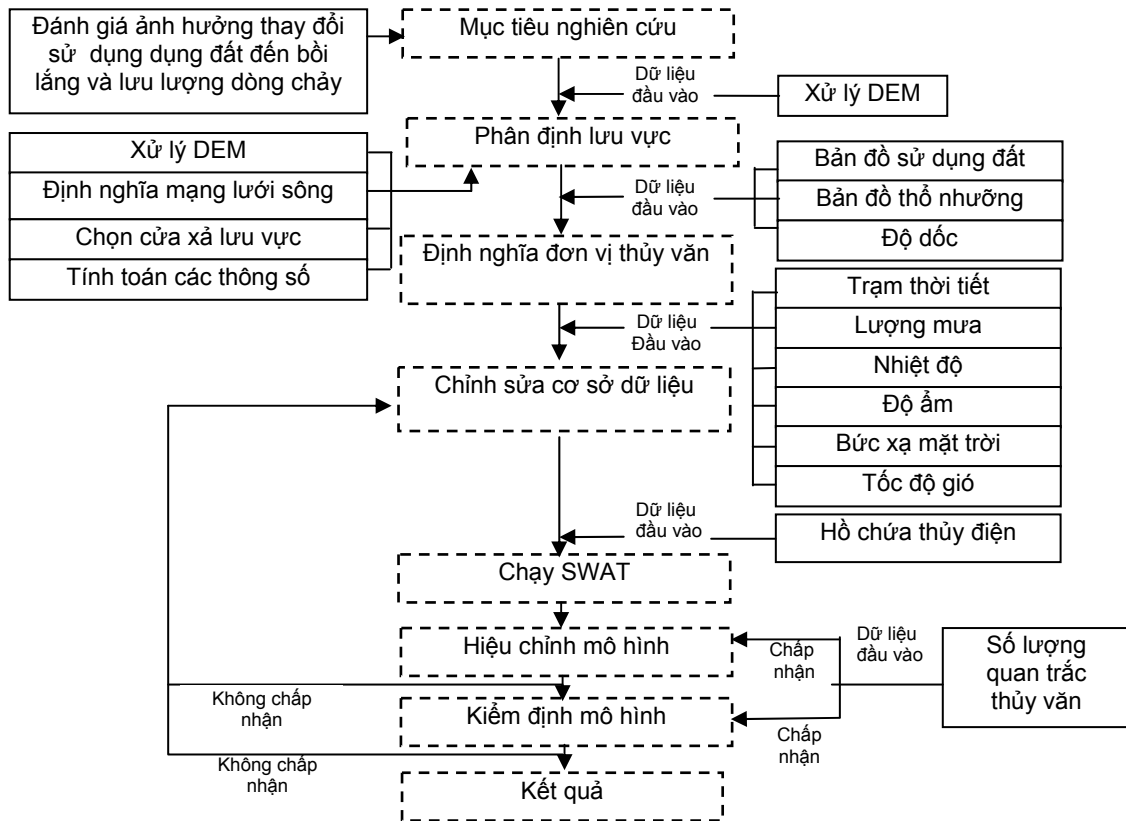
- SW_t : lượng nước trong đất tại thời điểm t (mm H₂O)
- SW_o : lượng nước trong đất tại thời điểm ban đầu trong ngày thứ i (mm H₂O)
- t: thời gian (ngày)
- R_{day} : lượng nước mưa trong ngày thứ i (mm H₂O)
- Q_{surf} : lượng dòng chảy bề mặt trong ngày thứ i (mm H₂O)
- E_a : lượng nước bốc hơi trong ngày thứ i (mm H₂O)
- W_{seep} : lượng nước thấm vào vùng chứa bão hòa trong ngày thứ i (mm H₂O)
- Q_{gw} : lượng nước ngầm (mm) chảy ra sông trong ngày thứ i

SWAT yêu cầu nhiều lớp dữ liệu đầu vào theo không gian và thời gian. Để hỗ trợ quá trình xử lý, phân tích những dữ liệu này, SWAT sử dụng những công cụ của GIS. Vì vậy, để tạo thuận lợi cho việc sử dụng các mô hình, hiện nay SWAT được tích hợp vào hai phần mềm GIS dưới dạng phần mở rộng miễn phí là

ArcSWAT cho ArcGIS và MWSWAT cho MapWindow.

3.4. Biên tập và xử lý số liệu đầu vào

Các dữ liệu sau khi thu thập sẽ được xử lý theo định dạng chuẩn của mô hình SWAT, chi tiết về dữ liệu thu thập được mô tả ở bảng 1.



Hình 3. Sơ đồ phương pháp luận của mô hình SWAT

Bảng 1. Nguồn dữ liệu thu thập

Loại dữ liệu	Sau khi xử lý	Nguồn dữ liệu
Bản đồ địa hình (*.dgn) (khoảng cao đều: 20m)	Dữ liệu được chuyển thành DEM, định dạng shap file (*.shp)	Sở Tài nguyên & Môi trường tỉnh Quảng Nam
Bản đồ hiện trạng SĐĐ (2005-2010), 14 loại hình SĐĐ	Phân chia thành 9 loại hình SĐĐ theo bảng mã SWAT	Sở Tài nguyên & Môi trường tỉnh Quảng Nam
Bản đồ đất (năm 2010)	Phân chia thành 4 nhóm đất	Sở Tài nguyên & Môi trường tỉnh Quảng Nam
Số liệu khí tượng (giai đoạn 1990-2010)	Lượng mưa, nhiệt độ không khí lớn nhất, nhỏ nhất, độ ẩm tương đối	Đài Khí tượng Thủy văn Trung Trung Bộ, Climate Forecast System Reanalysis

- Mô hình độ cao DEM

Dữ liệu DEM của lưu vực sông Vu Gia được đăng ký hệ tọa độ UTM WGS 84 múi 48 tương ứng với vị trí của lưu vực sông Vu Gia (hình 4). Sau đó được đưa vào dữ liệu SWAT, dựa trên DEM mô hình sẽ xác định hướng dòng chảy, mô phỏng mạng lưới dòng chảy, tạo cửa xả.

- Thổ nhưỡng

Dữ liệu thổ nhưỡng liên quan đến dữ liệu đầu vào khi chạy mô hình SWAT, do có sự khác nhau giữa hệ thống phân loại thổ nhưỡng giữa Mỹ và Việt Nam, mỗi mã sử dụng đất trong quá trình chuyển đổi dữ liệu sẽ được mã hóa theo quy định của SWAT. Sự chuyển đổi này căn cứ vào tên loại đất, tính chất đất (bảng 2, hình 5).

Bảng 2. Thống kê diện tích các loại đất lưu vực sông Vu Gia

TT	Tên đất Việt Nam	Tên đất theo FAO	Tỷ lệ (%)	Diện tích (ha)
1	Đất phù sa	Dystric Fluvisols	1,13	5.244,27
2	Đất xám feralit	Ferralic Acrisols	77,77	360.829,19
3	Đất mùn vàng đỏ trên núi cao	Humic Acrisols	18,11	84.045,60
4	Đất xám có tầng loang lổ	Plinthic Acrisols	2,31	10.728,30
5	Mặt nước	Water	0,67	3.102,07
Tổng			100,00	463.959,35

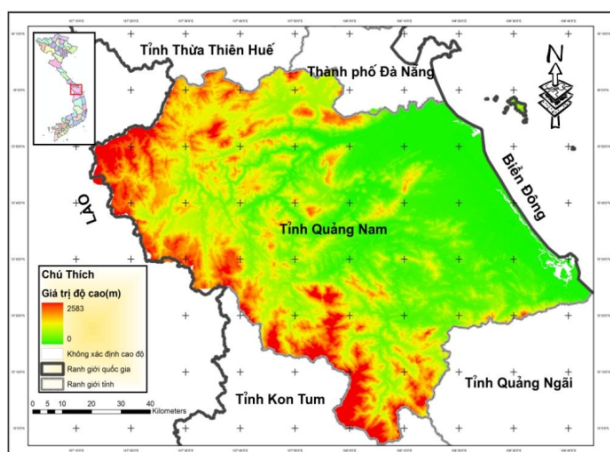
- Sử dụng đất

Dữ liệu sử dụng đất trên lưu vực sông Vu Gia được thu thập vào năm 2005 và 2010 dưới dạng Microstation (*.dgn) với 14 loại hình sử dụng đất, được phân loại lại thành 9 loại sử dụng đất theo bảng mã sử dụng đất trong SWAT (bảng 3, hình 6, hình 7). Trong mô hình SWAT dữ liệu này yêu cầu được chuyển về định dạng shap file (*.shp).

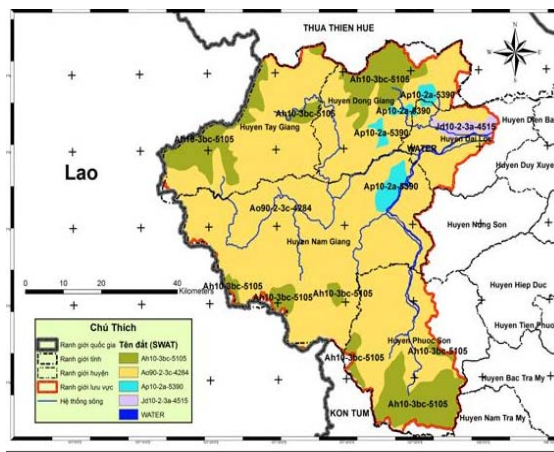
- Thời tiết

Dữ liệu thời tiết trong mô hình SWAT là một phần quan trọng trong vòng tuần hoàn thủy văn. Dữ liệu thời tiết cần thiết cho SWAT được thu thập trong nghiên cứu bao gồm lượng mưa, nhiệt độ không khí lớn nhất, nhỏ nhất và độ ẩm tương đối theo ngày. Dựa trên vị trí phân bố, thời gian đo đạc và chất lượng dữ liệu của các trạm quan trắc khí tượng trên lưu vực sông Vu Gia và phụ cận, nghiên cứu đã lựa chọn và sử dụng dữ liệu của Đài Khí tượng Thủy văn Trung Trung Bộ trong khoảng thời gian 1990-2010 tại 9 trạm đo phân bố trên cũng như bao quanh lưu vực sông Vu Gia (hình 8).

Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng thêm 16 trạm dữ liệu khí hậu (hình 9) từ hệ thống dự báo khí hậu (Climate Forecast System Reanalysis - CFSR) thuộc Trung tâm Quốc gia về Dự báo Môi trường (The National Centers for Environmental Prediction - NCEP) của Hoa Kỳ (<http://globalweather.tamu.edu>).



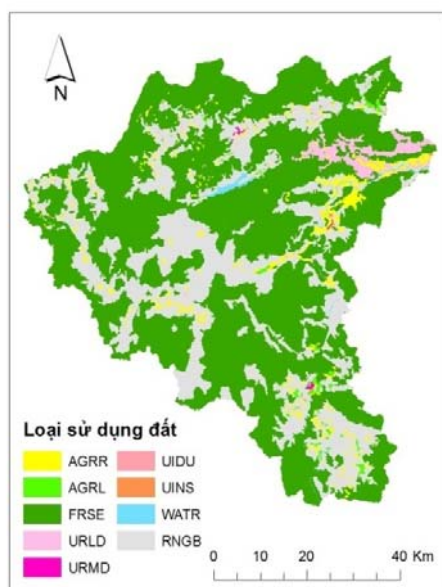
Hình 4. Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) lưu vực sông Vu Gia



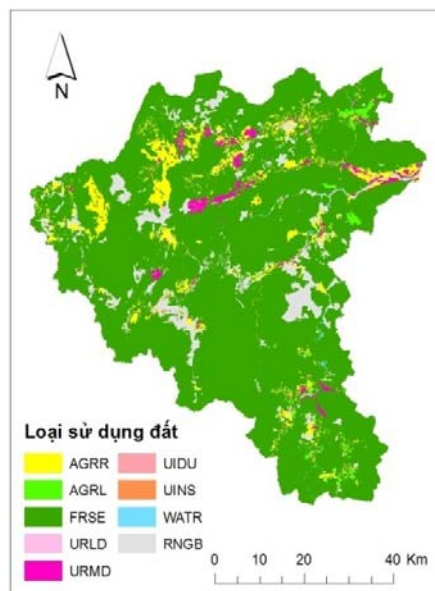
Hình 5. Bản đồ thổ nhưỡng lưu vực sông Vu Gia

Bảng 3. Các loại hình sử dụng đất năm 2005 và 2010 trên lưu vực sông Vu Gia

TT	Tên theo Việt Nam	Tên theo SWAT	Diện tích (ha)	
			2005	2010
1	Đất sản xuất nông nghiệp (SXN)		17.700,79	33.414,96
1.1	Đất trồng cây hàng năm (CHN)	<i>Agricultural Land-Row Crops (AGRR)</i>	14.369,71	28.804,00
1.2	Đất trồng cây lâu năm (CLN)	<i>Agricultural Land-Generic (AGRL)</i>	3.331,08	4.610,96
2	Đất lâm nghiệp (LNP)	<i>Forest-Evergreen (FRSE)</i>	296.065,89	385.333,63
3	Đất ở (OTC)		12.290,37	9.208,97
3.1	Đất ở tại nông thôn (ONT)	<i>Residential-Low Density (URLD)</i>	11.910,64	76,67
3.2	Đất ở tại đô thị (ODT)	<i>Residential-Medium Density (URMD)</i>	379,73	9.132,30
4	Đất chuyên dùng (CDG)		219,56	742,90
4.1	Đất sản xuất, kinh doanh phi nông nghiệp (CSK)	<i>Industrial (UIDU)</i>	65,53	542,00
4.2	Đất trụ sở cơ quan, công trình sự nghiệp (CTS)	<i>Institutional (UINS)</i>	154,03	200,90
5	Đất sông suối, mặt nước chuyên dùng (SMN)	<i>Water (WATR)</i>	2.281,59	1.620,26
6	Đất chưa sử dụng (CSD)	<i>Range-Brush (RNGB)</i>	135.401,15	33.638,63
Tổng số			463.959,35	463.959,35



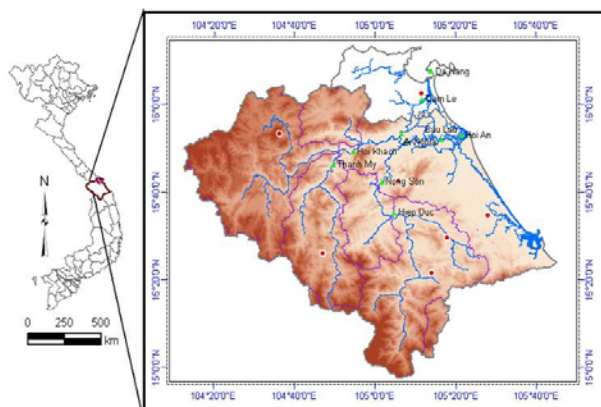
Hình 6. Bản đồ sử dụng đất năm 2005



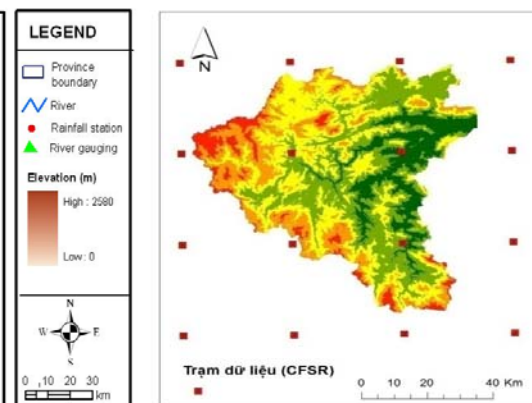
Hình 7. Bản đồ sử dụng đất năm 2010

Bảng 4. Ma trận chuyển đổi sử dụng đất giai đoạn 2005-2010 lưu vực sông Vu Gia

Nhóm sử dụng đất	Năm 2010						
	SXN	LNP	OTC	CDG	SMN	CSD	Tổng số
Năm 2005							
SXN	4.795,05	9.595,36	1.290,13	97,87	28,35	1.894,01	17.700,77
LNP	10.124,01	265.771,15	1.952,72	352,79	275,54	17.589,67	296.065,89
OTC	2.209,08	8.581,29	1.122,95	116,60	10,68	249,79	12.290,39
CDG	21,83	163,60	26,44	7,41	0,00	0,23	219,51
SMN	32,06	387,50	699,54	1,73	1.145,89	14,89	2.281,61
CSD	16.232,94	100.834,76	4.117,12	166,53	159,80	13.890,04	135.401,19
Tổng số	33.414,97	385.333,66	9.208,90	742,93	1.620,26	33.638,63	463.959,35



Hình 8. Vị trí phân bố các trạm đo khí tượng thủy văn



Hình 9. Vị trí 16 trạm dữ liệu khí hậu của CFSR

4. Kết quả thảo luận

4.1. Biến động sử dụng đất giai đoạn 2005-2010

Loại hình sử dụng đất trên toàn lưu vực sông Vu Gia bao gồm 6 nhóm sử dụng đất chính: Đất sản xuất nông nghiệp (SXN), Đất lâm nghiệp (LNP), Đất ở (OTC), Đất chuyên dùng (CDG), Đất sông suối, mặt nước chuyên dùng (SMN) và Đất chưa sử dụng (CSD).

Nhìn dưới góc độ động thái thay đổi trong giai đoạn trên, các nhóm sử dụng đất đã có sự chuyển hóa qua lại với nhau như trình bày trong bảng 4, bảng 5 và hình 10. Theo đó, có thể rút ra một số điểm nổi bật sau:

- SXN: khoảng 54% diện tích đất nông nghiệp chuyển sang đất lâm nghiệp, chỉ có khoảng 27% được giữ lại, phần còn lại được chuyển qua các nhóm khác.

- LNP: gần như toàn bộ diện tích đất lâm nghiệp được giữ lại (khoảng 90%), số ít diện tích còn lại được chuyển thành các nhóm sử dụng đất khác như đất nông nghiệp hoặc chưa sử dụng.

- OTC: phần lớn diện tích đất ở được chuyển sang đất lâm nghiệp (69%), đất nông nghiệp (18%), chỉ có 9% diện tích đất ở được giữ lại.

- CDG: có đến 82% diện tích đất chuyên dùng chuyển sang đất lâm nghiệp, đất ở và đất nông nghiệp, chỉ có 3% diện tích đất chuyên dùng được giữ lại.

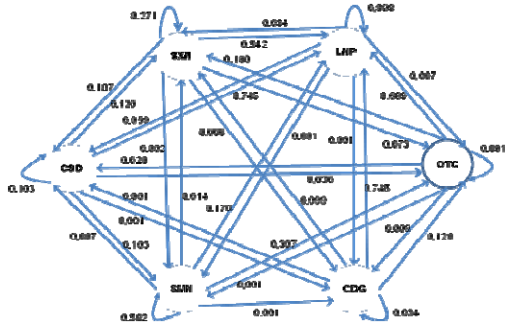
- SMN: 50% diện tích mặt nước được giữ lại, phần còn lại chuyển sang các nhóm khác, chủ yếu là đất ở, đất lâm nghiệp và đất nông nghiệp.

- CSD: đa số diện tích đất chưa sử dụng được đưa vào sử dụng với 75% diện tích chuyển thành đất lâm nghiệp, 11% thành đất nông nghiệp, chỉ còn khoảng 10% vẫn chưa được sử dụng.

Bảng 5. Mức độ thay đổi các loại hình sử dụng đất trong giai đoạn 2005-2010

Nhóm sử dụng đất	Năm 2005	Năm 2010	Mức độ thay đổi	
	Diện tích (ha)	Diện tích (ha)	Diện tích (ha)	Tỷ lệ (%)
SXN	17.700,77	33.414,97	↑15.714,20	↑88,78
LNP	296.065,88	385.333,66	↑89.267,78	↑30,15
OTC	12.290,39	9.208,9	↓3.081,49	↓25,07
CDG	219,51	742,93	↑523,42	↑238,45
SMN	2.281,61	1.620,26	↓661,35	↓28,99
CSD	135.401,19	33.638,63	↓101.762,56	↓75,16

Chú dẫn: mũi tên đi lên (↑) tương ứng với tăng, mũi tên đi xuống (↓) tương ứng với giảm.



Hình 10. Tỷ lệ chuyển đổi sử dụng đất giai đoạn 2005-2010 lưu vực sông Vu Gia

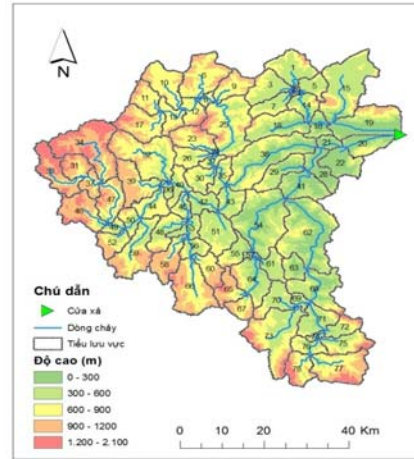
Kết quả của sự chuyển đổi qua lại về diện tích giữa các nhóm sử dụng đất trong giai đoạn 2005-2010 dẫn đến diện tích đất nông nghiệp, đất lâm nghiệp và đất chuyên dùng đã có sự gia tăng, trong đó đất chuyên dùng tăng mạnh nhất với 238,45%, tiếp đến là đất nông nghiệp và đất lâm nghiệp. Điều này phản ánh định hướng phát triển kinh tế của vùng: ưu tiên nông nghiệp, công nghiệp đi đôi với bảo vệ tài nguyên rừng.

Để đạt được mục tiêu trên, diện tích đất chưa sử dụng, mặt nước và đất ở đã thu hẹp đáng kể. So với năm 2005, diện tích hoang hóa, chưa sử dụng năm 2010 chỉ bằng 25%, hai nhóm đất còn lại được quy hoạch, bố trí lại theo hướng tập trung, sử dụng hợp lý, hiệu quả và tiết kiệm nguồn tài nguyên đất đai hơn.

4.2. Ảnh hưởng thay đổi sử dụng đất đến lưu lượng dòng chảy lưu vực sông Vu Gia

Trong nghiên cứu này, lưu vực sông Vu Gia được phân chia thành 78 tiểu lưu vực khác nhau như hình 11. Mô hình SWAT mô phỏng dòng chảy lưu vực theo hai kịch bản, kịch bản 1 (KB1) ứng với bản đồ sử dụng đất năm 2005, kịch bản 2 (KB2) ứng với bản đồ sử dụng đất năm 2010. Hai kịch bản trên chỉ khác nhau về dữ liệu sử dụng đất, các dữ liệu còn lại như thổ nhưỡng, thời tiết là như nhau. Sau đó, kết quả đầu ra của SWAT liên quan đến dòng chảy, bồi lắng sẽ được xem xét, so sánh giữa hai kịch bản. Sử dụng đất năm 2005 và 2010 sử dụng chuỗi số liệu khí tượng chung từ năm 1990 - 2010, qua đó cho phép đánh giá định

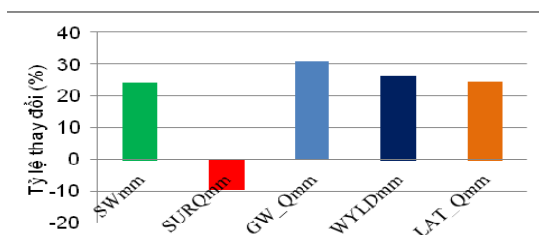
lượng tác động của thay đổi sử dụng đất đến dòng chảy. Khoảng thời gian đánh giá là giai đoạn 2005-2010 (15 năm đầu được xác lập là thời kì “warm up” cho quá trình mô phỏng).



Hình 11. Lưu vực sông Vu Gia và các tiểu lưu vực
a. Ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất đến các thành phần cân bằng nước

Ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất đến các thành phần cân bằng nước trên lưu vực được thể hiện như trong hình 12. Theo đó, trong giai đoạn 2005-2010, lưu lượng dòng chảy giảm 5,7%, dòng chảy ngầm (GW_Q) tăng 30,69%, lượng nước trong kênh (WYLD) tăng 26,48%, các thành phần dòng chảy trễ (LAT_Q) và lượng nước trong đất (SW) gia tăng khoảng 24%, thành phần dòng chảy mặt (SUR_Q) giảm 9,39%. Nguyên nhân gây nên sự thay đổi trên có thể là do việc mở rộng diện tích đất nông nghiệp, đất ở, đất chuyên dùng cùng với hoạt động bảo vệ và phát triển rừng.

Với phạm vi phân bố rộng (tỉ lệ che phủ rừng 83%), tầng đất sâu, hệ thống rễ chằng chịt, tán cây lớn, khả năng thấm hút cao, đất lâm nghiệp giữ vai trò điều tiết nước quan trọng trên lưu vực, khiến cho GW_Q, LAT_Q, SW tăng, SUR_Q giảm. Trong khi đó, để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội, một phần diện tích rừng đã chuyển đổi sang đất nông nghiệp, đất ở và đất chuyên dùng (khu công nghiệp, công trình thủy điện,...), kết quả tạo nên sự gia tăng WYLD.



Hình 12. Sự thay đổi các thành phần cân bằng nước giữa hai kịch bản

b. Ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất đến lưu lượng dòng chảy

Lưu lượng dòng chảy là đại lượng thể hiện lượng nước chảy qua một mặt cắt bất kỳ (sông, suối) trong thời gian một giây. Nghiên cứu này sử dụng các số liệu về lưu lượng dòng chảy tại cửa xả của lưu vực. Lưu lượng dòng chảy bề mặt phụ thuộc vào lượng mưa, độ che phủ của rừng trong lưu vực. Ở thời gian đầu hoàn toàn không sinh dòng chảy, khi mưa xuất hiện và cường độ tăng dần thì trên mặt đất xuất hiện

dòng chảy bề mặt. Cả hai kịch bản, vào những tháng mùa khô dòng chảy thấp, khi lượng mưa tăng (các tháng 9, 10, 11, 12) thì lưu lượng dòng chảy tăng, đặc biệt là các tháng cao điểm trong mùa mưa. Về độ lớn của dòng chảy qua hai kịch bản cho thấy sự khác biệt mà nguyên nhân là do độ che phủ rừng tăng nên lưu lượng của dòng chảy ở kịch bản 2 giảm.

Bảng 6 thể hiện lưu lượng dòng chảy tại cửa ra của lưu vực. Theo đó, lưu lượng dòng chảy trung bình ứng với kịch bản 1 là 174,4 m³/s, ứng với kịch bản 2 là 164,9 m³/s; lưu lượng dòng chảy thấp nhất là 5,6 m³/s (tháng 2/2005), lưu lượng lớn nhất vào tháng 09/2009 (927,7 m³/s). Có sự thay đổi này bởi vì ở Quảng Nam mùa mưa bắt đầu vào tháng 9, đến tháng 10 thường có lũ nên lưu lượng dòng chảy tại thời điểm này tăng cao. Đến tháng 2 mùa khô bắt đầu, do đó có sự giảm mạnh về dòng chảy.

Bảng 6. Bảng thông kê lưu lượng dòng chảy tại cửa ra của lưu vực ứng với 2 kịch bản (đơn vị tính: m³/s)

Tháng	KB 1	KB 2	KB1	KB 2	KB 1	KB 2	KB 1	KB 2	KB 1	KB 2	KB 1	KB 2
	Năm 2005		Năm 2006		Năm 2007		Năm 2008		Năm 2009		Năm 2010	
1	35,16	33,43	160,6	139,9	80,15	73,62	124,5	110,4	209,6	185,3	89,63	81,23
2	5,912	5,639	56,21	50,03	27,8	25,24	56,85	52,59	68,98	60,56	36,86	31,94
3	12,52	12,49	28,96	26,76	19,46	18,68	65,81	61,92	39,77	36,66	8,611	7,436
4	27,06	27,14	21,07	20,47	19,77	19,51	50,37	48,34	131,6	126,7	23,5	23,1
5	102,5	104,5	39,16	38,87	41,44	41,24	76,37	75,66	206,7	196,2	33,77	33,73
6	33,33	32,99	24,85	24,61	45,33	46,95	44,54	43,39	91,79	86,82	49,39	49,92
7	226,6	226,3	30,21	30,96	52,77	51,26	28,24	28,63	35,61	32,92	73,46	72,38
8	185,6	176	82,01	83,31	225,5	221,1	123,2	119,8	84,02	80,4	377,9	371
9	347,3	330	236,1	229,2	269,7	255,7	286,5	276,4	927,7	920,7	571,2	549,2
10	281,7	260,8	255,4	237,1	688,3	663,5	521,9	501	412,9	388,2	384,7	351,4
11	278,1	257,3	113	101,3	661,8	629	495,4	466,4	361,6	334,5	440,4	404,4
12	248,6	224,4	113	106,7	281,4	251	278,5	251,2	159,7	139,4	228,6	200,9

4.3. Đánh giá mô hình

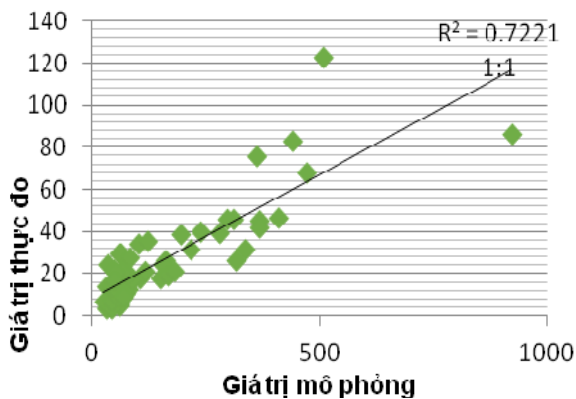
Trong mô hình SWAT để đánh giá kết quả mô phỏng, độ tin cậy người ta dựa trên giá trị lưu lượng dòng chảy thực đo và dựa vào các chỉ số: giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, hệ số xác định

R2 (Krause, 2005) và chỉ số Nash-Sutcliffe (NSI) (Nash & Sutcliffe, 1970). Giá trị R2 nằm trong khoảng từ 0 đến 1, thể hiện mối tương quan giữa giá trị thực đo và giá trị mô phỏng. Chỉ số NSI có giá trị (-∞, 1) để đo lường sự phù hợp giữa giá trị thực đo và giá trị mô phỏng trên đường thẳng 1:1.

$$R^2 = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right)^2}{NSI = 1 - \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \right)}$$

Trong đó, O là giá trị thực đo; \bar{O} là giá trị thực đo trung bình; n là số lượng giá trị tính toán; P là giá trị mô phỏng; và \bar{P} là giá trị mô phỏng trung bình.

Trong nghiên cứu này, đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Vu Gia đã sử dụng số liệu quan trắc hàng tháng tại trạm thủy văn Thạnh Mỹ. Giữa giá trị thực đo và mô phỏng trên tiểu lưu vực 16 (đoạn qua trạm thủy văn Thạnh Mỹ) cho thấy kết quả mô phỏng tương đối tốt,



Hình 13. Phân bố lưu lượng dòng chảy thực đo và mô phỏng tại tiểu lưu vực 16 theo KB1

5. Kết luận

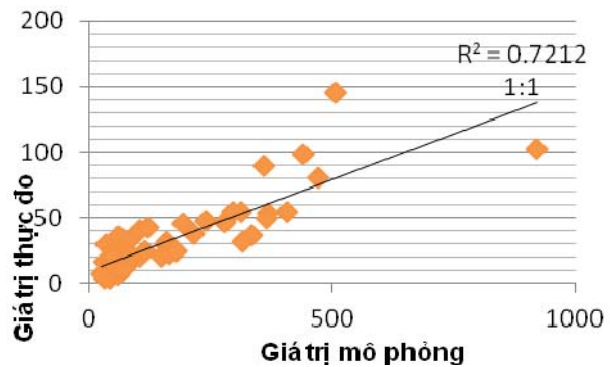
Trong giai đoạn 2005-2010, sự thay đổi sử dụng đất đã làm lưu lượng dòng chảy giảm 5,7%, dòng chảy ngầm (GW_Q) tăng 30,69%, lượng nước trong kênh (WYLD) tăng 26,48%, các thành phần dòng chảy trễ (LAT_Q) và lượng nước trong đất (SW) gia tăng khoảng 24%, thành phần dòng chảy mặt (SUR_Q) giảm 9,39%.

Như vậy với hệ thống tán che phủ của các loại rừng tăng sẽ làm lưu lượng dòng chảy giảm, từ đó lượng xói mòn của đất, lượng đất cuốn xuống lòng sông trong lưu vực cũng giảm. Thêm vào đó, dòng chảy mặt giảm, lượng nước hút xuống đất tăng làm lượng nước trong kênh và dòng chảy ngầm tăng.

giá trị mô phỏng nhìn chung cao hơn giá trị thực đo (bảng 7, hình 13, hình 14).

Bảng 7. Thống kê so sánh lưu lượng dòng chảy tháng tại tiểu lưu vực số 16 theo hai kịch bản 2005, 2010

Thông số	Tiểu lưu vực số 16 (105°50'0"E, 15°46'0"N)	
	KB1 (2005)	KB2 (2010)
Giá trị thực đo trung bình	155.367	155.37
Giá trị mô phỏng trung bình	26.6405	31.4156
Hệ số xác định (R^2)	0.72212244	0.72116179
Chỉ số Nash-Sutcliffe (NSI)	-0.419711858	-0.338701738



Hình 14. Phân bố lưu lượng dòng chảy thực đo và mô phỏng tại tiểu lưu vực 16 theo KB2

Kết quả trên cho thấy, mô hình SWAT là mô hình tích hợp, có thể mô phỏng các quá trình diễn ra trong môi trường đất và nước. SWAT xem xét nhiều mối quan hệ, nhiều biến khi giải quyết bài toán môi trường. Điều này giúp người sử dụng có thể đánh giá chất lượng nước và đất trong thời gian dài trên khu vực rộng lớn và phức tạp.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bosch J.M. and Hewlett J.D., 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and évapotranspiration. *J. Hydrol.* 55: 3-23.
- [2] Peck A.J. and Williamson D.R., 1987. Effects of forest clearing on groundwater. *J. Hydrol.* 94, 47-65.
- [3] Luft G., Morgenschweis G. and Vogelbacher A., 1982. The effects of large-scale terracing on

- hydrological processes. Presentation of first results of a study comparing two small experimental basins on the Kaiserstuhl-Mountain. Proc. Symp. Hydrol. Res. Basins, Sonderheft Landeshydrologie, Bern, 543-553
- [4] Ranzi R., Bochicchio M. and Bacchi B., 2002. Effects on floods of recent afforestation and urbanisation in the Mella River (Italian Alps). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 6, 239-253
- [5] Beighley R.E and Moglen G.E., 2002. Trend assessment in rainfall-runoff behavior in urbanizing watersheds. *J. Hydrol. Eng. ASCE* 7, 27-34
- [6] Costa M.H., Botta A. and Cardille J.A., 2003. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River. Southeastern Amazonia. *J.Hydrol.* 283, 206-217.
- [7] Nguyễn Ý Như, Nguyễn Thanh Sơn, 2009. 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. *Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội số 3S (2009):* 492 – 498.
- [8] Tô Kiều Trang, 2009. Ứng dụng GIS và mô hình SWAT đánh giá tác động của thay đổi sử dụng đất tác động đến môi trường huyện Dĩ An tỉnh Bình Dương. Luận văn tốt nghiệp. Trường ĐH Nông Lâm TP.HCM.
- [9] Huỳnh Thị Thanh Hạnh, 2010. Ứng dụng GIS và mô hình SWAT đánh giá tài nguyên đất và nước tại thượng nguồn lưu vực sông Srêpok tỉnh Đắk Lắk. Luận văn thạc sĩ, Đại học Bách Khoa TP.Hồ Chí Minh.
- [10] Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R. and Williams J.R., 2005. Soil and Water Assessment Tool, Theoretical Documentation: Version 2005. Agricultural Research Service and Texas A & M Blackland Research Center, Temple, TX, USDA.
- [11] Luzio M.D., Srinivasan R. and Arnold J.G., 2002. Integration of Watershed Tools and the SWAT Model into BASINS. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 38(4), 1127-1141.
- [12] Ban quản lý dự án rừ ro thiên tai, Bộ NN&PTNT, 2012
- [13] Arnold J.G., Allen P.M. and Morgan D.S., 2001. Hydrologic Model for Design and Constructed Wetlands. *Wetlands* 21 (2), 167-178.
- [14] Neitsch S.L. et al., 2009. Overview of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model. In: Arnold, J et al., eds. 2009. Soil and Water Assessment Tool (SWAT): Global Applications. Special Publication No. 4., World Association of Soil and Water Conservation, Bangkok: Funny Publishing, 3-23.

Effect of Land Use Change on Water Discharge in Vu Gia Watershed, Viet Nam using GIS and SWAT

Nguyễn Thị Hồng^{1,*}, Nguyễn Duy Liêm², Nguyễn Thị Bích³, Lê Duy Bảo Hiếu², Lê Hoàng Tú², Nguyễn Kim Lợi²

¹*Faculty of Geology, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi*

²*Ho Chi Minh City University of Agriculture and Forestry; ³Viet Nam Forestry University*

Abstract: The human impact via land-use activities is one of the main reasons which affect water discharge in watershed. The change of plant-canopy system caused by land-use activities makes a great contribution to change of surface flow, ground water as well as sedimentation in the watershed. The GIS and SWAT model was applied in this research to simulate water discharge using 2 scenarios of land use in 2005 and 2010 for Vu Gia watershed. The result shown that the increase area covered by plant-canopy in the watershed made a decrease about 5,7% of surface flow and 9,39% of SUR_Q in the period of 2005 to 2010. The change also increased 30,69% of GW_Q, 26,48% of WYLD, 24% of LAT_Q and SW in the period. The research result demonstrates that it is suitable to integrate of SWAT model in GIS for impact assessment of the land-use change to flow quantity in the Vugia watershed, Quangnam province. The integration can support effectively for management, land-use planning in the watershed for the need of socio-economic development as well as the requirement of natural-resources protection (soil, water, forest).

Keywords: GIS, SWAT, Land use change, Vu Gia Watershed