

Mô hình hóa dòng chảy và chất lượng nước mặt của hệ thống sông 3S (Sê Kông, Sê San và Sêrêpôk)

- Nguyễn Thị Thùy Trang
- Đào Nguyên Khôi

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 29 tháng 07 năm 2015, nhận đăng ngày 14 tháng 04 năm 2016)

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước của hệ thống sông 3S (Sê Kông, Sê San, Sêrêpôk) bằng mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool - Công cụ đánh giá đất và nước). Lưu vực với loại hình sử dụng đất chính là lâm nghiệp và nông nghiệp, do đó nitrogen tổng và photphorus tổng là hai thông số được sử dụng đánh giá chất lượng nước. Mô hình được hiệu chỉnh bằng phương pháp SUFI-2 tích hợp trong mô hình SWAT-CUP. Hiệu quả mô phỏng được đánh giá

bằng các chỉ số R^2 , NSE và PBIAS. Kết quả cho thấy mô hình SWAT mô phỏng khá tốt dòng chảy và chất lượng nước cho khu vực nghiên cứu. Điều này được thể hiện bằng các giá trị R^2 và NSE lớn hơn 0,5 trừ trạm Attapeu và Kontum; PBIAS nhỏ hơn 10 % đối với dòng chảy và 35 % đối với chất lượng nước. Mô hình hiệu chỉnh tốt này có thể được áp dụng trong dự báo dòng chảy và chất lượng nước của lưu vực 3S trong tương lai, và là công cụ hỗ trợ cho công tác quản lý tài nguyên nước lưu vực sông hiệu quả hơn.

Từ khóa: lưu vực 3S, chất lượng nước, dòng chảy, SWAT, SWAT-CUP

MỞ ĐẦU

Hệ thống sông 3S (Sê Kông, Sê San, Sêrêpôk) là nhánh sông lớn nhất của hệ thống Hạ lưu sông Mê Kông, nằm trên ba quốc gia Việt Nam, Lào và Campuchia. 3S đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế xã hội của vùng 3S. Hơn thế nữa, dòng chảy và chất lượng nước từ lưu vực 3S cũng ảnh hưởng các sự phát triển các vùng hạ lưu chẳng hạn như đồng bằng sông Cửu Long – vựa lúa lớn nhất của Việt Nam. Trên thực tế, chất lượng nước sông ở lưu vực 3S đang suy giảm (IUCN, 2014). photphorus (P) và nitrogen (N) phát thải từ hoạt động sản xuất nông nghiệp là nguyên nhân chính gây ra hiện tượng phú dưỡng hóa, giảm DO trong nước và ảnh hưởng đến đời sống thủy sinh

[3]. Chất lượng nước kém sẽ ảnh hưởng đến hoạt động kinh tế xã hội và tệ hơn là gây ra nhiều dịch bệnh nghiêm trọng cho con người. Vùng phát thải ô nhiễm là thượng nguồn sông Sê San và Sêrêpôk thuộc Việt Nam, hai vùng này có dân cư tập trung đông với hoạt động nông – công nghiệp phát triển mạnh. Tuy nhiên, khu vực chịu ảnh hưởng nặng nề ô nhiễm nằm ở hạ nguồn lưu vực 3S thuộc Campuchia. Như vậy, hoạt động sản xuất, xả thải chất thải của quốc gia này đã ảnh hưởng và tạo áp lực cho quốc gia khác đối với một lưu vực xuyên quốc gia.

Để có chính sách phù hợp nhằm quản lý tốt việc chất lượng nước mặt cho lưu vực 3S, cần xác định được quốc gia nào đóng góp nhiều nhất

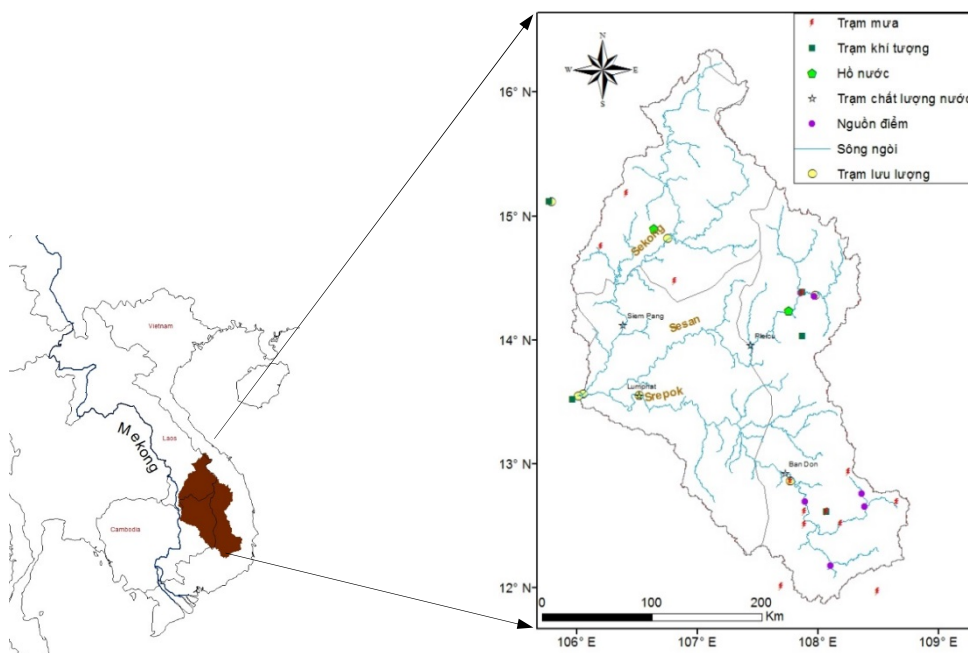
vào việc gây ra ô nhiễm nước sông. Lưu lượng dòng chảy cũng như chất lượng nước sông sẽ được tính toán tại bất kì vị trí nào trên dòng chảy thông qua việc áp dụng mô hình thủy văn. Có nhiều mô hình thủy văn có thể giải quyết bài toán này như các mô hình AGNPS, AnnAGNPS, HSPF, MIKE SHE, SWAT. Trong các mô hình nêu trên thì mô hình SWAT được lựa chọn cho nghiên cứu này vì mô hình này đã chứng minh được khả năng mô phỏng dòng chảy, chất dinh dưỡng cho các lưu vực khác nhau và được áp dụng thành công ở nhiều lưu vực (Xem cơ sở dữ liệu các bài báo khoa học về SWAT: https://www.card.iastate.edu/swat_articles/). Bên cạnh đó, đây là mô hình miễn phí và được tích hợp trên giao diện GIS nên thuận tiện cho người sử dụng trong công tác chuẩn bị số liệu đầu vào và trình bày kết quả.

Mục tiêu của nghiên cứu này là mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước cho lưu vực 3S. Kết quả của nghiên cứu này có thể là tài liệu tham khảo cho các nhà hoạch định chính sách trong công tác quản lý tài nguyên nước và phát triển kinh tế xã hội của vùng.

PHƯƠNG PHÁP

Khu vực nghiên cứu

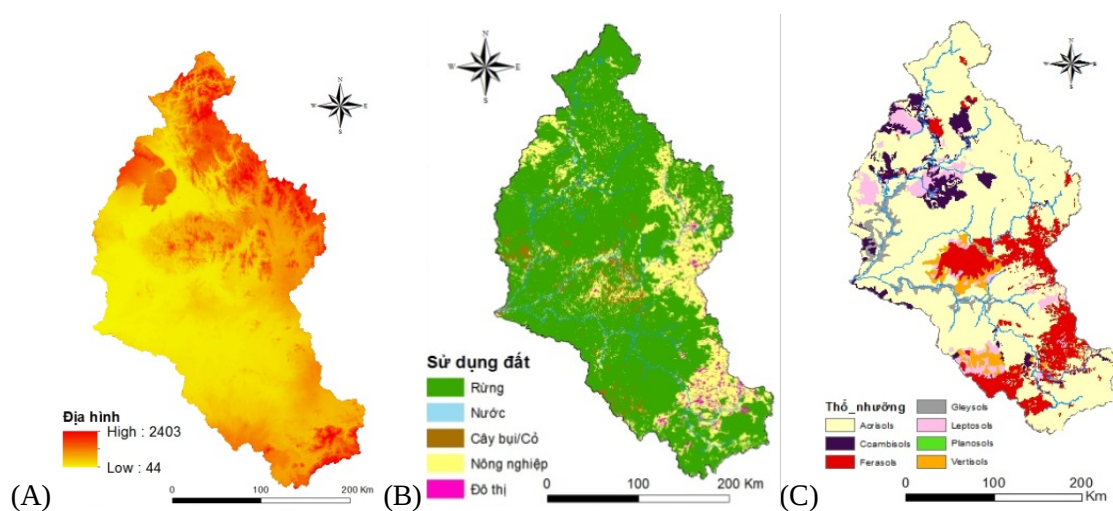
Lưu vực 3S nằm ở phía Tây Nam của lưu vực Mê Kông, có vị trí địa lý nằm trong khoảng $11^{\circ}45' - 16^{\circ}30'$ vĩ độ Bắc và $106^{\circ} - 109^{\circ}$ kinh độ Đông (Hình 1). Với diện tích hơn 78.000 km², chiếm khoảng 10 % tổng diện tích lưu vực sông Mê Kông, lưu vực 3S trải dài trên lãnh thổ của 3 quốc gia Việt Nam (4 tỉnh), Lào (2 tỉnh) và Campuchia (3 tỉnh). Với dân số hơn 3,5 triệu người, mật độ trung bình 45 người/km². Dân cư tập trung đông nhất ở thượng nguồn Sê San và Sêrêpôk trên lãnh thổ Việt Nam. Sông Sêrêpôk và Sê San bắt nguồn từ Tây Nguyên, Việt Nam, Sê Kông có thượng nguồn ở núi Annamite, Lào. Sêrêpôk và Sê San hợp lưu với Sê Kông tại nơi cách Stung Treng trên sông chính khoảng 40 km. Dòng chảy hàng năm khoảng 2,386 m³/s, chiếm gần 16 % tổng lượng dòng chảy của sông Mê Kông [8]. Lưu vực có độ cao địa hình từ 80 m đến 2.040 m (Hình 2A), thuộc vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, có độ ẩm cao từ 82–85 %, tổng lượng mưa trung bình hàng năm là 1674 mm. Trong đó, 79,8 % tổng lượng mưa năm tập trung vào mùa mưa (tháng 5 – tháng 10). Nhiệt độ trung bình năm dao động 20,8 °C đến 26,4 °C.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và vị trí các trạm khí tượng thủy văn, chất lượng nước và nguồn thải điểm

Có năm loại hình sử dụng đất chính trong lưu vực bao gồm đất rừng, đất nông nghiệp, đất cây bụi và cỏ, đất đô thị và diện tích mặt nước (Hình 2B). Trong đó đất rừng (78,76 %) và đất nông nghiệp (13,2 %) là 2 loại hình sử dụng chủ yếu ở lưu vực 3S. Về thổ nhưỡng, trên lưu vực có 7

nhóm đất chính bao gồm đất xám (Acrisols), đất mới biến đổi (Cambisols), đất đỏ (Ferrasols), đất xám Gley (Gleysols), đất xói mòn tro sỏi đá (Leptosols), đất có tầng sét chặt (Planosols), và đất nứt nẻ (Vertisols) (Hình 2C).



Hình 2. Bản đồ độ dốc địa hình (A), sử dụng đất (B), thổ nhưỡng (C)

Phương pháp nghiên cứu

Cơ sở lý thuyết mô hình SWAT

SWAT (Công cụ đánh giá đất và nước) là mô hình thủy văn bán phân bố được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu về lưu lượng và chất lượng nước cho quy mô lưu vực sông. Mô hình được xây dựng dựa trên nền các quan hệ bản chất vật lý của các hiện tượng tự nhiên. Mô hình tính toán, mô phỏng cho chu trình nước và các chất dinh dưỡng dựa trên bước thời gian hàng tháng hoặc hàng ngày. Trong thực tế, các lưu vực sông có sự phân bố không gian không đồng nhất. Do đó, để tăng độ chính xác trong tính toán, những lưu vực này được chia ra thành nhiều tiểu lưu vực, sau đó là đơn vị thủy văn (HRU) dựa trên đặc tính đồng nhất về sử dụng đất và thổ nhưỡng. Các tính toán dòng chảy và chất dinh dưỡng được thực hiện trên từng đơn vị thủy văn. Mô hình đã sử dụng phương pháp Muskingum cho tính toán dòng chảy. Trong SWAT, dòng chảy được chia thành 3 pha: pha bề mặt đất, pha dưới mặt đất (sát mặt, ngầm) và pha trong sông. Chu trình thủy văn được mô phỏng trong SWAT dựa trên phương trình cân bằng (1).

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

trong đó SW_t là tổng lượng nước tại cuối thời đoạn tính toán (mm), SW_0 là tổng lượng nước ban đầu (mm), t là thời gian (ngày), R_{day} là tổng lượng mưa tại ngày thứ i (mm), Q_{surf} là tổng lượng nước mặt tại ngày thứ i (mm), E_a là tổng lượng bốc thoát hơi tại ngày thứ i (mm), w_{seep} là lượng nước đi vào tầng ngầm tại ngày thứ i (mm) và Q_{gw} là lượng nước ngầm tại ngày thứ i (mm).

SWAT mô phỏng chu trình nitrogen và photphorus trong phần diện đất và nước ngầm tầng nông. Các chất dinh dưỡng (nitrogen và photphorus) trong đất có được là từ nhiều nguồn,

trong đó có dư lượng phân bón hóa học, phân xanh trong hoạt động nông nghiệp, nước mưa và nước thải sinh. Các chất này có thể loại bỏ do cây hấp thụ và các quá trình xói mòn đất, bốc hơi v.v... Chi tiết về cơ sở lý thuyết mô hình SWAT được trình bày trong báo cáo của Neitsch và ctv (2011).

Thiết lập mô hình

Bảng 1 trình bày số liệu đầu vào của mô hình SWAT bao gồm số liệu về khí tượng thủy văn, chất lượng nước, địa hình, thổ nhưỡng, sử dụng đất, và mật độ dân số của lưu vực 3S. Các số liệu này được thu thập từ Trung tâm Dịch vụ Thông tin và Dữ liệu của Ủy ban sông Mê Kông (MRC) (<http://portal.mrcmekong.org/index>) và Trung tâm Dữ liệu Khí tượng Thủy văn Quốc Gia (HMDC). Bản đồ độ dốc, bản đồ sử dụng đất năm 2003 và bản đồ phân loại đất với độ phân giải 250 x 250 m được sử dụng trong nghiên cứu này. Các số liệu hàng ngày của thông số khí tượng được thu thập trong 28 năm trong giai đoạn 1981–2008, lưu lượng dòng chảy ngày được thu thập từ 6 trạm trong giai đoạn 1994–2008. Số liệu chất lượng nước (nitrogen và photphorus) được thu thập tại 4 trạm trong khoảng thời gian 2004–2008 từ Trung tâm Dịch vụ Thông tin và Dữ liệu của Ủy ban sông Mê Kông (MRC) (<http://portal.mrcmekong.org/index>) và Trung tâm Dữ liệu Khí tượng Thủy văn Quốc Gia (HMDC).

Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định cho dòng chảy và chất lượng nước bằng công cụ SWAT-CUP với phương pháp SUFI-2 (Sequential Uncertainty Fitting version 2) [1]. Hiệu chỉnh dòng chảy thực hiện trong thời gian 2000–2005, chất lượng nước trong thời gian 2004–2006. Kiểm định dòng chảy thực hiện trong thời gian 1994–1999 và chất lượng nước trong thời gian 2007–2008.

Bảng 1. Số liệu đầu vào của mô hình SWAT

STT	Dữ liệu	Nguồn	Mô tả	Thời gian
1	Sử dụng đất	MRC	Bản đồ sử dụng đất, 250 m	2003
2	DEM	MRC	Bản đồ mô hình số độ cao, 250 m	-
3	Thổ nhưỡng	MRC	Bản đồ các loại đất, 250 m	-
4	Dữ liệu khí tượng	MRC, HMDC	Dữ liệu ngày về yếu tố lượng mưa, nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất	1981–2008
5	Dữ liệu lưu lượng	MRC, HMDC	Dữ liệu ngày về yếu tố lưu lượng dòng chảy, 6 trạm	1994–2008
6	Dữ liệu chất lượng nước	MRC	Dữ liệu tháng về nồng độ NO_3^- , NH_4^+ và P	2004–2008

Đánh giá mô hình

Hiệu quả mô phỏng của mô hình SWAT được đánh giá dựa trên 3 thông số: hệ số tương quan (R^2), chỉ số hiệu quả Nash-Sutcliffe (NSE), phần trăm sai số (PBIAS). Kết quả mô phỏng được xem là chấp nhận được khi giá trị R^2 và

NSE lớn hơn 0,5 đối với mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước, PBIAS nhỏ hơn 25 % đối với mô phỏng dòng chảy và PBIAS nhỏ hơn 70 % đối với mô phỏng nitrogen và photphorus. Chi tiết về thang đo hiệu quả mô phỏng được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Thang đánh giá hiệu quả mô phỏng [6]

Cấp độ	NSE	PBIAS (%)	
		Dòng chảy	N, P
Rất tốt	$0.75 < \text{NSE} \leq 1.00$	$\text{PBIAS} \leq \pm 10$	$\text{PBIAS} \leq \pm 25$
Tốt	$0.65 < \text{NSE} \leq 0.75$	$\pm 10 \leq \text{PBIAS} \leq \pm 15$	$\pm 25 \leq \text{PBIAS} \leq \pm 40$
Chấp nhận được	$0.50 < \text{NSE} \leq 0.65$	$\pm 15 \leq \text{PBIAS} \leq \pm 25$	$\pm 40 \leq \text{PBIAS} \leq \pm 70$
Không đạt	$\text{NSE} \leq 0.65$	$\text{PBIAS} \geq \pm 25$	$\text{PBIAS} \geq \pm 70$

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**Hiệu chỉnh và kiểm định cho dòng chảy**

Nồng độ và tải lượng các chất trong môi trường nước bị ảnh hưởng bởi lưu lượng dòng chảy. Do đó, hiệu chỉnh mô hình SWAT cho mô phỏng dòng chảy phải được thực hiện trước. Trước khi tiến hành hiệu chỉnh thì phân tích độ nhạy được tiến hành trước để lựa chọn các thông số nhạy nhất nhằm tiết kiệm thời gian hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Sau khi phân tích độ nhạy của 20 thông số, SWAT-CUP cho ra 10 thông số có ảnh hưởng mạnh nhất đến kết quả mô phỏng dòng chảy của mô hình (Bảng 3). Các thông số đó là chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II (CN2),

độ dẫn thủy lực trong trường hợp bão hòa (SOL_K), độ dày lớp đất (SOL_Z), độ che phủ lớn nhất (CANMX), hệ số tiết giảm dòng chảy ngầm (ALPHA_BF), thời gian trễ dòng chảy ngầm (GW_DELAY), hệ số dẫn thủy lực của kênh chính (CH_K2), suất phản chiếu đất ẩm (SOL_ALB), hệ số độ nhám cho kênh chính (CH_N2), và chiều dài của tiểu lưu vực (SLSUBBSN). Thông số CN2 có độ nhạy cao nhất đối với mô phỏng dòng chảy. Thông số này cho biết tỷ lệ dòng chảy tràn và tỷ lệ nước thấm xuống đất thông qua hàm số của sử dụng đất, độ ẩm và nhóm đất [5].

Bảng 3. Bộ thông số của mô hình sau khi hiệu chỉnh mô hình cho dòng chảy

Thông số	Mô tả	Khoảng giá trị	Giá trị
r_CN2	Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II	-0,2 – 0,2	0,2
r_SOL_K	Độ dẫn thủy lực trong trường hợp bão hòa	-0,3 – 0,3	0,0
r_SOL_Z	Độ dày lớp đất (mm)	-0,5 – 0,5	0,0
v_CANMX	Độ che phủ lớn nhất	0 – 10	8,9
v_ALPHA_BF	Hệ số tiết giảm dòng chảy ngầm (ngày)	0,6 – 1,0	0,9
v_GW_DELAY	Thời gian trễ dòng chảy ngầm (ngày)	40 – 50	50
v_CH_K2	Hệ số dẫn thủy lực của kênh chính [mm/giờ]	70 – 150	147
v_CH_N2	Hệ số nhám của kênh chính	5 – 10	6,0
v_SOL_ALB	Suất phản chiếu đất ẩm	0 – 0,25	0,13
v_SLSUBBSN	Chiều dài độ dốc trung bình	30–150	143

v_ thay thế cho giá trị ban đầu; r_Nhân (1 + giá trị hiệu chỉnh) với giá trị ban đầu

Trong hiệu chỉnh dòng chảy, tác giả sử dụng số liệu quan trắc trong giai đoạn 2000–2005 tại 4 trạm phân bố đều trên 3 lưu vực Sê Kông (1 trạm), Sê San (1 trạm) và Sêrêpôk (2 trạm) và 1 trạm tại đầu ra lưu vực 3S. Do hạn chế về thu thập số liệu quan trắc nên sau khi hiệu chỉnh thì mô hình được kiểm định tại các chuỗi thời gian khác nhau và tại các trạm khác nhau. Đối với lưu vực Sê Kông, hiệu chỉnh được thực hiện tại trạm

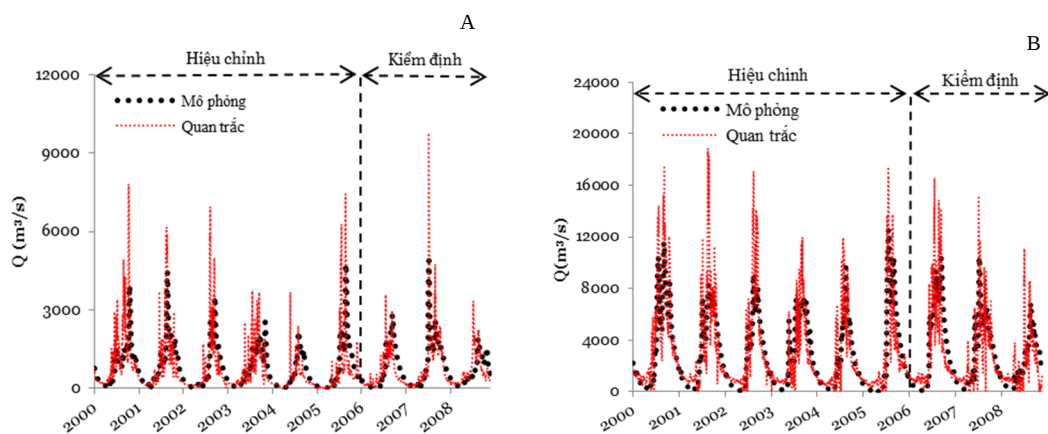
Attopeu nhưng kiểm định trên trạm Chantangoy. Đối với trạm Kontum và Bán Đôn, mô hình được kiểm chỉnh trong giai đoạn 1994–1999, nhưng đối với trạm Lumphat và đầu ra lưu vực thì giai đoạn kiểm định là 2006–2008. Chi tiết kết quả đánh giá bằng các chỉ số thống kê cho mô phỏng dòng chảy trong hai giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Các đánh giá thống kê kết quả mô phỏng dòng chảy ngày tại các trạm thủy văn

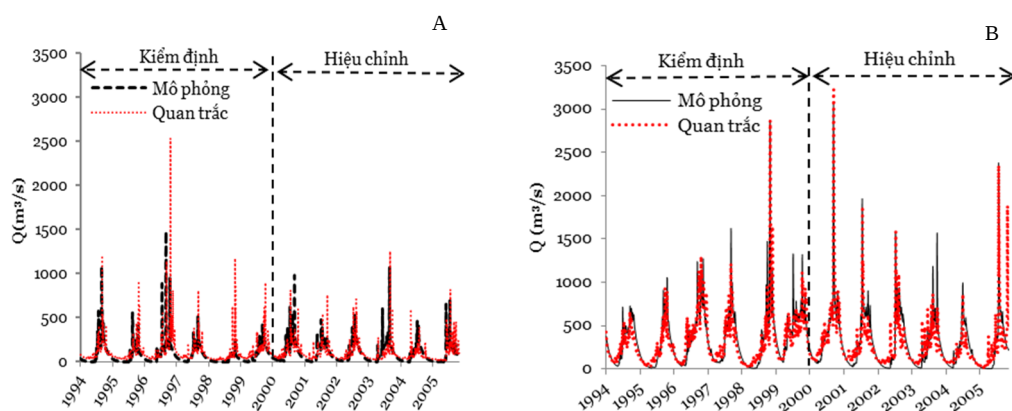
Trạm lưu lượng	Thời gian C: hiệu chỉnh V: kiểm định	Hiệu chỉnh			Kiểm định		
		R ²	NSE	PBIAS	R ²	NSE	PBIAS
Attapeu	C: 2000-2005	0,56	0,49	-9 %	-		
Kon Tum	C: 2000-2005 V: 1994-1999	0,61	0,45	-7 %	0,58	0,60	24 %
Lumphat	C: 2000-2005 V: 2006-2008	0,54	0,54	-7 %	0,58	0,57	-4 %
Bán Đôn	C: 2000-2005 V: 1994-1999	0,74	0,65	-8 %	0,77	0,80	-1 %
Chantangoy	V: 1994-1999	-			0,59	0,65	2 %
Đầu ra lưu vực	C: 2000-2005 V: 2006-2008	0,72	0,72	8 %	0,68	0,68	-3 %

Biểu đồ so sánh giá trị quan trắc và mô phỏng lưu lượng dòng chảy ngày tại các trạm trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định được trình bày ở các Hình 3, 4 và 5. Nhìn chung, đường quá trình mô phỏng và thực đo là khá

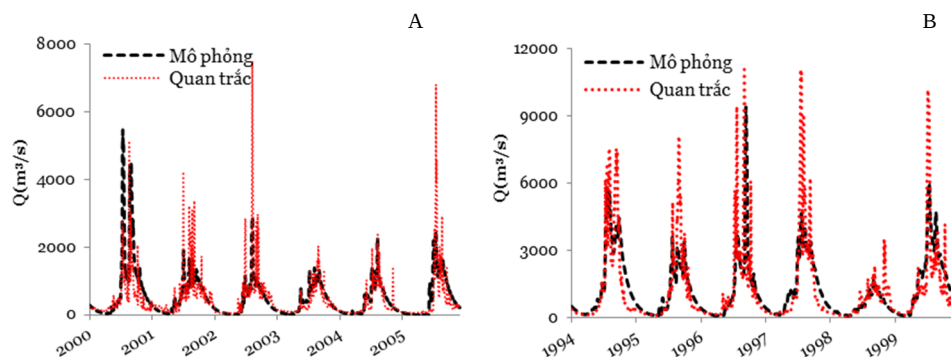
giống nhau. Dựa vào tiêu chí của D.N. Moriasi và cộng sự (2007) [6], kết quả mô phỏng dòng chảy trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định tại các trạm thủy văn là khá tốt dựa trên các thông số thống kê R², NSE và PBIAS (xem Bảng 4).



Hình 3. So sánh kết quả lưu lượng quan trắc và mô phỏng tại trạm (A) Lumphat, (B) đầu ra lưu vực



Hình 4. So sánh kết quả lưu lượng quan trắc và mô phỏng tại trạm (A) Kon Tum, (B) Bản Đôn



Hình 5. So sánh kết quả lưu lượng quan trắc và mô phỏng tại trạm (A) Attapeu (hiệu chỉnh), (B) Chantangoy (kiểm định)

Nhìn chung, với các kết quả đã đạt được thì mô hình SWAT đã chứng minh được khả năng mô phỏng khá tốt lưu lượng dòng chảy ngày cho lưu vực 3S. Tiếp theo, tác giả sử dụng mô hình SWAT với bộ thông số cho mô phỏng dòng chảy

được trình bày ở Bảng 3 để tiếp tục hiệu chỉnh và kiểm định cho phỏng chất lượng nước.

Hiệu chỉnh và kiểm định chất lượng nước

Kết quả phân tích độ nhạy cho các thông số mô phỏng chất lượng nước trong mô hình SWAT

cho thấy các thông số có ảnh hưởng đáng kể đến mô phỏng nitrogen và photphorus lần lượt là hàm lượng nitrate ban đầu trong nước ngầm tầng nông (SHALLST_N), hệ số thấm nitrogen (NPERCO), hàm lượng nitrate ban đầu trong đất (SOL_NO3) và hàm lượng nitrogen hữu cơ ban đầu trong đất (SOL_ORGN); hệ số tỷ lệ photphorus trong đất (PHOSKD), hệ số thấm photphorus (PPERCO) và hàm lượng P hữu cơ ban đầu trong đất (SOL_ORGP).

Kết quả mô phỏng tháng về chất lượng nước với các thông số nitrate (NO_3^-), ammonium

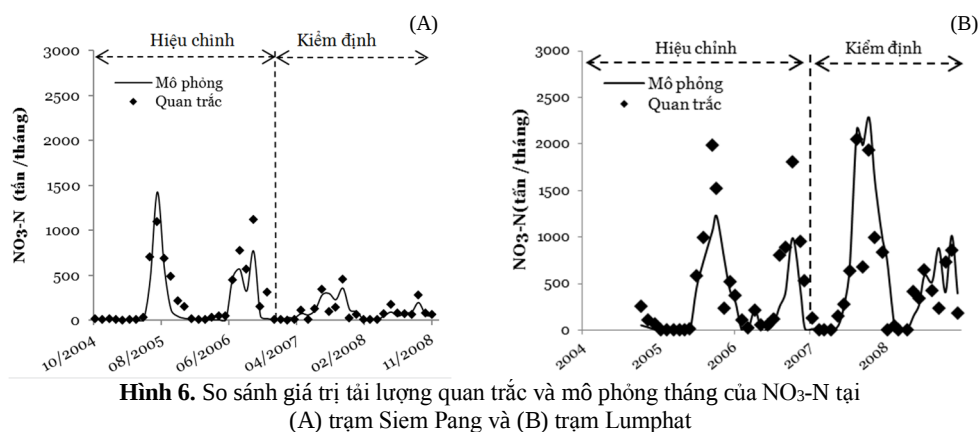
($^+\text{NH}_4$) và photphorus (P) được so sánh với số liệu quan trắc trong giai đoạn hiệu chỉnh (10/2004–2006) và kiểm định (2007–2008) nhằm đánh giá hiệu quả mô phỏng của mô hình. Giá trị của các thông số thống kê R^2 , NSE và PBIAS được trình bày trong Bảng 6. Hình 6 (A, B) và Hình 7 (A, B) biểu diễn kết quả so sánh giữa giá trị mô phỏng và quan trắc của tải lượng nitrate, ammonium và photphorus tại các trạm Siempang, Lumphat, Pleiku và Bản Đôn. Nhìn chung, đường quá trình giữa mô phỏng và thực đo theo tháng là khá phù hợp.

Bảng 5. Bộ thông số của mô hình sau khi hiệu chỉnh mô hình cho chất lượng nước

Thông số	Mô tả	Khoảng giá trị	Giá trị
SHALLST_N	Hàm lượng nitrate ban đầu trong nước ngầm tầng nông (mg/L)	0. – 3	0,3
NPERCO	Hệ số thấm nitrogen	0 – 1	0,9
PHOSKD	Hệ số tỷ lệ photphorus trong đất	100 – 200	103
PPERCO	Hệ số thấm photphorus	10 – 18	13
SOL_NO ₃	Hàm lượng nitrate ban đầu trong đất (mg/kg)	0 – 5	4,9
SOL_ORGN	Hàm lượng nitrogen hữu cơ ban đầu trong đất (mg/kg)	1000 – 5000	3872
SOL_ORGP	Hàm lượng P hữu cơ ban đầu trong đất (mg/kg)	1000 – 4000	2301

Bảng 6. Đánh giá thống kê hiệu quả của mô hình SWAT cho mô phỏng tháng các yếu tố nitrate (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) and photphorus (P)

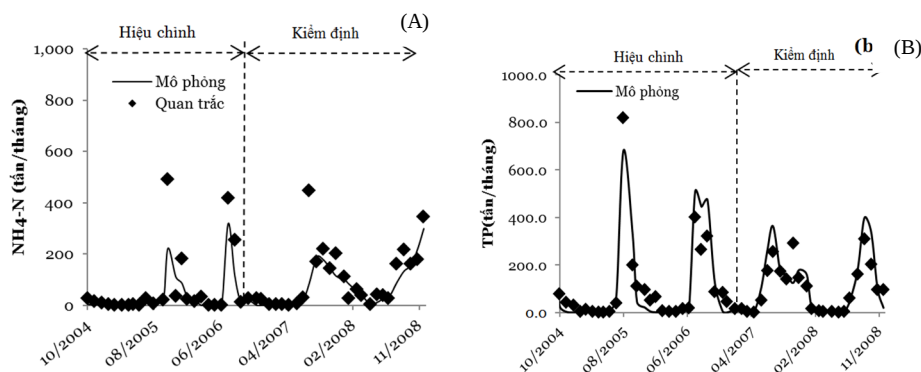
Trạm	Thông số	Hiệu chỉnh (10/ 2004–2006)			Kiểm định (2007–2008)		
		R^2	NSE	PBIAS	R^2	NSE	PBIAS
Siem Pang	NO_3^-	0,83	0,79	27 %	0,70	0,69	-5 %
Lumphat	NO_3^-	0,79	0,63	38 %	0,81	0,74	-21 %
Lumphat	$^+\text{NH}_4$	0,70	0,64	33 %	0,55	-1,51	25 %
Pleiku	P	0,85	0,80	1 %	0,78	0,61	-14 %
Bản Đôn	P	0,84	0,81	24 %	0,84	0,60	-28 %



Hình 6. So sánh giá trị tải lượng quan trắc và mô phỏng tháng của $\text{NO}_3\text{-N}$ tại (A) trạm Siem Pang và (B) trạm Lumphat

Kết quả mô phỏng NO_3 là khá phù hợp với số liệu quan trắc. Điều này được thể hiện bằng các giá trị R^2 , NSE và PBIAS lần lượt như sau

0,81; 0,72 và 33 % trong giai đoạn hiệu chỉnh và 0,76; 0,71 và 13 % trong giai đoạn kiểm định (Hình 6).



Hình 7. So sánh giá trị tải lượng quan trắc và mô phỏng của (A) $\text{NH}_4\text{-N}$ trạm Lumphat và (B) P trạm Pleiku

Kết quả mô phỏng ammonium thể hiện sự phù hợp khá tốt trong giai đoạn hiệu chỉnh với các chỉ số $R^2 = 0,7$, NSE = 0.64 and PBIAS = 33 %. Tuy nhiên, giai đoạn kiểm định mô hình thì kết quả mô phỏng không tốt, thể hiện bằng giá trị NSE = -1,51. Đối với thông số photphorus, kết quả mô phỏng là phù hợp với giá trị quan trắc, thể hiện qua các thông số thống kê R^2 , NSE và PBIAS trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định lần lượt như sau 0,85; 0,80, và 1 %; và 0,78; 0,61 và -14 % cho trạm Pleiku; 0,84; 0,81 và 24 %; và 0,84; 0,60 và -28 % cho trạm Bán Đôn.

Giá trị PBIAS trong Bảng 6 cho thấy, tổng tải lượng mô phỏng NO_3 và P lớn hơn so với

quan trắc và ngược lại đối với trường hợp $^+\text{NH}_4$. Điều này có thể giải thích do lượng $^+\text{NH}_4$ phát thải từ hoạt động chăn nuôi và con người không được đề cập trong nghiên cứu này. Tuy nhiên, các chỉ số thống kê cho thấy mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định cho kết quả mô phỏng chất lượng nước (nitrogen và photphorus) phù hợp với giá trị thực đo trong lưu vực 3S.

KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã áp dụng thành công mô hình SWAT cho mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước (nitrogen và photphorus) cho lưu vực 3S. Kết quả của nghiên cứu có thể được tóm tắt như sau:

Kết quả phân tích độ nhạy các thông số mô hình SWAT cho thấy, các thông số ảnh hưởng mạnh nhất đến mô phỏng dòng chảy, nitrogen và photphorus lần lượt là hệ độ nhám trên kênh chính (CH_N2), hệ số thấm của nitrogen (NPERCO) và hệ số tỷ lệ của photphorus trong đất (PHOSKD).

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho thấy mô hình SWAT có thể mô phỏng khá tốt dòng chảy và chất lượng nước cho lưu vực 3S với bộ thông số hiệu chỉnh trình bày trong Bảng 3 và 5.

Kết quả nghiên cứu chính là cơ sở khoa học cho nghiên cứu tiếp theo trong việc tính toán tải lượng chất dinh dưỡng xả thải vào môi trường nước ở mỗi lưu vực Sê Kông, Sê San và Sêrêpôk hoặc từ mỗi quốc gia và lập bản đồ phân bố không gian cho tải lượng chất thải. Xa hơn nữa là các nghiên cứu về tác động của biến đổi khí hậu, cũng như thay đổi sử dụng đất lên chế độ thủy văn và chất lượng nước ở lưu vực này, từ đó, giúp các nhà hoạch định chính sách đưa ra chiến lược phù hợp để phát triển kinh tế và bảo vệ nguồn nước.

Modelling the hydrology and water quality of 3S river system (Sekong, Sesan and Srepok)

- **Nguyen Thi Thuy Trang**
- **Dao Nguyen Khoi**

University of Science, VNU-HCM

ABSTRACT

The objective of this study was to simulate the hydrologic characteristic and water quality of 3S rivers system (Sekong, Sesan and Srepok) using SWAT model (Soil and Water Analysis Tool). Agriculture and forest are the main land use types in this basin accounting for more than 80 % of the total area. Therefore, nitrogen and phosphorus were selected to be parameters for water quality assessment. SWAT-CUP model was applied to calibrate the model for stream flow and water quality based on SUFI-2 (Sequential Uncertainty Fitting version 2) method. The model performance has been assessed by three statistical indices, including coefficient

corellation (R^2), Nash-Sutcliffe efficient coeffiencence (NSE) and percentage Bias (PBIAS). The results showed that SWAT model was well calibrated for simulating the streamflow and water quality with the values of R^2 greater than 0.5 except for the Attapeu and Kontum stations, and of PBIAS less than 10 % and 35 % for streamflow and water quality, respectively. The well-calibrated SWAT model can be applied in predicting the hydrology and water quality for other application. Furthermore, it is a tool supporting the policy makers to offer a suitable decisions regarding the sustainable river basin management.

Key word: 3S river basin, streamflow, water quality, SWAT, SWAT-CUP

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. K.C. Abbaspour, SWAT-CUP 2012: SWAT Calibration and Uncertainty Programs – A User Manual; Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technonogy (2014).
- [2]. FAO Statistical year book 2013, Food and Agriculture Organization of the United Nation (2013).
- [3]. Q. Hong, Z. Sun, L. Chen, R. Liu, Z. Shen, Small-scale watershed extended method for non-point source pollution estimation in part of the Three Gorges Reservoir Region, *International Journal of Environmental Science & Technology*, 9, 595–604 (2012).
- [4]. IUCN Water quality summary. Retrieved from. August 27th, 2014 from [http://www. 3sbasin. org/knowledge/key-topics/water-quality.html](http://www.3sbasin.org/knowledge/key-topics/water-quality.html) (2014).
- [5]. S.K. Mishra, V.P. Singh, Soil conservation servise curve number (SCS-CN) methodology, *Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publisher* (2003).
- [6]. D.N. Moriasi, J.G. Arnold, M.W. van Liew, R.L. Bingner, R.D. Harmel, T.L. Veith, Model evaluation guidelines for systematic quantification accuracy in watershed simulation, *Transactions of the ASABE*, 50, 3, 885-900 (2007).
- [7]. A.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams, Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009, *Texas Water Resource Institute Technical Report*, Texas A&M University, 406, (2011).
- [8]. T.A. Räsänen, Baseline hydrology of the 3S basin: Sesan-Sekong-Srepok VMod hydrological modelling report: Challenge program on water & food Mekong project MK3 “Optimizing the management of a cascade of reservoirs at the catchment level”, ICEM – International Centre for Environmental Management, Hanoi Vietnam, 33 (2012).