

# THỬ NGHIỆM TÍCH HỢP MÔ HÌNH MARINE VÀ MÔ HÌNH SÓNG ĐỘNG HỌC MỘT CHIỀU TRÊN LƯU VỰC SÔNG CÁI NHA TRANG

Bùi Văn Chanh<sup>(1)</sup>, Trần Ngọc Anh<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ

<sup>(2)</sup>Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội

Ngày nhận bài 22/4/2020; ngày chuyển phản biện 23/4/2020; ngày chấp nhận đăng 18/5/2020

**Tóm tắt:** Mô hình MARINE là mô hình thủy văn thông số phân bố do Viện Cơ học chất lỏng Toulouse (Pháp) phát triển và được sử dụng ở nhiều quốc gia. Mô hình được ứng dụng ở Việt Nam từ 2001 trong khuôn khổ của dự án FLOCODS, đã sử dụng trong dự báo trên lưu vực sông Đà. Mô hình MARINE thuộc loại mô hình mưa dòng chảy thông số phân bố vật lý, mô phỏng dòng chảy lũ trên sườn dốc khá tốt, nhưng diễn toán dòng chảy trong sông chưa hoàn thiện, cần sử dụng các mô hình khác để mô phỏng. Đã có một số nghiên cứu sử dụng mô hình Muskingum, Muskingum Cunge và thủy lực 1 chiều IMECH1D để kết nối mô phỏng dòng chảy trong sông, tuy nhiên, còn một số vấn đề cần tiếp tục cải tiến, hoàn thiện. Trong nghiên cứu này trình bày một số giải pháp tích hợp mô hình MARINE và Sóng động học một chiều để nâng cao chất lượng mô phỏng mô hình MARINE và bổ sung diễn toán dòng chảy trong sông. Trong đó đã xây dựng mô hình Sóng động học một chiều Tuyến tính để diễn toán dòng chảy cho các đoạn sông trong mô hình MARINE và làm điều kiện ban đầu cho mô hình Sóng động học một chiều Phi tuyến, cải tiến MARINE để tính toán dòng chảy của nhiều nhánh sông để làm cơ sở tích hợp với mô hình Sóng động học một chiều Phi tuyến cho mạng lưới sông. Bộ mô hình tích hợp được ứng dụng thử nghiệm trên lưu vực sông Cái Nha Trang cho thấy dễ vận hành và cho kết quả mô phỏng tốt hơn.

**Từ khóa:** Mô hình MARINE, Sóng động học, lưu vực sông Cái Nha Trang.

## 1. Mở đầu

Mô hình MARINE (Modelisation de l'Anticipation du Ruissellement et des Inondations pour des événements Extremes), được ứng dụng tính toán lũ thời gian thực từ dự án PACTES (cảnh báo nguy cơ lũ quét theo không gian) tại Pháp với sự hỗ trợ ban đầu của Bộ nghiên cứu Pháp và Cơ quan vũ trụ Pháp để tính toán trận lũ quét xảy ra năm 1999 tại vùng phía Nam nước Pháp [7, 14], ước lượng mưa từ radar để cảnh báo lũ quét năm 2002 [11]. Ngoài Pháp, mô hình MARINE còn được sử dụng để cảnh báo lũ quét, dự báo lũ như Oman [16], Tây Ban Nha [9], các nước khu vực Địa Trung Hải [9]. Mô hình MARINE là mô thủy văn thông số phân bố được ứng dụng ở Việt Nam từ 2001

trong khuôn khổ của Dự án FLOCODS để dự báo lũ lưu vực sông Hồng [3], năm 2006 được nghiên cứu dự báo lưu lượng về hồ Hòa Bình [2, 7], dự báo lũ lưu vực sông Hương [22]. Hiện nay mô hình đang được sử dụng trong nghiệp vụ dự báo tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia cho lưu vực sông Đà [2], sông Hồng [4]. Mặc dù mô hình MARINE có nhiều ưu việt, nhưng chưa được sử dụng rộng rãi (dù cho phiên bản mô hình đang phổ biến ở Việt Nam là mã nguồn mở, thuận tiện cho việc cải tiến và ứng dụng), do hiện nay trong bộ mô hình này chưa hoàn thiện dòng chảy trong sông. Mô hình MARINE hiện tại chỉ tính lưu lượng cho các đoạn sông của dòng sông chính, lưu lượng các đoạn này được cộng dồn từ lưu lượng của các ô lưới có sông chảy qua. Như vậy, dòng chảy trên các nhánh sông trước khi đổ vào sông chính được diễn toán như dòng chảy trên sườn dốc. Nguyên lý mô phỏng như trên không sát với thực tế, đặc

Liên hệ tác giả: Bùi Văn Chanh  
Email: buivanchanh@gmail.com

biệt là với lưu vực lớn sẽ cho kết quả mô phỏng không tốt. Để hạn chế nhược điểm này, các nghiên cứu trước đây đã nỗ lực chia nhỏ thành các tiểu lưu vực, tuy nhiên sẽ làm mất ưu thế của mô hình thông số phân bố. Do việc chỉ tính dòng chảy cho các đoạn sông trên sông chính sẽ dẫn tới việc vận hành công kênh do chia nhỏ lưu vực, khó khăn khi thiết lập và vận hành mô hình MARINE. Ngoài ra, để tính toán lưu lượng đến cửa ra lưu vực sông thường cần phải sử dụng kết hợp với các mô hình diễn toán dòng chảy trong sông khác với đầu vào từ kết quả mô hình MARINE. Trong các nghiên cứu trước đây, Nguyễn Lan Châu [2], Nguyễn Văn Điệp [22, 3], Nguyễn Tiến Cường [15, 7], Bùi Đình Lập [4] đã kết nối mô hình MARINE và mô hình IMECH-1D [2, 22, 21, 3] hoặc Muskingum - Cunge [4] để mô phỏng dòng chảy trên sông Đà [2], sông Hồng [3], sông Hương [22]. Ở Pháp, dòng chảy trong sông được viết bởi Bessière (2005) bằng phương trình xấp xỉ sóng động học [19], Foody sử dụng Muskingum [8], Rorrell sử dụng HEC-RAS [8] và MAGE-1D [8] để kết nối với mô hình MARINE. Tuy nhiên, các mô hình Sóng động lực như IMECH-1D, HEC-RAS, MAGE-1D cần phải sử dụng dữ liệu mặt cắt ngang, trong khi dữ liệu này rất ít hoặc không có ở khu vực vùng núi, đặc biệt là ở thượng nguồn các sông. Những khu vực không có mặt cắt có thể sử dụng mô hình Muskingum, Muskingum-Cunge hoặc xấp xỉ Sóng động học như các ứng dụng ở trên, tuy nhiên các mô hình này chỉ thể hiện lượng trữ thủy văn tuyến tính [19, 15], không phản ánh quá trình truyền lũ trong sông và biến động lớn của dòng chảy do tác động của địa hình [19]. Ngoài ra, các ứng dụng ở trên sử dụng lưu lượng các đoạn sông được cộng dồn từ lưu lượng các ô lưới có sông chảy qua và chỉ mô phỏng cho dòng sông chính. Để khắc phục những nhược điểm trên, nhóm nghiên cứu xây dựng mô hình Sóng động học một chiều và tích hợp với mô hình MARINE. Mô hình Sóng động học dựa trên dạng đơn giản hóa hệ phương trình Saint Venant [19], một dạng xấp xỉ sóng động lực [15], mô phỏng quá trình truyền lũ trong sông do sự thay đổi lưu lượng hay mực nước. Sử dụng mô hình Sóng động học vừa đáp ứng được yêu cầu về số liệu đầu vào ở khu vực vùng núi, vừa mô phỏng được quá

trình truyền lũ và biến động lớn của dòng chảy do tác động của địa hình. Mô hình Sóng động học Tuyến tính mô phỏng dòng chảy các đoạn sông và mô hình Phi tuyến mô phỏng dòng chảy của mạng lưới sông sẽ khắc phục nhược điểm cộng dồn lưu lượng và chỉ mô phỏng dòng sông chính của mô hình MARINE. Ngoài ra ưu điểm của mô hình Sóng động học nêu trên cũng tăng thêm ưu thế về mô phỏng cho lưu vực lớn, địa hình phức tạp của mô hình MARINE. Mô hình Sóng động học được lập trình Fortran 70 để thống nhất với ngôn ngữ lập trình của mô hình MARINE.

Mô hình Sóng động học do Lighthill và Whitham (1955) đề xuất [15] và được nhiều nghiên cứu về sau phát triển, ứng dụng để mô phỏng dòng chảy trong kênh, sông suối như: Weinmann and Laurenson (1979), Henderson (1963), Brakensiek (1967), Cunge (1969), Woolhiser (1975), Dawdy (1978) [15]. Mô hình một chiều trong sông sau này được Jacovvis (1996) nghiên cứu cho sông có bãi với nhiều loại hình dạng mặt cắt [13], Aminul Islam so sánh giữa sơ đồ sai phân ẩn và sai phân hiện [6], Tayfur phát triển để mô phỏng sự phát triển và biến dạng mặt cắt dọc trong kênh bồi phù sa [10], Nwaogazie xây dựng mô hình một chiều phi tuyến bằng phương pháp Newton-Raphson [17]. Sau đó được nhiều nghiên cứu phát triển để mô phỏng trên sườn dốc như: Henderson (1966), Henderson và Wooding (1964), Woolhiser và Liggett (1967), Kibler và Woolhiser (1970), Schaafce (1970), Li (1975), Borah (1980) [15]. Ở Việt Nam, mô hình một chiều trên sườn dốc đã được Lương Tuấn Anh và Nguyễn Thanh Sơn sử dụng để mô phỏng dòng chảy sườn dốc trong mô hình KW1D [20].

Nghiên cứu và ứng dụng mô hình Sóng động học một chiều ở trên mới chỉ sử dụng dạng tuyến tính, mô phỏng cho một nhánh sông. Trong bài báo này trình bày kết quả xây dựng mô hình Sóng động học một chiều Phi tuyến cho mạng lưới sông và sử dụng phương pháp lặp Newton để hệ phương trình Saint Venant [1]. Các mô hình sau khi cải tiến, tích hợp đã ứng dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Cái Nha Trang đến trạm thủy văn Đồng Trăng.

Sông Cái Nha Trang là con sông lớn nhất tỉnh

Khánh Hòa, bắt nguồn từ độ cao khoảng 2.000m. Sông gồm nhánh sông Thác Ngựa và sông Chò, hợp lưu tại vị trí cách trạm thủy văn Đồng Trăng khoảng 2km phía thượng lưu trạm. Sông Thác Ngựa có dạng nan quạt với các phụ lưu: Sông Giang, sông Khế, sông Cầu; sông Chò có dạng cành cây có phụ lưu EaThour. Trên lưu vực chỉ có trạm thủy văn Đồng Trăng có số liệu quan trắc dòng chảy nhiều năm (1983-nay) và trạm đo mưa nhân dân Khánh Vĩnh. Khu vực lân cận có các trạm khí tượng Nha Trang, M'đ Rắk, Cam Ranh. Số liệu quan trắc đồng bộ trên sông Cái Nha Trang trong trận lũ đặc biệt lớn năm 2010, từ ngày 29/10-13/11 [5] được sử dụng để hiệu chỉnh bộ thông số mô hình tích hợp với các số liệu lưu lượng thời đoạn 1 giờ tại trạm Đồng Trăng trên sông Cái, vị trí Diên Xuân trên sông Chò, vị trí Sông Cầu trên sông Cầu và vị trí Thác Ngựa trên sông Thác Ngựa. Bộ mô hình tích hợp sau đó sẽ được kiểm định với các trận lũ năm 2009, 2013 và 2016 để đánh giá khả năng mô phỏng dòng chảy lũ trên sông Cái Nha Trang.

## 2. Phương pháp luận

### 2.1. Cơ sở lý thuyết mô hình MARINE [2]

Mô hình MARINE mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy sinh ra bởi mưa trên lưu vực dựa trên phương trình bảo toàn khối lượng:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + u \cdot \text{grad}(V) = P_0 \quad (1.1)$$

Trong đó:

V là thể tích khối chất lỏng xét.

u là vận tốc của dòng chảy giữa các ô lưới.

$P_0$  là lượng mưa.

Vận tốc của dòng chảy trao đổi giữa các ô được tính theo công thức:

$$\|u\| = \sqrt{\text{pente}} \cdot \frac{H^{2/3}}{K_m} \quad (1.2)$$

Vì lưới sử dụng để tính toán là lưới vuông (DEM) nên thay biểu thức vận tốc vào phương trình tích phân ta thu được:

$$\Delta H + \sum_{j=1}^4 \frac{H_j^{5/3}}{K_m} \sqrt{\text{pente}} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} = P_0 \cdot \Delta t \quad (1.3)$$

Trong đó: pente là độ dốc.

$K_m$ : Hệ số nhám Manning.

H: Độ sâu mực nước của ô lưới.

$\Delta H$ : Sự thay đổi mực nước của ô lưới từ thời

điểm  $t_1$  đến  $t_2$ .

j: Hướng chảy của ô lưới (j = 1÷4).

$\Delta x$ : Chiều rộng ô lưới.

$\Delta t$ : Bước thời gian tính.

Đây chính là phương trình tính sự biến thiên mực nước theo thời gian của mỗi ô lưới.

MARINE diễn toán dòng chảy trao đổi giữa các ô lưới với nhau, lượng mưa rơi vào các ô của lưu vực được coi là lượng nước bổ sung tại mỗi bước thời gian tính.

### 2.2. Cơ sở lý thuyết mô hình Sóng động học [1, 5]

Sóng động học tạo nên do sự thay đổi trong dòng chảy như thay đổi về lưu lượng nước hoặc tốc độ sóng là vận tốc truyền thay đổi dọc theo kênh dẫn. Tốc độ sóng phụ thuộc vào loại sóng đang xét và có thể hoàn toàn khác biệt với vận tốc dòng nước. Đối với Sóng động học, các thành phần gia tốc và áp suất trong phương trình động lượng đã bị bỏ qua nên chuyển động của sóng được mô tả chủ yếu bằng phương trình liên tục. Do đó sóng đã mang tên Sóng động học và động học nghiên cứu chuyển động trong đó không xét đến ảnh hưởng của khối lượng và lực. Mô hình Sóng động học được xác định bằng các phương trình Saint Venant như sau:

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (2.1)$$

- Phương trình động lượng:

$$S_o = S_f \quad (2.2)$$

$$A = \alpha Q^\beta \quad (2.3)$$

Trong đó: A là diện tích mặt cắt ướt.

Q là lưu lượng.

q là nhập lưu.

$S_o$  là độ dốc sông.

$S_f$  là độ dốc ma sát.

Trong phương trình Manning với  $S_o = S_f$  và  $R=A/P$  ta có:

$$Q = \frac{1.49 S_o^{1/2}}{n P^{2/3}} A^{5/3} \quad (2.4)$$

Viết lại phương trình (2.4) cho A từ đó tìm được  $\alpha$  và  $\beta = 0,6$  như sau:

$$A = \left( \frac{n P^{2/3}}{1.49 \sqrt{S_o}} \right)^{3/5} Q^{3/5} \quad (2.5)$$

$$A = \left( \frac{nP^{2/3}}{1.49\sqrt{S_o}} \right)^{0.6} \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \alpha\beta Q^{\beta-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha\beta Q^{\beta-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) = q \quad (2.8)$$

Áp dụng sơ đồ sai phân ẩn phương trình (2.8) thu được phương trình sai phân sóng động học tuyến tính.

$$\frac{Q_{i+1}^{j+1}}{\left[ \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_{i+1}^{j+1} + \alpha\beta Q_{i+1}^j \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_j^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} + \Delta t \left( \frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \right) \right]} = \frac{\left[ \frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha\beta \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_j^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]}{\quad} \quad (2.9)$$

Áp dụng sơ đồ sai phân ẩn phương trình (2.1) thu được phương trình sai phân sóng động học phi tuyến.

$$\frac{\Delta t}{\Delta x} Q_{i+1}^{j+1} + \alpha \left( Q_{i+1}^{j+1} \right)^\beta = \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{j+1} + \alpha \left( Q_{i+1}^j \right)^\beta + \Delta t \left( \frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \right) \quad (2.10)$$

Đây là phương trình phi tuyến đối với  $Q_{i+1}^{j+1}$  do đó cần được giải bằng phương pháp số, trong chương trình lập trình đã giải phương trình 2.10 bằng phương pháp lặp Newton [19]. Sử dụng kết quả tính toán từ mô hình Sóng động học một chiều tuyến tính (2.9) làm giá trị ban đầu của phép lặp Newton.

Từ đó một sai số dư  $f(Q_{i+1}^{j+1})$  được xác định bằng phương trình (2.10).

$$f(Q_{i+1}^{j+1}) = \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_{i+1}^{j+1} + \alpha \left( Q_{i+1}^{j+1} \right)^\beta - C \quad (2.11)$$

$$f'(Q_{i+1}^{j+1}) = \frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha\beta \left( Q_{i+1}^{j+1} \right)^{\beta-1} \quad (2.12)$$

Mục tiêu là tìm  $Q_{i+1}^{j+1}$  để buộc  $f(Q_{i+1}^{j+1})$  bằng không. Sử dụng phương pháp lặp Newton và các bước lặp k. Tiêu chuẩn hội tụ cho quá trình lặp là:

$$\left| f(Q_{i+1}^{j+1})_{k+1} \right| \leq \varepsilon \quad (2.13)$$

Ước lượng giá trị khởi đầu của  $Q_{i+1}^{j+1}$  trong mỗi quá trình lặp có ảnh hưởng quan trọng đến sự hội tụ của sơ đồ. Một cách tiếp cận là sử dụng nghiệm của sơ đồ tuyến tính, phương trình (2.9)

như là nghiệm gần đúng thứ nhất của sơ đồ phi tuyến. Li, Simons và Stevens (1975) [13] sau khi tiến hành các phân tích về tính ổn định đã chỉ ra sơ đồ sử dụng phương trình (2.10) là một sơ đồ ổn định không điều kiện và có thể sử dụng các trị của  $\Delta t/\Delta x$  trong một phạm vi khá rộng mà không tạo ra sai số lớn trong hình dạng của đường quá trình lưu lượng.

### 3. Thử nghiệm tích hợp mô hình Sóng động học một chiều và mô hình MARINE

#### 3.1. Phương pháp tích hợp

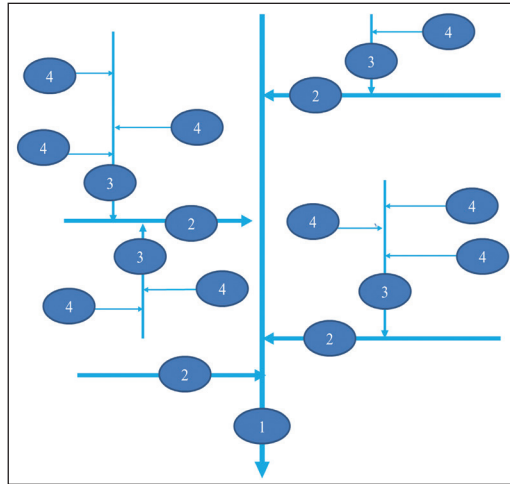
Từ phương trình (2.9) xây dựng được mô hình Sóng động học một chiều Tuyến tính. Mô hình được xây dựng là một thủ tục (Proceduce SdhTt) trong mô hình MARINE và thay thế thủ tục (Proceduce CalcApLat) tính lưu lượng cộng dồn cho các đoạn sông từ các ô lưới của mô hình MARINE gốc (Hình 3). Do quá trình diễn toán cho các đoạn sông ngắn và để đảm bảo về mô phỏng đồng thời thuận tiện cho việc tích hợp nên trong nghiên cứu này sử dụng mô hình Sóng động học Tuyến tính.

Mô hình MARINE gốc chỉ tính toán lưu lượng cho các đoạn trên một sông (sông chính). Tuy nhiên, thực tế trên lưu vực có rất nhiều sông kết nối với nhau thành một mạng lưới sông suối. Vì chỉ tính dòng chảy cho sông chính, nên dòng chảy các sông nhánh coi như dòng chảy sườn dốc, quá trình tập trung dòng chảy từ các nhánh với độ dài, kích thước khác nhau về sông chính là đồng thời. Mô phỏng như vậy là không sát với thực tế, mô hình MARINE đã khắc phục bằng cách chia nhỏ lưu vực. Trong nghiên cứu của Denis Dartus và David Labat đã chỉ ra: Khi diện tích lưu vực lớn hơn 1km<sup>2</sup>, dòng chảy bề mặt được tập trung vào một mạng lưới sông [7]. Để mô phỏng dòng chảy trong sông suối, Bessière đã mô phỏng dòng chảy suối bằng phương trình xấp xỉ Sóng động học trong mô hình MARINE [8]. Theo quan điểm của Bessière, nếu chỉ mô phỏng sông chính mà vẫn sát với thực tế thì lưu vực phải nhỏ hơn 1km<sup>2</sup>. Để khắc phục nhược điểm này, nghiên cứu xây dựng thêm thủ tục (Proceduce Q3D) cài vào mô hình MARINE để tính toán dòng chảy cho mạng lưới sông, bao gồm cả sông chính và các sông nhánh (Hình 3). Mỗi đoạn của từng nhánh sông trong mạng lưới

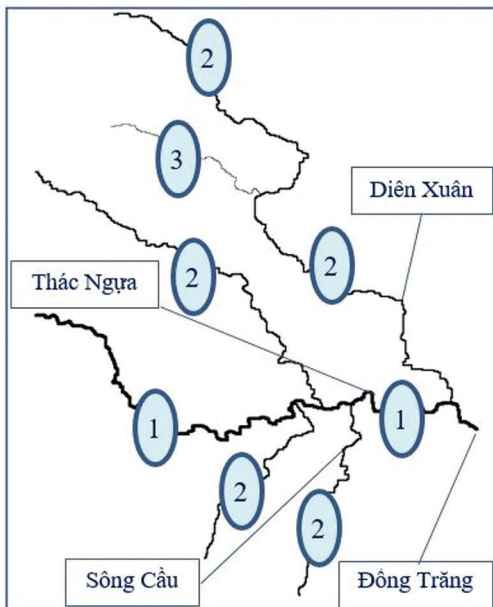
sông đã được diễn toán bằng mô hình Sóng động học một chiều Tuyến tính. Đây là cơ sở để tích hợp mô hình MARINE và mô hình Sóng động học một chiều Phi tuyến cho mạng lưới sông.

Mô hình Sóng động học một chiều Phi tuyến cho một nhánh sông được xây dựng từ phương trình (2.10) và giải bằng phương pháp lặp Newton [1, 19]. Xây dựng và tích hợp mô hình Sóng động học một chiều Phi tuyến vào mô hình MARINE. Mô hình này sử dụng mô hình Sóng động học một chiều Tuyến tính để làm điều kiện ban đầu giúp bài toán của mô hình Phi tuyến nhanh hội tụ, giảm bước lặp trong quá trình giải

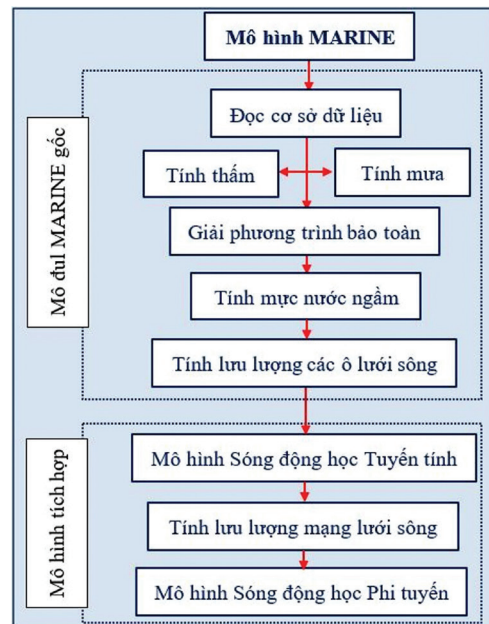
hệ phương trình Saint Venant. Áp dụng phương pháp phân cấp sông và mô hình Phi tuyến này để mô phỏng dòng chảy cho một mạng lưới sông. Phương pháp phân cấp sông theo thứ tự như sau: Sông chính có số thứ tự là 1 (sông cấp 1), sông đổ trực tiếp vào sông cấp 1 là sông cấp 2 (số thứ tự là 2), sông đổ trực tiếp vào sông cấp 2 là sông cấp 3 (số thứ tự là 3),... quá trình phân cấp sông như trên được tiếp tục cho đến cấp sông cuối cùng được đưa vào tính toán trong mô hình (Hình 1). Áp dụng sơ đồ phân cấp trên cho lưu vực sông Cái Nha Trang được thể hiện trong Hình 2.



Hình 1. Sơ đồ phân cấp lưới sông



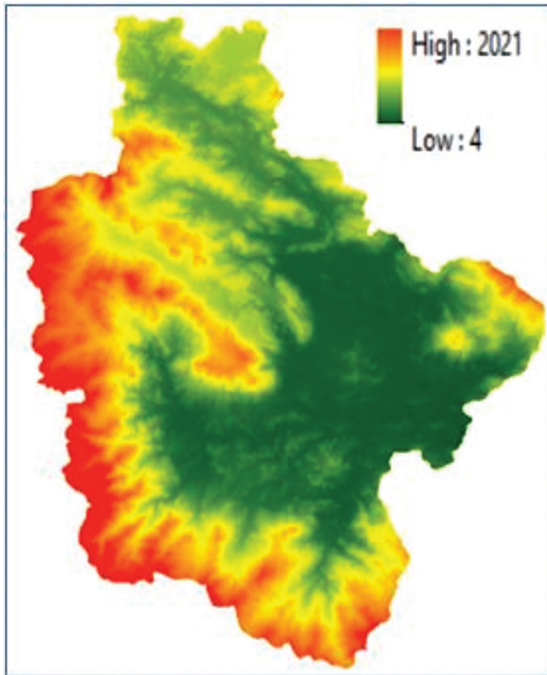
Hình 2. Phân cấp sông Cái Nha Trang



Hình 3. Sơ đồ tích hợp bộ mô hình

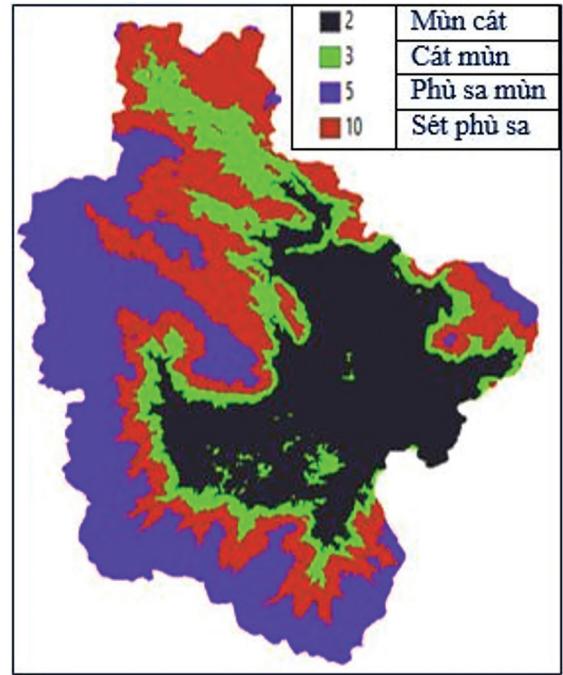
### 3.2. Ứng dụng thử nghiệm trên lưu vực sông Cái Nha Trang

Bộ mô hình tích hợp được ứng dụng thử nghiệm trên lưu vực sông Cái Nha Trang. Để sử

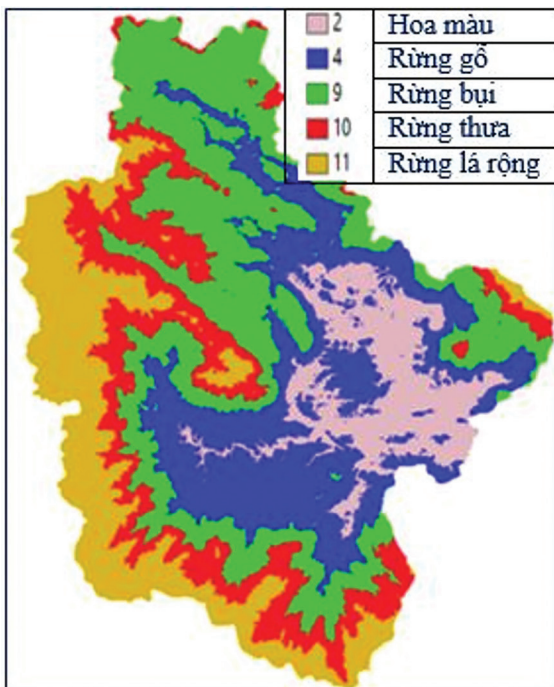


Hình 4. Bản đồ DEM sông Cái đến trạm Đồng Trăng

dụng bộ mô hình này, trước hết cần tiến hành thiết lập mô hình MARINE. Dữ liệu địa hình, lớp phủ, sử dụng đất cho mô hình MARINE được thể hiện ở các hình dưới đây:



Hình 5. Bản đồ đất sông Cái đến trạm Đồng Trăng



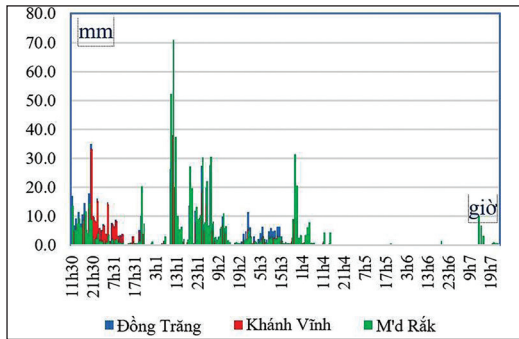
Hình 6. Bản đồ rừng sông Cái đến trạm Đồng Trăng

936111	1362280	647	Chiều rộng sông	1.00	0.033
936111	1362280	648		1.00	0.033
936111	1362280	649		1.00	0.033
936111	1362280	650		1.00	0.033
936111	1361940	651		1.00	0.033
936111	1361855	651		1.00	0.033
936026	1361855	652		1.00	0.033
936026	1361855	653		1.00	0.033
936026	1361600	655		1.00	0.033
936026	1361515	656		1.00	0.033
516	926846	1361090	2	1	0.033
906361	1378005	0.00		40.00	1.50
906446	1378005	85.00		40.00	1.50
906531	1378005	170.00		40.00	1.50
906531	1377920	255.00		40.00	1.50
906531	1377835	340.00		40.00	1.50
906786	1377750	395.00		40.00	1.50
906786	1377665	680.00		40.00	1.50
906786	1377665	765.00		40.00	1.50
906786	1377580	850.00		40.00	1.50
906786	1377495	935.00		40.00	1.50

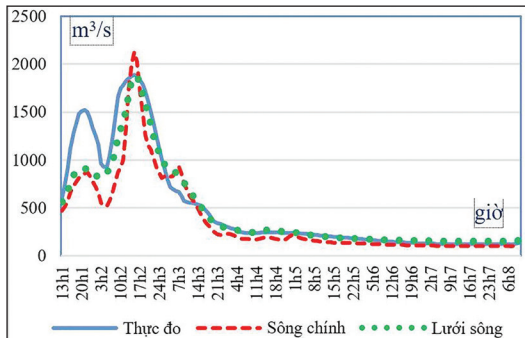
Hình 7. Cấu trúc file thủy lực lưới sông

Mỗi ô lưới nhận dữ liệu từ các bản đồ trên, lượng mưa các ô nhận được từ các trạm mưa gồm: Trạm thủy văn Đồng Trăng, điểm đo mưa Khánh Sơn, trạm khí tượng M'đ Rắc trong phạm vi đa giác Theissen mà trạm mưa khống chế. Bản đồ mưa phân bố là lượng mưa phân bố không gian theo đa giác Theissen trên, mỗi thời điểm của lượng mưa xây dựng được một bản đồ như trên. Do đó lượng mưa đầu vào là một bộ nhiều lớp bản đồ phân bố mưa theo thời gian.

Mô hình Sóng động học một chiều Tuyến



Hình 8. Lượng mưa thời đoạn 1 giờ trận lũ lớn nhất năm 2010

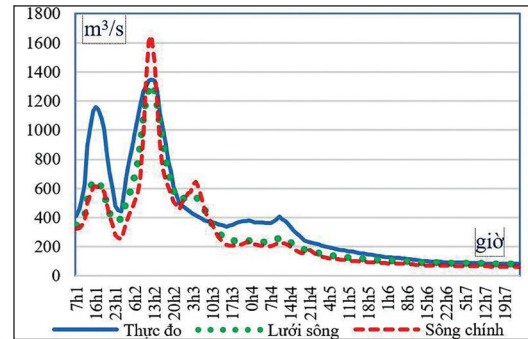


Hình 10. So sánh đường quá trình lưu lượng trạm thủy văn Đồng Trăng

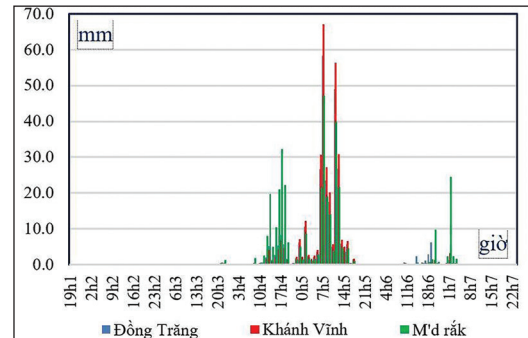
Nghiên cứu sử dụng lượng mưa thời đoạn 1 giờ các trạm thủy văn Đồng Trăng, điểm đo mưa Khánh Sơn, trạm khí tượng M'đ Rắc từ 11h ngày 30/10 đến 23h ngày 07/11 năm 2010 [5] để hiệu chỉnh và thử nghiệm. Kết quả tính toán được trích xuất cho các vị trí Thác Ngựa và trạm Đồng Trăng (Hình 2).

Số liệu này cũng sử dụng để so sánh trong trường hợp mô phỏng cho toàn bộ mạng lưới sông và chỉ mô phỏng cho sông chính (sông cấp 1). Trường hợp chỉ mô phỏng trên sông chính,

tính và Phi tuyến được thiết lập trên cơ sở mạng lưới thủy lực như đã phân cấp sông (Hình 2). Nhánh sông gồm nhiều điểm nối với nhau được xác định bằng tọa độ, khoảng cách cộng dồn từ thượng lưu về hạ lưu. Tại mỗi điểm sông được tính toán độ dốc sông, hệ số nhám Manning (n), chiều rộng sông. Dữ liệu độ dốc sông được tính xấp xỉ với độ dốc địa hình dựa trên bản đồ DEM, chiều rộng sông được đo trên ảnh viễn thám và kết hợp với bảng tra thủy lực M.F. Xripnut để xác định hệ số nhám Manning.



Hình 9. So sánh đường quá trình lưu lượng vị trí Thác Ngựa



Hình 11. Lượng mưa trận lũ lớn nhất năm 2009

đường quá trình rất dốc, mô phỏng lũ lên nhanh, xuống nhanh. Trong trường hợp này, dòng chảy những đoạn có sông được mô phỏng bằng dòng chảy sườn dốc, không mô phỏng được hiện tượng bệ sóng lũ khi truyền trong sông. Trường hợp mô phỏng cho cả mạng lưới sông cho đường quá trình sát với đường thực đo hơn, có hiện tượng bệ sóng lũ khi truyền trong sông được mô phỏng bằng mô hình Sóng động của các nhánh sông. Đánh giá chất lượng mô phỏng bằng chỉ tiêu Nash tại trạm Thác Ngựa đối với

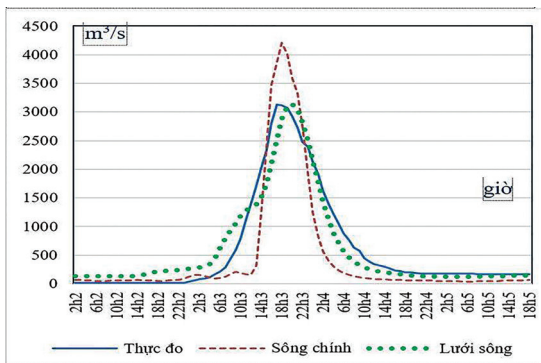
trường hợp chỉ có sông chính đạt 72,4%, trường hợp mạng lưới sông đạt 83,7%; tại trạm thủy văn Đồng Trăng đối với trường hợp chỉ có sông chính đạt 79,5%, đối với mạng lưới sông đạt 90,9%.

Bộ mô hình tích hợp với các thông số đã được hiệu chỉnh từ trận lũ đồng bộ năm 2010 được kiểm định với trận lũ lớn nhất năm 2009 (19h/1/11-23h/7/11), 2013 (1h/5/11-23h/10/11) và 2016 (01/11-8/11); số liệu thực đo các trạm Đồng Trăng, Khánh Vĩnh và M'đ Rắc do Tổng cục Khí tượng Thủy văn quản lý. Lượng mưa thời đoạn 1 giờ các trạm trên được sử dụng để kiểm định cho trạm thủy văn Đồng Trăng. Đánh giá chất lượng mô phỏng cho trường hợp chỉ có sông chính và mạng lưới sông tương ứng với trận lũ năm 2009 là 74,4% và 93,2%; trận lũ năm 2013 là 73,7% và 82,2%; trận lũ năm 2016 là 78,3% và 82,7%.

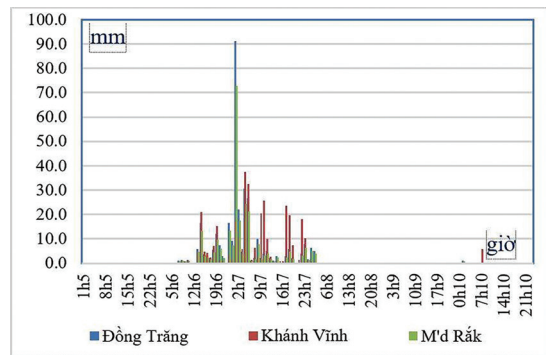
Trận lũ năm 2010 đo đạc được đồng bộ ở nhiều trạm trên sông Cái nên dữ liệu khá chi tiết để hiệu chỉnh đồng thời cũng cho kết quả ban đầu về hiệu quả của tích hợp mô hình Sóng động học một chiều Tuyến tính vào MARINE. Từ trận mưa lũ năm

2010 đã tính toán dòng chảy các đoạn sông từ các ô lưới bằng hai trường hợp là cộng dồn và sử dụng mô hình Sóng động học. Từ kết quả tính toán hai trường hợp cho các đoạn sông và sau đó cùng sử dụng mô hình Sóng động học một chiều Phi tuyến để mô phỏng cho mạng lưới sông, trích xuất kết quả tại vị trí Diên Xuân, Sông Cầu (Hình 2) cho kết quả được thể hiện trong các hình dưới đây.

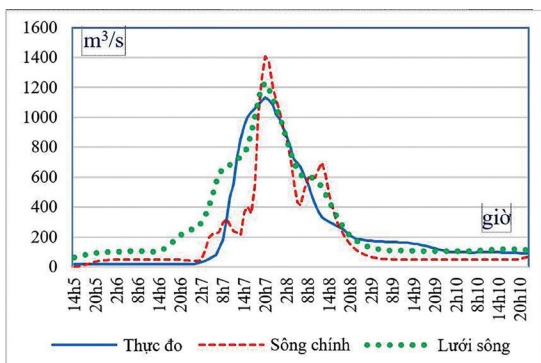
So sánh kết quả tính toán dòng chảy các đoạn sông bằng phương pháp cộng dồn và mô hình Sóng động học một chiều tuyến tính tại vị trí Diên Xuân và Sông Cầu cho thấy đỉnh lũ tính bằng cộng dồn tăng nhanh, cường suất lũ lớn so với đường thực đo và đường lưu lượng tính bằng mô hình Sóng động học. Đường quá trình lưu lượng tính bằng Sóng động học khớp với đường thực đo hơn đường lưu lượng tính cộng dồn. Chất lượng mô phỏng theo chỉ tiêu Nash bằng mô hình Sóng động học tại Diên Xuân đạt 89,9%, tại Sông Cầu đạt 84,6%; bằng cách tính cộng dồn tại Diên Xuân đạt 83,5%, tại Sông Cầu đạt 71,8%.



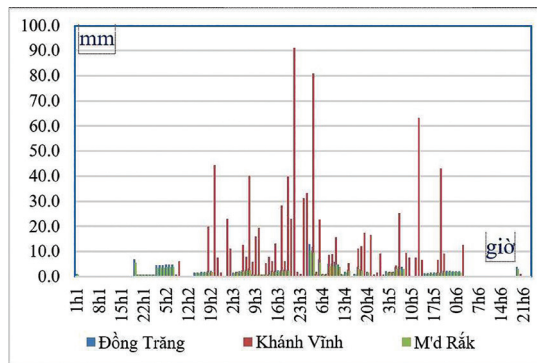
Hình 12. So sánh đường quá trình lưu lượng năm 2009



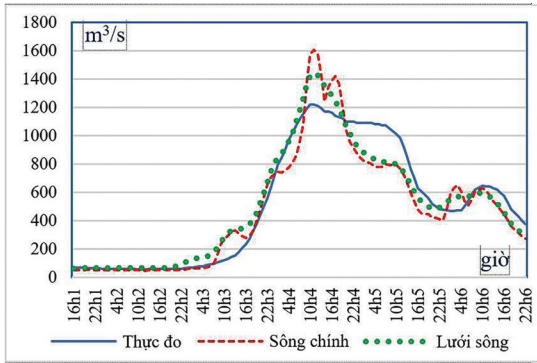
Hình 13. Lượng mưa trận lũ lớn nhất năm 2013



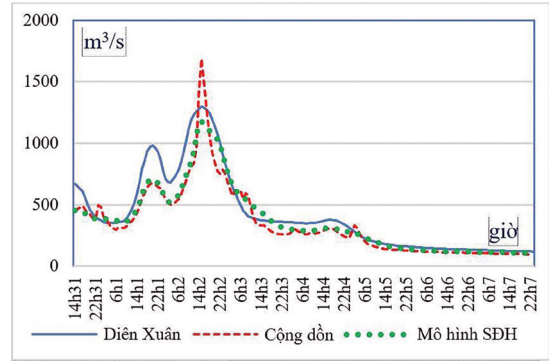
Hình 14. So sánh đường quá trình lưu lượng năm 2013



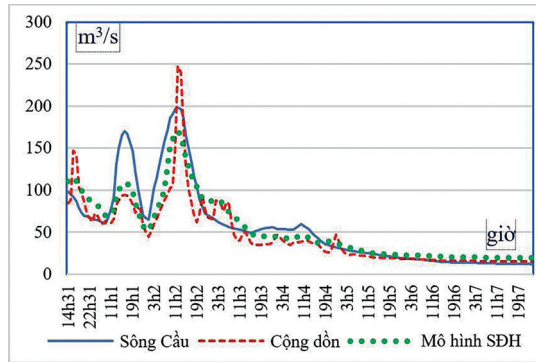
Hình 15. Lượng mưa trận lũ lớn nhất năm 2016



Hình 16. Lượng mưa trận lũ lớn nhất năm 2016



Hình 17. So sánh quá trình lưu lượng vị trí Diên Xuân trận lũ năm 2010



Hình 18. So sánh quá trình lưu lượng vị trí sông Cầu trận lũ năm 2010

#### 4. Kết luận

Tích hợp mô hình toán để hoàn thiện mô phỏng dòng chảy trên lưu vực sông là cần thiết, trong đó có mô hình MARINE. Nghiên cứu tích hợp được mô hình Sóng động học một chiều vào mô hình MARINE để hoàn thiện, nâng cao chất lượng mô phỏng và áp dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Cái Nha Trang. Tuy nhiên, đây mới chỉ là kết quả ban đầu và mới áp dụng thử nghiệm cho một lưu vực sông, do đó cần thêm thử nghiệm cho các lưu vực khác.

Mỗi mô hình thành phần trong mô hình tích hợp đảm nhận một chức năng mô phỏng của một thành phần trong các quá trình phức tạp của dòng chảy lưu vực sông. Do đó cần phải có số liệu chi tiết, nhiều trạm đo để hiệu chỉnh và kiểm định từng mô hình thành phần. Nghiên cứu sử dụng số liệu của trận lũ quan trắc đồng bộ năm 2010 trên lưu vực sông Cái Nha Trang để hiệu chỉnh các mô hình thành phần. Tuy nhiên, việc đo chi tiết, đồng bộ số liệu là rất khó khăn

và với một bộ số liệu là chưa đủ tin cậy, do đó cần đầu tư thêm các nghiên cứu tương tự.

Tích hợp mô hình Sóng động học một chiều vào mô hình MARINE giúp thiết lập mô hình đơn giản hơn, giảm bớt việc chia nhỏ lưu vực. Do đó sử dụng mô hình đơn giản hơn, giúp nâng cao hiệu quả ứng dụng.

Quá trình tích hợp trên đã chỉnh sửa mã nguồn mô hình MARINE nhưng không làm mất gốc và vẫn giữ nguyên bản mô phỏng dòng chảy sườn dốc. Tích hợp chỉ là bổ sung, hoàn thiện phần còn thiếu của mô hình.

Trước đây đã có nghiên cứu kết nối mô hình MARINE và sóng động lực (IMECH1D), về lý thuyết tốt hơn mô hình sóng động học. Tuy nhiên, sử dụng mô hình Sóng động lực cần phải đo mặt cắt ngang, trong khi đó việc đo mặt cắt ngang ở thượng nguồn các sông là rất khó khăn, thậm chí không thể đo. Do đó tích hợp mô hình MARINE và Sóng động học có tính khả thi, thực tế hơn.

## Tài liệu tham khảo

### Tài liệu tiếng Việt

1. Bùi Văn Chanh, Trần Ngọc Anh, Lương Tuấn Anh (2019), “Mô phỏng dòng chảy trong sông bằng sóng động học một chiều phi tuyến”, *Tạp chí Đại học Quốc gia Hà Nội, Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, Tập 32 (số 3S), tr.14-19.
2. Nguyễn Lan Châu (2006), *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo lũ lụt phục vụ điều tiết hồ Hòa Bình trong công tác phòng chống lũ lụt*, Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương chủ trì, Bộ Tài nguyên và Môi trường chủ quản.
3. Nguyễn Văn Điệp (2004), *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu cơ sở khoa học cho các giải pháp tổng thể dự báo phòng tránh lũ lụt ở đồng bằng sông Hồng*, Viện Cơ học chủ trì, Bộ Khoa học Công nghệ chủ quản.
4. Bùi Đình Lập (2016), *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo dòng chảy lũ đến các hồ chứa lớn trên hệ thống sông Hồng*, Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương chủ trì, Bộ Tài nguyên và Môi trường chủ quản.
5. Nguyễn Văn Lý (2010), *Báo cáo tổng kết dự án: Lập bản đồ ngập lụt lưu vực sông Dinh Ninh Hòa và sông Cái Nha Trang*, Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ chủ trì, Chi cục Thủy lợi Khánh Hòa chủ quản.

### Tài liệu tiếng Anh

6. Aminul Islam Md., Nuzhat Nueery Haque, Abdul Halim Dr. Md.(2013), *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 9, Issue 6 (Nov. - Dec. 2013), PP 55-60.
7. Denis Dartus & David Labat (2008), *Assimilation de données variationnelle pour la modélisation hydrologique distribuée des crues à cinétique rapide*, Doctorat de l'Université de Toulouse.
8. Estupina Borrell V., Dartus D. and Ababou R. (2006), “Flash flood modeling with the MARINE hydrological distributed model”, *Journal Hydrology and Earth System Sciences*, V3, p.3397–3438.
9. Garambois P. A., Roux H., Larnier K., Labat D., Dartus D. (2015), “Parameter regionalization for a process-oriented distributed model dedicated to flash floods”, *Journal of Hydrology*, Volume 525, June 2015, Pages 383-399.
10. Gokmen Tayfur and Vijay P. Singh, *Kinematic wave model of bed profiles in alluvial channels*, Water Resources Research, Vol. 42, 2006.19 9
11. Hélène Bessière & Hélène Roux, Denis Dartus (2008), “Estimation de paramètres et assimilation variationnelle de données pour un modèle hydrologique distribué dédié aux crues éclair”, *Les 7èmes journées scientifiques et techniques du CETMEF – Paris – 8, 9 et 10 décembre 2008*.
12. Hossain M. M. & Ferdous J. Ema (2013), “Solution of Kinematic Wave Equation Using Finite Difference Method and Finite Element Method”, *Global Journal of Science Frontier Research Mathematics and Decision Sciences*, Volume 13 Issue 6 Version 1.0 Year 2013.
13. Jaccvkis P. M., Tabak E. G.(1996), *A Kinematic Wave Model for Rivers with Flood Plains and Other Irregular Geometries*, Elsevier Science Ltd Printed in Great Britain, Modelling Vol. 24, No. 11, pp. 1-21.
14. Jacques Chorda & Denis Dartus (2005), *Prévision des crues éclair Flash-flood anticipation*, Comptes Rendus Geoscience, Volume 337, Issue 13, September–October 2005, Pages 1109-1119.
15. Jeffrey E. Miller (1984), *Basic Concepts of Kinematic-Wave Models*, U.S. Geological Survey Professional Paper 1302.
16. Mohammed Abdel Fattah, Sameh A. Kantoush, Mohamed Saber and Tetsuya Sumi (2018), “Rainfall runoff Modeling for extreme flash floods in Wadi Samail (Oman)”, *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 74, No. 5, I\_691-I\_696.

17. Nwaogazie L., *Kinematic-wave simulation program for natural rivers*, Advances in Engineering Software (1978), Volume 8, Issue 1, January 1986, Pages 32-45.
18. Simons D. B., Li R. M. and Stevens M. A. (1975), *Development of models for prediction water and sediment routing and yield from storms on small watershed*, Colo. State Univ. Rep. CER74-75DBS-RML-MAS24. Prepared for USDA For.Serv., Rocky Mt. For. and Range Exp. Stn., Flagstaff, Ariz.
19. Techow V., Maidment D. R., Mays L. W. (1988), *Applied Hydrology*, New York: McGraw-Hill, c1988.
20. Thanh Son Nguyen, Tuan Anh Luong, Huu Dung Luong, Hong Thai Tran (2016), *A finite element one-dimensional kinematic wave rainfall-runoff model*, Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering.
21. Tien Cuong Nguyen, Thu Phuong Trinh (2008), "Forecasting the discharge into Hoa Binh reservoir by applying the connecting model MARINE - IMECH1D", *Viet Nam Journal of Mechanics*, VAST, Vol. 30, No. 3 (2008), pp. 149 - 157.
22. Van Lai H., Van Diep N., Cuong N. T. & Phong N. H. (2009), *Coupling hydrological-hydraulic models for extreme flood simulating and forecasting on the North Central Coast of Vietnam*, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 124, WIT Press, ISSN 1743-3541.

## INTEGRATING EXPERIMENTING OF MARINE MODEL AND ONE DIMENSION KINEMATIC WAVE MODEL ON CAI NHA TRANG RIVER BASIN

**Bui Van Chanh<sup>(1)</sup>, Tran Ngoc Anh<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup>*Southern Central Region Hydro-Meteorology Center, VMHA*

<sup>(2)</sup>*VNU University of Science*

*Received: 22/4/2020; Accepted: 18/5/2020*

**Abstract:** *MARINE model is a hydrological parametric distribution model developed by Toulouse Institute of Fluid Mechanics (France) and used in many countries. The model has been applied in Viet Nam since 2001 as part of the FLOCODS project, used in projections in the Da river basin. MARINE model is a physical distribution model of rainfall-runoff model, simulating flood flow on steep slopes but the flow calculation in the river is not complete, other models need to be used to simulate. There have been a number of studies using the Muskingum, Muskingum Cunge and IMECH1D one dimension hydraulic model to connect the flow simulation in the river, but some issues need to be further improved. In this research, we present some solutions to integrate MARINE model and one-dimension Kinematic model to improve the quality of MARINE simulation model and supplement the flow calculation in the river. In particular, the linear one-dimensional Kinematic wave model has been developed to calculate the flow for the river sections in the MARINE model and to be the initial condition for the non-linear Kinematic wave model, improving MARINE to calculate flow of many tributaries as the basis for integration with the non-linear Kinematic wave model for the river network. The integrated model set tested on the Cai Nha Trang river basin shows that it is easy to operate and gives better simulation results.*

**Keywords:** *MARINE model, Kinematic wave, Cai Nha Trang river basin.*