

SỰ THÍCH HỢP CỦA MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP THUỶ LỰC RÚT GỌN DÙNG TRONG TÍNH TOÁN TRUYỀN LŨ TRÊN MẠNG SÔNG HỒNG

NCS. Nguyễn Lê Tuấn

Trường Đại học Miyazaki, Nhật Bản

Điền toán lũ được hiểu là việc tính toán quá trình lũ tại hạ lưu (*outflow*) khi đã biết quá trình ở thượng lưu (*inflow*) [17]. Thuật ngữ “diễn toán” (*route*) có nghĩa khá rộng, kể cả việc tính toán quá trình dòng chảy từ mưa. Hiện tại, có nhiều phương pháp diễn toán lũ song có thể phân ra làm hai loại chính là phương pháp thuỷ văn và phương pháp thuỷ lực. Lý thuyết các phương pháp thuỷ văn cũng như ưu, nhược điểm của chúng đã được trình bày kỹ trong nhiều tài liệu [2, 10, 17, 20]. Bài viết này sử dụng một số tiêu chuẩn được chấp nhận rộng rãi trên thế giới để kiểm tra sự thích hợp khi sử dụng các phương pháp thuỷ lực rút gọn trong giải quyết bài toán diễn toán lũ trên mạng sông Hồng. Nói một cách cụ thể hơn, việc sử dụng các mô hình thuỷ lực rút gọn sóng động học và sóng khuếch tán để tính toán truyền các quá trình lũ tại các vị trí thượng lưu: Hoà Bình trên sông Đà, Yên Bái trên sông Thao và Vụ Quang trên sông Lô về Hà Nội có gây ra sai số lớn hơn 5% so với khi sử dụng mô hình sóng động lực học hay không?

1. Mô hình sóng động học và sóng khuếch tán

Dòng không ổn định biến đổi chậm trong kênh, sông thiên nhiên khi được nhìn nhận là một chiều, có thể được mô tả bằng hệ phương trình Saint - Venant. Ở đây, không đi sâu vào giới hạn sử dụng của hệ phương trình trên mà thừa nhận rằng đó là hệ phương trình thích hợp nhất để mô hình hoá dòng chảy trong khu vực nghiên cứu. Hệ phương trình này gồm 2 phương trình: phương trình liên tục và phương trình động lượng. Phương trình động lượng có thể biểu diễn dưới dạng sau [2, 7, 10]:

$$S_f = S_o - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} - \frac{vq}{gA} \quad (1)$$

Trong đó, S_f là độ dốc ma sát, S_o là độ dốc đáy lòng dẫn, A là diện tích mặt cắt ngang và v là lưu tốc trung bình mặt cắt ngang ứng với độ sâu dòng chảy y , q là nhập lưu địa phương, t là thời gian, x là khoảng cách dọc theo chiều dòng chảy và g là gia tốc trọng trường.

Sóng động học và sóng khuếch tán là hai dạng xấp xỉ của hệ phương trình, bằng cách bỏ qua một số thành phần trong phương trình động lượng. Trong trường hợp phương trình này được triển khai dưới dạng đầy đủ, nó được gọi là mô hình sóng động lực học.

Khi phương trình động lượng (1) chỉ bao gồm số hạng đầu tiên trong vế phải còn bỏ qua các số hạng còn lại, nó được coi là biểu thức mô tả động lượng của dòng ổn định, đều và kết hợp với phương trình liên tục, dẫn đến mô hình sóng động học. Nói một cách khác, một mô hình sóng động học có dạng:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (2)$$

$$S_f = S_o \quad (3)$$

Mô hình sóng động học dựa trên giả thiết cho rằng các ảnh hưởng của lực quán tính và áp lực là không đáng kể, trọng lượng của khối chất lỏng cân bằng với sức cản ma sát của đáy sông. Những giả thiết này dẫn đến một đặc điểm của sóng động học là không bị suy giảm biên độ trong quá trình truyền dẫn. Nếu có, đó chỉ là những sai số tích luỹ khi tính toán [2, 9, 10, 13, 14]. Tiếp theo, có thể thấy ngay trong mô hình sóng động học, sóng lũ chỉ truyền một chiều từ thượng lưu về hạ lưu, không tính đến hiện tượng vật lý của dòng chảy. Abbott và Basco [1] gọi đây là mô hình “di lưu thuần tuý” (*pure advection*). Lý thuyết sóng động học

được áp dụng nhiều trong các mô hình tất định mưa - dòng chảy để diễn toán thành phần dòng chảy tràn trên mặt dốc (*overland flow*). Trong những trường hợp này, phương trình (3) thường được viết dưới dạng $Q = \alpha y^\beta$. Đây cũng là dạng nguyên bản của mô hình sóng động học được sử dụng trong những nghiên cứu từ những năm 1950 về vấn đề này. Một số tác giả lại dùng dạng $Q = \alpha' A'''$ [2, 3, 7, 11, 20]. Người viết cho rằng, với bài toán diễn toán trong sông, dạng này thích hợp hơn vì khi đó ảnh hưởng của hình dạng lòng dẫn tới lưu lượng được biểu đạt một cách tường minh hơn.

Mô hình sóng khuếch tán bỏ qua thành phần quán tính, chỉ giữ lại thành phần ma sát, trọng lực và áp lực trong phương trình động lượng:

$$S_f = S_o - \frac{\partial y}{\partial x} \quad (4)$$

Kết hợp với phương trình liên tục, sau một số phép biến đổi sẽ nhận được mô hình sóng khuếch tán như sau:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c \frac{\partial Q}{\partial x} = D_1 \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + cq \quad (5)$$

Trong đó c là tốc độ truyền sóng động học, D_1 là hệ số khuếch tán.

Mô hình sóng khuếch tán có phạm vi ứng dụng có rộng hơn và cũng đáp ứng được nhiều yêu cầu tính toán từ thực tế hơn. Do có xét đến ảnh hưởng khuếch tán trong phương trình diễn toán nên mô hình cho phép mô tả tính tất dân tự nhiên của sóng lũ - một hiện tượng khá phổ biến với đoạn sông dài hoặc có phần bãi rộng. Ở một mức độ nào đó, mô hình có xét đến các ảnh hưởng của hiện tượng nước vỡ nhưng lại phân bố chung tức thời trên toàn đoạn sông diễn toán. Tuy nhiên, mô hình cũng có những hạn chế vì bản thân nó được coi là một xấp xỉ bậc cao của mô hình sóng động học. Trong ứng dụng, mô hình sóng khuếch tán thường không được dùng khi mô tả hiện tượng vỡ đập, vỡ đê và đặc biệt là dòng chảy trong một mạng lưới kênh sông phức tạp hoặc chịu ảnh hưởng mạnh của các biến hạ lưu.

Một mô hình sóng khuếch tán rất quen thuộc trong thủy văn là mô hình Muskingum - Cunge do Cunge đề xuất năm 1969. Sau khi xấp xỉ bằng các sai phân tương ứng, kết hợp với phương trình diễn toán Muskingum nguyên bản, phương trình diễn toán của phương pháp Muskingum - Cunge được viết dưới dạng [2, 6, 10, 20]:

$$Q_{j+1}^{i+1} = C_1 Q_j^i + C_2 Q_j^{i+1} + C_3 Q_{j+1}^i + C_4 \quad (6)$$

Trong đó các chỉ số i, j là các chỉ số theo chiều thời gian (t) và chiều dòng chảy (x) của lưới sai phân. Các hệ số C_1, \dots, C_4 được tính từ các hệ số c và D_1 . Tuy nhiên, do c, D_1 lại thay đổi theo thời gian nên các hệ số C_1, \dots, C_4 cũng thay đổi, đưa đến các thuật toán xử lý khi tính toán các hệ số này và được gọi là phương pháp Muskingum - Cunge với tham số thay đổi. Một số nhà nghiên cứu cho rằng phương pháp Muskingum - Cunge là một trong những phương pháp hiệu quả nhất để diễn toán dòng chảy lũ [6]. Tính hiệu quả ở đây muốn nói đến sự so sánh tổng thể giữa tính đơn giản trong tính toán, yêu cầu các số liệu đầu vào và độ chính xác của các kết quả đạt được.

Các mô hình thuỷ lực rút gọn là các phương trình vi phân đạo hàm riêng dạng *hyperbolic* (sóng động học) và *parabolic* (sóng khuếch tán). Chúng có thể được giải bằng các phương pháp khác nhau như phương pháp đường đặc trưng hay phương pháp sai phân. Khi sử dụng phương pháp sai phân, có thể dùng sơ đồ sai phân ẩn hoặc hiện. Lúc này, tính ổn định và hội tụ của sơ đồ phụ thuộc vào kiểu sơ đồ với điều kiện Courant được diễn tả thông qua một biểu thức liên quan tới bước thời gian, không gian của sơ đồ cũng như tốc độ truyền sóng động học [1, 2, 11, 13, 20, 21].

Xét trên phương diện lý thuyết, rõ ràng mô hình sóng động học không thể mô tả quá trình dòng chảy một cách chính xác bằng mô hình sóng khuếch tán và lại càng không bằng mô hình sóng động lực học. Đương nhiên, các nhà nghiên cứu đã sử dụng nguyên lý yếu tố trội để

mô hình hoá hiện tượng vật lý. Nghĩa là, có thể có những đoạn sông, trong một trận lũ nào đó, sóng lũ được điều khiển bằng sóng động học, các thành phần khác đều không đáng kể. Các nghiên cứu của Henderson (1966), Kutchmen (1972) và Cunge (1980) chỉ ra rằng các số hạng từ thứ 3 trở đi trong phương trình động lượng (1) thường nhỏ hơn hai bậc về độ lớn so với số hạng thứ nhất và thứ hai [10, 16]. Điều đó có nghĩa là thành phần động học, sau đó thành phần khuếch tán là có ảnh hưởng lớn nhất, trong khi đó thành phần động lực học lại không đáng kể trong phương trình này. Thêm vào đó, việc lập trình tính toán theo mô hình sóng động học hay sóng khuếch tán đơn giản hơn, số liệu địa hình lại không yêu cầu chi tiết, thời gian xác định thông số và kiểm định mô hình ngắn. Tuy nhiên, cũng cần nhấn mạnh là bản thân các nhận xét do các nhà nghiên cứu đưa ra như trên cũng có tính tương đối, thậm chí chỉ phù hợp với vùng mà các tác giả thu thập tài liệu.

Do tính chất xấp xỉ nên các mô hình sóng động học và sóng khuếch tán không tránh khỏi những sai số khi so sánh với mô hình sóng động lực học. Hromadka và De Vries [9] đã đề cập vấn đề diễn toán sóng động học và sai số tính toán theo mô hình HEC1 (bản năm 1985) khi thay đổi các thông số bước thời gian và không gian. Họ cho rằng khi dùng các mô hình thủy văn có sử dụng lý thuyết sóng động học vào diễn toán lũ đoạn sông cần phải đánh giá lại độ tin cậy và tính xác đáng trong nhiều ứng dụng thực tế. Sau đó, hàng loạt bài thảo luận về vấn đề mà các tác giả này nêu ra đã liên tiếp xuất hiện, đến mức trong bài viết năm 1991 [14], Ponce gọi đó là một cuộc “*bút chiến*”. Đáng chú ý là thảo luận của Dawdy [9] cho rằng mô hình sóng động học không nên sử dụng trong bài toán diễn toán lũ trong sông. Trong bài viết năm 1991, Ponce [14] đã đưa ra những phân tích nhằm kết thúc cuộc bút chiến không cần thiết này trên các tạp chí chuyên môn. Bài viết của Ponce đã chỉ ra những điều kiện cụ thể để mô hình sóng động học có thể làm thay đổi hình dạng sóng lũ cũng như các điều kiện xuất hiện những “đột biến” động học (*kinematic shock*), bàn đến một số vấn đề về kích cỡ lưỡi sai phân khi mô hình dùng phương pháp sai phân. Một trong những kết luận quan trọng của bài viết là *hầu hết các trạng thái của dòng chảy tràn trên mặt đất đều thoả mãn tiêu chuẩn của sóng động học trong khi đó sóng lũ truyền trong sông, kênh thiên nhiên hầu hết thoả mãn tiêu chuẩn sóng khuếch tán*.

Tóm lại, phủ nhận hoàn toàn không sử dụng mô hình sóng động học hay chỉ sử dụng mô hình sóng khuếch tán trong mọi trường hợp là cực đoan vì chúng có nhiều ưu điểm song nhất định phải kiểm tra tính hợp lý của nó với từng bài toán và trong một không gian địa lý cụ thể.

2. Diễn toán lũ trong hệ thống sông Hồng

a. Từ thực tế mạng lưới sông và những số liệu đặc

Tính không ổn định của dòng chảy sông ngòi, trong một chừng mực nào đó, có thể coi như thể hiện qua quan hệ lưu lượng và mực nước thực đo tại các trạm thủy văn. Ở lưu vực sông Hồng - cũng như tại rất nhiều vị trí khác, nhất là trong thời kỳ mùa lũ, quan hệ này có dạng phức tạp, kiểu “vòng dây” và được gọi là “vòng lũ” (*looped rating curve*). Tất nhiên, độ rộng hẹp của vòng lũ ở các vị trí khác nhau là khác nhau. Nói một cách khác, độ bất ổn định của dòng chảy biến đổi theo không gian cũng như tuỳ theo từng trạm lũ. Một số trường hợp đường vòng lũ “hep” đến mức có thể coi quan hệ lưu lượng và mực nước là đơn nhất và dòng chảy được xử lý như dòng ổn định. So sánh đường vòng lũ tại Lao Cai, Yên Bái và Sơn Tây trên cùng dòng chính sông Hồng có thể thấy sự thay đổi trong tính bất ổn định này. Qua việc xem xét quan hệ mực nước - lưu lượng tại các trạm thủy văn trong khu vực đang được đề cập, có thể nói ngay tại các vị trí “biên vào” của bài toán, dòng chảy đã thể hiện tính không ổn định khá rõ rệt.

Một đặc điểm của lòng dẫn trong khu vực nghiên cứu là độ dốc đáy rất nhỏ. Qua số liệu đo đặc địa hình năm 1992 của dự án quy hoạch tổng thể sông Hồng [18] và một số tài liệu đo đặc của các cơ quan khác, cho thấy nếu độ dốc bình quân đoạn sông được tính theo đường trung bình đáy sông thì các trị số này chỉ vào khoảng 0,007% đối với đoạn Hoà Bình (từ trạm thủy văn Hoà Bình) đến Trung Hà và đoạn Đoan Hùng - Việt Trì, 0,01% đối với đoạn từ Phú Thọ

về ngã ba sông Thao - sông Đà (sau đây sẽ lấy địa danh Quỳnh Lâm thuộc Lâm Thao để chỉ vị trí này). Đoạn sông từ Việt Trì về đến ngã ba sông Hồng - sông Đuống, độ dốc đáy sông còn nhỏ hơn nữa, khoảng 0,005%. Tất nhiên, biến đổi cục bộ của đáy sông rất lớn do những quá trình động lực. Nhiều chỗ trên đoạn sông, đáy sông dốc ngược so với hướng chảy thông thường, hoặc có độ dốc đáy khá lớn. Tính phân hoá sâu sắc của chế độ mưa, sự chia cắt mạnh mẽ của địa hình lưu vực cùng với những biến động lớn về điều kiện thảm phủ dẫn đến chế độ dòng chảy ở các nhánh-sông có những khác biệt lớn. Mức đồng bộ dòng chảy lũ của các sông nhánh với dòng chính sông Hồng không cao, tạo nên những tổ hợp đa dạng và phức tạp [19]. Thêm vào đó, từ năm 1989, hồ chứa nước Hoà Bình đi vào vận hành chống lũ, tạo ra những thay đổi đáng kể về chế độ thuỷ văn và thủy lực của khu vực khảo cứu. Trong một bối cảnh như vậy, cùng với những điều kiện địa hình lòng dãy như đã nêu, dòng chảy lũ trong khu vực sẽ có những diễn biến phức tạp. Hiện tượng vật ú nước có thể sẽ xảy ra tại các ngã ba sông trong một phạm vi khá rộng, xói lở lòng và bồi sông cũng đã xảy ra mạnh mẽ. Đánh giá chi tiết và định lượng cụ thể các biến đổi này là một bài toán lớn, nằm ngoài giới hạn của bài viết này.

Một cách khái quát, có thể thấy dòng chảy lũ trong khu vực nghiên cứu thể hiện tính không ổn định mạnh và có chế độ phức tạp. Điều này cần được lưu ý và cân nhắc ngay khi đặt bài toán và cả khi lựa chọn phương pháp diễn toán.

b. Kiểm tra sự thích hợp của các mô hình diễn toán lũ rút gọn qua các tiêu chuẩn thành văn

Như đã trình bày, để giải quyết bài toán diễn toán lũ có thể sử dụng nhiều mô hình khác nhau, với những giả thiết và sai số khác nhau. Xét trên quan điểm ứng dụng, khi dùng các mô hình thủy lực để diễn toán, người thực hiện việc diễn toán sẽ đứng trước sự lựa chọn giữa hai lớp mô hình: mô hình sóng động lực học dạng đầy đủ với những thuật giải phức tạp, những yêu cầu cao về số liệu địa hình, sự am hiểu thực địa để có thể hiệu chỉnh nhanh chóng và hiệu quả... với các mô hình rút gọn sóng động học và sóng khuếch tán đơn giản hơn trong cách giải, yêu cầu số liệu ít hơn và hiệu quả hơn. Các nhà nghiên cứu đã đưa ra các tiêu chuẩn lựa chọn mô hình, giúp cho việc lựa chọn này trên căn bản là dựa vào ý nghĩa vật lý của quá trình dòng chảy trong sông và độ chính xác (về mặt lý thuyết) nhất định của các kết quả diễn toán. Trong "Bách khoa thư về Thủy văn và Tài nguyên nước" xuất bản năm 1998 [8], khi đề cập đến độ chính xác của các mô hình thủy lực rút gọn với mô hình sóng động lực học đầy đủ, Singh đã đưa ra các bình luận tóm tắt về những nghiên cứu trước đây. Theo đó, đầu tiên phải kể đến các nghiên cứu của Woohiser và Liggett vào năm 1967. Hai nhà nghiên cứu này đã đưa ra một đại lượng gọi là "trị số sóng động học" K (K phản ánh ảnh hưởng của độ dốc đáy sông, chiều dài đoạn sông, độ sâu dòng chảy trung bình và số Froud) và chỉ ra rằng với K lớn hơn 20 thì có thể xấp xỉ mô hình sóng động lực học bằng mô hình sóng động học đối với dòng chảy tràn trên mặt mà không gây ra sai số lớn. Tuy nhiên, họ lại không đưa ra một ràng buộc cụ thể giữa K với sai số có thể. Sau đó Morris và Woolhiser vào năm 1980 lại chi tiết hoá tiêu chuẩn trên. Tiếp cận bài toán theo một hướng khác, Ponce và Simon đã đưa ra tiêu chuẩn để lựa chọn phương pháp diễn toán lũ vào năm 1978. Sau đó là các nghiên cứu của Menendez và Norscini năm 1982, Daluz Vieira năm 1983, Ferrick năm 1985, Fread năm 1985. Trong cuốn sách này [8], Singh cũng đưa ra những kết quả nghiên cứu của mình. Đó là lời giải hệ phương trình Saint - Venant đầy đủ và các phương trình rút gọn sóng động học và sóng khuếch tán với các điều kiện đơn giản nào đó. Cuối cùng dẫn một phương trình sai số là một hàm của thời gian. Trong trường hợp giá trị xuất/nhập lưu ban đầu q_0 và cường độ thẩm f_0 (q_0 và f_0 được đồng nhất thứ nguyên L^2T^{-1}) thoả mãn điều kiện $q_0f_0 \neq 0$ thì phương trình sai số có dạng:

$$\frac{dE}{d\tau} = C_0(\tau) + C_1(\gamma, \tau)E + C_2(\gamma, \tau)E^2, E(1) = 0; \tau \geq 1 \quad (7)$$

Trong đó E là sai số, τ là tỷ số giữa độ sâu dòng chảy tại thời điểm tính toán (y_i) so với thời điểm ban đầu (y_o), tức là $\tau = h_i/h_o$, hệ số γ được tính theo công thức $\gamma = 4g\beta S_o y_o/(q_o \cdot f_o)$; β là hệ số trong quan hệ mà tác giả giả định: $S_f = \beta u^2/y$. C_o, C_1, C_2 là các hệ số được tính từ các giá trị của τ và γ . Phương trình này có tên toán học là phương trình Riccati (dùng nhiều trong lĩnh vực điện tử, lý thuyết điều khiển và xử lý tín hiệu số) và có thể được giải bằng phương pháp Runge - Kutta bậc 4. Rõ ràng, xuất phát từ những biến đổi toán học và những giả định, phương trình sai số (7) mang tính hàn lâm nhiều hơn. Hơn nữa, tuy phương pháp Runge-Kutta đã được chuẩn hoá với chương trình mẫu trong phương pháp tính nhưng khi áp dụng để giải phương trình (7) yêu cầu người sử dụng phải dành thời gian đọc lại để thay đổi các tham số cũng như sửa chữa chương trình cho phù hợp. Từ đó dẫn tới việc kiểm định để lựa chọn mô hình diễn toán lũ lại tương đối phức tạp và không nhanh chóng. Với tiêu chí là xem xét các điều kiện có thể tính toán nhanh, đơn giản và thông dụng đối với các ứng dụng thực tế; kết hợp với nhiều tài liệu tham khảo khác, bài viết này sẽ sử dụng những tiêu chuẩn do Ponce, Fread và Roger đưa ra. Các tiêu chuẩn này được nhắc đến nhiều trong các tài liệu chuyên môn về diễn toán lũ và khái thông dụng trên thế giới hiện nay.

Tiêu chuẩn Ponce có lẽ là tiêu chuẩn được nhắc đến nhiều nhất. Mới đây, trong “*Sổ tay hướng dẫn kỹ thuật mô hình HEC - HMS (Hydrologic Modelling System)*” của lực lượng công binh quân đội Hoa Kỳ [20] đã đưa ra những khuyến cáo chi tiết về tiêu chuẩn này. Cũng cần nói thêm rằng HEC - HMS là một phần trong dự án phát triển phần mềm thế hệ tiếp theo của trung tâm công trình thuỷ (HEC) vốn đã nổi tiếng với những phần mềm được sử dụng nhiều trong các dự án phát triển cơ sở hạ tầng cũng như phòng chống lũ ở Mỹ và nhiều nơi khác trên thế giới. Fread đưa ra tiêu chuẩn để lựa chọn phương pháp diễn toán vào năm 1985 và sau đó đã hiệu chỉnh tiêu chuẩn này vào năm 1994 [6]. Tuy nhiên, việc hiệu chỉnh lại đi kèm với giả thiết cho rằng quan hệ giữa độ rộng mặt nước B ứng với độ sâu dòng chảy y tại một mặt cắt có dạng hàm $m(y) = ky^n$. Trong bài viết này sử dụng tiêu chuẩn Fread năm 1985 vì thấy rằng giả thiết trên đây không thích hợp với điều kiện của khu vực nghiên cứu qua các số liệu đo đạc thực tế tại các trạm thuỷ văn. Ngoài ra, bài viết cũng đề cập đến tiêu chuẩn do Roger Moussa và Claude Bocquillon, hai nhà nghiên cứu người Pháp đề xuất [15]. Theo các tác giả, tiêu chuẩn này tái khẳng định các tiêu chuẩn của Vieira và Ponce. Như thế, khi sử dụng tiêu chuẩn này đã đề cập đến tiêu chuẩn của Vieira [4] và xa hơn là của Morris và Woolhiser.

Nội dung các tiêu chuẩn được trình bày trong bảng 1.

Với những tiêu chuẩn đã nêu ở trên, tiến hành kiểm tra đối với các trận lũ lớn nhất trong các năm 1990, 1995 và 1996, là ba trận lũ trong thập kỷ trước có mực nước cao nhất tại Hà Nội vượt quá mức báo động III. Trong tính toán đã xét đến một số trường hợp sau:

Đoạn sông	Đoạn Hoà Bình - Trung Hà	Đoạn Vụ Quang - Việt Trì	Đoạn Phú Thọ - Quỳnh Lâm	Đoạn Việt Trì - Hà Nội
Độ dốc đáy sông				
- Trung bình	0,0001	0,0001	0,0001	0,00005
- Lớn nhất	0,0157	0,0332	0,0048	0,0015
Độ nhám Manning				
- Trung bình	0,042	0,040	0,033	0,022
- Lớn nhất	0,051	0,054	0,042	0,033
- Nhỏ nhất	0,032	0,012	0,016	0,010

Các đặc trưng địa hình lòng lũ được lấy từ các số liệu đo đạc mặt cắt trong dự án sông Hồng (1992) [18] và một số cơ quan khác thuộc Bộ NN và PTNT. Giá trị độ nhám Manning được lấy từ biểu tài liệu lưu lượng thực đo tại các trạm thủy văn đại biểu. Thực ra, việc xác định tham số này khá phức tạp vì có nhiều quan điểm khác nhau. Gần đây, một số trạm đã bỏ

Bảng 1 - Các tiêu chuẩn sử dụng trong lựa chọn phương pháp diễn toán lũ

Tên tiêu chuẩn*	Mức sai số**	Nội dung tiêu chuẩn
Ponce	$\leq 5\%$	$\frac{TS_o v_o}{y_o} \geq 171 \rightarrow \text{Có thể dùng mô hình sóng động học (MHSĐH)}$ $TS_o \left(\frac{g}{y_o} \right)^{1/2} \geq 30 \rightarrow \text{Có thể dùng mô hình sóng khuếch tán (MHSKT)}$
Fread	$\leq 5\%$	$\frac{T_r S_o^{1.6}}{q_p^{0.2} n^{1.2}} \geq 0,014 \rightarrow \text{Có thể dùng MHSĐH}$ $\frac{T_r S_o^{1.15}}{(q_p n)^{0.3}} \geq 0,0003 \rightarrow \text{Có thể dùng MHSKT}$
Roger	$\leq 5\%$	$\frac{v_o}{g TS_{fo}} \leq 0,011 \text{ và } \frac{T v_o S_{fo}}{y_o} \geq 79 \rightarrow \text{Có thể dùng MHSĐH}$ $\frac{v_o}{g TS_{fo}} \leq 0,011 \rightarrow \text{Có thể dùng MHSKT}$

*: Lấy theo tên tác giả đề xuất

**: So với phương trình sóng động lực học đầy đủ

T là thời gian trận lũ được kiểm định, T_r là thời gian lũ lên, q_p là lưu lượng đỉnh lũ tính trên một đơn vị độ rộng mặt nước, S_{fo} được tính từ công thức Manning ứng với lưu tốc trung bình v_o và độ sâu dòng chảy trung bình y_o , các ký hiệu khác như đã nêu.

việc đo đạc để xác định độ nhám nên các giá trị trên được lấy từ tài liệu các trận lũ khác. Tham số độ nhám cũng không phải là tham số duy nhất quyết định đến điều kiện hợp lý của tiêu chuẩn nên người viết chấp nhận các giá trị này mà không đi sâu vào lập luận việc lựa chọn nó. Các tham số khác như lưu tốc và độ sâu dòng chảy được tính bình quân trong thời gian con lũ xem xét từ các số liệu thực đo lưu lượng.

Kết quả tính toán cụ thể cho thấy:

- Trong tất cả các trường hợp kiểm tra, tiêu chuẩn Ponce và Roger đều bác bỏ việc sử dụng các phương pháp sóng động học và sóng khuếch tán để diễn toán lũ trong không gian địa lý xem xét. Tuy nhiên, một số trường hợp xấp xỉ thoả mãn tiêu chuẩn đối với sóng khuếch tán.
- Theo tiêu chuẩn Fread, hầu hết trong các trường hợp xem xét với độ dốc đáy sông trung bình đều cho thấy có thể dùng mô hình sóng khuếch tán, với các trường hợp độ dốc đáy sông lớn nhất thì có thể dùng mô hình sóng động học. Tuy nhiên, giá trị độ dốc đáy sông lớn nhất được chọn từ các mặt cắt đo đạc và mang ý nghĩa cục bộ không thể đại diện cho toàn bộ đoạn sông xem xét. Chẳng hạn, độ dốc đáy sông lớn nhất từ Vụ Quang đến Việt Trì được tính trên đoạn sông giữa hai mặt cắt thượng lưu cầu Việt Trì cũ và mới với chiều dài khoảng 200 m.

Người viết cũng đã tiến hành kiểm tra theo các khuyến cáo chi tiết trong tài liệu [20], kết quả cũng dẫn đến những kết luận tương tự. Như vậy, theo các tiêu chuẩn đã được đề cập, việc sử dụng mô hình sóng động học vào diễn toán lũ trên mạng sông Hồng là không hợp lý. Nếu muốn dùng các phương pháp thủy lực rút gọn, có thể xem xét mô hình sóng khuếch tán. Đây là những nhận xét rút ra từ tính toán định lượng. Ở mức định tính thì như đã trình bày ở phần trên, cũng có thể thấy không nên áp dụng các phương pháp thủy lực rút gọn để giải quyết bài toán đặt ra. Một điểm nữa cần đề cập khi áp dụng lý thuyết sóng động học hay phương pháp Muskingum - Cunge vào diễn toán lũ trên mạng sông Hồng (với phạm vi đã nêu): sau khi tính được quá trình lưu lượng tại Sơn Tây (hay thậm chí tại vị trí thượng lưu của ngã ba sông Hồng - sông Đuống) thì tính toán truyền lũ tiếp về Hà Nội như thế nào, để tìm được lời giải cuối cùng cho bài toán cũng là điều cần giải quyết thỏa đáng. Nếu coi dòng chảy tại Thượng Cát như một đại lượng xuất lưu thì lại phải giả thiết là đã biết. Cũng có thể sử dụng quan hệ mục

nước tại Hà Nội và lưu lượng tại Sơn Tây để tính toán như được bàn đến trong tiểu mục 2.3 dưới đây.

c. Về quan hệ mực nước Hà Nội và lưu lượng Sơn Tây

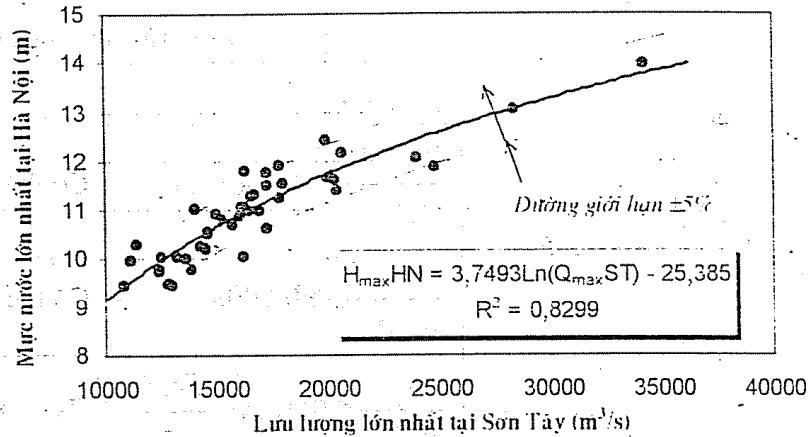
Trước hết nói đến mục đích xây dựng quan hệ là để xác định mực nước tại Hà Nội khi đã biết lưu lượng tại Sơn Tây. Do đó, quan hệ sẽ có dạng $H_{Hà Nội} = f(Q_{Sơn Tây})$. Bằng các phần mềm sẵn có như Microsoft Excel hay Statistica, khi đã có số liệu thì việc thực hiện tìm kiếm quan hệ này tương đối nhanh chóng. Tuy nhiên, do quá trình truyền sóng lũ từ Sơn Tây về Hà Nội được mô tả bằng những phương trình vi

phân đạo hàm riêng không có lời giải đúng nên quan hệ trên (nếu tìm được) cũng sẽ ở dạng khá phức tạp. Bằng các hàm sẵn có của các phần mềm thì ngay cả khi quan hệ được coi là chât chẽ, nó cũng không giúp ích nhiều trong nhận biết bản chất vật lý của hiện tượng. Xét về mặt lý thuyết mô hình, có thể nói đây là một cách tiếp cận tương tự hộp đen và như vậy với trình độ kỹ thuật tính toán như hiện nay, cần phải áp dụng các phương pháp khác để tìm kiếm hàm trên một “không gian các hàm” rộng hơn như dùng hệ thần kinh nhân tạo hay lập trình tiến hoá. Những kỹ thuật tính toán này ngày nay được sử dụng nhiều trong khoa học dự báo. Nếu chỉ dùng các hàm có sẵn trong các phần mềm thông dụng, có thể sẽ dẫn đến một nghịch lý: càng nhiều tài liệu đo đạc và quan trắc bao nhiêu, quan hệ nhận được lại càng kém chât chẽ bấy nhiêu! Hơn nữa, cũng rất khó tìm được *tổng bộ quá trình* mực nước tại Hà Nội - kết quả cuối cùng cần đạt được của bài toán, thông qua giải pháp này.

Qua số liệu thực đo từ 1956 - 1999, chưa xét đến yếu tố đồng bộ về mặt thời gian xuất hiện của các đại lượng, bằng phần mềm Microsoft Excel; quan hệ lưu lượng lớn nhất năm tại Sơn Tây $Q_{max ST}$ và mực nước lớn nhất năm tại Hà Nội $H_{max HN}$ có dạng như hình 1. Nếu sử dụng quan hệ này để tính mực nước lớn nhất tại Hà Nội khi đã biết “chính xác” lưu lượng lớn nhất tại Sơn Tây thì ở mức sai số 5% cũng gây ra sai khác 0,45 - 0,65 m trong kết quả. Thực tế, khi dùng quan hệ này tính lại chính các giá trị đã biết thì có những năm sai số giữa $H_{max HN}$ thực đo và tính toán lên đến trên 1 m. Những con số này quả là rất đáng được xem xét, ngay cả trong những vấn đề có tính quy hoạch.

3. Kết luận

Để kết luận, người viết muốn nhắc lại một quan điểm mà rất nhiều nhà nghiên cứu cũng như ứng dụng đã nhắc đến: khi chỉ cần biết những thông tin tổng quát về diễn biến lũ, yêu cầu độ chính xác không cao thì có thể xem xét các phương pháp thuỷ lực rút gọn trong tính toán diễn toán lũ. Để đảm bảo mức sai số so với mô hình đầy đủ sóng động lực học không vượt quá 5% thì với sông Hồng, trong phạm vi đã nêu, mô hình rút gọn nên được *cân nhắc* là mô hình sóng khuếch tán. Ở thời điểm hiện tại, với những số liệu địa hình của hệ thống đã có cùng những tiến bộ về năng lực của máy tính, có thể sử dụng các mô hình sóng động lực học theo sơ đồ sai phân ẩn. Nói như thế không có nghĩa là việc áp dụng các mô hình sóng động lực học sẽ dễ dàng hơn nhưng chúng sẽ nâng cao độ tin cậy của các kết quả diễn toán cũng như mở rộng phạm vi ứng dụng của các kết quả này. Cuối cùng, khi sử dụng phép phân tích



Hình 1- Quan hệ H_{max} tại Hà Nội và Q_{max} tại Sơn Tây (1956 - 1999)

hồi quy hay tính toán tương quan vào các hệ thống có cấu trúc vật lý (hoặc được nhận biết là có cấu trúc vật lý) khá rõ ràng cần cân nhắc kỹ lưỡng và tìm kiếm các giải pháp xử lý mạnh hơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Abbott, M.B. and Basco, D.R.: *Computational fluid dynamics: an introduction for engineers*, Longman Scientific and Technical, 1989.
- [2] Bedient, P.B. and Huber, W.C.: *Hydrology and Floodplain analysis* (second edition), Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [3] Chaudhry, M.H.: *Open-channel flow*, Prentice Hall, 1993.
- [4] Daluz Vieira, J.H.: *Conditions governing the use of approximations for the Saint-Venant equations for shallow surface water flow*, J. of Hydrology, Vol. 60, pp. 43-58, 1983.
- [5] Ferrick, M.G.: *Analysis of river waves types*, Water Resources Research, Vol. 21(2), pp. 209-220, 1985.
- [6] Fread, D.L.: *Flow routing in Handbook of Hydrology* edited by Maidment, D.V., McGraw-Hill, 1994.
- [7] Henderson, F.M.: *Open channel flow*, Macmillan Publ. Co. Inc., 1966.
- [8] Herschy, R. W. and Fairbridge, R.W.: *Encyclopedia of Hydrology and Water resources*, Kluwer Academic, 1998.
- [9] Hromadka, T.V. and De Vries, J.J.: *Kinematic wave routing and computational error*, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114(2), pp. 207-217, 1988 và các bài thảo luận của Dawdy, D.R.; Goldman D.; Merkel, W. H.; Unkrich, C. L.; Woolhiser, D. A.; Goodrich, D.C., cùng với bài phản hồi của các tác giả; J. of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 116(2), pp. 278-289, 1990.
- [10] Kraijenhoff, D.A. and Moll, J.R.: *River flow modelling and forecasting*, D. Reidel, 1986.
- [11] Li, R.M; Simons, D.B. and Stevens, M.A.: *Nonlinear kinematic wave approximation for flood routing*, Water Resources Research, Vol. 11(2), pp. 245-252, 1975.
- [12] Morris, E.M. and Woolhiser, D.A.: *Unsteady, one dimensional flow over a plane: partial equilibrium and recession hydrographs*, Vol. 16(2), pp. 355-360, 1980.
- [13] Ponce, V.M.; Li, R.M. and Simons, D.B.: *Applicability of kinematic and diffusion models*. J. of Hydraulics Division. ASCE, Vol. 104(HY3), pp. 353-360, 1978.
- [14] Ponce, V.M.: *The kinematic wave controversy*, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 117(4), pp. 511-525, 1991.
- [15] Roger, M. and Claude, B.: *Criteria for the choice of flood-routing method in natural channels*, J. of Hydrology, Vol. 186 (1), pp. 1-30, 1996.
- [16] Sergio Montes: *Hydraulics of open channel flow*, ASCE (America Society of Civil Engineers) Press, 1998.
- [17] Singh, V.P.: *Hydrologic Systems - Part III: Flood Routing* - Prentice Hall, 1988.
- [18] Tập đoàn các công ty tư vấn nước ngoài cùng với nhóm đối tác Việt Nam trong dự án quy hoạch tổng thể đồng bằng sông Hồng (VIE/89/034): *Báo cáo nền số 3 - Phân tích thuỷ lực*, trang 98 - 113, Hà Nội, 1995.
- [19] Trần Tuất, Trần Thanh Xuân, Nguyễn Đức Nhật: *Địa lý thuỷ văn sông ngòi Việt Nam*, Nhà xuất bản KHKT, Hà Nội, 1987.
- [20] US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center: *Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) Technical Reference Manual*, 2000.
- [21] Weinmann, P.E. and Laurenson, E.M.: *Approximate flood routing methods: a review*, J. of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 105(HY12), pp. 1521-1536, 1979.