

# MÔ PHÒNG DỮ LIỆU DÒNG CHẢY BẰNG MÔ HÌNH CHI TIẾT HÓA ĐỘNG LỰC KẾT HỢP VỚI THUẬT TOÁN HỌC MÁY: ỨNG DỤNG CHO LƯU VỰC SÀI GÒN - ĐỒNG NAI

Trịnh Quang Toàn

Viện Sinh thái và Bảo vệ công trình

Nguyễn Thị Ngọc Nhân

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học sông biển

**Tóm tắt:** Trong nghiên cứu khí tượng thủy văn, độ tin cậy của dữ liệu là vấn đề cơ bản, có vai trò quyết định đến các phân tích đánh giá thực trạng. Nghiên cứu này giới thiệu phương pháp mô phỏng thủy văn bằng mô hình thủy văn WEHY kết hợp với kỹ thuật chi tiết hóa kết hợp giữa động lực và thống kê (HD) nhằm cung cấp dữ liệu dòng chảy đáng tin cậy cho lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai. Dữ liệu khí tượng toàn cầu bao gồm ERA-Interim, ERA-20C và CFSR được sử dụng cho các điều kiện ban đầu và biên câu mô hình chi tiết hóa động lực WRF. Số liệu chi tiết hóa động lực sẽ tiếp tục được chi tiết hóa bằng thuật toán học máy trong mô hình ANN nhằm nâng cao độ tin cậy của dữ liệu mô phỏng. Phương pháp kết hợp được kiểm định bằng việc so sánh giữa số liệu mô phỏng và số liệu thực đo thu thập từ các trạm trên lưu vực. Kết quả kiểm định cho thấy phương pháp đề xuất có độ tin cậy cao, và có thể tương tự áp dụng cho các lưu vực nghiên cứu khác nhau.

**Từ khóa:** Mô hình nghiên cứu và dự báo thời tiết (WRF), Mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), ERA-Interim, ERA20C, CFSR, mô hình thủy văn WEHY.

**Summary:** Spatial and temporal availability and reliability of hydrological data are substantial contribution to the accuracy of watershed modeling. In this study, hydrological conditions are simulated using the hydrologic model-WEHY, whose data input are obtained from a hybrid downscaling technique to provide reliable and high temporal and spatial resolution hydrological data. The hybrid downscaling technique is coupled a hydro-climate and a machine learning models; wherein the global atmospheric reanalysis data, including ERA-Interim, ERA-20C, and CFSR are used for initial and boundary conditions of dynamical downscaling utilizing the Weather Research and Forecasting model (WRF). The machine learning model (ANN) then follows to further downscale the WRF outputs to a finer resolution over the studied watershed. An application of the combination of mentioned techniques is applied to third largest river basin in Vietnam, the Sai Gon – Dong Nai Rivers Basin. After the estimation of geomorphology and land cover within the watershed, WEHY's calibration and validation are performed based on observation rainfall data. This result confirmed that the proposed method provide reliable data and it is possible to widely apply for other watersheds.

**Keywords:** Weather Research and Forecasting (WRF), artificial neural network (ANN), ERA-Interim, ERA20C, and CFSR, Watershed Environmental Hydrology (WEHY).

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nghiên cứu khí tượng thủy văn, độ tin cậy của dữ liệu là vấn đề cơ bản, có vai trò quyết định đến các bài toán dự báo cảnh báo và quy hoạch tổng hợp tài nguyên nước. Số liệu có độ tin cậy cao còn cần thiết trong nghiên cứu thiết kế các công trình thủy lợi, như đập, đê, và công trình chống lũ. Ngoài ra số liệu có độ tin cậy cao còn hỗ trợ ra quyết định cho các chiến lược

thủy lợi, quy hoạch phân bổ nước, cấp nước đô thị, giảm thiểu rủi ro về nước như hạn hán và lũ (Dudley, 1988, Zhang và cộng sự, 2019, Hirpa và cộng sự, 2018; Liu và cộng sự, 2019[4]; Bùi và cộng sự, 2019; Trinh và cộng sự, 2016). Theo Hirpa và cộng sự (2018), dữ liệu dòng chảy dự báo có độ chính xác cao được sử dụng để xác định các nguy cơ lũ lụt sắp tới trước khi chúng xảy ra. Bùi và cộng sự (2019) đã tận dụng dữ liệu thủy văn kết hợp với các yếu tố

Ngày nhận bài: 07/5/2021

Ngày thông qua phản biện: 02/6/2021

Ngày duyệt đăng: 13/6/2021

khác (thô nhưỡng, lớp phủ đất, địa hình...) để dự báo cảnh báo khu vực có khả năng xảy ra lũ quét. Trinh và cộng sự (2016) đã áp dụng phương pháp mô hình dựa trên vật lý để xác định được tần suất lũ đáng tin cậy ở cho lưu vực Cache Creek ở California trong thế kỷ 21. Kết quả của nghiên cứu này được sử dụng để lập kế hoạch và thiết kế các dự án tài nguyên nước và quản lý vùng ngập lũ ở hạ lưu lưu vực Cache Creek (Tu et al., 2020). Dữ liệu thủy văn có chất lượng cao thường được ước tính thông qua việc đo đạc, giám sát, và thậm chí là mô hình mô phỏng.

Các dữ liệu thủy văn có thể được tính toán từ các số liệu mưa, thông qua các mô hình toán mô phỏng (Hu et al., 2011; Malik et al., 2019[9]). Tuy nhiên, các dữ liệu mưa từ trạm thường không đầy đủ, không liên tục, hoặc phân bố không đều theo không gian. Gần đây, cách tiếp cận sử dụng kỹ thuật viễn thám vệ tinh (Bjerklie et al., 2018; Smith 1997) cũng khá phổ biến. Một nhược điểm của cách tiếp cận này là dữ liệu mưa đầu vào không cao, và thường có độ tinh cậy không đảm bảo. Một cách tiếp cận khác là sử dụng mô hình thủy văn ngẫu nhiên dựa trên các đặc tính thống kê hiện có từ dữ liệu lịch sử trong khu vực nghiên cứu. Phương pháp này vẫn chủ yếu dựa vào các quan trắc do đó thường chỉ áp dụng cho các khu vực có mạng dữ liệu quan trắc dày và liên tục.

Ngoài các cách tiếp cận truyền thống, trên thế giới hiện đang có xu hướng áp dụng mô hình kết hợp khí tượng thủy văn với đầu vào từ các dữ liệu khí tượng liệu tái phân tích lại. Kavvas et al. (2013) và Trinh et al. (2019) đã phát triển và áp dụng mô hình khí hậu thủy văn phân tán dựa trên tham số vật lý để tái tạo và dự báo dữ liệu dòng chảy, bằng cách sử dụng dữ liệu khí hậu phân tích lại toàn cầu (Trinh và cộng sự 2017, Gorguner và cộng sự 2019; Kure và cộng sự 2013; Chen và cộng sự 2011). Dữ liệu khí hậu phân tích lại toàn cầu với độ phân giải thô (>100km), do đó chưa phản ánh được mức độ chi tiết cho các nghiên cứu khu vực như phân

bổ nước và dự báo dòng chảy ở quy mô lưu vực. Do đó trong các nghiên cứu gần đây, xu hướng mới là áp dụng phương pháp chi tiết hóa nhằm tính toán mô phỏng chi tiết các điều kiện khí tượng thủy văn trên các khu vực nghiên cứu. Hai phương pháp chi tiết hóa chính là thống kê và động lực. Các phương pháp chi tiết hóa thống kê sử dụng các mối quan hệ thực nghiệm, không gian và thời gian giữa các chỉ số khí hậu toàn cầu (các yếu tố dự báo), các biến số khí hậu quy mô khu vực và được kiểm tra dựa trên các giai đoạn lịch sử. Phương pháp này dựa trên giả định về một mối quan hệ thống kê không thay đổi, do đó chúng không xem xét được sự thay đổi liên tục của các điều kiện khí hậu, thủy văn trong tương lai. Do đó để cung cấp một cái nhìn đại diện hơn nhiều về điều kiện khí hậu khu vực, chi tiết hóa động lực là một lựa chọn thay thế, vì hoạt động của phương pháp này dựa trên tham số thực vật lý với các quá trình khu vực (Salathé Jr et al. 2008; Pierce et al. 2012; Walton và cộng sự. 2017). Hạn chế của phương pháp này là yêu cầu về thời gian và hệ thống lưu trữ tính toán lớn. Cả phương pháp chi tiết hóa thống kê và động lực học được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu khí tượng thủy văn, tuy nhiên phương pháp nào cũng có những ưu và nhược điểm. Do đó phương pháp chi tiết hóa kết hợp giữa thống kê và động lực có thể phát huy được những ưu điểm cũng như hạn chế nhược điểm của 2 phương pháp trên (Trinh và cộng sự 2021). Phương pháp tiếp cận này, được gọi là chi tiết hóa kết hợp (HD), với dữ liệu đầu vào sử dụng các điều kiện biên và điều kiện ban đầu từ các mô hình tính toán khí tượng toàn cầu. Theo Trinh và cộng sự (2021), kỹ thuật HD có thể cải thiện độ chính xác của dữ liệu mô phỏng cả trong chuỗi thời gian và bản đồ phân bố không gian. Một điểm nổi bật khác của phương pháp này là quá trình tính toán nhanh và chính xác hơn.

Trong nghiên cứu này, phương pháp tính toán chi tiết hóa kết hợp giữa thống kê và động lực sẽ được áp dụng cùng với mô hình thủy văn lưu

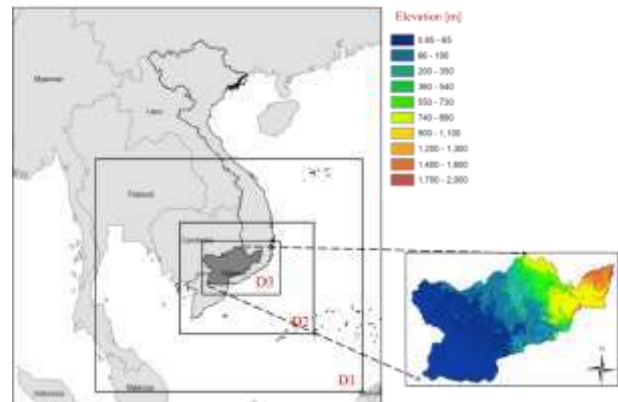
vực WEHY, nhằm mô phỏng được số liệu dòng chảy có độ tin cậy cao trên lưu vực nghiên cứu. Dữ liệu đầu vào cho phương pháp này là ba bộ dữ liệu phân tích lại toàn cầu bao gồm ECMWF - Dữ liệu khí hậu thô của Phân tích khí quyển của thế kỷ 20 (ERA-20C) (Poli và cộng sự 2013, 2016), ECMWF - Phân tích lại tạm thời (ERA-Interim) (Berrisford và cộng sự, 2009; Dee và cộng sự, 2011), và Phân tích lại hệ thống dự báo khí hậu (CFSR) (Saha và cộng sự, 2010; Wang và cộng sự, 2011). Các dữ liệu phân tích lại này đầu tiên được chi tiết hóa động lực bởi mô hình khí hậu khu vực (WRF) và sau đó dùng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) để chi tiết hóa đầu ra ở độ phân giải tốt hơn. Kết quả đầu ra tiếp tục được đưa vào mô hình thủy văn lưu vực để ước tính dữ liệu dòng chảy. Trong nghiên cứu này, các điều kiện thủy văn được mô phỏng bằng mô hình thủy văn-WEHY với đầu vào là dữ liệu khí quyển được cung cấp từ phương pháp chi tiết hóa kết hợp. Phương pháp này sẽ được áp dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Sài Gòn-Đồng Nai. SG-ĐN là một trong những khu vực quan trọng do bao gồm các khu công nghiệp có giá trị cao, cần áp dụng công nghệ tiên tiến để điều tra truy vết các đợt lũ lụt nghiêm trọng, mô hình hóa các hiện tượng lũ lịch sử cho khu vực này.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Lưu vực nghiên cứu là sông SG-ĐN (Hình 1), đây là lưu vực lớn thứ ba ở nước ta sau hệ thống sông Cửu Long và sông Hồng, nhưng là sông nội địa lớn nhất Việt Nam. Lưu vực bao gồm các tỉnh Lâm Đồng, Bình Phước, Bình Dương, Đồng Nai, Đắk Nông, Long An, Tây Ninh và Thành phố Hồ Chí Minh và một phần của Ninh Thuận, Bình Thuận và Bà Rịa Vũng Tàu với tổng diện tích lưu vực khoảng 44.500 km<sup>2</sup>. Nằm trong vùng có điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa, trong năm có mùa hè ẩm ướt từ cuối tháng 5 đến đầu tháng 11 với lượng mưa trung bình hàng năm khoảng 1800 mm và độ ẩm từ 78–

82%. Điều kiện sử dụng đất của đầu nguồn với nhiều loại đất khác nhau bao gồm đất nông nghiệp, đất rừng và đất đô thị. Sông SG-ĐN cũng là nguồn thủy điện quan trọng, với nhiều nhà máy thủy điện và nguồn cung cấp lượng nước lớn cho tất cả các tỉnh miền Nam. Tác động của điều kiện tự nhiên và khí tượng, khí hậu đã gây ra nhiều khó khăn cho các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội trên lưu vực.



Hình 1: Lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

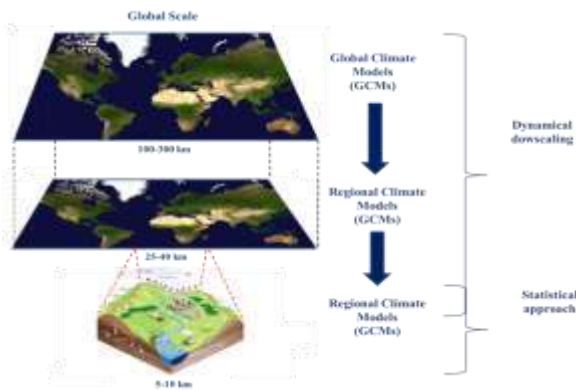
Nghiên cứu này giới thiệu một cách tiếp cận nhằm cung cấp dữ liệu dòng chảy đáng tin cậy bằng cách kết hợp các mô hình chi tiết hóa kết hợp - thủy văn với tham số vật lý thực từ dữ liệu trên bề mặt lưu vực. Bộ ba dữ liệu tái phân tích bao gồm ERA-20C, ERA-Interim và CFSR được sử dụng cho đầu vào cho phương pháp này. Mô chi tiết hóa động lực (WRF) được chọn nhằm chi tiết hoá bộ ba dữ liệu trên. Sau đó, dữ liệu tiếp tục được chi tiết hoá bằng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) có độ phân giải tốt hơn cho lưu vực nghiên cứu. Các dữ liệu chi tiết hoá sau khi được hiệu chỉnh, kiểm định đảm bảo độ tin cậy sẽ được đưa vào mô hình thủy văn để tính toán xác định dòng chảy cho lưu vực (Hình 2).

Nhìn chung, có 5 bước chính trong việc phát triển phương pháp này:

1. Thực hiện và kiểm định mô hình khí quyển số dựa trên tham số vật lý WRF, trên lưu vực mục tiêu cho ba bộ dữ liệu phân tích lại khác nhau;

2. Thực hiện và kiểm định mô hình ANN với đầu vào được cung cấp từ đầu ra của WRF;
3. Thực hiện mô hình thủy văn trên lưu vực nghiên cứu với đầu vào được cung cấp từ công nghệ chi tiết hóa hỗn hợp;
4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy văn trên lưu vực nghiên cứu mà đầu vào của nó cung cấp từ công nghệ chi tiết hóa hỗn hợp;
5. Cung cấp mô hình khí hậu thủy văn cùng với thuật toán trên lưu vực nghiên cứu;

Mô tả chi tiết từng bước được trình bày trong các phần sau.



Hình 2: Các bước thực hiện của phương pháp

**2.2.1. Thiết lập và kiểm định mô hình chi tiết hóa kết hợp**

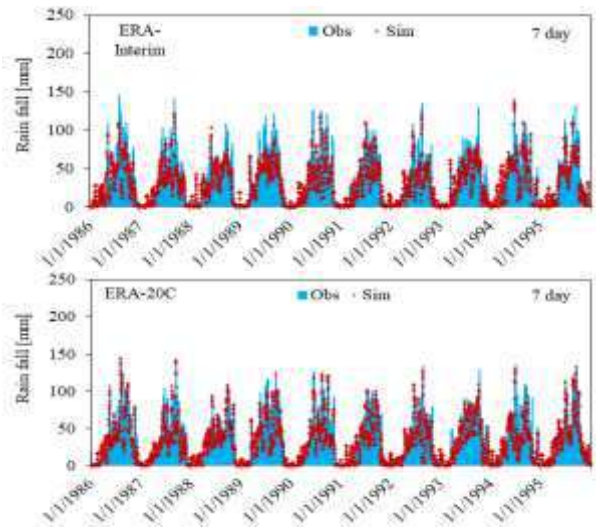
Các mô hình WRF và ANN được triển khai bao gồm 3 miền. Miền 1 (D1) là miền ngoài với độ phân giải không gian là 81 km (21 × 18 điểm lưới ngang). Miền 2 (D2) là miền bên trong có độ phân giải 27 km (27 × 24 điểm lưới ngang). Dữ liệu khí quyển sau khi được chi tiết hoá bằng WRF (D1, D2) sau đó được nhập vào mô hình ANN để tiếp tục giảm tỷ lệ xuống Miền 3 (D3) với độ phân giải không gian là 9 km (48 × 33 điểm lưới). Mô hình ANN đã chọn bao gồm 3 lớp (lớp đầu vào, lớp ẩn và lớp đầu ra) được kết nối với nhau bằng trọng số khớp thần kinh. Số lượng nút của lớp ẩn được chọn trong khoảng từ (2n + 1) đến (2n0,5 + m), trong đó n là số nút đầu vào và m là số nút đầu ra (Fletcher và Goss, 1993).

Lớp đầu vào của mô hình ANN là các số liệu được mô phỏng của mô hình WRF ở miền D2.

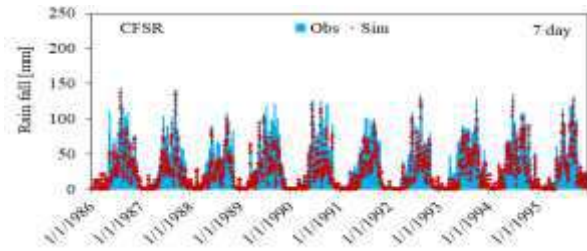
**Bảng 1: Lớp đầu vào của mô hình ANN**

Biến*	Đơn vị	Lớp áp suất (hPa)
Lượng mưa	(mm/ngày)	Bề mặt
Vận tốc gió theo kinh tuyến	(m/s)	700, 810, 910
Vận tốc gió theo vùng	(m/s)	700, 810, 910
Vận tốc áp suất thẳng đứng	(Pa/s)	700, 810, 910
Tổng	Biến	10

Mô hình ANN sau khi thiết lập được hiệu chỉnh và kiểm định với bộ dữ liệu quan sát dạng lưới (bộ dữ liệu mưa 0,1 tháng (VnGP)). Kết quả so sánh giữa dữ liệu VnGP và lượng mưa trung bình trong lưu vực 7 ngày trên lưu vực SG -ĐN trong giai đoạn 1986-1995. Kết quả kiểm định cho thấy mức độ phù hợp của dữ liệu mô phỏng với dữ liệu quan trắc tương ứng. Các tiêu chí thống kê hỗ trợ sự thống nhất của kết quả mô phỏng với dữ liệu VnGP (bảng 2).







Hình 3: So sánh lượng mưa trung bình trong 7 ngày của lưu vực được mô phỏng theo mô hình

**Bảng 2: Các giá trị kiểm tra thống kê của các kết quả được mô phỏng HD với ba dữ liệu khác nhau bao gồm ERA-Interim, ERA-20C và CFSR, cho lượng mưa trung bình trong lưu vực 7 ngày trong giai đoạn 1986–1995 trên SG-ĐN**

Thống kê lượng mưa	HD Kiểm định		
	ERA Interim	ERA 20C	CFSR
Trung bình thực đo [mm]	33,4	33,4	33,4
Trung bình mô phỏng [mm]	31,4	28,7	27,0
Độ lệch chuẩn thực đo [mm]	31,5	31,5	31,5
Độ lệch chuẩn mô phỏng [mm]	29,6	25,7	24,8
Hệ số tương quan	0,90	0,83	0,88
Hệ số Nash	0,78	0,65	0,70

Cần phải lưu ý rằng miền tính D3 trong cùng và cũng là miền tính quan trọng nhất, phải bao phủ cả được lưu vực nghiên cứu. Tất cả số liệu khí tượng được mô phỏng sẽ lấy kết quả từ miền tính D3. Các thông số trên là hằng số trong suốt quá trình chạy tính toán mô hình, và đây cũng là mốc để mô hình tham chiếu các hệ tọa độ và vị trí khu vực nghiên cứu cần mô phỏng khí tượng, nhằm thiết lập các điều kiện biên và điều kiện ban đầu cho mô hình.

**2.2.2. Thiết lập và kiểm định mô hình thủy văn vật lý thực cho lưu vực**

Mô hình WEHY được lựa chọn trong nghiên cứu này nhằm giới thiệu phương pháp mới để cung cấp dữ liệu đáng tin cậy bằng cách kết hợp với kỹ thuật HD. WEHY là một mô hình dựa trên tham số vật lý với phương trình bảo toàn khối lượng, động lượng, hoặc năng lượng dòng nước. Đầu vào của WEHY gồm dữ liệu khí quyển và thông tin bề mặt vật lý lưu vực như địa hình, đất và thảm phủ. Thứ nhất, ASTER Global DEM với độ phân giải không gian 30m

trên SG-ĐN so với các quan trắc mặt đất tương ứng (VNGP).

Các tiêu chí thống kê, gồm hệ số tương quan và hệ số Nash Sutcliffe, cho thấy rằng kết quả mô phỏng lượng mưa nằm trong khoảng “đạt yêu cầu” ( $0,83 \leq R2 \leq 0,9$  và  $0,65 \leq NSE \leq 0,78$ ) dựa trên so sánh lượng mưa trong 7 ngày.

được sử dụng để phân định lưu vực sông SG-ĐN. Bước này liên quan đến việc phân định các tiểu lưu vực (và mạng dòng chảy trong SG-ĐN). Dựa trên kỹ thuật Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS), phân vùng tiểu lưu vực gồm 152 MCU và 76 mạng dòng chảy như thể hiện trong Hình 4.

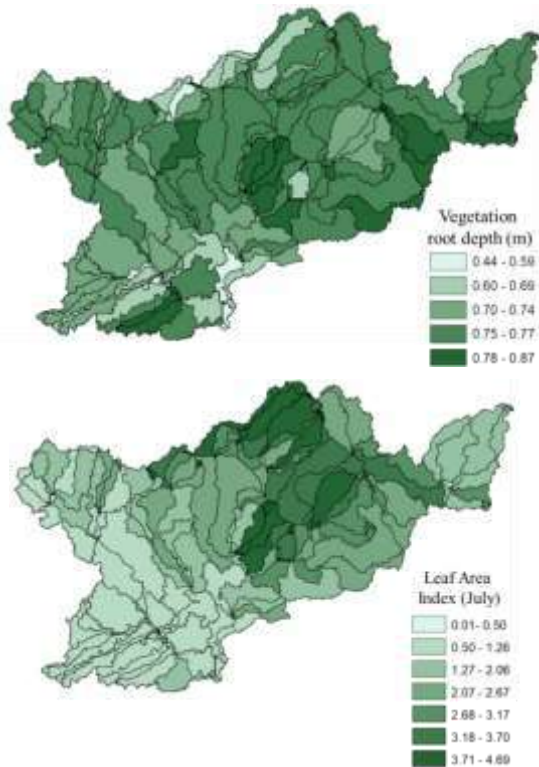


Hình 4: Các dãy núi được phân định, mạng lưới suối cho lưu vực SG-ĐN và các trạm quan trắc dòng chảy

Các thông số đất và sử dụng/che phủ đất được truy xuất từ Soilgrids ở độ phân giải 1 km

(Hengl và cộng sự, 2014; Trinh và cộng sự, 2018), dữ liệu thảm phủ lấy từ bản đồ thảm phủ toàn cầu (GLCC). Các thông số xác định của đất bao gồm giá trị trung bình của độ dẫn thủy lực của đất (cm/h), chỉ số phân bố kích thước lỗ rỗng, độ sâu của đất và áp suất suì. Các thông số xác định lớp phủ đất là độ sâu của rễ thực vật, độ nhám, albedo, độ phát xạ và chỉ số diện tích lá....

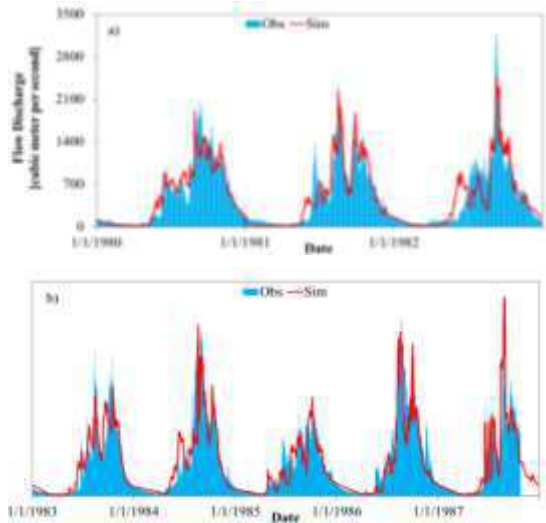
Dựa trên các MCU được phân định cho SG-ĐN, các thông số đất và thảm phủ được xử lý và ước tính riêng cho từng vùng. Các bản đồ thông số đất cho độ sâu rễ thực vật, chỉ số diện tích lá (tháng 7) được mô tả trong Hình 7.



Hình 5: Bản đồ tham số bề mặt đất ước tính cho lưu vực sông SG-ĐN

Mô hình WEHY sau khi được thiết lập tiến hành hiệu chỉnh, kiểm định mô hình với dữ liệu dòng chảy thực đo để đảm bảo độ tin cậy. Trên lưu vực SG-ĐN có ba trạm thủy văn là Dầu Tiếng, Phước Hòa, Trị An, như trong Hình 4. Trạm Dầu Tiếng nằm trên sông Sài Gòn ở thượng lưu hồ Dầu Tiếng. Trạm Phước Hoà và Trị An nằm trên sông Đồng Nai, sau khi hồ Trị

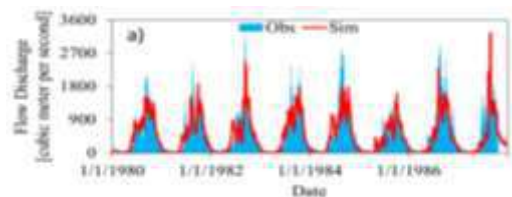
An được xây dựng, trạm Phước Hoà nằm ở thượng lưu và trạm Trị An nằm ở hạ lưu đập Trị An, quan trắc mực nước, lưu lượng dòng chảy từ năm 1987 đến nay. Trạm Phước Hoà nằm ở thượng lưu hồ. Do đó, các khoảng thời gian hiệu chỉnh và kiểm định cho trạm Trị An và Phước Hoà đã được lựa chọn trước khi xây dựng hồ chứa Trị An. Việc hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng trung bình ngày tại trạm Trị An được trình bày trong Hình 8.

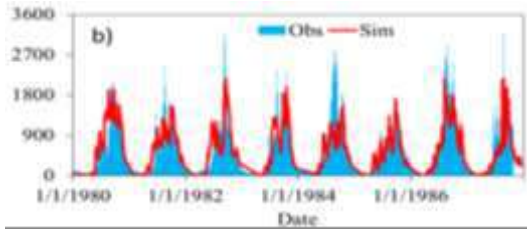


Hình 6: So sánh lưu lượng trung bình ngày mô phỏng bằng mô hình WEHY sử dụng dữ liệu chi tiết hoá động lực ERA-Interim với số liệu thực đo tại trạm Trị An: a) Giai đoạn hiệu chỉnh từ 1/1/1980 - 12/1/1982; b) Giai đoạn kiểm định từ 1/1/1983 - 12/1/1997

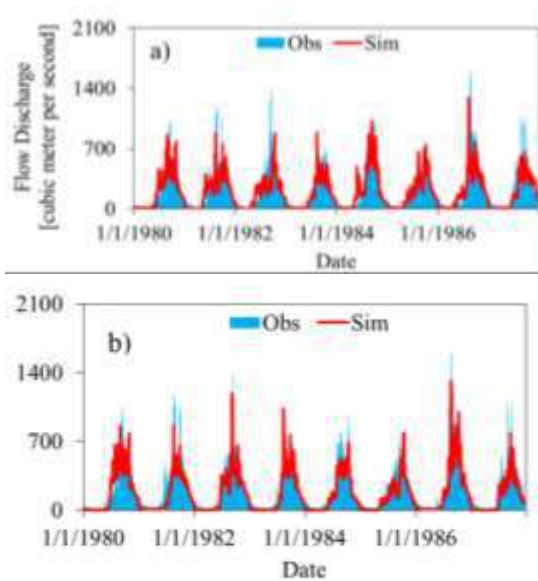
Kết quả mô phỏng cho thấy có sự tương quan tốt giữa số liệu tính toán mô phỏng với thực đo cả về đường quá trình (Hình 8) và hệ số tương quan, hệ số NASH (Bảng 4). Hệ số tương quan từ 0,91-0,92, hệ số Nash-Sutcliffe từ 0,83-0,82 cho cả hai giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN





Hình 7: So sánh lưu lượng trung bình ngày bằng mô phỏng WEHY theo phương pháp chi tiết hoá động lực sử dụng ERA-20C-a và CFSR-b và lưu lượng thực đo tại trạm Trị An trong giai đoạn 1980-1987



Hình 8: So sánh lưu lượng trung bình ngày bằng mô phỏng WEHY theo phương pháp chi tiết hoá động lực sử dụng ERA-Interim-a, ERA-20C-b và lưu lượng thực đo tại Phước Hòa trong giai đoạn 1980-1987

Sử dụng mô hình WEHY lưu vực SG -ĐN đã được hiệu chỉnh, kiểm định tính toán mô phỏng các điều kiện dòng chảy trong toàn bộ lưu vực với dữ liệu khí quyển đầu vào đã được chi tiết hoá động lực gồm ERA-20C, CFSR, ERA-Interim. Dữ liệu khôi phục được tính toán từ 1980 đến 1987, được thể hiện trong Hình 7, Hình 8.

Đối với các nghiên cứu sâu hơn thể hiện số liệu thống kê so sánh lưu lượng trung bình ngày tại các trạm Trị An, Dầu Tiếng và Phước Hòa trong điều kiện chi tiết hoá động lực sử

dụng bộ dữ liệu ERA-Interim, ERA-20C và CFSR. Các kết quả cho thấy, với kỹ thuật chi tiết hoá động lực kết hợp với mô hình WEHY đã cho kết quả tốt với hệ số tương quan giữa tính toán với thực đo dao động từ 0,63-0,91. Kết quả mô hình theo CFSR gần với thực đo hơn so với ERA-Interim và ERA-20C.

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này giới thiệu một phương pháp kết hợp nhằm cải thiện chất lượng của mô phỏng dữ liệu dòng chảy bằng cách sử dụng phương pháp chi tiết hoá động lực kết hợp thông với mô hình thủy văn. Dựa trên mô hình đã thực hiện, có thể tạo ra cả dữ liệu khí tượng và thủy văn ở các độ phân giải và thời gian khác nhau (hàng giờ, ngày và tháng). Dữ liệu khí quyển toàn cầu bao gồm ERA-Interim, ERA-20C và CFSR được sử dụng để cung cấp điều kiện ban đầu và biên đầu vào của chi tiết hoá động lực bằng mô hình WRF (Trinh và cộng sự, 2021). Sau đó mô hình ANN được sử dụng để chi tiết hoá số liệu đầu ra của mô hình WRF, có độ phân giải tốt hơn cho lưu vực nghiên cứu. Việc kiểm định cả hai mô hình WRF và ANN đều nằm trong phạm vi “đạt yêu cầu” (Trinh và cộng sự, 2021). Tiếp theo, mô hình thủy văn vật lý thực WEHY. Mô hình WEHY sau khi thiết lập được hiệu chỉnh và kiểm định bằng số liệu mưa quan trắc và dòng chảy thực đo tại các trạm trên lưu vực đảm bảo độ tin cậy tốt. Mô hình được sử dụng để mô phỏng lại dữ liệu dòng chảy cho lưu vực sông Sài Gòn, Đồng Nai từ năm 1980 – 1987. Các kết quả tính toán cho thấy dữ liệu mô phỏng gần với dữ liệu quan trắc hơn so với những kết quả chỉ sử dụng kỹ thuật chi tiết hoá động lực mà không kết hợp với mô hình WEHY. Với mô hình đã được kiểm định, các nghiên cứu trong tương lai sẽ tập trung vào mô hình hóa các điều kiện thủy văn với các đầu vào được cung cấp từ các dự báo trong tương lai như các kịch bản CMIP5 và CMIP6. Cuối cùng nhưng không kém phần quan trọng, cách tiếp cận mới của nghiên cứu này có thể được mở rộng cho các lưu vực



nghiên cứu khác.

## LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ Tp.HCM và được thực hiện bởi

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

Viện Khoa học và Công nghệ tính toán (ICST) thông qua Hợp đồng thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ số 16/2020/HĐ-QPTKHCN ngày 22 tháng 04 năm 2020.

- [1] Krishnamurti T.N., Jha B., Rasch P.J., et al. (1997). A high resolution global reanalysis highlighting the winter monsoon. Part I, reanalysis fields. *Meteorol Atmos Phys*, **64(3-4)**, 123-150.
- [1] Dudley, N.J., 1988. A single decision-maker approach to irrigation reservoir and farm management decision making. *Water Resources Research*, *24(5)*, pp.633-640.
- [2] Zhang, F., Guo, P., Engel, B.A., Guo, S., Zhang, C. and Tang, Y., 2019. Planning seasonal irrigation water allocation based on an interval multiobjective multi-stage stochastic programming approach. *Agricultural Water Management*, *223*, p.105692.
- [3] Hirpa, F.A., Salamon, P., Beck, H.E., Lorini, V., Alfieri, L., Zsoter, E. and Dadson, S.J., 2018. Calibration of the Global Flood Awareness System (GloFAS) using daily streamflow data. *Journal of Hydrology*, *566*, pp.595-606.
- [4] Liu, Y., You, M., Zhu, J., Wang, F. and Ran, R., 2019. Integrated risk assessment for agricultural drought and flood disasters based on entropy information diffusion theory in the middle and lower reaches of the Yangtze River, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *38*, p.101194.
- [5] Bui, D.T., Hoang, N.D., Pham, T.D., Ngo, P.T.T., Hoa, P.V., Minh, N.Q., Tran, X.T. and Samui, P., 2019. A new intelligence approach based on GIS-based multivariate adaptive regression splines and metaheuristic optimization for predicting flash flood susceptible areas at high-frequency tropical typhoon area. *Journal of Hydrology*, *575*, pp.314-326.
- [6] Ho, C., Trinh, T., Nguyen, A., Nguyen, Q., Ercan, A. and Kavvas, M.L., 2019. Reconstruction and evaluation of changes in hydrologic conditions over a transboundary region by a regional climate model coupled with a physically-based hydrology model: Application to Thao river watershed. *Science of the total environment*, *668*, pp.768-779.
- [7] Tu, T., Ercan, A., Carr, K.J., Kavvas, M.L., Trinh, T., Ishida, K., Nosacka, J. and Brown, K., 2020. Coupling hydroclimate-hydraulic-sedimentation models to estimate flood inundation and sediment transport during extreme flood events under a changing climate. *Science of The Total Environment*, *740*, p.140117.
- [8] Hu, Y., Maskey, S., Uhlenbrook, S. and Zhao, H., 2011. Streamflow trends and climate linkages in the source region of the Yellow River, China. *Hydrological Processes*, *25(22)*, pp.3399-3411.
- [9] Malik, A., Kumar, A. and Singh, R.P., 2019. Application of heuristic approaches for prediction of hydrological drought using multi-scalar streamflow drought index. *Water Resources Management*, *33(11)*, pp.3985-4006.
- [10] Bjerklie, D.M., Birkett, C.M., Jones, J.W., Carabajal, C., Rover, J.A., Fulton, J.W. and



- Garambois, P.A., 2018. Satellite remote sensing estimation of river discharge: Application to the Yukon River Alaska. *Journal of hydrology*, 561, pp.1000-1018.
- [11] Smith, L.C., 1997. Satellite remote sensing of river inundation area, stage, and discharge: A review. *Hydrological processes*, 11(10), pp.1427-1439.
- [12] Gorguner, M., Kavvas, M.L. and Ishida, K., 2019. Assessing the impacts of future climate change on the hydroclimatology of the Gediz Basin in Turkey by using dynamically downscaled CMIP5 projections. *Science of the Total Environment*, 648, pp.481-499.
- [13] Kure, S., Jang, S., Ohara, N., Kavvas, M.L. and Chen, Z.Q., 2013. WEHY-HCM for modeling interactive atmospheric-hydrologic processes at watershed scale. II: Model application to ungauged and sparsely gauged watersheds. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18(10), pp.1272-1281.
- [14] Chen, Z.R., Kavvas, M.L., Ohara, N., Anderson, M.L. and Yoon, J., 2011. Coupled regional hydroclimate model and its application to the Tigris-Euphrates basin. *Journal of Hydrologic Engineering*, 16(12), pp.1059-1070.
- [15] Trinh, T., Ishida, K., Fischer, I., Jang, S., Darama, Y., Nosacka, J., Brown, K. and Kavvas, M.L., 2016. New methodology to develop future flood frequency under changing climate by means of physically based numerical atmospheric-hydrologic modeling. *Journal of Hydrologic Engineering*, 21(4), p.04016001.
- [16] Trinh, T., Ishida, K., Kavvas, M.L., Ercan, A. and Carr, K., 2017. Assessment of 21st century drought conditions at Shasta Dam based on dynamically projected water supply conditions by a regional climate model coupled with a physically-based hydrology model. *Science of the Total Environment*, 586, pp.197-205.
- [17] Trinh, T., Coupling regional climate model and machine learning to model high-resolution precipitation, 2021, acapublishing.com.
- [18] Trinh, T., Kavvas, M.L., Ishida, K., Ercan, A., Chen, Z.Q., Anderson, M.L., Ho, C. and Nguyen, T., 2018. Integrating global land-cover and soil datasets to update saturated hydraulic conductivity parameterization in hydrologic modeling. *Science of the Total Environment*, 631, pp.279-288.
- [19] Walton DB, Hall A, Berg N, Schwartz M, Sun F (2017) Incorporating snow albedo feedback into downscaled temperature and snow cover projections for California's sierra Nevada. *J Clim* 30(4):1417–1438. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0168.1>
- [20] Pierce DW, Das T, Cayan DR, Maurer EP, Miller NL, Bao Y, Kanamitsu M, Yoshimura K, Snyder Mark A, Sloan Lisa C, Franco G, Tyree M (2012) Probabilistic estimates of future changes in California temperature and precipitation using statistical and dynamical downscaling. *Clim Dyn* 40(3–4):839–856. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1337-9>
- [21] Salathé Jr, E.P., 2003. Comparison of various precipitation downscaling methods for the simulation of streamflow in a rainshadow river basin. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(8), pp.887-901.