

## **MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY THÁNG CHO LƯU VỰC LỚN - ỨNG DỤNG CHO LƯU VỰC SÔNG MÃ**

Ngô Lê An<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Bài toán mô phỏng dòng chảy thời đoạn tháng được ứng dụng nhiều trong các bài toán cân bằng nước như điều tiết cấp nước, cân bằng nước trên lưu vực, đánh giá tác động của Biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước... Mô hình 2 thông số có khả năng mô phỏng dòng chảy thời đoạn tháng cho các lưu vực nhỏ. Bài báo nghiên cứu ứng dụng mô hình 2 thông số cho các lưu vực có diện tích lớn bằng cách phân chia thành nhiều lưu vực con. Thông số của các lưu vực con được xác định bằng các đặc trưng lưu vực như thảm phủ, loại đất, miền khí hậu. Mô hình mô phỏng thử nghiệm cho lưu vực sông Mã cho kết quả tốt với hệ số Nash đạt trên 0,7 tùy vị trí. Mô hình được xây dựng, hiệu chỉnh và kiểm định nhanh chóng, số liệu đầu vào ít nhưng hoàn toàn đáp ứng tốt yêu cầu của bài toán.

**Từ khoá:** Mô hình 2 thông số, cân bằng nước thời đoạn tháng, lưu vực lớn, sông Mã...

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Dòng chảy thời đoạn tháng được sử dụng trong nhiều bài toán cân bằng nước như bài toán điều tiết cấp nước, cân bằng nước trên lưu vực sông, phân bổ sử dụng tài nguyên nước, đánh giá tác động của Biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước... Đối với các bài toán này, mô hình mô phỏng dòng chảy thời đoạn ngắn hơn như giờ hay ngày thường không cần thiết phải sử dụng do mức độ chi tiết yêu cầu của bài toán không cao trong khi đầu vào của các mô hình loại này lại đòi hỏi về dữ liệu rất chi tiết (đặc biệt là dữ liệu nhu cầu sử dụng nước theo thời đoạn ngắn khó thu thập). Trong khi đó, dòng chảy thời đoạn tháng thường không bị ảnh hưởng bởi các tác động bất thường trong tự nhiên diễn ra trong thời gian ngắn như quá trình mưa sinh lũ, tổn thất điền trũng, tổn thất cát trữ... nên đường quá trình dòng chảy vì thế thường “trơn tru” hơn. Nhìn chung, trong thời đoạn tháng, dòng chảy chủ yếu phụ thuộc vào quan hệ giữa mưa và lượng bốc thoát hơi thực tế (nếu không có các tác động can thiệp vào dòng chảy khác như hồ chứa, cống lấy nước...) do quá trình chuyển động liên tục của nước từ khí

quyển xuống đến bề mặt đất, thấm trong đất rồi bốc hơi và sinh dòng chảy. Xét trong một thời kỳ dài, có thể nói lượng mưa rơi xuống được phân chia thành hai thành phần là dòng chảy trên sông và lượng bốc hơi trở lại khí quyển. Vì vậy, các mô hình mưa dòng chảy thời đoạn tháng sẽ có dạng đơn giản hơn, ít thông số hơn, ít yêu cầu về dữ liệu hơn và tính toán nhìn chung nhanh hơn so với các mô hình mưa dòng chảy thời đoạn ngắn như ngày hay giờ.

Tuy nhiên, các nghiên cứu và ứng dụng về mô phỏng dòng chảy thời đoạn tháng cho các lưu vực lớn ở Việt Nam hiện nay chủ yếu sử dụng các mô hình thông số phân bố thời đoạn ngày như SWAT rồi từ đó nội suy ra dòng chảy tháng, hoặc sử dụng các mô hình thông số tập trung như TANK, NAM... mô phỏng cho các tiểu lưu vực theo thời đoạn ngày rồi kết nối với nhau và tính nội suy ra dòng chảy tháng. Các mô hình này hoặc có quá nhiều thông số (như SWAT) hoặc phải tính cho nhiều lưu vực con khác nhau nên việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình khá khó khăn. Hơn nữa, số lượng dữ liệu cần thu thập của các mô hình này khá chi tiết (mưa thời đoạn ngày, bốc hơi thời đoạn ngày hoặc tháng, và các thông tin khác) cũng dẫn đến

---

<sup>1</sup> Bộ môn Thủy văn và Tài nguyên nước, Đại học Thủy lợi

khó khăn trong việc xây dựng mô hình. Để khắc phục nhược điểm đòi hỏi nhiều dữ liệu, tính toán mất nhiều thời gian, mô hình 2 thông số là một mô hình cân bằng nước thời đoạn tháng cho lưu vực nhỏ chỉ sử dụng 2 thông số với số liệu đầu vào là mưa và bốc hơi chậm thời đoạn tháng. Mô hình được Shenglian Guo và Xiong Lihua xây dựng vào năm 1999 dùng để tính toán dòng chảy từ mưa. Mô hình tính toán dựa trên cân bằng nước đơn giản, ít thông số vì thế sẽ dễ dàng và nhanh chóng hơn. Mô hình 2 thông số đã được Ngô Lê An (Ngo Le An, 2015) ứng dụng mô phỏng dòng chảy tháng cho một số lưu vực sông nhỏ ở Việt Nam. Nghiên cứu cho thấy, mô hình rất dễ sử dụng, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình nhanh, kết quả mô phỏng của mô hình cho hệ số Nash cao từ 0,7 trở lên với sai số tổng lượng chấp nhận được.

## 2. MỤC TIÊU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

[1] Mô hình 2 thông số là mô hình cân bằng nước lưu vực có dạng 1 bể chứa (xem giới thiệu về mô hình ở mục III.1) nên số liệu đầu vào như mưa, bốc hơi và các đặc trưng vật lý của lưu vực (như khả năng giữ nước, thấm nước...) được tính trung bình hoá cho toàn bộ lưu vực. Vì vậy, khi áp dụng mô hình này cho lưu vực lớn sẽ không đảm bảo độ chính xác do các yếu tố khí tượng thường thay đổi theo không gian. Do đó, khi áp dụng cho lưu vực lớn, mô hình cần phải có một số điều chỉnh để có thể xét được sự thay đổi của các yếu tố khí tượng và các đặc trưng vật lý của lưu vực theo không gian.

[2] Mục tiêu của bài báo là nghiên cứu ứng dụng mô hình mưa dòng chảy thời đoạn tháng có 2 thông số cho lưu vực lớn, mô phỏng dòng chảy thử nghiệm cho lưu vực sông Mã (diện tích trên 30.000km<sup>2</sup>).

[3] Phương pháp nghiên cứu là sử dụng mô hình mưa dòng chảy 2 thông số mô phỏng dòng chảy thời đoạn tháng cho các lưu vực nhỏ hơn trong lưu vực sông Mã sau đó đánh giá khả

năng mô phỏng tại các điểm trạm đo thủy văn. Dòng chảy mô phỏng sẽ chính là lượng dòng chảy tổng cộng của các lưu vực nhỏ nằm trong lưu vực trạm đo thủy văn. Các thông số của mô hình sẽ được xây dựng dựa trên thông tin vật lý về lưu vực như loại đất, sử dụng đất, vùng khí hậu. Khả năng mô phỏng được đánh giá bằng chỉ tiêu thống kê là chỉ số Nash, chỉ số sai số tổng lượng:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2}$$

+ Chi số Nash:

$$\Delta W = \frac{|\sum_{i=1}^n (W_o^t - W_m^t)|}{\sum_{i=1}^n W_o^t}$$

+ Sai số tổng lượng:

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1 Giới thiệu mô hình 2 thông số

#### a. Cấu trúc của mô hình

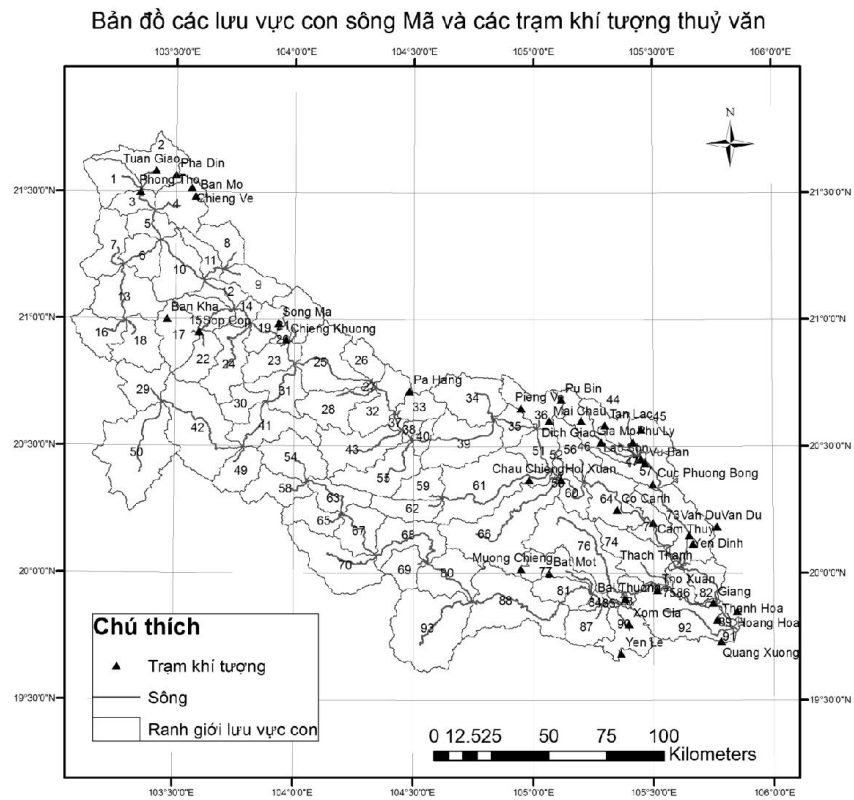
Trong mô hình cân bằng nước thời đoạn tháng, lượng bốc thoát hơi thực sự đóng vai trò quan trọng. Trên thực tế, người ta sử dụng các thông tin về lượng quan trắc bốc hơi chậm ở trạm đo. Từ đó, để chuyển đổi từ bốc hơi chậm sang bốc hơi thực sự, lượng bốc hơi chậm được nhân với một hệ số triết giảm là một hàm của lượng nước trong đất trong lưu vực (Shenglian, 2002). Phương trình thường dùng để xác định lượng bốc thoát hơi thực sự từ bốc hơi chậm:

$$E_t = EP_t * \tanh[P_t / EP_t] \quad (1)$$

Trong đó  $E_t$  biểu thị lượng bốc thoát hơi thực sự,  $EP_t$  là giá trị bốc hơi chậm trong năm năm,  $P_t$  là mưa năm, và  $\tanh()$  là hàm tang hyperbol. Xiong và Guo (Xiong và Guo, 1999) kiến nghị sử dụng phương trình (1) để tính lượng bốc thoát hơi thực sự từ bốc hơi chậm với vẻ phải có thêm một hệ số nhân. Phương trình tính bốc thoát hơi thực sự dùng trong mô hình cân bằng nước thời đoạn tháng 2 thông số là:

$$E_t = c * EP_t * \tanh[P_t / EP_t] \quad (2)$$

$c$  là thông số đầu tiên của mô hình. Hệ số  $c$  không thứ nguyên này được dùng để tính đến ảnh hưởng của việc chuyển đổi tỷ lệ thời gian từ năm sang tháng.  $EP_t$  lúc này là lượng bốc hơi tháng đo bằng chậm,  $E_t$  là lượng bốc hơi thực sự thời đoạn tháng,  $P_t$  là lượng mưa tháng.



*Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Mã và các trạm khí tượng*

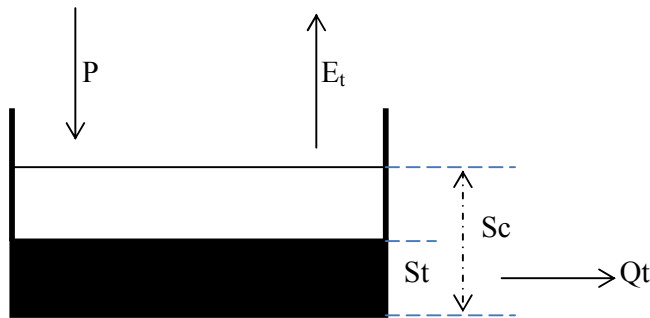
*b. Tính toán dòng chảy thời đoạn thẳng*

Dòng chảy thời đoạn thẳng  $Q$  có liên quan chặt chẽ với lượng trữ nước trong đất  $S$ . Trong các mô hình nhận thức thủy văn, các tác động điều tiết của một lưu vực với mưa được giả thiết giống như sự vận hành của một hồ chứa tuyến tính hoặc phi tuyến (Shaw, 1994). Ở mô hình này, dòng chảy  $Q$

được giả thiết là một hàm tang hyperbol phụ thuộc vào lượng ẩm trong đất  $S$  như sau:

$$Q_t = S_t * \tanh[S_t / SC] \quad (3)$$

Trong đó  $Q_t$  là dòng chảy thẳng,  $S_t$  là lượng ẩm trong đất, và  $SC$  biểu thị lượng ẩm tối đa.  $SC$  là thông số thứ hai được sử dụng trong mô hình này, có đơn vị là mm.



*Hình 2. Sơ đồ cân bằng mô hình 2 thông số*

**3.2 Xây dựng mô hình 2 thông số cho lưu vực sông Mã**

Do mô hình 2 thông số là mô hình cân bằng

nước cho lưu vực nhỏ. Lượng mưa, bốc hơi, lượng ẩm đất hay dòng chảy được tính trung bình trên toàn bộ lưu vực. Để tính cho lưu vực

có diện tích lớn, nghiên cứu chia lưu vực sông Mã thành 93 lưu vực con như ở hình 1. Các thông số  $c$  và  $Sc$  của từng lưu vực con được xác định trên từng lưu vực. Thông số  $c$  là thông số mô tả quan hệ giữa lượng bốc hơi đo tại chậu và bốc hơi thực tế từ thời đoạn năm về thời đoạn tháng của lưu vực. Thông số  $c$  vì thế sẽ phụ thuộc vào đặc điểm khí hậu của từng vùng. Thông số  $Sc$  mô tả khả năng chứa nước tối đa của đất phụ thuộc vào loại đất, thảm phủ... Vì thế, để giảm thiểu việc tìm kiếm các thông số  $c$  và  $Sc$  cho toàn bộ 93 lưu vực con này, nghiên cứu đã phân vùng khí hậu và các vùng có chung đặc điểm loại đất và thảm phủ thành các nhóm vùng có cùng thông số  $c$  và  $Sc$  tương ứng. Việc

phân nhóm này cũng sẽ đảm bảo cho các thông số của mô hình thật sự có ý nghĩa vật lý.

Trong lưu vực nghiên cứu, vùng khí hậu được tạm chia thành 7 vùng khác nhau tương ứng với các trạm đo bốc hơi (theo phương pháp đa giác Thiesson). Các lưu vực con nằm cùng một vùng khí hậu sẽ có hệ số  $c$  giống nhau. Dựa trên bản đồ loại đất và thảm phủ cung cấp bởi Tổ chức Nông lương Thế giới (FAO), nghiên cứu phân chia thành 4 nhóm lưu vực tương ứng cho thông số  $Sc$  dựa trên loại đất. Nhóm lưu vực loại 1 với loại đất Acrisols chiếm đa số diện tích lưu vực sông Mã.

Dữ liệu trạm khí tượng thủy văn sử dụng trong mô hình thể hiện ở bảng 1 với thời kỳ mô phỏng từ 1992 đến 2012.

**Bảng 1. Thống kê các trạm KTTV dùng trong nghiên cứu**

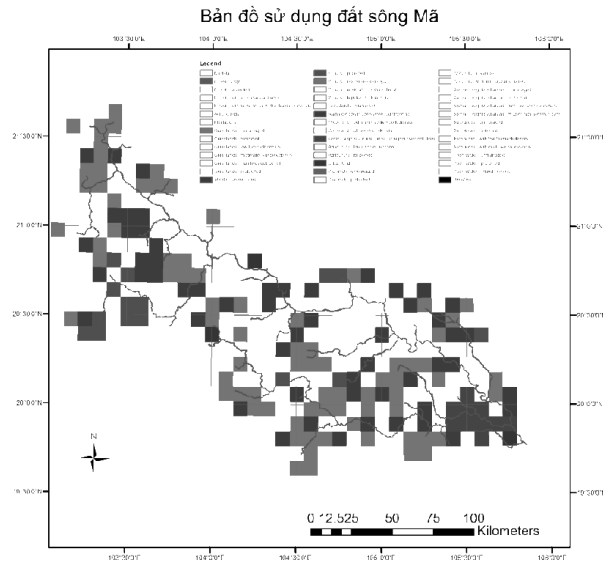
Thứ tự	Mưa	Bốc hơi	Lưu lượng
1	Thanh Hoá	Bái Thượng	Xã Là (6430 km <sup>2</sup> )
2	Bái Thượng	Sông Mã	Cắm Thủy (17500 km <sup>2</sup> )
3	Cắm Thủy	Hồi Xuân	Cửa Đạt (6000 km <sup>2</sup> )
4	Mường Lát	Thanh Hoá	
5	Kim Tân	Pha Đin	
6	Lang Chánh	Lai Châu	
7	Lý Nhân		
8	Giàng		
9	Thạch Quảng		
10	Vụ Bản		
11	Cửa Đạt		
12	Xuân Khanh		
13	Bát Mọt		
14	Pha Đin		

### 3.3 Kết quả mô phỏng dòng chảy

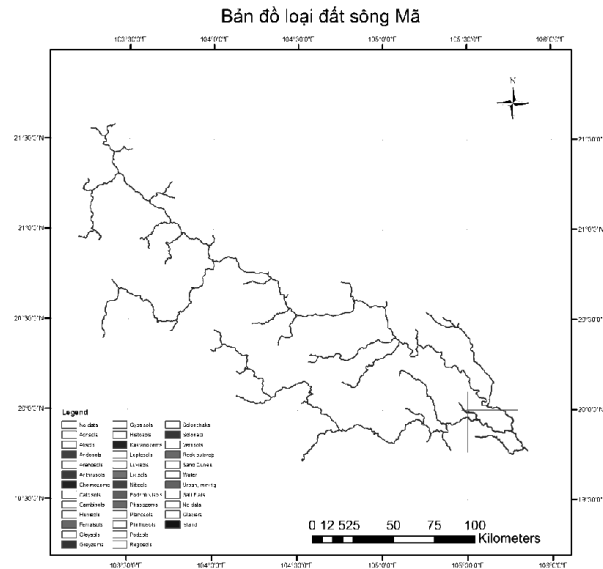
Nghiên cứu tiến hành mô phỏng dòng chảy trên lưu vực sông Mã từ năm 1993 đến 2012 với thời kỳ hiệu chỉnh được lấy từ năm 1993 đến năm 2000 và giai đoạn còn lại sử dụng cho kiểm định mô hình. Do điều kiện về số liệu đo dòng chảy trên lưu vực bị hạn chế nên chỉ có 3 trạm đo dòng chảy được đưa vào đánh giá khả năng mô phỏng là Xã Là, Cắm Thủy và Cửa Đạt. Do

dòng chảy của Cửa Đạt bị ảnh hưởng bởi hồ chứa nên giai đoạn đánh giá chỉ từ năm 1993 đến 2007.

Phương pháp dò tìm thông số sử dụng trong nghiên cứu là phương pháp Brute-force với hàm mục tiêu là chỉ số Nash kèm theo ràng buộc sai số tổng lượng không vượt quá 10%. Kết quả tìm kiếm bộ thông số được trình bày ở bảng 2 và 3.



Hình 3. Bản đồ sử dụng đất sông Mã (theo FAO)



Hình 4. Bản đồ loại đất lưu vực sông Mã (theo FAO)

**Bảng 2. Thông số số c ở các lưu vực con**

Nhóm	1	2	3	4	5	6	7
Bốc hơi	Bái Thượng	Sông Mã	Hồi Xuân	Thanh Hoá	Pha Đin	Lai Châu	Bái Thượng
c	2	1,3	1,2	1	1,5	1,45	2,5

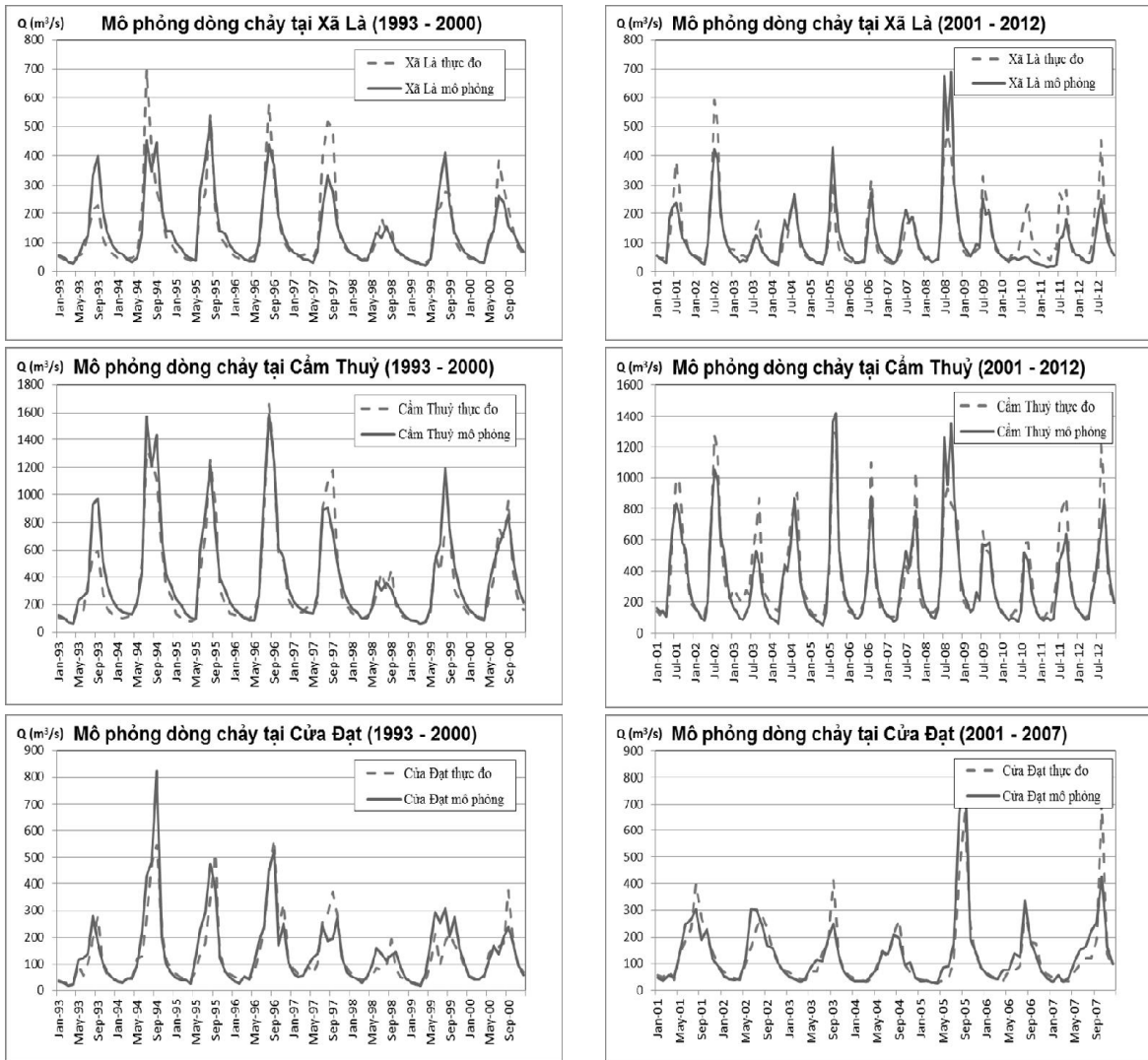
**Bảng 3. Thông số số Sc ở các lưu vực con**

Nhóm	1	2	3	4
Loại đất	Acrisols	Gleysols	Leptosols	Luisols
Sc (mm)	1600	1200	1200	1200

Tổng hợp kết quả mô phỏng dòng chảy ở 3 trạm đo dòng chảy được thể hiện ở bảng 4 và hình 5.

**Bảng 4. Tổng hợp kết quả mô phỏng dòng chảy tháng lưu vực sông Mã**

Trạm	Xã Là		Cắm Thủy		Cửa Đạt	
	Hiệu chỉnh	Kiểm định	Hiệu chỉnh	Kiểm định	Hiệu chỉnh	Kiểm định
Nash	0,79	0,69	0,88	0,84	0,71	0,73
$\Delta W$ (%)	-0,25	-8,1	10	-7,3	7,0	4,8



*Hình 5. Mô phỏng dòng chảy tại các vị trí trạm thủy văn*

Nhìn chung, kết quả mô phỏng dòng chảy tháng tính đến 3 trạm thủy văn xét trong nghiên cứu này là rất tốt với hệ số Nash cao từ 0,7 trở lên, sai số tổng lượng thấp. Dòng chảy mô phỏng các năm bám rất sát với đường dòng chảy thực đo, đặc biệt là giai đoạn nước thấp. Tuy nhiên một số năm có sự mô phỏng không tốt như tại Xã Là vào năm 2010 khi dòng chảy mô phỏng rất

thấp so với dòng chảy thực đo, tương tự tại Cắm Thủy và Cửa Đạt vào một số năm dòng chảy mô phỏng cao hơn hoặc thấp hơn 30-40% so với dòng chảy thực đo. Có thể lý giải là do trên toàn bộ lưu vực sông Mã (bao gồm cả sông Chu), mạng lưới đo mưa và bốc hơi rất ít. Đặc biệt tại sông Chu trong giai đoạn mô phỏng, nghiên cứu chỉ sử dụng lượng mưa đo tại Bát Mọt và Cửa

Đạt với bốc hơi dùng của trạm Bái Thượng. Khu vực thượng nguồn sông Mã cũng chỉ có 2 trạm mưa là Sông Mã, Pha Đin mô phỏng cho một vùng lớn trên 5000km<sup>2</sup> khó đại biểu cho toàn lưu vực. Trong khi đó, dòng chảy được mô hình mô phỏng chỉ dựa trên cân bằng giữa mưa và bốc hơi thực tế. Do đó, sự sai lệch này có thể giảm đi nếu lưu vực có nhiều số liệu đo mưa và bốc hơi nằm ở các vị trí đại biểu hơn.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu mô phỏng dòng chảy thời đoạn tháng cho lưu vực có diện tích lớn là lưu vực Sông Mã. Việc sử dụng lý thuyết mô hình cân bằng nước thời đoạn tháng 2 thông số vào việc xây dựng mô hình mô phỏng cho lưu vực lớn giúp cho bài toán mô phỏng đơn giản hơn, xây dựng mô hình nhanh,

số liệu cần thiết cho mô hình ít hơn nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác cao, mô tả đúng bản chất vật lý quá trình hình thành dòng chảy từ mưa. Bất chấp việc mạng lưới đo mưa và bốc hơi trên lưu vực rất thấp, hệ số Nash trong nghiên cứu tại 3 trạm đo thủy văn đều cao đạt trên 0,70 đáp ứng được yêu cầu của bài toán. Tuy nhiên nghiên cứu này cũng đã giảm bớt số lượng thông số Sc khi chỉ chia toàn bộ lưu vực thành 4 nhóm loại đất chính. Nếu kết hợp với bản đồ sử dụng đất để phân chia chi tiết hơn thì kết quả mô phỏng có thể sẽ đạt hiệu quả cao hơn nữa.

Nghiên cứu cũng cho thấy, việc áp dụng mô hình 2 thông số này vào mô phỏng dòng chảy tháng ở các lưu vực có diện tích lớn khác là hoàn toàn đáp ứng được.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ngô Lê An, (2015), *Nghiên cứu ứng dụng mô hình mưa - dòng chảy thời đoạn tháng 2 thông số ở Việt Nam*. Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên trường Đại học Thủy lợi (trang 398-400). ISBN: 978-604-82-1710-5.

Shaw, E. M., (1994), *Hydrology in practice* (Third edition), 342-370. Chapman & Hall

Shenglian Guo, (2002), *A two-parameter monthly water balance model*. In *Mathematical models of small watershed hydrology and applications*, ed. V. P. Singh and Donald K. Frevert:113-166. Highlands Ranch, CO: Water Resources Publications.

Xiong Lihua, and Guo Shenglian, (1999), *Two parameter water balance model and its application*, J. Hydrol., 134: 315-347.

#### Abstract:

#### MONTHLY RUNOFF SIMULATION IN LARGE BASIN – AN APPLICATION FOR THE MA RIVER BASIN

*Monthly water balance models are applied in a range of hydrological problems such as water supply, water balance in basin scale, assessment of climate change impacts on water resources... A two-parameter monthly water balance model was used to simulate runoff in some small catchments. This research applied the two-parameter monthly water balance model to a large basin by dividing it into sub-basins. Parameters in each subbasin were estimated based on physical characteristics of each subbasin such as land use, soil type... The results of runoff simulation in the Ma River Basin are acceptable. The values of Nash coefficient are high. The model can be calibrated and verified quickly, with less input data than other models.*

**Keywords:** A two-parameter model, monthly water balance, large basin, Ma river basin...

---

*BBT nhận bài: 11/12/2015*

*Phản biện xong: 21/12/2015*