

# NGHIÊN CỨU KHÔI PHỤC SỐ LIỆU DÒNG CHẢY LƯU VỰC SÔNG CÁI PHAN RANG

Bùi Văn Chanh<sup>1</sup>, Từ Thị Năm<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Phương Chi<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Ninh Thuận là tỉnh hạn hán nhất cả nước, nguồn nước sử dụng của tỉnh hoàn toàn dựa vào dòng chảy trên sông Cái Phan Rang. Đây là lưu vực sông lớn nhất tỉnh Ninh Thuận, tuy nhiên trên lưu vực sông này không có trạm đo lưu lượng liên tục trong nhiều năm, do đó nghiên cứu ứng dụng mô hình toán để khôi phục số liệu dòng chảy là rất cần thiết. Nghiên cứu này kết hợp sử dụng mô hình mưa dòng chảy thông số phân bố MARINE và mô hình sóng động học một chiều phi tuyến mô phỏng kết quả khôi phục số liệu dòng chảy lưu vực sông Cái Phan Rang. Kết quả nghiên cứu đã tìm được bộ thông số tối ưu và khôi phục dòng chảy ở 15 vị trí khác nhau trên lưu vực sông Cái Phan Rang từ năm 1978 đến 2015 phục vụ tính toán tài nguyên nước và phân vùng thủy văn.

**Từ khóa:** Mô hình MARINE, Mô hình Sóng động học, Sông Cái Phan Rang.

Ban Biên tập nhận bài: 8/04/2020 Ngày phản biện xong: 20/06/2020 Ngày đăng bài: 25/06/2020

## 1. Đặt vấn đề

Dòng chảy giữa năm này và năm khác không lặp lại giá trị, chuỗi số liệu dòng chảy giữa các năm là khác nhau. Mặc dù dòng chảy không lặp lại giá trị giữa năm này và năm khác nhưng chúng đều có chu kỳ và phân thành các mùa trong năm. Trong mỗi năm đều có mùa lũ và mùa kiệt, một số năm còn có mùa chuyển tiếp. Để tìm ra quy luật dòng chảy chung nhất trong các năm người ta tiến hành phân phối dòng chảy năm. Kết quả phân phối dòng chảy cho biết tỷ số phân phối dòng chảy các tháng trong năm, tức là tỷ lệ phần trăm dòng chảy các tháng so với cả năm, từ đó biết được trong năm dòng chảy tháng nhiều, tháng ít. Cơ sở dữ liệu để phân phối dòng chảy là lưu lượng trung bình tháng tại các trạm, đặc trưng này được tính toán từ lưu lượng giờ từ dữ liệu lưu lượng khôi phục từ mô hình MARINE và sóng động học một chiều phi tuyến. Nghiên cứu đã khôi phục được chuỗi số liệu với độ dài 38 năm (1978 - 2015) tại 15 vị trí trên lưu vực sông Cái Phan Rang, đây là con sông chiếm gần như toàn bộ diện tích tỉnh Ninh Thuận và

huyện Khánh Sơn tỉnh Khánh Hòa. Các trạm được phân bố tương đối đều trên lưu vực sông Cái, phản ánh được đặc trưng dòng chảy ở các vùng khác nhau.

## 2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

### 2.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

Sông Cái Phan Rang bắt nguồn từ đỉnh núi vùng núi cao thuộc tỉnh Khánh Hòa. Khởi đầu, sông chảy theo hướng bắc nam, khi cách cửa biển 35 km, sông đổi sang hướng tây bắc - đông nam và cuối cùng đổ ra Biển Đông. Sông Cái có 13 phụ lưu bên hữu ngạn và 4 phụ lưu bên tả ngạn, có tổng diện tích lưu vực 3.000 km<sup>2</sup>, trong đó 2.550 km<sup>2</sup> thuộc địa giới tỉnh Ninh Thuận, chiếm 85% diện tích lưu vực sông. Chiều dài sông 119 km, chiều dài lưu vực 95 km, độ rộng bình quân lưu vực 31,6 km, độ dốc bình quân lưu vực 17,70/00. Đáng chú ý là sông Cái có một hệ thống sông nhánh phân bố theo dạng chùm rẽ cây, đây là một trong những nguyên nhân làm cho lũ tập trung nhanh, cường suất lũ lớn.

Sông Cái Phan Rang đóng vai trò là con sông

<sup>1</sup>Đài Khí tượng Thủy văn Khu vực Nam Trung Bộ, 22 Pasteur, TP Nha Trang, Khánh Hòa

<sup>2</sup>Khoa Khí tượng, Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Trường ĐH Tài Nguyên và Môi Trường TP HCM, 236B Lê Văn Sĩ, phường 1, Tân Bình, TPHCM

Email: ttnam@hcmunre.edu.vn

huyết mạch của toàn tỉnh, cung cấp nước tưới cho sản xuất nông nghiệp, phục vụ các hoạt động dân sinh kinh tế, du lịch, điều tiết dòng chảy, tiêu thoát lũ. Phần diện tích lưu vực thuộc tỉnh Khánh Hòa khoảng 273 km<sup>2</sup>, thuộc tỉnh Lâm Đồng khoảng 139 km<sup>2</sup> và thuộc tỉnh Bình Thuận khoảng 38 km<sup>2</sup>. Các phụ lưu hữu ngạn là Ty Cây, Ta Gu, CoRot, Hàm Leo, Đa May, Gia Nhong, Đa Cát Rum, Địa Gốc, sông Ông, sông Cha, sông Dâu, sông Lanh Ra và sông Lu. Các phụ lưu bên tả ngạn gồm: sông Địa Gan, sông Sắt, Cho Mo, suối Sa Ra.



Hình 1. Bản đồ vị trí các trạm khôi phục dòng chảy

## 2.2. Giới thiệu tổng quan về mô hình Marine và mô hình sóng động học một chiều phi tuyến

### 2.2.1 Giới thiệu mô hình MARINE

Mô hình MARINE cho phép phản ứng nhạy với hiện tượng mưa sinh lũ để tổng hợp dòng chảy từ mưa trên các lưu vực bộ phận và phù hợp với đặc tính lưu vực các sông vùng núi là lũ lên nhanh với cường suất lớn, hệ số dòng chảy gia nhập khu giữa biến đổi rất phức tạp và thay đổi trong phạm vi rộng; Các tâm mưa biến đổi trong

không gian và theo độ cao địa hình.

Mô hình MARINE (*Modelisation de l'Anticipation du Ruissellement at des INondations pour des événements Extremes*) hay (*Model of Anticipation Runoff and INundations for Extreme events*) là mô hình thủy văn thông số phân bố do Viện Cơ học chất lỏng Toulouse (Pháp) phát triển (*Institute de Mecanique de Fluides de Toulouse -IMFT*). Mô hình MARINE được ứng dụng tính toán lũ quét 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. Trên thế giới, MARINE được đánh giá cao và được khai thác sử dụng tính toán lũ quét ở nhiều nước như Pháp [1,2], Ô Man [3], Tây Ban Nha [4], khu vực Địa Trung Hải [4].

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 [5]:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \text{grad}(\mathbf{V}) = P_0 \quad (1)$$

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.

$$\mathbf{u} \cdot \text{grad}(V) = \bar{\nabla}(\mathbf{u}V) - V \text{div}(\mathbf{u}) \quad (2)$$

Với chất lỏng không nén được ta có , sử dụng công thức Green-Ostrogradski

$$\iint_S \text{div}(m\mathbf{u})dS = \oint_{\Gamma} m\mathbf{u}n d\Gamma \quad (3)$$

Thu được:

$$\iint_S \frac{\partial V}{\partial t} dS + \oint_{\Gamma} V\mathbf{u}n d\Gamma = \iint_S P_0 \quad (4)$$

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

$$\|\mathbf{u}\| = \sqrt{\text{pente} \cdot \frac{H^{2/3}}{K_m}} \quad (5)$$

Vi lưới sử dụng để tính toán là lưới vuông (DEM) nên thay biểu thức vận tốc vào phương

trình tích phân ta thu được:

$$\Delta H + \sum_{j=1}^4 \frac{H_j^{5/3}}{K_m} \cdot \sqrt{\text{Pente}} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} = P_0 \cdot \Delta t \quad (6)$$

Trong đó Pente là độ dốc;  $K_m$  là hệ số nhám Manning;  $H$  là độ sâu mực nước của ô lưới tính;  $\Delta H$  là sự thay đổi mực nước của ô lưới tính từ thời điểm  $t_1$  đến  $t_2$ ;  $j$  là hướng chảy của ô lưới ( $j=1-4$ );  $\Delta x$  là chiều rộng ô lưới;  $\Delta t$  là 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. Quá trình diễn toán cuối cùng cho ta lưu lượng ra tại một điểm gọi là điểm thoát nước của lưu vực (*output*).

Mô hình MARINE tính toán thấm dựa trên lý thuyết thấm Green Ampt từ phương trình liên tục và định luật Darcy.

a. Phương trình liên tục:

$$F(t) = L(\eta - \theta_i) = L\Delta\theta \quad (7)$$

Trong đó:  $F(t)$  là độ sâu lũy tích của nước thấm vào trong đất

Với  $\Delta\theta = \eta - \theta_i$

b. Định luật Darcy:

$$q = -K \frac{\partial h}{\partial z} = -f \quad (8)$$

Trong đó  $f$  là tốc độ thấm;  $K$  là độ dẫn thủy lực;  $Q$  là thông lượng Darcy.

2.2.2 Giới thiệu về mô hình sóng động học một chiều phi tuyến

Mô hình sóng động học do Lighthill và Whitham (1955) [6] đề xuất 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) [6]. Mô hình đã được xây dựng và ứng dụng ở nhiều nơi trên thế giới. Trong nghiên cứu này sử dụng mô hình Sóng động học một chiều Phi tuyến do Bùi Văn

Chanh xây dựng năm 2016 cho mạng lưới sông và đã ứng dụng thử nghiệm trên lưu vực sông Dinh Ninh Hòa [7], sông Cái Nha Trang, sông La Ngà [8]. Mô hình sử dụng hệ phương trình Saint Venant như sau:

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (9)$$

- Phương trình động lượng:

$$S_o = S_f \quad (10)$$

$$A = \alpha Q^\beta \quad (11)$$

Trong đó  $Q$  là lưu lượng;  $A$  là diện tích mặt cắt ngang;  $x$  là chiều dài đoạn sông;  $t$  là thời gian;  $q$  là lưu lượng gia nhập;  $S_o$  là độ dốc sông;  $S_f$  là độ dốc ma sát;  $\alpha$  và  $\beta$  là các thống số thực nghiệm.

Trong phương trình Manning với  $S_o = S_f$  và  $R=A/P$  ta có [9]:

$$Q = \frac{1.49 S_o^{1/2}}{n P^{2/3}} A^{5/3} \quad (12)$$

Viết lại phương trình (4) cho  $A$  từ đó tìm được  $\alpha$  và  $\beta = 0.6$  như sau:

$$A = \left( \frac{n P^{2/3}}{1.49 \sqrt{S_o}} \right)^{3/5} Q^{3/5} \quad (13)$$

$$A = \left( \frac{n P^{2/3}}{1.49 \sqrt{S_o}} \right)^{0.6} Q^{0.6} \quad (14)$$

Thế phương trình (11) vào (9) và đạo hàm riêng phương trình (9) của biến  $A$  và  $Q$  theo  $t$  được phương trình (16). Phương trình (16) được sai phân theo theo phương trình sai phân (17) và (18) được phương trình (21).

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \alpha \beta Q^{\beta-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) \quad (15)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right) = q \quad (16)$$

$$\frac{\partial Q_{i+1}^{j+1}}{\partial x} \approx \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x} \quad (17)$$

$$\frac{\partial Q_{i+1}^{j+1}}{\partial t} \approx \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i+1}^j}{\Delta t} \quad (18)$$

$$Q \approx \frac{Q_i^{j+1} + Q_{i+1}^j}{2} \quad (19)$$

$$q \approx \frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \quad (20) \quad A_{i+1}^{j+1} = \alpha(Q_{i+1}^{j+1})^\beta \quad (22)$$

$$\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x} + \frac{A_{i+1}^{j+1} - A_{i+1}^j}{\Delta t} = \frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \quad (21) \quad A_{i+1}^j = \alpha(Q_{i+1}^j)^\beta \quad (23)$$

Thế phương trình (23) và (22) vào (21) ta được:

$$\frac{\Delta t}{\Delta x} Q_{i+1}^{j+1} + \alpha(Q_{i+1}^{j+1})^\beta = \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{j+1} + \alpha(Q_{i+1}^j)^\beta + \Delta t \left( \frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \right) \quad (24)$$

Phương trình này đã được sắp xếp cho lưu lượng chưa biết  $Q_{i+1}^{j+1}$  nằm ở vế trái và các đại lượng đã biết nằm ở vế phải. 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 và sơ đồ khối áp dụng phương pháp lặp Newton.

$$C = \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{j+1} + \alpha(Q_{i+1}^j)^\beta + \Delta t \left( \frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \right) \quad (25)$$

Từ đó một sai số dư  $f(Q_{i+1}^{j+1})$  được xác định bằng phương trình (2.16).

$$f(Q_{i+1}^{j+1}) = \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_{i+1}^{j+1} + \alpha(Q_{i+1}^{j+1})^\beta - C \quad (26)$$

Đạo hàm bậc nhất của  $f(Q_{i+1}^{j+1})$  như sau:

$$f'(Q_{i+1}^{j+1}) = \frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha\beta(Q_{i+1}^{j+1})^{\beta-1} \quad (27)$$

Mục tiêu là tìm  $Q_{i+1}^{j+1}$  để  $f(Q_{i+1}^{j+1})$  bằng không. Sử dụng phương pháp lặp Newton và các bước lặp  $k = 1, 2, 3, \dots$  [9]

$$(Q_{i+1}^{j+1})_{k+1} = (Q_{i+1}^{j+1})_k - \frac{f(Q_{i+1}^{j+1})_k}{f'(Q_{i+1}^{j+1})_k} \quad (28)$$

Tiêu chuẩn hội tụ cho quá trình lặp là:

$$\left| f(Q_{i+1}^{j+1})_{k+1} \right| \leq \varepsilon \quad (29)$$

### 2.2.3 Thu thập số liệu nghiên cứu

Từ số liệu dòng chảy thực đo tại các trạm quan trắc bổ sung là Tân Mỹ và Phước Hòa, kết hợp với số liệu đo đạc tại trạm Phước Hòa, đề tài tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định để tìm bộ thông số tối ưu cho mô hình MARINE. Sau đó, sử dụng số liệu mưa, bốc hơi của các trạm Khí tượng Thủy văn, điểm đo mưa trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận và các vùng lân cận từ khi thành lập đến năm 2015 và bộ thông số đã tối ưu để khôi phục, kéo dài số liệu dòng chảy của các khu vực không có số liệu dòng chảy bằng mô hình MARINE. Đề tài đã thu thập số liệu mưa của 17 trạm đo mưa trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận và 01 trạm đo mưa thuộc huyện Khánh Sơn tỉnh Khánh Hòa. Sử dụng số liệu bốc hơi, độ ẩm đất của trạm khí

tượng Phan Rang là trạm cấp I trong hệ thống mạng lưới trạm điều tra cơ bản Quốc gia do Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ quản lý. Bộ thông số mô hình MARINE sau khi tối ưu đủ tin cậy để khôi phục dữ liệu dòng chảy cho các khu vực không có dữ liệu dòng chảy từ số liệu mưa và bốc hơi đã thu thập được. Đề tài đã khôi phục và kéo dài dữ liệu dòng chảy cho 15 trạm thủy văn giá định trong đó có 14 trạm thuộc địa bàn tỉnh Ninh Thuận và 01 trạm thuộc huyện Khánh Sơn tỉnh Khánh Hòa. Số liệu dòng chảy sau khi khôi phục được tại 15 trạm thủy văn được hệ thống mạng lưới trạm có số liệu dòng chảy tương đối dày và phân bố đều trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận giúp việc đánh giá phân bố dòng chảy và tài nguyên nước được chính xác hơn.

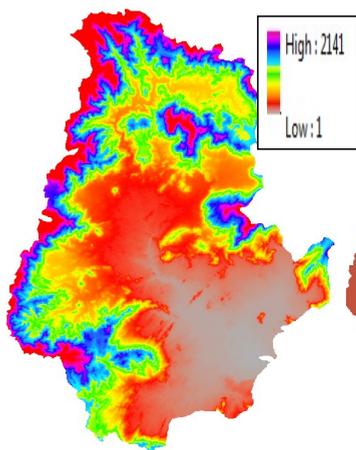
Bảng 1. Danh sách các trạm khôi phục dòng chảy và đo mưa

STT	Trạm lưu lượng	Yếu tố	Thời gian	Trạm đo mưa	Yếu tố	Thời gian
1	Sơn Trung	Lưu lượng	1978-2015	Phước Bình	Lượng mưa	1978-2015
2	Thành Sơn	Lưu lượng	1978-2015	Khánh Sơn	Lượng mưa	1978-2015
3	Phước Bình	Lưu lượng	1978-2015	Phước Đài	Lượng mưa	1978-2015
4	Phước Hòa 1	Lưu lượng	1978-2015	Sông Pha	Lượng mưa	1978-2015
5	Phước Hòa 2	Lưu lượng	1978-2015	Quảng Ninh	Lượng mưa	1978-2015
6	Tân Sơn	Lưu lượng	1978-2015	Nha Hồ	Lượng mưa	1978-2015
7	Tân Mỹ	Lưu lượng	1978-2015	Phước Chiến	Lượng mưa	1978-2015
8	Nha Trinh	Lưu lượng	1978-2015	Tân Mỹ	Lượng mưa	1978-2015
9	Đông Hải	Lưu lượng	1978-2015	Phước Hà	Lượng mưa	1978-2015
10	Trà Co	Lưu lượng	1978-2015	Nhị Hà	Lượng mưa	1978-2015
11	Sông Ông	Lưu lượng	1978-2015	Quán Thê	Lượng mưa	1978-2015
12	Sông Sung	Lưu lượng	1978-2015	Phước Hữu	Lượng mưa	1978-2015
13	Ma Nối	Lưu lượng	1978-2015	Phan Rang	Lượng mưa	1978-2015
14	Sông Lu	Lưu lượng	1978-2015	Phương Cựu	Lượng mưa	1978-2015
15	Bà Râu	Lưu lượng	1978-2015	Ba Tháp	Lượng mưa	1978-2015
16				Bà Râu	Lượng mưa	1978-2012
17				Đá Hang	Lượng mưa	1978-2010

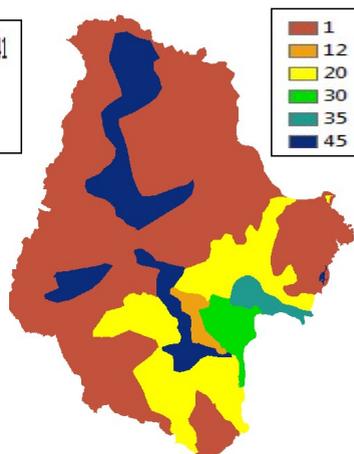
2.2.4 Thiết lập mô hình MARINE và mô hình sóng động học một chiều phi tuyến

Dữ liệu đầu vào cho mô hình MARINE gồm bản đồ mô hình số độ cao (DEM), bản đồ đất, bản đồ lớp phủ thực vật, mạng lưới sông suối, lượng mưa giờ phân bố theo không gian. Bản đồ DEM độ phân giải 90x90 m lưu vực sông Cái Phan Rang được sử dụng để dẫn suất tạo 6 bản đồ làm đầu vào cho mô hình Marine gồm: (1) bản đồ độ dốc, (2) hướng chảy, (3) hội tụ nước, (4) mạng lưới sông, (5) đường phân nước, và (6) độ dài dòng chảy. Để thuận tiện cho việc xác định hệ số cản dòng chảy (hệ số nhám), toàn bộ

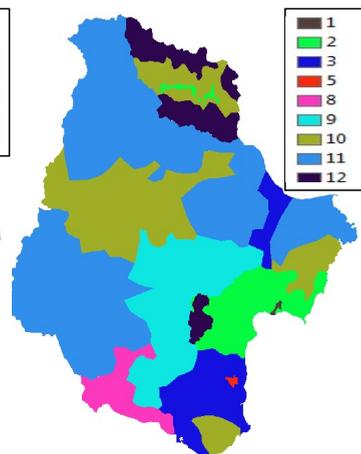
bản đồ thảm phủ các tỉnh được phân thành 13 nhóm thảm phủ chính theo cách phân loại của tổ chức khoa học Mỹ (U.S. Geological Survey). Bản đồ thảm phủ có tỷ lệ 1:50.000. Ban đầu bản đồ ở dạng Vector cấu tạo bởi các vùng khép kín - polygon, sau đó được đưa về dạng Raster. Để thuận tiện trong sử dụng, tên đất được phân loại theo FAO-UNESCO và được sử dụng để tính toán tổn thất do thấm theo phương pháp Green & Ampt. Dữ liệu mưa thời đoạn 1 ngày tại các trạm trên lưu vực sông Cái Phan Rang được xử lý phân bố theo không gian theo phương pháp đa giác Thái Sơn.



Hình 2. Bản đồ DEM lưu vực sông Cái Phan Rang



Hình 3. Bản đồ đất lưu vực sông Cái Phan Rang



Hình 4. Bản đồ lớp phủ lưu vực sông Cái Phan Rang

Bảng 2. Phân loại thảm phủ thực vật và phân loại đất

Phân loại thảm phủ		Phân loại đất	
Tên loại thảm phủ	ID	Tên loại đất	ID
Rừng ổn định	1	Cát	20
Rừng non	2	Mùn cát	25
Rừng cây bụi	3	Cát mùn	3
Rừng thưa	4	Mùn	4
Cây bụi trồng thành rừng	5	Phù sa mùn	5
Cây thân gỗ trồng không thành rừng	6	Sét pha cát mùn	30
Cây bụi trồng không thành rừng	7	Sét mùn	35
Cỏ	8	Sét phù sa mùn	40
Lúa	9	Sét pha cát	45
Màu	10	Sét phù sa	50
Cây bụi rải rác	11	Sét	12
Rừng thưa xen lẫn rừng cây bụi, cỏ	12	Núi đá	13
Rừng cây bụi xen lẫn cỏ	13	Đất tro sỏi đá	1

*****			Basin1TSTPhu - Note
Do rong	10*Cot nước mao dẫn-cm	10*Do dẫn thủy lực-cm/h	File Edit Format Vie
1 Sand- Cat	0.437 (0.374-0.500)	49.5 (9.7-253.6)	13
2 Loamy Sand-Mun Cat	0.437 (0.363-0.506)	61.3 (13.5-279.4)	TT Nham
3 Sandy Loam- Cat Mun	0.453 (0.351-0.555)	110.1 (26.7-454.7)	01 0.010
4 Loam- Mun	0.463 (0.375-0.551)	88.9 (13.3-593.8)	02 0.010
5 Silt Loam- Phu xa mun	0.501 (0.420-0.582)	166.8 (29.2-953.9)	03 0.040
6 Sandy Clay Loam- Set pha cat mun	0.398 (0.332-0.464)	218.5 (44.2-1080.0)	04 0.045
7 Clay Loam- Set Mun	0.464 (0.409-0.519)	208.8 (47.9-910.0)	05 0.045
8 Silty Clay Loam-Set phu xa mun	0.471 (0.418-0.524)	273.0 (56.7-1315.0)	06 0.050
9 Sandy Clay-Set pha cat	0.43 (0.370-0.490)	239.0 (40.8-1402.0)	07 0.010
10 Silty Clay- Set phu xa	0.479 (0.425-0.533)	292.2 (61.3-1394.0)	08 0.055
11 Clay-Set	0.475 (0.427-0.523)	316.3 (63.9-1565.0)	09 0.060
12 Rock Moutain-Nui Da	1.0	200.0	10 0.070
13 No data	9	999	11 0.080
			12 0.090
			13 0.050
			CoeffP
			1
(a)			(b)

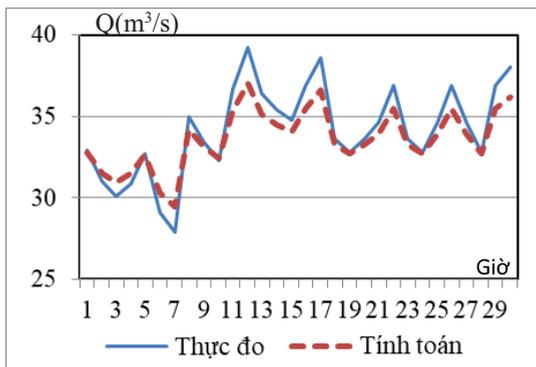
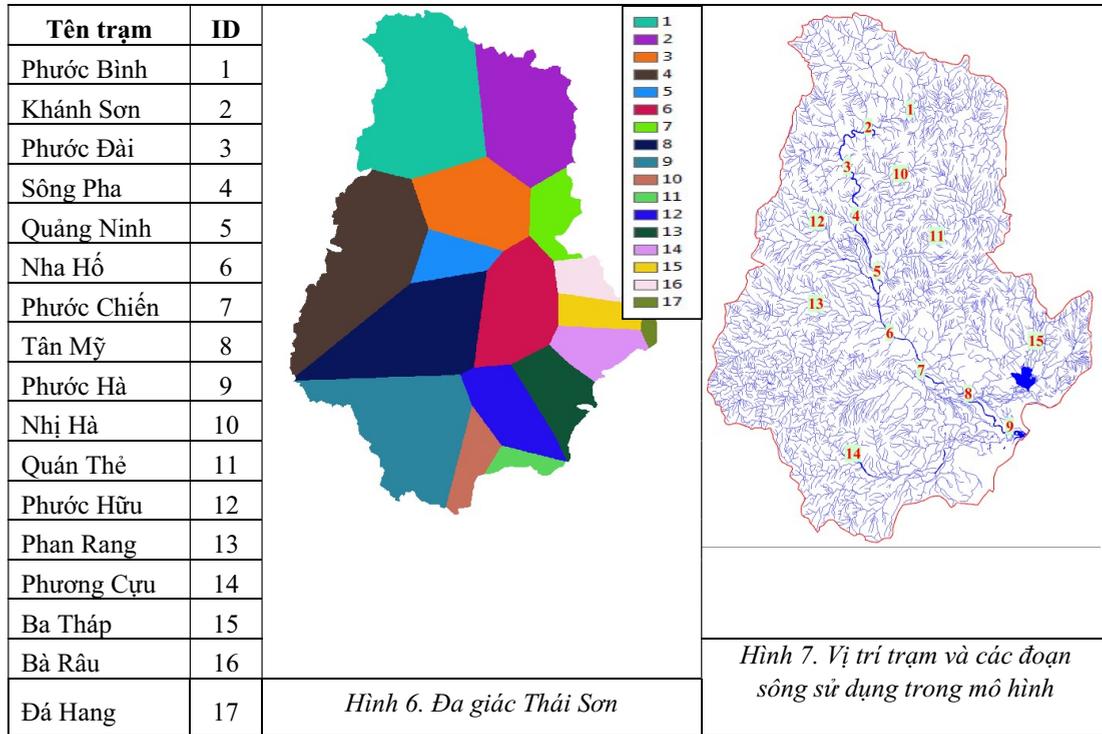
Hình 5. Bộ thông số mô hình MARINE: (a) Dẫn suất thủy lực và mao dẫn, (b) Hệ số nhám

### 3. Kết quả và thảo luận

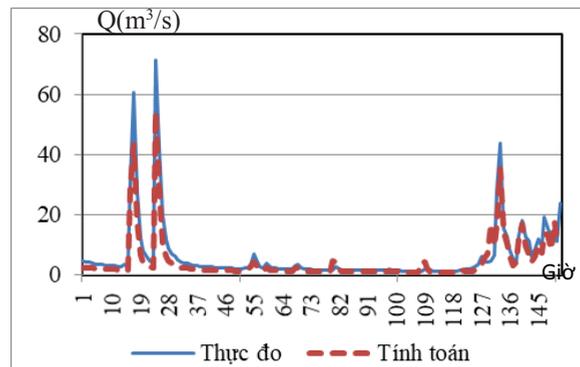
#### 3.1 Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MARINE

Bộ thông số mô hình được hiệu chỉnh bằng chuỗi số liệu thực đo và tính toán tại trạm thủy văn Tân Mỹ và Phước Hà. Đánh giá kết quả hiệu chỉnh từ 1h ngày 18 đến 19 ngày 24 tháng 01 năm 2016 bằng chỉ tiêu Nash tại trạm Tân Mỹ

đạt 85,3%, trạm Phước Hà đạt 90,3%; đạt loại tốt theo tiêu chuẩn của Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO). Đánh giá kết quả kiểm định tại trạm Phước Hà ngày 01/01 đến 31/5 năm 2008 bằng chỉ tiêu Nash đạt 87,3%; đạt loại tốt theo tiêu chuẩn của WMO. Bộ thông số của bộ mô hình tích hợp đủ độ tin cậy để khôi phục dữ liệu dòng chảy trên lưu vực sông Cái Phan Rang.



Hình 8. Đường tính toán và thực đo trạm Tân Mỹ



Hình 9. Đường tính toán và thực đo trạm Phước Hòa

### 3.2 Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình sóng động học một chiều phi tuyến

Mô hình Marine tính toán dòng chảy sừn đốc, kết quả đầu ra của mô hình được kết nối với mô hình sóng động học một chiều phi tuyến để tiếp tục diễn toán dòng chảy trong sông. Hệ số nhám lòng sông tự nhiên ban đầu được xác định từ bảng tra thủy lực của M.F. Xripnut. Sau khi hiệu chỉnh và kiểm định bằng phương pháp thử sai, hệ số nhám trong sông tự nhiên của các đoạn sông được xác định từ 0.0035 đến 0.0039. Chiều rộng sông được đo trực tiếp từ bản đồ 1/10.000 cho các đoạn sông. Bộ mô hình tích hợp Marine và sóng động học một chiều phi tuyến được sử

dụng tính toán dòng chảy tại 15 vị trí trên lưu vực sông Cái Phan Rang.

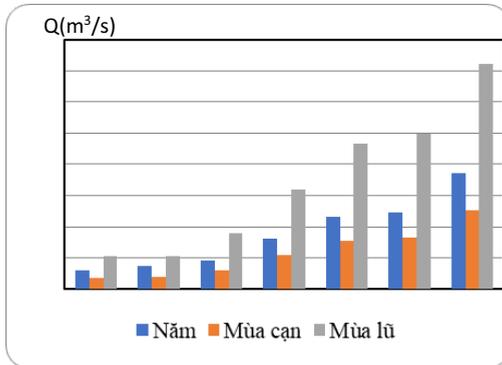
### 3.3 Kết quả tính toán khôi phục dòng chảy

Lưu lượng trung bình nhiều năm tại trạm thủy văn Tân Mỹ là 46,6 m<sup>3</sup>/s, đến cửa ra lưu vực là 74,1 m<sup>3</sup>/s. Mô đùn và lớp dòng chảy lớn nhất ở khu vực trung lưu, với giá trị mô đùn trung bình nhiều năm đạt 28,5 l/s.km<sup>2</sup> và lớp dòng chảy trung bình nhiều năm đạt 900 mm, trung bình của cả lưu vực là 22,4 l/s.km<sup>2</sup> và 706 mm.

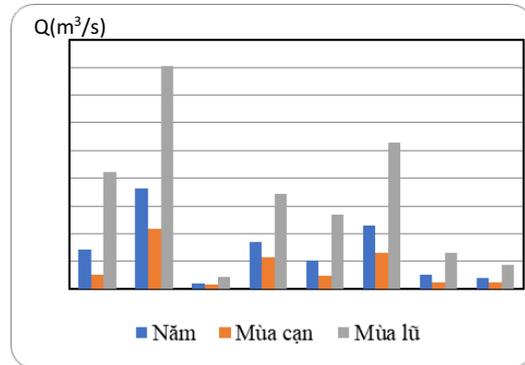
Dòng chảy lưu vực sông Cái Phan Rang phân bố không đồng đều theo không gian, khu vực sinh dòng chảy nhiều nhất là phía tây bắc và giảm dần xuống phía đông nam. Vùng có dòng chảy thấp

nhất là khu vực đông bắc và tây nam. Chuẩn mô đun dòng chảy năm khu vực tây bắc từ 20 - 25 l/s.km<sup>2</sup>, khu vực đông bắc và tây nam từ 7 - 15 l/s.km<sup>2</sup>. Chuẩn mô đun dòng chảy mùa lũ khu vực tây bắc từ 55 - 75 l/s.km<sup>2</sup>, khu vực đông bắc

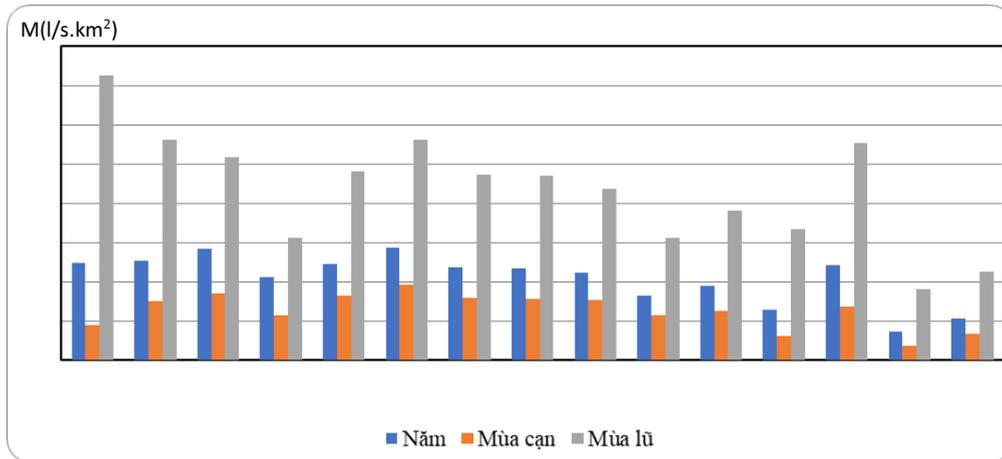
và tây nam từ 18 - 25 l/s.km<sup>2</sup>. Chuẩn mô đun dòng chảy mùa cạn khu vực tây bắc 8 - 17 l/s.km<sup>2</sup>, khu vực đông bắc và tây nam từ 3 - 7 l/s.km<sup>2</sup>.



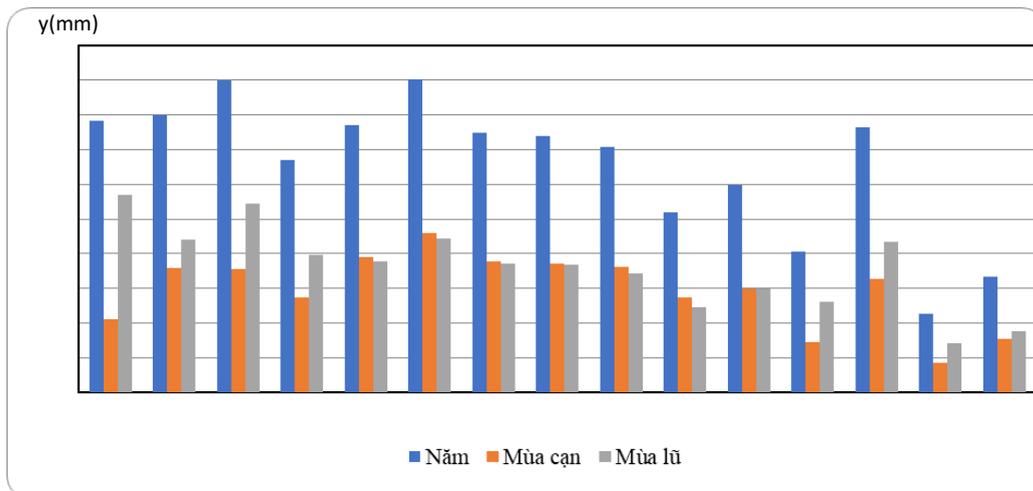
Hình 10. Biểu đồ lưu lượng các trạm



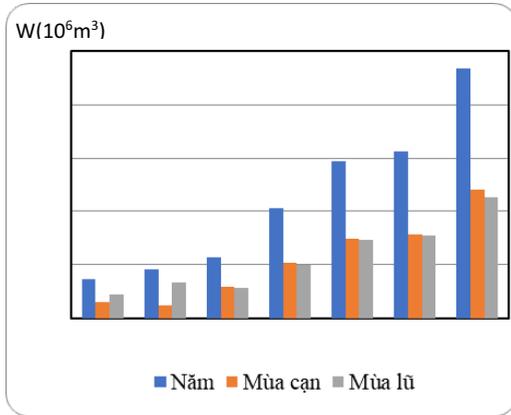
Hình 11. Biểu đồ lưu lượng các trạm



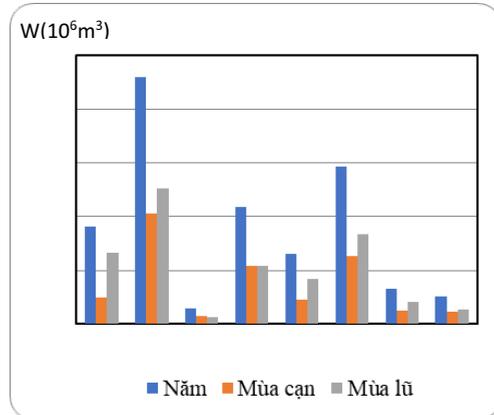
Hình 12. Biểu đồ mô đun các trạm



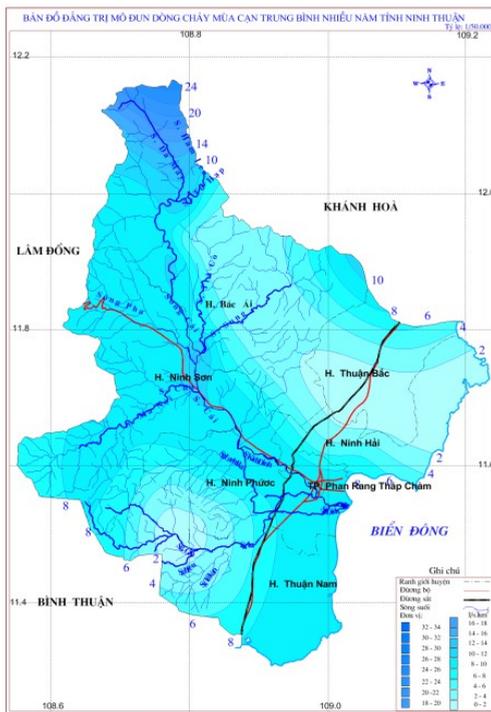
Hình 13. Biểu đồ lớp dòng chảy các trạm



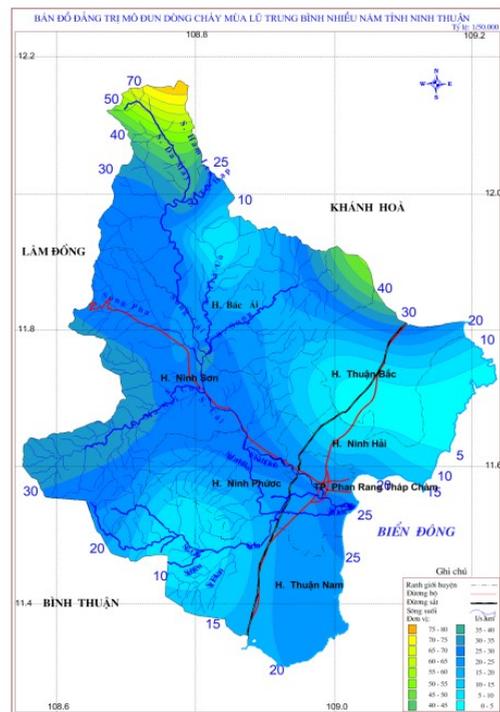
Hình 14. Biểu đồ tổng lượng các trạm



Hình 15. Biểu đồ tổng lượng các trạm



Hình 16. Bản đồ mô đun dòng chảy mùa cạn và mùa lũ trung bình nhiều năm



**4. Kết luận**

Từ bộ mô hình tích hợp Marine và sóng động học một chiều phi tuyến đã khôi phục số liệu dòng chảy lưu vực sông Cái Phan Rang từ số liệu mưa của 15 trạm đo. Chuỗi số liệu dòng chảy được khôi phục từ năm 1978 đến 2015 là cơ sở để tính toán tài nguyên nước lưu vực sông Cái Phan Rang, đây là cơ sở dữ liệu rất quan trọng phục vụ phát triển kinh tế xã hội của tỉnh Ninh Thuận vì cả tỉnh không có trạm đo dòng

chảy. Lưu lượng trung bình nhiều năm tại trạm thủy văn Tân Mỹ là 26,3 m<sup>3</sup>/s của cả lưu vực là 49,4m<sup>3</sup>/s. Mô đun và lớp dòng chảy lớn nhất ở khu vực trung lưu, với giá trị mô đun trung bình nhiều năm đạt 19,0 l/skm<sup>2</sup> và lớp dòng chảy trung bình nhiều năm đạt 50,1 mm, trung bình của cả lưu vực là 14,9 l/skm<sup>2</sup> và 39,2 mm. Tổng lượng dòng chảy trung bình nhiều năm của cả lưu vực khoảng 1,6 tỷ m<sup>3</sup>.

### Tài liệu tham khảo

1. Dartus, D., Labat, D. (2008), *Assimilation de données variationnelle pour la modélisation hydrologique distribuée des crues à cinétique rapide*. Doctorat de l'Université de Toulouse.
2. Chorda, J., Dartus, D. (2005), *Prévision des crues éclair Flash-flood anticipation*. Comptes Rendus Geoscience, 337 (13), 1109-1119.
3. Fattah, M.A., Kantoush, S.A., Saber, M., Sumi, T. (2018), *Rainfall runoff Modeling for extreme flash floods in Wadi Samail (Oman)*. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), 74 (5), I\_691-I\_696. DOI: 10.2208/jscejhe.74.5\_I\_691.
4. Garambois, P.A., Roux, H., Larnier, K., Labat, D., Dartusbc, D. (2015), *Parameter regionalization for a process-oriented distributed model dedicated to flash floods*. Journal of Hydrology, 525, 383-399.
5. 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.
6. Miller, J.E. (1984), *Basic Concepts of Kinematic-Wave Models*. U.S. Geological Survey Professional, pp. 1302.
7. Bùi Văn Chanh, Trần Ngọc Anh, Lương Tuấn Anh (2017). *Phát triển mô hình sóng động học một chiều phi tuyến cho mạng lưới sông và ứng dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Dinh Ninh Hòa*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 684, 41-45.
8. Bùi Văn Chanh, Trần Ngọc Anh, Lương Tuấn Anh (2016), *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, 32 (3S), 14-19.
9. Techow, V., Maidment, D.R., Mays, L.W. (1988), *Applied Hydrology*, New York: McGraw-Hill.

## STUDY TO RESTORE DATA ON THE FLOW OF CAI PHAN RANG RIVER BASIN

Bui Van Chanh<sup>1</sup>, Tu Thi Nam<sup>2</sup>, Nguyen Thi Phuong Chi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>South of the Middle Regional Hydro - meteorological Center, 22 Pasteur street, Nha Trang city, Khanh Hoa province

<sup>2</sup>Department of Meteorology, Hydrology and Climate change, Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment, 236B Le Van Si street, Ward 1, Tan Binh District, Ho Chi Minh City

**Abstract:** *Ninh Thuan is the most drought - prone province in the country. Its water source is entirely based on the flow on Cai Phan Rang River. This is the largest river basin in Ninh Thuan province, however, this river basin has no continuous flow measurement station for many years, so it is necessary to study and apply the mathematical model to restore the flow data. This study combines the using the MARINE distributed parameter rainfall-runoff model and the nonlinear one-dimensional kinematic wave model to simulate the results of restoring the flow data of the Cai Phan Rang river basin. The research results have found optimal parameters and flow restoration in 15 different locations in the Cai Phan Rang river basin from 1978 to 2015 for calculating water resources and hydrological zoning.*

**Keywords:** *MARINE model, Kinematic wave model, Cai Phan Rang River.*