

MỘT SỐ CÁCH TIẾP CẬN MÔ HÌNH THỦY VĂN PHỤC VỤ CÔNG TÁC DỰ BÁO Lũ MIỀN NÚI

TS. Nguyễn Hồng Quân

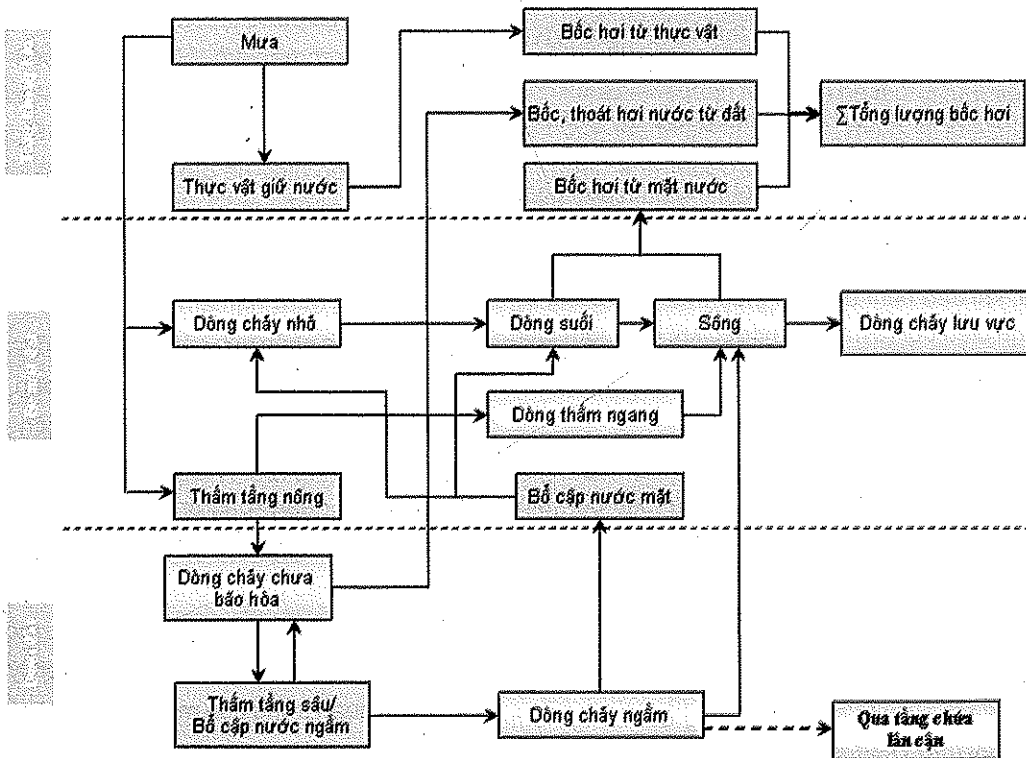
Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia Tp.Hồ Chí Minh

Trong bài báo này, trước tiên là phần trình bày ngắn về mô hình thủy văn cũng như ứng dụng mô hình thủy văn trong dự báo lũ lụt. Phần tiếp theo sẽ trình bày về một số cách tiếp cận mô hình thủy văn cùng với những ví dụ. Các cách tiếp cận bao gồm mô hình thực nghiệm, mô hình khái niệm và mô hình trên cơ sở những quy luật vật lý. Trong phần này, một số lưu ý khi sử dụng các cách tiếp cận khác nhau cũng được đề cập. Điểm nổi bật của bài báo là việc ứng dụng cùng một lúc 3 mô hình khác nhau, đại diện cho 3 cách tiếp cận đã được trình bày trong phần 2 trong nghiên cứu dự báo lũ cho lưu vực sông Cần Lê, tỉnh Bình Phước. Kết quả cho thấy, cả 3 mô hình được sử dụng đều có khả năng dự báo lũ, tuy nhiên, việc chọn lựa loại mô hình trong tương lai cần lưu ý đến một số vấn đề như các mục tiêu đề ra, cơ sở dữ liệu đã có, tỉ lệ (không gian và thời gian) áp dụng.

1. Giới thiệu

Mô hình tính toán thủy văn được sử dụng để mô phỏng các quá trình trong một chu trình thủy văn bao gồm : mưa, dòng thấm, dòng chảy ngầm, dòng chảy bề mặt, dòng chảy trong sông, bốc hơi, thoát nước (Hình 1). Sự thay đổi các yếu tố thủy văn có

ảnh hưởng đến các hoạt động, đời sông con người. Trong đó, lũ lụt, một là một trong những vấn đề môi trường liên quan rõ ràng đến chu trình thủy văn có tác động tiêu cực rất lớn. Nếu công tác dự báo lũ lụt được thực hiện tốt sẽ góp phần giảm thiểu các thiệt hại do lũ lụt gây ra (Bảng 1). Mô hình tính toán thủy văn được xem như là một công cụ hiệu quả nhằm dự báo lũ.



Hình 1. Sơ đồ các quá trình chủ yếu trong chu trình thủy văn lưu vực sông

Bảng 1. Chiến lược và giải pháp quản lý lũ [2](đã được tóm lược)

Chiến lược	Giải pháp
Giảm thiểu lũ lụt	Đập hồ chứa
	Đê
	Công trình chắn nước
	Quản lý theo lưu vực
Giảm thiểu mức thiệt hại	Cải thiện hệ thống hành
	Quy định về quản lý vùng ngập lụt
	Thiết kế công trình tránh lũ
	Dự báo và cảnh báo lũ
	Thông tin truyền
	Kế hoạch di dời
	Kế hoạch phục hồi sau lũ
	Bảo hiểm những vùng ngập lụt

2. Mô hình tính toán thủy văn

Mô hình thủy văn thể hiện nhiều quá trình tính toán do đó có những thông số, biến mô hình được tính toán bởi nhiều hàm toán học khác nhau. Do tính chất phức tạp và thay đổi trong một hệ thống lưu vực, mô hình tính toán thủy văn lưu vực được phân thành 2 nhóm chính. Nhóm thứ nhất là nhóm mô hình ngẫu nhiên (stochastic model) và nhóm mô hình tất định. Đối với mô hình ngẫu nhiên, các thông số đầu vào, kết quả không có giá trị thay đổi. Trong khi đó đối với mô hình tất định thì chỉ có 1 giá trị (với một dữ liệu đầu vào, chỉ có một kết quả) [3].

Ngoài mô hình còn được phân loại tùy phân bố không gian như mô hình gộp (lumped model), mô hình phân bố (distributed model), mô hình bán phân bố (semi-distributed model) hay phân loại khi biến số theo thời gian như mô hình ổn định (steady state model, khi đạo hàm biến số theo thời gian bằng 0), mô hình biến đổi (dynamic model, khi đạo hàm biến số theo thời gian khác 0).

a. Các mô hình ngẫu nhiên

Novotny và Olem [4] đề cập, các mô hình ngẫu nhiên không có nghĩa là "ngẫu nhiên toàn bộ". Một mô hình ngẫu nhiên có thể bao gồm cả hai khía cạnh ngẫu nhiên và tất định. Đối với mô hình lưu vực, các mô hình ngẫu nhiên thường được áp dụng cho từng quá trình riêng lẻ, ví dụ quá trình mưa hiệu quả - dòng chảy bề mặt [ví dụ mô hình HBV, 5] hay quá trình thấm chất ô nhiễm trong đất bằng hàm chuyển đổi (transfer functions) [6]. Novotny và Olem [4] phân loại mô hình ngẫu nhiên thành 2 loại: (1)

đơn biến ARMA (Hồi quy tự động và di chuyển trung bình - Autoregression and Moving Average - ARMA); và (2) hàm chuyển đổi - transfer function (bao gồm 1 đầu vào - 1 đầu ra, nhiều đầu vào - 1 đầu ra). Mặc dù còn nhiều khía cạnh về mô hình ngẫu nhiên, tuy nhiên bài báo tập trung vào loại mô hình thứ 2 - mô hình tất định.

b. Các mô hình tất định

Một cách cơ bản, khi phân loại mô hình tất định theo tính chất phức tạp, ta có thể phân thành 3 loại: mô hình thực nghiệm (Empirical model), mô hình trên cơ sở quy luật vật lý (physically-based model) và mô hình khái niệm (conceptual model). Phần trình bày tiếp theo sẽ giới thiệu sơ bộ về 3 loại mô hình này. Chi tiết về các mô hình này có thể tham khảo ở các tài liệu [3].

Mô hình thực nghiệm được xây dựng chủ yếu dựa trên việc phân tích các số liệu đo đạc ngoài thực tế. Sau đó các biến số cần tính toán (ví dụ lưu lượng dòng chảy) được xác định trên cơ sở mối quan hệ dựa lưu lượng đo đạc và các yếu tố môi trường liên quan (đặc tính lưu vực bao gồm diện tích, độ dốc, lớp phủ, loại đất ...). Các thông số mô hình có thể bao gồm một số thông số vật lý (như độ thấm, độ lỗ rỗng của đất). Tuy nhiên, mô hình thực nghiệm không dựa vào các nguyên lý vật lý. Một đặc tính quan trọng của mô hình này là việc thể hiện các yếu tố tự nhiên một cách đơn giản về mặt không gian và thời gian. Các mô hình này không đòi hỏi

nhiều dữ liệu (ít thông số, dữ liệu đầu vào). Mô hình thực nghiệm thường được sử dụng trong điều kiện số liệu hạn chế. Một số mô hình thực nghiệm thường dùng như đường thủy văn đơn vị (unit hydrograph), phương pháp tỉ lệ (rational method)

Phương trình (1) là ví dụ phương trình tính toán mưa hiệu quả hay nước chảy tràn trực tiếp được xây dựng từ thực nghiệm:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P - 0.8S} \quad (1)$$

Khi $P > 0.2 S$, và $P_e = 0$ nếu $P < 0.2 S$

Trong đó:

P_e = Mưa hiệu quả hay nước chảy tràn trực tiếp (mm);

p = Lượng mưa đo được (mm);

S = Lượng mưa giữ lại tối đa (mm)

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254$$

CN = Curve Number, thông số được xác định trên cơ sở thông tin về lớp phủ, loại đất, số lượng mưa trước đó. Xem chi tiết trong tài liệu [3, 7].

Mô hình trên cơ sở quy luật vật lý được xây dựng trên cơ sở những quy luật vật lý như phương trình bảo toàn vật chất, bảo toàn động lượng, bảo toàn năng lượng thậm chí là bảo toàn nhiệt động lực học (entropy) nhằm mô tả các quá trình tự nhiên (vận chuyển dòng chảy, vật chất). Trong đó phương trình bảo toàn vật chất và bảo toàn động lượng thường được sử dụng trong các mô hình hiện nay. Một số mô hình thường gặp như mô hình SHE [8], mô hình REW [9]. Do các mô hình trên cơ sở quy luật vật lý mô phỏng các quá trình thực tế một cách chi tiết, các mô hình này đòi hỏi rất nhiều dữ liệu, việc xác định các thông số mô hình rất khó khăn. Phương trình (2), (3) là phương trình bảo toàn vật chất (phương trình liên tục) và phương trình bảo toàn động lượng cho dòng chảy ở sông

Phương trình liên tục (Bảo toàn vật chất):

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Phương trình động lượng:

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_0 - S_f) = 0 \quad (3)$$

Trong đó:

A = Diện tích trung bình mặt cắt ngang (m^2)

H = Độ sâu dòng chảy (m)

Q = Dòng chảy trên một đơn vị bề rộng ($m^3/s/m$)

u = Vận tốc dòng chảy (m/s)

g = Gia tốc trọng lực (m/s^2)

S_0 = Độ dốc đáy sông (m/m)

S_f = Chênh lệch năng lượng (m/m)

t = Thời gian (s)

x = Khoảng cách theo (m)

Mô hình khái niệm cũng quan tâm đến những quy luật vật lý, tuy nhiên chỉ ở dạng đơn giản (ví dụ phương trình bảo toàn vật chất, công thức (4)). Mô hình khái niệm thể hiện lưu vực như những tầng chứa liên kết với nhau (Hình 2) bằng những quá trình khái quát mà không quan tâm đến chi tiết tương tác bên trong [10]. Mô hình khái niệm có thể xem như mô hình nằm giữa mô hình thực nghiệm và mô hình dựa trên những quy luật vật lý. Mặc dù mô hình khái niệm quan tâm đến hệ thống tự nhiên như là những thành phần riêng lẻ, mô hình khái niệm có thể phản ánh nhiều về những quá trình vật lý liên quan. Đây chính là khía cạnh mà mô hình khái niệm có tính ưu việt hơn so với mô hình thực nghiệm. Một số ví dụ về mô hình này như mô hình Tank, mô hình Sacramento, mô hình TOPMODEL, HBV.

$$\frac{\partial S}{\partial t} = P - G_{in} - (Q - ET + G_{out}) \quad (4)$$

Trong đó:

Trong đó:

S = Tầng chứa

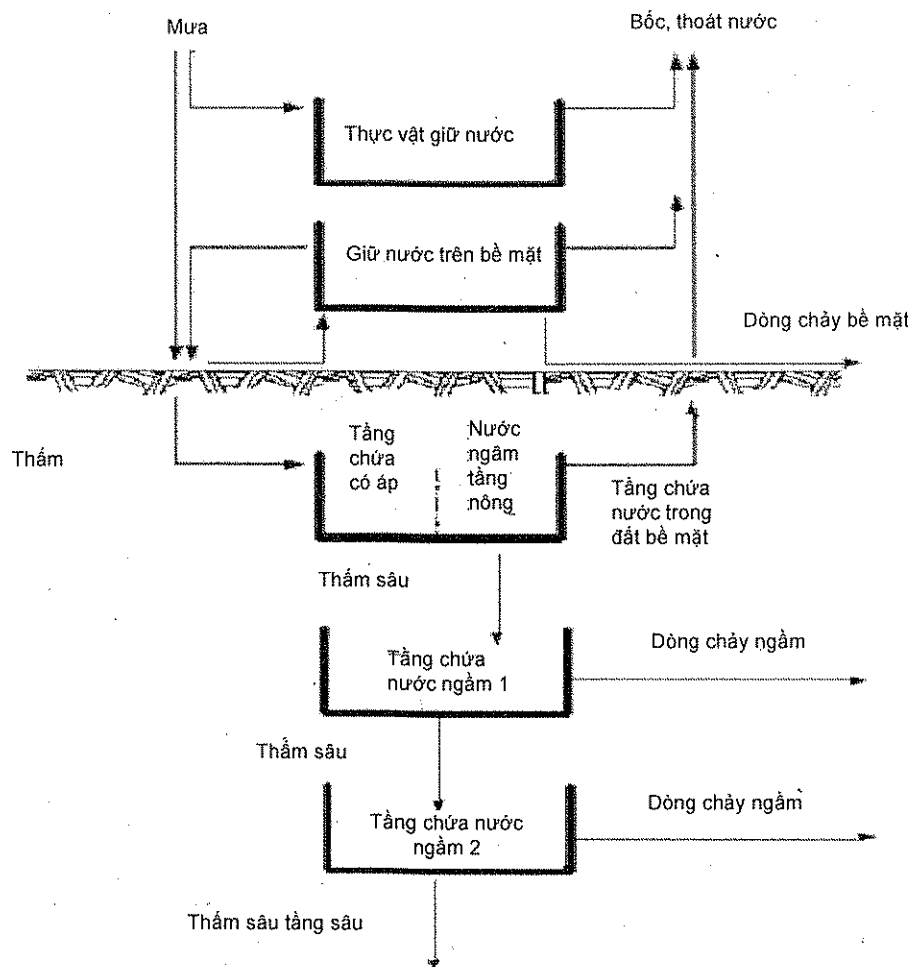
P = Mưa

G_{in} = Dòng chảy ngầm vào lưu vực

Q = Mưa chảy tràn

ET = Bốc, thoát hơi nước

G_{out} = Dòng chảy ngầm ra lưu vực.



Hình 2. Sơ đồ khái niệm mô hình HEC-HMS SMA [11]

Do tính chất của các loại mô hình khác nhau, nhu cầu dữ liệu của từng loại mô hình cũng khác nhau, cần phải hết sức cân nhắc khi lựa chọn mô hình ứng dụng một cách thích hợp đặc biệt trong điều kiện Việt Nam.

b. Dữ liệu mô hình

Có 2 nhóm thông tin chính cần sử dụng khi ứng dụng mô hình

1) Các thông tin không gian (hỗ trợ bằng công cụ GIS và viễn thám):

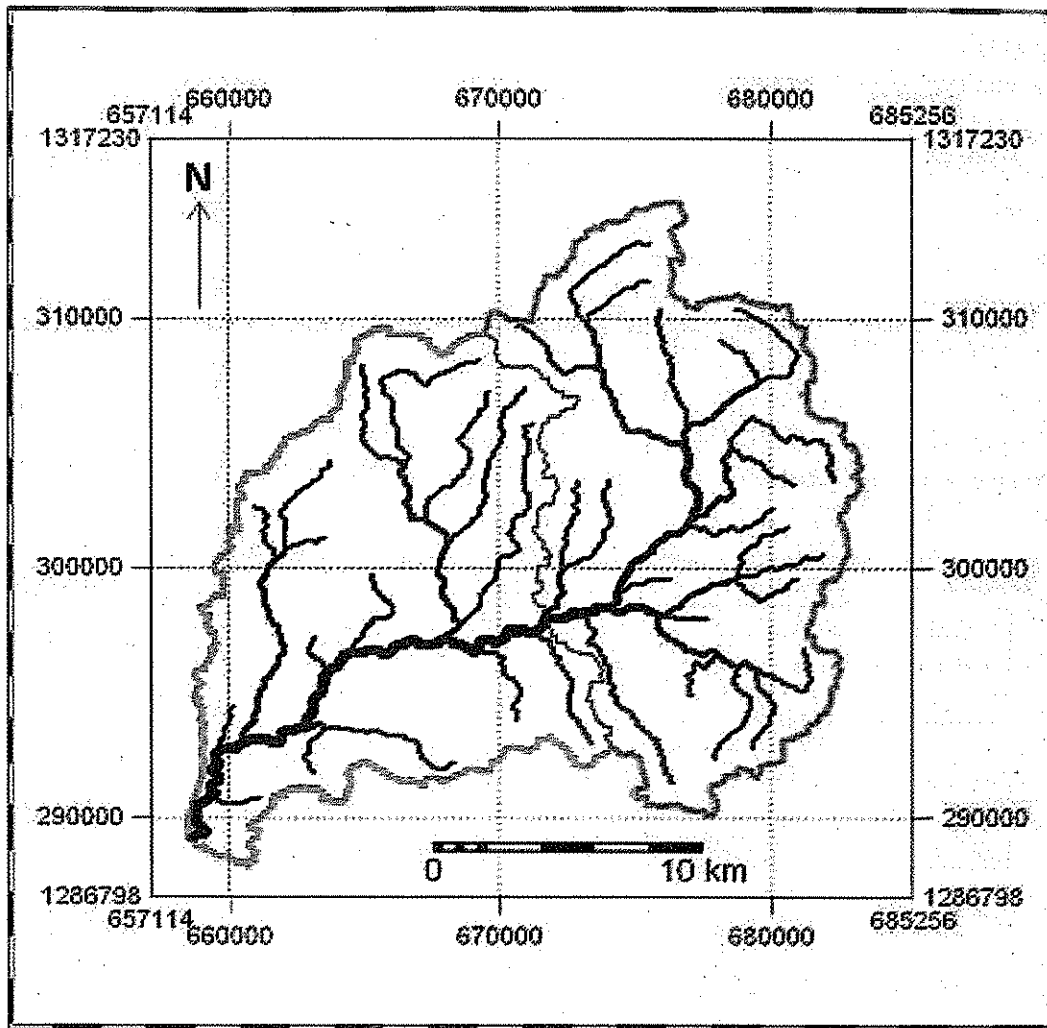
- Thông tin về lớp phủ, khí tượng
- Mô hình số độ cao;
- Chiết tách các thông số mô hình như tỉ lệ cấp sông, diện tích lưu vực, chiều dài, độ dốc lòng sông, ...

2) Dữ liệu đo đạc từ các trạm khí tượng thủy văn: mưa, bốc hơi, nhiệt độ, lưu lượng dòng chảy.

3. Một số nghiên cứu áp dụng mô hình

a. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu – lưu vực sông Cần Lê

Khu vực nghiên cứu bao gồm những chi lưu chính trên toàn bộ lưu vực sông Cần Lê. Tổng diện tích khu vực nghiên cứu khoảng 205 km², chiếm khoảng 1/2 tổng diện tích lưu vực (như thể hiện trong hình 1). Tuy nhiên để thuận lợi cho việc gọi tên, lưu vực nghiên cứu cũng được tạm gọi là lưu vực sông Cần Lê. Ranh giới địa lý giới hạn lưu vực là: (11°40'10"N, 106°41'25"E), (11°53'52"N, 106°33'15"E).



Hình 3. Lưu vực nghiên cứu (giới hạn màu đỏ) trong mối quan hệ với toàn bộ hệ thống lưu vực sông Cần Lê

Theo đánh giá của Ban phòng chống lụt bão tỉnh Bình Phước (báo cáo từ năm 1996-2004) của Phân Viện Khảo Sát Quy hoạch Thủy Lợi nay là Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam và Ban Phòng Chống Lụt Bão tỉnh Bình Phước, lưu vực sông Cần Lê là một trong 3 trọng điểm lũ ở tỉnh, thiệt hại do lũ gây ra rất đáng kể, đặc biệt trận lũ năm 2000 đã gây ngập lụt nghiêm trọng. Ngoài ra, theo kết quả của tài liệu [12] cũng thể hiện mức độ lên, xuống của lũ tại lưu vực là rất nhanh, mang tính nguy hiểm cao. Tuy nhiên, cho đến nay, ngoài kết quả nghiên cứu của tác giả, chưa có công trình khác sử dụng mô hình thủy văn trong nghiên cứu lũ lụt tại lưu vực này.

b. Mô phỏng bằng mô hình tất định

Do khuôn khổ giới hạn của bài báo, ở đây tác giả

không trình bày chi tiết về những mô hình được áp dụng mà có thể tham khảo ở tài liệu [13]. Bài báo chỉ trình bày ngắn gọn kết quả của việc áp dụng 3 cách tiếp cận mô hình khác nhau bao gồm:

- + Mô hình thực nghiệm: sử dụng mô hình GIUH (Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph),
- + Mô hình dựa trên quy luật vật lý: sử dụng mô hình REW (Representative Elementary Watershed)
- + Mô hình khái niệm: sử dụng mô hình HEC-HMS SMA (Soil Moisture Accounting)

Kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy dùng mô hình GIUH cho 2 trận lũ được thể hiện trên Hình 4. Kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy một cách liên tục (từng giờ) cho một số trận lũ trong tháng 9,

Nghiên cứu & Trao đổi

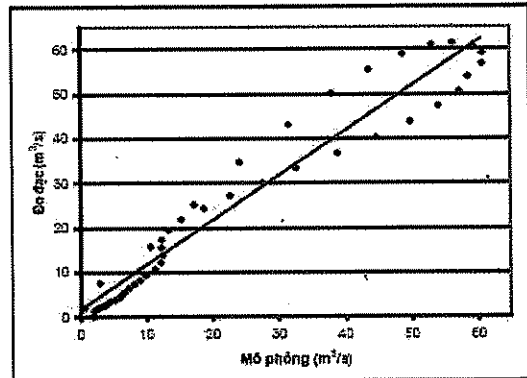
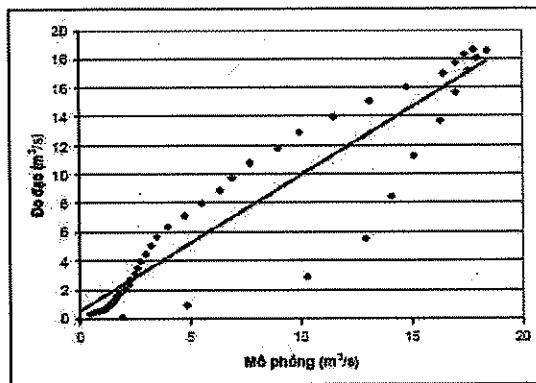
10/2005 bằng mô hình REW và mô hình HEC-HMS SMA thể hiện trên Hình 5. Từ kết quả tổng kết các mô hình [13] cũng như kết quả mô phỏng dòng chảy thể hiện ở hình 4, 5, có thể nhận xét từ các kết quả này như sau:

+ Kết quả cho thấy mô hình GIUH có mô phỏng tốt từng trận lũ đơn lẻ. Mô hình này tương đối đơn giản, đòi hỏi ít thông số đầu vào, có thể áp dụng để dự báo lũ ngắn hạn.

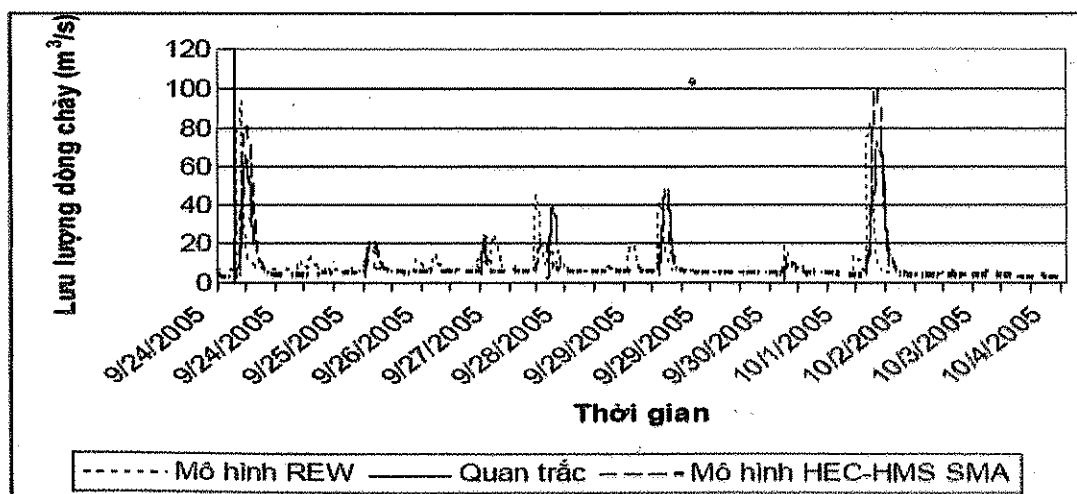
+ Mô hình REW và HEC-HMS SMA có thể mô phỏng liên tục. 2 mô hình này có thể ứng dụng trong

tính toán cân bằng nước, dự báo lũ dài hạn. Đặc biệt mô hình HEC-HMS SMA có thể ứng dụng trong thực tế do có giao diện rõ ràng, dễ sử dụng.

+ Mô hình REW rất nhạy cảm sự biến đổi các điều kiện khí tượng thủy văn (đường lưu lượng giao động nhiều). Điều này một phần phản ánh được tính chất của mô hình dựa trên cơ sở vật lý. Đặc tính này giúp mô hình có khả năng ứng dụng để nghiên cứu các quá trình thủy văn trong lưu vực. Tuy nhiên, cần lưu ý, đối với loại mô hình này, yêu cầu chi tiết dữ liệu tương đối nhiều, gây khó khăn cho việc áp dụng thực tế.



Hình 4. Kết quả mô phỏng bằng mô hình GIUH cho trận lũ ngày 25 tháng 9 năm 2005 (trái) và trận lũ ngày 4 tháng 10 năm 2005 (phải)



Hình 5. Kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy liên tục bằng mô hình dựa trên quy luật vật lý REW và mô hình khái niệm HEC-HMS SMA cho một số trận lũ trong tháng 9, 10 năm 2005

4. Kết luận

Bài báo trình bày sơ bộ về một số cách tiếp cận mô hình thủy văn nhằm hỗ trợ công tác dự báo lũ. Việc am hiểu về các loại mô hình sẽ giúp cho sự chọn lựa mô hình áp dụng trong từng trường hợp

cụ thể, đặc biệt khi quan tâm đến nguồn dữ liệu có sẵn. Do dung lượng của bài báo có những giới hạn nhất định. Bạn đọc có nhu cầu tìm hiểu kỹ hơn về các mô hình, khái niệm trên trên có thể tham khảo tài liệu [13] .

Tài liệu tham khảo

1. Rientjes, T.H.M., *Inverse modelling of rainfall - runoff relation. A multi objective model calibration approach*. 2004, Delft University. p. 369.
2. *The Associated Programme on Flood Management, Integrated Flood Management—Concept Paper*. 2004, The Associated Programme on Flood Management, World Meteorological Organization, Global Water Partnership: Geneva, Switzerland. p. 30.
3. Chow, V.T., D.R. Maidment, and W.M. Larry, *Applied hydrology*. 1988, New York: McGraw-Hill. 572.
4. Novotny, V. and H. Olem, *Modeling and monitoring diffuse pollution, in Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. 1994, Van Nostrand Reinhold. p. 507-571.
5. Bergstrom, S., *The HBV model, in Computer models of watershed hydrology*, V.P. Singh, Editor. 1995, Water resources publication. p. 443-476.
6. Jury, W.A. and R. Horton, *Soil Physics*. 6th ed. 2004, Hoboken, New Jersey John Wiley and Sons.
7. Ogrosky, O.H. and V. Mockus, *Section 21: Hydrology of agricultural lands, in Handbook of applied hydrology: A Compendium of Water Resources Technology*, V.T. Chow, Editor. 1964, McGraw-Hill: New York. p. 1/2011 => 7/2011.
8. Abbott, M.B., et al., *An introduction to the European Hydrological system - systeme hydrologique Europeen. "SHE", 2: Structure of a physically - based, distributed modelling system. Journal of Hydrology*, 1986. 87: p. 61-77.
9. Reggiani, P. and T.H.M. Rientjes, *Flux parameterization in the representative elementary watershed approach: Application to a natural basin. Water Resour. Res.*, 2005. 41(4): p. W04013.
10. Merriit, W.S., R.A. Letcher, and A.J. Jakeman, *A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling & Software*, 2003. 18: p. 761-799.
11. Feldman (ed.), A.D., *Hydrologic modeling system HEC-HMS: Technical reference manual*. 2000, Hydrologic Engineering Center (HEC), U.S. Army Corps of Engineers: Davis, Calif, USA. p. 157.
12. Nguyen Hong Quan, *Rainfall - Runoff modeling for the ungauged Can Le Catchment, Sai Gon river basin, in Water Resources*. 2006, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation(ITC): Enschede, the Netherlands. p. 110.
13. Nguyen, H.Q., *Rainfall - Runoff modelling for the ungauged Canle catchment, Sai Gon river basin., in Water resources*. 2006, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC): Enschede. p. 94.