

SỬ DỤNG PHẦN MỀM SWAT VÀ ẢNH VỆ TINH SPOT 5 PHỤC VỤ XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỦY VĂN LƯU VỰC HỒ ĐÁ ĐEN

Nguyễn Hồng Quân, Mai Toàn Thắng - Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP HCM
Lê Việt Thắng - Khoa Môi trường, Đại học Thủ Dầu Một

Bà Rịa – Vũng Tàu là một tỉnh được đánh giá nghèo về tài nguyên nước, nguồn nước ngầm lại bị ảnh hưởng bởi phèn và mặn, do đó khu vực này phụ thuộc rất lớn vào nguồn nước mặt. Hồ Đá Đen là một hồ chứa đa mục tiêu và có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo nhu cầu cấp nước sinh hoạt cho tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Trong nghiên cứu này, mô hình SWAT (soil and water assesment tool) được sử dụng nhằm đánh giá về lưu lượng và dòng bùn cát lơ lửng vùng thượng lưu lưu vực hồ Đá Đen. Mô hình SWAT yêu cầu nhiều dữ liệu khác nhau: khí tượng, thổ nhưỡng, sử dụng đất, địa hình... Do vậy ảnh vệ tinh Spot 5 được sử dụng để nâng cao độ tin cậy dữ liệu mô hình khi chi tiết hóa dữ liệu sử dụng đất. Ở đây, kết quả xử ảnh vệ tinh năm 2011 bao gồm việc nắn chỉnh hình học từ ảnh thô (bằng mô hình toán học chặt chẽ kết hợp mô hình số độ cao), phân loại lớp phủ đã được thực hiện để cập nhật số liệu sử dụng đất cho mô hình SWAT. Kết quả mô phỏng cho thấy trung bình dòng chảy vào hồ khoảng 4.61 m³/s (kết quả kiểm định đạt chỉ tiêu Nash 0.71), tải lượng trầm tích trung bình vào hồ khoảng 6.66 tấn/ngày (kết quả kiểm định đạt chỉ tiêu Nash 0.51). Kết quả mô phỏng từ mô hình SWAT phục vụ đánh giá tiềm năng dòng chảy, tổng lượng vận chuyển bùn cát đồng thời có thể sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho mô hình thủy lực hồ Đá Đen góp phần phục vụ công tác quản lý tài nguyên nước.

1. MỞ ĐẦU

Tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu là một trong những địa phương được đánh giá là nghèo về tài nguyên nước, nguồn nước dưới đất bị nhiễm mặn ở nhiều nơi, và cũng đang được khai thác quá mức để cấp nước phục vụ sinh hoạt và công nghiệp, nên ở thời điểm hiện tại và trong tương lai nước mặt đóng vai trò chính trong việc cung cấp nước cho các hoạt động sản xuất và sinh hoạt của người dân. Hồ Đá Đen thuộc tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu là hồ chứa đa mục tiêu lớn thứ hai của tỉnh sau hồ sông Ray. Công trình này cung cấp nước sinh hoạt, công nghiệp sản xuất và nước tưới cho các huyện trong lưu vực như Châu Đức, Tân Thành, TP Vũng Tàu, TX Bà Rịa, Xuyên Mộc. Như vậy, hồ Đá Đen có vai trò cực kỳ quan trọng trong việc đảm bảo nhu cầu cấp nước sinh hoạt cho dân cư tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Theo quy hoạch, tổng công suất các nhà máy cấp nước từ hồ Đá Đen (bao gồm nguồn nước đưa từ hồ sông Ray sang) tới 2020 là 410.000 m³/ngày đêm với các nhà máy nước sau: NMN Tóc Tiên 60.000 m³/ngày, NMN Châu Đức 100.000 m³/ngày, NMN Đá Đen 225.000 m³/ngày và NMN sông Dinh 25.000 m³/ngày [1].

Hiện nay, các nghiên cứu sử dụng mô hình thủy văn phân bố và bán phân bố để mô phỏng mưa – dòng chảy trên các lưu vực sông đang dần trở nên phổ biến [2], có thể kể đến các mô hình điển hình như SWAT, HPSF (hydrological simulation program – FORTRAN), Mike SHE, SHETRAN (Système Hy-

drologique Européen Transport). Các mô hình đều có những ưu và nhược điểm riêng, như Mike SHE, SHETRAN là một mô hình phân bố, hướng tiếp cận hoàn toàn dựa trên bản chất vật lý (fully physically-based model) với những mô tả các quá trình vật lý chi tiết và phức tạp, tuy nhiên tính phức tạp của mô hình dẫn đến đòi hỏi các số liệu đầu vào rất chi tiết, với điều kiện số liệu hạn chế ở Việt Nam thì đây là một thách thức rất lớn; mô hình HPSF với cách tiếp cận bằng các quá trình thay đổi lượng trữ (nước, các chất hóa học) theo chiều thẳng đứng, mô hình chia các tiểu lưu vực thành những đơn vị nhỏ hơn chủ yếu dựa trên dữ liệu sử dụng đất; mô hình SWAT là mô hình bán phân bố, mô hình chia các tiểu lưu vực thành các đơn vị thủy văn HRUs (hydrologic response units) với mỗi đơn vị thủy văn thì đồng nhất về loại đất và loại hình sử dụng đất [3, 4, 5]. Dựa trên điều kiện số liệu hiện có trong khu vực nghiên cứu, mô hình SWAT được sử dụng đến tiến hành mô phỏng thủy văn tại đây.

Gần đây, việc ứng dụng dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải cao như SPOT5, IKONOS, QuickBird ... trong công tác phân loại sử dụng đất ngày càng tăng. Bên cạnh đó, ảnh vệ tinh còn được sử dụng để cung cấp dữ liệu đầu vào cho các mô hình thủy văn [6]. Spot 5 là một vệ tinh trong loạt vệ tinh Spot gồm Spot 1, Spot 2, Spot3, Spot 4, Spot 5, với bộ cảm có độ phân giải cao (High Resolution Stereoscopic instrument (HRS)), ảnh thu nhận được năm

Người đọc phản biện: TS. Nguyễn Kiên Dũng

kênh ảnh: với kênh lục(0,50-0,59 μm), Kênh đỏ (0,61-0,68 μm), cận hồng ngoại (0,78-0,89 μm) có độ phân giải không gian 10m; kênh hồng ngoại giữa (1,58-1,75 μm) độ phân giải 20m; kênh toàn sắc (0.475-0.710 mm) độ phân giải 5m. Việc sử dụng ảnh vệ tinh có độ phân giải cao như là đầu vào của mô hình lưu vực nhằm giúp chi tiết hóa dữ liệu không gian, làm gia tăng độ chính xác của mô hình, đặc biệt là các thông số rất nhạy với dữ liệu sử dụng đất là trầm tích và các chất dinh dưỡng. Trong nghiên cứu này, ảnh SPOT 5 được sử dụng phối hợp với mô hình SWAT.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

a. Khu vực nghiên cứu

Khu vực thượng nguồn hồ Đá Đen, thuộc huyện Tân Thành tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu có diện tích khoảng 130 km². Trong khu vực nghiên cứu có hai nhánh sông chính là nhánh suối Lúp và nhánh sông Xoài. Độ cao trên khu vực biến động từ 20 cho tới 280m, với độ cao trung bình là 110m. Lượng mưa trên khu vực biến đổi khá lớn, ở vùng hạ lưu hồ Đá Đen lượng mưa trung bình năm chỉ khoảng 1400mm trong khi ở vùng thượng lưu lượng mưa có thể lên tới 2300mm. Nhiệt độ trung bình hằng năm là 27,7°C.

b. Mô hình SWAT

1) Giới thiệu

Mô hình SWAT xây dựng bởi tiến sĩ Jeff Arnold ở Trung tâm phục vụ nghiên cứu nông nghiệp (ARS - Agricultural Research Service) thuộc Bộ Nông

nghiệp Hoa Kỳ (USDA - United States Department of Agriculture). Mô hình được xây dựng nhằm đánh giá và dự đoán các tác động của thực tiễn quản lý đất đai tác động đến nguồn nước, lượng bùn, và lượng hóa chất trong nông nghiệp sinh ra trên một lưu vực rộng lớn và phức tạp với sự không ổn định về các yếu tố như đất, sử dụng đất và điều kiện quản lý trong một thời gian dài. Mô hình là sự tập hợp những phép toán hồi quy để thể hiện mối quan hệ giữa giá trị thông số đầu vào và thông số đầu ra [3, 4, 5]:

2) Dữ liệu thu thập

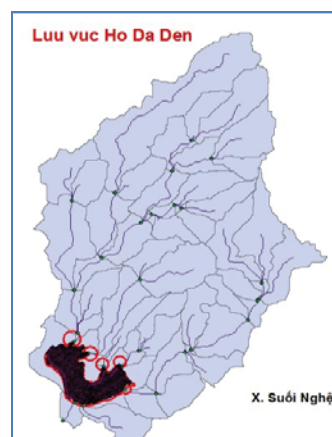
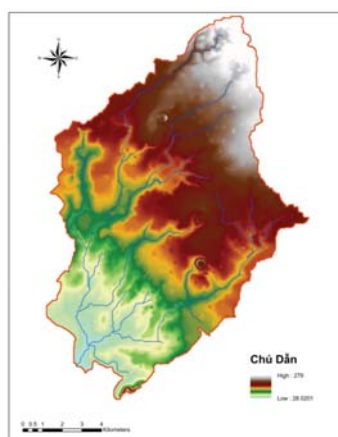
Mô hình SWAT yêu cầu các dữ liệu về: địa hình, thổ nhưỡng, sử dụng đất, khí tượng:

- Mô hình số độ cao: được xây dựng từ bản đồ địa hình tỉ lệ 1/25.000

- Khí tượng: gồm dữ liệu ngày từ trạm hồ Đá Đen, Xuân Lộc, Vũng Tàu, Châu Đức và trạm khí tượng Vũng Tàu, Xuân Lộc với các dữ liệu về mưa, nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, số giờ nắng. Dữ liệu khí tượng ở các có độ dài 6 năm (2008 - 2013)

- Thổ nhưỡng: được lấy từ bản đồ thổ nhưỡng 1/1000.000 của FAO. Tương tự, bản đồ thổ nhưỡng sẽ được chuyển về mã đất trong SWAT, trong nghiên cứu này, việc chuyển đổi sẽ dựa trên đặc trưng cơ giới của đất, các loại đất trong khu vực nghiên cứu bao gồm: SCL (sandy caly loam), SIL (silty loam), SL (sandy loam), SIC (silty clay).

- Sử dụng đất: riêng sử dữ liệu sử dụng đất được lấy từ kết quả phân loại ảnh SPOT 5.



Hình 1. Mô hình số độ cao (hình trái); các tiểu lưu vực, các nhánh sông đổ vào hồ Đá Đen (hình phải)

c. Phân loại ảnh SPOT 5

Giai đoạn hiệu chỉnh hình học, hiệu chỉnh khí quyển

Do ảnh Spot 5 của dự án thu thập được đang ở

mức 1A (chỉ mới hiệu chỉnh bức xạ (radiometric processing)), chưa bao gồm bất cứ thao tác hiệu chỉnh hình học nào, do đó cần phải tiến hành hiệu chỉnh các biến dạng hình học, đưa hệ tọa độ ảnh về hệ

qui chiếu của trái đất. Trong nghiên cứu đã tiến hành hiệu chỉnh ảnh về mức 3 (Level 3 –Orthorectified products) bằng thuật toán Viewing geometry model.

Sau khi ảnh được hiệu chỉnh hình học, tiếp theo sẽ thực hiện công đoạn hiệu chỉnh khí quyển nhằm đưa ảnh về giá trị phản xạ tại đỉnh khí quyển (top of atmosphere reflectance TOA). Để tiến hành hiệu chỉnh khí quyển, trong nghiên cứu sử dụng ORFEO Tool Box Software (OTB) chạy trên nền phần mềm mã nguồn mở Quantum GIS.

Giai đoạn phân loại ảnh

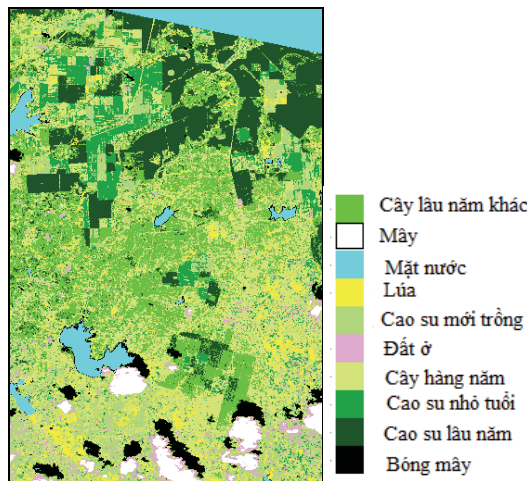
Trong nghiên cứu sử dụng phương pháp phân loại có kiểm định bằng công cụ SVM (Support Vector Machine). Các thao tác thực hiện sẽ được tiến hành trên ORFEO Tool Box Software (OTB). Cơ sở lý thuyết của phương pháp này như sau: Một SVM sẽ phân tách tối ưu nhiều lớp khác nhau của dữ liệu

bởi siêu phẳng (hyperplane). Những điểm nằm trên đường biên được gọi là những vector hỗ trợ (support vector) và trung tâm của margin là siêu phẳng phân tách tối ưu (optimal separating hyperplane). Một siêu phẳng tối ưu được xác định nhờ các dữ liệu mẫu (training dataset), và được kiểm tra lại bằng dữ liệu kiểm định (validation dataset). Các vector mẫu (Training vectors) xi được đưa vào một không gian nhiều chiều bởi hàm ϕ . SVM sẽ tìm một siêu phẳng phân cách với margin lớn nhất trong không gian nhiều chiều. Ảnh sau khi phân loại bằng phương pháp SVM sẽ được lọc trung vị (median filter) để loại bỏ các nhiễu của ảnh, sau đó sẽ được chuyển về định dạng vector [7].

3. KẾT QUẢ

a. Kết quả phân loại ảnh SPOT 5

Kết quả phân loại ảnh được trình bày trong hình 2



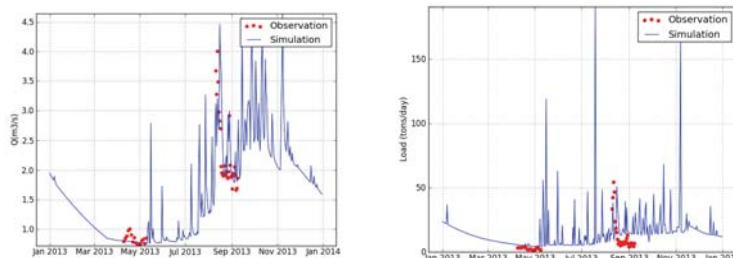
Hình 2. Kết quả phân loại lớp phủ thực vật lưu vực Hồ Đá Đen (đã qua lọc nhiễu)

Kết quả phân loại bằng phương pháp SVM cho kết quả khá tốt. Đánh giá kết quả phân loại với dữ liệu 61 điểm GPS thực địa, chỉ số Kappa đạt được là 0,84. Kết quả sau khi phân loại sẽ được chuyển về theo mã đất trong mô hình SWAT.

b. Kết quả hiệu chỉnh

Kết quả hiệu chỉnh lưu lượng

Trên cơ sở số liệu đo đạc thực tế lưu lượng và dòng bùn cát lơ lửng tại cầu Sông Xoài, và sử dụng chỉ số Nash, R2 để đánh giá, kết quả hiệu chỉnh mô hình lưu lượng đạt chỉ tiêu Nash = 0.73; R2 0.85 và kết quả hiệu chỉnh bùn cát lơ lửng đạt chỉ tiêu Nash = 0,51; R2 = 0,72. Kết quả cho thấy mô hình có độ tin cậy, phục vụ công tác tính toán, dự báo [8].

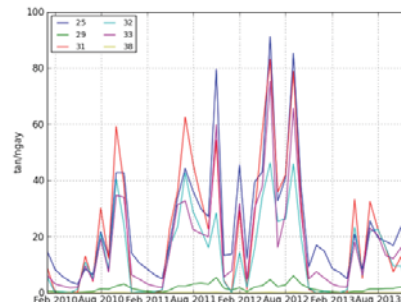
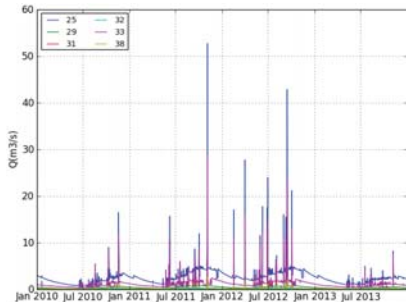


Hình 3. Biểu đồ lưu lượng (hình trái), bùn cát lơ lửng (hình phải) thực đo và mô phỏng

c. Tiềm năng dòng chảy và lượng bùn cát trong lưu vực

Theo kết quả mô phỏng dòng chảy cho thấy lưu lượng trung bình đổ vào hồ Đá Đen là 4,43 m³/s,

biến thiên từ 1,86 đến 7,51 m³/s trong đó cỡ 56.40% lượng nước đổ vào hồ là từ nhánh Sông Xoài; 26.45% là từ nhánh Suối Lúp, phần còn lại là từ các sông nhánh khác.



Hình 4. Kết quả mô phỏng lưu lượng (hình trái) và dòng bùn cát (hình phải) từ các tiểu lưu vực về hồ Đá Đen

4. KẾT LUẬN

Theo các kết quả mô phỏng, lưu lượng tại các nhánh đổ vào hồ không có sự chênh lệch quá lớn giữa mùa kiệt và mùa lũ, dòng chảy khá là điều hòa mặc dù vào mùa lũ có thể có những ngày lưu lượng nước khá lớn và vào mùa khô các nhánh nhỏ trên thượng nguồn có thể cạn khô nước. Trên một lưu vực có diện tích khá nhỏ như hồ Đá Đen, nhưng lưu lượng dòng chảy lại có tính ổn định, điều này xảy ra có thể là do diện tích đất trồng cây lâu năm trên khu vực khá lớn cộng với tầng đất trên lưu vực khá dày. Về chất lượng nước, thì nhìn chung vẫn còn khá tốt.

Trong nghiên cứu, điều kiện số liệu ở khu vực này

rất hạn chế cả về thủy văn lẫn chất lượng nước, làm ảnh hưởng nhiều đến kết quả hiệu chỉnh mô hình, các mô hình đều chưa có đủ độ dài mô phỏng cần thiết để đảm bảo ý nghĩa về mặt thống kê, mặc dù đã sử dụng hết các số liệu sẵn có. Do đó việc thiết kế những trạm đo lưu lượng và chất lượng nước liên tục có ý nghĩa lớn cho các công tác quản lý tài nguyên nước ở đây, cũng như trong nghiên cứu.

Kết quả mô phỏng sử dụng mô hình SWAT được sử dụng để xây dựng các kịch bản quản lý môi trường nước (giảm thiểu và ngăn ngừa ô nhiễm) đồng thời cung cấp dữ liệu đầu vào trong mô hình mô phỏng chất lượng nước hồ Đá Đen [1].

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Hồng Quân, Ngô Quang Hiếu, Mai Toàn Thắng, Nguyễn Thành Nhân, Lê Việt Thắng, 2014. Mô hình tích hợp chất lượng nước phục vụ an toàn cấp nước hồ đá đen tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, tập 52 – số 2B, 2014, trang 199 – 207.
2. Ahmed Nasr, Michael Bruen, Philip Jordan, Richard Moles, Gerard Kiely, Paul Byrne 2007. A comparison of SWAT, HSPF and SHETRAN/GOPC for modelling phosphorus export from three catchments in Ireland. Water research 41, 1065– 1073.
3. J.G.Arnold, J.Rkiniry, R.Srinivasan, and etc. September (2011). Soil and water assessment tool – Input/output file documentation version 2009.
4. Karim C. Abbaspour 2011. SWAT-CUP4: SWAT Calibration and Uncertainty Programs - A User Manual.
5. M.Winchell, R.Srinivasan, M. Di Luzion, J. Arnold (2010). Arcswat interface for SWAT 2009 – User’s guide.
6. MiSeon Lee, GeunAe Park, MinJi Park, JongYoon Park, JiWan Lee, SeongJoon Kim 2010. Evaluation of non-point source pollution reduction by applying Best Management Practices using a SWAT model and QuickBird high resolution satellite imager. Journal of Environmental Sciences 22(6) 826–833.
7. SPOT 123-4-5 Geometry Handbook.
8. Mikołaj Piniewski and Tomasz Okruszko 2011. Multi-Site Calibration and Validation of the Hydrological Component of SWAT in a Large Lowland Catchment. Geoplanet: Earth and Planetary Sciences.