

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH PHÂN BỐ VẬN TỐC THEO PHƯƠNG NGANG VÀ QUAN HỆ MỰC NƯỚC - LƯU LƯỢNG ĐỂ TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY SÔNG LÔ TẠI TRẠM THỦY VĂN VĨNH TUY, TỈNH HÀ GIANG

Phạm Văn Chiến¹

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả tính toán lưu lượng dòng chảy ngày lưu vực sông Lô tính đến trạm thủy văn Vĩnh Tuy, tỉnh Hà Giang sử dụng mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang và quan hệ mực nước - lưu lượng. Chuỗi số liệu dòng chảy ngày thời kỳ 2012–2018 được sử dụng để xác định các hệ số của đường quan hệ và giá trị thích hợp của thông số mô hình. Kết quả thể hiện rằng hai phương pháp thể hiện rất tốt giá trị thực đo. Sai số căn quân phương, sai số tuyệt đối trung bình của lưu lượng bằng 10% biên độ lưu lượng ghi nhận tại trạm, hệ số tương quan và Nash-Sufficient lớn hơn 0.78. Sau đó, hai phương pháp được sử dụng để khôi phục lưu lượng dòng chảy từ năm 1972 đến 2012. Các kết quả khôi phục sẽ là nguồn dữ liệu hữu ích cho các nghiên cứu khai thác sử dụng bền vững tài nguyên nước và đánh giá sự biến động của dòng chảy trên lưu vực sông dưới ảnh hưởng của các điều kiện tự nhiên và nhân tạo.

Từ khóa: Sông Lô, Mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang, Quan hệ mực nước - lưu lượng.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Lưu lượng dòng chảy là một trong những đặc trưng thủy văn quan trọng trong các nghiên cứu ngập lụt, hạn hán bởi vì nó trợ giúp cho việc (i) xác định diện tích ngập và khô hạn, (ii) xây dựng các bản đồ rủi ro và hiểm họa do ngập hoặc hạn hán gây ra, (iii) quan trắc cũng như đánh giá sự biến động của dòng chảy trên bề mặt lưu vực. Tuy nhiên, dưới tác động kết hợp của (i) biến đổi khí hậu và sự thay đổi các đặc trưng khí tượng, (ii) thay đổi bề mặt đệm lưu vực và quá trình đô thị hóa, (iii) các hoạt động của con người, (iv) sự biến động của lòng dẫn mà việc tính toán chính xác lưu lượng dòng chảy tại các vị trí dọc sông là hết sức cần thiết, nhất là đối với các sông miền núi nơi có địa hình lòng sông thay đổi phức tạp, độ dốc lòng sông lớn, mặt cắt ngang sông thường hẹp và dốc. Hơn nữa, số liệu lưu lượng dòng chảy không chính xác có thể dẫn đến các kết quả tính toán dòng chảy thiết kế và các biện pháp phòng chống rủi ro thiên tai sẽ không hiệu quả (Chow, 1959; Wark, et al 1990).

Để tính toán lưu lượng dòng chảy tại các mặt

cắt ngang không chế trên sông, các biểu đồ quan hệ (như đường cong mực nước - lưu lượng), các công thức kinh nghiệm, các mô hình toán thường được sử dụng bởi vì lưu lượng dòng chảy không thể xác định trực tiếp mà thường được xác định thông qua các đặc trưng trung gian như: mực nước (độ sâu), vận tốc dòng chảy (Chow, 1959). Đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng cho phép tính toán và dự báo lưu lượng dòng chảy dựa trên các số liệu, dữ liệu quan trắc và dự báo mực nước, trong khi đó các công thức kinh nghiệm như công thức Manning (Wark, et al 1990) thì lưu lượng dòng chảy được xác định dựa trên các yếu tố như diện tích mặt cắt ướt, bán kính thủy lực, độ dốc lòng sông, độ nhám bề mặt đáy lòng sông và vận tốc dòng chảy. Các mô hình toán (bao gồm mô hình toán thủy văn, thủy lực) cũng thường được sử dụng để tính toán mô phỏng dòng chảy. Mô hình toán thủy văn như mô hình mưa - dòng chảy cho phép mô phỏng lưu lượng dòng chảy từ các đặc trưng của lưu vực, khí tượng, khí hậu. Mô hình toán thủy lực (bao gồm các mô hình một, hai và ba chiều) cho phép tính toán lưu lượng dòng chảy sau khi xác định được vận tốc và mực nước (độ

¹ Khoa Kỹ thuật tài nguyên nước, Trường Đại học Thủy lợi

sâu). Mô hình thủy lực yêu cầu số liệu đầu vào là các dữ liệu địa hình đáy lòng sông, số liệu mực nước và lưu lượng tại các biên của miền tính toán.

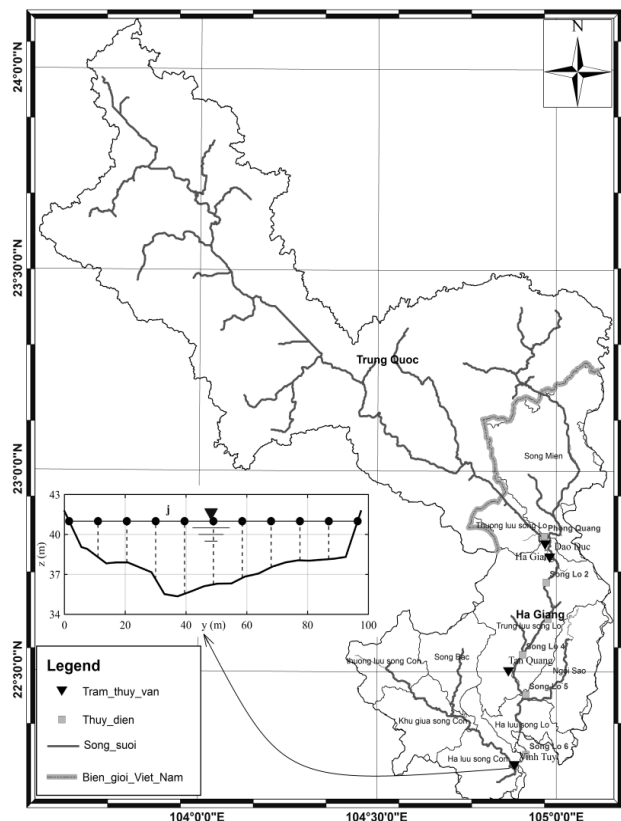
Trong các mô hình toán thủy lực thì mô hình trung bình độ sâu phân bố theo phương ngang cũng hay được sử dụng, nhất là trong các trường hợp xác định nhanh các đặc trưng thủy động lực và bùn cát tại các mặt cắt không chế. Phạm Văn Chien (2016) đã phát triển và sử dụng mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang mô phỏng các đặc trưng thủy động lực của dòng chảy (từ đó cho phép xác định lưu lượng dòng chảy) cho các kênh dẫn có hình dạng khác nhau trong phòng thí nghiệm. Darby and Thorne (1996) cũng đã sử dụng mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang để xem xét đánh giá sự thay đổi của lưu lượng dòng chảy do ảnh hưởng của thảm phủ thực vật tại các bãi ven sông. Phạm Văn and Chua (2020) đã ứng dụng mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang để đánh giá sự thay đổi của lưu lượng bùn cát đáy chuyển qua các mặt cắt sông không chế. Các ví dụ nêu trên khẳng định rằng mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang hoàn toàn có thể được sử dụng để xác định lưu lượng dòng chảy sông Lô.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là tính toán xác định lưu lượng dòng chảy sông Lô tại trạm thủy văn Vĩnh Tuy, tỉnh Hà Giang sử dụng (i) đường cong quan hệ mực nước – lưu lượng và (ii) mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang. Chuỗi số liệu mực nước và lưu lượng dòng chảy ngày từ năm 2012 đến 2018 được sử dụng cho các mục đích xây dựng đường cong quan hệ cũng như hiệu chỉnh thông số và kiểm định mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang, trước khi chúng được áp dụng để khôi phục chuỗi số liệu dòng chảy từ năm 1972 đến 2012 tại mặt cắt không chế.

2. LƯU VỰC NGHIÊN CỨU

Sông Lô bắt nguồn từ Vân Nam (Trung Quốc) chảy vào nước ta tại xã Thanh Thủy huyện Vị Xuyên tỉnh Hà Giang trước khi chảy vào địa phận tỉnh Tuyên Quang, một phần diện tích của các tỉnh Lào Cai, Phú Thọ. Chiều dài sông chảy trên địa phận tỉnh Hà Giang là 97 km (nếu kể cả phần Trung Quốc là 284 km), với tổng diện tích lưu vực tính đến trạm thủy văn Vĩnh Tuy là 10104 km² (trong đó có

khoảng 8000 km² lưu vực nằm bên Trung Quốc). Sông Lô thuộc địa bàn tỉnh Hà Giang có nhiều thác ghềnh, bãi bồi cát, sỏi và uốn khúc xuất hiện nhiều vị trí dọc sông. Độ dốc lòng sông lớn (khoảng 0.25‰), sông có nguồn thủy năng phong phú, với nhiều bậc thang thủy điện đồng thời cũng là nguồn cấp nước và điện chính cho các hoạt động kinh tế trọng điểm của tỉnh Hà Giang. Các phụ lưu chính của sông Lô thuộc tỉnh Hà Giang là sông Miên, sông Con và sông Ngòi Sào (Hình 1). Lưu vực sông Lô có lượng nước trung bình nhiều năm lớn, với module dòng chảy trung bình nhiều năm tại Vĩnh Tuy khoảng 33.2 (l/skm²). Mùa lũ kéo dài từ tháng VI đến tháng IX và lượng dòng chảy mùa lũ chiếm khoảng 74.6% lượng dòng chảy năm. Lũ lớn thường xảy ra vào các tháng VII và VIII, trong khi đó dòng chảy kiệt nhất thường xuất hiện vào tháng III.



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Lô tính đến trạm Vĩnh Tuy

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang

Mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang đã được sử dụng để xác định vận tốc trung bình độ

sâu thủy trực, độ sâu thủy trực và lưu lượng đơn vị ($q = U \times H$), từ đó xác định lưu lượng dòng chảy chuyển qua mặt cắt không chế tại mỗi thời điểm hay ứng với mỗi mực nước nhất định. Mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang giải hệ phương trình đặc trưng được biến đổi từ hệ phương trình Reynolds có dạng như sau (Wark, et al 1990; Pham Van Chien, 2016):

$$gHS_x + \frac{\partial}{\partial y} \left(H\nu \frac{\partial U}{\partial y} \right) - \frac{B_g g n^2}{H^{1/3}} U^2 = 0 \quad (1)$$

Trong đó U là vận tốc trung bình độ sâu thủy trực (m/s), y là kí hiệu theo phương ngang, S_x là độ dốc lòng sông theo phương dòng chảy, $B_g = \sqrt{1 + S_x^2 + S_y^2}$ là hệ số hình dạng với S_x và S_y lần lượt là độ dốc đáy lòng sông theo phương dọc và theo phương ngang, n là hệ số nhám, H là độ sâu thủy trực (m), ν là hệ số nhớt động học (m^2/s), g gia tốc trọng trường (m/s^2). Hệ số nhớt động học được tính toán theo công thức $\nu = 0.16 \times U_* \times H$ (Wark, et al 1990; Pham Van Chien, 2016), với U_* là vận tốc ma sát đáy.

Phương trình (1) là phương trình đạo hàm riêng bậc hai. Vì thế, rất khó để xác định nghiệm giải tích của phương trình do các đại lượng trong phương trình phụ thuộc lẫn nhau và phụ thuộc vào biến đang cần xác định. Do đó, phương pháp lặp Newton-Raphson đã được sử dụng để xác định nghiệm gần đúng hay còn gọi là nghiệm số của phương trình (1), đồng thời chương trình được thực hiện sử dụng ngôn ngữ lập trình MATLAB. Cụ thể, ứng với mỗi mực nước nhất định, mặt cắt ngang sông được chia thành N điểm nút từ bờ trái qua bờ phải ($N=501$ điểm nút, xem chi tiết trong Hình 1). Sau đó, phương pháp lặp Newton-Raphson được áp dụng để xác định giá trị của vận tốc trung bình độ sâu tại mỗi nút.

$$U_{i+1}^j = U_i^j - \frac{f(U^j)}{f'(U^j)} \quad (2)$$

Trong đó U_{i+1}^j lần lượt là vận tốc trung bình độ sâu thủy trực tại node thứ j , bước lặp thứ $i+1$, U_i^j là vận tốc trung bình độ sâu tại node thứ j và bước lặp thứ i , $f(U^j)$ là hàm của vận tốc tại node thứ j và $f'(U^j)$ là đạo hàm bậc nhất của hàm $f(U^j)$. Hàm $f(U^j)$ được thể hiện như sau:

$$f(U^j) = gHS_x + \frac{\partial}{\partial y} \left(H\nu \frac{\partial U}{\partial y} \right) - \frac{B_g g n^2}{H^{1/3}} U^2. \quad (3)$$

Lưu lượng dòng chảy chuyển qua mặt cắt không chế được xác định theo công thức sau:

$$Q = \sum_{j=1}^N \frac{1}{2} (q_j + q_{j+1}) \times dy \quad (4)$$

với dy là khoảng cách giữa hai điểm node hay hai thủy trực liên tiếp, q_j và q_{j+1} lần lượt là lưu lượng đơn vị tại node hay thủy trực thứ j và $j+1$. Ứng với mỗi mực nước xác định, các dữ liệu đầu vào cần thiết cho tính toán khi sử dụng mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang sẽ bao gồm địa hình mặt cắt ngang sông và độ dốc đáy lòng sông theo phương dọc S_x . Lưu ý rằng độ dốc đáy lòng sông theo phương ngang S_y được xác định dựa trên chênh lệch cao trình đáy lòng sông giữa các node và khoảng cách dy .

3.2 Đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng

Dựa vào chuỗi số liệu lưu lượng và độ sâu dòng chảy ngày quan trắc được tại mặt cắt sông không chế trong khoảng thời gian từ năm 2012 đến 2018 (Hình 6), đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng dạng hàm mũ đã được lựa chọn trong nghiên cứu này. Cụ thể, đường cong quan hệ có dạng như sau (Chow, 1959):

$$Q = a \times \exp \left[- \left(\frac{H}{b} \right)^c \right] \quad (5)$$

trong đó a , b và c là các hệ số được xác định dựa trên các số liệu lưu lượng và mực nước đo đạc tại trạm thủy văn Vĩnh Tuy (Hình).

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1 Kết quả lưu lượng dòng chảy khi sử dụng mô hình thủy lực

Trong mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang, thông số chính cần xác định là hệ số nhám bề mặt đáy lòng sông n . Trong nghiên cứu này, hệ số nhám của bề mặt đáy lòng sông tại mặt cắt không chế được xác định theo phương pháp thử sai, với các giá trị của hệ số nhám n thay đổi trong khoảng từ 0.02 đến 0.08. Bốn chỉ tiêu sai số: (i) sai số căn quân phương - RMSE, (ii) sai số tuyệt đối trung bình - MAE, (iii) hệ số tương quan giữa giá trị tính toán và thực đo - r và (iv) hệ số Nash-Sufficient - NSE đã được sử dụng để đánh giá định

lượng sự phù hợp giữa giá trị tính toán so với giá trị thực đo. Chuỗi số liệu mực nước và lưu lượng ngày thực đo năm 2014 đã được lựa chọn cho bước hiệu chỉnh thông số nhám, trong khi chuỗi số liệu dòng

chảy năm 2015 và 2017 được sử dụng để kiểm định mô hình, trước khi mô hình được áp dụng để khôi phục chuỗi lưu lượng ngày cũng như xác định vận tốc dòng chảy từ năm 1972 đến 2012.

Bảng 1. Bảng thống kê giá trị của các chỉ tiêu sai số cho hiệu chỉnh thông số mô hình

n	RMSE		MAE		r	NSE
	m ³ /s	%	m ³ /s	%		
0.040	362.63	10.51	353.30	10.24	0.95	0.30
0.045	129.26	3.75	84.76	2.46	0.95	0.88
0.050	187.45	5.43	135.87	3.94	0.95	0.74

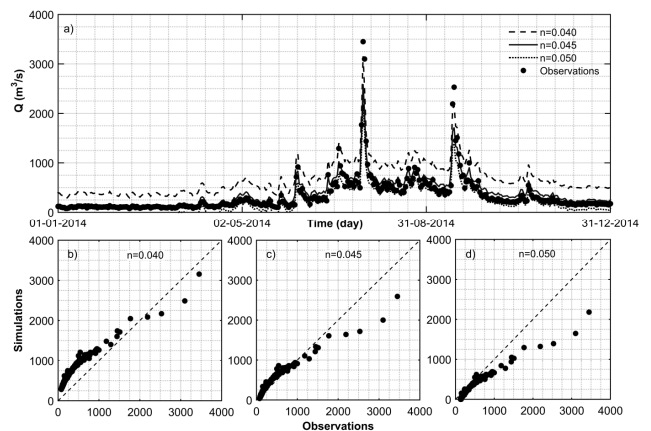
Hình 2 thể hiện kết quả đường quá trình lưu lượng dòng chảy ứng với các hệ số nhám $n = 0.04$, 0.045 và 0.05 , trong khi đó giá trị của 4 chỉ tiêu sai số (RMSE, MAE, r và NSE) được thống kê như trong Bảng 1. Dễ dàng nhận thấy rằng ứng với hệ số nhám bề mặt đáy lòng sông $n = 0.045$ cho kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy tốt nhất tại mặt cắt không chế. Sai số căn quân phương và sai số tuyệt đối trung bình của lưu lượng ứng với giá trị hệ số nhám nêu trên lần lượt là 360 và 350 m³/s. Các giá trị sai số này chiếm khoảng 10.5% lưu lượng dòng chảy lớn nhất ghi nhận tại mặt cắt không chế. Hệ số tương quan giữa lưu lượng tính toán và thực đo là 0.95, trong khi đó hệ số NSE là 0.88. Các kết quả trên thể hiện rằng mô hình phân bố theo phương ngang đã tái hiện khá tốt lưu lượng ngày thực đo năm 2014.

Kết quả kiểm định mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang sử dụng chuỗi số liệu dòng chảy năm 2015 và 2017 được thể hiện lần lượt như trên Hình 3 và Hình 4. Dòng chảy năm 2015 (năm dòng chảy nhỏ) và năm 2017 (năm dòng chảy lớn) được lựa chọn để kiểm định mô hình nhằm mục đích đánh giá độ chính xác của mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang ứng với các trạng thái dòng chảy khác nhau. Lưu ý rằng hệ số nhám $n = 0.045$ được sử dụng trong mô phỏng. Tương tự như các kết quả hiệu chỉnh, mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang cũng thể hiện rất tốt lưu lượng dòng chảy ngày thực đo tại mặt cắt không chế, nhất là dòng chảy trong mùa kiệt. Sai số căn quân phương và sai số tuyệt đối trung bình của lưu lượng bằng khoảng 10% biên độ của lưu lượng thực đo. Hệ số tương quan r lớn hơn

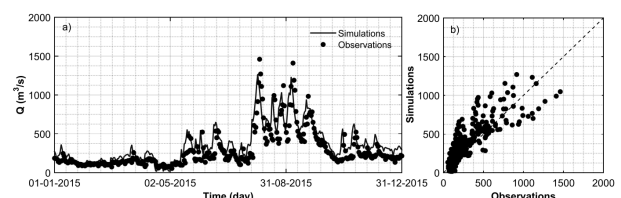
0.86 và hệ số NSE lớn hơn 0.78. Các kết quả trên khẳng định rằng hệ số nhám đã sử dụng là chấp nhận được và hoàn toàn có thể được sử dụng để khôi phục chuỗi lưu lượng dòng chảy sông Lô tại trạm thủy văn Vĩnh Tuy trong thời kỳ từ năm 1972 đến 2012.

Bảng 2. Bảng thống kê giá trị của các chỉ tiêu sai số cho kiểm định mô hình

Năm	RMSE		MAE		r	NSE
	m ³ /s	%	m ³ /s	%		
2015	157.0	10.75	114.3	7.83	0.863	0.776
2017	172.1	6.04	98.1	3.44	0.942	0.876

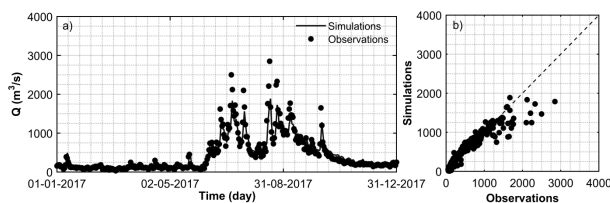


Hình 2. Kết quả hiệu chỉnh thông số mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang

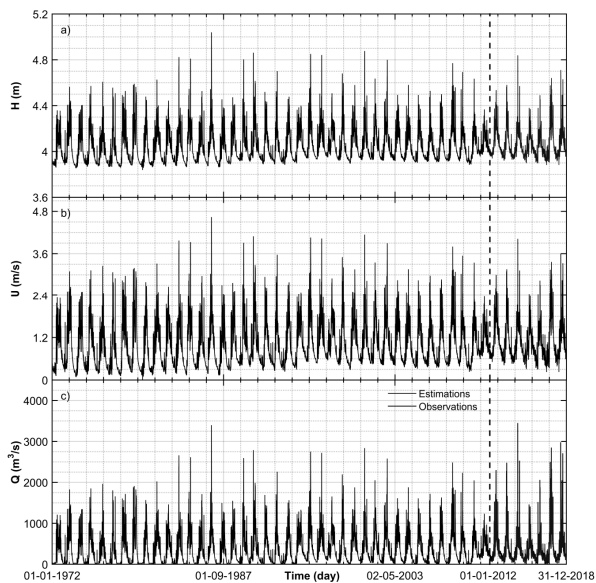


Hình 3. Kết quả kiểm định mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang cho năm 2015

Hình 5 thể hiện kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy và vận tốc trung bình mặt cắt từ mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang cho thời kỳ từ năm 1972 đến 2018. Có sự tương đồng chặt chẽ giữa độ sâu (tại vị trí $y = 37.2$ m, xem chi tiết trên Hình 1) và lưu lượng dòng chảy trong mặt cắt không chế. Trong các tháng mùa kiệt khi độ sâu dòng chảy trong sông nhỏ và với biên độ khoảng 3.80 m thì lưu lượng dòng chảy tương ứng là $100 \text{ m}^3/\text{s}$ và biên độ của vận tốc dòng chảy khoảng 0.6 m/s. Ngược lại, biên độ của vận tốc và lưu lượng dòng chảy trong mùa lũ lần lượt là 4.5 m/s và $3450 \text{ m}^3/\text{s}$, tương ứng với độ sâu thủy trực lớn nhất khoảng 5.0 m. Lưu lượng dòng chảy năm trung bình nhiều năm (từ 1972 đến 2018) khi sử dụng mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang là $347 \text{ m}^3/\text{s}$. Giá trị này tương tự như giá trị dòng chảy năm trung bình đo đạc ($344 \text{ m}^3/\text{s}$) trong thời kỳ từ năm 2012 đến 2018.



Hình 4. Kết quả kiểm định mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang cho năm 2017



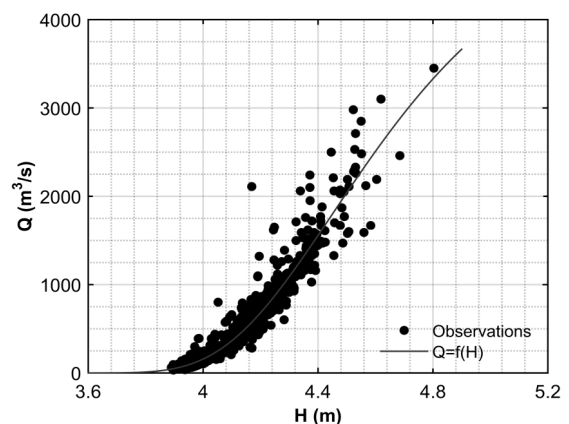
Hình 5. Đường quá trình lưu lượng khi sử dụng mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang

4.2. Kết quả lưu lượng dòng chảy khi sử dụng đường cong mực nước - lưu lượng

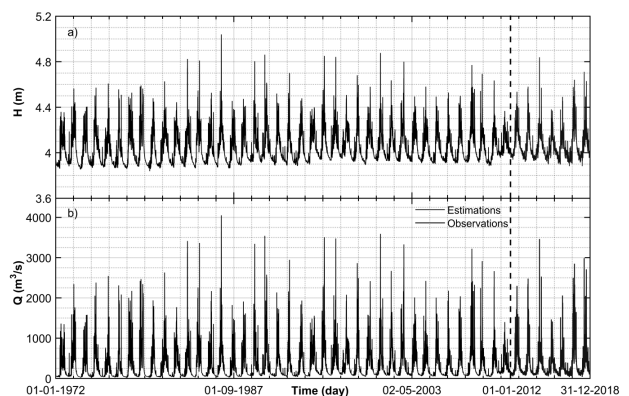
Hình 6 thể hiện đường cong quan hệ mực nước

- lưu lượng tại mặt cắt không chế dựa trên chuỗi số liệu dòng chảy ngày thực đo trong thời kỳ từ năm 2012 đến 2018. Giá trị của các hệ số trong phương trình (5) cụ thể như sau: $a = 5347$, $b = 4.484$, $c = -11.016$. Giá trị của các chỉ tiêu sai số của lưu lượng là $\text{RMSE} = 89 \text{ m}^3/\text{s}$ (bằng khoảng 2.6% giá trị lưu lượng lớn nhất ghi nhận tại mặt cắt không chế), $\text{MAE} = 38.3 \text{ m}^3/\text{s}$ (chỉ bằng 1.1% biên độ của lưu lượng thực đo), $r = 0.971$ và $\text{NSE} = 0.943$.

Hình 7 thể hiện đường quá trình lưu lượng dòng chảy ngày trong thời kỳ từ năm 1972 đến năm 2018. Tương tự như phương pháp mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang, lưu lượng dòng chảy biến đổi khá tương đồng với sự thay đổi mực nước theo thời gian. Lưu lượng dòng chảy năm trung bình nhiều năm (từ 1972 đến 2018) ước tính từ đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng là $332 \text{ m}^3/\text{s}$.



Hình 6. Đường cong mực nước - lưu lượng



Hình 7. Đường quá trình lưu lượng khi sử dụng đường cong mực nước - lưu lượng

4.3. Thảo luận

Kết quả tính toán thể hiện rằng đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng cho các kết quả ước tính lưu lượng dòng chảy tương đối tốt so với phương pháp mô hình phân bố theo phương ngang, mặc dù phương pháp này khá đơn giản. Sai số căn quân phương và sai số tuyệt đối trung bình của lưu lượng xác định từ phương pháp này nhỏ hơn 4 lần so với phương pháp mô hình, trong khi đó hệ số tương quan và hệ số NSE cũng lớn hơn và rất gần một. Như vậy, với chuỗi dữ liệu sẵn có về mực nước và lưu lượng dòng chảy (từ năm 2012 đến 2018) thì phương pháp đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng khá phù hợp cho khôi phục lưu lượng dòng chảy tại mặt cắt khống chế (trạm thủy văn Vĩnh Tuy).

Mặc dù các kết quả mô phỏng từ mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang tái hiện khá tốt lưu lượng thực đo. Sự khác biệt giữa kết quả mô phỏng và đo đạc vẫn còn tồn tại, nhất là ứng với các trường hợp dòng chảy lũ. Kết quả mô phỏng từ mô hình thiên nhỏ so với giá trị thực đo trong các trường hợp dòng chảy lũ. Nguyên nhân dẫn đến sự khác biệt này có thể là do (i) bỏ qua ảnh hưởng của dòng chảy thứ cấp và dòng chảy theo phương ngang sinh ra do dòng chảy lũ trong tính toán, (ii) bỏ qua lượng nước bổ sung và nhập bên, (iii) chưa xem xét đến ảnh hưởng của thay đổi đáy lòng dẫn, (iv) hoặc cũng có thể do sử dụng hệ số nhám là hằng số trong quá trình mô phỏng. Các vấn đề này sẽ được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo khi xem xét (i) bổ sung thêm các thành phần thể hiện ảnh hưởng của dòng chảy thứ cấp và lượng nước bổ sung và nhập bên trong phương trình (1), (ii) phát triển module biến đổi hình thái nhằm cho phép mô phỏng thay đổi đáy lòng sông trong mặt cắt khống chế.

Vận tốc dòng chảy cũng được xác định khi sử dụng phương pháp mô hình phân bố theo phương ngang, trong khi đó điều này là không thể thực hiện được khi sử dụng phương pháp đường cong

quan hệ mực nước - lưu lượng. Do đó, việc kết hợp hai phương pháp tại mặt cắt khống chế sẽ cho phép mô phỏng và khôi phục các đặc trưng vận tốc, độ sâu và lưu lượng dòng chảy. Các kết quả mô phỏng này là nguồn dữ liệu tham khảo hữu ích cho các nghiên cứu vận chuyển bùn cát và biến hình lòng sông, hiệu chỉnh và kiểm định khi sử dụng các mô hình thủy lực một chiều trung bình mặt cắt hoặc các mô hình thủy động lực hai hoặc ba chiều. Các nội dung này sẽ được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo liên quan đến khai thác sử dụng bền vững nguồn tài nguyên nước lưu vực sông Lô thuộc địa phận tỉnh Hà Giang.

5. KẾT LUẬN

Mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang và đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng đã được áp dụng để tính toán lưu lượng dòng chảy sông Lô tại trạm thủy văn Vĩnh Tuy, tỉnh Hà Giang. Các kết quả tính toán thể hiện rằng:

(i) Hai phương pháp nêu trên hoàn toàn có thể được sử dụng để khôi phục chuỗi số liệu dòng chảy ngày tại mặt cắt khống chế. RMSE và MAE của lưu lượng chỉ bằng khoảng 10% biên độ của lưu lượng ghi nhận tại trạm khi sử dụng mô hình phân bố theo phương ngang. Giá trị của các sai số trên bằng 2.6% lưu lượng lớn nhất khi sử dụng đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng. Hệ số tương quan giữa lưu lượng tính toán và thực đo lớn hơn 0.86 cho cả hai phương pháp và hệ số NSE thì lớn hơn 0.78.

(ii) Trong thời kỳ từ năm 1972 đến 2018, biên độ của lưu lượng dòng chảy ngày trong mùa lũ và mùa kiệt lần lượt là 3450 và 100 m³/s. Biên độ của vận tốc dòng chảy tại mặt cắt khống chế là 0.6 m/s cho mùa kiệt và 4.5 m/s cho mùa lũ. Dòng chảy năm trung bình nhiều năm lưu vực sông Lô tính đến trạm thủy văn Vĩnh Tuy là 340 m³/s. Chênh lệch dòng chảy năm trung bình nhiều năm ước tính từ mô hình phân bố vận tốc theo phương ngang và đường cong quan hệ mực nước - lưu lượng là không đáng kể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Chow VT. (1959). *Open-channel hydraulics*. New York: McGraw-Hill.
- Darby, S.E and Thorne, C.R. (1996). Predicting stage-discharge curves in channels with bank vegetation. *Journal of Hydraulic Engineering*, 122(10), 583-586.
- Pham Van, C. (2016). *A two-dimensional quasi model for simulating flow in open-channels*. *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 54, 3-10.
- Pham Van, C. and Chua, V. (2020). *Numerical simulation of hydrodynamic characteristics and bedload transport in cross section of two gravel-bed rivers based on one-dimensional lateral distribution method*. *International Journal of Sediment Research*, 35, 203-216
- Wark, J.B., Samuel, P.G. and Ervine, D.A. (1990) *A practical method of estimating velocity and discharge in a compound channel*. *River Flood Hydraulics*, 163-172.

Abstract:

APPLICATION OF CROSS-SECTIONAL VELOCITY DISTRIBUTION MODEL AND STAGE-DISCHARGE RATING CURVE TO ESTIMATE WATER DISCHARGE IN THE LO RIVER BASIN AT VINH TUY STATION, HA GIANG PROVINCE

This paper presents computed results of daily water discharge in the Lo river basin at Vinh Tuy station, Ha Giang province by using the cross-sectional velocity distribution model and stage-discharge rating curve. Observed daily water depth and water discharge in the period from 2012 to 2018 are used to quantitatively determine regression coefficients of the rating curve as well as modeling parameter in the cross-sectional velocity distribution model. The results showed that root mean square error and mean absolute error of water discharge are about 10% of observed magnitude of water discharge at the station, while correlation and Nash-Sufficient coefficients are greater than 0.87 for the stage – discharge rating curve as well as for both calibration and validation of the cross-sectional velocity distribution model. Then, both methods are applied to reconstruct and simulate water discharge in the period from 1972 to 2012. These simulated water discharge will be useful data sources for studying sustainable exploitation and utilization of water resources as well as assessment of the flow variability in the Lo river basin under influences of natural and artificial conditions.

Keywords: Lo river, cross-sectional velocity distribution model, Stage-discharge rating curve.

Ngày nhận bài: 14/3/2020

Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2020