

# KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỦA MÔ HÌNH MƯA - DÒNG CHẢY

ThS. Dương Quốc Huy, PGS.TS Nguyễn Tùng Phong, TS. Đặng Thế Phong

Trung tâm Đào tạo và Hợp tác quốc tế

PGS.TS. Ngô Lê Long

Trường Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Số liệu về dòng chảy đóng vai trò hết sức quan trọng trong qui hoạch, thiết kế và vận hành các công trình quản lý nước nhưng thường không được theo dõi một cách đầy đủ về không gian cũng như thời gian. Mô hình Mưa-dòng chảy trong đó dạng mô hình nhận thức là công cụ hữu ích giúp giải quyết khó khăn này. Tuy nhiên, việc sử dụng phương pháp mô hình hóa chỉ có thể mang lại hiệu quả khi người sử dụng hiểu rõ bản chất cũng như khả năng ứng dụng của nó. Bài viết đưa ra một số hạn chế của mô hình nhận thức mưa-dòng chảy nhằm tránh tình trạng sử dụng nó một cách thiếu cẩn trọng, dẫn đến kết quả là không đáp ứng được mục đích nghiên cứu đặt ra.

**Summary:** The runoff time series play an important role in such activities of water management as planning, designing and operation but is not sufficiently monitored in terms of observed timing length and geographical locations. The Rainfall-runoff models, of which models of conceptual types, represent effective tools for overcoming this difficulty. However, the efficiency of using modeling as a tool depends on whether the users understand characteristics as well as the domain of application of models. This paper deals with main limitations of conceptual rainfall-runoff models to avoid the situation where they are incautiously applied and as a result, do not help to meet the research objectives.

## I. GIỚI THIỆU

Mô hình Mưa-dòng chảy là công cụ hữu ích, giúp ước tính dòng chảy từ mưa. Thông thường thì số liệu về dòng chảy không đầy đủ, vì vậy, ước tính dòng chảy dựa vào lượng mưa là bài toán cần giải quyết. Việc phân loại mô hình có thể thực hiện thông qua nhiều chỉ tiêu theo lĩnh vực mà nó đề cập tới (mô hình lý, hóa, sinh, thủy văn, thủy lực,...), sự phân bố không gian của kết quả (mô hình phân bố, tập trung), đặc tính của mô hình (mô hình động, tĩnh),... Có ba loại mô hình chính [3] gồm:

- *Mô hình tất định (explicative, deterministic, process-based, phenomenological,...)*. Mô hình được xây dựng dựa trên các định luật vật lý, hóa học,... mô tả quá trình cần mô phỏng và các thông số cần kiểm định chính là các thông số trong các phương trình mô tả các định luật này.
- *Mô hình nhận thức (conceptual, comportement)*. Toàn bộ hệ thống hoặc phần lớn các thành phần của hệ thống được sơ đồ hóa hay được thay thế bởi một hệ thống giả định đơn giản nhưng thể hiện gần đúng chức năng chuyển hóa đầu vào-đầu ra của hệ thống.
- *Mô hình ngẫu nhiên (empiric, probabilistic, stochastic,...)*. Với quan niệm cho rằng hiện tượng cần nghiên cứu xảy ra một cách ngẫu nhiên, mô hình thống kê chỉ đưa ra

các giá trị mang tính thống kê mô tả khả năng hiện tượng có thể xảy ra (tần suất xuất hiện) chứ không đưa ra giá trị cụ thể.

Việc lựa chọn mô hình phù hợp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như mức độ phức tạp của hệ thống hay số liệu sẵn có nhưng mục đích sử dụng của mô hình là yếu tố cần được quan tâm hàng đầu. Trong nhiều trường hợp, việc lựa chọn mô hình đơn giản là hết sức cần thiết nhưng điều đó không có nghĩa là sẽ đáp ứng được tất cả các yêu cầu liên quan tới việc tính toán dòng chảy.

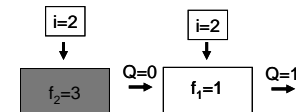
Bên cạnh đó, độ tin cậy của mô hình vốn phụ thuộc vào bản chất của nó, cần được tìm hiểu kỹ để có thể đưa ra những khuyến cáo chính xác cho những nhà hoạch định chính sách. Điều này hết sức quan trọng trong bối cảnh mô hình ngày càng nhiều về thể loại, số lượng và được áp dụng ngày càng phổ biến tại các nước có nền khoa học đang phát triển trong đó có Việt Nam [4]. Dựa trên một số tài liệu tham khảo về bản chất của mô hình nhận thức cũng như việc ứng dụng của nó, bài viết đi sâu phân tích một số vấn đề tồn tại của loại mô hình này.

## II. MỘT SỐ TỒN TẠI CỦA MÔ HÌNH NHẬN THỨC

### 2.1 Mô hình chưa phản ánh đầy đủ cơ chế hoạt động của hệ thống

Mô hình nhận thức được xây dựng dựa trên việc thay thế hệ thống thực rất phức tạp bởi một hoặc một số thành phần đơn giản, với điều kiện mô hình có thể mô phỏng gần đúng mối quan hệ đầu vào-đầu ra của hệ thống. Mô hình nhận thức đơn giản nhất là mô hình bể tuyến tính được xây dựng dựa trên giả thiết dòng chảy và lượng nước trữ trong hệ thống có quan hệ tuyến tính với nhau [2]. Một số mô hình phức tạp hơn như mô hình Mike NAM, TOPMODEL, HEC-HMS, TANK, HBV, MODOR,... cũng chỉ thay hệ thống bằng một hay một vài bể chứa tương tác với nhau thông qua bộ thông số của mô hình [6]. Thông thường các mô hình bao gồm hệ thống bể chứa đại diện cho lớp thực vật/khí quyển, lớp đất mặt, lớp đất tầng sâu và lớp tầng nước ngầm. Các thông số của mô hình khi đó là sức chứa tối đa và hàm chuyển đổi đầu vào-đầu ra của các bể. Điều cần lưu ý ở đây là những mô hình thay đổi vị trí theo chiều ngang và nhóm các thành phần có đặc tính thủy lực tương tự nhau như khu dân cư, đất có độ thấm cao, đất ngập nước,... để tạo thành một số thành phần đồng nhất đại diện cho từng hình thức sử dụng đất cũng thuộc dạng mô hình nhận thức, do ảnh hưởng của bất kỳ thành phần nào tới dòng chảy tại cửa ra của hệ thống phụ thuộc vào kích thước và vị trí tương đối của nó đối với cửa ra. Điều đó có nghĩa phản ứng của hệ thống khi các khu vực dân cư nằm rải rác hoàn toàn khác khi được nhóm thành một vùng có diện tích bằng tổng diện tích của các khu vực dân cư.

Với cách xây dựng mô hình nói trên, các thành phần của mô hình chỉ là những thành phần giả định. Trạng thái thủy lực của chúng như dòng chảy vào, chảy ra và lượng nước trữ do vậy không phản ánh đúng thực tế [5]. Ví dụ đơn giản được giới thiệu trong hình bên sẽ minh họa cho nhận định này. Giả sử như hệ thống gồm 2 ô có khả năng thấm tương ứng là 3 và 1 đơn vị, lượng mưa trên toàn hệ thống có cường độ bằng 2 đơn vị, dòng chảy sau ô thứ nhất sẽ bằng 0 do toàn bộ lượng mưa được ô này hấp thụ và dòng chảy sau ô thứ hai sẽ bằng 1 đơn vị do ô này chỉ hấp thụ được 1 đơn vị của lượng mưa. Như vậy, dòng chảy mặt tại ô thứ nhất bằng 0 và tại ô thứ hai bằng 1 chứ không phải dòng chảy mặt tại hai ô khi gộp hai ô làm một đều bằng 0.5 như kết quả mô hình đưa ra. Khi xét tới lượng nước trữ trong từng ô, điều tương tự cũng sẽ xảy ra. Điều



đó có nghĩa mô hình chỉ cho ta kết quả gần đúng chứ không phản ánh được chế độ thủy văn của hệ thống.

## 2.2 Các thông số của mô hình chưa phản ánh hết ý nghĩa vật lý của nó

Do các thành phần của mô hình chỉ là những thành phần giả định như trên đã nói, các thông số của mô hình do vậy cũng chỉ là các giá trị giả định, chưa mang đầy đủ ý nghĩa vật lý phản ánh cơ chế hoạt động của hệ thống. Để thấy rõ nhận định này, chúng ta quay lại ví dụ đã mô tả trên. Giả sử ta thay hai ô của hệ thống bằng một ô giả định duy nhất, theo Định luật bảo toàn khối lượng, khả năng thấm của ô giả định chính là hiệu của cường độ mưa (2.0 đơn vị) và dòng chảy tại cửa ra (1.0 đơn vị) tức sẽ bằng  $(4.0 - 1.0)/2 = 1.5$  nếu tính cho một đơn vị diện tích. Giá trị 1.5 này rõ ràng không phản ánh khả năng thấm thực tế của hệ thống vì trên thực tế, khả năng thấm trung bình của hai ô sẽ có giá trị  $(3.0 + 1.0)/2 = 2.0$  đơn vị.

Do giá trị của các thông số chưa phản ánh hết ý nghĩa vật lý, nên việc ước tính chúng thông qua các nét đặc trưng của hệ thống chỉ thực hiện được trong một số trường hợp nhất định [1]. Trên thực tế việc ước tính được giá trị của hầu hết các thông số của mô hình chủ yếu dựa trên việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thông qua các giá trị thực đo. Những nét đặc trưng của hệ thống ảnh hưởng tới quá trình mưa-dòng chảy như độ che phủ rừng, địa hình, tính chất đất, mạng lưới sông,... chỉ mang tính chất tham khảo. Nói cách khác, giá trị của các thông số của mô hình không phản ánh một cách sát thực đặc trưng vật lý cũng như cơ chế hoạt động của hệ thống.

## 2.3 Tính bất định của mô hình

Với những nghiên cứu thiếu tính chuyên sâu, việc xác định và kiểm định mô hình chỉ dựa trên chỉ tiêu duy nhất là sự phù hợp giữa liệt số liệu thực đo và kết quả mô phỏng. Điều đó có nghĩa tập hợp các thông số [K] của mô hình được xác định bằng phương pháp thống kê mà cụ thể ở đây là bằng cách cực tiểu hóa sai số giữa bộ số liệu về dòng chảy theo dõi được và kết quả mà mô hình đưa ra. Theo ngôn ngữ toán học, đây là quá trình “tối ưu hóa” các thông số nhằm tìm bộ thông số [K] để cực tiểu hóa giá trị tuyệt đối của  $(R_{td} - R_{mp})$  hay  $(R_{td} - R_{mp})^2$ . Trong đó R là ký hiệu chỉ dòng chảy, các chỉ số td và mp lần lượt là các chỉ số chỉ số liệu thực đo và mô phỏng. Khi tập hợp [K] chỉ có một kết quả duy nhất đúng, ta có mô hình thuộc dạng tất định tức bộ thông số và kết quả mô phỏng dòng chảy từ mô hình chỉ có một giá trị duy nhất ứng với giá trị về lượng mưa theo dõi được.

Tuy nhiên, thực tế đã cho thấy ta luôn có thể tìm được nhiều giá trị cho tập hợp [K] và giá trị nào cũng có thể chấp nhận được, nhất là khi số lượng các thông số của mô hình lớn và khi liệt số liệu dùng để xác định các thông số của mô hình không đủ dài <sup>(1)</sup>. Uhlenbrook S. và các cộng sự [6] đã nghiên cứu tính tất định của mô hình HBV khi áp dụng cho một trường hợp cụ thể và chứng minh kết luận này bằng những tính toán cụ thể. Trong số 400000 phương án lựa chọn bộ thông số [K] từ liệt số liệu 10 năm, tác giả đã tìm được 38 lời giải được gọi là “rất phù hợp” với thông số mưa hữu hiệu giao động không đáng kể, từ 0.860 tới 0.867. Tuy độ chênh lệch này thấp nhưng khi mô phỏng các hiện tượng cực đoan với tần suất xuất hiện thấp, sự chênh lệch về dòng chảy lên tới

---

<sup>1</sup> Hiện tượng này cũng tương tự như giải bài toán hồi qui tuyến tính tức tìm a và b để có đường hồi qui  $y = ax + b$  nhưng số cặp số liệu [y,x] có mối tương quan thấp và số lượng ít.

150%. Tức với hai giá trị thuộc loại “rất phù hợp” của thông số mưa hữu hiệu có thể có hai giá trị về dòng chảy có sự sai khác lớn.

Như vậy, tính tất định của mô hình mưa-dòng chảy dạng nhận thức chỉ đúng ở bước thứ hai tức bước mô phỏng dòng chảy từ các thông số đã được xác định. Trong bước thứ nhất, bước xác định các thông số, những thông số tìm được không phải là những thông số duy nhất đúng nên tính tất định của mô hình như nhiều tác giả quan niệm không còn nữa. Nhiều tác giả trên thế giới khi nghiên cứu về khả năng ứng dụng của mô hình nhận thức gọi đây là hiện tượng mô hình có thể mô phỏng dòng chảy chính xác bởi những lý do không xác đáng và điều đó chỉ đúng với các trận mưa có thời gian lặp lại ngắn. Do các thông số chưa phản ánh đầy đủ ý nghĩa vật lý như trên đã nói, việc lựa chọn bộ thông số phù hợp nhất là không thể thực hiện được nếu chỉ dựa vào việc so sánh số liệu theo dõi với kết quả mô phỏng [5,6].

Với những đặc điểm chính nói trên, chúng ta có thể kết luận là bộ thông số của mô hình nhận thức chỉ đúng cho trường hợp cụ thể, với điều kiện cụ thể và các biến đầu vào-đầu ra của mô hình nằm trong khoảng biến động cụ thể. Do vậy, mô hình không thể áp dụng được trong một số trường hợp sau:

Mô phỏng các kịch bản phát triển. Ứng với mỗi kịch bản phát triển như thay đổi lớp phủ thực vật, sử dụng đất, xây dựng các công trình trên sông... những nét đặc trưng ảnh hưởng tới quan hệ mưa-dòng chảy của hệ thống sẽ thay đổi hoàn toàn. Điều đó không gọi mở cho việc thay đổi giá trị bộ thông số của mô hình nên ta không thể xây dựng được bộ thông số mới phù hợp với điều kiện mới. Do bộ thông số cũ được xác định dựa trên bộ số liệu mưa-dòng chảy ứng với điều kiện cũ, chúng không thể đúng khi điều kiện đã thay đổi.

Mô phỏng lưu vực có sự thay đổi nhanh. Trong nhiều trường hợp, điều kiện tự nhiên của lưu vực thay đổi nhiều theo thời gian dưới sự tác động của những yếu tố tự nhiên cũng như nhân tạo. Mỗi quan hệ mưa-dòng chảy do vậy cũng thay đổi theo. Bộ số liệu có số năm theo dõi nhiều giúp cho việc xác định các thông số được chính xác nhưng đó chỉ là về mặt toán học thuần túy. Khi điều kiện thay đổi, các cặp số liệu mưa-dòng chảy sẽ phản ánh nhiều hoàn cảnh khác nhau và do đó dùng toàn bộ số liệu có được để xác định các thông số của mô hình không phản ánh được hoàn cảnh cụ thể nào. Những tác động khi hệ thống chưa thay đổi và khi hệ thống đã thay đổi sẽ được “trung bình hóa” trong quá trình xác định bộ thông số.

Nghiên cứu những hiện tượng khí hậu cực đoan. Mưa-dòng chảy là quá trình phức tạp mà ở đó mọi yếu tố có quan hệ phi tuyến với nhau [3]. Chẳng hạn như lượng mưa khi tăng 20 % không có nghĩa nó sẽ sinh ra dòng chảy tăng 20 %. Điều đó có nghĩa việc áp dụng nguyên tắc ngoại suy thuần túy để ước tính dòng chảy khi lượng mưa thuộc dạng mưa cực đoan, nằm ngoài khoảng giá trị được sử dụng khi xác định bộ thông số của mô hình không thể thực hiện được. Nói cách khác, bộ thông số có thể đúng với những trận mưa có thời gian lặp lại nhỏ hơn 10 năm nhưng chưa chắc đúng với trận mưa có thời gian lặp lại lớn hơn. Những phân tích của Uhlenbrook S. *et al.*, và Seibert J. [5,6] như được giới thiệu trong mục trên đã cho thấy rõ điều đó.

Áp dụng “phương pháp lấy mẫu” hoặc “phương pháp lưu vực tương tự” Trong bài viết này, phương pháp lấy mẫu được hiểu là ước tính bộ thông số của mô hình dựa trên số liệu theo dõi tại một lưu vực nào đó rồi áp dụng chúng cho lưu vực khác. Phương pháp “lưu vực tương tự” được áp dụng rất phổ biến trong tính lũ nhưng khi đó, các thông số trong

mô hình luôn được hiệu chỉnh dựa trên đặc tính vật lý của lưu vực có số liệu theo dõi và lưu vực sẽ áp dụng mô hình. Trong mô hình nhận thức, làm thế nào để thay đổi các thông số cho phù hợp với lưu vực sẽ áp dụng mô hình là câu hỏi chưa có câu trả lời. Điều đáng lưu ý là ngay cả những thông số có đơn vị được tính cho một đơn vị diện tích (km/km<sup>2</sup>) cũng sẽ thay đổi khi diện tích lưu vực thay đổi do tính phi tuyến của hệ thống cũng như mức độ phản ánh ý nghĩa vật lý của chúng.

Kết luận trên có thể được minh họa bởi nghiên cứu áp dụng mô hình Mike NAM được thực hiện tại lưu vực sông Đà, nơi có hiện tượng các tơ (Karst) hoạt động mạnh. Các thông số của những lưu vực có nước ngầm chảy ra khác hẳn với các thông số của những lưu vực có nước ngầm chảy vào. Tuy nhiên, làm thế nào để thay đổi các thông số này dựa trên đặc tính của các hang các tơ là điều không thể thực hiện được.

### **III. KẾT LUẬN**

Những phân tích trong bài viết này cho thấy một số nét đặc trưng của mô hình dạng nhận thức cũng như những vấn đề trong việc ứng dụng chúng. Việc lựa chọn mô hình, kết hợp giữa mô hình tất định và mô hình ngẫu nhiên, hay xem xét tính bất định của mô hình là hết sức cần thiết nhằm nâng cao chất lượng của các mô hình thủy văn trong các bài toán thực tế.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Beven K. J. , 2004, *Rainfall-Runoff modeling*, John Wiley & Sons, 372 trang.
- [2]. Chow V. T. et al. (1995), *Applied hydrology*, Mc GRAW-HILL International Editions, P.572.
- [3]. Desbordes M. (1984), *Modélisation en hydrologie urbaine*, recherches et application, USTL Montpellier.
- [4]. Johnston R., Kummu M., 2011, *Water resources models in the Mekong basin: a review*, Stringer Sciences+Bessiness Media B.V., 27 trang.
- [5]. Seibert J., 1999, *Conceptual runoff models – fiction or representation of reality?*, *PhD thesis*, Uppsala University, 52 trang.
- [6]. Uhlenbrook S., Seibert J., Leibundgut C. and Rodhe A., 1999, *Prediction uncertainty of conceptual rainfall-runoff models caused by problems in identifying model parameters and structure*, *Hydrological sciences-Journal des sciences hydrologiques*, 44(5), trang 779-797.