

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC MẶT LƯU VỰC SÔNG CÔNG**

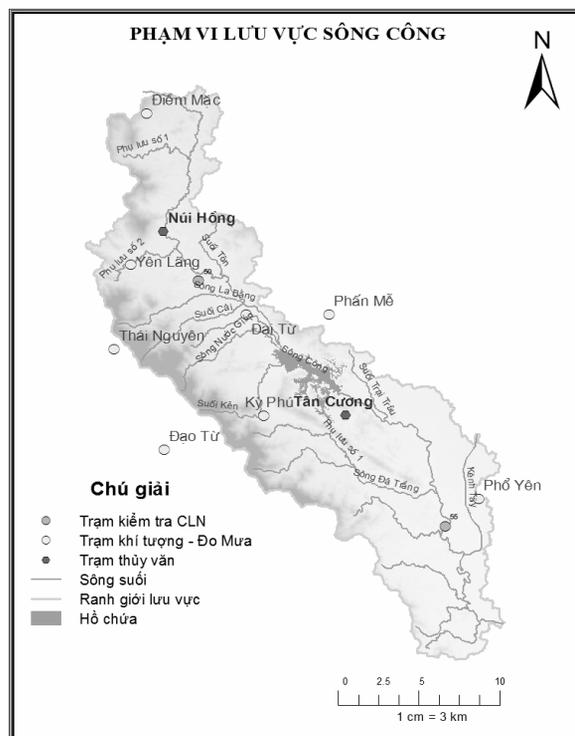
**Bùi Quang Hương<sup>1</sup>, Ưông Huy Hiệp<sup>2</sup>, Bùi Văn Hùng<sup>3</sup>, Bùi Văn Dũng<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Mục đích của bài báo nhằm mô phỏng lưu lượng dòng chảy và chất lượng nước sông Công bằng mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Lưu vực với loại hình sử dụng đất chính là lâm nghiệp và nông nghiệp, do đó các thành phần hữu cơ như: BOD, Nitrit ( $NO_2^-$ ), Nitrat ( $NO_3^-$ ), Amoni ( $NH_4^+$ ), Photphat ( $PO_4^{3-}$ ) là các thông số được lựa chọn sử dụng đánh giá chất lượng nước. Mô hình được hiệu chỉnh bằng phương pháp SUFI-2 tích hợp trong mô hình SWAT-CUP. Kết quả cho thấy mô hình SWAT mô phỏng khá tốt dòng chảy và chất lượng nước vùng nghiên cứu. Điều này được thể hiện bằng các giá trị  $R^2$  và NSE lớn hơn 0,5; PBIAS nhỏ hơn 5% đối với dòng chảy và 18,4% 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 sông Công trong tương lai, ngoài ra còn là công cụ hỗ trợ cho công tác quản lý tài nguyên nước lưu vực sông hiệu quả hơn.

**Từ khóa:** SWAT, mô hình chất lượng nước, chất lượng nước sông Công, Soil and Water Assessment Tool.

**1. GIỚI THIỆU**

Thái Nguyên là tỉnh miền núi phía Bắc có thành phố công nghiệp lớn thứ 3 ở miền Bắc, được mệnh danh là thành phố gang thép với khu công nghiệp gang thép lớn nhất nước, hàng năm cung cấp 1 triệu tấn thép, chiếm 20% sản lượng thép cả nước. Tổng sản phẩm trên địa bàn tỉnh (GDP) hàng năm tăng trên 7,5% gồm các hoạt động sản xuất diễn ra sôi động như: Công nghiệp khai khoáng, da giày, sản xuất giấy, chế biến lâm sản, thực phẩm... Các hoạt động này đem lại nguồn thu nhập lớn cho tỉnh nhưng đồng thời lại tạo áp lực cho việc bảo vệ tài nguyên nước do chưa kiểm soát được toàn bộ các nguồn thải gây ô nhiễm, suy thoái nguồn nước dẫn đến nhiều nguồn nước đang dần xảy ra hiện tượng ô nhiễm cục bộ vào mùa khô.



*Hình 1. Phạm vi và mạng lưới KTTV Lưu vực sông Công*

Sông Công là nguồn nước nội tỉnh, bắt nguồn từ vùng núi Ba Lá, huyện Định Hoá ở độ cao

<sup>1</sup> Trung tâm Quy hoạch và Điều tra TNN Quốc Gia - Bộ Tài nguyên và Môi trường

<sup>2</sup> Trung tâm tư vấn PIM - Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

<sup>3</sup> Trường Đại học Thủy lợi Hà Nội

675m, đây là phụ lưu lớn nhất trong số 26 phụ lưu gia nhập sông Cầu (không kể sông Thương). Diện tích LV Công 951 km<sup>2</sup>, chiều dài sông 96 km, độ cao bình quân lưu vực 224 m, độ dốc bình quân lưu vực 27,3‰, hệ số uốn khúc 1,43. Do vị trí lưu vực sông nằm ở sườn Đông của dãy Tam Đảo nên lượng mưa bình quân năm trên lưu vực lớn hơn 1.800 mm/năm. Bài báo này là kết quả nghiên cứu đánh giá chất lượng nước cho LVS Công.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

*Đối tượng nghiên cứu:* lưu lượng dòng chảy (Q) và 05 thông số chất lượng nước gồm: BOD, Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Amoni (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Photphat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

*Phạm vi nghiên cứu:* Lưu vực sông Công.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### a. Tổng quan về mô hình SWAT:

SWAT cho phép mô hình hóa nhiều quá trình vật lý trên cùng một lưu vực chạy trên môi trường làm việc của QGIS bằng phần mềm QSWAT và SWATEditor. Cách tiếp cận của mô hình SWAT là chia một lưu vực lớn thành nhiều tiểu lưu vực nhỏ, sự phân chia này giúp người sử dụng có thể áp dụng kết quả nghiên cứu của một vùng này vào một vùng khác khi chúng có sự tương đồng nhất định. Mô hình mô phỏng dựa trên nguyên lý cơ bản của phương trình cân bằng nước (Arnold, J et al 2009).

$$SW_t = SW_0 + (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

Trong đó:

SW<sub>t</sub>: lượng nước trong đất tại thời điểm t (mm H<sub>2</sub>O).

SW<sub>0</sub>: lượng nước trong đất tại thời điểm ban đầu trong ngày thứ i (mm H<sub>2</sub>O).

t: thời gian (ngày).

R<sub>day</sub>: lượng nước mưa trong ngày thứ i (mm H<sub>2</sub>O).

Q<sub>surf</sub>: lượng dòng chảy bề mặt trong ngày thứ i (mm H<sub>2</sub>O).

E<sub>a</sub>: lượng nước bốc hơi trong ngày thứ i (mm H<sub>2</sub>O).

W<sub>seep</sub>: lượng nước thấm vào vùng chưa bão hòa trong ngày thứ i (mm H<sub>2</sub>O).

Q<sub>gw</sub>: lượng nước ngầm chảy ra sông trong ngày thứ i (mm H<sub>2</sub>O).

SWAT phân chia quá trình thủy văn ở lưu vực thành hai giai đoạn. Giai đoạn trên bề mặt đất mô tả quá trình hình thành dòng chảy của các tiểu lưu vực chảy ra các kênh, sông suối. Giai đoạn trên kênh mô tả quá trình mà nước từ các kênh này chảy đến cửa ra của lưu vực sông. SWAT tích hợp hai phương pháp để tính toán dòng chảy bề mặt, đó là phương pháp Soil Conservation Service (SCS) (S.L.Neitsch, et al 2001) và tính thấm của Green & Ampt (S.L.Neitsch, et al 2001). Trong nghiên cứu này, phương pháp SCS đã được lựa chọn dựa trên bộ số liệu mưa ngày. Để tính toán lượng bốc hơi tiềm năng, mô hình SWAT cung cấp ba phương pháp: Hargreaves, Penman/Monteith và Priestley & Taylor. Trong 3 phương pháp này, nghiên cứu sử dụng phương pháp Hargreaves do chỉ đòi hỏi số liệu đầu vào là nhiệt độ (lớn nhất và nhỏ nhất) phù hợp với điều kiện thu thập của nghiên cứu. Xói mòn đất và vận chuyển bùn cát gây nên bởi mưa và dòng chảy mặt được tính toán bằng phương trình Modified Universal Soil Loss Equation (Williams, 1975) cho từng tiểu lưu vực. Cuối cùng, để tính toán dòng chảy trên hệ thống sông của lưu vực, phương pháp Muskingum được sử dụng trong nghiên cứu này.

#### b. Dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT:

SWAT yêu cầu một lượng lớn dữ liệu đầu vào bao gồm: Bản đồ địa hình (DEM), bản đồ sử dụng đất; bản đồ thổ nhưỡng; các số liệu về khí tượng - thủy văn trong và lân cận vùng nghiên cứu như: mưa trung bình ngày, nhiệt độ lớn nhất, nhỏ nhất, tốc độ gió trung bình ngày, bức xạ mặt trời trung bình ngày, lưu lượng dòng chảy trung bình ngày (J.G.Arnold, 2012).

- Dữ liệu địa hình được tải về từ website của cơ quan hàng không vũ trụ Hoa Kỳ [http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/Eu\\_rasia](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eu_rasia) độ phân giải 30x30m, hình 2.

- Dữ liệu hiện trạng sử dụng đất được biên tập từ bản đồ Hiện trạng sử dụng đất tỉnh Thái Nguyên năm 2015 thu thập từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Thái Nguyên, hình 3.

- Dữ liệu thổ nhưỡng được lấy từ Atlas Việt

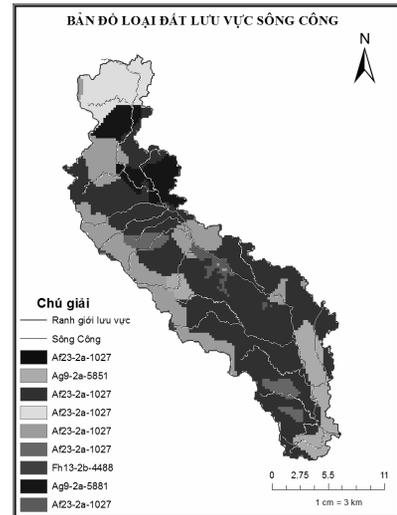
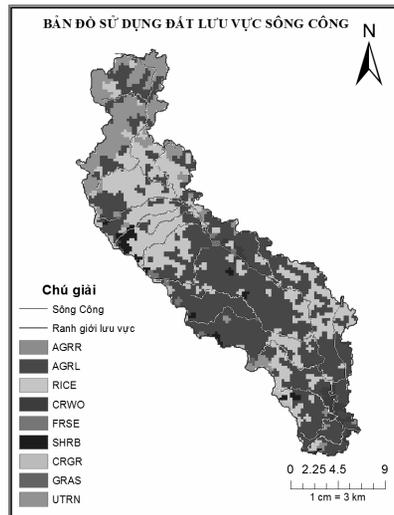
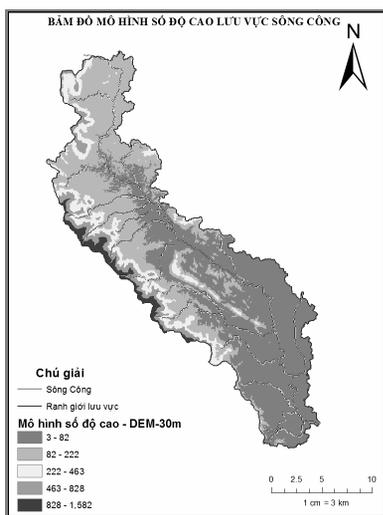
Nam biên tập lại theo yêu cầu xử lý dữ liệu không gian của mô hình SWAT nhờ công cụ QGIS, Hình 4.

- Dữ liệu khí tượng - khí hậu - thủy văn được thu thập từ Trung tâm dữ liệu KTTV quốc gia. Trước khi đưa vào mô hình SWAT, số liệu thời tiết được biên tập thành các tập tin thời tiết tổng quát chứa đựng các thông số thống kê thời tiết theo tháng làm đầu vào cho mô hình vận hành thời tiết WXEN của SWAT trong trường hợp trống số liệu thời tiết.

Trong lưu vực có trạm thủy văn Núi Hồng đã

dùng đo với 7 năm số liệu 1962-1968 được dùng để hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng dòng chảy. Ngoài ra, trên lưu vực có điểm quan trắc chất lượng nước Phú Cường khu vực cầu Phú Thịnh (Kết quả quan trắc chất lượng nước mặt, nước thải trên sông Công tỉnh Thái Nguyên từ năm 2014-2017, 2017) được dùng để hiệu chỉnh và kiểm định thông số mô hình chất lượng nước.

- Dữ liệu thông số hồ chứa và quy trình vận hành hồ Núi Cốc được thu thập từ Quy trình vận hành Hồ Núi Cốc (Quy trình vận hành hồ chức năng Núi Cốc tỉnh Thái Nguyên, 2006).



Hình 2. Mô hình số độ cao Hình 3. Bản đồ sử dụng đất Hình 4. Bản đồ thổ nhưỡng

**Bảng 1. Trạm đo mưa - khí tượng trong lưu vực sông Công**

Tên trạm	Loại trạm	Vĩ độ (°)	Kinh độ (°)	Elevation (m)	Tên trạm	Loại trạm	Vĩ độ (°)	Kinh độ (°)	Elevation (m)
Thái Nguyên	KT	21,6	105,5	36	Đại Từ	ĐM	21,633	105,633	50
Điểm Mạc	ĐM	21,833	105,533	41	Kỳ Phú	ĐM	21,533	105,65	61
Định Hóa	KT	21,9	105,633	220	Mỏ Cầm	ĐM	21,533	105,65	51

**Bảng 2. Trạm thủy văn - chất lượng nước trong lưu vực sông Công**

Tên trạm	Trên sông	Vĩ độ (°)	Kinh độ (°)	Yếu tố đo
Núi Hồng	Sông Công	21.716	105.550	Lưu lượng
Phú Cường (cầu Phú Thịnh)	Sông Công	21.667	105.585	Chất lượng nước

c. Đánh giá mô phỏng trong mô hình SWAT:

Chỉ số Nash – Sutcliffe được sử dụng để đánh giá mức độ phù hợp trong mô phỏng dòng chảy (NSE) (Nash, J.E. và J.V. Sutcliffe, 1970).

Công thức tính chỉ số NSE:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i^{obs} - O_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (O_i^{obs} - O^{mean})^2}$$

Trong đó:

Chỉ số NSE chạy từ  $-\infty$  đến 1. Nếu NSE nhỏ hơn hoặc gần bằng 0, khi đó kết quả được xem là không thể chấp nhận hoặc độ tin cậy kém. Ngược lại, nếu NSE bằng 1, thì kết quả mô phỏng của mô hình là hoàn hảo. Với bài toán mô phỏng chất lượng nước phải tiến hành hiệu chỉnh và kiểm nghiệm dòng chảy và chất lượng nước. 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.

Thời gian hiệu chỉnh từ 1/1/1962 – 31/12/1962 và thời gian kiểm định từ 1/1/1967 – 31/12/1968 của mô hình lưu lượng dòng chảy tại trạm Núi Hồng cho kết quả có thể chấp nhận

được. Chỉ số Nash lần lượt đạt 0,67 và 0,62; hệ số tương quan đạt 0,71 và 0,58.

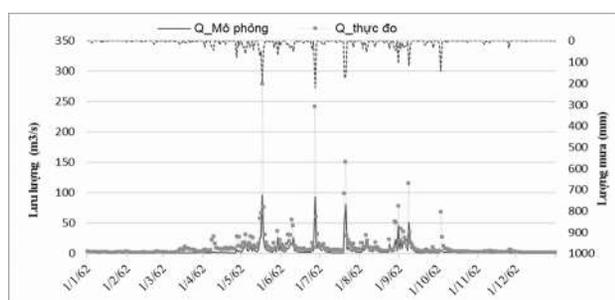
Chỉ số PBIAS: là phần trăm sai số tổng lượng giữa số liệu tính toán mô phỏng từ mô hình so với giá trị thực đo được xác định theo công thức:

$$PBIAS = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (O_i^{obs} - O_i^{sim}) \cdot x(100)}{\sum_{i=1}^n (O_i^{obs})} \right]$$

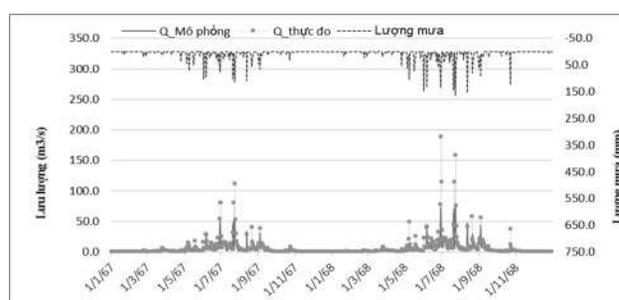
Giá trị tối ưu của PBIAS là 0,0; giá trị càng nhỏ cho thấy mô phỏng mô hình càng chính xác. Kết quả mô phỏng dòng chảy có PBIAS lần lượt đạt -7% và 4,7% đảm bảo tin cậy để mô phỏng dòng chảy trong lưu vực thể hiện trong Hình 5 và Hình 6.

**Bảng 3. Bộ thông số mô hình sau khi hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng dòng chảy**

Thông số	Mô tả	Khoảng giá trị	Giá trị
CN2	Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II	-0,2 – 0,2	81
SOL_K	Độ dẫn thủy lực trong trường hợp bão hòa	-0,3 – 0,3	0,0
SOL_AWC	Phạm vi nước hữu hiệu của đất (mm H <sub>2</sub> O/mm soil)	0-1	0,118
SOL_Z	Độ dày lớp đất (mm)	-0,5 – 0,5	0,0
CANMX	Độ che phủ lớn nhất	0 – 10	8,9
ALPHA_BF	Hệ số tiết giảm dòng chảy ngầm (ngày)	0,6 – 1,0	0,048
GW_DELAY	Thời gian trễ dòng chảy ngầm (ngày)	40 – 50	31
CH_N1	Hệ số nhám cho kênh	0,01-30	0,014
GWQMIN	Độ sâu ngưỡng của nước trong tầng chứa nước nông cần thiết cho dòng chảy trở lại xảy ra	0-5000	1000
CH_N2	Hệ số dẫn thủy lực của kênh chính [mm/giờ]	0,01-0,3	0,014



Hình 5. Đường quá trình lưu lượng dòng chảy tính toán và thực đo trạm Núi Hồng (Hiệu chỉnh)



Hình 6. Đường quá trình lưu lượng dòng chảy tính toán và thực đo trạm Núi Hồng (kiểm định)

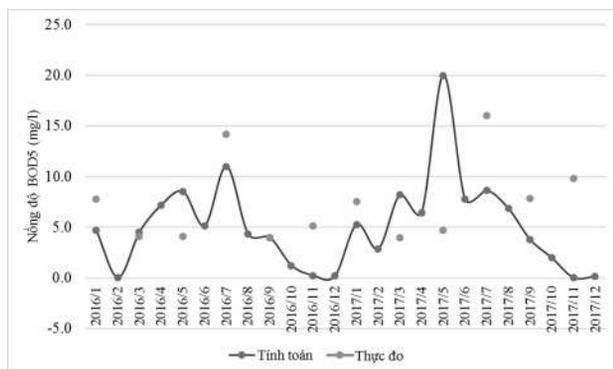
Tiến hành phân tích độ nhạy các thông số mô phỏng chất lượng nước cho thấy các thông số có ảnh hưởng đáng kể đến mô phỏng nitrogen và photphorus lần lượt gồm hàm lượng nitrate ban đầu trong nước ngầm tầng nông (SHALLST\_N), hệ số thấm nitrogen (NPERCO), hàm lượng nitrate ban đầu trong đất (SOL\_NO3) 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) (J.G.Arnold, 2012).

Sử dụng chuỗi số liệu thực đo chất lượng nước năm 2016-2017 tại vị trí Phú Cường (cầu Phú Thịnh) để kiểm nghiệm, đánh giá độ tin cậy

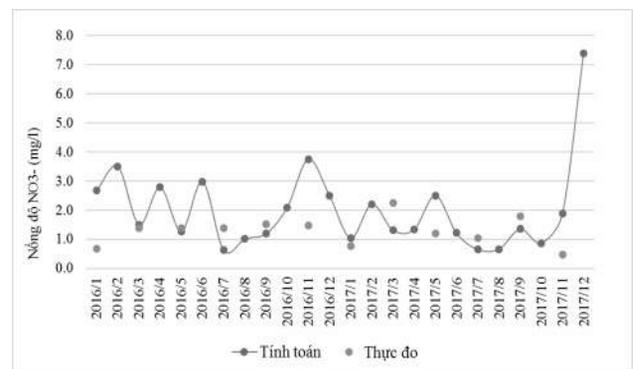
của mô phỏng. Kết quả mô phỏng được kiểm tra bằng sai số PBIAS nhỏ hơn 70% đối với mô phỏng Nitrogen và Photphorus, kết quả phần trăm sai số PBIAS các thông số BOD, Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), Amoni ( $\text{NH}_4^+$ ), Photphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) lần lượt đạt 18,4%; 2%; 12,5%; 8%; 14,3%. Kết quả cho thấy năm 2016 mô hình mô phỏng chất lượng nước khá tốt, tuy nhiên năm 2017 một số tháng có chỉ số thực tế thấp thì mô hình lại mô phỏng cho kết quả rất cao và ngược lại nguyên nhân chính do năm 2017 phát sinh rất nhiều nguồn thải phân tán chưa được kiểm soát do trong giới hạn bài báo chưa có thông tin số liệu tài liệu thiết lập trong mô hình, kết quả thể hiện từ Hình 7 đến Hình 11.

**Bảng 4. Bộ thông số mô hình sau khi hiệu chỉnh và kiểm định chất lượng nước**

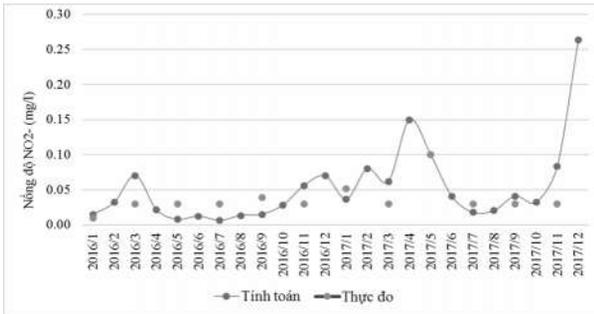
Thông số	Mô tả	Khoảng giá trị	Giá trị
SHALLST_N	Hàm lượng nitrate ban đầu trong nước ngầm tầng nông (mg/L)	100-1000	1000
NPERCO	Hệ số thấm nitrogen	0 – 1	0,9
PHOSKD	Hệ số tỷ lệ photphorus trong đất	100 – 200	103
PPERCO	Hệ số thấm photphorus	0-17.5	13
SOL_NO <sub>3</sub>	Hàm lượng nitrate ban đầu trong đất (mg/kg)	0 – 2000	2000
SOL_ORGN	Hàm lượng nitrogen hữu cơ ban đầu trong đất (mg/kg)	0 – 3000	2050
SOL_ORGP	Hàm lượng P hữu cơ ban đầu trong đất (mg/kg)	1000 – 3000	3000



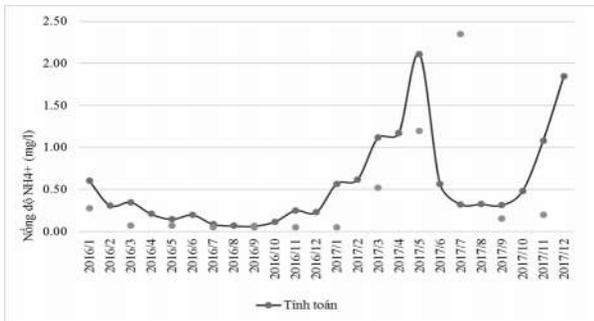
Hình 7. Biểu đồ nồng độ BOD<sub>5</sub> tính toán và thực đo tại Phú Cường



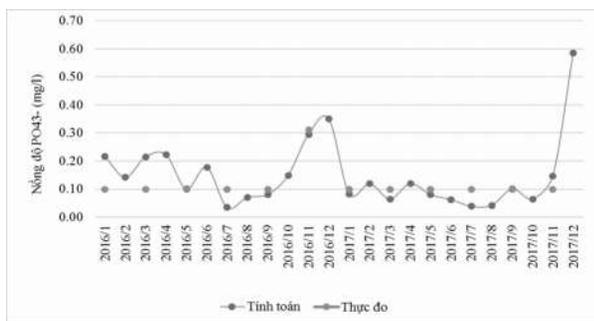
Hình 8. Biểu đồ nồng độ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tính toán và thực đo tại Phú Cường



Hình 9. Biểu đồ nồng độ  $NO_2^-$  tính toán và thực đo tại Phú Cường



Hình 10. Biểu đồ nồng độ  $NH_4^+$  tính toán và thực đo tại Phú Cường



Hình 11. Biểu đồ nồng độ  $PO_4^{3-}$  tính toán và thực đo tại Phú Cường

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã áp dụng thành công mô hình SWAT cho mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước mặt (gồm 5 thông số  $BOD_5$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ) lưu vực sông Công. Quá trình đánh giá độ tin cậy của mô hình đã được thực hiện với 2 chỉ số thống kê NSE và PBIAS cho thấy mô hình SWAT mô phỏng khá tốt dòng chảy và chất lượng nước mặt lưu vực sông Công. Ngoài ra, nghiên cứu này đã chứng minh khả năng ứng dụng của mô hình SWAT trong mô phỏng chất lượng nước tại các lưu vực đồi núi có xem xét tác động, ảnh hưởng của sử dụng đất, thay đổi thảm phủ và các hoạt động phát triển kinh tế xã hội phát sinh nước thải dạng nguồn điểm trên lưu vực sông Công là khá hiệu quả.

Với kết quả đánh giá như trên có thể hỗ trợ cho các nghiên cứu chuyên sâu về đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải – sức chịu tải của nguồn nước sông Công cũng như cung cấp một nguồn tài liệu cho công tác quản lý nhà nước về định hướng khai thác, sử dụng nguồn nước hiệu quả, phù hợp với các mục đích sử dụng khác nhau, cấp giấy phép xả nước thải vào nguồn nước trên lưu vực sông Công trong tình hình phát triển kinh tế - xã hội hiện nay của tỉnh Thái Nguyên.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Tài nguyên và Môi Trường, (2012), *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08:2015/BTNMT)*, Hà Nội.
- Sở Tài nguyên và Môi trường Thái Nguyên, (2017), *Kết quả quan trắc chất lượng nước mặt, nước thải trên sông Công tỉnh Thái Nguyên từ năm 2014-2017*, tỉnh Thái Nguyên.
- Tuấn, N. T, (2011), *Ứng dụng công nghệ GIS và mô hình SWAT đánh giá chất lượng nước hồ Dầu Tiếng. Tp. Hồ Chí Minh*, Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh.
- Quy hoạch Phân bố, quản lý và bảo vệ tài nguyên nước mặt tỉnh Thái Nguyên đến năm 2020, định hướng đến năm 2030*, (2014), Thái Nguyên.
- Quy trình vận hành hồ chức nước Núi Cốc tỉnh Thái Nguyên*, (2006), tỉnh Thái Nguyên.
- J.G.Arnold, R. Kinniry, R. Srinivasan, J.R. Villiams, E.B.Haney, S.L.Neitsch, (2012), *Input/Output Documentation Version 2012*, US.

S.L.Neitsch, J.G. Arnold, J.R.Kiniry, J.R.Williams (2001), *Soil and water assessment tool theoretical documentation*, USDA\_ARIS Publications.

S.L.Neitsch, J.G. Arnold, J.R.Kiniry, J.R.Williams (2001), *Soil and water assessment tool user's manual*, USDA\_ARIS Publications.

The Soil and Water Assessment Tool, *Historical Development, Applications, and Future Research Directions*. In: Arnold, J et al, 2009. *Soil and Water Assessment Tool (SWAT): Global Applications. Special Publication No. 4, World Association of Soil and Water Assessment Tool (SWAT): Global Applications. Special Publication No. 4, World Association of Soil and Water Conservation, Bangkok: Funny Publishing, pp.25-93. (2009). US.*

**Abstract:**

**APPLICATION SWAT MODEL FOR EVALUATION  
OF WATER QUALITY IN THE CONG RIVER BASIN**

*The paper aims to simulate the flow and water quality of the Cong River using SWAT (Soil and Water Assessment Tool) model. As the main land use types within the basin are forestry and agriculture, selected parameters used for water quality assessment include organic components such as BOD, Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), and Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). The model was calibrated using SUFI-2 method integrated in SWAT-CUP tool. The results showed that the SWAT model provided good simulation of flow and water quality in the study area, in which R2 and NSE values were greater than 0.5, PBIAS was less than 5% for flow and 18.4% for water quality. The calibrated model, therefore, can be applied in flow and water quality forecasting for the Cong River basin in the future, as well as being a tool to better support water resources management of this basin.*

**Keywords:** SWAT, Water quality model, Cong river water quality, Soil and Water Assessment Tool.

---

Ngày nhận bài: 02/5/2019

Ngày chấp nhận đăng: 06/6/2019