



Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
website: sj.ctu.edu.vn



ẢNH HƯỞNG CỦA SỬ DỤNG ĐẤT ĐAI LÊN ĐẶC TÍNH THỦY VĂN LƯU VỰC SÔNG DƯƠNG ĐÔNG, PHÚ QUỐC

Nguyễn Thị Bích Phượng¹, Võ Quốc Thành¹ và Văn Phạm Đăng Trí¹

¹ Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 01/03/2015

Ngày chấp nhận: 27/10/2015

Title:

Impacts of land use change on the hydrological characteristics of the Duong Dong river basin, Phu Quoc island

Từ khóa:

Lưu vực sông Dương Đông, đặc tính thủy văn, dòng chảy mặt, sử dụng đất và SWAT

Keywords:

Duong Dong basin, hydrological characteristics, landuse change and SWAT

ABSTRACT

This study was performed considering the general hydrological characteristics and possible impacts of land use change on surface water resources in a small watershed of the Duong Dong river basin in the Phu Quoc island of Kien Giang with the application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. The study is of scarce data with hourly discharge measured in the Duong Dong river from 13th to 20th in June, 2014. The main model parameters were calibrated with data obtained from the measured hydraulics and household surveys. Amongst different parameters, the base-flow alpha factor (APHAL_BF), Manning's 'n' (hydraulic roughness) value (CH_N2) and effective hydraulic conductivity (CH_K2) of main channel, saturated hydraulic conductivity (SOL_K), and surface run-off lag time (SUR_LAG) were the most sensitive to the water balance of the basin. On a daily basic, the Nash-Sutcliffe index (calculated based on the measured and simulated data) were of 0,62 and 0,84 for calibration and validation, respectively. In addition, scenarios were built to evaluate changes of surface flows in the basin according to changes of the land cover (from 2005 to 2010), which proved that there were little changes in discharges generated under the two different land-cover scenarios.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện để xem xét các đặc tính thủy văn và đánh giá tác động của thay sử dụng đất đai lên biến động lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông có diện tích nhỏ. Mô hình SWAT (Soil and water Assesment Tool) - công cụ đánh giá đất và nước được ứng dụng cho lưu vực sông Dương Đông, Phú Quốc, Kiên Giang. Trong điều kiện số liệu hạn chế, lưu lượng dòng chảy theo giờ được đo đạc trên sông Dương Đông từ ngày 13 đến 20 tháng 6 năm 2014. Các thông số chính của mô hình được xác định và hiệu chỉnh bằng số liệu dòng chảy thực đo và phỏng vấn nông hộ. Kết quả mô phỏng cho thấy, hệ số chiết giảm dòng chảy ngầm (APHAL_BF), hệ số nhám Manning's n của kênh chính (CH_N2), độ dẫn thủy lực trong kênh (CH_K2), độ bão hòa thủy lực của đất (SOL_K) và hệ số trễ dòng chảy mặt (SUR_LAG) được đánh giá là những thông số có độ nhạy cao trong cân bằng nước của lưu vực. Với bước thời gian theo ngày, mô phỏng lưu lượng dòng chảy thực đo và mô phỏng trong giai đoạn hiệu chỉnh hệ số NS đạt 0,62 và kiểm định đạt 0,84. Thêm vào đó, các kịch bản cũng được xây dựng để xem xét sự thay đổi lưu lượng dòng chảy trong lưu vực khi sử dụng đất bị chuyển đổi (từ năm 2005 đến 2010) và cho thấy rằng lưu lượng dòng chảy ở hai kịch bản này không thay đổi đáng kể.

1 GIỚI THIỆU

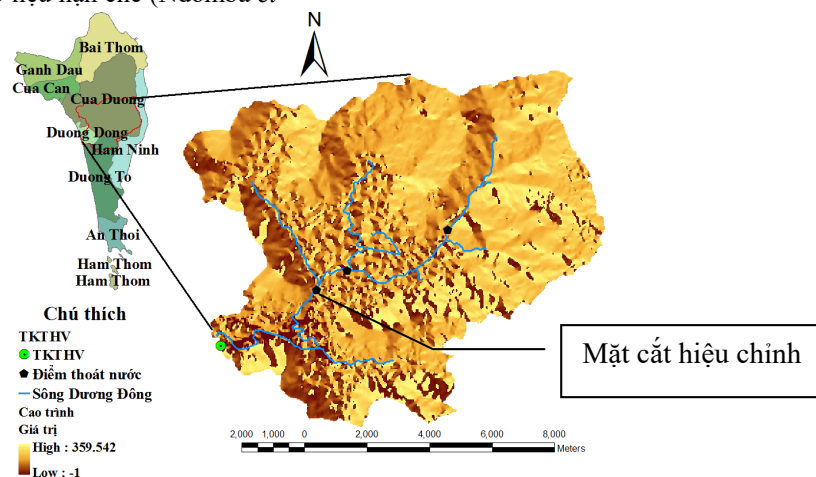
Vùng ven biển và hải đảo là những khu vực thường xuyên đối mặt với những khó khăn trong việc khai thác và sử dụng nguồn nước cho sinh hoạt và các hoạt động sản xuất nông nghiệp (ở những quốc gia kém phát triển và đang phát triển). Tác động của con người lên sự thay đổi sử dụng đất đai là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến nguồn tài nguyên nước trong lưu vực. Bên cạnh đó, biến đổi khí hậu (BĐKH), thông qua sự thay đổi của lượng mưa, đã và đang tạo ra những tác động trực tiếp đến các dòng chảy sông ngòi, đặc biệt là các dòng chảy có độ biến động nhanh và biệt lập như các vùng hải đảo (Zhang *et al.*, 2014). Do đó, việc đánh giá hiện trạng nguồn nước mặt và xem xét những tác động của thay đổi sử dụng đất lên nguồn tài nguyên nước mặt trong lưu vực góp phần quan trọng trong công tác hỗ trợ địa phương xây dựng các kế hoạch quy hoạch sử dụng và bảo tồn hợp lý.

Các mô hình toán được sử dụng để dự báo thay đổi trên lưu vực do tác động từ các hoạt động của con người và các tiến trình tự nhiên đang trở thành một xu hướng tiếp cận phổ biến để đưa ra phương pháp quản lý các lưu vực hợp lý (Muleta & Nicklow, 2005; Zhang *et al.*, 2009; Nguyễn Kim Lợi, 2009). Tuy nhiên, một trong những thách thức lớn khi thực hiện xây dựng mô hình toán là yêu cầu về số liệu đầu vào rất lớn trong khi nguồn số liệu này không phải luôn sẵn có ở các lưu vực nhỏ (Ndomba *et al.*, 2008). Mặc dù vậy, nhiều nghiên cứu gần đây đã ứng dụng thành công mô hình SWAT (Soil and water Assessment Tool) ở những lưu vực sông có nguồn số liệu hạn chế (Ndomba *et*

al., 2008; Schuol *et al.*, 2008). Bên cạnh đó, các công cụ hỗ trợ SWAT - Editor, SWAT-CUP (SWAT - Calibration and uncertainty Programs), SWAT - Check có khả năng đánh giá nhanh kết quả mô phỏng và đơn giản hoá công tác hiệu chỉnh kết quả đầu ra mô hình SWAT.

2 KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Đảo Phú Quốc, Kiên Giang có nguồn nước mưa dồi dào (lượng mưa trung bình hằng năm trên 3.037 mm) (Phân viện Quy hoạch & Thiết kế Nông nghiệp, 2006); cho đến hiện nay, đây là nguồn nước chủ yếu phục vụ cho các hoạt động trên đảo. Lưu vực sông Dương Đông với diện tích khoảng 10 ha (Hình 1) trong đó dòng chính sông Dương Đông giữ vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước cho cả lưu vực và gắn liền với sinh kế của một bộ phận người dân trên đảo (sống ven sông). Sông Dương Đông bắt nguồn từ các dãy núi ở khu vực phía Đông Bắc với độ cao trung bình từ 200 - 565m so với mực nước biển trung bình (Thái Thành Lược *et al.*, 2012) và có chiều dài khoảng 18,5 km, với độ dốc trung bình 25 - 30⁰ nên không chịu tác động đáng kể của chế độ thủy triều. Hướng dòng chảy chính theo hướng Đông Bắc - Tây Nam, đổ ra tại cửa Dương Đông. Mật độ trung bình của hệ thống sông, suối trên lưu vực đạt 0,42 km/km². Đồi núi chiếm diện tích chủ yếu (70%) và phần diện tích còn lại bao gồm đồi thấp và các dải đất tương đối bằng hoặc gợn sóng. Ở khu vực thượng lưu, rừng chiếm diện tích hơn 75%, trong khi dân cư đô thị phát triển chủ yếu ở khu vực trung và hạ lưu sông (Phân viện Quy hoạch & Thiết kế Nông nghiệp, 2006).



Hình 1: Vị trí và cao độ số (DEM) của khu vực nghiên cứu

4 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

4.1 Mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool)

SWAT là công cụ đánh giá đất và nước, được xây dựng bởi Trung tâm phục vụ nghiên cứu nông nghiệp (ARS - Agricultural Research Service) thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA - United States Department of Agriculture) (Neitsch *et al.*, 2011). SWAT có thể được dùng để tính toán lưu lượng dòng chảy nước mặt dựa trên phương trình cân bằng nước thông qua các yếu tố tích trữ, bổ sung thêm và tổn thất.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

Trong đó

SW_t : tổng lượng nước còn lại sau khi cân bằng (mm); SW_0 : lượng nước ban đầu có trong ngày thứ i (mm); R_{day} : lượng mưa khu vực nhận được trong ngày thứ i (mm); Q_{surf} : tổng lượng nước mặt trong ngày thứ i (mm); E_a : lượng bốc thoát hơi nước trong ngày thứ i (mm); W_{seep} : lượng nước đi vào tầng ngầm ở ngày thứ i (mm); và Q_{gw} : lượng

Bảng 1: Bảng các yếu tố đầu vào mô hình

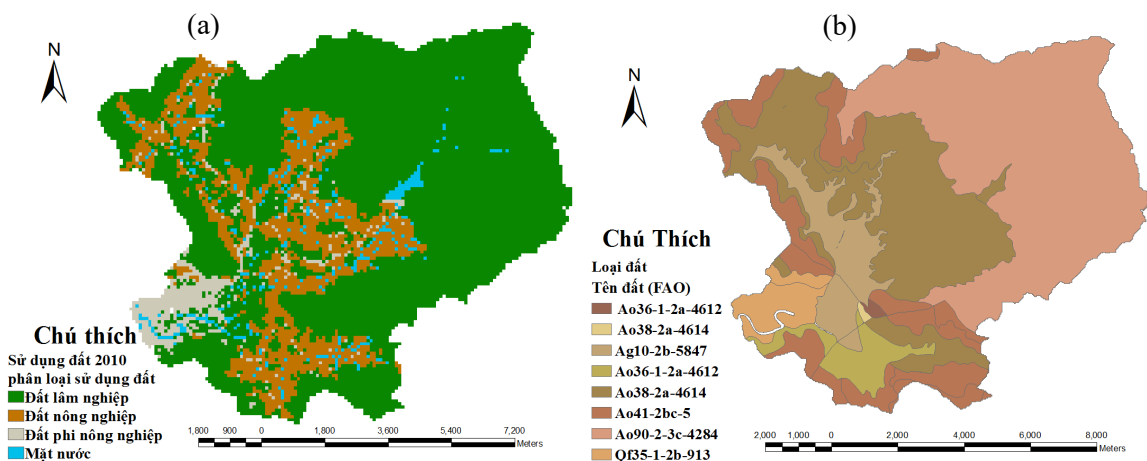
Loại số liệu	Mô tả	Nguồn
Bản đồ	-Bản đồ sử dụng đất (2005 và 2010), bản đồ loại đất, hệ thống sông suối -Bản đồ cao trình (DEM)	-Phòng Tài nguyên Môi trường huyện Phú Quốc - Nguồn: http://srtm.csi.cgiar.org
Khí tượng	-Lượng mưa, tổng bức xạ mặt trời, tốc độ gió -Nhiệt độ Max, Min, độ ẩm trung bình ngày	- Trung Tâm Thủy Văn sông Cửu Long - Trung tâm Khí tượng Hải Văn Phú Quốc

nước hồi quy ở ngày thứ i (mm).

4.2 Thu thập số liệu

4.2.1 Bản đồ và khí tượng

Bản đồ sử dụng đất và loại đất được thu thập từ nguồn Phòng Tài nguyên Môi trường huyện Phú Quốc (xem thêm thông tin trong Thông tư 30/2004/TT-MTNMT và Quyết định số 426/QĐ_UB ngày 17/03/2005 của UBND tỉnh Kiên Giang) (Bảng 1). Ngoài ra, mô hình cao trình số (DEM - digital elevation model) được thu thập từ (Trung tâm thông tin không gian (CGIAR-CSI)) đã được sử dụng trong nhiều nghiên cứu khác nhau trên thế giới (Narsimlu *et al.*, 2013; Mabel *et al.*, 2014) và được chứng minh là có tính ứng dụng cao (Lin *et al.*, 2012) (Hình 1). Số liệu mưa trung bình ngày có từ năm 1979 đến 2014 và các số liệu về tốc độ gió, độ ẩm, nhiệt độ, bức xạ mặt trời có từ năm 2000 đến 2007 (theo giá trị trung bình tháng). Số liệu khí tượng được tổng hợp tính toán để xây dựng WGN (Weather Generator) - hỗ trợ tạo ra các giá trị bị thiếu của một số thông số khí tượng có liên quan (Shrivastava *et al.*, 2004; Schuol *et al.*, 2008; Arnold *et al.*, 2012). Bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2010 và loại đất của Phú Quốc lần lượt thể hiện ở Hình 2a và Hình 2b.



Hình 2: Sử dụng đất năm 2010 (a) và loại đất (b) khu vực nghiên cứu

4.2.2 Số liệu thủy văn

Số liệu dòng chảy được đo đạc trong giai đoạn đầu mùa mưa (xét trong khoảng thời gian mưa từ ngày 13 đến ngày 20 tháng 6 năm 2014) làm cơ sở đánh giá kết quả mô hình. Qua khảo sát và so sánh kết quả đo đạc tại các vị trí đo đạc, nghiên cứu nhận thấy mặt cắt như Hình 1 ít bị ảnh hưởng bởi triều, phù hợp lựa chọn làm đầu ra hiệu chỉnh và kiểm định cho mô hình. Mặt cắt được đo bằng phương pháp căng dây - cắm cột hai bên bờ và căng dây ngang; thước đo được đặt vuông góc với dây tại mỗi vị trí, khoảng cách xác định cho hai vị trí đo độ sâu liên kế 3 m tại mỗi mặt cắt (Nguyễn Thanh Sơn và Đặng Quý Phương, 2003); Thời gian đo chu vi mặt cắt lúc nước ròng cạn và vận tốc dòng chảy nhỏ nhằm đảm bảo tính chính xác. Thước đo mực nước được đồng thời cố định tại mỗi mặt cắt. Lưu tốc dòng chảy được đo bằng máy đo lưu tốc kế, theo nguyên lý điểm vòng quay cánh quạt để tính lưu tốc dòng chảy, độ sâu h được xác định ở: 0,2 h, 0,6 h, 0,8 h. Vị trí đo lưu tốc được đánh dấu cố định tại nơi có độ sâu lớn nhất trên mặt cắt. Các vị trí lựa chọn thuyền bè ít qua lại và hạn chế hoạt động của người dân xung quanh. Mực nước và lưu tốc được ghi nhận theo giờ và tiến hành đồng loạt tại các vị trí mặt cắt khác nhau.

4.2.3 Thu thập số liệu từ phỏng vấn nông hộ

Nghiên cứu sử dụng phương pháp đánh giá có sự tham gia của người dân địa phương nhằm kiểm chứng lại kết quả xây dựng mô hình, các bước đánh giá chính bao gồm: (i) Xây dựng nội dung phỏng vấn dựa trên kết quả mô phỏng các kịch bản 1 (KB1), KB2, KB3 và khảo sát thực tế ở địa phương, (ii) Phỏng vấn 60 nông hộ trực tiếp khai thác và sử dụng nguồn nước tại địa phương (bao gồm cả giếng đào và giếng khoan) (iii) Xử lý kết quả phỏng vấn theo phương pháp thống kê, (iv) Tổng hợp, so sánh, đối chứng kết quả phỏng vấn với kết quả xây dựng mô hình và (v) Hiệu chỉnh lại mô hình được xây dựng nếu có sai khác.

4.2.4 Xây dựng kịch bản

KB1 được hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu dòng chảy thực đo trong tháng 6 năm 2014 nhằm xây dựng bộ thông số cho mô hình. Khảo sát hiện trạng sử dụng đất trong giai đoạn 2010-2014 cho thấy so với hiện trạng sử dụng đất 2010, sử dụng đất của năm 2014 không khác biệt đáng kể. Vì vậy, nghiên cứu sử dụng hiện trạng sử dụng đất năm 2010 để thiết lập kịch bản nền với số liệu khí tượng năm 2014. KB2 và KB3 xây dựng dựa trên hiện trạng sử dụng đất 2005 và 2010, Bảng 2 cụ thể ba

kịch bản xây dựng cho mô hình. Bên cạnh đó, số liệu khí tượng được sử dụng kết hợp giữa số liệu thực đo và mô phỏng từ WGN để mô phỏng dòng chảy cho KB2 và KB3.

Bảng 2: Các kịch bản được xây dựng cho mô hình

Kịch bản	SDD	Khí tượng	Mục tiêu
KB1	2010	2014	Xác định bộ thông số mô hình
KB2	2005	2005-2010	Đánh giá tác động của sự thay đổi sử dụng đất lên đặc tính thủy văn lưu vực
KB3	2010	2005-2010	

4.3 Thiết lập mô hình

4.3.1 Thiết lập mô hình

Mô phỏng SWAT cơ bản bao gồm hai bước chính:

– Bước một: định nghĩa lưu vực và các đơn vị thủy văn cho lưu vực. Bước này là cơ sở để hình thành hệ thống các tiểu lưu vực dựa trên phân chia cao độ DEM và mạng lưới sông suối. Tuy nhiên, số lượng các đơn vị thủy văn trong lưu vực cần được giới hạn để đơn giản cho công tác hiệu chỉnh mô hình. Ngưỡng giá trị thiết lập loại sử dụng đất, loại đất, độ dốc được thiết lập dựa trên diện tích các tiểu lưu vực sinh ra, giá trị lần lượt lựa chọn là 9%, 8%, 10%.

– Bước hai: Cập nhật số liệu thời tiết và thực hiện mô phỏng dòng chảy.

4.3.2 Đánh giá kết quả mô phỏng

Thuật toán SUF-2 (Sequential Uncertainty Fitting) trong SWAT - CUP kết hợp tối ưu hóa phân tích yếu tố không chắc chắn của nhiều thông số (Abbaspour *et al.*, 2004). SUF-2 cũng sử dụng nhiều hàm mục tiêu khác nhau để xem xét sự phù hợp giữa dòng chảy thực đo và mô phỏng khi hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Riêng ở nghiên cứu này, chỉ số Nash - Sutcliffe (NS) được lựa chọn để đánh giá. Nhìn chung, kết quả mô phỏng được chấp nhận khi hệ số chỉ số NS lớn hơn 0,5; NS trong khoảng từ 0,65 - 0,75 cho kết quả tốt và mô phỏng tối ưu khi NS trong khoảng 0,75 - 1 (Moriasiet *al.*, 2007; Nguyễn Thị Tịnh Âu *et al.*, 2013). Phương trình của hệ số NS có dạng:

$$NS = 1 - \frac{\sum_i (Q_m - Q_s)_i^2}{\sum_i (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2} \quad (2)$$

Trong đó

Q_m : giá trị dòng chảy thực đo; Q_s : giá trị dòng chảy mô phỏng; và $\bar{Q}_m$: trung bình dòng chảy thực đo

Phương pháp Gobal, đánh giá độ nhạy của thông số qua sự thay đổi của hàm mục tiêu được xác định. Chỉ tiêu đánh giá bao gồm: t-value (đánh giá mức độ nhạy, giá trị tuyệt đối càng cao thì thông số càng nhạy) và p-value (xác định ý nghĩa của độ nhạy, càng về 0 thông số càng quan trọng). Hàm tương quan hồi quy bằng phương pháp siêu lập phương latin (Latin Hypercube Sample - LHS (McKay & Beckman R 1979; Dalbey & Labs 2010; Cibirin & Sudheer 2010) sử dụng để lấy mẫu thực hiện so sánh và đánh giá.

$$g = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i b_i \quad (3)$$

Trong đó

b: giá trị tham số; và g: hàm mục tiêu.

4.3.3 Đánh giá các kịch bản

Chức năng hiệu chỉnh mô hình không có dòng chảy thực đo của SWAT - CUP được áp dụng. Phương pháp này nhằm xác nhận các thông số đã

Bảng 3: Kết quả các thông số chỉnh hiệu chỉnh mô hình

Thông tin cơ bản		Độ nhạy thông số		Giá trị hiệu chỉnh mô hình		
Tên thông số	Định nghĩa	t-Stat	P-Value	Mức định	Min	Max
v ALPHA_BF.gw	Hệ số triết giảm dòng chảy ngầm	-19,85	0,00	0,048	0,001	0,0012
r_CH_N(2).rte	Hệ số nhám dòng chảy trên sông chính	8,48	0,00	0,014	0,21	0,35
r_CH_K(2).rte	Độ dẫn thủy lực trong kênh	7,22	0,00	0	150	160
r_SOL_K(2).sol	Độ dẫn bão hòa thủy lực	-2,75	0,01	-	18,5	20
v SURLAG.Bsn	Hệ số trễ dòng chảy bề mặt	-2,51	0,01	2	0,17	0,232
r_CN2.mgt	Hệ số đường cong dòng chảy trong ở điều kiện ẩm mức hai	-14,00	0,03	-	-0,247	-0,189

Ghi chú: r là giá trị mức định a cộng thêm một khoảng giá trị ax, a(1+x); và v là giá trị hiện tại được thay thế bởi một giá trị mới

ALPHAL_BF là thông số có độ nhạy cao, với giá trị xác nhận từ 0,001 - 0,0012 phù hợp với khoảng giá trị đề nghị (0 - 1) trong mô hình SWAT. Kết quả này cho thấy khả năng cung cấp của nước ngầm cho hệ thống sông, suối không lớn và là một trong những nguyên nhân gây ra dòng chảy hạn chế vào mùa khô. Cùng với đó, 66% trong tổng số nông hộ được phỏng vấn chỉ ra rằng trong mùa khô, dòng chảy trên các hệ thống sông, suối bị hạn chế hoặc khô cạn. Trữ lượng khai thác ở các nguồn khác nhau có biến động đáng kể. Đối với giếng đào độ sâu trung bình từ 6 - 7 m trữ lượng khai thác giảm mạnh trong mùa khô. Hình 7b cho thấy, tỷ lệ thiếu nước ở giếng đào trong mùa khô lên đến 30%. Nguồn nước khác được sử dụng bao gồm nước mưa và các hệ thống sông suối, tỷ lệ thiếu nước trong nhóm này chiếm 16%. Trong khi đó, 88% tổng số nông hộ sử dụng giếng khoan có độ sâu trung bình từ 20 - 60 m, nguồn

hiệu chỉnh và kiểm định vào các kịch bản mô phỏng để đưa ra xu hướng biến động dòng chảy ở hai kịch bản sử dụng đất (KB2, KB3). Kết quả mô phỏng các kịch bản được đánh giá dựa vào dãy phân phối giá dòng chảy 95PPU theo phân phối siêu lập phương latin (Phạm Tiền Giang *et al.*, 2009; Cibirin & Sudheer 2010).

5 KẾT QUẢ

5.1 Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Giá trị hiệu chỉnh các thông số chỉnh được thể hiện qua Bảng 3; trong đó, t-Star dùng đánh giá mức độ nhạy của thông số và P-value để thể hiện mức ý nghĩa của thông số. Qua quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy, các thông số ALPHA_BF, CH_N2, CH_K2, SOL_K, SUR_LAG, CN2 được đánh giá là những thông số nhạy trong cả hai giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

nước khai thác ổn định quanh năm. Kết quả khảo sát nông hộ khá tương đồng với kết quả mô phỏng và cho thấy rằng, dòng chảy nước ngầm cung cấp trở lại hệ thống sông, suối khá nhỏ, nước ngầm dự trữ ở tầng nông dồi dào, đáp ứng đủ nguồn nước cho lưu vực trong cả mùa khô.

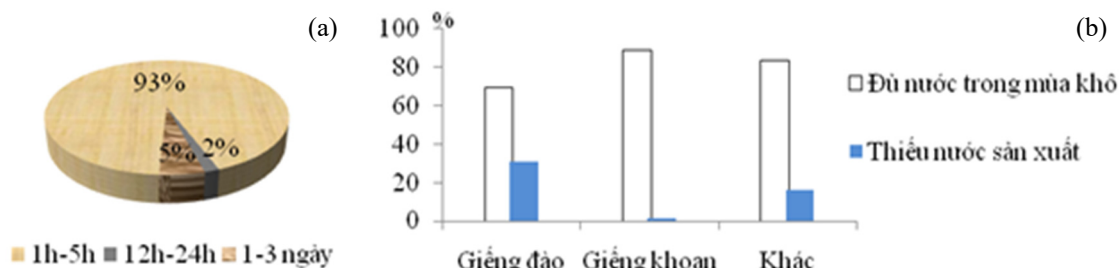
Hệ số nhám trong kênh là yếu tố gây tổn thất và cản trở quá trình tập trung dòng chảy. Giá trị xác nhận của CH_N2 từ 0,019 - 0,023 khoảng giá trị này phù hợp với (i) giá trị đề nghị giá trị n3 của Manning đối với lòng sông cát, kích thước hạt từ trung bình đến lớn và (ii) mặt cắt tại điểm xả bị ảnh hưởng bởi các công trình nhân tạo từ 15% - 50% giá trị đề nghị điều chỉnh các yếu tố ảnh hưởng đến mặt cắt kênh 0,02 - 0,03 (Aldridge and Garrett 1973; Chow, 1959).

Đối với lòng sông cát, kích thước hạt trung bình đến nhỏ pha lẫn bùn mức độ trung bình đến cao, độ

dẫn thủy lực CH₂ (mm/hr) trong khoảng 114-228 (U.S. Environmental Protection Agency, 1986; Horizonte 1993). Lane, (1983) cũng đề nghị, đối với lòng sông cát kích thước lớn, rất ít đá sỏi, CH₂ > 127. Trong điều kiện của sông Dương Đông, CH₂ phù hợp trong khoảng 150 - 160, CH₂ khá phù hợp khoảng đề nghị trong các nghiên cứu trước đó.

SUR_{LAG} phù hợp trong khoảng giá trị từ 0,17 - 0,232, tương ứng với thời gian tập trung dòng chảy trong lưu vực trong khoảng 4 - 5 giờ. Hệ số này phụ thuộc vào điều kiện bề mặt của lưu vực như các yếu tố sinh dòng chảy mặt (CN₂) và độ nhám bề mặt (OV_N). Phỏng vấn nông hộ cũng cho thấy thời gian từ khi mưa xuất hiện dòng chảy tràn đến

lúc dòng chảy thoát đi qua hệ thống thoát qua sông, suối) trong lưu vực trung bình khoảng 1 - 5 giờ (Hình 7a). Lượng nước bề mặt tập chung chủ yếu trong các tháng mùa mưa. Do thời gian tập trung ngắn ngập cục bộ thường xảy ra ở những khu vực ven sông các vùng đất trũng trong nội đồng. Tuy vậy, ngập thường kết thúc trong khoảng 1 - 3 ngày sau đó. Ngược lại, trong mùa khô, trữ lượng nước mặt bị hạn chế, hạn xảy ra với tần xuất không cao nhưng trong thời kỳ hạn lớn, nguồn nước cung cấp cho sản xuất nông nghiệp trở nên khó khăn ở một số khu vực có địa hình cao. Như vậy, kết quả hiệu chỉnh mô hình và phỏng vấn nông hộ đã cho thấy rằng thời gian tập trung dòng chảy của lưu vực khá ngắn, khả năng lưu giữ nước mặt khá thấp.



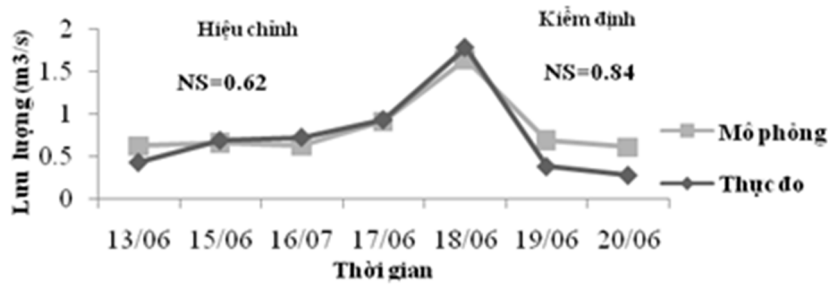
Hình 3: Thời gian thoát nước trong lưu vực (a); Khả năng đáp ứng của nguồn nước ở các nguồn cung cấp khác nhau trong mùa khô (b)

SOL_K chỉ phối chủ yếu đến quá trình thấm của nước mặt vào tầng chứa nước bão hòa. Giá trị xác nhận trong nghiên cứu từ 18,5-20 tương đương với khoảng giá trị từ 55-200 tùy vào từng loại đất và nhóm đất thủy văn. Trong nghiên cứu của Zimmermann *et al.* (2006) cũng cho rằng, nhóm đất rừng có độ bão hòa thủy lực dao động từ 50 - 212.

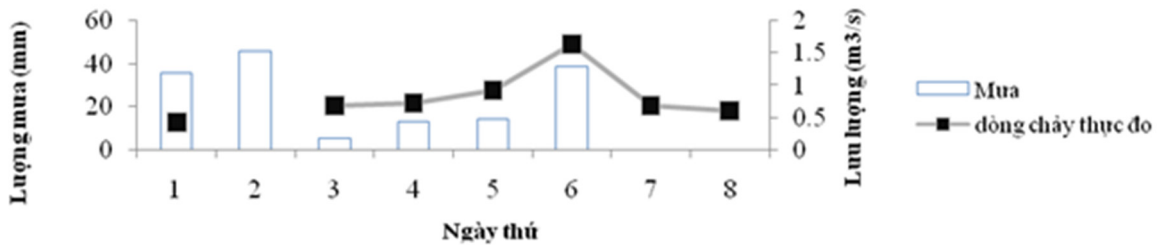
Chỉ số CN₂ ảnh hưởng trực tiếp lên khả năng sinh dòng chảy mặt. Lưu vực có diện tích rừng chiếm hơn 75% với ba nhóm đất thủy văn B, C, D, chỉ số CN trong nghiên cứu từ 55-78. CN₂ trong nghiên cứu so sánh với chỉ số sinh dòng chảy của SCS Engineer Division, 1986 là khá phù hợp. Bên cạnh đó, CN₂ cũng đồng thời có tính nhạy cảm cao trong mô hình. Do vậy, điều kiện sử dụng đất vừa ảnh hưởng trực tiếp đến dòng chảy bề mặt vừa gián tiếp đến thấm, dẫn của các tầng nước dưới đất.

Giá trị thực đo và mô phỏng có biên và pha dao

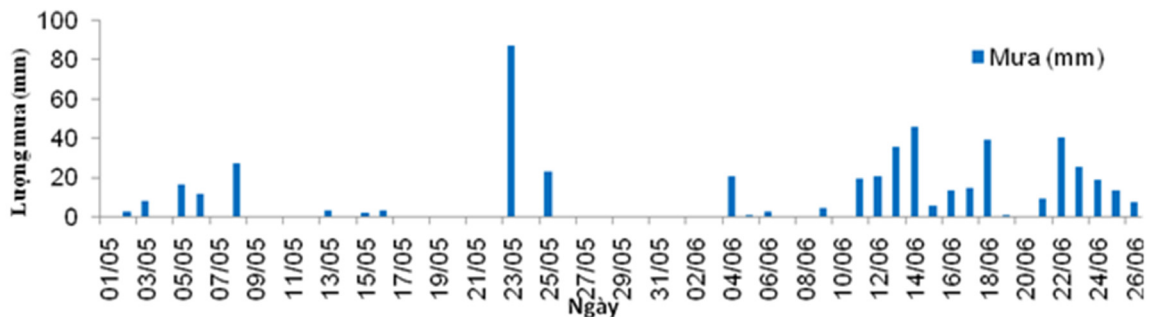
động tương đối phù hợp (Hình 4). Hệ số NS giai đoạn hiệu chỉnh đạt 0,62 kiểm định NS đạt 0,84. Tính tương quan giữa tổng lượng mưa và trung bình lưu lượng dòng chảy thực đo trong ngày (Hình 5) cho thấy, hầu hết các thời điểm tương quan giữa lượng mưa và dòng chảy đạt khá tốt. Riêng trong ngày 13/06 tuy lượng mưa khá cao 35,6 mm nhưng lưu lượng dòng chảy lại khá thấp so với các ngày còn lại, do (i) Thời gian từ tháng 5 - 6 là giai đoạn bắt đầu mùa mưa, dữ liệu mưa quan trắc cho thấy khoảng ngày 26/05 - 10/06 lượng mưa trên lưu vực không đáng kể, đất bị tác động bởi quá trình bốc hơi và thấm hút của thực vật nên tiềm năng thấm còn cao. Do đó, trong khoảng thời gian đầu xuất hiện mưa lượng nước này bị thấm giữ, (ii) Hoạt động của hồ chứa nước ở thượng nguồn cũng ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy trên sông và (iii) Mô hình cần có thời gian warm-up thiết lập để chạy ổn định, điều này có nghĩa thời gian đầu của hiệu chỉnh mô hình chứa nhiều sai số.



Hình 4: Tương quan dòng chảy mô phỏng và thực đo



Hình 5: Tương quan giữa dòng chảy và lượng mưa



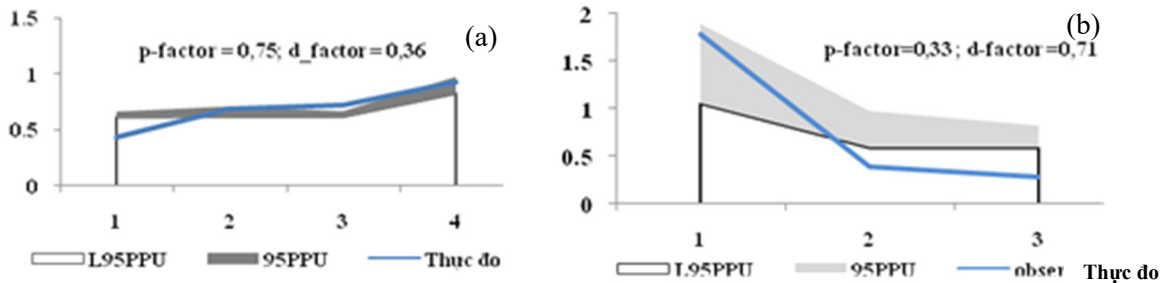
Hình 6: Phân bố lượng mưa từ tháng 5-6/2014

5.2 Đánh giá yếu tố không chắc chắn

Phân tích yếu tố chắc chắn kết quả mô hình được thực hiện nhằm đánh giá lại kết quả xây dựng, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình (Schuol *et al.*, 2008). Trong đó, P-factor thể hiện sự phân bố giá trị dòng chảy thực đo trong dãy 95PPU, P-factor tối ưu khi tiến tới 1 và d-factor đánh giá sự phù hợp giữa giá trị mô phỏng và thực đo, d-factor bằng 0 mô phỏng đạt tối ưu tuy nhiên trên thực tế khó đạt được điều này (Arnold *et al.*, 2012). Hình 7a thể hiện mức độ chắc chắn trong giai đoạn hiệu chỉnh mô hình; trong đó, p-factor đạt 0,75 thể hiện phần lớn dòng chảy thực đo đều nằm trong dãy 95PPU; d-factor ở mức 0,36 cho thấy độ rộng của

dãy 95PPU có thể chấp nhận. Kết quả này cho thấy tính chắc chắn ở giai đoạn hiệu chỉnh có thể chấp nhận và có ý nghĩa.

Tính chắc chắn trong giai đoạn kiểm định cũng đồng thời đáp ứng (Hình 7b) khi p-factor đạt 0,33, d-factor tiến ở mức 0,71. Tuy nhiên, đánh giá tính chắc chắn của mô hình vẫn tồn tại những hạn chế do (i) Mô hình chưa định lượng được tất cả các yếu tố trên mỗi lưu vực đặc thù (ii) Nguồn số liệu đầu vào hạn chế và (iii) Các hoạt động quản lý nguồn nước của con người trên lưu vực như điều hành hồ chứa và khai thác nguồn nước trên hệ thống sông chính, các hoạt động canh tác của người dân chưa được cập nhật đầy đủ khi thiết lập mô hình.



Hình 7: Tương quan tính chắc chắn của kết quả hiệu chỉnh (a) và kiểm định (b)

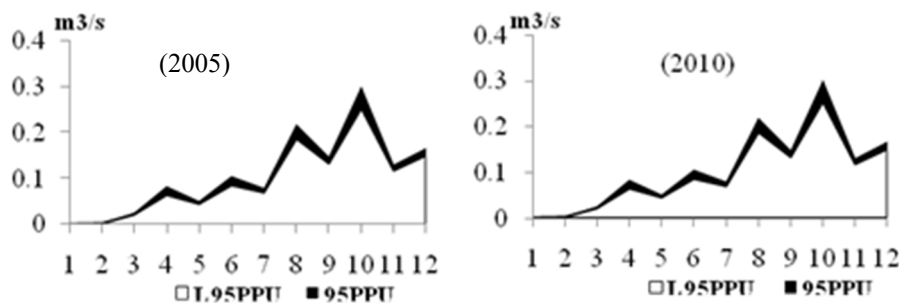
5.3 Ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất lên lưu vực nghiên cứu

Nghiên cứu chủ yếu xem xét ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất lên đặc tính dòng chảy bề mặt. Từ bộ thông số mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định ở KB1, kịch bản sử dụng đất được thiết lập. Do KB1 được xác nhận vào đầu mùa mưa khả năng giữ nước trong các lớp đất còn cao và khả năng tiếp nhận nguồn đầu vào của nước ngầm tầng nông là tối ưu nhất. Trong khi, cuối mùa mưa lượng nước chứa trong các tầng chứa bão hòa cao hơn so với giai đoạn đầu mùa mưa, kéo theo sự biến động đồng thời lên các yếu tố về đất và nước ngầm tầng nông. Bảng 4 thể hiện xu hướng biến động dòng chảy mặt ở hai giai đoạn đầu mùa mưa và cuối mùa mưa. Kết quả cho thấy so với thời kỳ cuối mùa mưa, những đợt mưa đầu mùa thấm chiếm ưu thế, tỷ lệ nông hộ phỏng vấn xác nhận trên 65%. Trong khi cuối mùa, 93% trên tổng số nông hộ được phỏng vấn cho rằng nước mưa chảy tràn bề mặt là chủ yếu. Do vậy, các kịch bản sử dụng đất chỉ xem xét trong cùng khoảng thời gian với kịch bản nền.

Hình 8 thể hiện dòng chảy biến động trong thời gian từ tháng 5,6 năm 2005 đến 5,6 năm 2010. Trên trục hoành 1,3,5,7,9,11 tương ứng với tháng 5. Các giá trị 2,4,6,8,10,12 tương ứng với tháng 6 của các năm, trục tung tương ứng với giá trị dòng chảy (m^3/s). Kết quả cho thấy ở hai kịch bản hiện trạng sử dụng đất có pha dao động khá tương đồng. Biên dao động đồng thời trong cùng khoảng giá trị ở các thời điểm tương ứng. Từ đó có thể kết luận rằng, hiện trạng sử dụng đất từ 2005 - 2010 dòng chảy trong lưu vực thay đổi không đáng kể. Sự biến động dòng chảy giữa các năm chủ yếu do phân phối lượng mưa đầu vào và lượng nước dự trữ trong các tầng chứa nước trong đất vào thời gian trước đó.

Bảng 4: % nông hộ phỏng vấn trả lời cho mỗi phương án

Chảy tràn	Mưa đầu mùa	Mưa cuối mùa
Thấm chủ yếu	65%	2%
Thấm và chảy tràn	2%	5%
Chảy tràn chiếm chủ yếu	33%	93%



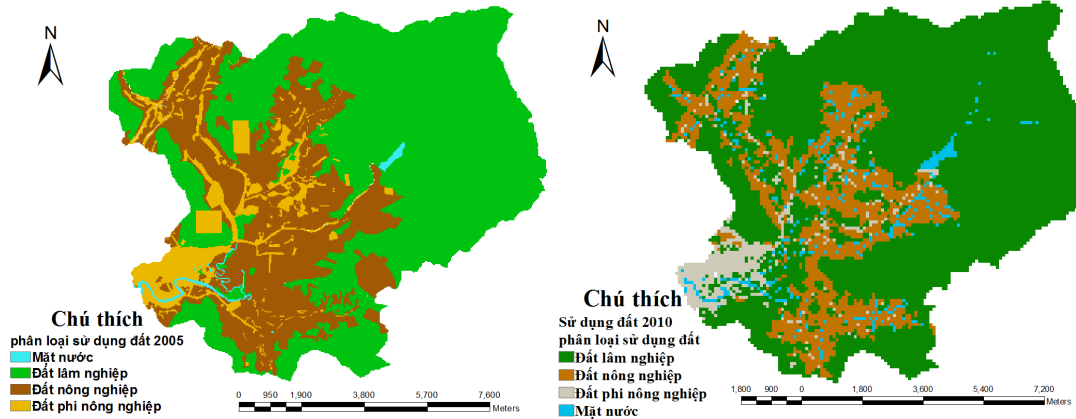
Hình 8: Xu hướng biến động dòng chảy ở hai kịch bản sử dụng đất

Kết quả trên cũng phản ánh xu hướng thay đổi sử dụng đất từ năm 2005 đến 2010. Trong khi, diện tích rừng đặc dụng có xu hướng mở rộng (2,77%) thì diện tích rừng phòng hộ giảm mạnh (7,11%).

Đất trồng cây công nghiệp và lâm nghiệp tăng nhanh (18,04%), phần lớn chuyển đổi từ đất rừng và đất nông nghiệp. Diện tích đất vườn cũng giảm trong giai đoạn này từ 7,46% xuống chỉ còn 0,4%.

Mặt nước mở rộng từ 0,3% lên 2,94% trên tổng diện tích lưu vực do nâng cấp hồ chứa và phát triển thêm hệ thống kênh. Tuy nhiên, đất phi nông nghiệp có xu hướng giảm do một số khu vực đất quốc phòng được quy hoạch lại. Khái quát chuyển đổi giữa các loại sử dụng đất được thể hiện ở Hình

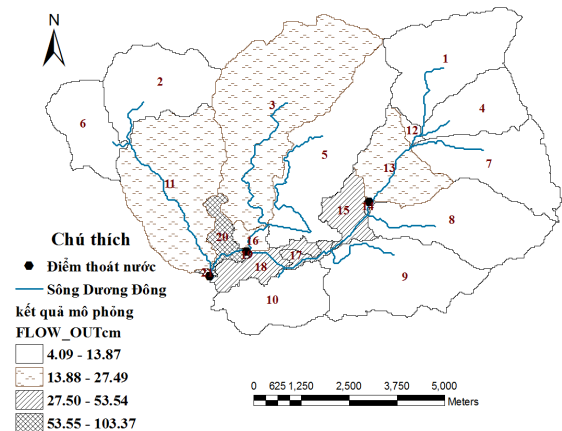
9. Bên cạnh đó, 98% nông hộ được phỏng vấn cho biết hiện trạng sử dụng đất giai đoạn 2005-2014 thay đổi không đáng kể. Cùng với đó, biến động trữ lượng nước trong lưu vực cũng chưa nhận thấy sự khác biệt giữa hiện tại và thời điểm năm 2005.



Hình 9: Hiện trạng sử dụng đất năm 2005 và 2010

5.4 Phân phối nguồn nước trong lưu vực

Sự phân phối nguồn nước trong lưu vực phản ánh được điều kiện lớp phủ thực vật, loại đất và phân bố độ dốc (nghiên cứu không đề cập sâu đến yếu tố địa chất của lưu vực). Những khu vực rừng phát triển, dòng chảy mặt bị hạn chế, tạo đầu vào ổn định hơn cho quá trình thấm của đất, tăng lượng nước dự trữ ở các tầng chứa nước ngầm tầng nông và tầng sâu. Kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy cho thấy, khu vực tiểu lưu vực thứ 21, 20 là những vùng có nguồn nước mặt dồi dào (Hình 10). Khu vực này có địa hình tương đối thấp, chủ yếu là các khu dân cư, đất trồng các loại cây công nghiệp và một phần diện tích rừng phòng hộ xen kẽ các khu đồng cỏ. Phần lớn diện tích các tiểu lưu vực còn lại nằm trong khu rừng đặc dụng - vườn Quốc gia Phú Quốc, diện tích mặt nước không lớn trừ khu vực hồ chứa nước Dương Đông phân nhiều nằm trong tiểu lưu vực số 13. Hệ thống sông, suối nhỏ trữ lượng dòng chảy không đáng kể, các khu lung, bèo nằm xen kẽ tăng khả năng tích trữ nước mặt. Tuy nhiên, hầu hết nước ở các hệ thống suối, ao, đầm diện tích không lớn và phân phối không đồng đều giữa hai mùa.



Hình 10: Phân phối nguồn nước trong lưu vực

6 KẾT LUẬN

Nghiên cứu mô tả những đặc trưng thủy văn cơ bản ở lưu vực sông Dương Đông; theo đó, hệ số chiết giảm dòng chảy ngầm (ALPHAL_BF) có ảnh hưởng đáng kể đến lưu lượng dòng chảy mặt trên các hệ thống sông, suối và tiềm năng nước dưới đất. Đây là một trong những nguyên nhân làm hạn chế dòng chảy mặt trong mùa khô. Bên cạnh

đó, đặc tính đất và điều kiện lớp thực phủ cũng chi phối quá trình điều tiết của dòng chảy mặt trong lưu vực. SUR - LAG là yếu tố quan trọng chi phối đến thời gian tập trung dòng chảy bề mặt, quá trình này sẽ diễn ra nhanh hơn khi hệ số nhám bề mặt giảm và chỉ số sinh dòng chảy tăng. Cùng với địa hình dốc, hệ thống sông suối phân bố khá dày, ngăn tạo điều kiện cho quá trình thoát nước nhanh hơn, khả năng lưu trữ nước mặt kém. Kết quả xây dựng kịch bản sử dụng đất đai với bộ thông số mô hình cho thấy, thay đổi hiện trạng sử dụng đất của năm 2005 và 2010 chưa ảnh hưởng đáng kể lên chế độ dòng chảy của lưu vực. Tuy nhiên, khi diện tích rừng phòng hộ bị thu hẹp và mật độ dân cư gia tăng thì sự thay đổi dòng chảy bề mặt cần được xem xét. Ngoài ra, trên thực tế biến động sử dụng đất là quá trình thay đổi, do đó cần có nhiều cơ sở để đánh giá thay đổi dòng chảy từng kịch bản qua các năm. Việc đưa ra dự báo cụ thể giá trị lưu lượng, mô hình cần hiệu chỉnh với số liệu thực đo dòng chảy đủ dài và số liệu khí tượng đầu vào chi tiết hơn.

Nghiên cứu góp phần khẳng định khả năng ứng dụng của mô hình toán thủy văn SWAT ở những khu vực điều kiện nghiên cứu bị hạn chế về mặt số liệu (bao gồm số liệu đầu vào để xây dựng mô hình, số liệu đầu ra để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình). Do tồn tại một số giới hạn, nghiên cứu chưa bao hàm hết tất cả các yếu tố (lịch hoạt động của hồ chứa nước Dương Đông, thủy triều) tác động lên dòng chảy, nhất là các khu vực gần cửa sông và do vậy cần có những nghiên cứu sâu hơn về sau để đánh giá tác động của chế độ triều lên dòng chảy khu vực hạ lưu của lưu vực thông qua ứng dụng mô hình thủy lực.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo này được viết thông qua tài trợ của Chương trình Hỗ trợ Tài năng Trẻ "Vì an ninh tài nguyên nước" của công ty TNHH Nhà máy Bia Việt Nam (VBL).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abbaspour, K.C., Johnson, C.A. & Genuchten, V., 2004. Estimating uncertain flow and transport parameters using a sequential uncertainty fitting procedure. 1352, 1340–1352.
- Aldridge, B.N., and Garrett, J.M., 1973. Roughness coefficients for stream channels in Arizona. U.S. Geological Survey Open-File Report. 87pp.

- Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., Haney, E.B., Neitsch, S.L., 2012. Soil & Water Assessment Tool.
- Chow, V., 1959. Open-channel hydraulics, (New York, McGraw-Hill Book). 680pp.
- UBND tỉnh Kiên Giang., 1998. Chỉ thị số 25/CT-UB ngày 31/12/1998 của UBND tỉnh Kiên Giang về việc lập quy hoạch sử dụng đất cho các đơn vị hành chính trên địa bàn tỉnh Kiên Giang.
- Cibin, R. & Sudheer, K.P., 2010. Sensitivity and identifiability of stream flow generation parameters of the SWAT model.
- Dalbey, K.R. & Labs, S.N., 2010. Fast Generation of Space-filling Latin Hypercube Sample Designs. , (September).
- Huỳnh Văn Định., 2010. *Chuyển đổi bản đồ sử dụng đất sang hệ thống phân loại WRB và một số đặc tính hóa học đất vườn trồng tiêu tại huyện Phú Quốc tỉnh Kiên Giang*. Đại học Cần Thơ.
- J. G. Arnold, D. N. Moriasi, P. W. Gassman, K. C. Abbaspour, M. J. White, R. Srinivasan, C. Santhi, R. D. Harmel, A. van Griensven, M. W. Van Liew, N. Kannan, M. K. Jha., 2012, SWAT: Model use Calibration and Validation, the Soil & Water Division of ASABE, 55(4), 1491-1508.L.
- Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams., 2009. Soil & Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009.
- Horizonte, B., 1993. Loureiro is associated with Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, Brazil, and Chia with the Department of Geology, Taiwan University, Taiwan, Republic of China.
- Lane, L.J., 1983. Chapter 19: Transmission Losses, SCS – National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. US Government Printing Office, Washington, DC. 19. 1–19. 21pp.
- Lin, Shengpan Jing, Changwei Coles, Neil a. Chaplot, Vincent Moore, Nathan J.Wu, Jiaping., 2012. Evaluating DEM source and resolution uncertainties in the Soil and Water Assessment Tool. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 27(1), 209–221.
- Mabel, L., Gironás, J. & Fernández, B., 2014. Spatial estimation of daily precipitation in regions with complex relief and scarce data

- using terrain orientation. *Journal of Hydrology*, 517,481–492.
- McKay M, Beckman R, C.W., 1979. A comparison of three methods for selecting values of input variables in the analysis of output from a computer code. *Technometrics*, 239–245.
- Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *of the ASABE 50 (3)*, pp.885–900.
- Muleta, M.K. & Nicklow, J.W., 2005. Sensitivity and uncertainty analysis coupled with automatic calibration for a distributed watershed model. *Journal of Hydrology*, 306(1-4), 127–145.
- Narsimlu, B., Gosain, A.K. & Chahar, B.R., 2013. Assessment of Future Climate Change Impacts on Water Resources of Upper Sind River Basin, India Using SWAT Model. *Water Resources Management*, 27(10), 3647–3662.
- Ndomba, P., Mtalo, F. & Killingtveit, A., 2008. SWAT model application in a data scarce tropical complex catchment in Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 33(8-13), 626–632.
- Nguyễn Thị Tịnh Âu, Nguyễn Duy Liêm, Nguyễn Kim Lợi., 2013. Ứng dụng mô hình SWAT và công nghệ GIS đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Đắc Bla. (Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường), 1–13.
- Nguyễn Thanh Sơn, Đặng Quý Phương., 2003. Đo đạc và chỉnh lý số liệu thủy văn. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội 2003, 13-35
- Phạm Tiền Giang, Daniel van Putten, Phạm Thu Hiền., 2009. Công nghệ dự báo lũ khi xét đến tính bất định của mô hình thủy văn: Cơ sở lý thuyết. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 403–411.
- PVQH & TKNN và Phòng TN & MT huyện Phú Quốc., 2006. Báo cáo thuyết minh tổng hợp Điều chỉnh, Bổ sung Quy hoạch sử dụng đất đai đến năm 2015, kế hoạch sử dụng đất năm 2006-2010 và tầm nhìn đến năm 2020 của huyện Phú Quốc - tỉnh Kiên Giang.
- BTNMT, 2005., Quyết định số 04/2005/QĐ-BTNMT (V/v ban hành quy trình lập và điều chỉnh quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất).
- UBND tỉnh Kiên Giang., 2005. Quyết định số 426/QĐ-UB ngày 17/03/2005 của UBND Tỉnh về việc dự án lập quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất ở 2 cấp huyện và xã thuộc huyện Phú Quốc.
- Chuol, J., K. C. Abbaspour, R. Srinivasan, and H. Yang., 2008. Estimation of freshwater availability in the West African sub-continent using the SWAT hydrologic model. *Journal of Hydrology*, 352(1-2), 30–49.
- Shrivastava, P.K., Tripathi, M.P. & Das, S.N., 2004. Hydrological modelling of a small watershed using satellite data and gis technique. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 32(2), 145–157.
- Thái Thành Lượm, Nguyễn Xuân Niêm, Nguyễn Phong Vân., 2012. Phú Quốc Tài Nguyên và Môi Trường. Nhà xuất bản Khoa Học và Kỹ Thuật, 33–35.
- U.S. Environmental Protection Agency., 1986. Method 9100: Saturated Hydraulic Conductivity, Saturated Leachate Conductivity, and Intrinsic Permeability," in Test Methods for Evaluating Solid Waste. *Laboratory Manual Physical/Chemical Methods, EPA SW-846*, Washington, D.C. Part 3 of 4, 3rd ed pp.
- Zhang, X., Srinivasan, R. & Bosch, D., 2009. Calibration and uncertainty analysis of the SWAT model using Genetic Algorithms and Bayesian Model Averaging. *Journal of Hydrology*, 374(3-4), 307–317.
- Zhang, X., Xu, Y.-P. & Fu, G., 2014. Uncertainties in SWAT extreme flow simulation under climate change. *Journal of Hydrology*, 515, 205–222.
- Zimmermann, B., Elsenbeer, H. & De Moraes, J.M., 2006. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: Implications for runoff generation. *Forest Ecology and Management*, 222(1-3), 29–38.
- <http://www.wetlandstudies.com/wetlandstudies/resources-regulations/additional-resources/wetland-mitigation/Guide For Selecting Mannings Roughness Coefficients.pdf> (accessed on 2/11/2014)