

# PHÁT TRIỂN MÔ HÌNH KHÁI NIỆM PHÂN BỐ DIỄN TOÁN DÒNG CHÀY - NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH CHO LƯU VỰC SÔNG BÉ

Vũ Văn Nghị<sup>1,2</sup>, Nguyễn Văn Thắng<sup>1</sup>,Phạm Anh Tài<sup>3</sup>, Bùi Nguyễn Lâm Hà<sup>4</sup>

## TÓM TẮT

Mô hình khái niệm tập trung hiếu lưu vực hay tiêu lưu vực như một tổng thể, tức là xử lý như một đơn nguyên và giá trị của các thông số được lấy trung bình hóa theo không gian. Do đó, các thông tin thủy văn theo không gian không đủ chi tiết để đáp ứng cho hoạt động quản lý, khai thác và sử dụng tài nguyên đất và nước ngày càng tăng. Mô hình khái niệm phân bố FRASC (Flow Routed Accumulation Simulation in a Catchment) được phát triển như sự "thỏa hiệp" với dấu vào các thông số lấy trung bình hóa trong không gian lưu vực, sau đó lưu vực được rời rạc hóa thành các phần tử bởi ma trận lưới ô vuông từ DEM. Dòng ra từ mỗi phần tử được diễn toán kết nối với nhau về phía phần tử liền kề mà được định rõ đưa vào lưới hướng dòng chảy, từ đó, có thể dự đoán những ảnh hưởng của sự thay đổi của thảm phủ thực vật, sử dụng đất và khí hậu theo không gian và thời gian đến các đặc trưng thủy văn của lưu vực. Kết quả ứng dụng trên nhiều vùng khí hậu khác nhau cho thấy FRASC đảm bảo độ tin cậy theo các tiêu chuẩn đánh giá như sai số bình quân (CRM) và hệ số hiệu quả mô hình ( $R^2$ ). Cuối cùng, lưu vực sông Bé, giá trị CRM < 5% và  $R^2 > 0,8$  thể hiện khả năng mô phỏng tốt dòng chảy theo các kịch bản khác nhau và đảm bảo độ tin cậy của FRASC.

**Từ khóa:** Diện toán dòng chảy, FRASC, lưu vực sông Bé, mô hình khái niệm phân bố.

## 1. GIỚI THIỆU

Các mô hình khái niệm tập trung phổ biến như NAM [1], RAM [2] và Xinjiang [3] coi dấu vào lưu vực hay tiêu lưu vực tự nhiên như một đơn nguyên và giá trị của các thông số được lấy trung bình hóa theo không gian; kết quả chúng chỉ cho biết lưu lượng dòng chảy tại cửa ra lưu vực hay tiêu lưu vực. Mô phỏng quá trình thủy văn chỉ tiết tại nhiều điểm trên lưu vực có thể giải quyết được bằng mô hình vật lý phân bố. Tuy nhiên, ngoài tính phức tạp trong cấu trúc hệ thống, những khó khăn của các mô hình vật lý phân bố về nguyên lý là đòi hỏi nhiều dữ liệu dấu vào thực do về các đặc trưng biến thiên trong phạm vi lưu vực không đồng nhất lại thường không sẵn có, ít nhất là vào thời điểm hiện tại và đối với lưu vực nghiên cứu có quy mô vừa phải đến lớn (trên 1000 km<sup>2</sup>). Đây là điểm hạn chế về tính ứng dụng thực tiễn rộng rãi của các mô hình vật lý phân bố [4].

Như vậy, để có được một mô hình thỏa mãn cả tiêu chí thông tin chi tiết trong không gian lưu vực và

tính khả dĩ về số liệu dấu vào, Nghị năm 2008 [5] đã trình bày mô hình FRASC (Flow Routed Accumulation Simulation in a Catchment) được phát triển trên cơ sở cải tiến mô hình khái niệm tập trung Xinjiang và tích hợp với GIS (Geographic Information System). Dữ liệu GIS cung cấp cho mô hình FRASC bao gồm các thông tin thủy văn như hướng dòng chảy, lũy tích dòng chảy, phân định tiêu lưu vực, mạng lưới sông, suối được trích xuất từ DEM (Digital Elevation Model). Theo cách tiếp cận này, lưu vực được rời rạc hóa thành các phần tử bởi ma trận lưới vuông. Các quá trình thủy văn ở mỗi ô lưới được xử lý như là các "lưu vực" con có kích thước đơn vị và do đó với các chức năng dấu vào thủy văn độc lập và duy nhất mà theo lý thuyết có thể định nghĩa và đo đạc được. Tuy nhiên, hầu hết các thông số mô hình được lấy giá trị trung bình hóa trên toàn lưu vực. Sau đó, dòng ra từ mỗi phần tử được diễn toán (tức là kết nối với nhau) về phía phần tử liền kề được xác định dựa vào lưới hướng dòng chảy. Như vậy, mô hình FRASC có thể được coi là mô hình phân bố với các phần tử khái niệm, hay cách khác ở đây gọi là loại khái niệm phân bố diện toán dòng chảy. Kỹ thuật diễn toán dòng chảy trong gói phần mềm FRASC được phát triển theo phương pháp bể tuyển tính kết hợp với Muskingum và đã ứng dụng kiểm chứng tính hiệu quả của mô hình ở lưu vực Baohe

<sup>1</sup> Viện Khoa học và Công nghệ Tỉnh toán

<sup>2</sup> Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP. HCM

<sup>3</sup> Viện Khoa học và Đổi mới công nghệ

<sup>4</sup> Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Đà Lạt

(Trung Quốc) và Nông Sơn (Việt Nam) cả trong trường hợp mỏ phỏng dòng chảy ngày và dòng chảy lũ (bước thời gian giờ). Kết quả mỏ phỏng lưu lượng dòng chảy tại cửa ra lưu vực cho thấy FRASC thể hiện tốt hơn khi so sánh với mô hình nguyên mẫu Xinanjiang trong hầu hết các trường hợp [5]. Hơn nữa, FRASC còn giúp cung cấp thông tin về nguồn nước ở mọi nơi trong lưu vực nghiên cứu và kết quả mỏ phỏng lũ cũng với DEM, bản đồ ngập có thể được xây dựng. Do đó FRASC có thể được coi là công cụ cần thiết và hữu ích cho kiểm soát lũ nói riêng và quản lý tổng hợp tài nguyên nước nói chung, đặc biệt với những dự đoán ở lưu vực không đo đạc PUB (Predictions in Ungauged Basins) mà được định nghĩa theo Sivapalan et. al. [6].

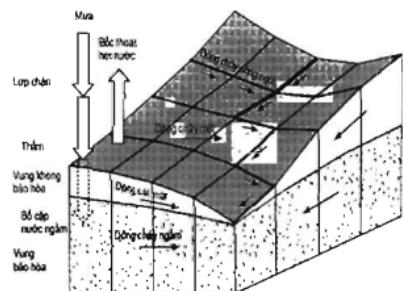
Bên cạnh những nghiên cứu kiểm chứng, FRASC cũng đã ứng dụng thành công ở lưu vực Srépôk, Thác Mơ và thượng lưu sông Đồng Nai khi mỏ phỏng lưu lượng dòng chảy ngày với các chỉ tiêu đánh giá mỏ hình như sai số trung bình tổng lượng CRM < 5% và hệ số hiệu quả  $R^2 > 0,75$  trong cả thời kỳ hiệu chỉnh và kiểm định [7, 8, 9]. Kết quả nghiên cứu điển hình cho lưu vực sông Bé được trình bày trong bài báo này là một minh chứng tiếp theo cho tính khả thi của mô hình FRASC.

## 2. CẤU TRÚC MÓ HÌNH FRASC

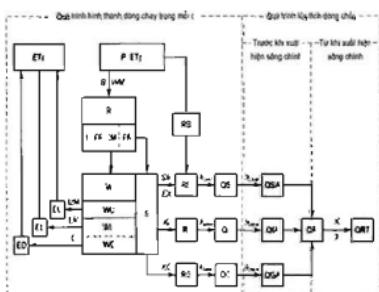
Lưu vực sông được chia thành nhiều phần tử hữu hạn bằng ma trận lưới vuông. Các quá trình thủy văn trong mỗi ô lưới được xử lý như là một "lưu vực" con có kích thước đơn vị mà về cơ bản dựa vào khái niệm về sự hình thành dòng chảy của mô hình Xinanjiang ban đầu. Các thông số của mô hình được lấy giá trị trung bình hóa đại diện trên toàn bộ lưu vực. Do đó, một vài thông số có thể đánh giá được từ dữ liệu đặc tính vật lý lưu vực nhưng ước lượng cuối cùng phải được thực hiện bằng việc hiệu chỉnh với chuỗi thủy văn thực do.

Dòng ra từ mỗi phần tử được diễn toán về phía phần tử liền kề mà đã định rõ bằng lưới hướng dòng chảy dựa vào trước tiên là phương pháp bể tuyển tính đối với dòng chảy sườn đồi (tức là trước khi xuất hiện sóng chính) và tiếp sau là phương pháp diễn toán dòng chảy trên sóng. Lưới lũy tích dòng chảy sẽ cho biết thứ bậc diện toán dòng ra của mỗi ô trong lưu vực và giá trị cao nhất của lưới lũy tích dòng chảy là vị trí cửa ra của lưu vực với lưu lượng tổng.

Hình 1 và 2 thể hiện sơ đồ cấu trúc của mô hình FRASC, trong đó có 2 quá trình chính là: (1) Quá trình hình thành dòng chảy từ mưa trong mỗi ô lưới và (2) Quá trình lũy tích dòng chảy với hai giai đoạn gồm trước khi xuất hiện sóng chính và khi xuất hiện sóng chính cho đến cửa ra lưu vực sông.



Hình 1. Rời rạc hóa lưu vực thành các phần tử hữu hạn bằng ma trận lưới vuông trong cấu trúc mô hình FRASC [5]



Hình 2. Quá trình hình thành dòng chảy trong cấu trúc mô hình FRASC [5]

### 2.1. Sự hình thành dòng chảy từ mưa trong từng ô lưới

Đất, hay bất cứ môi trường xốp nào đều có khả năng giữ một lượng nước nhất định nào đó chống lại lực hấp dẫn. Điều này đôi khi được gọi là "khả năng độ ẩm đồng ruộng". Bằng định nghĩa, nước được trữ trong các bể chứa này không thể trở thành dòng chảy và bể chứa có thể bị cạn kiệt bởi sự bốc hơi hay thoát hơi. Do đó bốc thoát hơi nước trở thành thông số điều khiển gây nên sự thiếu hụt độ ẩm của đất.

Trong những vùng ẩm ướt, khảo sát thực tế chỉ ra rằng độ ẩm của đất có thể đạt đến khả năng đồng ruộng trong phạm vi toàn bộ lớp phủ đất. Nó ám chỉ rằng sự bổ sung lượng mưa trong thời kỳ kế tiếp sẽ

bảng lượng bốc thoát hơi trong thời kỳ đang xét. Điều này để xuất một mối quan hệ đơn giản giữa lượng mưa và dòng chảy ráng trước khi sinh ra dòng chảy lượng mưa phải thỏa mãn độ thiếu hụt bên dưới khả năng đóng ruộng mà lán lượt bị gây ra bởi bốc thoát hơi nước khi độ ẩm đóng ruộng xảy ra lần cuối và sau khi trận mưa tiếp theo đó sẽ chảy đi hết vì đất không còn khả năng giữ chung được nữa. Đây là khái niệm hình thành dòng chảy trong trạng thái no của bể chứa và chính là khái niệm cơ bản của mô hình.

Dựa vào khái niệm hình thành dòng chảy trong trạng thái no của bể chứa, mô phỏng dòng chảy từ mỗi ô lối bao gồm bốn phần chính, cụ thể:

**Bốc thoát hơi nước:** gây ra sự thiếu hụt lượng ẩm trong đất và được chia thành ba tầng: tầng trên, tầng dưới và tầng sâu;

- Sự hình thành dòng chảy:** Dòng chảy sinh ra tùy thuộc vào lượng mưa và sự thiếu hụt lượng ẩm trong đất;

**Phân tách dòng chảy:** Dòng chảy được phân tách ra ba thành phần, cụ thể dòng mặt, dòng sát mặt và dòng ngầm bằng khái niệm lượng trữ nước tự do và sự phân bố của nó;

**Tập trung dòng chảy:** Diện toàn dòng chảy địa phương trong mỗi ô tạo nên dòng chảy ra của ô đó theo từng thành phần dòng mặt, sát mặt và dòng ngầm bằng cách áp dụng phương pháp tổng hợp tuyến tính với các hàng số thời gian tương ứng.

Quá trình hình thành dòng chảy từ mưa trong mỗi ô được sơ đồ hóa cấu trúc trong hình 2. Tất cả các ký hiệu bên trong hộp là các biến bao gồm dấu vao, dấu ra, biến trạng thái và biến nội bộ, trong khi các ký hiệu bên ngoài các hộp là các thông số.

Trong quá trình này, dấu vào mô hình là mưa trung bình lưu vực,  $P$  và bốc thoát hơi nước tiềm năng  $ET_0$ , tính theo mô hình Penman-Monteith. Đầu ra là lưu lượng dòng chảy thành phần bao gồm dòng mặt  $QS$ , sát mặt  $QI$  và dòng ngầm  $QG$  từ từng ô lối, và lượng bốc thoát hơi nước thực tế  $ET$ , gồm ba thành phần  $EL$ ,  $EL$  và  $ED$ .

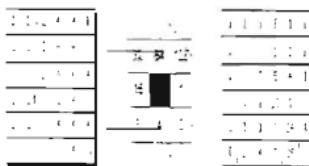
Các biến trạng thái là bể chứa nước ẩm suất trung bình lưu vực,  $W$  và bể chứa nước tự do trung bình lưu vực,  $S$ . Nước ẩm suất trung bình lưu vực  $W$  có ba thành phần  $WZ$ ,  $WZ$  và  $WD$  tương ứng ở tầng trên, tầng dưới và tầng sâu.  $FR$  là thông số diện tích góp phần tạo dòng chảy mà quan hệ với  $W$ . Phần còn

lại của các ký hiệu bên trong hộp là tất cả các biến nội bộ.  $RB$  là dòng chảy trực tiếp từ phần nhỏ diện tích không thâm.  $R$  là dòng chảy được tạo ra từ diện tích thâm và chia ra ba thành phần  $RS$ ,  $RI$  và  $RG$  tương ứng đó là dòng chảy mặt, sát mặt và dòng ngầm. Ba thành phần dòng chảy này sẽ được truyền và chuyển hóa thành  $QS$ ,  $QI$  và  $QG$ .

Mô hình gồm có 13 thông số trong quá trình hình thành dòng chảy từ mưa.  $W$  và  $B$  là hai thông số mô tả sự phân bổ nước ẩm suất.  $W$  là sức chứa nước ẩm suất trung bình lưu vực với các thành phần  $LW$ ,  $LM$  và  $DM$ .  $B$  là hệ số mủ của đường cong phân bổ sức chứa nước ẩm suất.  $W$  là hệ số tỉ lệ diện tích không thâm.  $S$ ,  $M$  và  $EX$  tương tự như  $W$ ,  $M$  và  $B$  nhưng chúng diễn tả phân bố sức chứa nước tự do.  $KI$  và  $KG$  là các hệ số liên quan đến  $RI$  và  $RG$ .  $k_{over}$ ,  $k_{out}$  và  $k_{base}$  là các hàng số thời gian cho việc diễn toán dòng chảy truyền.

## 2.2. Quá trình lũy tích dòng chảy

Quá trình lũy tích dòng chảy trong lưu vực (Hình 2) là quá trình chảy truyền từ ô sang ô theo hướng dòng chảy và theo thứ bậc giá trị lũy tích dòng chảy từ thấp đến cao (Hình 3). Mô phỏng kết thúc khi đạt tới ô có giá trị lũy tích dòng chảy lớn nhất, tức là cửa ra lưu vực.



Hình 3. Lưới hướng dòng chảy, mã hóa giá trị hướng dòng chảy và lưới lũy tích dòng chảy được sử dụng trong cấu trúc mô hình FRASC

Trong mục này, một mệnh đề giả thiết đưa ra rằng lượng nước sinh ra từ mưa chảy truyền trong lưu vực được tách thành hai giai đoạn, cụ thể là: (1) trước khi phát triển hay xuất hiện mang lưới sông chính, tiếp đến (2) khi xuất hiện mang lưới sông chính.

*Trước khi xuất hiện mang lưới sông chính* dòng mặt, dòng sát mặt và dòng ngầm được xem như chảy trong các môi trường riêng rẽ tương ứng trên mặt đất, thông qua các lỗ rỗng trong tầng rễ cây và dưới tầng đất sâu. Do đó, quá trình lũy tích dòng chảy theo ô lối trên lưu vực được diễn toàn bang

cách áp dụng phương pháp tổng hợp tuyển tính theo từng thành phần độc lập tạo ra QSA, QIA và QGA.

- \* Khi xuất hiện mạng lưới sông chính, lúc này lưu lượng QR là tổng tất cả ba thành phần dòng chảy bao gồm dòng mặt, dòng sát mặt và dòng ngầm di chuyển dọc theo hệ thống sông chính. Quá trình dòng chảy trên hệ thống sông chính được diễn tả bằng cách sử dụng phương pháp Muskingum với hai thông số K và X. Cuối cùng lưu lượng tại cửa ra lưu vực QRT được xác định.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU BIỂN HÌNH

Để đánh giá tính hiệu quả mô hình FRASC, dưới đây trình bày kết quả ứng dụng cho lưu vực sông Bé (Hình 4). Đây là sản phẩm của đề tài “Phát triển mô hình mô phỏng dòng chảy và điều phối nguồn nước lưu vực - nghiên cứu biến đổi khí hậu ảnh hưởng chuyển nước từ công trình Phước Hòa sang hồ Dầu Tiếng” [10].

Lưu vực sông Bé là một chi lưu của lưu vực sông Đồng Nai có diện tích tự nhiên khoảng 7.650 km<sup>2</sup>, nằm ở vị trí 11°06' - 12°22' vĩ Bắc và 106°35' - 107°30' kinh Đông thuộc các tỉnh Bình Phước, Bình Dương, Đăk Nông, Đồng Nai và một phần thuộc lãnh thổ Campuchia. Trên lưu vực sông Bé hiện nay có 4 bậc thang thủy điện/thủy lợi chính bao gồm: thủy điện

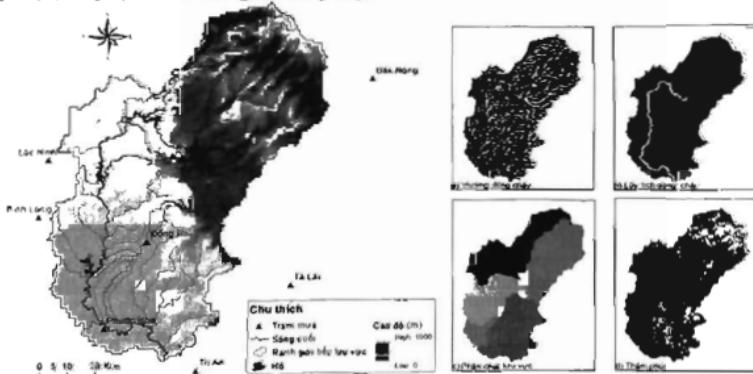
Thác Mơ, Cần Đon, Srök Phu Mieng và hồ thủy lợi Phước Hòa. Do đó việc xác định tiềm năng nguồn nước lưu vực sông Bé là cần thiết trong bối cảnh giá tăng nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực sông và biển đổi khí hậu diễn ra ngày càng phức tạp.

Tài liệu đầu vào cho mô hình FRASC ứng dụng mô phỏng dòng chảy cho lưu vực sông Bé bao gồm:

Các tập tin lưới GIS dạng ASCII: (1) hướng dòng chảy, (2) lũy tích dòng chảy, (3) phân định tiêu lưu vực theo da giác Thiessen từ 8 trạm mưa và (4) thảm phủ với độ phân giải 30 giây.

- \* Các tập tin chuỗi thời gian từ năm 1981 - 2016: (1) lượng mưa ngày tại 8 trạm như Đăk Nông, Phước Long, Lộc Ninh, Đồng Phú, Bình Long, Tà Lài, Phước Hòa và Trị An (Hình 4) và (2) bốc thoát hơi tiềm năng trung bình tháng xác định bằng phương pháp Penman-Monteith cho các loại thảm thực vật theo từng ô lưới trên cơ sở số liệu khí tượng quan trắc tại trạm Phước Long.

Số liệu lưu lượng ngày thực đo tại hai trạm thủy văn trên sông Bé (Hình 4): Phước Long và Phước Hòa từ năm 1981 - 1993 cho thủ tục hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.



Hình 4. Lưu vực sông Bé (trái) và các dữ liệu GIS đầu vào (phải) cho mô hình

Trên cơ sở số liệu đầu vào, mô hình FRASC được thiết lập cho lưu vực sông Bé qua các bước hiệu chỉnh các thông số mô hình bằng cách thử dần hay còn gọi “thử và sai” (trial and error) để tối ưu hóa trên cơ sở hiệu quả mô hình với bộ dữ liệu từ 1981 - 1986 và sau đó kiểm định trong giai đoạn 1987 - 1993. Đánh giá hiệu quả mô hình dựa vào hai tiêu chuẩn

thường dùng, đó là sai số bình quân tổng lượng CRM (%) và hệ số hiệu quả mô hình R2 [11]. Ngoài ra, biểu đồ quá trình lưu lượng thực đo và mô phỏng tại các vị trí trạm thủy văn cũng là tiêu chuẩn đánh giá trực quan. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định được thể hiện trong bảng 1, hình 5 và hình 6.

Bảng 1. Giá trị các thông số của mô hình FRASC đã được hiệu chỉnh

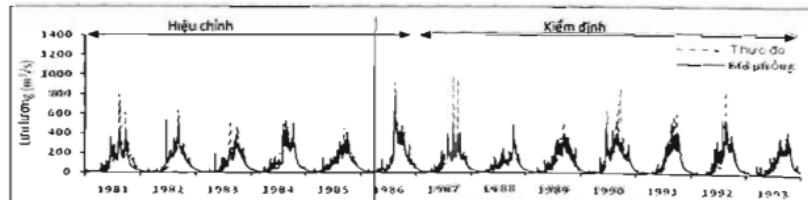
Nhóm	Thông số	Giá trị
Bốc thoát hơi nước	Hệ số tỷ lệ bốc hơi tiềm năng, Ke (-)	1
	Sức chứa nước ứng suất trung bình lưu vực tầng trên, UM (mm)	200
	Sức chứa nước ứng suất trung bình lưu vực tầng dưới, LM (mm)	50
	Sức chứa nước ứng suất trung bình lưu vực tầng sâu, DM (mm)	100
Hình thành dòng chảy	Hệ số mũ đường cong phân bố sức chứa nước ứng suất, B (-)	0,4
	Hệ số diện tích không thấm, IM (-)	0,05
Phản bối dòng chảy	Sức chứa dưới tự do trung bình lưu vực, SM (mm)	250
	Hệ số mũ của đường cong phản bối sức chứa nước tự do, EX (-)	1
	Hệ số dòng ra của nước tự do thành dòng chảy mặt, KI (-)	0,4
Tập trung dòng chảy	Hệ số dòng ra của nước tự do thành dòng chảy ngầm, KG (-)	0,3
	Hằng số thời gian đối với dòng chảy mặt, kover (giờ)	0,5
	Hằng số thời gian đối với dòng chảy sát mặt, kinter (giờ)	30
Diễn toán Muskingum	Hằng số thời gian đối với dòng chảy ngầm, kbase (giờ)	140
	Hệ số tỷ lệ, K (giờ)	0,4
	Trọng số, X (-)	0,3

Bảng 2. Đánh giá hiệu quả mô hình FRASC cho lưu vực sông Bé

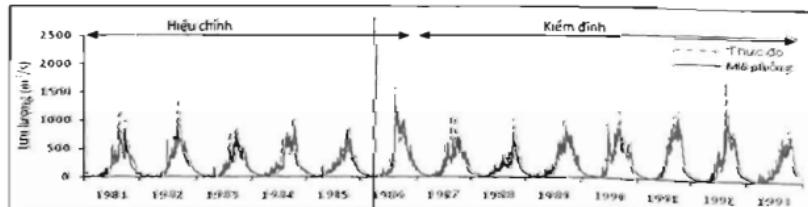
Tiêu chuẩn đánh giá	Phước Long		Phước Hòa	
	Hiệu chỉnh	Kiểm định	Hiệu chỉnh	Kiểm định
CRM (%)	2,24	-0,79	-2,30	1,44
R <sup>2</sup>	0,855	0,840	0,892	0,907

Như vậy, với kết quả đánh giá mô hình thể hiện trong bảng 2 theo các tiêu chuẩn như CRM < 5% và

$R^2 > 0,8$  có thể khẳng định rằng FRASC thể hiện rất tốt và đảm bảo độ tin cậy để mô phỏng dòng chảy theo các kịch bản khác nhau. Hình 5 và 6 thể hiện biểu đồ lưu lượng dòng chảy ngày thực đo và mô phỏng trong giai đoạn hiệu chỉnh (1981 - 1986) và kiểm định (1987 - 1993) ở cả hai vị trí để cung cấp cho kết luận này.



Hình 5. Đường quá trình lưu lượng mô phỏng và thực đo tại Phước Hòa giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm Phước Long



Hình 6. Đường quá trình lưu lượng mô phỏng và thực đo tại Phước Hòa giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm Phước Hòa

Tren cơ sở bộ thông số mô hình FRASC đã được hiệu chỉnh, kiểm định và phê chuẩn cùng với bộ số liệu mưa và bốc thoát hơi nước tiềm năng, lưu lượng dòng chảy ngày lưu vực sông Bé được mô phỏng từ năm 1981–2016 theo từng ô lưới. Chuỗi số liệu 36 năm được coi là đủ dài đảm bảo mẫu có thể đại diện cho tổng thể trong tính toán tần suất thuết kế.

#### 4. KẾT LUẬN

Quá trình hình thành dòng chảy từ mưa trong FRASC được phát triển trên nền cốt của mô hình Xinanjiang, sự khác biệt nằm ở chỗ rằng FRASC mô phỏng theo từng phần tử ô lưới vuông xác định từ DEM để thay thế dạng mô phỏng theo quy mô tiêu lưu vực tự nhiên ở mô hình Xinanjiang, sử dụng đầu vào bốc thoát hơi nước tiềm năng tính trực tiếp theo Penman – Monteith để thay thế bốc hơi chậu, dòng chảy mặt sinh ra có độ trễ và diễn toán quá trình chảy truyền trong lưu vực. FRASC được xem như là mô hình khái niệm phản bối với lưu vực phân rã theo từng ô lưới và bộ thông số mô hình vừa phải mà có thể nhận được từ thủ tục hiệu chỉnh. Nó giải quyết được vấn đề thủy văn dù chi tiết theo không gian lưu vực mà mô hình khái niệm tập trung không thể, và hạn chế được yêu cầu về lượng thông tin liên quan đến thủy văn lưu vực mà điều này mô hình vát lý phản bối, ngược lại, thường đòi hỏi rất cao gây khó khăn trong những ứng dụng thực tiễn, đặc biệt đối với những lưu vực lớn và ở những lưu vực chưa được gọi là đã phát triển.

Kết quả kiểm nghiệm trên những vùng khí hậu khác nhau, từ vùng có lượng mưa năm rất lớn như miền núi Nông Sơn [5] với giá trị trên 3.000 mm, nơi lượng mưa vừa phải như sông Bé [10] 2.000 mm và đến vùng duyên hải Nam Trung bộ như lưu vực sông Cái Phan Rang [12] với lượng mưa chỉ 1.200 mm, đã cho thấy FRASC đã thể hiện rất thành công và đảm bảo độ tin cậy theo nguyên lý đánh giá mô hình, thậm chí đôi khi thể hiện tốt hơn cả mô hình Xinanjiang nguyên bản. Tính ổn định qua kết quả thử nghiệm trên nhiều vùng khí hậu, khả dĩ trong vận hành và cùng với lượng thông tin về thủy văn nó tạo ra chi tiết theo từng ô lưới trong không gian lưu vực, FRASC, do đó, có thể coi là công cụ hữu ích trong các ứng dụng về quy hoạch, thiết kế và vận hành các công trình liên quan đến nước.

#### LỜI CẢM ƠN

Bài báo này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh và Viện Khoa học và Công nghệ Tính toán thông qua Hợp đồng số 24/2017/HĐ-KHCNTT, đã ký ngày 21/09/2017.

#### TAI LIỆU THAM KHẢO

- DHI, 2007. MIKE 11 - A Modelling System for Rivers and Channels: Reference Manual, Danish Hydraulic Institute, Hørsholm, Denmark.
- STOWA, 2002. RAM - Precipitation Runoff Module: Reference Manual, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, 3800 CD Amersfoort, Utrecht, The Netherlands.
- Zhao, R. J. and Liu, X. R., 1995. The Xinanjiang Model, In: Singh, V. P. (ed.) Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications, Colorado, USA, 215-232.
- Vũ Văn Nghĩ, 2016. Mô hình toán thủy văn. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, tr.50 – 51, 299, 303.
- Nghĩ, V. V., 2008. Comparison of Conceptual Hydrological Models and Improvement via GIS aided Approach, PhD. Desertation, College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing, P. R China.
- Sivapalan, M., Takeuchi, K., Franks, S. W., Gupta, V. K., Karambir, H., Lakshmi, V., Liang, X., McDonnell, J. J., Mendiondo, E. M., O'Connell, P. E., Oki, T., Pomeroy, J. W., Schertzer, D., Uhlenbrook, S. and Zehe, E., 2003. IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB). 2003–2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences. Hydrological Sciences Journal 48, 857-880.
- Nguyễn Trường Thanh, 2015. So sánh ứng dụng mô hình thủy văn NAM và FRASC đánh giá tài nguyên nước lưu vực Tà Lài. Luận văn tốt nghiệp. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP. HCM.
- Nguyễn Tà Hoàng Giang, 2015. Ứng dụng mô hình toán thủy văn NAM và FRASC đánh giá tài nguyên nước lưu vực Srépôk. Luận văn tốt nghiệp. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP. HCM.

9. Vũ Văn Nghị, 2017. Phát triển mô hình mô phỏng dòng chảy và điều phối nguồn nước lưu vực - nghiên cứu điển hình đánh giá khả năng chuyển nước từ công trình Phước Hòa sang hồ Dầu Tiếng. Đề tài KH&CN. Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM.
10. Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V., 1970. River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10, pp. 282-290.
11. Vũ Văn Nghị, 2015. Nghiên cứu đánh giá tài nguyên nước lưu vực sông Cái và khả năng đáp ứng cho nhu cầu phát triển kinh tế-xã hội tỉnh Ninh Thuận đến năm 2020 và tầm nhìn 2030. Đề tài KH&CN. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP. HCM.

## DISTRIBUTED CONCEPTUAL MODEL DEVELOPMENT FOR FLOW ROUTING - CASE STUDY IN BE RIVER BASIN

Vũ Văn Nghị<sup>1,2</sup>, Nguyễn Văn Thang<sup>1</sup>,

Phạm Anh Tài<sup>3</sup>, Bùi Nguyên Lam Hà<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute for Computational Science and Technology

<sup>2</sup>University of Science, Viet Nam National University HCMC

<sup>3</sup>Institute for Science and Technology Innovation

<sup>4</sup>Environmental Science and Natural Resource Faculty, University of Dalat

### Summary

The lumped model considers basin or sub-basin as a unique and the average output values is assigned for whole physical features of basin. Therefore, the hydrographic information in spanning space is not sufficiently detailed to support the decision makers in water resource and land use management field in context the demand and exploitation of human is increasing rapidly. The FRASC distribution model is developed as a "compromise" with the mean input value allocated for all spatial in basin, and then the basin is separated into elements in the form of matrix grid from DEM data. The flow direction data set up the output value for each element base on flow routing in connected with the adjacent element, from which it is possible to predict the effects of land cover change, land use change and climate change to the hydrological characteristics of the basin by temporal and spatial data. The validated results in a variety of climates show that FRASC performed very good with reliable output by coefficient of mass residual, CRM, and model coefficient of efficiency, R<sup>2</sup>. This paper presents the FRASC's principles and application to the Be river basin. In this case study, the CRM <5% and R<sup>2</sup> > 0.8 represent good simulation of flow under different scenarios and ensure the reliability of FRASC.

**Keywords:** Be river basin, distributed conceptual model, flow routing, FRASC.

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Thống

Ngày nhận bài: 28/12/2018

Ngày thông qua phản biện: 29/01/2019

Ngày duyệt đăng: 11/02/2019