

TẠP CHÍ

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Vietnam Journal of Hydro - Meteorology

ISSN 2525 - 2208



TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration

SỐ 722

02-2021



Q. TỔNG BIÊN TẬP

TS. Bạch Quang Dũng

Thư ký - Biên tập

TS. Đoàn Quang Trí

Trị sự và Phát hành

Đặng Quốc Khánh

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. GS. TS. Trần Hồng Thái | 14. TS. Đoàn Quang Trí |
| 2. GS. TS. Trần Thục | 15. PGS. TS. Mai Văn Khiêm |
| 3. GS. TS. Mai Trọng Nhuận | 16. PGS. TS. Nguyễn Bá Thủy |
| 4. GS. TS. Phan Văn Tân | 17. TS. Tống Ngọc Thanh |
| 5. GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. TS. Đinh Thái Hưng |
| 6. GS. TS. Phan Đình Tuấn | 19. TS. Võ Văn Hòa |
| 7. GS. TS. Nguyễn Kim Lợi | 20. TS. Nguyễn Đắc Đồng |
| 8. PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn | 21. GS. TS. Kazuo Saito |
| 9. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 22. GS. TS. Jun Matsumoto |
| 10. PGS. TS. Dương Văn Khảm | 23. GS. TS. Jaecheol Nam |
| 11. PGS. TS. Dương Hồng Sơn | 24. TS. Keunyong Song |
| 12. TS. Hoàng Đức Cường | 25. TS. Lars Robert Hole |
| 13. TS. Bạch Quang Dũng | 26. TS. Sooyoul Kim |

Giấy phép xuất bản

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin Truyền thông cấp ngày 08/6/2015

Tòa soạn

Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội
Điện thoại: 04.39364963; Fax: 04.39362711
Email: tapchiktvt@yahoo.com

Chế bản và In tại:

Công ty TNHH Đầu Tư Nông Nghiệp
Việt Nam
ĐT: 0243.5624399

Ảnh bìa: Trạm Quan trắc Khí tượng bề mặt Phú Quốc

Giá bán: 25.000 đồng

TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

SỐ 722 - 02/2021

MỤC LỤC

Bài báo khoa học

- Nguyễn Văn Thịnh, Đỗ Phong Lưu, Hồ Công Toàn, Trần Tuấn Hoàng, Phạm Thanh Long:** Xác định mối tương quan giữa nhiệt độ không khí với lượng CO₂ trao đổi thuận của hệ sinh thái trong quá trình quang hợp của thực vật ngập mặn tại khu vực (huyện) Cần Giờ
- Vũ Ngọc Linh, Nguyễn Minh Hải, Nguyễn Văn Lịch, Trịnh Đăng Ba:** Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ giám sát hoạt động mạng lưới trạm khí tượng thủy văn
- Nguyễn Hoàng Tuấn, Trương Thanh Cảnh:** Nghiên cứu xu thế biến đổi và dự tính khí hậu trong tương lai cho tỉnh Ninh Thuận
- Bùi Văn Chanh, Trần Ngọc Anh, Nguyễn Quốc Huân, Nguyễn Thị Hoan:** Thử nghiệm tích hợp mô hình Tank và Sóng động học một chiều để dự báo thủy văn hạn vừa trên lưu vực sông Ba
- Trịnh Thế Thành, Trần Tuấn Hiệp, Lê Hữu Huân, Đào Anh Công:** Nghiên cứu, xây dựng bộ công cụ lưu trữ, xử lý số liệu điện báo khí tượng, thủy văn, hải văn phục vụ công tác dự báo
- Ngô Nam Thịnh, Đỗ Vĩnh Nguyên, Lê Thị Phụng, Nguyễn Thị Bảy:** Nghiên cứu xác định năng lượng sóng biển khu vực Nam Trung Bộ
- Trần Ngọc Anh, Nguyễn Văn Nguyên, Đặng Đình Đức, Nguyễn Thanh Tùng, Phạm Duy Huy Bình:** Giới thiệu bộ công cụ mô hình Wflow trong mô phỏng dòng chảy các lưu vực sông Việt Nam. Phần 1: Mô hình Wflow_sbm
- Phạm Duy Huy Bình, Hoàng Thu Thảo, Nguyễn Thanh Bình:** Đánh giá biến động cửa sông Tiên Châu, tỉnh Phú Yên bằng công nghệ viễn thám

Bài báo khoa học

Xác định mối tương quan giữa nhiệt độ không khí với lượng CO₂ trao đổi thuần của hệ sinh thái trong quá trình quang hợp của thực vật ngập mặn tại khu vực (huyện) Cần Giờ

Nguyễn Văn Thịnh^{1*}, Đỗ Phong Lưu¹, Hồ Công Toàn², Trần Tuấn Hoàng², Phạm Thanh Long²

¹ Trung tâm Nhiệt đới Việt–Nga, Chi nhánh phía Nam; thinh39b@gmail.com; dophongluu@gmail.com

² Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; hocongtoanhdh@gmail.com; hoangkttv@gmail.com; longphamsihymete@gmail.com.

*Tác giả liên hệ: thinh39b@gmail.com; Tel.: +84–0913145914

Ban Biên tập nhận bài: 04/11/2020; Ngày phản biện xong: 15/12/2020; Ngày đăng bài: 25/2/2021

Tóm tắt: Mục đích của bài báo này là xác định mối tương quan giữa lượng CO₂ trao đổi thuần của hệ sinh thái (NEE) với nhiệt độ không khí trong quá trình quang hợp của thực vật ngập mặn, dựa trên chuỗi số liệu đo đạc tại tháp quan trắc khí hậu ở rừng ngập mặn Cần Giờ. Đầu tiên, chuỗi số liệu quan trắc về NEE và nhiệt độ không khí từ tháng 6/2019 đến 5/2020 được kiểm tra tính đồng nhất về mặt dữ liệu dựa trên các kiểm định Pettitt và kiểm định đồng nhất độ lệch chuẩn thông thường (Standard Normal Homogeneity Test–SNHT). Tiếp theo, nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp xu thế Sen và kiểm định Mann–Kendall để đánh giá mức ý nghĩa thống kê của chuỗi số liệu NEE và nhiệt độ không khí. Kết quả phân tích cho thấy, với mức ý nghĩa 0,05, giá trị đo đạc NEE có xu thế giảm trong khoảng thời gian đo đạc, khoảng $-1,23 \times 10^{-7}$ (gC/m².phút)/30 phút và nhiệt độ không khí có xu thế tăng $2,69 \times 10^{-5}$ (°C/30 phút) theo phương pháp đánh giá xu thế Sen. Cuối cùng, tương quan giữa NEE và nhiệt độ không khí trong quá trình quang hợp của thực vật ngập mặn được xác định dựa trên tương quan tuyến tính. Với mức ý nghĩa 0.05 trong 1 năm liên tục đo đạc NEE có tương quan nghịch, tuy nhiên, chỉ có 1,4% sự thay đổi của NEE được giải thích bởi nhiệt độ không khí theo phương trình hồi quy tuyến tính $y = -0,237x + 6,551$, xu thế cận trên $y = -0,207x + 7,400$ và xu thế cận dưới $y = 0,267x + 5,703$. Và cũng ở mức ý nghĩa đó, nghiên cứu đã xác định được mối tương quan tuyến tính giữa NEE và nhiệt độ không khí vào mùa mưa và mùa khô lần lượt là $y = -0,003x + 0,089$ và $y = -0,498x + 13,641$.

Từ khóa: Tương quan tuyến tính; Tính đồng nhất; Lượng CO₂ trao đổi thuần của hệ sinh thái (NEE).

1. Mở đầu

Hệ sinh thái (HST) là một trong những đối tượng chịu tác động lớn từ thay đổi lượng mưa và nhiệt độ tăng (những biểu hiện của biến đổi khí hậu) có thể tạo ra những tác động bất lợi tiềm tàng đối với đa dạng sinh học [1]. Công ước đa dạng sinh học (ĐDSH) cho biết rằng vào cuối thế kỷ này, nhiều loài và HST sẽ phải vật lộn để thích nghi với sự thay đổi của thời tiết, khí hậu và tỷ lệ tuyệt chủng sẽ tăng lên. Một số khu bảo tồn cảnh quan về kinh tế–xã hội, văn hóa và khoa học hoặc là đại diện, là độc nhất hay là có tầm quan trọng về tiến hoá hay cho các quá trình sinh học ở các đảo hoặc ven biển, cửa sông sẽ bị mất hoặc bị thu hẹp. Do

môi trường sống thay đổi sẽ tạo điều kiện cho các loài động thực vật ngoại lai xâm nhập, phát triển [2]. HST rừng ngập mặn (RNM) là một trong các HST có nguồn tài nguyên đa dạng sinh học rất phong phú. Ngoài giá trị về đa dạng sinh học, HST RNM còn góp phần trong giảm thiểu thiên tai. Các nghiên cứu cho thấy, hệ thống rễ dày đặc của các loài cây RNM có tác dụng rất lớn trong việc bảo vệ đất ven biển và vùng cửa sông. Các thống kê khoa học cho thấy, các dải RNM ven biển Việt Nam góp phần giảm ít nhất 20–50% thiệt hại do bão, nước biển dâng và sóng thần gây ra. Đặc biệt, hệ thống RNM trồng ven đê còn đóng vai trò là tấm lá chắn xanh, giảm 20–70% năng lượng của sóng biển, đảm bảo an toàn cho các con đê biển, giúp tiết kiệm hàng nghìn tỷ đồng cho việc duy tu, sửa chữa đê biển [3].

Hiện nay, đã có nhiều công trình nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu đến RNM, đặc biệt là sự thay đổi về nhiệt độ, độ ẩm, nồng độ CO₂, lượng mưa. RNM tự nhiên thích nghi tốt với sự biến động hàng ngày của chế độ nước và nhiệt độ không khí. Ở khu vực nhiệt đới Thái Bình Dương, RNM tại khu vực này có khả năng thích ứng với sự thay đổi nhiệt độ không khí định kì theo mùa. Tuy nhiên, thảm thực vật nhiệt đới (bao gồm cả các khu RNM) cũng có nguy cơ bị “stress” nhiệt khi nhiệt độ đại dương tăng 0,1 °C mỗi thập kỷ, tác động ức chế tăng trưởng của nhiệt độ được chỉ ra qua nghiên cứu của Short và cộng sự đối với RNM ven biển Caribbean [4]. Nhiệt độ không khí ảnh hưởng đến sự quang hợp, sự mất nước, sự thoát hơi nước và sự mất muối của RNM [5]. Theo nghiên cứu [6] RNM có năng suất tăng trưởng cao nhất trong khoảng nhiệt độ 15–25 °C. Stress nhiệt bắt đầu ảnh hưởng đến rễ và cây con ở khoảng 35 °C. Ngoài ra khi nhiệt độ lá trên 30°C sẽ làm giảm khả năng sinh hóa của diệp lục dẫn đến làm giảm quá trình quang hợp, giảm khả năng hấp thụ carbon của RNM [7–9]. Đặc biệt khi nhiệt độ không khí đạt 38–40 °C, lá cây sẽ ngừng quang hợp [8, 10].

Tại Việt Nam, trong những năm gần đây cũng đã có các công trình nghiên cứu về ảnh hưởng từ sự thay đổi các yếu tố khí hậu (như nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa) trong mối quan hệ đối với các HST ngập nước ven biển và RNM. Đáng kể là các công trình: “Biến đổi khí hậu và đa dạng sinh học ở Việt Nam” [11]; “Nghiên cứu khả năng cố định carbon của RNM trong Khu Dự trữ sinh quyển Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh” [12]; “Nghiên cứu ảnh hưởng của BĐKH đến khu hệ thực vật RNM Cần Giờ và đề xuất các giải pháp bảo vệ” [13] nhưng các nghiên cứu này mới chỉ đưa ra ảnh hưởng yếu tố mực nước biển dâng đến HST, các yếu tố khí hậu liên quan như nhiệt độ không khí, độ ẩm, lượng mưa, nồng độ CO₂, ... chưa đề cập đến và mối tương quan giữa NEE với nhiệt độ không khí, độ ẩm, lượng mưa không được tính toán. Trong phạm vi nghiên cứu này, phương pháp kiểm nghiệm tính đồng nhất, phương pháp đánh giá xu thế Sen và kiểm định Mann–Kendall, phương pháp tương quan tuyến tính được sử dụng để xác định có hay không tương quan giữa NEE với nhiệt độ không khí đo đạc tại RNM Cần Giờ. Đây được xem là lá phổi xanh của thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM) và bể chứa cacbon, đóng vai trò quan trọng đối với cân bằng O₂ và CO₂ trong khí quyển [14].

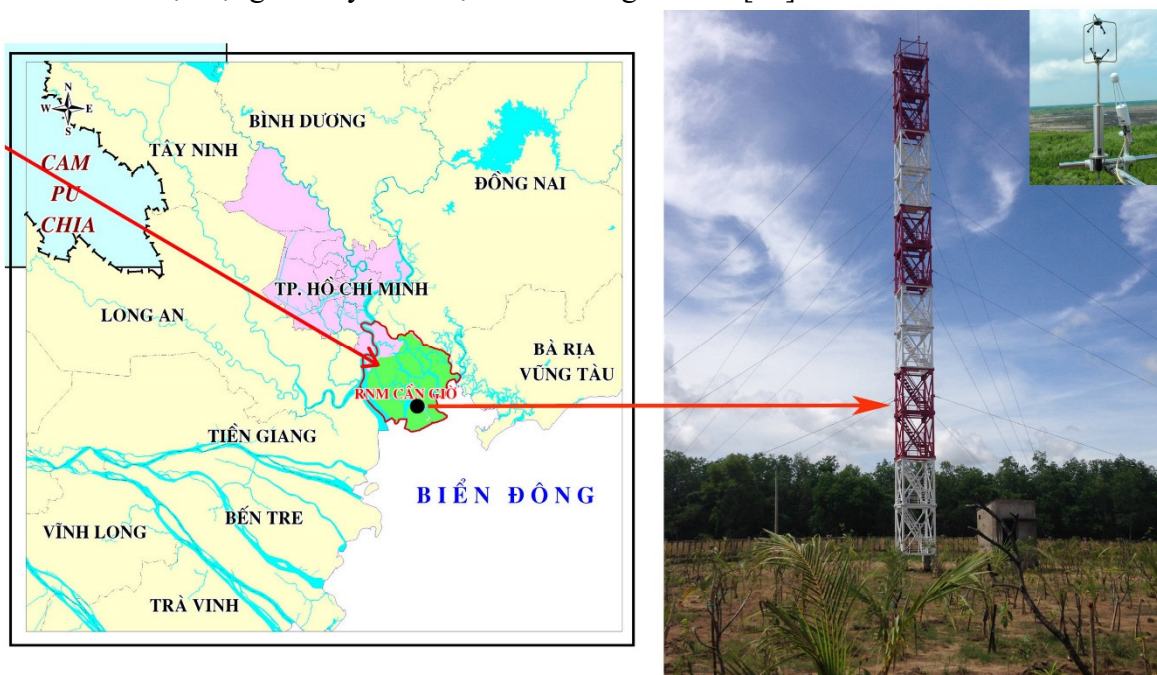
2. Phương pháp và số liệu

2.1. Khu vực nghiên cứu

RNM Cần Giờ nằm trong huyện Cần Giờ của TP. HCM. Đây là vùng đất phù sa bồi tụ nằm ở cửa sông lớn thuộc hệ thống sông Đồng Nai, Sài Gòn và Vàm Cỏ. Phía đông tiếp giáp với tỉnh Đồng Nai và Bà Rịa–Vũng Tàu. Phía tây giáp với tỉnh Tiền Giang và tỉnh Long An. Phía bắc giáp với huyện Nhà Bè. Phía nam giáp với biển Đông (Hình 1). Khu vực RNM giới hạn trong phạm vi địa lý từ 10°12'14" – 10°37'39" độ vĩ Bắc đến 106°46'12" – 107°00'50" độ kinh Đông [12–13].

Trạm quan trắc khí hậu Cần Giờ (tháp quan trắc) được xây dựng trong khu vực Trạm Nghiên cứu, ứng dụng và thử nghiệm Cần Giờ thuộc Trung tâm Nhiệt đới Việt–Nga (Hình 1), trạm cao 36 m, độ cao so với mực nước biển khoảng 0,6–0,7 m và tọa độ 10°27'15.2" độ vĩ Bắc, 106°53'32.4" độ kinh Đông. Mục đích thành lập trạm là quan trắc dòng nhiệt, hơi

nước, khí CO₂ và một số thông số khí hậu khác (như: cảm biến bức xạ Mặt Trời đến và đi, lượng mưa, vận tốc gió, hướng gió ở độ cao 2 m và 32 m) của HST RNM Cần Giò. Trạm bắt đầu đi vào hoạt động và truyền số liệu về từ tháng 3/2017 [15].



Hình 1. Vị trí Trạm quan trắc khí hậu Cần Giò.

2.2. Số liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này, số liệu nồng độ CO₂ và nhiệt độ không khí sử dụng là từ tháng 6/2019 đến tháng 5/2020 đo đạc tại tháp quan trắc, với tần suất ghi lưu số liệu 30 phút/lần, tổng cộng 17562 số liệu. Nồng độ trao đổi CO₂ được đo bằng máy đo gió siêu âm ba chiều (Gill Instruments Limited Hamsphire, Vương Quốc Anh) và máy phân tích khí hồng ngoại (LI-7500 RS Open Path CO₂/H₂O Gas Analyzer, LI-COR, Utah) lắp đặt trên tháp ở độ cao 32m (Hình 1) [15]. Nhiệt độ không khí, được ghi nhận bằng thiết bị HMP45C và thiết bị TE525WS-L (Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah) nhằm khảo sát xu hướng biến động của quá trình trao đổi CO₂ tại khu vực nghiên cứu theo các biến khí hậu [15].

Tổng lượng CO₂ trao đổi thuần của hệ sinh thái (NEE) được ước tính thông qua giá trị đo đạc nồng độ CO₂ trao đổi trong khoảng thời gian trên của RNM Cần Giò bằng phương pháp Eddy Covariance (phương pháp EC). Phương pháp này được đánh giá có cơ sở khoa học rõ ràng, độ tin cậy cao [16–17]. Hiện nay, phương pháp EC đang được sử dụng rộng rãi tại các khu rừng nhiệt đới [18–19], các khu rừng nhiệt đới [20–21] và tại rừng ngập mặn [22].

2.3. Phương pháp kiểm tra tính đồng nhất

2.3.1. Phương pháp kiểm tra tính đồng nhất

Từ lâu các nhà nghiên cứu khoa học đã nhận ra rằng dữ liệu khí hậu không đồng nhất là một nguồn thông tin nghèo nàn cho nghiên cứu khí hậu. Các nhà thủy văn thường sử dụng phân tích đường cong cường độ gấp đôi để có được thông tin đồng nhất tương đối của chuỗi dữ liệu lượng mưa hay đánh giá mối tương quan giữa những yếu tố khí hậu với nhau [23]. Trong thực tế, nhiều cách để kiểm tra tính đồng nhất của dữ liệu, trong đó đơn giản nhất là xác định các giá trị tham chiếu mà lý tưởng nhất là xác định từ các trạm chất lượng tốt xung quanh trạm hay khu vực nghiên cứu. Nhưng một vấn đề có thể thấy rõ, đó là không thể xác định trước các trạm nào đồng nhất và có chất lượng tốt, cơ sở khoa học là không có. Vì vậy, chuỗi số liệu khí hậu nhiều năm thường sẽ bị ảnh hưởng do thay đổi thiết bị, vị trí, cao độ,

trồng cây, máy đo bị lỗi hay quan sát viên mới, ... [23]. Xác định tính đồng nhất của chuỗi dữ liệu là một bước kiểm tra quan trọng để nhận biết dữ liệu có thể sử dụng được hay không, kiểm nghiệm các giả thiết thống kê trong lĩnh vực khí hậu, khí tượng, thủy văn thông qua những công thức thực nghiệm đã được chứng minh qua thực nghiệm và rất nhiều công trình nghiên cứu trích dẫn [24].

Đầu tiên, chuỗi số liệu NEE và nhiệt độ không khí đo đạc từ 6/2019 đến 5/2020, trong 12 tháng với 17562 số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2016. Thứ hai, kiểm nghiệm Pettitt và SNHT được sử dụng trong kiểm tra tính đồng nhất của chuỗi số liệu đo đạc, mức ý nghĩa trong kiểm nghiệm là 0,05 ($\alpha = 0,05$), chuỗi được xem là đồng nhất nếu giá trị p lớn hơn α (H_0), ngược lại chuỗi bị nghi ngờ về tính đồng nhất (H_a) [25]. Pettitt's test được đưa ra đầu tiên bởi Pettitt (1979), là kiểm nghiệm phi tham số. Do đó, giá trị của chuỗi dữ liệu không cần giả định là phân bố chuẩn [25–26]. Công thức về kiểm nghiệm Pettitt có dạng:

Chuỗi số liệu quan trắc (X) có độ dài từ 1 đến N.

$$P_k = 2 * \sum_{i=1}^k r_i - k(N - 1); \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

Trường hợp dữ liệu gián đoạn tại năm y khi giá trị P_k cực đại bằng với P_y :

$$P_y = \max |P_k| \quad (\text{với } 1 \leq y < N) \quad (2)$$

Kiểm nghiệm SNHT được phát triển đầu tiên bởi Alexandersson (1986) để xác định những sự thay đổi của chuỗi dữ liệu đo đạc. Kiểm nghiệm SNHT đã áp dụng những giá trị thống kê của chuỗi số liệu đo đạc để so sánh trạm quan trắc với trung bình nhiều vị trí [27–28]. Giả thiết đồng nhất đưa ra giống với kiểm nghiệm Pettitt. Alexandersson đã đưa ra chỉ số thống kê T_v để so sánh giá trị trung bình giữa v năm đầu tiên với (n-v) năm cuối [23].

$$z_i = \frac{(q_i - \bar{q})}{s_q} \quad (3)$$

$$T_v = v\bar{z}_1^2 + (n - v)\bar{z}_2^2, \quad \text{với } v = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

Trong đó q là số liệu (1, 2, ..., n dữ liệu)

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v z_i$$

$$\bar{z}_2 = \frac{1}{n-v} \sum_{i=v+1}^n z_i \quad (5)$$

Trong trường hợp số liệu v năm được xem không đồng nhất khi:

$$T_0 = \max\{T_v\} \quad (6)$$

Và giá trị T_0 được tính toán mô phỏng với mức ý nghĩa 0,05.

2.3.2. Phương pháp kiểm nghiệm phi tham số Mann–Kendall (M–K test)

Kiểm nghiệm Mann–Kendall được sử dụng để kiểm tra xu thế biến đổi của các yếu tố khí tượng thủy văn theo thời gian. M–K test so sánh độ lớn tương đối của các phần tử trong chuỗi dữ liệu, điều này có thể tránh được các giá trị cực đại hoặc cực tiểu cục bộ của chuỗi số liệu [29].

Giả thiết rằng có một dữ liệu x_i theo chuỗi trình tự thời gian (x_1, x_2, \dots, x_n với x_i biểu diễn số liệu tại thời điểm i), mỗi giá trị dữ liệu tại mỗi thời điểm được so sánh với các giá trị trên toàn chuỗi thời gian. Giá trị ban đầu của thống kê M–K test, S là 0 (nghĩa là không có xu thế). Nếu một dữ liệu ở một thời điểm sau lớn hơn giá trị của dữ liệu ở một thời điểm nào đó trước đây, S được tăng thêm 1; và ngược lại. Xét chuỗi x_1, x_2, \dots, x_n biểu diễn n điểm dữ liệu trong đó x_j là giá trị dữ liệu tại thời điểm j. Khi đó chỉ số thống kê M–K test, S được tính bởi [30–31].

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sign}(x_j - x_i) \quad (7)$$

$$- \text{Trong đó: } \text{sign}(x_i - x_j) \begin{cases} 1 \text{ khi } x_i - x_j > 0 \\ 0 \text{ khi } x_i - x_j = 0 \\ -1 \text{ khi } x_i - x_j < 0 \end{cases} \quad (8)$$

- Giá trị $S > 0$ chỉ xu thế tăng, $S < 0$ chỉ xu thế giảm.
- Tuy nhiên cần phải tính toán xác suất đi kèm với S và n để xác định mức ý nghĩa của xu hướng. Phương sai của S được tính theo công thức:

$$VAR(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (9)$$

- Trong đó g là số các nhóm có giá trị giống nhau, t_p là số phần tử thuộc nhóm thứ p .
- Giá trị chuẩn Z của S tuân theo định luật phân phối chuẩn.

$$Z = \frac{S-1}{[VAR(S)]^{1/2}}, S > 0 \quad (10)$$

$$Z = 0, S = 0$$

$$Z = \frac{S+1}{[VAR(S)]^{1/2}}, S < 0 \quad (11)$$

- Z có phân phối chuẩn $N(0,1)$, dùng để kiểm định chuỗi có xu thế hay không với mức ý nghĩa cho trước (trong nghiên cứu này dùng $\alpha = 0,05$).

- Hệ số tương quan Kendall (τ): $\tau = \frac{S}{D}$, với D là giá trị lớn nhất có thể của S , $-1 < \tau < 1$.

2.3.3. Phương pháp đánh giá xu thế Sen (Sen's slope)

Để xác định độ lớn của xu thế chuỗi Q (độ dốc đường xu thế) ta dùng ước lượng Sen được đưa ra lần đầu vào năm 1968 [32]. Trong đó Q là median của chuỗi $n(n-1)/2$ phần tử; $Q = \text{median} \left\{ \frac{x_j - x_i}{j - i} \right\}$ với $i=1,2,\dots,n-1; j > i$; $Q > 0$ chuỗi có xu thế tăng và ngược lại.

2.3.4. Phương pháp tương quan tuyến tính

Trong nghiên cứu phương pháp tương quan tuyến tính được sử dụng để xác định mối tương quan giữa hai yếu tố NEE với nhiệt độ không khí. Phương pháp xu thế tuyến tính thường được sử dụng với các đường biến trình ít có dao động lên xuống phức tạp. Thông thường, việc xác định xu thế được sử dụng bằng hàm tuyến tính là phương pháp dễ thực hiện nhưng không linh hoạt. Xu thế biến đổi có thể thể hiện khi biểu diễn phương trình hồi quy là hàm theo thời gian:

$$Y = a_0 + a_1 X_t \quad (12)$$

Trong đó Y là giá trị của hàm; X_t là số thứ tự năm; a_0, a_1 là các hệ số hồi qui. Hệ số a_1 cho biết hướng dốc của đường hồi quy, nói lên xu thế biến đổi tăng hay giảm theo thời gian. Nếu a_1 âm nghĩa là xu thế giảm theo thời gian và ngược lại. Các hệ số a_0 và a_1 tính theo công thức sau:

$$a_0 = \bar{y} + a_1 \bar{x} \quad (13)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})(x_t - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \quad (14)$$

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả phân tích tính đồng nhất của số liệu NEE và nhiệt độ không khí

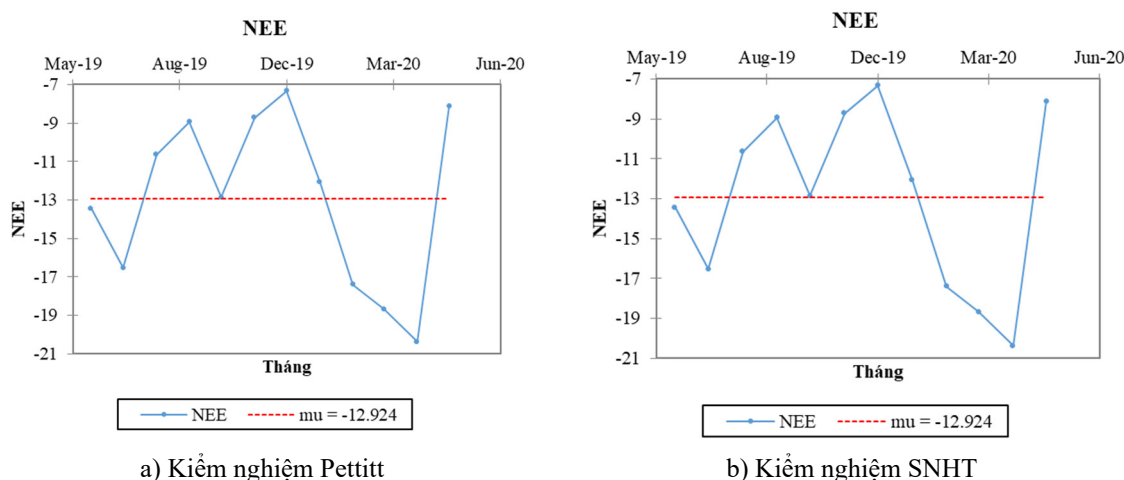
Qua tính toán sơ bộ, các thông số cơ bản được tính toán từ chuỗi dữ liệu NEE và nhiệt độ không khí theo ngày đo đạc từ trạm quan trắc Cần Giờ (từ tháng 6/2019 đến 5/2020) được trình bày ở Bảng 1 và Bảng 2. Trung bình NEE tháng lớn nhất là $-12,924 \text{ g/24h}$, giá trị cực đại tìm được trong chuỗi dữ liệu khoảng $-7,333 \text{ g/24h}$ vào tháng 12/2019, giá trị cực tiểu được tìm thấy là $-20,381 \text{ g/24h}$ vào tháng 5/2020. Trung bình nhiệt độ không khí tháng lớn nhất là $28,405 \text{ }^\circ\text{C}$, giá trị cực đại tìm được trong chuỗi dữ liệu khoảng $29,822 \text{ }^\circ\text{C}$ vào tháng 5/2020, giá trị cực tiểu được tìm thấy là $26,891 \text{ }^\circ\text{C}$ vào tháng 2/2020.

Bảng 1. Kết quả thống kê cơ bản của chuỗi dữ liệu NEE đo đạc từ trạm quan sát Cần Giờ (từ tháng 6/2019 đến 5/2020) (gC/m².phút).

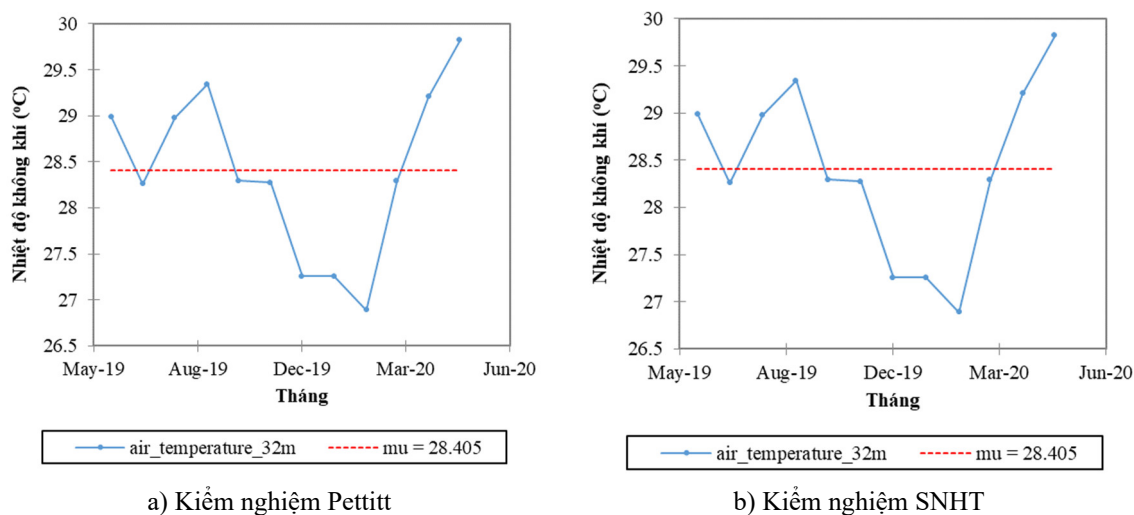
Tên biến	Số mẫu	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
NEE	12	-20,381	-7,333	-12,924	4,430

Bảng 2. Kết quả thống kê cơ bản của chuỗi dữ liệu nhiệt độ không khí đo đạc từ trạm quan sát Cần Giờ (từ tháng 6/2019 đến 5/2020) (°C).

Tên biến	Số mẫu	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
Nhiệt độ không khí	12	26.891	29,822	28,405	0,914



Hình 2. Kết quả phân tích chuỗi dữ liệu NEE tại tháp quan trắc Cần Giờ sử dụng kiểm nghiệm a) Pettitt và b) SNHT.



Hình 3. Kết quả phân tích chuỗi dữ liệu NEE tại tháp quan trắc Cần Giờ sử dụng kiểm nghiệm a) Pettitt và b) SNHT.

Chuỗi số liệu NEE và nhiệt độ không khí trong khoảng thời gian đo đạc 6/2019 đến 5/2020 được kiểm tra tính đồng nhất thông qua kiểm nghiệm SNHT và Pettitt, và thể hiện ở Hình 2 và Hình 3. Kết quả cho thấy rằng, với mức ý nghĩa 0,05, giá trị p của cả kiểm nghiệm Pettitt và SNHT là 0,82 và 0,34 (đối với chuỗi số liệu NEE, Bảng 3), giá trị p của kiểm nghiệm Pettitt và SNHT đối với chuỗi số liệu nhiệt độ không khí lần lượt là 0,84 và 0,32

(Bảng 4). Những giá trị trên đều lớn hơn mức ý nghĩa ($\alpha = 0,05$), điều này khẳng định rằng những chuỗi số liệu NEE và nhiệt độ không khí là đồng nhất.

Bảng 3. Kết quả phân tích tính đồng nhất dữ liệu NEE sử dụng kiểm nghiệm Pettitt và SNHT với độ tin cậy 95%.

Kiểm nghiệm	Giá trị p	Giá trị cận trên	Giá trị cận dưới
Pettitt	0,82	0,83	0,81
SNHT	0,34	0,36	0,33

Bảng 4. Kết quả phân tích tính đồng nhất dữ liệu nhiệt độ không khí sử dụng kiểm nghiệm Pettitt và SNHT với độ tin cậy 95%.

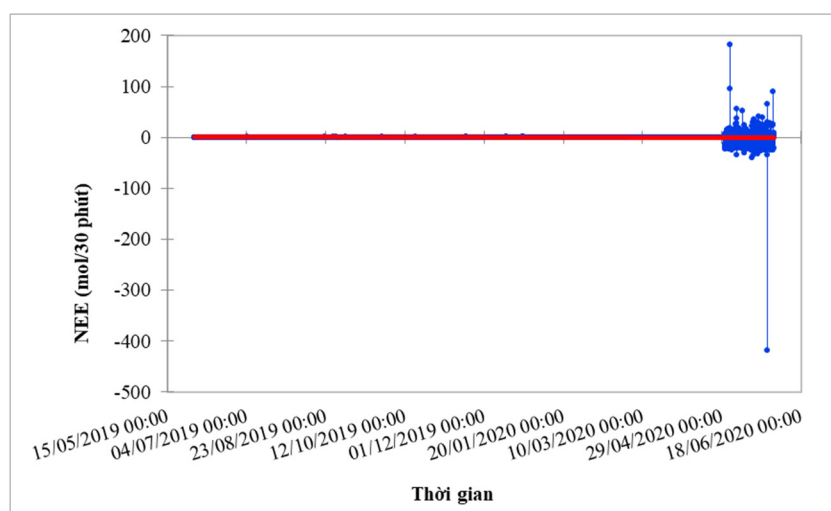
Kiểm nghiệm	Giá trị p	Giá trị cận trên	Giá trị cận dưới
Pettitt	0,84	0,85	0,83
SNHT	0,32	0,33	0,30

3.2. Kiểm định Mann–Kendall và phân tích xu thế Sen đối với chuỗi số liệu tổng lượng sinh thái thuần

Bảng 5 dưới đây trình bày kết quả kiểm định M–K cho giá trị Kendall's tau nhỏ hơn 0, điều này chứng tỏ lượng CO₂ trao đổi thuần của HST đo đạc trong một năm qua có xu hướng giảm, với mức ý nghĩa thống kê M–K test nhỏ hơn 0,001. Để thấy rõ hơn xu thế giảm, ta nhìn qua kết quả của ước lượng Sen khoảng $-1,23 \times 10^{-07}$ (gC/m².phút)/30 phút, cụ thể hơn trong Hình 4.

Bảng 5. Bảng thống kê kết quả kiểm định Mann–Kendall cho chuỗi dữ liệu quan trắc của NEE từ tháng 5/2019–6/2020.

Thông số kiểm định	Kendall's tau	p-value	Sen's slope
NEE (CO ₂)	-0,030	< 0,0001	$-1,23 \times 10^{-07}$



Hình 4. Xu thế biến đổi của NEE theo thời gian.

3.3. Xác định mối tương quan giữa NEE với nhiệt độ không khí trong quá trình quang hợp của thực vật RNM Cần Giờ từ 6/2019–5/2020

Từ cơ sở kiểm tra tính đồng nhất dựa trên những kiểm nghiệm Pettitt và SNHT, chuỗi số liệu đo đạc 30 phút từ 6/2019 đến 5/2020 của NEE và nhiệt độ không khí được tính toán tương quan thông qua xu thế tuyến tính, ứng với mức ý nghĩa 0.05 ($\alpha = 0,05$). Hai giả thiết được đưa ra là: Ho không có tương quan giữa hai biến NEE và nhiệt độ không khí (nếu giá trị p lớn hơn α); Ha có tương quan giữa hai biến NEE và nhiệt độ không khí (nếu giá trị p nhỏ hơn α). Kết quả xác định xu thế được thể hiện ở những bảng dưới đây:

Ở Bảng 6a cho kết quả kiểm định F = 243,997, với giá trị p nhỏ hơn mức ý nghĩa ($p < 0,001$), từ đây giả thiết Ho bị bác bỏ và rút ra kết luận rằng có mối tương quan tuyến tính giữa NEE và nhiệt độ không khí. Tuy nhiên, hệ số tương quan rất thấp, khoảng $R^2 = 0,014$, do vậy chỉ có 1,4% sự thay đổi NEE được giải thích bởi nhiệt độ không khí (Bảng 6b). Dựa trên Bảng 6c ghi nhận rằng NEE tương quan nghịch với nhiệt độ không khí dựa trên phương trình hồi quy tuyến tính: $y = -0,237x + 6,551$. Với đường xu thế cận trên là $y = -0,207x + 7,400$ và đường xu thế cận dưới là $y = -0,267x + 5,703$.

Bảng 6. Kết quả xác định xu thế tuyến tính giữa NEE và nhiệt độ không khí tại RNM Cần Giờ trong khoảng thời gian từ 6/2019 đến 5/2020.

a. ANOVA ^a						
Mô hình	Tổng bình phương	df	Bình phương trung bình	F	Mức ý nghĩa	
1	Regression	5062.111	1	5062.111	243.997	0.000 ^b
	Residual	364309.909	17560	20.747		
	Total	369372.019	17561			

a. Giá trị phụ thuộc: NEE
b. Dự đoán, Nhiệt_do_khong_khi

b. Tổng hợp ^a				
Mô hình	R	R ²	Điều chỉnh R ²	Sai số ước tính
1	0.117 ^a	0.014	0.014	4.555

a. Dự đoán: (Constant), Nhiệt_do_khong_khi

c. Những hệ số ^a								
Mô hình	Hệ số không tiêu chuẩn hóa		Hệ số tiêu chuẩn	t	Sig.	95.0% Mức độ tin cậy cho B		
	B	Sai số				Cận dưới	Cận trên	
1	Hằng số	6.551	0.433	15.140	0.000	5.703	7.400	
	Nhiệt_do_khong_khi	-0.237	0.015	-0.117	-15.620	0.000	-0.267	-0.207

a. Giá trị phụ thuộc: NEE

3.4. Xác định mối tương quan giữa NEE với nhiệt độ không khí trong quá trình quang hợp của thực vật RNM Cần Giờ vào các tháng mùa mưa (6/2019–11/2019)

Mục này xác định mối tương quan giữa NEE và nhiệt độ không khí thông qua xu thế tuyến tính, ứng với mức ý nghĩa 0.05 ($\alpha = 0,05$). Chuỗi số liệu được đo đạc trong mùa mưa là từ tháng 6/2019 đến tháng 11/2019. Với hai giả thiết được đưa ra là: Ho không có tương quan giữa hai biến NEE và nhiệt độ không khí vào các tháng mùa mưa (nếu giá trị p lớn hơn α); Ha có tương quan giữa hai biến NEE và nhiệt độ không khí vào các tháng mùa mưa (nếu

giá trị p nhỏ hơn α). Bảng 7 dưới đây trình bày kết quả tính toán tương quan giữa NEE và nhiệt độ không khí.

Bảng 7. Kết quả xác định xu thế tuyến tính giữa NEE và nhiệt độ không khí tại RNM Cần Giờ trong khoảng thời gian các tháng mùa mưa (6/2019–11/2019).

a. ANOVA^a							
Mô hình	Tổng bình phương	df	Bình phương trung bình	F	Mức ý nghĩa		
Regression	0.484	1	0.484	301.156	0.000 ^b		
1 Residual	14.113	8780	0.002				
Total	14.597	8781					

a. Giá trị phụ thuộc: NEE_Mua mua
b. Dự đoán: (Constant), Nhiet_do_khong_khi

b. Tổng hợp^b						
Mô hình	R	R ²	Điều chỉnh R ²	Sai số ước tính		
1	0.182 ^a	0.033	0.033	0.040		

a. Dự đoán: (Constant), Nhiet_do_khong_khi
b. Giá trị phụ thuộc: NEE_Mua mua

c. Những hệ số^a								
Mô hình	Hệ số không tiêu chuẩn hóa		Hệ số tiêu chuẩn		t	Sig.	95.0% Mức độ tin cậy cho B	
	B	Sai số	Beta	Cận dưới			Cận trên	
	1 (Constant)	0.089	0.005				16.272	0.000
Nhiet_do_khong_khi	-0.003	0.000	-0.182	-17.354	0.000	-0.004	-0.003	

a. Giá trị phụ thuộc: NEE_Mua mua

Bảng 7a cho kết quả kiểm định F = 301,156, với giá trị p nhỏ hơn mức ý nghĩa ($p < 0,001$), từ đây giả thiết Ho bị bác bỏ và rút ra kết luận rằng có mối tương quan tuyến tính giữa NEE và nhiệt độ không khí vào mùa mưa. Tuy nhiên, hệ số tương quan rất thấp, chỉ khoảng $R^2 = 0,033$, tức là khoảng 3,3% sự thay đổi NEE được giải thích bởi nhiệt độ không khí vào mùa mưa (Bảng 7b). Dựa trên Bảng 7c ghi nhận rằng NEE tương quan nghịch với nhiệt độ không khí dựa trên phương trình hồi quy tuyến tính: $y = -0,003x + 0,089$. Với đường xu thế cận trên là $y = -0,003x + 0,10$ và đường xu thế cận dưới là $y = -0,004x + 0,078$.

3.5. Xác định mối tương quan giữa NEE với nhiệt độ không khí trong quá trình quang hợp của thực vật RNM Cần Giờ vào các tháng mùa khô (12/2019–05/2020)

Ở phần này xác định mối tương quan giữa NEE và nhiệt độ không khí thông qua xu thế tuyến tính vào các tháng mùa khô, ứng với mức ý nghĩa 0,05 ($\alpha = 0,05$). Tương tự với hai phần trên, hai giả thiết được đưa ra là: Ho không có tương quan giữa hai biến NEE và nhiệt độ không khí vào các tháng mùa khô (nếu giá trị p lớn hơn α); Ha có tương quan giữa hai biến NEE và nhiệt độ không khí vào các tháng mùa khô (nếu giá trị p nhỏ hơn α). Bảng 8 dưới đây sẽ trình bày kết quả tính toán tương quan giữa NEE và nhiệt độ không khí.

Bảng 8. Kết quả xác định xu thế tuyến tính giữa NEE và nhiệt độ không khí tại RNM Cần Giờ trong khoảng thời gian các tháng mùa khô (12/2019–5/2020).

a. Tổng hợp^b								
Mô hình	R	R ²	Điều chỉnh R ²	Sai số ước tính				
1	0.172 ^a	0.030	0.030	6.385				
a. Dự đoán: (Constant), Nhiệt độ không khí								
b. Giá trị phụ thuộc: NEE_Mùa mua								
b. ANOVA^a								
Mô hình	Tổng bình phương	df	Bình phương trung bình	F	Mức ý nghĩa			
1	Regression	10954.038	1	10954.038	268.718	0.000 ^b		
	Residual	357827.619	8778	40.764				
	Total	368781.657	8779					
a. Giá trị phụ thuộc: NEE_Mùa mua								
b. Dự đoán: (Constant), Nhiệt độ không khí								
c. Hệ số^a								
Mô hình	Hệ số không tiêu chuẩn hóa		Hệ số tiêu chuẩn	t	Sig.	95.0% Mức độ tin cậy cho B		
	B	Sai số	Beta			Cận dưới	Cận trên	
(Constant)	13.641	0.857		15.912	0.000	11.960	15.321	
1	Nhiệt độ không khí	-0.498	0.030	-0.172	-16.393	0.000	-0.557	-0.438
a. Giá trị phụ thuộc: NEE_Mùa mua								

Từ những kết quả trình bày trên Bảng 8a, b, c có thể rút ra kết luận rằng giữa NEE và nhiệt độ không khí vào các tháng mùa khô có tương quan tuyến tính với nhau. Tuy nhiên, hệ số tương quan rất thấp, chỉ khoảng $R^2 = 0,03$, tức là khoảng 3% sự thay đổi NEE được giải thích bởi nhiệt độ không khí vào các tháng mùa khô. Đồng thời, NEE có xu thế tương quan với nhiệt độ không khí dựa trên phương trình hồi quy tuyến tính: $y = -0,498x + 13,641$. Với đường xu thế cận trên là $y = -0,438x + 15,231$ và đường xu thế cận dưới là $y = -0,557x + 11,960$.

3.6. Hàm lượng CO₂ trao đổi thuần của HST RNM Cần Giờ

Phân tích, tổng hợp các dữ liệu ghi nhận được trong giai đoạn từ tháng 6/2019 đến tháng 5/2020 được thể hiện ở Bảng 9.

Bảng 9. Lượng CO₂ trao đổi thuần của HST RNM trong 12 tháng.

Thời gian	Hàm lượng C trao đổi (g/tháng.m ²)	Hàm lượng CO ₂ trao đổi (g/tháng.m ²)
Tháng 06/2019	-109,940	-403,111
Tháng 07/2019	-139,695	-512,215
Tháng 08/2019	-89,908	-329,665
Tháng 09/2019	-73,067	-267,913
Tháng 10/2019	-108,795	-398,916

Thời gian	Hàm lượng C trao đổi (g/tháng.m ²)	Hàm lượng CO ₂ trao đổi (g/tháng.m ²)
Tháng 11/2019	-71,317	-261,496
Tháng 12/2019	-61,999	-227,330
Tháng 01/2020	-102,081	-374,300
Tháng 02/2020	-137,624	-504,623
Tháng 03/2020	-157,854	-578,799
Tháng 04/2020	-166,755	-611,436
Tháng 05/2020	-68,614	-251,587
Tổng	-1287,649	-4721,394
Min	-166,755	-611,436
Trung bình	-107,304	-393,450
Max	-61,999	-227,330

Bảng 9 thể hiện lượng NEE hấp thụ trung bình tháng là -393,450 gCO₂/m², tương đương -107,304 gC/m² (giá trị âm thể hiện HST hấp thụ các bon). So với kết quả đã công bố cho thấy khả năng hấp thụ các bon trung bình tháng của thời kỳ này thấp hơn giai đoạn liền kề trước đó (05/2017 đến 04/2019), đạt -108,835 gC/m² [15].

Từ 6/2019 đến 5/2020, tổng lượng NEE của HST là 1287,649 gC/m².năm (tương đương 47,2 tấn CO₂/ha.năm). Giá trị cao hơn so với NEE đo được bằng phương pháp EC đối với các hệ sinh thái trên cạn (upland ecosystem) vùng nhiệt đới. Ở rừng nhiệt đới Brazil, ước tính NEE dao động từ -560 đến -1190 gC/m².năm [33, 34]. Ở các khu rừng trên cạn của Thái Lan, Malaysia và Indonesia giá trị NEE dao động từ -440 đến +180 gC/m².năm [35]. Tại rừng ẩm thường xanh Nam Cát Tiên (tỉnh Đồng Nai), giá trị NEE xác định được là -401, -453, -513 gC/m².năm lần lượt vào các năm 2012, 2013 và 2014 [20]. NEE tương đối cao của RNM Cần Giờ có thể được giải thích do RNM liên tục chịu ảnh hưởng bởi hoạt động thủy triều. Các hoạt động này đem đến một nguồn carbon đáng kể gồm carbon hữu cơ hạt (POC), carbon hữu cơ hòa tan (DOC) và carbon vô cơ hòa tan (DIC) [36]. Tổng hợp các nghiên cứu trước đó của Barr chỉ ra quá trình phát thải của các nguồn các bon này sẽ có xu hướng hạ thấp ước tính hô hấp của hệ sinh thái xuất phát từ các phép đo EC. Do vậy, chỉ số NEE có thể chịu tác động bởi yếu tố vị trí thấp quan trắc nằm gần các cửa sông Đồng Tranh, Lòng Tàu và Xoài Rạp. Bởi yếu tố địa lý này, khu vực quan trắc liên tục tiếp nhận nguồn các bon dồi dào do thủy triều tập trung các dòng POC, DOC và DIC dọc theo các con sông đổ về khu vực cửa sông.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, phương pháp kiểm tra tính đồng nhất đã xác định chuỗi số liệu NEE và nhiệt độ không khí đo đạc từ tháng 6/2019 đến tháng 5/2020 có tính đồng nhất theo hai kiểm nghiệm Pettitt và SNHT. Nghiên cứu ghi nhận giá trị p đều lớn hơn mức ý nghĩa ($\alpha = 0,05$), đối với chuỗi NEE giá trị p lần lượt bằng 0,82 (kiểm nghiệm Pettitt) và 0,34 (kiểm nghiệm SNHT), đối với chuỗi nhiệt độ không khí giá trị p bằng 0,84 (kiểm nghiệm Pettitt) và 0,32 (kiểm nghiệm SNHT). Nói cách khác, khoảng 82% và 84% rủi ro khi loại bỏ Ho đối với kiểm nghiệm Pettitt, khoảng 34% và 32% rủi ro khi loại bỏ Ho đối với kiểm nghiệm SNHT.

Kiểm nghiệm Mann-Kendall và phương pháp đánh giá xu thế Sen cho biết, chuỗi số liệu NEE trong một năm qua có xu thế giảm khoảng $-1,23 \times 10^{-7}$ (gC/m².phút)/30 phút với mức ý nghĩa nhỏ hơn 0,05. Bên cạnh đó, dựa trên hàm tương quan tuyến tính đã ghi nhận NEE tương quan tuyến tính nghịch với nhiệt độ không khí qua phương trình hồi quy tuyến tính: $y = -0,237x + 6,551$, đường xu thế cận trên là $y = -0,207x + 7,400$ và đường xu thế cận dưới là $y = -0,267x + 5,703$ ở mức ý nghĩa nhỏ hơn 0,05. Bên cạnh đó, ở mức ý nghĩa bằng 0,05,

nghiên cứu đã xác định được mối tương quan tuyến tính giữa NEE và nhiệt độ không khí vào mùa mưa và mùa khô lần lượt là $y = -0,003x + 0,089$ và $y = -0,498x + 13,641$. Tuy nhiên, do số liệu quan trắc còn ít nên tương quan giữa hai yếu tố trên rất thấp, cần tiếp tục các nghiên cứu với kế hoạch lâu dài trong đó xét thời gian quan trắc dài hơn và xem xét đầy đủ các mối liên hệ giữa lượng CO₂ trao đổi thuần của HST được xác định qua phương pháp EC với các yếu tố khí hậu khác như: độ ẩm, lượng mưa, áp suất tại RNM Cần Giờ.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.V.T., Đ.P.L., T.T.H., H.C.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.V.T., T.T.H., H.C.T.; Xử lý số liệu: N.V.T., Đ.P.L., H.C.T.; Viết bản thảo bài báo: H.C.T.; Chỉnh sửa bài báo: N.V.T., T.T.H., P.T.L.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Thành phố Hồ Chí Minh là “Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến khả năng dự trữ Carbon của các hệ sinh thái tự nhiên rừng ngập mặn Cần Giờ và đề xuất các giải pháp thích ứng”, trong thời gian thực hiện 18 tháng.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. BCA, WWF, Đại học Stockholm. Đa dạng sinh học; Biến đổi khí hậu và bảo tồn ĐDSH trong bối cảnh biến đổi khí hậu tại Việt Nam. Hà Nội, 2013, tr. 40.
2. Dũng, N.H.; Dũng, V.V. Bảo tồn đa dạng sinh học ở Việt Nam—mối liên hệ với Phát triển bền vững (SD) và biến đổi khí hậu (CC). Hội thảo Chuyên đề về Đa dạng sinh học và BĐKH: mối liên quan tới đói nghèo và phát triển bền vững. Hà Nội, 2007.
3. Bộ Tài nguyên Môi trường. Báo cáo quốc gia về đa dạng sinh học năm 2011. Hà Nội, 2011, tr. 124.
4. Short, F.T.; Kosten, S., Morgan, P.A.; Malone, S.; Moore, G.E. Impacts of climate change on submerged and emergent wetland plants. *Aquat. Bot.* **2016**, *135*, 3–17.
5. Pernetta, J.C. Mangrove forests, climate change and sea-level rise: hydrological influences on community structure and survival, with examples from the Indo-West Pacific. A Marine Conservation and Development Report. IUCN, Gland, Switzerland 1993, VII, pp. 46.
6. Hutchings, P.; Saenger, P. Ecology of Mangroves. Queensland University Press 1987.
7. Moore, R.T.; Miller, P.C.; Ehleringer, J.; Lawrence, W. Seasonal trends in gas exchange characteristics of three mangrove species. *Photosynthetica* **1973**, *7*, 387–93.
8. Andrews, T.J.; Clough, B.F.; Muller, G.J. Photosynthetic gas exchange and carbon isotope ratios of some mangroves in North Queensland. In Physiology and Management of Mangroves, Tasks for Vegetation Science. (Ed H.J. Teas.) Junk Publications, The Hague 1984, 15–23.
9. Andrews, T.J.; Muller, G.J. Photosynthetic gas exchange of the mangrove, *Rhizophora stylosa* Griff., in its natural environment. *Oecologia* **1985**, *65*, 449–455.
10. Clough, B.F.; Andrews, T.J.; Cowan, I.R. Physiological processes in mangroves In "Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management." (Ed B.F. Clough.) Australian National University Press, Canberra, 1982, 194–210.
11. Quý, V. Biến đổi khí hậu và đa dạng sinh học ở Việt Nam. Bản tin ĐHQG Hà Nội. **2009**, *219*, 22–25.
12. Nam, V.N. và cs. Nghiên cứu khả năng cố định carbon của rừng ngập mặn trong Khu Dự trữ sinh quyển Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh. Sở KH&CN Thành phố Hồ Chí Minh. Báo cáo tổng kết, 2011, tr. 118.

13. Mỹ, N.T.T. và cs. Nghiên cứu ảnh hưởng của BĐKH đến khu hệ thực vật RNM Cần Giờ và đề xuất các giải pháp bảo vệ. Sở KH&CN Thành phố Hồ Chí Minh. Báo cáo tổng kết, 2014, tr. 247.
14. Khôi, L.V. và cs. Khôi phục và phát triển bền vững rừng ngập mặn Cần Giờ. Ban quản lý RNM Cần Giờ, 2006.
15. Lưu, Đ.P.; Vitaly, K.A.; Thịnh, N.V. Ước tính khả năng trao đổi CO₂ của hệ sinh thái rừng ngập mặn Cần Giờ bằng phương pháp Eddy–Covariance. *Tap chí Sinh Học* **2019**, *41*, 377–384. <https://doi.org/10.15625/0866-7160/v41n2se1&2se2.14149>.
16. Burba, G. Eddy Covariance method for scientific, industrial, agricultural and regulatory applications: A field book on measuring ecosystem gas exchange and areal emission rates. Li–Cor Biosciences, Lincoln. USA 2013, pp. 345.
17. Huân, T.C.; Duy, Đ.B.; Kurbatova, J.A.; Deshcherevskaya, O.A.; Avilov, V.A. Cơ sở lý thuyết của phương pháp phương sai rối trong nghiên cứu dòng nhiệt, ẩm, khí CO₂ và các đặc trưng kỹ thuật của Trạm quan trắc dòng Nam Cát Tiên. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Nhiệt đới* **2012**, *1*, 100–107.
18. Kominami, Y.; Jomura, M.; Dannoura, M.; Goto, Y.; Tamai, K.; Miyama, T.; Kanazawa, Y.; Kaneko, S.; Okumura, M.; Misawa, N.; Hamada, S.; Sasaki, T.; Kimura, H.; Ohtani, Y. Biometric and eddy covariance based estimates of carbon balance for a warm temperate mixed forest in Japan. *Agric. For. Meteorol.* **2008**, *148*, 723–737
19. Elbers, J.A.; Jacobs, C.M.J.; Kruijt, B.; Jans, W.P.; Moors, E.J. Assessing the uncertainty of estimated annual totals of net ecosystem productivity: A practical approach applied to a mid latitude temperate pine forest. *Agric. For. Meteorol.* **2011**, *151*, 1823–1830.
20. Duy, Đ.B. Nghiên cứu xác định lượng Carbon trao đổi (hấp thụ) của hệ sinh thái rừng mưa nhiệt đới Nam Cát Tiên bằng phương pháp Eddy–Covariance. Hội Nghị khoa học toàn quốc về sinh thái và tài nguyên sinh vật lần thứ 6. Hà Nội, 2015, 1310–1316.
21. Saigusa, N.; Yamamoto, S.; Hirata, R.; Ohtani, Y.; Ide, R.; Asanuma, J.; Gamo, M.; Hirano, T.; Kondo, H.; Kosugi, Y.; Li, S.G.; Nakai, Y.; Takagi, K.; Tani, M. and Wang, H. Temporal and spatial variations in the seasonal patterns of CO₂ flux in boreal, temperate, and tropical forests in East Asia. *Agric. For. Meteorol.* **2008**, *148*, 700–713.
22. Barr, J.G.; Engel, V.; Smith, T.J.; Fuentes, J.D. Hurricane disturbance and recovery of energy balance, CO₂ fluxes and canopy structure in a mangrove forest of the Florida Everglades. *Agric. For. Meteorol.* **2012**, *153*, 54–66.
23. Alexandersson, H. A homogeneity test applied to precipitation data. *Int. J. Climatol. International* **1986**, *6*, 661–675.
24. Tân, P.V. Phương pháp thống kê trong khí hậu. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội, 2005.
25. Wijngaard, J.B.; Tank, A.M.G.; Konnen, G.P. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *Int. J. Climatol.* **2003**, *23*, 679–692.
26. Pettitt, A.N. A non–parametric approach to the change–point problem. *J. Royal Stat. Soc. Series C (Applied Stat.)* **1979**, *28*, 126–135.
27. Kahya, E.; Arıkan, B.B.; Akdeniz, E. Homogeneity analysis of precipitation series in Turkey. Conference Paper, 2016.
28. Talaei, P.H.; Kouchakzadeh, M.D.; Some, B.S. Homogeneity analysis of precipitation series in Iran. *Theor. Appl. Climatol.* **2013**, *118*, Nos 1/2. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1074-y>.

29. Tuân, N.V. Phân tích số liệu và tạo biểu đồ bằng R: hướng dẫn và thực hành. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh, 2006.
30. McLeod, A.I. Kendall rank correlation and Mann–Kendall trend test, 2011.
31. Kendall, M.G. Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London 1975, pp. 272.
32. Sen, P.K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *J. Am. Stat. Assoc.* **1968**, *63*, 13791389.
33. Carswell, F.E.; Meir, P.; Wandelli, E.V.; Bonates, L.C.; Kruijt, B.; Barbosa, E.M.; Nobre, A.D.; Grace, J.; Jarvis, P.G. Photosynthetic capacity in a central Amazonian rain forest. *Tree Physiol.* **2000**, *20*, 179–186.
34. Malhi, Y. et al. Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forests. *Global Change Biol.* **2009**, *15*, 1255–1274.
35. Hirata, R.; Saigusa, N.; Yamamoto, S.; Ohtani, Y.; Ide, R.; Asanuma, J.; Gamo, M.; Hirano, T.; Kondo, H.; Kosugi, H.; Li, S.G.; Nakai, Y.; Takagi, K.; Tani, M.; Wang, H. Spatial distribution of carbon balance in forest ecosystems across East Asia. *Agric. For. Meteorol.* **2008**, *148*, 761–775.
36. Barr, J.G.; Engel, V.; Fuentes, J.D.; Zieman, J.C.; O'Halloran, T.L.; Smith, T.J.; Anderson, G.H. Controls on mangrove forest atmosphere carbon dioxide exchanges in western Everglades National Park. *J. Geophys. Res.* **2010**, *115*, G02020. <https://doi.org/10.1029/2009JG001186>.

Determinating of the correlation between the air temperature with Net ecosystem exchange of CO₂ during photosynthesis of mangrove plants in Can Gio mangrove forest

Nguyen Van Thinh¹, Do Phong Luu¹, Ho Cong Toan², Tran Tuan Hoang²,
Pham Thanh Long².

¹Joint Russian–Vietnamese Tropical Scientific Research and Technological Center; thinh39b@gmail.com; dophongluu@gmail.com

²Sub–Institute HydroMeteorology and Climate Change; hocongtoanhhdh@gmail.com; hoangkttv@gmail.com; longphamsihymete@gmail.com

Abstract: The purpose of this study is determine the correlation between the Net ecosystem exchange of CO₂ (NEE) and the air temperature during the photosynthesis of mangrove plants, based on a series of measurements at the climate monitoring tower. in Can Gio mangrove forest. First, the series of observational data on NEE and air temperature from June 2019 to 5/2020 was checked homogeneity about data based on Pettitt tests and Standard Normal Homogeneity test (SNHT). Next, the research team used the Sen trend method and the Mann–Kendall test to evaluate the statistical significance of the NEE data series and the air temperature. The analytical results showed that, with significance level of 0.05, NEE measured values tended to decrease during the measurement period, about -1.23×10^{-7} (gC/m².min)/30 minutes and the air temperature. tends to increase 2.69×10^{-5} (°C/30 minutes) according to the Sen trend assessment method. Finally, the correlation between NEE and air temperature during the photosynthesis of mangrove plants is determined based on a linear correlation. With a significance level of 0.05 for 1 year continuously, the NEE measurement is inversely correlated, however, only 1.4% of the change in NEE is explained by the air temperature according to the linear regression equation. calculate $y = -0.237x + 6.551$, the trend of the upper bound of $y = -0.207x + 7.400$ and the lower trend of $y = 0.267x + 5.703$. And, this also significance, the study determined linear correlation between NEE and air temperature in rain reason and dry reason such as $y = -0.003x + 0.089$ and $y = -0.498x + 13.641$.

Keywords: Linear correlation; Homogeneity; Net ecosystem exchange of CO₂.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu xây dựng bộ công cụ giám sát hoạt động mạng lưới trạm khí tượng thủy văn

Vũ Ngọc Linh¹, Nguyễn Minh Hải^{2*}, Nguyễn Văn Lịch², Trịnh Đăng Ba³

¹ Vụ Quản lý dự báo khí tượng thủy văn; vnlinh@monre.gov.vn

² Trung tâm Quan trắc khí tượng thủy văn; hai12bka@gmail.com

³ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Bắc Trung Bộ; bakttv86@gmail.com

* Tác giả liên hệ: hai12bka@gmail.com; Tel: +84-983591346

Ban Biên tập nhận bài: 05/11/2020; Ngày phản biện xong: 17/12/2020; Ngày đăng bài: 25/3/2021

Tóm tắt: Hiện nay việc sử dụng các sản phẩm công nghệ thông tin phục vụ công tác quản lý, giám sát ở các ngành, lĩnh vực đang rất phổ biến và hiệu quả. Theo quy định của Luật Khí tượng thủy văn năm 2015, hồ sơ kỹ thuật các trạm là một trong các loại thông tin, dữ liệu khí tượng thủy văn cần được quản lý, giám sát. Nhằm đáp ứng các yêu cầu về quản lý hoạt động mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn theo hướng tự động, hiện đại, nghiên cứu này đã phát triển thành công bộ công cụ phần mềm quản lý hoạt động mạng lưới trạm khí tượng thủy văn, phần mềm có thể cài đặt trên các thiết bị di động thông minh, cho phép người sử dụng dễ dàng truy cập, quản lý, theo dõi trực tuyến tình hình hoạt động của từng trạm quan trắc, giúp nhà quản lý có thể đưa ra các quyết định kịp thời để xử lý các tình huống, sự cố cũng như phục vụ công tác chỉ đạo, điều hành hằng ngày đối với hoạt động của mạng lưới trạm.

Từ khóa: Ứng dụng quản lý, giám sát mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn; Hồ sơ kỹ thuật trạm; Quản lý hoạt động trạm quan trắc khí tượng thủy văn.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn được Đảng và Nhà nước quan tâm đầu tư hiện đại hóa, thông qua đầu tư nhiều dự án tăng cường năng lực quan trắc sử dụng nguồn vốn trong nước và vốn viện trợ của nước ngoài. Kết quả, mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn của Việt Nam đang dần được nâng cấp tự động, tiên tiến, hiện đại, mật độ dày hơn và đa dạng các loại mô hình trạm. Sự phát triển mạnh mẽ về số lượng trạm và công nghệ quan trắc cũng đã đặt ra bài toán cho các nhà quản lý mạng lưới trạm, cần phải nắm bắt tình hình hoạt động của các trạm một cách chính xác, nhanh nhất, có hệ thống để đưa ra các quyết định phục vụ công tác chỉ đạo, điều hành, cũng như khắc phục kịp thời các sự cố về thiết bị, đảm bảo hoạt động liên tục, ổn định của mạng lưới trạm [1].

Hiện nay, với sự phát triển mạnh mẽ của thiết bị di động thông minh đã tạo ra môi trường rộng mở cho các nhà thiết kế phần mềm phát triển các ứng dụng phục vụ nhu cầu của con người, đặc biệt sử dụng rất hiệu quả công tác quản lý, giám sát trong nhiều ngành, lĩnh vực.

Nhận thấy tính ưu việt của phần mềm cài đặt trên thiết bị di động thông minh có thể đáp ứng được các yêu cầu trong công tác quản lý, giám sát hoạt động của mạng lưới trạm quan trắc, nghiên cứu này đã xây dựng thành công bộ công cụ giám sát hoạt động mạng lưới trạm khí tượng thủy văn, có thể cài đặt trên các thiết bị di động như điện thoại thông minh, máy

tính bảng có kết nối internet, giúp các nhà quản lý có thể giám sát hoạt động mạng lưới trạm một cách trực tuyến, liên tục.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu ứng dụng trên thiết bị di động

Một phần mềm ứng dụng được thiết kế cài đặt chạy trên các thiết bị di động như điện thoại thông minh, máy tính bảng và các thiết bị di động khác được gọi tắt là “ứng dụng trên thiết bị di động”. Các ứng dụng thường có sẵn thông qua các nền tảng phân phối ứng dụng (còn gọi là cửa hàng ứng dụng), bắt đầu xuất hiện vào năm 2008 và thường được điều hành bởi các chủ sở hữu của hệ điều hành di động, như Apple App Store, Google Play, Windows Phone Store, và BlackBerry App World. Một số ứng dụng được cung cấp miễn phí, trong khi một số ứng dụng người dùng phải trả kinh phí [2].

Thuật ngữ “ứng dụng” là một rút ngắn của thuật ngữ “phần mềm ứng dụng”, thường được viết là “app” (viết tắt của từ application trong tiếng Anh), từ “app” trở thành từ rất phổ biến trong năm 2010. Ứng dụng di động ban đầu được cung cấp với mục đích thông tin tổng quát và các dịch vụ thông dụng trên mạng toàn cầu, bao gồm email, lịch, danh bạ, và thị trường chứng khoán và thông tin thời tiết. Tuy nhiên, nhu cầu chung của những người sử dụng thiết bị di động và khả năng phát triển của các nhà lập trình đã mở rộng thành các loại khác, chẳng hạn như trò chơi di động, tự động hóa nhà máy, GPS và các dịch vụ dựa trên địa điểm, định vị, các ứng dụng y tế, giám sát, theo dõi sức khỏe, kinh doanh, vận tải, ngân hàng và có thể ứng dụng phục vụ giám sát, quản lý hoạt động trong nhiều ngành, lĩnh vực khác nhau.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

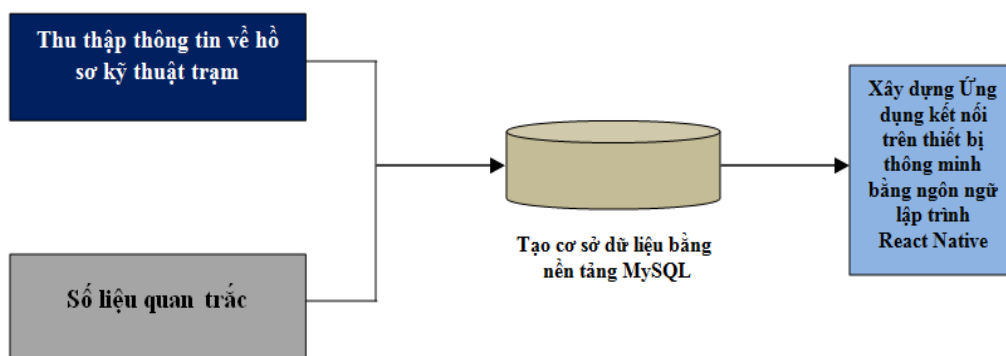
Bộ công cụ giám sát hoạt động mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn được chia làm 02 phần, phần thứ nhất là cơ sở dữ liệu về hồ sơ kỹ thuật trạm, phần thứ hai là phần mềm hiển thị cài đặt trên thiết bị di động (app), chi tiết phương pháp nghiên cứu như sau:

2.2.1. Xây dựng hồ sơ kỹ thuật trạm điện tử

Nghiên cứu đã sử dụng nền tảng MySQL để xây dựng hồ sơ kỹ thuật trạm điện tử cho toàn bộ trạm của mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia, MySQL là một hệ thống quản trị cơ sở dữ liệu mã nguồn mở (*Relational Database Management System*, viết tắt là RDBMS) hoạt động theo mô hình client-server tương thích với nhiều hạ tầng máy tính quan trọng như Linux, macOS, Microsoft Windows, và Ubuntu [3,4].

2.2.2. Xây dựng ứng dụng (app) quản lý hồ sơ hoạt động trạm trên thiết bị thông minh

Để xây dựng được ứng dụng phục vụ giám sát, quản lý hoạt động của mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn, nhóm nghiên cứu đã đặt ra mục tiêu lựa chọn ngôn ngữ lập trình phù hợp để xây dựng. Ứng dụng di động phải hoạt động ổn định trên các thiết bị có hệ điều hành iOS và Android, có chức năng về giám sát, quản lý thông tin về hoạt động, trang thiết bị của các trạm của mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn, chức năng hiển thị trên bản đồ mạng lưới trạm khí tượng thủy văn và thông báo về tình trạng hoạt động của hệ thống trạm, cung cấp cho người sử dụng các báo cáo dữ liệu của các trạm quan trắc một cách chính xác và nhanh chóng. Với ưu điểm tốc độ nhanh trong xử lý dữ liệu trên thiết bị di động thông minh, khả năng hỗ trợ và xử lý tối ưu hóa cao, có thể phát triển trên môi trường Android và iOS, ngữ lập trình React Native do Công ty công nghệ Facebook phát triển đã được nhóm nghiên cứu lựa chọn để xây dựng ứng dụng giám sát hoạt động mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn [5, 6].



Hình 1. Sơ đồ các bước thực hiện xây dựng bộ công cụ giám sát.

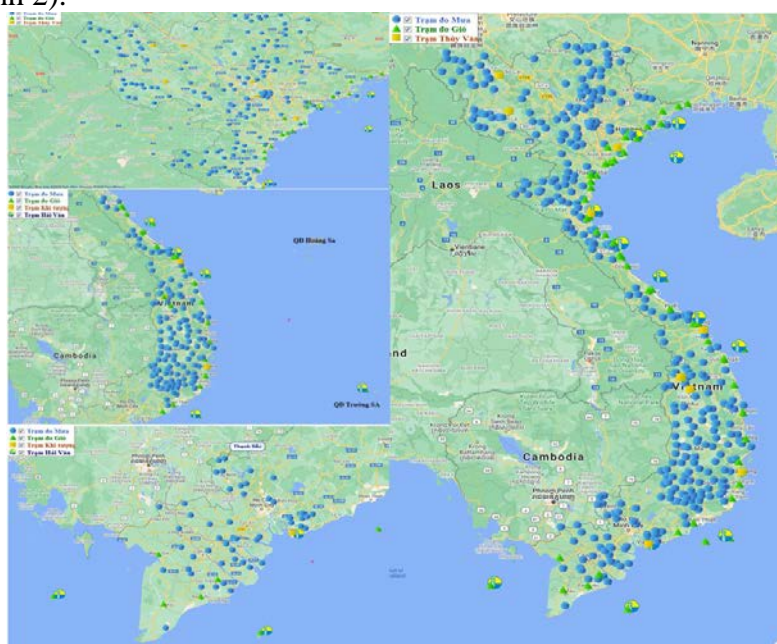
2.3. Thu thập thông tin, dữ liệu

Thông tin, dữ liệu phục vụ xây dựng hồ sơ kỹ thuật trạm điện tử gồm: tên trạm, loại trạm, tọa độ, vị trí, nhân sự, hồ sơ thiết bị, quá trình bảo dưỡng, thay thế, kiểm định. Dữ liệu quan trắc (cả trạm thủ công và tự động) sẽ được lưu vào cơ sở dữ liệu theo bảng mẫu có sẵn, được xây dựng phù hợp với tùy theo loại trạm, kiểu trạm, yếu tố quan trắc sẽ truy cập vào từng vùng nhớ dữ liệu theo yêu cầu.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Các hoạt động kỹ thuật chính để xây dựng bộ công cụ

Trong những năm qua được sự quan tâm của Nhà nước, Chính phủ, hệ thống mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia đã được đầu tư thông các dự án trong và ngoài nước (ODA Ý, Nhật, Phần Lan, Hàn Quốc và WB4, WB5...). Hiện tại, mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia có khoảng 187 trạm khí tượng, 242 trạm thủy văn và 20 trạm hải văn, 13 trạm khí tượng tự động độc lập, 162 trạm thủy văn tự động độc lập, 14 trạm bức xạ tự động (Hình 2).



Hình 2. Bản đồ mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia.

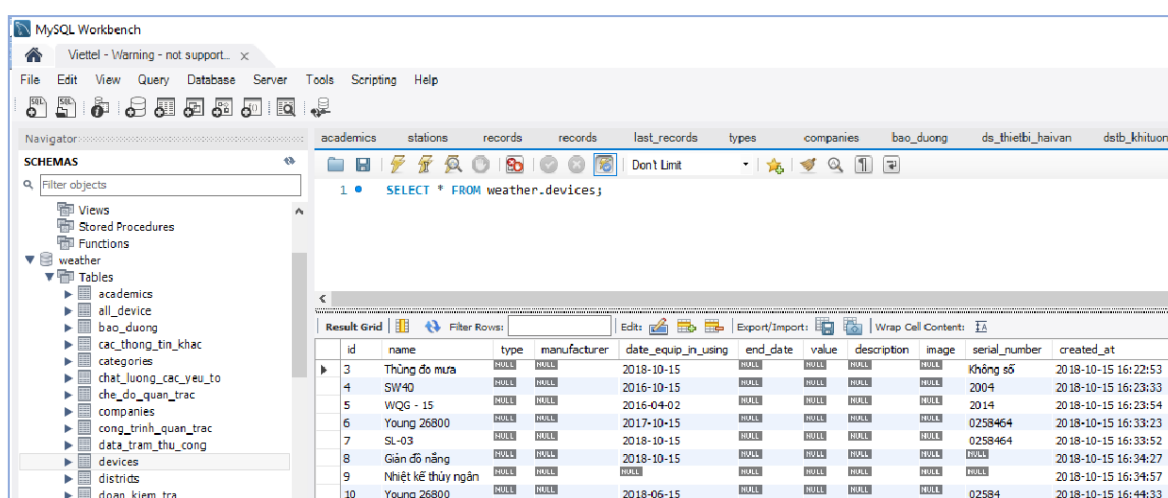
Để thực hiện được yêu cầu giám sát hoạt động của toàn bộ các trạm quan trắc thuộc mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn quốc gia, nghiên cứu đã xây dựng thành công bộ

công cụ giám sát hoạt động của tất cả các trạm này thông qua các hoạt động kỹ thuật được nhóm nghiên cứu thực hiện như sau:

3.1.1. Xây dựng CSDL hồ sơ điện tử kỹ thuật trạm

a. Xây dựng cơ sở dữ liệu

Hồ sơ kỹ thuật trạm là thành phần cơ bản nhất và quan trọng nhất của phần mềm quản lý hoạt động mạng lưới KTTV. Nhìn vào hồ sơ trạm ta sẽ biết lịch sử hoạt động của trạm, những biến đổi trong thời gian hoạt động của trạm. Hồ sơ kỹ thuật trạm được các quan trắc viên tại trạm hoặc đơn vị quản lý trạm tự động ghi chép thành hồ sơ giấy, việc ghi chép lịch sử hoạt động của trạm chỉ giải quyết được vấn đề lưu trữ, rất bị động trong phục vụ công tác quản lý và ra quyết định. Bằng việc ứng dụng nền tảng MySQL, một cơ sở dữ liệu về hồ sơ điện tử kỹ thuật trạm được tạo, thông tin về mọi sự thay đổi đối với hoạt động trạm quan trắc có thể được cập nhật nhanh chóng thông qua việc nhập, sửa đổi các thông tin từ máy tính có kết nối internet có cài đặt phần mềm trình duyệt (Hình 3).



Hình 3. Cơ sở dữ liệu hồ sơ kỹ thuật trạm xây dựng trên nền tảng MySQL.

Do công tác quản lý trạm quan trắc khí tượng thủy văn được phân cấp và chia theo thẩm quyền cho Đài khí tượng thủy văn khu vực. Vì vậy, cơ sở dữ liệu về hồ sơ điện tử kỹ thuật trạm cần được phân quyền truy cập vào hệ thống. Cụ thể được phân thành 04 cấp gồm: cấp trung ương, cấp đài khu vực, cấp tỉnh và cấp trạm (Hình 4).

Tại cấp trung ương được phân cấp cho 03 đối tượng gồm:

- Quản trị hệ thống: thực hiện quản lý tất cả người dùng, trạm quan trắc, danh mục.
- Quản trị trạm: quyền thêm sửa xóa thông tin trạm không có quyền về người dùng, xem, lập báo cáo, cho một loại trạm cụ thể.
- Người dùng, khách: được quyền xem thông tin, tải thông tin, dữ liệu các thống kê, báo cáo (không có quyền thêm, sửa thông tin)

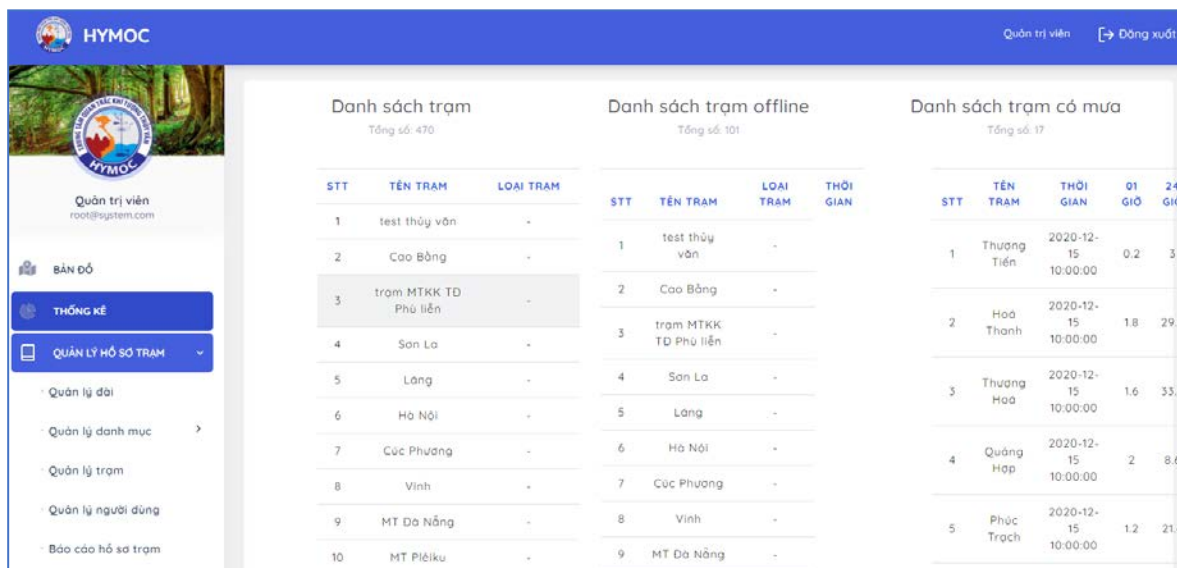
Tại cấp đài khu vực được phân quyền cho 03 đối tượng gồm:

- Quản trị hệ thống: quản lý người dùng, ở đài, trạm.
- Quản trị trạm: quyền thêm sửa xóa thông tin trạm không có quyền về người dùng, xem, lập báo cáo, cho một loại trạm cụ thể, chỉ có quyền truy cập cơ sở dữ liệu của đài mình.
- Người dùng, khách: được quyền xem thông tin, tải thông tin, dữ liệu các thống kê, báo cáo (không có quyền thêm, sửa thông tin).

Tại cấp tỉnh, phân quyền cho 02 đối tượng gồm:

- Quản trị trạm của tỉnh: quản lý người dùng, trạm thuộc tỉnh.
- Người dùng: được quyền xem thông tin trạm, xem tải dữ liệu, thống kê, báo cáo (xem, không có sửa xóa).

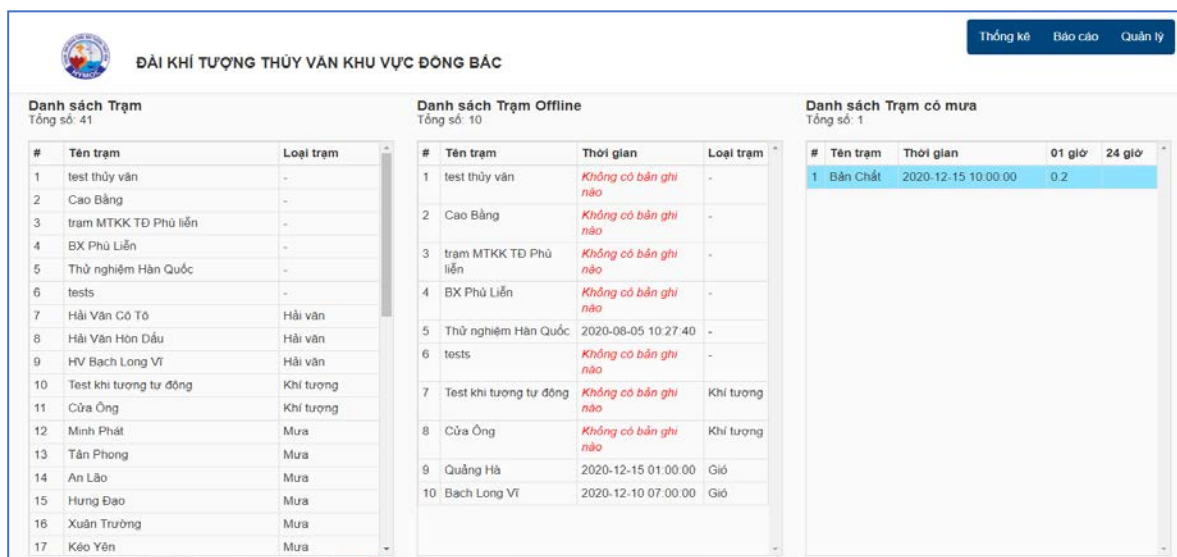
Tại cấp trạm: phân quyền cho 01 đối tượng là trưởng trạm, quản lý thông tin của trạm mình quản lý.



Hình 4. Giao diện truy cập thông tin dành cho quản trị hệ thống.

b. Xây dựng chức năng thống kê

Ngoài phân quyền truy cập cho hệ thống, cơ sở dữ liệu về hồ sơ kỹ thuật trạm còn được bổ sung chức năng thống kê, để hỗ trợ cho chức năng này, các bảng biểu được thiết kế sẵn cho từng loại dữ liệu. Ngoài ra, chức năng thống kê còn thiết kế để tự động lựa chọn các trị số đặc trưng của dữ liệu quan trắc từ các trạm khí tượng thủy văn (Hình 5).



Hình 5. Giao diện chức năng thống kê trong cơ sở dữ liệu.

3.1.2. Xây dựng ứng dụng (app) quản lý hoạt động mạng lưới trạm trên thiết bị di động

Để phục vụ hiệu quả công tác quản lý hoạt động mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn, nghiên cứu đã đặt ra các yêu cầu để thiết kế ứng dụng, hướng tới mục đích tiện lợi, dễ sử dụng, dễ quản lý. Các tiêu chí đặt ra đối với ứng dụng khi xây dựng phải đáp ứng một số yêu cầu về hiển thị như: vị trí của trạm trên bản đồ, trạng thái hoạt động của trạm, mức cảnh báo của trạm, loại trạm theo icon, kiểu trạm, công cụ tìm kiếm trạm trên bản đồ, thống kê hoạt động của trạm.

Thông qua sử dụng ngôn ngữ lập trình React Native, nghiên cứu đã xây dựng thành công một ứng dụng (app) quản lý hoạt động của các trạm khí tượng thủy văn, cài đặt trên thiết bị thông minh cầm tay như điện thoại di động, máy tính bảng, với đầy đủ các tính năng:

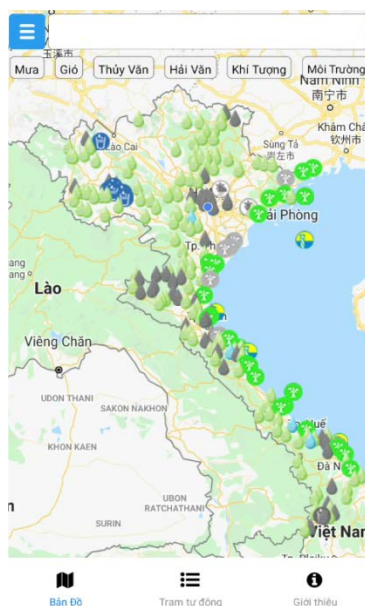
a. Hiển thị theo dạng bản đồ

Với mục đích đưa cho người dùng có góc nhìn trực quan nhất, ứng dụng đã thiết kế hiển thị mạng lưới trạm trên bản đồ Google map, giúp người dùng có thể đánh giá được mật độ trạm trên toàn quốc, phân biệt được các loại trạm (theo các ion khác nhau), nhận biết được trạm đang hoạt động, trạm đang bị trục trặc hoặc ngừng hoạt động thông qua hiển thị màu sắc của icon (Hình 6).

```
import React, {Component} from 'react';
import {
  StyleSheet,
  View,
  ActivityIndicator,
  FlatList,
  TextInput,
  Touchableopacity,
  Image,
  Text,
} from 'react-native';
import MapView from 'react-native-maps';
import StationMarkerManual from './StationMarkerManual';
import {Marker} from 'react-native-maps';
import {ListItem, SearchBar} from 'react-native-elements';
import Geolocation from '@react-native-community/geolocation';

import {getDistance} from 'geolib';

export default class Map extends Component {
  constructor(props) {
    super(props);
    this.state = {
      isLoading: false,
      markers: [],
      data: [],
      search: {
        region: {
          latitude: 21.00071130500683,
          longitude: 105.82767080515623,
          latitudeDelta: 0.3,
          longitudeDelta: 0.3,
        },
      },
      rain: false,
      wind: false,
      hydro: false,
      marine: false,
      weather: false,
      envi: false,
    };
  }
}
```



Hình 6. Giao diện ứng dụng giám sát hoạt động mạng lưới trạm cài đặt trên thiết bị di động thông minh.

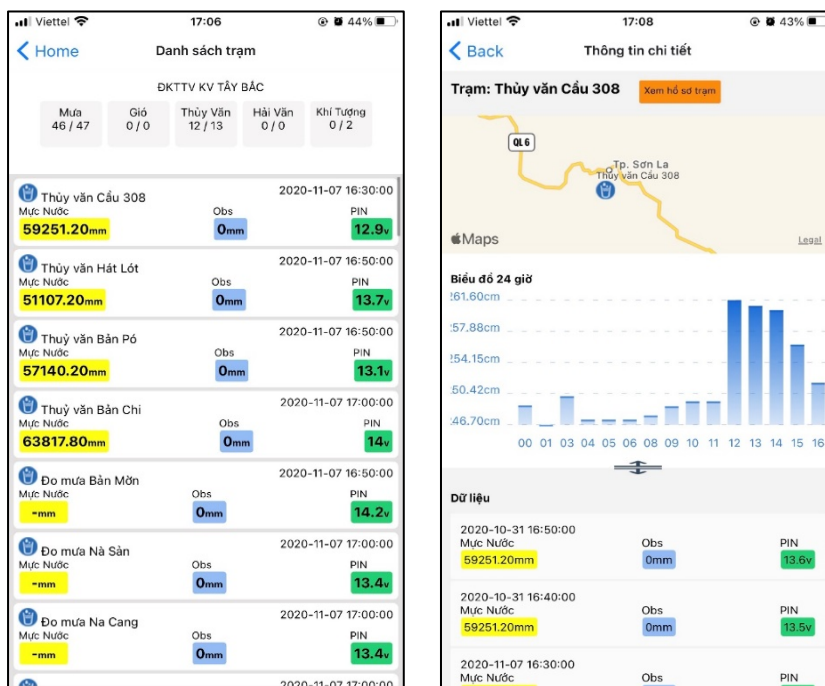
Các trạm quan trắc hiển thị trên bản đồ, người dùng có thể chạm vào biểu tượng trạm, phần mềm sẽ hiển thị đầy đủ các thông tin của trạm như: thông tin trong hồ sơ kỹ thuật trạm, tình trạng thiết bị, tình trạng hoạt động, thống kê các đặc trưng, hiển thị biến trình của số liệu quan trắc theo thời gian, tình trạng vi phạm hành lang kỹ thuật...vv. Ngoài ra, người sử dụng có thể theo dõi hoạt động của trạm theo đài khu vực, do danh sách trạm đã được sắp xếp quản lý theo đài khu vực (Hình 5).

b. Chức năng tìm kiếm

Được thiết kế nên nền bản đồ của Google map, người dùng có thể sử dụng chức năng tìm kiếm trên thanh công cụ (*search bar*) để tìm kiếm trạm theo tên, chức năng tìm kiếm có hỗ trợ gợi ý tên nếu người dùng không nhớ đầy đủ tên trạm.

c. Chức năng thống kê

Chức năng này được thiết kế để hiển thị các đặc trưng thống kê của các trạm quan trắc. Các thông tin cơ bản của từng trạm bao gồm mực nước, Obs và PIN. Các bản tin được gửi theo thời gian 10 phút, với mực nước hiện tại, Obs lượng mưa và dung lượng pin còn lại. Dựa trên các thông tin đó có thể đánh giá mức độ thay đổi, đưa ra nhận định các trường hợp có thể xảy ra (Hình 7).



Hình 7. Giao diện hiển thị các đặc trưng thống kê của các trạm.

3.2. Tính hiệu quả thử nghiệm ứng dụng giám sát hoạt động mạng lưới trạm

Ứng dụng hoạt động tốt trên cả hai hệ điều hành iOS và Android, các tính năng hoạt động ổn định, không xảy ra hiện tượng thoát hoặc treo ứng dụng trong khi sử dụng. Không gây xung đột với các phần mềm khác khi hoạt động. Ứng dụng cung cấp các công cụ cần thiết cho việc quản lý hệ thống mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn.

Đã cung cấp cho người sử dụng những công cụ cần thiết cho việc khai thác nhanh số liệu, cung cấp lập các báo cáo theo yêu cầu. Cho phép người quản trị viên giám sát hệ thống một cách trực quan, có thể báo cáo tình trạng hoạt động mạng lưới trạm một cách nhanh chóng và chính xác, giúp nâng cao năng lực quản lý hệ thống mạng lưới trạm.

4. Kết luận

Ứng dụng công nghệ phần mềm trong quản lý các ngành, lĩnh vực kinh tế-xã hội đã và đang được thực hiện rất hiệu quả, đặc biệt các lĩnh vực có đối tượng liên quan đến không gian, thời gian như khí tượng thủy văn. Với những tính năng ưu việt của việc sử dụng ngôn ngữ lập trình, nhóm nghiên cứu đã xây dựng thành công bộ ứng dụng (app) quản lý, giám sát hoạt động của các trạm khí tượng thủy văn, thông qua ứng dụng này, cán bộ quản lý được trang bị thiết bị như điện thoại di động, máy tính bảng có kết nối internet có thể nắm bắt toàn bộ thông tin, tình trạng hoạt động của tất cả các trạm quan trắc khí tượng thủy văn trên toàn quốc mọi lúc, mọi nơi.

Ứng dụng quản lý, giám sát hoạt động mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn đã hoàn thiện và chạy thử nghiệm thành công, cho phép người dùng truy vấn và hiển thị thông tin, hoạt động của trạm theo thời gian thực, trợ giúp người dùng có cơ sở để đưa ra các quyết định nhanh chóng, kịp thời trong hoạt động chỉ đạo, điều hành.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.N.L., T.Đ.B.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu, xây dựng bộ công cụ: N.M.H., N.V.L.; Viết bản thảo bài báo: T.Đ.B.; Chỉnh sửa bài báo: V.N.L.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Khánh, D.V. Nghiên cứu xây dựng giả pháp tự động hóa quản lý hoạt động nghiệp vụ trạm khí tượng thủy văn và truyền tin theo thời gian thực từ các trạm khí tượng thủy văn truyền thống. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ, 2018.
2. Ableson, W.F.; Sen, R.; Chris King, C.; Ortiz, C.E. Android in action. Manning Publications, 2012, pp. 664.
3. Smirth, B.O. Introduction to SQL for Data Scientists. College of Business Administration University of Nebraska at Omaha. Available online: <http://downloads.bensresearch.com/SQL.pdf>
4. Douglas, K.; Douglas, S. PostgreSQL: a comprehensive guide to building, programming, and administering PostgreSQL databases, 2005.
5. https://developer.apple.com/library/ios/documentation/IDEs/Conceptual/iOS_Simulator_Guide/TestingontheOSSimulator/TestingontheiOSSimulator.html
6. <https://developer.android.com/reference/android/app/Application>

Study on building mobile software for operation and monitoring hydro–meteorological station network

Vu Ngoc Linh¹, Nguyen Minh Hai^{2*}, Nguyen Van Lich², Trinh Dang Ba³

¹Department of Hydro–meteorological Forecasting Management: vnlinh@monre.gov.vn

²Center for Hydro–meteorological Observation; hai12bka@gmail.com

³North Central Eegional Hydro–meteorological Center; bakttv86@gmail.com

Abstract: Currently, the use of information technology products for management and supervision in all sectors and fields is very popular and effective. According to the Law of Meteorology and Hydrology 2015, technical records of stations are one of the types of hydro–meteorological information and data that need to be managed and monitored. In order to meet the requirements of automatic and modern management of hydro–meteorological monitoring stations, this research has successfully developed a set of software tools for managing the network of meteorological stations. Hydrology, software can be installed on smart mobile devices, allowing users to easily access, manage, and monitor online activities of each monitoring station, helping managers to make timely decisions to situations and incidents as well as serve the daily direction and administration for the operation of the station network.

Keywords: Application of management and monitoring of hydro–meteorological monitoring station network; Technical records of stations; Management of hydro–meteorological monitoring stations.

Nghiên cứu xu thế biến đổi và dự tính khí hậu trong tương lai cho tỉnh Ninh Thuận

Nguyễn Hoàng Tuấn^{1*}, Trương Thanh Cảnh¹

¹ Trường ĐH Khoa học Tự nhiên, ĐHQG.HCM-VN; nhtuansg@gmail.com;
ttcanh@hcmus.edu.vn

* Tác giả liên hệ: nhtuansg@gmail.com; Tel.: +84-937919194

Ban Biên tập nhận bài: 04/11/2020; Ngày phản biện xong: 25/12/2020; Ngày đăng bài: 25/2/2021

Tóm tắt: Mục tiêu của nghiên cứu là phân tích và dự tính xu thế biến đổi các yếu tố khí hậu trong tương lai của tỉnh Ninh Thuận. Phương pháp kiểm định phi tham số sẽ được sử dụng trong nghiên cứu này bằng hai phân tích Mann-Kendall và Theil-Sen. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy nhiệt độ trung bình có xu hướng tăng với trung bình năm tăng 0,01 °C, lượng mưa trung bình năm tăng thêm 11,01 mm, độ bốc thoát hơi tiềm năng tăng 0,013 mm, và độ ẩm trung bình năm giảm 0,01%. Bên cạnh đó, kết quả dự tính xu thế so với giai đoạn nghiên cứu cho thấy đến cuối thế kỷ 21 nhiệt độ trung bình năm tăng 0,8 °C, lượng mưa tăng trên 880,8 mm, lượng bốc thoát hơi tiềm năng tăng 9,04 mm, và độ ẩm giảm 1,0%. Kết quả nghiên cứu đã đóng góp thêm vào cơ sở dữ liệu cho áp dụng kiểm định phi tham số trong lĩnh vực quản lý Tài nguyên và Môi trường. Cùng với đó, nghiên cứu đã cung cấp thêm cho địa phương một công cụ nghiên cứu về xu thế biến đổi đặc điểm khí hậu, giúp các cơ quan, tổ chức hiểu hơn về đặc điểm khí hậu để từ đó có những chiến lược, giải pháp để thích ứng và giảm nhẹ tác động của hạn hán đến kinh tế-xã hội của địa phương.

Từ khóa: Nhiệt độ; Lượng mưa; Độ ẩm; Bốc thoát hơi tiềm năng; Mann-Kendall; Theil-Sen.

1. Mở đầu

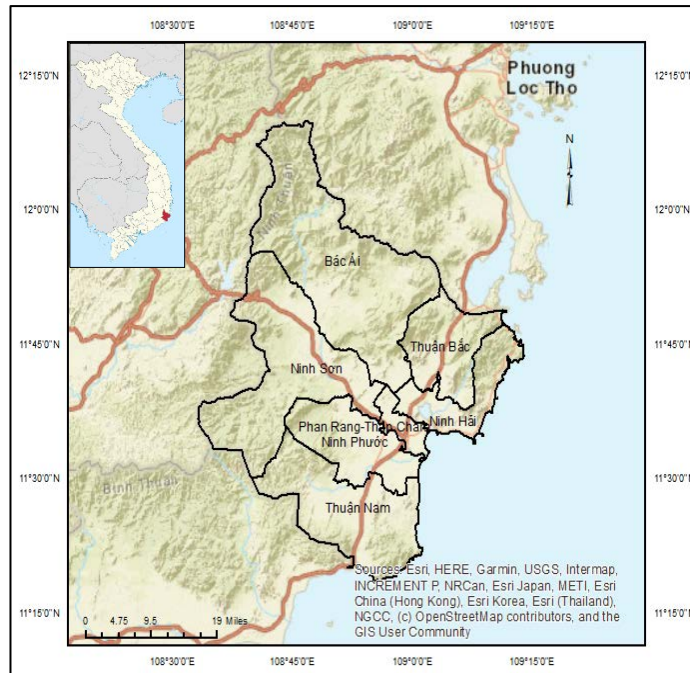
Ninh Thuận là một tỉnh thuộc vùng Nam Trung Bộ của Việt Nam, với phía Đông giáp Biển Đông, phía Bắc giáp với tỉnh Khánh Hòa, phía Tây giáp với tỉnh Lâm Đồng, và phía Nam giáp với tỉnh Bình Thuận (Hình 1). Ninh Thuận được nhận định là một tỉnh khô hạn nhất cả nước với điều kiện Khí hậu Thủy văn khắc nghiệt [1-4], đồng thời đây cũng là nơi có nguy cơ sa mạc hóa và tài nguyên đất có nguy cơ suy thoái ở mức độ nghiêm trọng ở Việt Nam [1,5]. Với lượng mưa trung bình năm ghi nhận được tại Ninh Thuận rất thấp vào khoảng 750 mm, số giờ nắng trong năm rất cao khoảng 2700-2800 giờ, lượng bốc hơi nước tiềm năng khá cao vào khoảng 1500 mm/năm là những nguyên nhân gây ra hạn hán ở Ninh Thuận [6]. Để nghiên cứu về đặc điểm khí hậu thông thường sẽ nghiên cứu các yếu tố nhiệt độ, mưa, nắng, ẩm, bốc hơi, và nắng nóng [4]. Tuy nhiên, với mục tiêu nghiên cứu đặc điểm và dự tính xu thế biến đổi đặc điểm khí hậu tỉnh Ninh Thuận nên nghiên cứu tập trung một số yếu tố có liên quan đến hạn hán như: nhiệt độ, lượng mưa, bốc thoát hơi tiềm năng, và độ ẩm.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng dữ liệu nghiên cứu ở trạm Phan Rang. Tuy nhiên, do thời gian quan trắc về lượng mưa, nhiệt độ, và độ ẩm khác nhau nên dữ liệu chuỗi thời

gian của các yếu tố sẽ không thống nhất. Với nhiệt độ trung bình được lấy từ năm 1993–2016; Lượng mưa lấy từ 1981 đến năm 2016; Độ ẩm lấy từ 1993–2016; Bốc hơi tiềm năng lấy từ 1986–2016. Số liệu được sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ những nguồn có giá trị và độ chính xác cao từ Trung tâm Khí tượng Thủy Văn Quốc Gia, Trung tâm Khí tượng Thủy văn khu vực Ninh Thuận, Niên giám thống kê tỉnh Ninh Thuận. Riêng về số liệu về độ bốc thoát hơi tiềm năng, nghiên cứu đã sử dụng phương pháp Thornthwaite [7], đây cũng là phương pháp được áp dụng phổ biến trên thế giới liên quan đến thu thập dữ liệu về bốc thoát hơi tiềm năng [8–13].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu của đề tài.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để nghiên cứu xu thế và dự tính biến đổi đặc điểm khí hậu tỉnh Ninh Thuận, tác giả sử dụng phương pháp thống kê phi tham số. Trong phân tích phi tham số thì phân tích Mann–Kendall (MK) và độ dốc Theil–Sen (TS) được dùng trong nghiên cứu này. Phân tích MK và TS [14–17] được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực liên quan đến đánh giá xu thế biến đổi và dự tính các giá trị trong một chuỗi dữ liệu thời gian. Trong lĩnh vực Khí tượng và Thủy văn các phân tích này được ứng dụng nhiều trong các nghiên cứu về xu thế biến đổi nhiệt độ, lượng mưa, và hạn hán trên thế giới [18–24]. Tại Việt Nam, phương pháp được sử dụng ngày càng phổ biến trong các nghiên cứu về xu thế biến đổi các yếu tố liên quan đến Khí tượng và Thủy văn [25–28]. Theo đó, phân tích MK được tính theo công thức (1):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \tag{1}$$

với $\text{Sgn}(x_j - x_i)$ được tính theo công thức (2):

$$\text{Sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{nếu } (x_j > x_i) \\ 0 & \text{nếu } (x_j = x_i) \\ -1 & \text{nếu } (x_j < x_i) \end{cases} \tag{2}$$

Nếu kết quả tính toán cho ra chỉ số S dương ($S > 0$) thì giá trị tính có xu hướng tăng, ngược lại nếu S âm ($S < 0$) thì giá trị tính có xu hướng giảm. Tuy nhiên, cần phải xác định ý nghĩa của xu hướng của giá trị chúng ta phải tính phương sai của S và n. Do đó, VAR(S) được tính theo công thức (3):

$$VAR(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (3)$$

Để tuân thủ theo luật phân phối chuẩn trung bình 0, phương sai 1, chỉ số Mann–Kendall (Z) được tính theo công thức (4):

$$\begin{aligned} Z &= \frac{S-1}{[VAR(S)]^{1/2}}, \text{ khi } S > 0 \\ Z &= 0, \text{ khi } S = 0 \\ Z &= \frac{S+1}{[VAR(S)]^{1/2}}, \text{ khi } S < 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Và nếu kết quả Z dương ($Z > 0$) thì giá trị cần đánh giá có xu hướng tăng và nếu kết quả Z âm ($Z < 0$) thì giá trị cần đánh giá có xu hướng giảm.

Bên cạnh đó, để xác định mức độ tăng hay giảm của giá trị cần phân tích, nghiên cứu cần phân tích thêm độ dốc TS. TS (Q) được tính theo công thức (5):

$$Q = \frac{x'_i - x_i}{i' - i} \quad \text{với } i=1,2,3...n \quad (5)$$

Trong đó Q là độ dốc giữa hai điểm x_i và x'_i ; x'_i dữ liệu đo lường tại thời điểm i' ; x_i dữ liệu đo lường tại thời điểm i ; i' thời gian sau thời gian i ; Ngoài việc tính Q ra để có được ước tính độ dốc cần phải tính độ dốc trung bình (Q'). Theo đó, Q' được tính theo công thức (6):

$$Q' = \begin{cases} Q \left\lfloor \frac{N+1}{2} \right\rfloor & \text{Nếu } N \text{ là lẻ} \\ \frac{Q[N+1]+Q[N+2]}{2} & \text{Nếu } N \text{ là chẵn} \end{cases} \quad (6)$$

Đây là phép thử hai mặt với độ tin cậy 100 (1- α) %. Kết quả nếu Q' (+) dương thì giá trị tăng và nếu giá trị Q' (-) thì giá trị đó giảm.

Bên cạnh đó, kết quả dự tính xu thế tăng của nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm, và lượng bốc thoát hơi tiềm năng được tính theo hệ thức (7):

$$X_a = (TS_j * (Y_a - Y_i)) + Y_{gt} \quad (7)$$

Trong đó X là Xu thế; a là năm muốn dự tính; TS_j là giá trị Theil–Sen trong giai đoạn tính; Y_a là năm cần dự tính; Y_i là năm được chọn làm chuẩn để dự tính; Y_{gt} là giá trị của năm chuẩn dự tính.

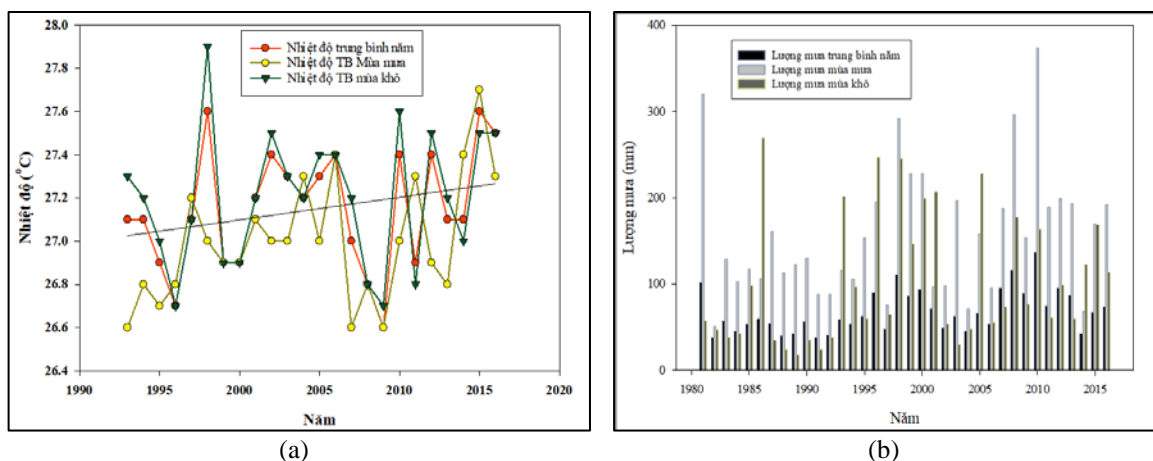
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm khí hậu giai đoạn nghiên cứu

3.1.1. Đặc điểm về nhiệt độ và lượng mưa

Nhìn chung trong giai đoạn nghiên cứu, nhiệt độ trung bình ở Ninh Thuận dao động từ 27,1 °C đến 27,5 °C, và nhiệt độ trung bình cao nhất trong giai đoạn này là 27,6 °C và thấp nhất là 26,6 °C. Khí hậu ở Ninh Thuận có hai mùa rõ rệt là mùa mưa (tháng 9 đến tháng 11)

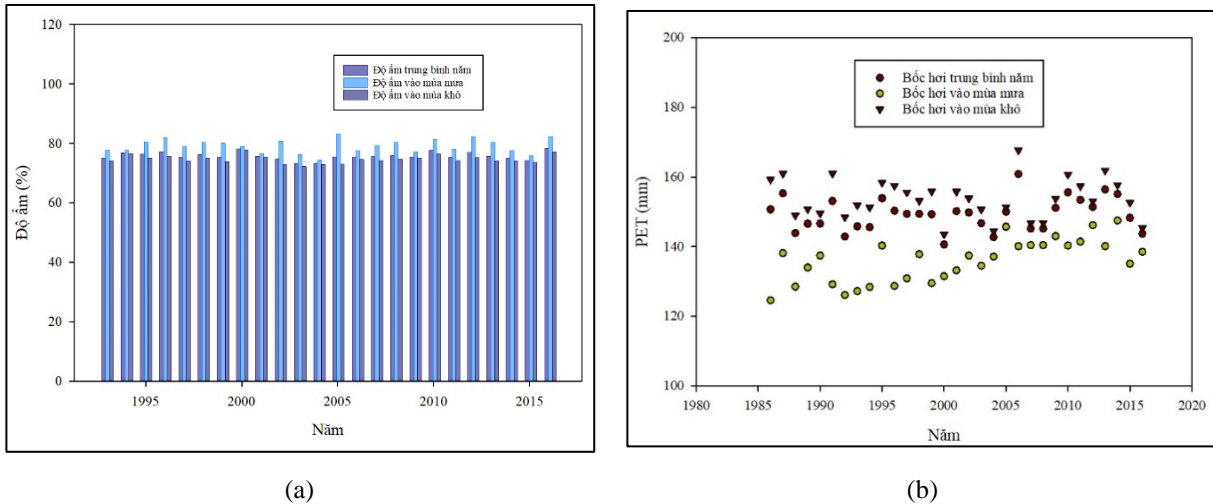
và mùa khô (tháng 12 đến tháng 8) nên nhiệt độ giữa hai mùa có sự chênh lệch nhau. Vào mùa mưa nhiệt độ trung bình dao động từ 22,6 °C đến 27,3 °C, trong khi nhiệt độ trung mùa khô cao hơn mùa mưa từ 27,3 °C đến 27,5 °C (Hình 2a). Bên cạnh đó, Ninh Thuận là một trong những tỉnh có lượng mưa rất thấp với lượng mưa trung bình năm giai đoạn nghiên cứu dao động từ 7,4 mm đến 115,4 mm. Lượng mưa cũng có sự phân hóa giữa mùa mưa và mùa khô, lượng mưa trung bình giai đoạn nghiên cứu là 157,3 mm trong khi mùa khô có 103,3 mm; vào mùa mưa lượng mưa cao nhất 320 mm (1981) và thấp nhất là 50 mm (1982); mùa khô lượng mưa rất thấp, với với lượng mưa thấp nhất là 18 mm và cao nhất là 269,4 mm (Hình 2b).



Hình 2. Đặc trưng nhiệt độ trung bình năm (a) và lượng mưa (b) tại trạm Pha Rang.

3.1.2. Đặc điểm về độ ẩm và lượng bốc thoát hơi tiềm năng

Độ ẩm ở Ninh Thuận trong giai đoạn nghiên cứu dao động từ 73% đến 78%. Phân tích hình 3a có thể thấy độ ẩm trung bình năm của Ninh Thuận thấp nhất vào khoảng 73,3%, cao nhất 78,6%, với nền ẩm trung bình năm thấp hơn trung bình của mùa mưa và cao hơn trung bình mùa khô; vào mùa mưa độ ẩm tương đối cao với độ ẩm thấp nhất 74,4% và cao nhất là 82,3%; độ ẩm vào mùa khô dao động từ 72,3% đến 77,8% (Hình 3a). Lượng bốc thoát hơi tiềm năng ở Ninh Thuận khá cao với trung bình năm luôn trên 140 mm với lượng bốc hơi dao động từ 142 mm đến 160 mm. Về lượng bốc thoát hơi tiềm năng trong giai đoạn nghiên cứu cho thấy lượng bốc hơi cao nhất 160,8 mm và thấp nhất là 140,6 mm. Xét theo mùa thì lượng bốc thoát hơi tiềm năng ở mùa khô cao hơn cả mùa mưa và trung bình năm; Với mùa khô lượng bốc hơi trung bình giai đoạn nghiên cứu đạt 153,8 mm, trong khi mùa mưa lượng bốc hơi đạt 135,9 mm và trung bình năm đạt 149,3 mm (Hình 3b).



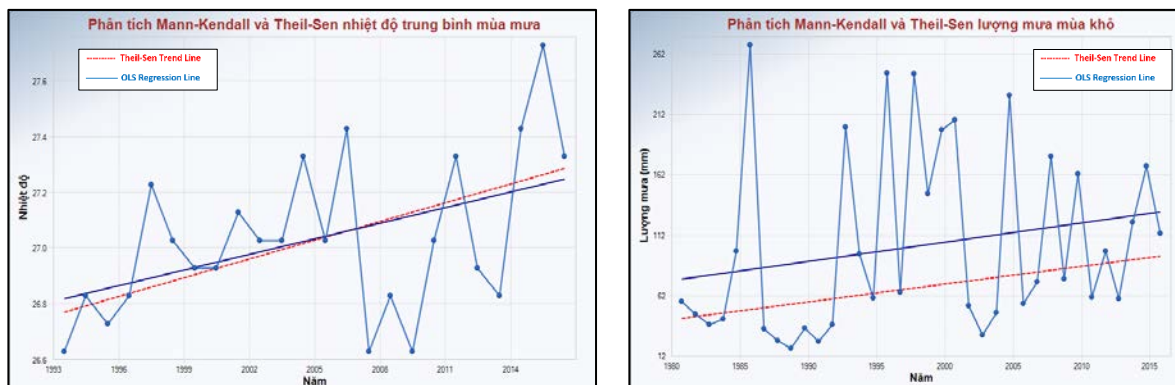
Hình 3. Biểu đồ thể hiện độ ẩm (a) và lượng bốc thoát hơi (b) hàng năm ở Ninh Thuận.

3.2. Xu thế biến đổi nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm, và lượng bốc thoát hơi tiềm năng

3.2.1. Xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình năm

Kết quả phân tích xu thế cho thấy nhiệt độ trung bình ở Ninh Thuận đang có xu hướng biến đổi theo chiều hướng tăng giảm khác nhau. Kết quả cho thấy trong năm chỉ có tháng 2 và tháng 3 là hai tháng có xu hướng giảm và các tháng còn lại có xu hướng tăng (Bảng 2). Cụ thể vào tháng 2 và 3 giá trị MK cho kết quả âm với giá trị lần lượt: giá trị S là -14 và -9, độ lệch chuẩn S là 40,17 và 40,01, chỉ số Z là -0,324, -0,2, và độ tin cậy là 0,373 và 0,421. Tuy nhiên, trong hai tháng này, xét về xu thế giảm rõ nét nhất chỉ có tháng 2 còn tháng 3 MK giảm nhưng độ dốc Sen không có. Với tháng 2 độ dốc TS đạt 0,00596 tương đương với nhiệt độ tháng 2 có xu hướng giảm xuống 0,00596 °C, ngược lại vào tháng 3 độ dốc TS cho ra kết quả là 0. Các tháng còn lại đều tăng với mức tăng nhiệt độ tương ứng độ dốc TS. Cụ thể, vào tháng 1 sẽ tăng 0,00417 °C/năm, tháng 4 tăng 0,00667 °C/năm, tháng 5 tăng 0,020 °C/năm, tháng 6 và 7 không tăng, tháng 8 tăng 0,00667 °C/năm, tháng 9 tăng 0,0248 °C/năm, tháng 10 tăng 0,0143 °C/năm, tháng 11 tăng 0,0342 °C/năm, và tháng 12 tăng 0,0306 °C/năm (Bảng 2).

Kết quả phân tích xu thế năm cho thấy trong năm nhiệt độ trung bình tăng 0,01°C/năm, mức tăng này tương ứng với kết quả tính độ dốc TS là 0,01; Giá trị S của trung bình năm đạt tương đối cao là 43, độ lệch chuẩn S là 39,72, chỉ số Z là 1,057 và độ tin cậy p-value là 0,145. Bên cạnh đó, kết quả phân tích MK và TS theo các mùa mưa và mùa khô cũng cho thấy xu hướng tăng ở hai mùa này. Theo độ dốc TS nhiệt độ trung bình hai mùa có xu hướng tăng trong đó mùa mưa tăng nhiều hơn mùa khô với 0,0225 °C/năm so với 0,00833 °C/năm. Riêng mùa mưa, chỉ số p-value bằng 0,0165, chỉ số này phù hợp với mức ý nghĩa thống kê (p<0.05) đồng nghĩa với việc độ tin cậy vào mùa mưa là rất cao với giá trị S rất cao đạt 86, độ lệch chuẩn S bằng 39,85, giá trị Z bằng 2,133 và độ dốc TS bằng 0,0225 (Hình 4a).



(a) (b)
Hình 4. Xu thế biến đổi nhiệt độ (a) và lượng mưa (b) trung bình năm.

3.2.2. Xu hướng biến đổi lượng mưa trung bình năm

Kết quả kiểm định cho thấy lượng mưa đang có xu hướng tăng trên địa bàn tỉnh Ninh Thuận (Bảng 3). Trong đó có hai tháng có xu hướng giảm là tháng 8 và tháng 9, các tháng còn lại có xu hướng tăng. Với các tháng tăng, xét về ý nghĩa thống kê chỉ có các tháng 1, 3, 7 và 11 là có giá trị thống kê với chỉ số p-value đạt giá trị lần lượt là 0,009, 0,042, 0,012 và 0,04; giá trị $Z > 0$ đồng nghĩa với xu hướng tăng với giá trị Z lần lượt là 2,35, 1,733, 2,264, 1,757; giá trị S tương đối cao và lần lượt bằng 158, 121, 166, 130 và độ lệch chuẩn S bằng 66,81, 69,23, 73,42, 73,42, 73,42 và 73,41. Các tháng có xu hướng tăng lượng mưa là 1, 3, 7, và 11 thì tháng 11 có chỉ số TS cao nhất bằng 3,761 tương đương với mức tăng lượng mưa là 3,761 mm/năm, các tháng còn lại với mức tăng lượng mưa 0,0158 mm/năm (tháng 1), 0,092 mm/năm (tháng 2), và 1,316 mm/năm (tháng 7). Cũng theo kết quả kiểm định lượng mưa trung bình năm đang có xu hướng tăng theo chỉ số TS là 11,01 mm/năm, kết quả này rất có ý nghĩa vì độ tin cậy cao với p-value bằng 0,004. Xem xét đến mùa mưa và mùa khô, kết quả cũng chỉ ra được cả hai mùa có xu hướng tăng với mùa mưa cao hơn mùa khô. Vào mùa mưa, giá trị S dương với S bằng 118, độ lệch chuẩn S là 73,4, giá trị Z đạt 1,594, p-value bằng 0,0555, và độ dốc TS đạt 2,167 (tương đương tăng 2,167 mm). Vào mùa khô, chỉ số S dương với giá trị S bằng 146, độ lệch chuẩn S bằng 73,42, chỉ số Z bằng 1,975, và p-value bằng 0,0241; với chỉ số này cho thấy vào mùa khô xu hướng tăng lượng mưa rất có ý nghĩa thống kê và thông qua chỉ số TS cho thấy kết quả lượng mưa vào mùa khô có thể tăng 1,476 mm/năm tương ứng với chỉ số TS là 1,476 (Hình 4b).

Bảng 2. Kết quả phân tích xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình năm.

Kết quả kiểm định	Tháng												Cả năm	Mùa	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		M.Mưa	M.Khô
M-K Test Value (S)	12	-14	-9	33	33	8	1	18	55	56	66	54	43	86	34
Critical Value (0,05)	1,645	-1,645	-1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645
Standard Deviation of S	40,14	40,17	40,01	39,67	40,05	40,07	39,97	40,15	40	39,84	40,18	40,21	39,72	39,85	39,92
Z Standardized Value of S	0,274	-0,324	-0,2	0,807	0,799	0,175	0,0	0,423	1,35	1,38	1,618	1,318	1,057	2,133	0,827
Approximate p-value	0,392	0,373	0,421	0,21	0,212	0,431	0,5	0,336	0,0885	0,0837	0,0529	0,0937	0,145	0,0165	0,204
Theil-Sen Slope	0,00417	-0,00596	0,0	0,00667	0,0202	0,0	0,0	0,00667	0,0148	0,0143	0,0342	0,0306	0,01	0,0225	0,00833
Theil-Sen Intercept	16,6	37,41	26,5	14,74	-11,77	28,95	28,5	15,09	-1,987	-1,736	-42,24	-36,14	7,155	-18,05	10,5
95% LCL of Slope (0,025)	-0,05	-0,0625	-0,0286	-0,0143	-0,025	-0,0333	-0,0312	-0,025	-0,00909	0,0	-0,0073	-0,0167	-0,00753	0,0	-0,0127
95% UCL of Slope (0,975)	0,05	0,0333	0,0295	0,0357	0,06	0,0431	0,0253	0,0333	0,04	0,0333	0,0566	0,0781	0,025	0,0364	0,0252

Bảng 3. Kết quả phân tích xu thế biến đổi lượng mưa trung bình năm.

Kết quả kiểm định	Tháng												Cả năm	Mùa	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		M.Mưa	M.Khô
M-K Test Value (S)	158	71	121	106	56	118	166	-78	-42	102	130	53	196	118	146
Critical Value (0,05)	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	-1,645	-1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645
Standard Deviation of S	66,81	60,82	69,23	70,1	70,41	73,42	73,42	73,42	73,42	73,42	73,42	73,3	73,42	73,4	73,42
Z Standardized Value of S	2,35	1,151	1,733	1,498	0,781	1,594	2,247	-1,049	-0,558	1,376	1,757	0,709	2,656	1,594	1,975
Approximate p-value	0,009	0,125	0,042	0,067	0,217	0,056	0,012	0,147	0,288	0,085	0,04	0,239	0,004	0,0555	0,0241
Theil-Sen Slope	0,0158	0,0	0,092	0,18	0,692	0,958	1,316	-0,552	-0,638	1,917	3,761	0,424	11,01	2,167	1,476
Theil-Sen Intercept	-31,26	0,0	-180,8	-353,1	-1337	-1857	-2576	1151	1403	-3697	-7388	-822,6	-21273	-4188	-2882
95% LCL of Slope (0,025)	0,0	0,0	0,0	-0,0335	-0,764	-0,256	0,201	-1,615	-3,186	-1,192	-0,399	-0,775	3,782	-0,358	0,0152
95% UCL of Slope (0,975)	0,18	0,0	0,302	0,68	2,86	2,349	2,381	0,466	1,512	5,375	7,519	2,635	20,66	4,145	3,421

Bảng 4. Kết quả phân tích xu thế biến đổi chỉ số bốc hơi tiềm năng (PET).

Kết quả kiểm định	Tháng												Cả năm	Mùa	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		M.Mưa	M.Khô
M-K Test Value (S)	61	-1	-138	-43	-4	63	12	-68	182	193	106	67	56	247	-11
Critical Value (0,05)	1,645	-1,645	-1,645	-1,645	-1,645	1,645	1,645	-1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	-1,645
Standard Deviation of S	58,8	58,82	58,81	58,62	58,81	58,8	58,74	58,77	58,75	58,82	58,81	58,78	58,81	58,8	58,82
Z Standardized Value of S	1,02	0,0	-2,33	-0,716	-0,051	1,054	0,187	-1,14	3,081	3,264	1,785	1,123	0,935	4,184	-0,17
Approximate p-value	0,154	0,5	0,0099	0,237	0,48	0,146	0,426	0,127	0,00103	5,49E-04	0,0371	0,131	0,175	1,44E-05	0,432
Theil-Sen Slope	0,219	0,0	-0,435	-0,132	-0,00588	0,335	0,0091	-0,392	0,613	0,576	0,339	0,256	0,113	0,54	-0,0143
Theil-Sen Intercept	-338,9	101,6	1006	435,3	209,3	-476,9	174,2	968,1	-1074	-1016	-560,9	-408	-75,71	-943,1	181,8
95% LCL of Slope (0,025)	-0,188	-0,374	-0,709	-0,395	-0,858	-0,281	-0,557	-1,185	0,265	0,287	-0,016	-0,151	-0,087	0,299	-0,287
95% UCL of Slope (0,975)	0,575	0,263	-0,069	0,326	0,568	1,019	0,578	0,288	1,049	0,783	0,648	0,665	0,324	0,758	0,231

Bảng 5. Kết quả phân tích xu thế biến đổi độ ẩm trung bình năm.

Kết quả kiểm định	Tháng												Năm	Mùa	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		M.Mưa	M.Khô
M-K Test Value (S)	-67	-41	-9	-13	-45	18	-1	41	-24	-10	43	13	-10	5	-11
Critical Value (0,05)	-1,645	-1,645	-1,645	-1,645	-1,645	1,645	-1,645	1,645	-1,645	-1,645	1,645	1,645	-1,645	1,645	-1,645
Standard Deviation of S	40,25	40,28	40,22	40,3	40,25	40,21	40,28	40,22	40,27	40,26	40,28	40,28	40,27	40,28	40,3
Standardized Value of S	-1,64	-0,993	-0,199	-0,298	-1,093	0,423	0,0	0,995	-0,571	-0,224	1,043	0,298	-0,224	0,0993	-0,248
Approximate p-value	0,0505	0,16	0,421	0,383	0,137	0,336	0,5	0,16	0,284	0,412	0,149	0,383	0,412	0,46	0,402
Theil-Sen Slope	-0,117	-0,1	-0,00749	-0,0392	-0,0789	0,05	0,0	0,0578	-0,0437	-0,0167	0,135	0,0283	-0,0125	0,014	-0,015
Theil-Sen Intercept	306,3	271,9	89,56	153,9	234,4	-25,62	75,05	-39,32	167,1	113,6	-193,3	18,14	100,6	51,13	104,6
95% LCL of Slope (0,025)	-0,231	-0,258	-0,136	-0,2	-0,22	-0,111	-0,158	-0,0426	-0,283	-0,174	-0,154	-0,158	-0,0886	-0,156	-0,0964
95% UCL of Slope (0,975)	0,0524	0,06	0,0925	0,19	0,0974	0,194	0,2	0,228	0,162	0,148	0,357	0,31	0,0635	0,161	0,0861

3.2.3. Xu hướng biến đổi lượng bốc thoát hơi tiềm năng

Kết quả phân tích xu thế cho thấy lượng bốc thoát hơi tiềm năng có nhiều biến động với 5 tháng có xu hướng giảm và 7 tháng có xu hướng tăng (Bảng 4). Phân tích bảng 4 có thể thấy từ tháng 2 đến tháng 5 và tháng 8 là các tháng có xu hướng giảm với giá trị S lần lượt là -1, -138, -43, -4, và -68; độ lệch chuẩn S lần lượt là 58,82, 58,81, 58,62, 58,8, và 58,77; chỉ số Z đạt lần lượt là 0, -2,33, -0,716, -0,051, và -1,14; chỉ số p-value lần lượt là 0,5, 0,00992, 0,237, 0,48, và 0,127; xét về giá trị thống kê thì tháng 3 chỉ số p-value cho thấy có ý nghĩa thống kê hơn các tháng khác. Bên cạnh đó, kết quả độ dốc TS cho thấy lượng bốc thoát hơi tiềm năng giảm ở tháng 3 là 0,435 mm/năm, tháng 4 là 0,132 mm/năm, tháng 5 là 0,00588 mm/năm, tháng 8 là 0,392 mm/năm. Đối với các tháng có xu hướng tăng là tháng 1, tháng 6, tháng 7, tháng 9 đến tháng 12 thì giá trị S dao động trong khoảng 12 đến 193; độ lệch chuẩn của các tháng nằm trong khoảng 58,6 đến 58,7; chỉ số Z dương, cao nhất là tháng 9 và tháng 10, tháng có ý nghĩa thống kê là tháng 9, 10 và tháng 11 với p-value lần lượt là 0,0013, 0,000549, và 0,0371; Tháng 10 là tháng có giá trị cao nhất trong các tháng còn lại với hệ số TS tăng 0,576 tương ứng với tăng 0,576mm/năm, với giá trị S cao nhất 193, độ lệch chuẩn đạt 58,82, giá trị Z đạt 3,264 (Hình 5b). Lượng bốc thoát hơi tiềm năng năm cũng có xu hướng tăng với chỉ số Z dương là 0,935, chỉ số TS là 0,113 tương ứng với tăng thêm 0,113 mm/năm. Ngoài ra, xét theo yếu tố mùa thì lượng bốc thoát hơi tiềm năng của mùa mưa có xu hướng tăng và mùa mưa có xu hướng giảm. Vào mùa mưa, kết quả tính cho thấy chỉ số Z dương đạt 4,184, giá trị S rất cao là 247, độ lệch chuẩn S đạt 58,81 và chỉ số p-value đạt ý nghĩa thống kê là 0,000144; ngoài ra, kết quả phân tích TS đạt 0,54, chỉ số này cho thấy lượng bốc hơi tiềm năng tăng 0,54 mm/năm (Hình 5a).

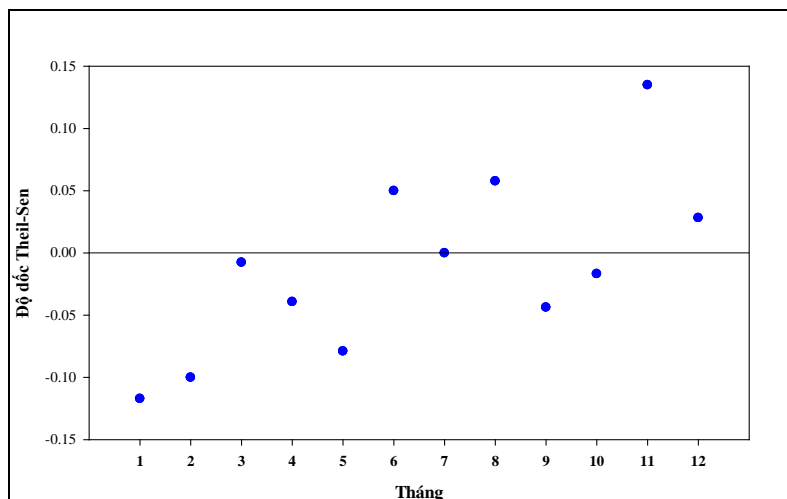


Hình 5. Xu thế biến đổi lượng bốc thoát hơi tiềm năng mùa mưa (a) và tháng 10 (b).

3.2.4. Xu hướng biến đổi độ ẩm trung bình năm

Độ ẩm trung bình năm giai đoạn nghiên cứu có sự biến động trong năm và theo mùa. Kết quả phân tích bảng 5 cho thấy, trong năm độ ẩm có xu hướng giảm vào các tháng 1-5, tháng 7, tháng 9-10; các tháng còn lại có xu hướng tăng. Với các tháng giảm, giá trị S âm dao động từ -67 đến -1, chỉ số Z âm với dao động trong khoảng -0,5 đến -1,6; độ dốc TS cho thấy vào các tháng giảm độ ẩm có thể giảm từ 0,00749 đến 0,1. Các tháng có xu hướng tăng là tháng 6, tháng 8, tháng 11, và tháng 12 với giá trị S luôn dương ($S > 0$); độ lệch chuẩn S của các tháng động từ 40,2 đến 40,3; chỉ số Z lần lượt của các tháng lần lượt là 0,423, 0,995, 1,034 và 0,298 và độ tin cậy của các tháng tăng trong khoản 0,1 đến 0,4, với chỉ số p-value lớn hơn 0,05 nên ý nghĩa thống kê không nhiều. Xét mức độ tăng giảm độ ẩm trung bình theo độ dốc TS, có thể thấy trong năm chỉ có bốn tháng có xu hướng tăng độ ẩm rõ rệt đó là tháng 6, tháng 8, tháng 11 và tháng 12 với mức tăng (%) lần lượt là 0,05, 0,0578, 0,135, 0,0283; Kết quả phân tích TS các tháng giảm cũng cho thấy từ tháng 1-5, tháng 9-10 với

mức giảm lần lượt trong một năm là 0,117%, 0,1%, 0,00749%, 0,0392%, 0,0789%, 0,0437%, 0,0167%, trong đó tháng có xu hướng giảm mạnh là tháng 1 (Hình 6). Xét theo trung bình năm và theo mùa, độ ẩm có xu hướng tăng vào mùa mưa, giảm vào mùa khô và trung bình năm. Theo bảng 5, giá trị S của mùa mưa là 5 còn mùa khô là -11 và năm là -10, chỉ số Z của mùa mưa là 0,0993, mùa khô là -0,248 và trung bình năm là -0,224; về ý nghĩa thống kê cả mùa mưa, mùa khô và trung bình năm chỉ vào khoảng 0.4 lớn hơn mức ý nghĩa thống kê p-value ($p < 0,05$). Chỉ số độ dốc TS cho thấy mỗi năm độ ẩm tăng thêm 0,014% vào mùa mưa, mùa khô giảm 0,015% và cả năm giảm 0,0125%.



Hình 6. Độ dốc TS độ ẩm trung bình năm giai đoạn 1993 –2016.

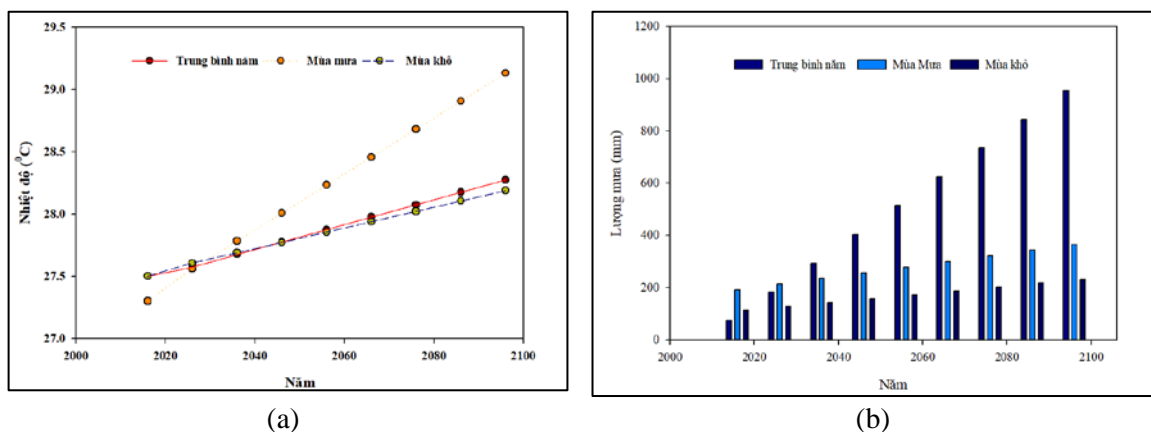
3.3. Dự tính xu thế biến đổi đặc điểm khí hậu ở Ninh Thuận

Dựa vào kết quả phân tích MK và TS, kết quả dự tính đặc điểm khí hậu tỉnh Ninh Thuận thông qua giá trị trung bình năm của nhiệt độ, lượng mưa, bốc thoát hơi tiềm năng và độ ẩm.

3.3.1. Dự tính xu thế biến đổi nhiệt độ và lượng mưa năm

Với mức tăng trung bình năm là 0,01 °C/năm nhiệt độ trung bình năm ở Ninh Thuận đang có xu hướng tăng và dự tính trung bình 10 năm nhiệt độ trung bình năm tăng thêm 0,1°C, tăng 0,2 °C cho mùa mưa, và 0,08 °C cho mùa khô. Với nhiệt độ trung bình năm 2016 là 27,5 °C, dự tính đến năm 2026 nhiệt độ trung bình tăng lên 27,6 °C, năm 2056 nhiệt độ dự tính tăng 27,9 °C, và đến cuối thế kỷ 21 nhiệt độ trung bình tăng lên 28,3 °C; Vào mùa mưa nhiệt độ trung bình tăng thêm 0,8 °C đến cuối thế kỷ 21 và nhiệt độ trung bình mùa khô tăng 0,7 °C (Hình 7a).

Kết quả nghiên cứu cho thấy lượng mưa trong giai đoạn nghiên cứu tăng trung bình 11,01 mm/năm dự tính lượng mưa, dự tính đến năm 2026 tăng lên 183,8 mm (năm 2016 là 73,7 mm), năm 2056 lượng mưa đạt khoảng 514 mm, và cuối thế kỷ lượng mưa đạt đến 954.5 mm tăng 880,8 mm so với năm 2016; Vào mùa mưa lượng mưa tăng với năm 2016 lượng mưa đạt 191,9 mm đến năm 2056 tăng lên 268,6 mm, và đến cuối thế kỷ lượng mưa tăng lên đến 365,3 mm; Vào mùa khô lượng mưa tăng thấp nhất với trung bình tăng 1,5 mm/năm, năm 2016 lượng mưa đạt 113,4 mm, đến năm 2056 lượng mưa tăng lên 173,4 mm, và đến cuối thế kỷ lượng mưa đạt khoảng 231,5 mm (Hình 7b).

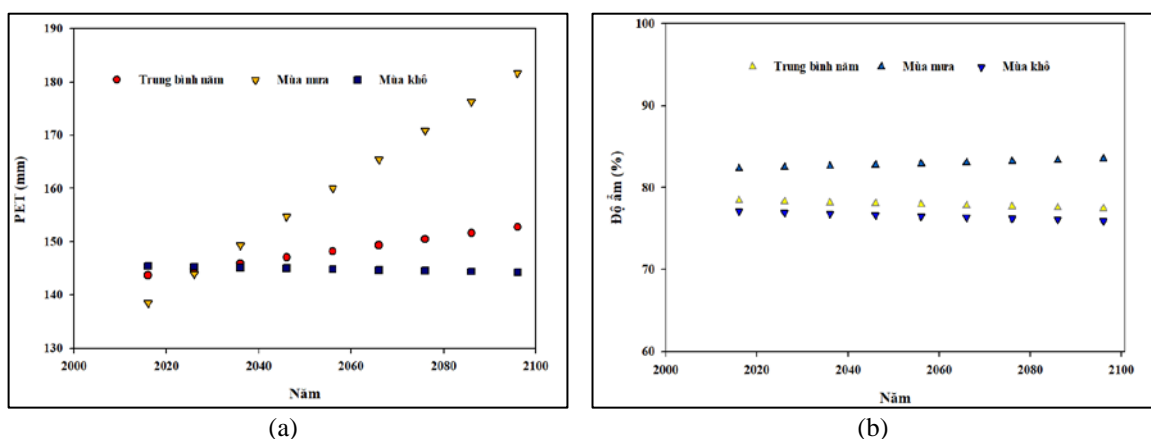


Hình 7. Dự tính xu thế biến đổi nhiệt độ (a), và lượng mưa (b).

3.3.2. Dự tính xu thế biến đổi bốc thoát hơi tiềm năng và độ ẩm năm

Lượng bốc thoát hơi tiềm năng ở Ninh Thuận có xu hướng tăng theo trung bình năm, mùa mưa và mùa khô có xu hướng giảm. Độ bốc thoát hơi tiềm năng trung bình năm tăng 0,113 mm/năm và có xu hướng tăng từ 2016 đến cuối thế kỷ 21; Tuy nhiên, vào mùa mưa lượng bốc thoát hơi tiềm năng tăng cao nhất với trung bình tăng thêm 0,54 mm/năm. Kết quả dự tính cho thấy vào mùa mưa lượng bốc thoát hơi tiềm năng tăng từ 138,5 mm năm 2016 lên đến 160,1 mm giữa thế kỷ 21, và cuối thế kỷ 21 tăng lên 181,7 mm; vào mùa khô lượng bốc thoát hơi tiềm năng có xu hướng giảm khoảng 0,014 mm, dự tính đến năm 2056 lượng bốc thoát hơi tiềm năng giảm từ 145,4 (2016) xuống còn 144,8 mm và đến năm 2096 lượng bốc thoát hơi tiềm năng có thể giảm xuống còn 144,3 mm (Hình 8a).

Độ ẩm trung bình năm 2016 của Ninh Thuận là 78,4 % với dự tính trung bình năm giảm 0,013 % thì đến năm 2056 độ ẩm giảm xuống còn 77,9 % và dự tính đến cuối thập kỷ độ ẩm toàn tỉnh chỉ còn khoảng 77,4%; Vào mùa khô, độ ẩm của vùng có xu hướng giảm với 0,02 %, dự tính đến năm 2056 độ ẩm giảm từ 77,1% xuống còn 76,5% và đến cuối thế kỷ 21 giảm xuống còn 75,9% ; Cùng với đó, dự tính vào mùa mưa độ ẩm ở khu vực tăng lên với mức tăng trung bình là 0,014 % kết quả dự tính đến giữa thế kỷ 21 độ ẩm có thể tăng đến 82,9 % và cuối thế kỷ 21 độ ẩm trung bình mùa mưa tăng lên khoảng 83,4% cao hơn so với trung bình năm và mùa khô (Hình 8b).



Hình 8. Dự tính xu thế biến đổi bốc thoát hơi tiềm năng (a), và độ ẩm (b).

Có thể nói trong bối cảnh hạn hán, kết quả dự tính cũng cho thấy phần nào xu hướng gia tăng nhiệt độ, lượng mưa, độ bốc thoát hơi tiềm năng, và độ ẩm. Bên cạnh đó, nếu các kết quả dự tính so sánh với kịch bản Biến đổi khí hậu của Bộ Tài nguyên và môi trường cho khu vực Ninh Thuận cho thấy kết quả nghiên cứu đang có xu hướng tăng trong xu thế tăng của

kịch bản năm 2016 [29]. Nhưng kết quả dự tính các chỉ số còn khiêm tốn nên thấp hơn các chỉ số của kịch bản đã đề cập. Nguyên nhân sự khác biệt về kết quả dự tính của nghiên cứu và của kịch bản có sự khác nhau về giá trị đầu vào. Theo Nguyễn Minh Kỳ thì sự khác biệt giữa cách tính trong MK và TS với kịch bản BĐKH phụ thuộc vào biến đầu vào, với phương pháp này chủ yếu là đơn biến còn với kịch bản của Bộ Tài Nguyên và Môi trường thường xây dựng dựa trên yếu tố đa biến [27].

4. Kết luận

Phân tích MK và TS đã đánh giá được xu thế biến đổi và dự tính được xu thế của các yếu tố nhiệt độ, lượng mưa, lượng bốc thoát hơi tiềm năng, và độ ẩm ở khu vực Ninh Thuận. Kết quả đã cho thấy trong giai đoạn nghiên cứu ở Ninh Thuận nhiệt độ trong năm giảm ở tháng 2 và 3 tăng ở các tháng còn lại với tăng cao nhất là 0,01 °C/năm. Lượng mưa giảm vào các tháng 8 và 9 với mức giảm cao nhất là 0,6 mm/năm, tăng ở các tháng còn lại trong đó tăng cao nhất là 3.7 mm/năm ở tháng 11. Lượng bốc thoát hơi tiềm năng cũng có biến động tăng ở các tháng 1, 6, 7, 9, 10, 11 và 12 với tăng cao nhất là 0,6%/năm và giảm ở các tháng còn lại với mức giảm nhiều nhất là 0,4%/năm. Độ ẩm cũng có xu hướng giảm với tám tháng giảm và bốn tháng tăng với tăng cao nhất là 0,1%/năm. Bên cạnh đó, dự kết quả dự tính xu thế đã cho thấy nhiệt độ trung bình năm tăng thêm 0,8 °C đến cuối thế kỷ 21, mùa mưa tăng 1,8 °C, và mùa khô là 0,7 °C. Lượng mưa tăng đến cuối thế kỷ với lượng mưa năm tăng thêm 880,8 mm, lượng mưa mùa mưa tăng 173,4 mm và lượng mưa mùa khô tăng 118,1 mm. Kết quả dự tính xu thế tăng lượng bốc thoát hơi tiềm năng cũng cho thấy tăng ở trung bình năm và mùa mưa trong khi mùa khô đang có xu hướng giảm với trung bình 1,14 mm đến cuối thế kỷ 21. Độ ẩm dự tính tăng vào mùa mưa, kết quả cho thấy đến cuối thế kỷ 21 độ ẩm tăng thêm 1,12% so với giai đoạn nghiên cứu.

Nghiên cứu đã phân tích và dự tính được những đặc điểm cơ bản về nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm, và lượng bốc thoát hơi tiềm năng. Kết quả nghiên cứu đóng góp thêm cơ sở khoa học cho việc xây dựng các kế hoạch, giải pháp thích ứng trong bối cảnh hạn hán tại tỉnh Ninh Thuận trong tương lai. Bên cạnh đó dù kết quả dự tính còn thấp hơn kịch bản Biến đổi khí hậu của Bộ Tài nguyên và Môi trường nhưng cũng đã cho thấy có sự giống nhau về mức độ tăng nhiệt độ và lượng mưa trung bình đến cuối thế kỷ 21.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.H.T., T.T.C.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.H.T., T.T.C.; Xử lý số liệu: N.H.T.; Tính toán số liệu: N.H.T.; Viết bản thảo bài báo: N.H.T.; Chỉnh sửa bài báo: N.H.T., T.T.C.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, bài nghiên cứu này chưa được công bố ở bất kỳ tạp chí trong nước và quốc tế nào hết. Tập thể tác giả cam đoan không sao chép nghiên cứu trước đây và không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm.

Tài liệu tham khảo

1. Tuấn, N.Đ.; An, N.L. Nghiên Cứu Các Yếu Tố Gây Hạn Hán, Chỉ Tiêu, Phân Cấp Hạn ở Tỉnh Ninh Thuận–Bình Thuận và Giải Pháp Phòng, Chống, Giảm Thiểu. *Tạp Chí Khoa Học Kỹ Thuật Thủ Lợi Và Môi Trường* **2016**, 30, 132.
2. Tuấn, N.Đ.; Tuy, B.V.; Phùng, N.K. Tác Động Của Biến Đổi Khí Hậu Đến Lĩnh Vực Nông Nghiệp ở Ninh Thuận và Giải Pháp Tương Ứng. *Tạp Chí Tài Nguyên Và Môi Trường* **2012**, 23–26.
3. Chanh, B.V.; Trường, N.H. Khái Quát Đặc Điểm Khí Hậu Thủy Văn ở Tỉnh Ninh Thuận. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 669, 16–20.

4. Năm, T.T.; Minh P.T.; Tuyết B.T. Nghiên cứu Đặc điểm Khí hậu tỉnh Ninh Thuận. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 691, 21–29.
5. Trường, N.H. Ứng Dụng Các Biện Pháp Truyền Thống và Khoa Học Kỹ Thuật Mới Nhằm Khai Thác, Bảo vệ Tài Nguyên Đất và Nước, Góp Phần Phòng Chống Hạn ở Xã Phước Nam Tỉnh Ninh Thuận. *Tap Chí Khí Tượng Thủ Văn* **2008**, 45–50.
6. Bình, Đ.; Hoàn, P. Tình Trạng Thiếu Nước Trong Mùa Khô Hạn tại Ninh Thuận. *Thông Tin Khoa Học Công Nghệ Ninh Thuận* 2012.
7. Thornthwaite, C.W. An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geogr. Rev.* **1948**, 38, 55. <https://doi.org/10.2307/210739>.
8. Adhikari, A.; Mainali, K.P.; Rangwala, I.; Hansen, A.J. Various Measures of Potential Evapotranspiration Have Species–Specific Impact on Species Distribution Models. *Ecol. Model.* **2019**, 414, 108836. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108836>.
9. Schrier, G. van der; Jones, P.D.; Briffa, K.R. The Sensitivity of the PDSI to the Thornthwaite and Penman–Monteith Parameterizations for Potential Evapotranspiration. *J. Geophys. Res. Atmos.* **2011**, 116, D03106. <https://doi.org/10.1029/2010JD015001>.
10. Yang, Q.; Ma, Z.; Zheng, Z.; Duan, Y. Sensitivity of Potential Evapotranspiration Estimation to the Thornthwaite and Penman–Monteith Methods in the Study of Global Drylands. *Adv. Atmospheric Sci.* **2017**, 34, 1381–1394. <https://doi.org/10.1007/s00376-017-6313-1>.
11. Mohammed, R.; Scholz, M. Impact of Evapotranspiration Formulations at Various Elevations on the Reconnaissance Drought Index. *Water Resour. Manag.* **2017**, 31, 531–548. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1546-9>.
12. McCabe, G.J.; Wolock, D.M. Detectability of the Effects of a Hypothetical Temperature Increase on the Thornthwaite Moisture Index. *J. Hydrol.* **1991**, 125, 25–35. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(91\)90081-R](https://doi.org/10.1016/0022-1694(91)90081-R).
13. Pereira, A.R.; Pruitt, W.O. Adaptation of the Thornthwaite Scheme for Estimating Daily Reference Evapotranspiration. *Agric. Water Manag.* **2004**, 66, 251–257. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2003.11.003>.
14. Mann, H.B. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica* **1945**, 13, 245–259. <https://doi.org/10.2307/1907187>.
15. Kendall, M.G. *Rank Correlation Methods*; Griffin: London, 1975.
16. Theil, H. A Rank–Invariant Method of Linear and Polynomial Regression Analysis 1, 2, 3. Confidence Regions for the Parameters of Polynomial Regression Equations. In *Proceedings KNAW* **1950**, 53, 386–392.
17. Sen, P.K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *J. Am. Stat. Assoc.* **1968**, 63, 1379–1389. <https://doi.org/10.2307/2285891>.
18. Bhuyan, Md. D.I.; Islam, Md. M.; Bhuiyan, Md. E.K. A Trend Analysis of Temperature and Rainfall to Predict Climate Change for Northwestern Region of Bangladesh. *Am. J. Clim. Change* **2018**, 07, 115–134. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2018.72009>.

19. Ragatoa, D.S.; Ogunjobi, K.O.; Okhimamhe, A.A.; Francis, S.D.; Adet, L. A Trend Analysis of Temperature in Selected Stations in Nigeria Using Three Different Approaches. *OALib* **2018**, *05*, 1–17. <https://doi.org/10.4236/oalib.1104371>.
20. Karanja, A.; Ondimu, K.; Recha, C. Analysis of Temporal Drought Characteristic Using SPI Drought Index Based on Rainfall Data in Laikipia West Sub-County, Kenya. *OALib* **2017**, *04*, 1–11. <https://doi.org/10.4236/oalib.1103765>.
21. Altın, T.B.; Barak, B.; Altın, B.N. Change in Precipitation and Temperature Amounts over Three Decades in Central Anatolia, Turkey. *Atmospheric Clim. Sci.* **2012**, *02*, 107–125. <https://doi.org/10.4236/acs.2012.21013>.
22. Bera, S. Trend Analysis of Rainfall in Ganga Basin, India during 1901–2000. *Am. J. Clim. Change* **2017**, *06*, 116–131. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2017.61007>.
23. Byakatonda, J.; Parida, B.P.; Moalafhi, D.B.; Kenabatho, P.K. Analysis of Long Term Drought Severity Characteristics and Trends across Semiarid Botswana Using Two Drought Indices. *Atmospheric Res.* **2018**, *213*, 492–508. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.07.002>.
24. Güner Bacanlı, Ü. Trend Analysis of Precipitation and Drought in the Aegean Region, Turkey: Trend Analysis of Precipitation and Drought. *Meteorol. Appl.* **2017**, *24* (2), 239–249. <https://doi.org/10.1002/met.1622>.
25. Tín, N.V. Đánh Giá Xu Thế Biến Đổi Của Lượng Mưa Thời Đoạn Lớn Nhất Khu Vực Thành Phố Hồ Chí Minh Giai Đoạn 1971–2016 Bằng Kiểm Định Phi Tham Số Mann–Kendall. *Tạp Chí Khí Tượng Thủy Văn* **2017**, *638*, 52–55.
26. Thành, N.Đ.; Tân, P.V. Kiểm nghiệm phi tham số xu thế biến đổi một số yếu tố khí tượng cho giai đoạn 1961 –2007. *Tạp Chí Khoa Học ĐHQGHN Khoa Học Tự Nhiên Và Công Nghệ* **2012**, 1–8.
27. Kỳ, N.M. Phân tích và đánh giá lượng mưa trong xu hướng Biến đổi khí hậu giai đoạn 1979–2011 ở thành phố Đà Nẵng. *Tạp Chí Khoa Học Trường Đại Học Giang* **2016**, *12*, 110–117.
28. Hằng, P.T.T. Xu thế Biến đổi khí hậu và dòng chảy lưu vực sông Ba. *Tạp Chí Các Khoa Học Về Trái Đất* **2014**, *36*, 131–400.
29. Bộ Tài nguyên và Môi trường. *Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*. Nhà xuất bản Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam: Hà Nội, Việt Nam, 2016.

Research trend of change and future projected climate in Ninh Thuan province

Nguyen Hoang Tuan^{1*}, Truong Thanh Canh²

¹ University of Science, VNU.HCM, Vietnam; nhtuansg@gmail.com

² University of Science, VNU.HCM, Vietnam; ttcanh@hcmus.edu.vn

Abstract: The study’s objective is to analyze and estimate the trend of climatic factors of Ninh Thuan province. The non-parametric test method used in this study is Mann–Kendall and Theil–Sen analysis. The study results showed that the average temperature increases with an increase of 0.01 °C, average annual precipitation increases by 11.01mm, potential evaporation increases 0,013mm, and annual average humidity decreases by 0.01%. The forecast results showed that by the end of the 21st century, the annual average temperature increased 0,8 °C, rainfall increased by 880.8 mm. The potential evaporation rate increased by 9.04 mm, and the humidity

decreased by 1.0%. Research results have contributed to the database for applying non-parametric tests in the fields of natural resources and the environment. The research has also provided the locality with a research tool on climate characteristics, helping agencies and organizations better understand the climate characteristics, understand the climate characteristics better, and have strategies and solutions to adapt and mitigate the impacts of drought on the local Socio-Economic.

Keywords: Temperature; Precipitation; Humidity; Potential evaporation; Mann–Kendall; Theil–Sen;

Bài báo khoa học

Thử nghiệm tích hợp mô hình Tank và Sóng động học một chiều để dự báo thủy văn hạn vừa trên lưu vực sông Ba

Bùi Văn Chanh^{1*}, Trần Ngọc Anh^{2,3}, Nguyễn Quốc Huân¹, Nguyễn Thị Hoan¹

¹ Đai Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; buivanchanh@gmail.com; huantvtp@gmail.com; hoannnguyen.1311@gmail.com

² Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi Trường, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; tranngocanh@hus.edu.vn

³ Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; tranngocanh@hus.edu.vn

* Tác giả liên hệ: buivanchanh @gmail.com; Tel.: +84–915620289

Ban Biên tập nhận bài: 01/11/2020; Ngày phản biện xong: 25/12/2020; Ngày đăng bài: 25/02/2020

Tóm tắt: Mô hình Tank đã được ứng dụng trong thời gian dài, ở nhiều nơi trên thế giới và trở thành công cụ hữu hiệu trong nghiệp vụ dự báo hiện nay. Tuy nhiên, Tank là mô hình mưa dòng chảy thông số tập trung, không mô phỏng được quá trình truyền lũ và tập trung dòng chảy trên lưu vực nên mô phỏng còn hạn chế. Với các lưu vực nhỏ, mô hình Tank được đánh giá là sử dụng có hiệu quả cao vì quá trình tập trung và truyền dòng chảy ít ảnh hưởng đến diễn biến lưu lượng tại cửa ra. Ngoài ra, những tác động đáng kể của hồ chứa đến dòng chảy lưu vực cũng không được tính toán trong mô hình Tank nên chất lượng mô phỏng chưa cao. Để sử dụng mô hình Tank được cho lưu vực lớn và mô phỏng tác động của hồ chứa đến dòng chảy trong sông, nghiên cứu đã tích hợp mô hình Tank với mô hình Sóng động học một chiều phi tuyến và phương pháp diễn toán dòng chảy qua hồ Runge – Kutta bậc 3. Bộ mô hình tích hợp được ứng dụng thử nghiệm để dự báo thủy văn thời hạn 5 ngày trên lưu vực sông Ba cho kết quả mô phỏng và dự báo tốt hơn việc chỉ sử dụng mô hình Tank. Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được công cụ dự báo thủy văn hạn vừa tại trạm thủy văn Củng Sơn tại Đai Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ bằng việc ứng dụng bộ mô hình trên.

Từ khóa: Mô hình Tank; Sóng động học; Lưu vực sông Ba.

1. Mở đầu

Mô hình Tank do Sugawara đề xuất và ứng dụng đầu tiên năm 1956 tại Trung tâm Quốc gia Phòng chống Lũ lụt Nhật Bản. Mô hình đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới và trong nghiệp vụ dự báo tại hầu hết các cơ quan dự báo ở Việt Nam. Tuy nhiên, Tank là mô hình mưa dòng chảy thông số tập trung, đã trung bình hóa các đặc trưng tự nhiên của lưu vực nên không mô phỏng được quá trình tập trung dòng chảy, truyền sóng lũ, không mô phỏng chi tiết và tác động của công trình thủy lợi đến diễn biến dòng chảy lưu vực sông [1]. Do đó, trên các lưu vực vừa và lớn có mức độ thay đổi đáng kể về đặc trưng tự nhiên, việc ứng dụng đem lại kết quả mô phỏng chưa cao; lưu vực có ảnh hưởng lớn của hồ chứa có chất lượng mô phỏng kém và gần như không thể ứng dụng được mô hình. Để khắc phục các nhược điểm trên của mô hình Tank, nghiên cứu đã chia lưu vực lớn thành các tiểu lưu vực, chia lưu vực không chế đến tuyến đập các hồ và coi như là một tiểu lưu vực. Dòng chảy qua hồ chứa được diễn toán bằng phương pháp Runge–Kutta bậc 3. Đầu ra của mô hình Tank ở các tiểu lưu

vực được kết nối với mô hình Sóng động học một chiều phi tuyến để diễn toán dòng chảy trong mạng lưới sông; tại các nút có hồ chứa mô hình Sóng động học sử dụng phương pháp Runge Kutta bậc 3 để diễn toán [2]. Đa số các con sông trên thế giới và ở Việt Nam có sự ảnh hưởng của hồ chứa đến dòng chảy [3], những tác động này làm giảm chất lượng mô phỏng và dự báo thủy văn nhưng chưa được mô phỏng trong các mô hình mưa dòng chảy thông số tập trung, trong đó có mô hình Tank. Do đó, mô phỏng tác động của hồ chứa trong các mô hình toán thủy văn là rất cần thiết. Dòng chảy qua hồ hiện nay được mô phỏng bằng một số mô hình Mike Basin, HEC ResSim, các phương pháp Runge–Kutta, Patapop, đồ thị, lập bảng và thử dần [4]. Tuy nhiên, tích hợp phương pháp Runge–Kutta bậc 3 trong mô hình Sóng động học là một hướng nghiên cứu mới để mô phỏng quá trình liên tục dòng chảy trong sông.

Đề chủ động và triển khai có hiệu quả phương án phòng chống thiên tai, sản xuất đã đặt ra yêu cầu dự báo thời hạn vừa, trong đó dự báo thủy văn trong mùa lũ với thời hạn dự báo 5 ngày và mùa cạn là 10 ngày [5]. Đối với lưu vực sông Ba, dự báo hạn vừa không chỉ có vai trò quan trọng trong phòng chống thiên tai, sản xuất nông nghiệp, cung cấp nước cho sinh hoạt và công nghiệp mà còn phục vụ điều tiết hệ thống hồ chứa, sản xuất điện năng. Tuy nhiên, lưu vực sông Ba khá rộng lớn, đặc điểm tự nhiên và khí hậu thủy văn biến đổi lớn theo không gian, có hệ thống hồ chứa rất phức tạp nên công tác dự báo thủy văn hạn vừa gặp nhiều khó khăn. Công tác dự báo trên lưu vực sông Ba do nhiều đơn vị dự báo cấp tỉnh và khu vực thực hiện; trong đó, dự báo dòng chảy tại trạm thủy văn Củng Sơn do Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Phú Yên và Đài khu vực Nam Trung Bộ thực hiện, các trạm thượng lưu do Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Nguyên và các Đài tỉnh trực thuộc thực hiện. Việc thực hiện dự báo dòng chảy tại trạm Củng Sơn gặp rất nhiều khó khăn do đây là trạm đo lưu lượng cuối cùng trong hệ thống, chịu sự tác động phức tạp của dòng chảy lưu vực và hệ thống hồ chứa.

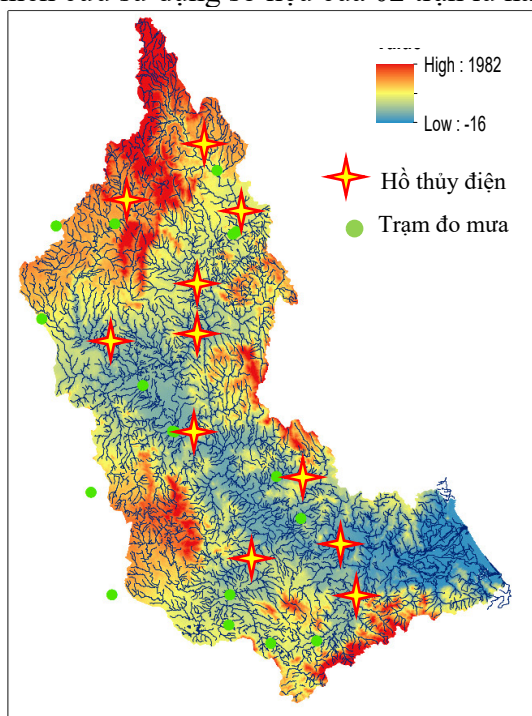
Công cụ dự báo hạn vừa hiện nay trên lưu vực sông Ba chủ yếu là phương pháp hồi quy, mô hình thống kê nên việc mô phỏng tác động của hồ chứa rất hạn chế. Ngoài ra, sự biến đổi phức tạp của dòng chảy trên lưu vực cũng như tác động của biến đổi khí hậu dẫn đến chất lượng dự báo chưa cao của các phương pháp và mô hình thống kê. Mặc dù, một số nghiên cứu đã sử dụng mô hình thủy văn thông số IFAS, MIKE NAM để dự báo dòng chảy thời hạn dài, tuy nhiên mới chỉ ứng dụng được cho mùa cạn, mô phỏng quá trình dòng chảy trong sông còn hạn chế [6]. Yêu cầu dự báo hạn vừa hiện nay cần thực hiện cho nhiều đặc trưng trung bình, lớn nhất, nhỏ nhất và thời gian xuất hiện, tuy nhiên việc dự báo cực trị và thời gian chưa thể thực hiện với các phương pháp và mô hình thống kê. Do đó, phương pháp sử dụng kết hợp mô hình Tank, Sóng động học một chiều và phương pháp Runge – Kutta bậc 3 khắc phục các nhược điểm của các phương pháp dự báo trên và là cơ sở để cải thiện chất lượng dự báo thời hạn vừa. Các mô hình sau khi cải tiến, tích hợp đã ứng dụng thử nghiệm cho lưu vực sông Ba đến trạm thủy văn Củng Sơn.

Nghiên cứu đã mô phỏng dòng chảy trên tiểu lưu vực hồ An Khê, Yaun Hạ, Krông Hnăng, Sông Ba Thượng, Ia Mlah, sông Hinh, gia nhập khu giữa đến hồ Sông Ba Hạ và trạm thủy văn Củng Sơn [7]. Dòng chảy của các tiểu lưu vực này được mô phỏng bằng mô hình Tank, các tiểu lưu vực các hồ được kết nối với Runge–Kutta bậc 3 để diễn toán qua hồ trước khi kết nối với mô hình Sóng động học một chiều phi tuyến cùng với dòng chảy khu giữa được mô phỏng bằng mô hình Tank. Dòng chảy qua hồ Sông Ba Hạ được diễn toán bằng Runge–Kutta bậc 3 với lưu lượng đầu vào từ mô hình Sóng động học và tiếp tục sử dụng mô hình này để mô phỏng dòng chảy đến trạm Củng Sơn, trị số mực nước của trạm này được khai toán từ bảng tra $Q = f(H)$ năm 2016.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

Sông Ba là con sông lớn khu vực Miền trung và Tây nguyên, bắt nguồn từ độ cao khoảng 2000m thuộc địa phận tỉnh Gia Lai. Sông chảy theo hướng bắc-nam và đổ ra biển tại thành phố Tuy Hòa tỉnh Phú Yên; có các nhánh sông Pomorê gia nhập tại huyện Phú Thiện tỉnh Gia Lai, sông Krông Hnăng gia nhập tại huyện M’đrăk tỉnh Đắk Lắk, sông Hinh gia nhập tại huyện Sông Hinh tỉnh Phú Yên. Trên lưu vực có các trạm chính gồm: trạm thủy văn An Khê, Pomorê, Ayunpa, Củng Sơn và Phú Lâm; trạm khí tượng An Khê, Ayunpa, M’đrăk, Sơn Hòa, Tuy Hòa và 11 trạm đo mưa nhân dân. Trên lưu vực sông Ba có rất nhiều hồ chứa, trong đó có các hồ chính thuộc quy trình vận hành liên hồ chứa gồm: An Khê, Ka Năk, Ayun Hạ, Krông Hnăng, Ba Hạ. Số liệu các trạm khí tượng thủy văn từ năm 1977 đến nay, các trạm đo mưa tự động và hồ chứa đầy đủ có khoảng trong 5 năm gần đây. Để đảm bảo dữ liệu hiệu chỉnh và kiểm định, nghiên cứu sử dụng số liệu của 02 trận lũ năm 2016.



Hình 1. Bản đồ địa hình và sông suối lưu vực sông Ba.

2.2. Cơ sở lý thuyết mô hình Tank

Bể chứa trên cùng được chia thành hai phần: trên và dưới, giữa chúng xảy ra sự trao đổi ẩm. Tốc độ truyền ẩm từ dưới lên (T_1) và từ trên xuống (T_2) được tính như sau:

$$T_1 = TB_0 + (1 - XA / PS) \times TB \quad (1) \quad T_2 = TC_0 + (1 - XS / SS) \times TC \quad (2)$$

Trong đó XS, SS là lượng ẩm thực và lượng ẩm bão hòa phần dưới bể A; TB_0 , TB, TC_0 , TC là các thông số truyền ẩm.

Dòng chảy từ bể A:

Lượng ẩm đi vào bể A là mưa (P), dòng chảy qua các cửa bên (YA_1 , YA_2) và cửa đáy (YA_0) được tính như sau:

$$H_f = XA + P - PS \quad (3) \quad YA_0 = H_f \times A_0 \quad (4)$$

$$YA_1 = (H_f - HA_1) \times A_1 \quad \text{Khi } H_f > HA_1 \quad (5a)$$

$$YA_1 = 0 \quad \text{Khi } H_f \leq HA_1 \quad (5b)$$

$$YA_2 = (H_f - HA_2) \times A_2 + (H_f - HA_3) \times A_3 \quad \text{Khi } H_f > HA_3 \quad (6a)$$

$$YA_2 = (H_f - HA_2) \times A_2 \quad \text{Khi } H_f > HA_2 \quad (6b)$$

$$YA_2 = 0 \quad \text{Khi } H_f \leq HA_2 \quad (6c)$$

Dòng chảy từ các bể B, C, D:

$$YB_0 = (XB + YA_0) \times B_0 \tag{7}$$

$$YB_1 = (XB + YA_0 - HB) \times B_1 \quad \text{Khi } XB + YA_0 > HB \tag{8a}$$

$$YB_1 = 0 \quad \text{Khi } XB + YA_0 \leq HB \tag{8b}$$

$$YC_0 = (XC + YB_0) \times C_0 \tag{9}$$

$$YC_1 = (XC + YB_0 - HC) \times C_1 \quad \text{Khi } XC + YB_0 > HC \tag{10a}$$

$$YC_1 = 0 \quad \text{Khi } XC + YB_0 \leq HC \tag{10b}$$

$$YD_0 = (XD + YC_0) \times D_0 \tag{11}$$

$$D_1 = (XD + YC_0) \times D_1 \tag{12}$$

Dòng chảy từ bể CH:

$$QCH = YA_2 + YA_1 + YB_1 + YC_1 + YD_1 \tag{13}$$

$$Y = (XCH + QCH) \times CH_1 + (XCH + QCH - H) \times CH_2 \quad \text{Khi } (XCH + QCH) > H$$

$$Y = (XCH + QCH) \times CH_1 \quad \text{Khi } (XCH + QCH) \leq H \tag{14}$$

$$Q = [(Y \times F) / \Delta t] \times 10^3 \text{ (m}^3/\text{s)} \tag{15}$$

Trong đó Q là lưu lượng mặt cắt tại cửa ra lưu vực (m³/s); F là diện tích lưu vực (km²); Δt là thời gian tính toán (s).

2.3. Cơ sở lý thuyết mô hình Sóng động học

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 [8]:

– Phương trình liên tục:
$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \tag{16}$$

– Phương trình động lượng:
$$S_o = S_f \tag{17}$$

$$A = \alpha Q \beta \tag{18}$$

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.

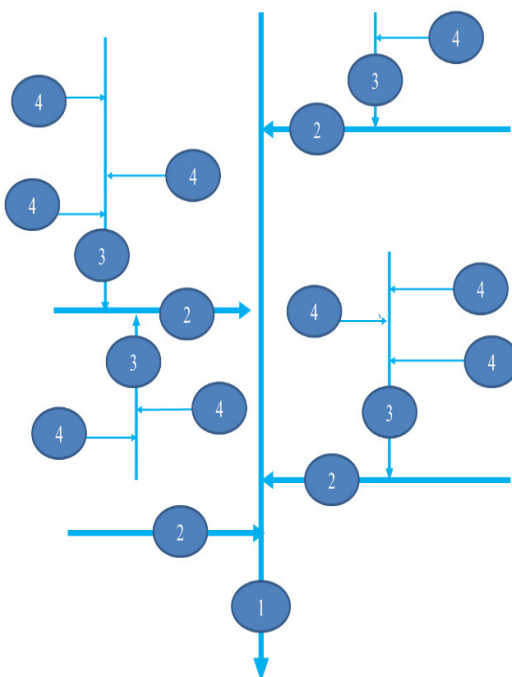
Áp dụng sơ đồ sai phân ẩn phương trình (16) thu được phương trình sai phân sóng động học phi tuyến.

$$\frac{\Delta t}{\Delta x} Q_{i+1}^{j+1} + \alpha (Q_{i+1}^{j+1})^\beta = \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{j+1} + \alpha (Q_{i+1}^j)^\beta + \Delta t \left(\frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \right) \tag{19}$$

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 (19) bằng phương pháp lặp Newton [8]. Sử dụng kết quả tính toán từ mô hình Sóng động học một chiều tuyến tính làm giá trị ban đầu của phép lặp Newton. Sơ đồ sử dụng phương trình (19) là một sơ đồ ổn định không điều kiện và có thể sử dụng các trị của Δt/Δx trong một phạm vi khá rộng mà không tạo ra sai số lớn trong hình dạng của đường quá trình lưu lượng [9].

Mô hình Sóng động học một chiều phi tuyến cho một nhánh sông được xây dựng từ phương trình (19) và giải bằng phương pháp lặp Newton [8]. 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 (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 2) [10].



Hình 2. Sơ đồ phân cấp lưới sông.

2.4. Cơ sở lý thuyết phương pháp Runge–Kutta bậc 3

Theo sơ đồ Runge–Kutta bậc 3, chia khoảng thời gian Δt thành 3 thời đoạn nhỏ và sẽ tính toán các giá trị liên tiếp của mực nước và lưu lượng cho mỗi đoạn thời gian.

Phương trình liên tục được biểu diễn bằng [9]:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(H) \tag{20}$$

Trong đó S là dung tích hồ; $I(t)$ là lưu lượng đi vào hồ như một hàm theo thời gian; $Q(H)$ là lưu lượng dòng ra khỏi hồ được xác định bằng mực nước hoặc bằng cột nước.

Số gia về thể tích dS tương ứng với số gia của mực nước dH có thể được tính như sau :

$$dS = A(H) \times dH \tag{21}$$

Với $A(H)$ là diện tích mặt nước hồ tại mực nước H . Do đó, phương trình liên tục được viết như sau [8]:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{I(t) - Q(H)}{A(H)} \tag{22}$$

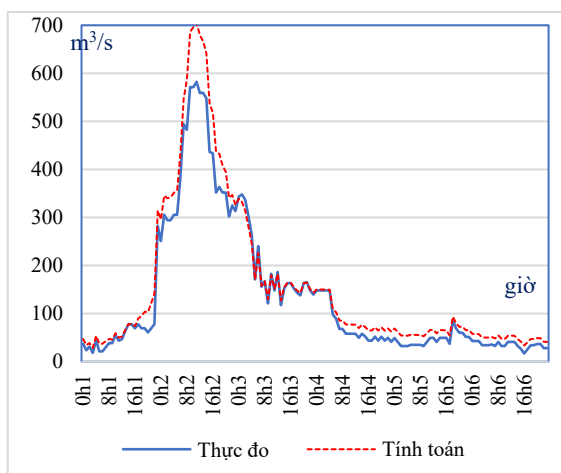
Trong sơ đồ bậc 3, mỗi khoảng thời gian Δt được chia thành 3 thời đoạn nhỏ và ứng với mỗi thay đổi dH cần phải tính được các số gia $\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_3$ cho mỗi thời đoạn.

Cách tính gần đúng của số gia $\Delta H_1, \Delta H_2, \Delta H_3$ cho khoảng thời gian thứ j . Độ dốc dH/dt xấp xỉ bằng $\Delta H/\Delta t$ sẽ được ước lượng trước tiên tại (H_j, t_j) , sau đó tại $(H_j + \Delta H_1/3, t_j + \Delta t/3)$ và cuối cùng tại $(H_j + 2\Delta H_2/3, t_j + 2\Delta t/3)$.

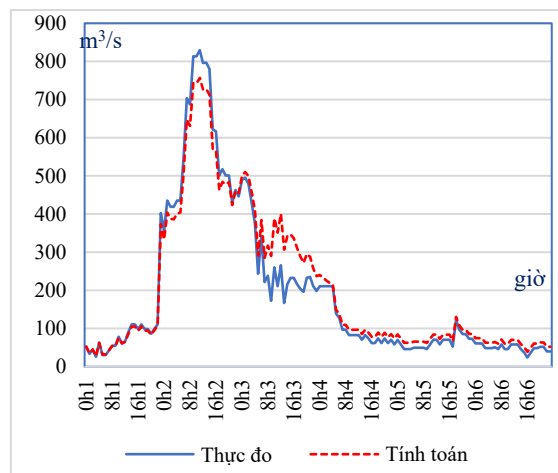
Ta có phương trình [8]:

$$\Delta H_1 = \frac{I(t_j) - Q(H_j)}{A(H_j)} \Delta t \tag{23}$$

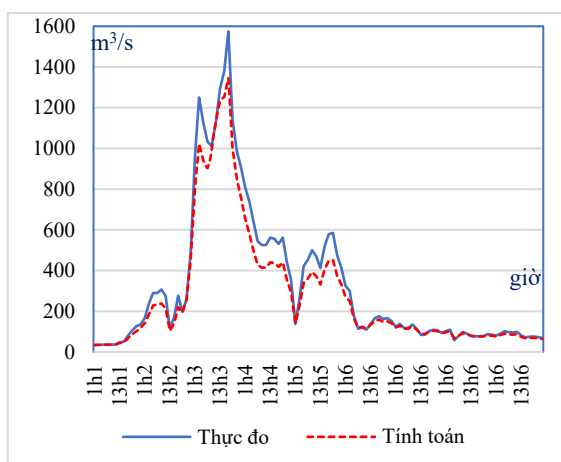
$$\Delta H_2 = \frac{I\left(t_j + \frac{\Delta t}{3}\right) - Q\left(H_j + \frac{\Delta H_1}{3}\right)}{A\left(H_j + \frac{\Delta H_1}{3}\right)} \Delta t \tag{24}$$



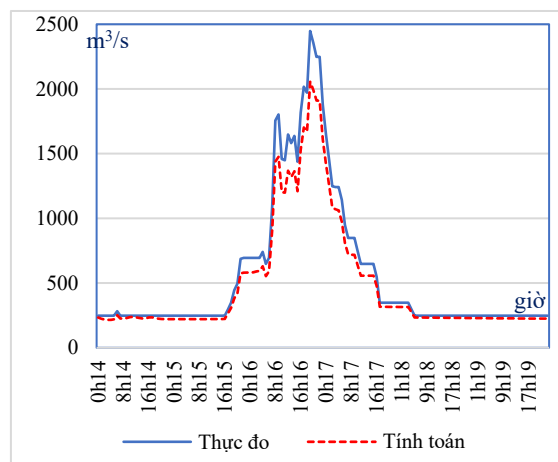
Hình 6. Hiệu chỉnh bộ thông số mô hình Tank lưu lượng về hồ An Khê.



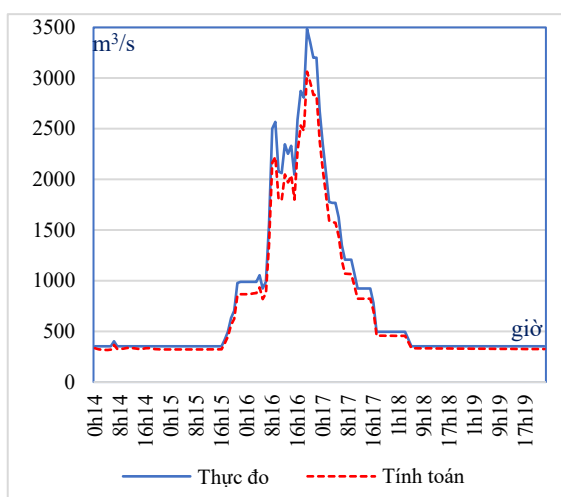
Hình 7. Hiệu chỉnh bộ thông số mô hình Tank lưu lượng về hồ Ayun Hạ.



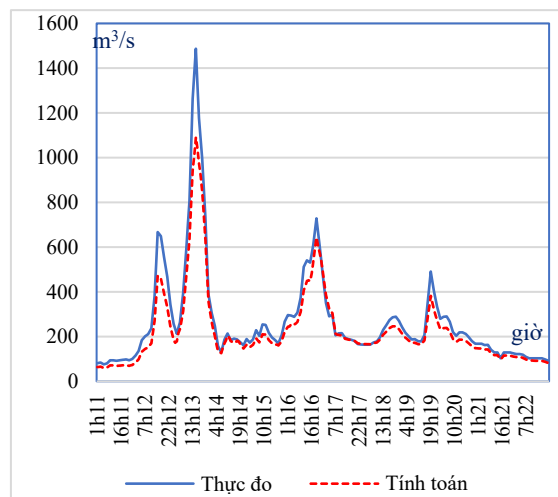
Hình 8. Hiệu chỉnh bộ thông số mô hình Tank lưu lượng về hồ Krông Năng.



Hình 9. Kiểm định bộ thông số mô hình Tank lưu lượng về hồ An Khê.



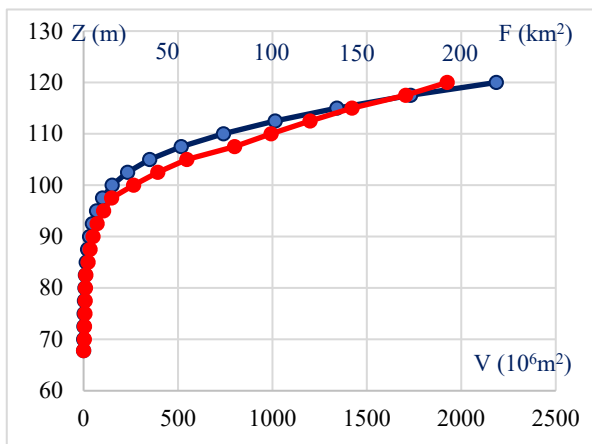
Hình 10. Kiểm định bộ thông số mô hình Tank lưu lượng về hồ Ayun Hạ.



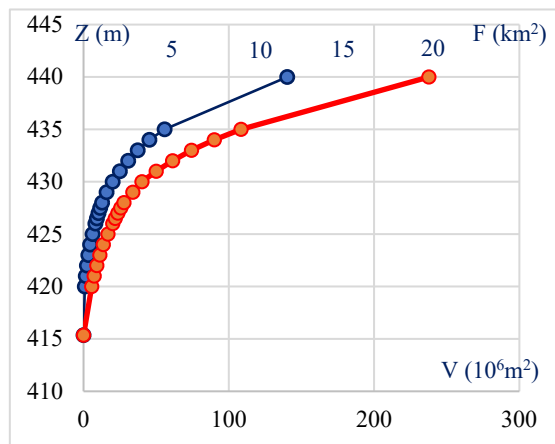
Hình 11. Kiểm định bộ thông số mô hình Tank lưu lượng về hồ Krông Năng.

2.6. Thiết lập diễn toán dòng chảy qua hồ bằng Runge–Kutta bậc 3

Phương pháp diễn toán dòng chảy qua hồ Runge–Kutta bậc 3 được thiết lập dựa trên đường đặc tính lòng hồ (ZFV), mực nước ban đầu, các thông số của đập gồm: cao trình ngưỡng tràn, số cửa xả, chiều rộng một cửa xả. Trên lưu vực sông Ba có nhiều hồ chứa, trong nghiên cứu này sử dụng các hồ trong quy trình vận hành liên hồ chứa để mô phỏng gồm: An Khê, Ayun Hạ, Krông Năng, Sông Ba Hạ, Sông Ba Thượng, Ia Mlah, Sông Hình [7].



Hình 12. Đường đặc tính hồ Sông Ba Hạ.

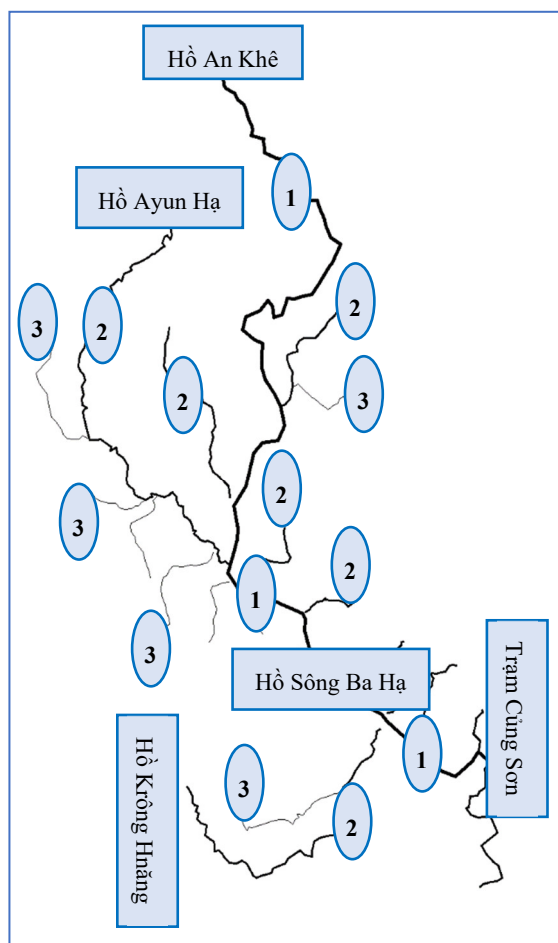


Hình 13. Đường đặc tính hồ An Khê.

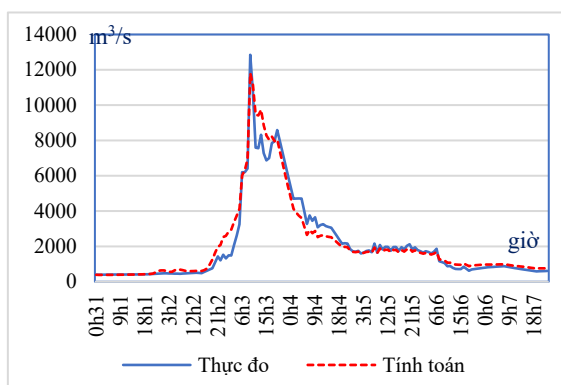
2.7. Thiết lập mô hình Sóng động học một chiều phi tuyến

Mô hình Sóng động học một chiều Tuyến 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 90 [12], chiều rộng sông được đo trên ảnh viễn thám và kết hợp với bảng tra thủy lực [13] để xác định hệ số nhám Manning, từ hệ số nhám ban đầu của bảng tra, sau khi hiệu chỉnh và kiểm định đã xác định được hệ số nhám từ 0,031 đến 0,037. Áp dụng sơ đồ phân cấp trên cho lưu vực sông Ba được thể hiện trong hình 14.

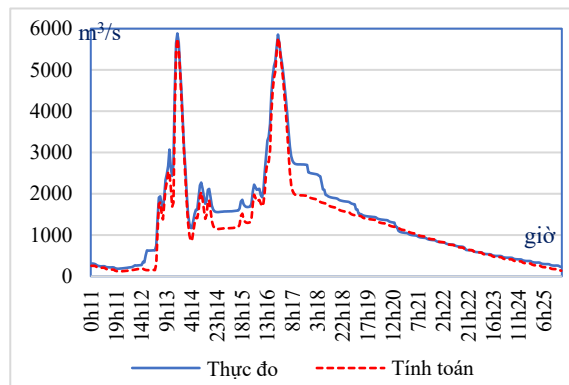
Đánh giá chất lượng mô phỏng theo chỉ tiêu Nash [11] mô hình Sóng động học một chiều phi tuyến cho quá trình hiệu chỉnh lưu lượng về hồ Sông Ba Hạ đạt 0,85 và tại trạm Củng Sơn đạt 0,87; quá trình kiểm định lưu lượng về hồ Sông Ba Hạ đạt 0,84 và tại trạm Củng Sơn đạt 0,86.



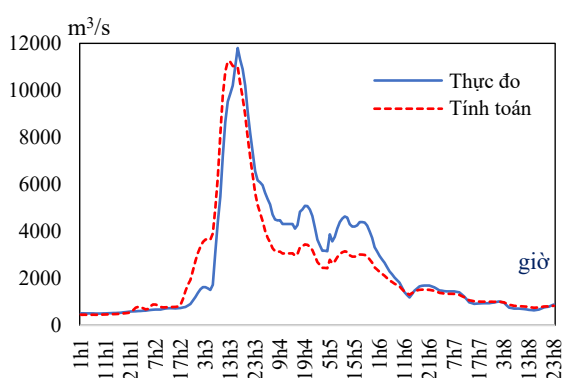
Hình 14. Phân cấp mạng lưới sông Ba.



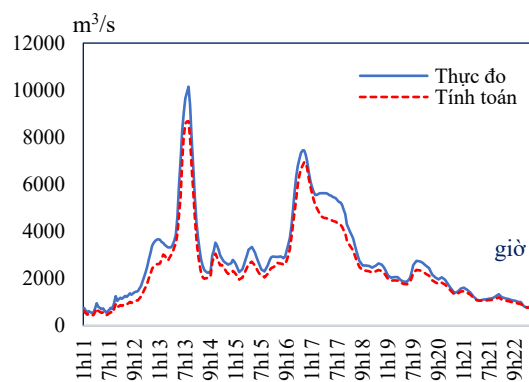
Hình 15. Kết quả hiệu chỉnh lưu lượng về hồ Sông Ba Hạ trận lũ 1 năm 2016.



Hình 16. Kết quả kiểm định lưu lượng về hồ Sông Ba Hạ trận lũ 1 năm 2016.



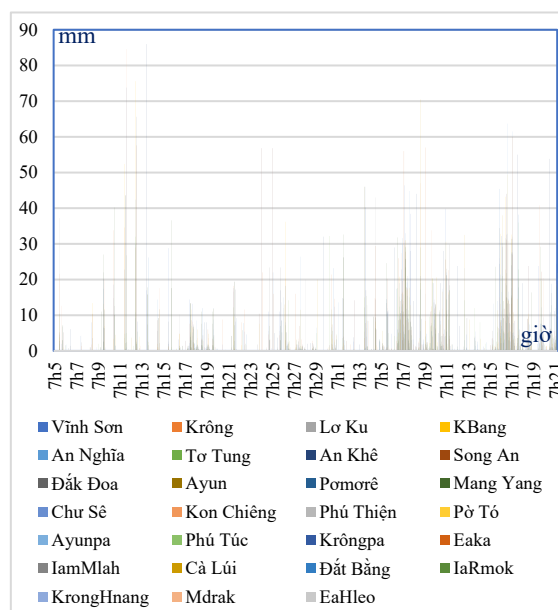
Hình 17. Kết quả hiệu chỉnh tại trạm Củng Sơn trận lũ 1 năm 2016.



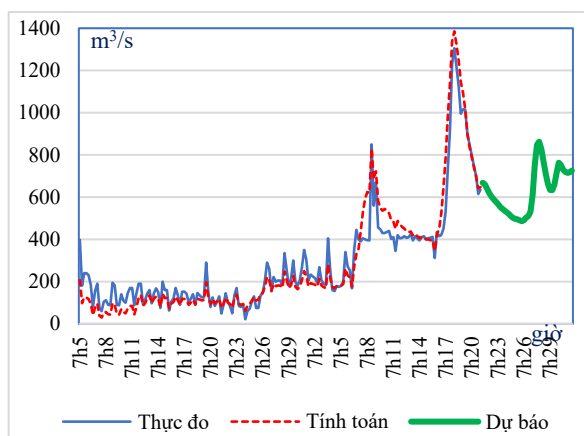
Hình 18. Kết quả kiểm định tại trạm Củng Sơn trận lũ 2 năm 2016.

3. Kết quả và thảo luận

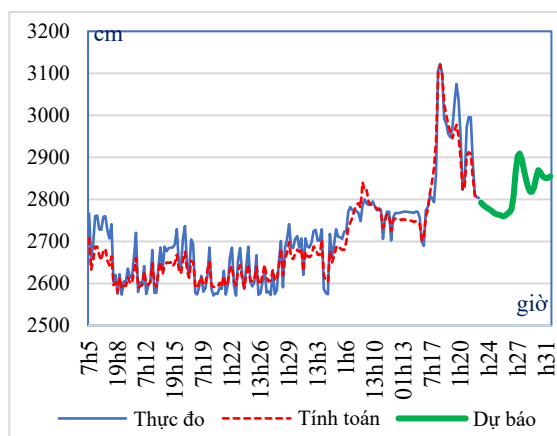
Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số mô hình Tank và Sóng động học một chiều phi tuyến được đánh giá đạt loại tốt bằng chỉ tiêu Nash, bộ mô hình tích hợp đủ điều kiện sử dụng trong nghiệp vụ dự báo thủy văn. Nghiên cứu đã thử nghiệm dự báo thời đoạn 5 ngày cho trạm thủy văn Củng Sơn từ ngày 1/9 đến ngày 20 tháng 10 năm 2020. Số liệu mưa thực đo được khai thác từ 27 trạm đo mưa tự động, lượng mưa dự báo được trích xuất từ sản phẩm mô hình số trị WRF thời đoạn 1 giờ và độ phân giải 9 km. Đánh giá chất lượng dự báo tại trạm thủy văn Củng Sơn đạt 85% [14].



Hình 19. Lượng các trạm từ 1/9 đến 20/10 năm 2020.



Hình 20. Dự báo lưu lượng thời hạn 5 ngày trạm Củng Sơn.



Hình 21. Dự báo mực nước thời hạn 5 ngày trạm Củng Sơn.

4. Kết luận

– Đánh giá chỉ tiêu Nash quá trình hiệu chỉnh bộ thông số mô hình Tank cho các hồ và trạm Củng Sơn từ 0,84 đến 0,86, quá trình kiểm định từ 0,80 đến 0,87.

– Nghiên cứu đã hiệu chỉnh và kiểm định xác định được thông số nhám Manning của mô hình Sóng động học một chiều phi tuyến từ 0,031 đến 0,037. Chất lượng hiệu chỉnh và kiểm định khá tốt, từ 0,84 đến 0,87.

– Bộ thông số mô hình Tank và Sóng động học một chiều phi tuyến sau khi hiệu chỉnh, kiểm định đủ tin cậy để sử dụng dự báo thử nghiệm dòng chảy thời hạn vừa tại trạm thủy văn Củng Sơn. Đánh giá chất lượng dự báo thời hạn 5, từ ngày 1/9 đến ngày 20/10 đạt 85%, vượt chỉ tiêu của Tổng cục Khí tượng Thủy văn 10%.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: B.V.C., T.N.A.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: B.V.C., T.N.A.; Xử lý số liệu: N.Q.H., N.T.H.; Thiết lập mô hình: B.V.C., N.T.H.; Ứng dụng thử nghiệm: N.Q.H., N.T.H.; Viết bản thảo bài báo: B.V.C., T.N.A.; Chỉnh sửa bài báo: B.V.C., T.N.A.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên kết quả nghiên cứu LATS với đề tài “Nghiên cứu tích hợp bộ mô hình để khôi phục dòng chảy và dự báo thủy văn cho các sông thiếu số liệu quan trắc” và đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở “Xây dựng công cụ dự báo thủy văn hạn vừa, hạn dài khu vực Nam Trung Bộ”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Khải, N.H.; Sơn, N.T. Mô hình toán thủy văn. Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội, 2003.
2. Jeffrey, E.M. Basic Concepts of Kinematic–Wave Models. U.S. Geological Survey Professional 1984, pp. 1302.
3. Mei, X.F.; Gelder, V.; Dai, Z.; Tang, Z.H. Impact of dams on flood occurrence of selected rivers in the United States. *Front. Earth Sci.* **2017**, *11*, 268–282. <https://doi.org/10.1007/s11707-016-0592-1>.
4. Hạnh, N.Đ.; Nhung, H.T.L. Ứng dụng phương pháp Runge–Kutta diễn toán lũ qua hồ chứa Cửa Đạt trên sông Chu. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2011**, *1S*, 81–85.

5. Thông tư số 06/2016/TT – BTNMT ngày 16 tháng 5 năm 2016 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về Quy định loại bản tin và thời hạn dự báo cảnh báo khí tượng thủy văn, 2016.
6. Dũng, P.T. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ: Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo thủy văn hạn vừa hạn dài mùa cạn phục vụ Quy trình vận hành liên hồ chứa cho các sông chính ở khu vực Tây Nguyên. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2017.
7. Quyết định số 878/QĐ–TTg ngày 18 tháng 7 năm 2018 của Thủ tướng Chính phủ về việc Ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa lưu vực sông Ba, 2018.
8. Techow, V.; Maidment; D.R.; Larry, W.M. Applied Hydrology, New York: McGraw – Hill, 1988.
9. Simons, D.B.; Li, R.M.; Stevens, M.A. Development of models for prediction water and sediment routing and yield from storms on small watershed. Colo State Univ. 1975, Rep CER74–75DBS–RML–MAS24.
10. Chanh, B.V.; Anh, T.N.; Anh, L.T. Mô phỏng dòng chảy trong sông bằng sóng động học một chiều phi tuyến. *Tap chí Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2016**, 32, 14–19.
11. Moriasi, D.N.; Arnold, J.G.; Liew, M.W. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Am. Soc. Agric. Biol Eng.* **2007**, 50, 885–900.
12. <https://earthexplorer.usgs.gov>
13. Tào, V.V.; Cẩm, N.C. Thủy lực. Nxb Nông nghiệp, 2006.
14. Thông tư số 42/2017/TT–BTNMT ngày 23 tháng 10 năm 2017 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về việc Quy định kỹ thuật đánh giá chất lượng dự báo, cảnh báo thủy văn.

Integrating experimenting of Tank model and one dimension Kinematic wave model for medium term hydrology forecasting on Ba river basin

Bui Van Chanh^{1*}, Tran Ngoc Anh^{2,3}, Nguyen Quoc Huan¹, Nguyen Thi Hoan¹

¹ Southern Central Region Hydro–Meteorology Center, Vietnam Meteorological and Hydrological Administration; buivanhanh@gmail.com; huantvtp@gmail.com; hoannnguyen.1311@gmail.com

² Center for Environmental Fluid Dynamic, VNU University of Science, Vietnam; tranngocanh@hus.edu.vn

³ Faculty of Hydro–Meteorology and Oceanography, VNU University of Science, Vietnam

Abstract: Tank model is applied for long time and used commonly in the world which become usefull hydrology forecasting tool in many forecasting offices. However, Tank is a lump rainfall runoff model so it can't simulate flood moving and concentrating flow progress on basin which is restrain simulation. On small basin, Tank model is assessed using well result because flow concentrating and moving progress is little impaction to discharge progress at basin outlet. Besides, considerable impaction of reservoir to discharge of river which also can't simulate in Tank model so its simulation quality is reduce. For simulating by Tank model in big basin and simulating impact of reservoir to flow in river, this researching integrated Tank model with non–linear Kinematic wave model and Runge Kutta level 3 method. The integration model is experimented using to forecast hydrology five–day term on Ba basin, its simulation and forecasting result are better than those of only use Tank model. The integration model is base to establish medium term hydrology forecasting project at Cung Son hydrology station in Central Southern Region HydroMeteorology Center.

Keywords: Tank model; Kinematic wave; Ba River basin.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu, xây dựng bộ công cụ lưu trữ, xử lý số liệu điện báo khí tượng, thủy văn, hải văn phục vụ công tác dự báo

Trịnh Thế Thành¹, Trần Tuấn Hiệp¹, Lê Hữu Huân¹, Đào Anh Công^{1*}

¹ Đài Khí tượng thủy văn khu vực Bắc Trung Bộ; photuonglama1221@gmail.com; huanbtb@gmail.com; hieptt86@gmail.com; daoanhcong.k55.hus@gmail.com

* Tác giả liên hệ: daoanhcong.k55.hus@gmail.com; Tel: +84-948946895

Ban Biên tập nhận bài: 26/11/2020; Ngày phản biện xong: 25/12/2020; Ngày đăng bài: 25/2/2021

Tóm tắt: Hàng năm, khu vực Bắc Trung bộ hứng chịu nhiều loại hình thời tiết nguy hiểm như Bão, Áp thấp nhiệt đới, lũ lụt, lũ quét sạt lở đất, nắng nóng, hạn hán, rét đậm rét hại,... với cường độ và tần suất ngày càng tăng. Trong bối cảnh yêu cầu của xã hội về chất lượng, cũng như tính kịp thời của bản tin ngày càng cao, quy trình xử lý số liệu cũ thủ công và lạc hậu, vận hành không ổn định và có nhiều nhược điểm không thể khắc phục đã không còn khả năng đáp ứng và cần có một giải pháp khác để giải quyết triệt để những vấn đề này. Nhóm tác giả đã đề xuất và xây dựng thành công bộ công cụ giải mã và lưu trữ loại số liệu KTTVHV truyền thống cũng như xây dựng website hiển thị số liệu. Bộ công cụ cho thấy sự nhanh chóng, ổn định và tiện lợi cho việc khai thác các loại số liệu và góp phần nâng cao chất lượng dự báo cũng như tính kịp thời của các bản tin.

Từ khóa: Giải mã số liệu; Điện báo; Xử lý số liệu.

1. Mở đầu

Hàng năm, khu vực Bắc Trung bộ hứng chịu nhiều loại hình thời tiết nguy hiểm như Bão, Áp thấp nhiệt đới, lũ lụt, lũ quét sạt lở đất, nắng nóng, hạn hán, rét đậm rét hại, [1]... Đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu diễn biến phức tạp, những hiện tượng thời tiết cực đoan ngày càng gia tăng về tần suất và cường độ. Công tác giải mã số liệu KTTVHV ở đài KTTV khu vực Bắc Trung Bộ [2] còn thủ công, vận hành không ổn định và có nhiều nhược điểm không thể khắc phục khiến cho các DBV rất mất thời gian xử lý số liệu và dễ gây sai sót. Hiện nay, ở Đài KTTV khu vực Bắc Trung Bộ đang sử dụng hai công cụ để giải mã số liệu điện báo gửi về: Công cụ thứ nhất là phần mềm DBRM của tiến sỹ Nguyễn Văn Hậu đã được sử dụng từ năm 2008 [3] và công cụ thứ hai là Hydromet Data manager của nhóm tác giả. Hai phần mềm này lưu trữ số liệu giải mã trên các CSDL định dạng khác nhau nên không thể kết hợp dữ liệu của nhau. Ngoài ra phần mềm DBRM vẫn còn nhiều lỗi như tính trung bình, chọn các cực trị của tuần thứ 3 vào các tháng có 31 ngày chưa chính xác, không giải mã được obs 22 giờ của ngày 01 hàng tháng.

Các số liệu Khí tượng, Thủy văn, Hải văn hầu hết được lưu trữ dưới dạng text hoặc dạng excel với nhiều định dạng khác nhau, cùng với việc các số liệu đều không liên mạch theo thời gian hoặc chỉ trong thời gian tương đối ngắn (tuần, tháng) nên gây nhiều khó khăn khi cần nhu cầu xử lý số liệu lớn. Hơn nữa, những công cụ này đã được xây dựng từ lâu nên không có khả năng cập nhật thêm khi có thêm điện báo của những trạm mới.

Trong bối cảnh yêu cầu của xã hội về chất lượng, cũng như tính kịp thời của bản tin ngày càng cao, quy trình xử lý số liệu cũ đã không còn khả năng đáp ứng và cần có một giải

pháp để giải quyết triệt để những vấn đề: rút ngắn thời gian truyền tin, tự động hóa công tác thu nhận thông tin, đảm bảo cao nhất độ chính xác của số liệu thực đo KTTV, cùng lúc truyền tải được khối lượng số liệu mã điện KTTV nhiều nhất, phục vụ công tác cảnh báo, dự báo, đặc biệt khi có thời tiết nguy hiểm, là đòi hỏi cấp thiết hiện nay. Đề tài “Nghiên cứu, xây dựng bộ công cụ lưu trữ, xử lý số liệu điện báo Khí tượng, Thủy văn, Hải văn phục vụ công tác dự báo tác nghiệp theo Quy trình dự báo” ra đời nhằm đáp ứng mục tiêu đó.

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu đã lựa chọn là khảo sát chi tiết phương pháp truyền tin, lưu trữ số liệu quan trắc thu thập được từ các trạm trên hệ thống máy chủ tại Đài. Nghiên cứu các định dạng bản ghi số liệu hiện đang được sử dụng, đánh giá tổng quan về qui mô số liệu, tần suất các bản tin và các yêu cầu về số liệu phục vụ dự báo từ đó lựa chọn cơ sở dữ liệu (CSDL) [4] phù hợp với mục đích yêu cầu của công việc và quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí tượng thủy văn [5]. Cuối cùng là lựa chọn ngôn ngữ lập trình phù hợp [6] để xây dựng công cụ đáp ứng được mục tiêu đề tài đặt ra, dễ dàng cho việc sử dụng, bảo trì và đảm bảo hiệu suất làm việc tốt nhất cho hệ thống máy tính.

2.1. Phương pháp xây dựng cơ sở dữ liệu

Hiện tại, tại Đài KTTV Bắc Trung Bộ được trang bị hệ thống máy chủ chạy hệ điều hành windows server 12 RT, hệ thống mạng internet cấp quang tốc độ cao. Tại Phòng Dự báo, Đài KTTV tỉnh Hà Tĩnh, Đài KTTV tỉnh Thanh Hóa đều sử dụng máy tính cá nhân cài hệ điều hành windows để khai thác số liệu. Vì vậy, trong nghiên cứu đã thống nhất lựa chọn cơ sở dữ liệu quan hệ, tập trung và có cấu trúc theo chuẩn SQL [7], tức là có thể sử dụng ngôn ngữ SQL để truy vấn CSDL, và được lưu trữ dưới dạng file CSDL ACCESS (.accdb).

Nghiên cứu đã tiến hành xây dựng cơ sở dữ liệu là một tập tin có tên DBdienbaoKTTVHV.accdb, trong đó chứa các bảng và các cột dữ liệu như hình. Trong đó với bảng CLIM sử dụng mã số trạm (STNO), Năm (yYear), Tháng (mMonth) là khóa chính cho bảng dữ liệu; các bảng khác sử dụng thêm Giờ (hHOUR); đối với số liệu từ các trạm tự động sử dụng thêm Phút (mMinute) để làm khóa chính, các trường của các bảng trong cơ sở dữ liệu là các dạng số liệu quan trắc như hình 1 và hình 2.

STNO	yYear	mMonth	TTTb	UUIb	TxTxTxb	NbNbtb	TnTnTntb	NrNrtb	TxTxTx	NNTx	TnTnTn	NNtn	S1S1S1	NpNpS1	BhhBhh
48840	2020	07	309	78	352	18	279	00	395	10	265	03	296	00	1435
48/80	2020	02	206	83	240	00	184	00	314	15	149	10	076	00	0477
48/74	2020	01	201	90	239	00	179	00	284	10	108	31	068	00	0350
48/82	2020	01	208	87	242	00	189	00	282	10	120	31	083	00	0324
48/69	2020	01	200	87	237	00	181	00	290	00	105	31	067	02	0486
48/81	2020	01	204	93	228	00	190	00	266	16	141	30	122	00	0250
48844	2020	01	212	85	252	00	189	00	296	10	124	31	090	00	0671
48842	2020	06	295	78	375	29	254	00	402	22	232	24	234	00	0805
48/75	2020	01	196	89	235	00	175	00	290	08	104	31	048	02	0317
48846	2020	07	317	69	363	24	285	00	395	10	266	23	293	00	1475
48/70	2020	07	305	77	360	20	269	00	388	09	252	13	282	00	1389
48/83	2020	07	299	78	342	09	274	00	386	19	251	22	327	00	1132
48845	2020	07	316	69	364	23	284	00	394	19	266	13	316	00	1840
48/79	2020	07	307	73	381	30	261	00	410	26	239	22	246	00	1392
48/84	2020	07	312	69	383	30	268	00	407	10	242	23	273	00	1384
48842	2020	01	201	85	238	00	179	00	293	09	104	31	046	00	0341
48/77	2020	01	207	88	236	00	189	00	277	09	117	31	110	00	0514
48/81	2020	02	197	93	220	00	181	00	256	15	147	17	102	00	0214
48840	2020	01	201	86	229	00	182	00	277	10	120	31	076	04	0524
48846	2020	01	209	88	240	00	189	00	280	16	132	29	108	00	0383
48845	2020	01	209	88	238	00	190	00	276	09	120	31	081	00	0379
48/86	2020	01	210	89	242	00	188	00	273	09	138	30	134	00	0491
48/84	2020	01	208	89	248	00	184	00	289	07	128	31	090	00	0328
48/73	2020	01	221	85	242	00	208	00	274	07	148	30	139	00	0574
48/76	2020	07	308	73	375	30	265	00	403	26	247	22	201	00	1317
48/66	2020	01	198	86	228	00	178	00	275	08	120	31	084	00	0538
48/84	2020	06	323	68	385	29	278	00	411	22	260	09	259	00	1659
48/72	2020	01	203	86	236	00	183	00	302	10	112	31	083	00	0436
48/67	2020	01	199	85	229	00	180	00	279	10	114	31	914	00	0554
48/79	2020	01	208	86	244	00	191	00	293	09	125	31	072	00	0404
48/80	2020	01	209	87	241	00	190	00	285	09	128	30	049	00	0502

Hình 1. Bảng số liệu CLIM.

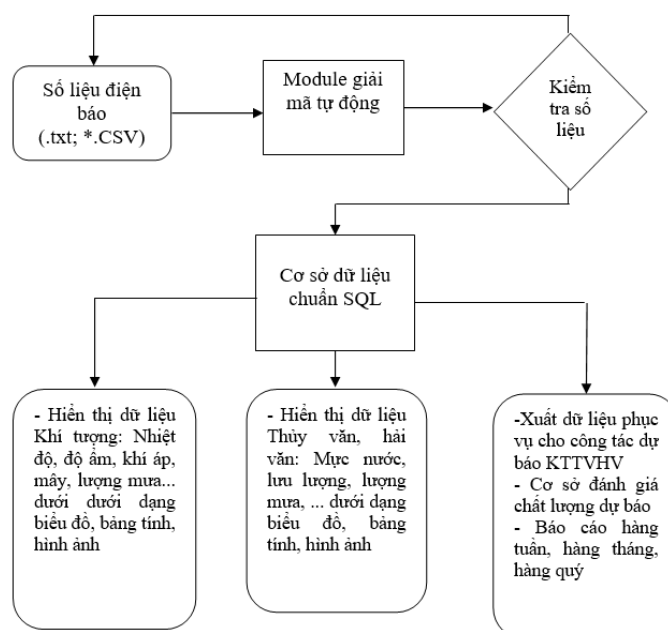
STNO	Year	mMonth	dDay	hHOOR	hchanma	VV	N	DD	FF	dacdiemgio	TTT
48/67	2020	01	19	18	300-600	20	10/10	NNW	01		147
48/66	2020	01	20	12	300-600	4	10/10	LG			163
48842	2020	01	20	15	300-600	20	10/10	LG			180
48840	2020	01	20	15	300-600	20	10/10	LG			173
48845	2020	01	20	15	300-600	20	9/10	LG			197
48846	2020	01	20	15	1500-2000	20	9/10	LG			193
48/86	2020	01	20	15	600-1000	20	7/10-8/10	WNW	01		194
48842	2020	01	19	18	300-600	4	10/10	LG			158
48840	2020	01	19	18	300-600	20	10/10	NNW	02		150
48845	2020	01	19	18	300-600	10	10/10	NNW	01		174
48/81	2020	01	19	18	300-600	10	10/10	NNW	04		174
48/86	2020	01	19	18	600-1000	10	9/10	SE	01		200
48/82	2020	01	20	12	300-600	20	10/10	LG			206
48/68	2020	01	19	18	300-600	20	10/10	SSW	01		152
48/69	2020	01	19	18	300-600	20	10/10	LG			154
48/70	2020	01	19	18	300-600	20	10/10	LG			156
48/72	2020	01	19	18	300-600	20	10/10	NNW	02		156
48/74	2020	01	19	18	300-600	10	10/10	LG			168
48/75	2020	01	19	18	300-600	10	10/10	LG			150
48/76	2020	01	19	18	300-600	20	10/10	LG			160
48/77	2020	01	19	18	300-600	20	10/10	NW	02		164
48/79	2020	01	19	18	300-600	10	10/10	SW	01		174
48/86	2020	01	19	12	600-1000	20	9/10	ENE	02		226
48846	2020	01	19	18	300-600	10	10/10	NE	02		182
48/70	2020	01	20	12	300-600	20	10/10	LG			175
48840	2020	01	20	09	300-600	10	10/10	NNE	02		174
48845	2020	01	20	09	300-600	20	10/10	NE	01		205
48846	2020	01	20	09	1500-2000	20	10/10	LG			208
48/86	2020	01	20	09	600-1000	20	10/10	NNW	04		210
48843	2020	01	20	17	300-600	20	10/10	IG			183

Hình 2. Bảng số liệu điện báo khí tượng.

2.2. Phương pháp xây dựng bộ công cụ

Bộ công cụ gồm ba phần chính, phần thứ nhất là tổng hợp số liệu quan trắc đang được lưu trữ phân tán trên các máy chủ khác nhau về một máy chủ. Phần thứ 2 là công cụ giải mã số liệu điện báo từ các trạm quan trắc khí tượng thủy văn thủ công, đưa số liệu từ các trạm quan trắc tự động vào cơ sở dữ liệu. Phần 3 là phần hiển thị các số liệu giải mã, khai thác các sản phẩm từ cơ sở dữ liệu tập trung. Vì vậy ngôn ngữ lập trình được lựa chọn là Visual basic [8–9] để xây dựng công cụ giải mã điện báo synop và thủy văn, clim, điện báo từ trạm tự động; Ngôn ngữ python được sử dụng để xây dựng công cụ giải mã điện typh; Ngôn ngữ java script, vb script và nền tảng website aspx được sử dụng để xây dựng website hiển thị số liệu.

Mục tiêu của đề tài là xây dựng được công cụ tự động xử lý, giải mã số liệu [10] từ mạng lưới các trạm quan trắc KTTV trong khu vực Bắc Trung Bộ lưu trữ vào cơ sở dữ liệu [11–12]. Trích xuất, hiển thị và phân phối số liệu điện báo và số liệu từ các trạm quan trắc tự động khí tượng, thủy văn, hải văn [13–14]. Các số liệu thu được hiển thị qua dạng bảng, biểu, hình vẽ thuận tiện và nhanh chóng để phục vụ công tác dự báo tại Đài KTTV khu vực Bắc Trung Bộ, từ đó rút ngắn thời gian xử lý số liệu cho các DBV, giúp đưa ra những dự báo, cảnh báo có tính chính xác và tính kịp thời cao hơn. Quy trình giải mã thực hiện theo sơ đồ hình 3.



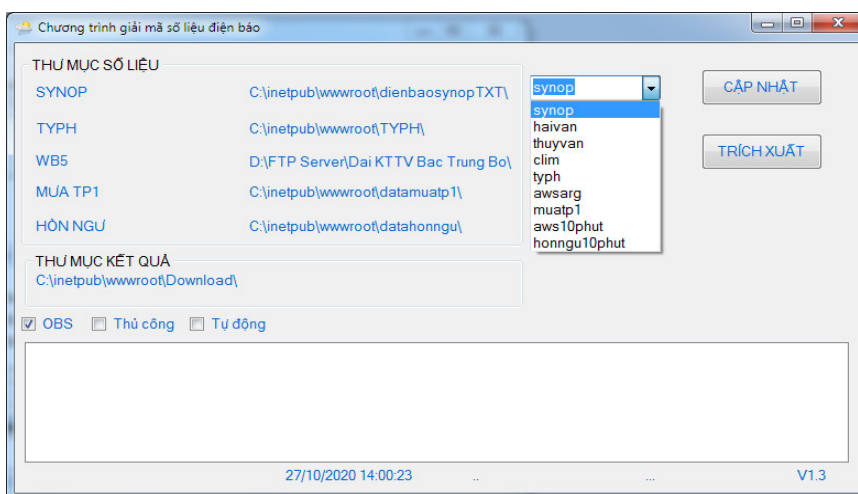
Hình 3. Sơ đồ khối quy trình giải mã số liệu KTTVHV.

- Bộ công cụ đáp ứng được các yêu cầu chính như sau [15]:
- Phải chạy được ổn định trên máy chủ của Đài, tạo cơ sở dữ liệu tập trung, chuẩn SQL, để khai thác vận hành bảo trì;
 - Cơ sở dữ liệu đầy đủ tất cả các yếu tố quan trắc;
 - Công cụ khai thác trực quan, dễ sử dụng.

3. Sản phẩm của bộ công cụ

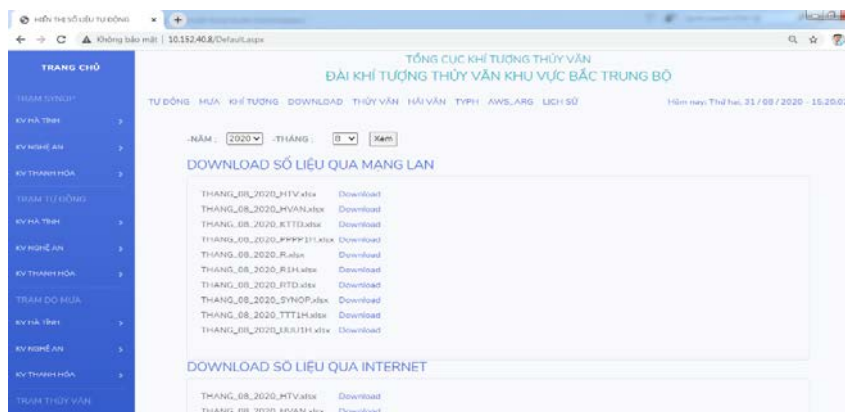
3.1. Bộ công cụ giải mã số liệu Khí tượng, thủy văn và Hải văn

Bộ công cụ với phần tổng hợp số liệu và giải mã, chạy tự động trên máy chủ nên nhóm nghiên cứu đã xây dựng giao diện với một số tùy chọn cơ bản như hình 4.

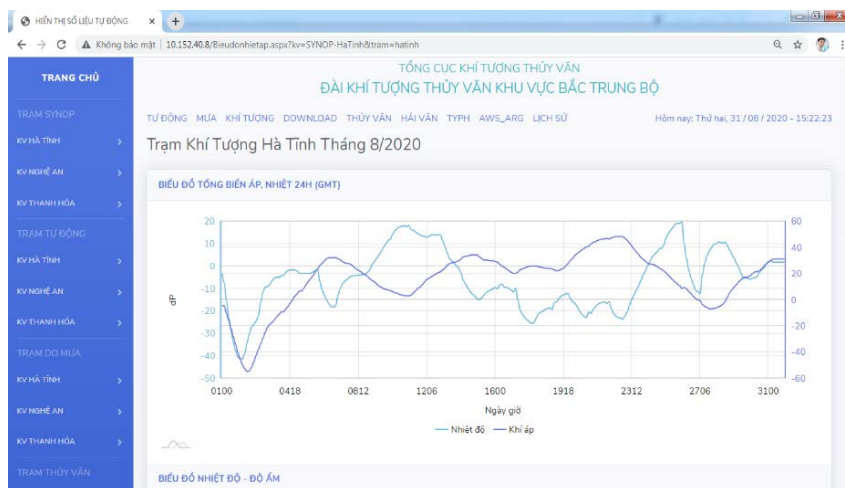


Hình 4. Giao diện công cụ giải mã số liệu.

Giao diện trực quan và dễ sử dụng, bao gồm phần lựa chọn vị trí các thư mục sau khi đã được tổng hợp tự động từ các máy chủ khác về máy chủ đang chạy công cụ giải mã. Một tùy chọn cập nhật thủ công, tùy chọn cập nhật theo từng ca quan trắc và tự động cập nhật theo 5 phút. Một tùy chọn để trích xuất số liệu phục vụ dự báo theo ngày. Hiện thị thông tin phiên bản ứng dụng và thời gian cuối cùng ứng dụng được chạy. Sản phẩm được khai thác và truyền tải các sản phẩm đến người dùng được xây dựng dựa trên nền tảng website có địa chỉ cục bộ là 10.152.40.8 và địa chỉ trực tuyến là http://117.6.129.235/ có giao diện như hình 5 đến hình 7.



Hình 5. Giao diện nội dung website khai thác số liệu.



Hình 6. Biểu đồ biến áp được thể hiện trên website.



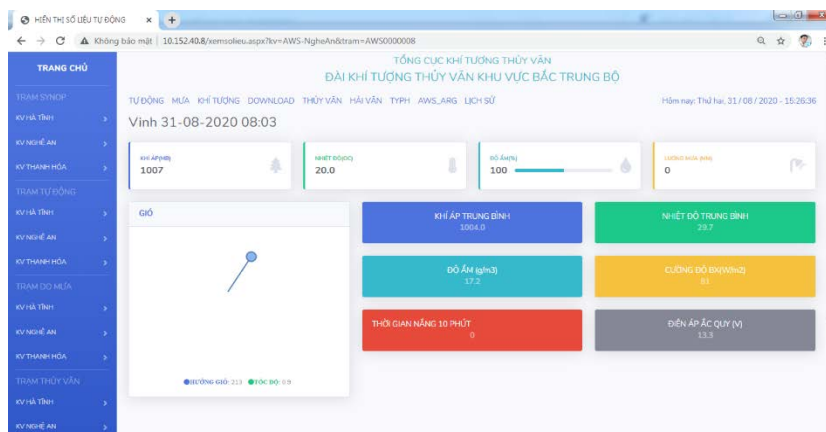
Hình 7. Biểu đồ nhiệt độ, độ ẩm, nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp quan trắc được.

– Đường quá trình và các giá trị đặc điểm phục vụ cho dự báo thủy văn được thể hiện trên hình 8.



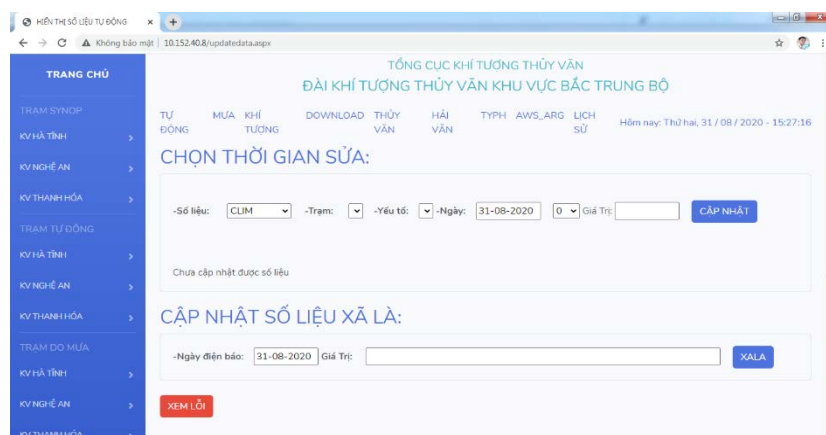
Hình 8. Đường quá trình thủy văn với tùy chọn theo từng thời đoạn.

– Giao diện hiển thị các giá trị quan trắc của trạm khí tượng tự động được thể hiện trên hình 9.



Hình 9. Hiển thị số liệu quan trắc khí tượng tự động của ca quan trắc mới nhất.

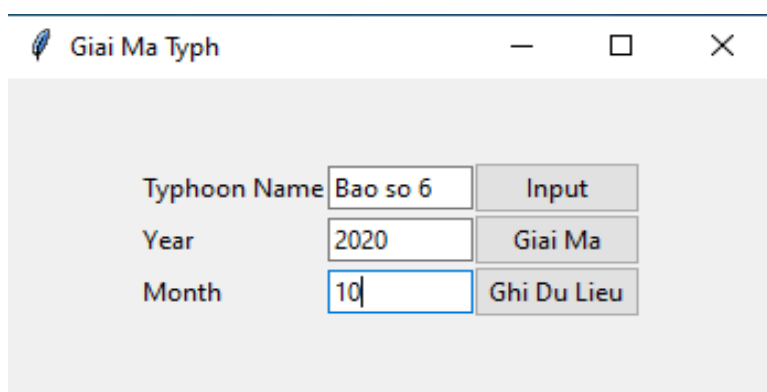
– Giao diện cập nhật và sửa đổi số liệu thủy văn được thể hiện trên hình 10.



Hình 10. Cập nhật thêm số liệu điện báo từ trạm khác và chỉnh sửa số liệu.

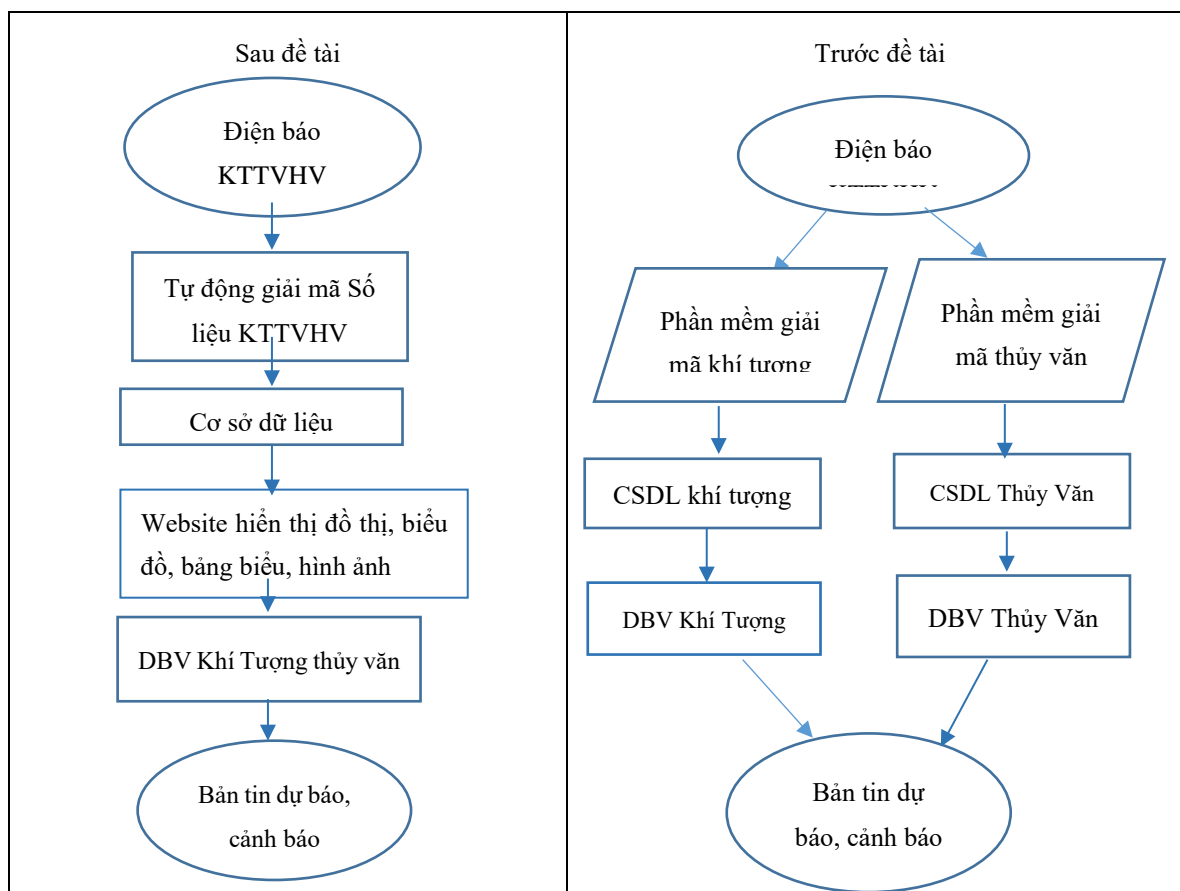
3.2. Bộ công cụ giải mã và hiển thị số liệu typh

Các loại số liệu điện báo đã nêu ở những phần trước đều là số liệu điện báo liên tục, tuy nhiên số liệu TYPH lại là điện báo chỉ khi có Bão, ATNĐ ảnh hưởng đến khu vực. Vì tính chất không liên tục của loại hình điện báo này, nên cũng nảy sinh yêu cầu có một công cụ giải mã riêng. Công cụ được xây dựng trên nền tảng ngôn ngữ lập trình python, cơ sở dữ liệu cũng được xây dựng với tên cơn bão–ATNĐ, năm, tháng, ngày là khóa chính (Hình 11).



Hình 11. Giao diện của công cụ giải mã typh.

Nhóm tác giả cũng sẽ tiếp tục công tác vận hành, bảo trì, thêm trạm mới, nâng cấp khi có những yêu cầu mới từ công tác dự báo.



Hình 14. Sơ đồ khối quy trình tác nghiệp sau và trước nghiên cứu.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.T.H., D.A.C.; Xử lý số liệu: T.T.H., D.A.C.; Viết bản thảo bài báo: L.H.H., D.A.C.; Chỉnh sửa bài báo: L.H.H.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn Đề tài cấp cơ sở “Nghiên cứu, xây dựng bộ công cụ lưu trữ, xử lý số liệu điện báo Khí tượng, Thủy văn, Hải văn phục vụ công tác dự báo tác nghiệp theo Quy trình dự báo”, mã số CS.2020.05.06 đã hỗ trợ về số liệu và phương pháp luận để thực hiện bài báo này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Ngử, N.Đ.; Hiệu, N.T. Khí hậu & tài nguyên khí hậu Việt Nam. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, 2004.
2. Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Bắc Trung Bộ, Tổng cục Khí tượng Thủy văn. <http://dkvbtb.gov.vn/>
3. Thuật, N.Đ. Ứng dụng tin học khai thác số liệu khí tượng thủy văn phục vụ dự báo ở Đài Khí Tượng Thủy Văn Khu Vực Đông Bắc, 2008.
4. Tỵ, N.Đ.; Phúc, Đ. Giáo Trình Cơ Sở Dữ Liệu, NXB Đại Học Quốc Gia, 2010.
5. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí tượng thủy văn, 17/2008/QĐ–BTNMT, 2008.
6. Liew. Visual Basic 2015 Made Easy, 2005.
7. Website: <https://www.w3schools.com/js/>.

8. Trường, B.T. Giáo trình Ứng dụng với ngôn ngữ Visual Basic, Hà Nội, 2009.
9. Cầu, L.X. Xây dựng phần mềm xử lý số liệu Thủy văn vùng sông ảnh hưởng thủy triều HYDTID 1.0, Hà Nội, 2008.
10. Hân, N.V. Đề tài “Nghiên cứu giải pháp tự động hoá đo gió trên sensor gió Young 05106MA”, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2007.
11. Châu, Đ.H. Đề tài “Nghiên cứu xây dựng mạng đo mưa thời gian thực tại lưu vực sông Ngàn Phố-Ngàn Sâu”, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2005.
12. Mẫn, Đ.T. Đề tài “Nghiên cứu giải pháp truyền số liệu quan trắc KTTV thời gian thực qua mạng điện thoại di động”. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2007.
13. Thắng, T.V. và cs. Hệ phần mềm xử lý số liệu hải văn và hệ quản lý truyền nhận số liệu khí tượng, thủy văn hải văn. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2013, 625, 47–52.
14. Hân, N.V. Đề tài “Nghiên cứu xây dựng và thử nghiệm hệ thống trạm khí tượng tự động”. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2007.
15. Bầy, N.V. Đề tài “Nghiên cứu giải pháp nâng cao năng lực thu nhận và giải mã thông tin Khí tượng Thủy văn tại địa phương”. Đài KTTV khu vực Đồng Bằng Bắc Bộ, 2013.

Researching and building toolset for storing and processing telegraphic observation data to assist forecasting procedure

Trinh The Thanh¹, Tran Tuan Hiep¹, Le Huu Huan¹, Dao Anh Cong^{1*}

¹ North Central regional hydro–meteorology center; photuonglama1221@gmail.com; huanbtb@gmail.com; hieptt86@gmail.com; daoanhcong.k55.hus@gmail.com

Abstract: Every year, the North Central region of Viet Nam suffers from many form of extreme weather events such as Typhoons, Tropical Depressions, Floods, Flash Floods and landslides, Drought, extremely hot or cold weather, etc. The occurrence of extreme weather events are gradually increasing in both intensity and frequency. Amidst the high expectations of the society on qualities and punctuality of bulletins and early warnings, the procedure of decoding telegraphic observation data at the North Central Regional Hydro–Meteorology center are lagging behind times, unstable and has many unsolvable problems. This method are unable to fulfill the working operation and there need to be a new solution to the old shortcomings. Our group has proposed and successfully finished building the tools for storing, processing traditional observation data and data from automatic weather station with a website to display the data. The tools has been proven to be quick, stable, easy–to–use and has help to further improved the quality and punctuality of bulletins and warnings issued.

Keywords: Telegraphic observation data; Data procession.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu xác định năng lượng sóng biển khu vực Nam Trung Bộ

Ngô Nam Thịnh^{1,2*}, Đỗ Vĩnh Nguyên¹, Lê Thị Phụng¹, Nguyễn Thị Bẩy³

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh; nnthinh@hcmunre.edu.vn; vinhnguyen4481338@gmail.com; ltphung@hcmunre.edu.vn

² Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hồ Chí Minh;

³ Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM; nguyentbay@gmail.com

* Tác giả liên hệ: nnthinh@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-944657939

Ban Biên tập nhận bài: 23/11/2020; Ngày phản biện xong: 29/12/2020; Ngày đăng bài: 25/2/2021

Tóm tắt: Năng lượng sóng biển là một dạng năng lượng tái tạo dựa trên việc sử dụng cơ năng từ dao động tuần hoàn của sóng biển để tạo ra điện. Năng lượng tái tạo từ sóng biển được đánh giá là một nguồn năng lượng sạch và hầu như không làm suy thoái môi trường. Theo đánh giá từ một công trình nghiên cứu của Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam vào năm 2019, tổng công suất năng lượng sóng năm trên toàn dải ven biển Việt Nam đáp ứng được 90% nhu cầu tiêu thụ điện năng của Việt Nam trong cùng kỳ. Vùng Nam Trung Bộ được xác định là nơi có trữ lượng năng lượng sóng lớn nhất trên toàn dải ven biển Việt Nam. Trong báo cáo này, các tác giả đã ứng dụng mô hình Mike 21 SW để tính toán đặc trưng sóng biển và xác định chuyển tải năng lượng sóng biển tại khu vực biển Nam Trung Bộ biển thiên trong hai mùa gió thịnh hành năm 2017.

Từ khóa: Năng lượng sóng biển; MIKE; Nam Trung Bộ.

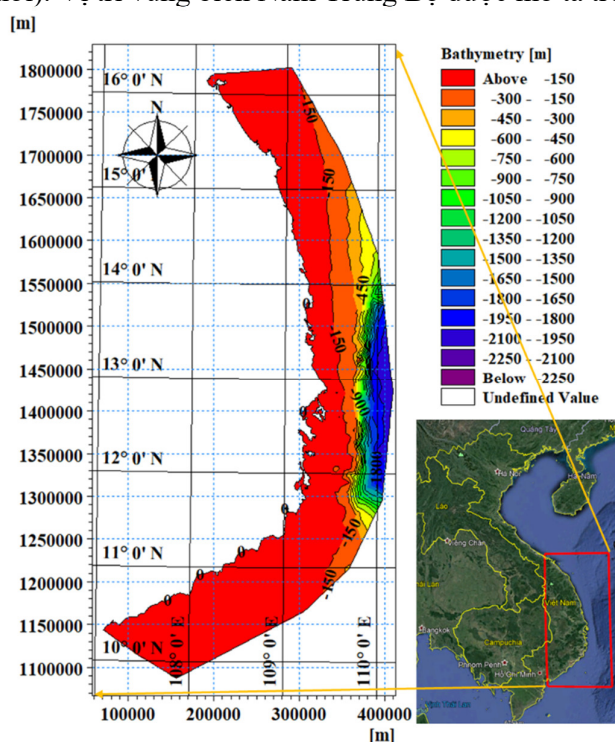
1. Mở đầu

Sự ra đời của năng lượng tái tạo đã giảm đi áp lực cho ngành năng lượng trong bối cảnh nhiên liệu hóa thạch đã dần cạn kiệt và được nêu rõ từ những năm 1950 [1], từ đó góp phần kiểm soát và làm giảm lượng phát thải khí nhà kính cũng như làm giảm các mâu thuẫn đối với các vùng có nhiều nguồn nhiên liệu hóa thạch, điển hình như Biển Đông. Đan Mạch đã có báo cáo đề xuất về cách loại bỏ dần nhiên liệu hóa thạch trong tương lai vào năm 2010 với mục tiêu chính là làm cho Đan Mạch trở nên độc lập với nhiên liệu hóa thạch vào năm 2050 [2]. Ngoài năng lượng gió, năng lượng sóng cũng được đánh giá là một nguồn năng lượng vô tận trong tự nhiên và hầu như không làm suy thoái môi trường.

Trên thế giới, các nghiên cứu về năng lượng sóng đã phát triển từ nửa cuối thế kỷ XX, các quốc gia có vùng biển rộng và khoa học tiên tiến đã có rất nhiều chương trình nghiên cứu về năng lượng sóng như Na Uy, Thụy Điển, Mỹ, Pháp, Nhật Bản...[3]. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về năng lượng sóng biển chỉ được nghiên cứu từ năm 2000 trở lại. Các nghiên cứu về năng lượng sóng chủ yếu tập trung vào nghiên cứu tiềm năng năng lượng sóng ở vùng nước sâu với các độ phân giải thấp [3] và sử dụng các số liệu đầu vào từ phương pháp thống kê tần suất các con sóng theo độ cao [4] hoặc sử dụng số liệu đầu vào từ các số liệu vệ tinh [5]. Cũng từ các nghiên cứu đi trước đã đánh giá vùng biển Nam Trung Bộ là nơi có nguồn năng lượng sóng lớn nhất trên toàn dải ven biển Việt Nam, chính vì thế đề tài đã xác định khu vực nghiên cứu là khu vực biển Nam Trung Bộ.

Hiện nay, có rất nhiều mô hình tính sóng khác nhau được công bố và sử dụng như WAM, SWAN, WAVEWATCH III, MIKE 21 SW, STWAVE, DELFT3D...[3, 6–11]. Tuy nhiên, mô hình MIKE 21 SW là một mô hình thương mại với lợi thế là có thể linh động trong lưới tính cùng khả năng mô phỏng các quá trình ở khu vực ven bờ như sự nông dần, nhiễu xạ, khúc xạ và sóng vỡ do biến đổi độ sâu...[12]. Ngoài ra, MIKE 21 SW còn giúp xác định được năng lượng sóng một cách trực tiếp với độ tin cậy cao và được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam. Chính vì thế, đề thúc đẩy sự quan tâm và phát triển nghiên cứu về lĩnh vực năng lượng tái tạo mà cụ thể là năng lượng sóng biển được mạnh mẽ hơn, đáp ứng nhu cầu phát triển bền vững của toàn cầu và Việt Nam, nghiên cứu đã được thực hiện với mục tiêu là xác định được sự phân bố nguồn năng lượng sóng biển năm 2017 tại mỗi khu vực bằng mô hình MIKE 21 SW. Mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu thực đo năm 2013, từ đó mới mô phỏng tính toán trường sóng cho năm 2017.

Vùng biển ven bờ khu vực Duyên hải Nam Trung Bộ có bãi biển cát thô và dốc. Thềm lục địa từ Đà Nẵng đến Vũng Tàu có sự phân hóa phức tạp, diện tích thềm lục địa mở rộng ở phía bắc, co hẹp từ Bình Định và lại mở rộng dần xuống phía nam [13] như Hình 1. Điều này cho thấy năng lượng sóng ngoài khơi khi truyền vào khu vực rất ít bị tiêu tán do ma sát đáy (mang chế độ biển khơi). Vị trí vùng biển Nam Trung Bộ được mô tả trong Hình 1.



Hình 1. Vị trí vùng biển Nam Trung Bộ.

2. Mô hình ứng dụng trong nghiên cứu

Như đã trình bày ở trên, nghiên cứu đã ứng dụng mô hình MIKE 21 SW để xác định năng lượng sóng biển cho khu vực biển Nam Trung Bộ. Mô hình MIKE 21 SW có thể dựa trên lưới phi cấu trúc để mô phỏng sự phát sinh, suy giảm và lan truyền sóng được tạo ra bởi gió và sóng lừng. Giao diện thân thiện và mức độ tin cậy cao đã làm cho MIKE 21 đóng một vai trò quan trọng thực sự trong các mô hình ở đất liền, vùng bờ biển và ngoài khơi [14]. Trong đó, chúng tôi sử dụng mô hình MIKE 21 SW với nguồn dữ liệu đầu vào là hai bộ số liệu gió tái phân tích toàn Biển Đông từ dữ liệu gió toàn cầu (NOAA) năm 2013 và năm 2017 với bước thời gian 4 tiếng.

2.1. Cơ sở lý thuyết mô hình Mike 21 SW

Phương trình chủ đạo là phương trình cân bằng sóng hoạt động trong hệ tọa độ Đêcac. Theo hướng tọa độ ngang, phương trình bảo toàn động lượng sóng được viết như sau:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

Trong đó $N(x, \sigma, \theta, t)$ là mật độ ảnh hưởng; t là thời gian; $\vec{x}(x, y)$ là hệ tọa độ Cartesian; $\vec{v}(c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ là vận tốc truyền của nhóm sóng; S là số hạng gốc của phương trình cân bằng năng lượng được biểu diễn như sau:

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf} \quad (2)$$

Trong đó S_{in} sự chuyển tải động lượng năng lượng gió vào sự phát sinh ra sóng; S_{nl} năng lượng chuyển tải do tương tác phi tuyến sóng – sóng, S_{ds} sự tiêu tán năng lượng sóng do sóng bạc đầu; S_{bot} sự tiêu tán do ma sát đáy; S_{surf} sự tiêu tán năng lượng bởi sự vỡ sóng do biến đổi độ sâu.

2.2. Cơ sở lý thuyết về năng lượng sóng

Chuyển tải năng lượng sóng được tính bởi công thức:

$$P_{energy} = \rho g c_g E \quad (3)$$

$$\text{Với} \quad E = \frac{\rho g H_s^2}{8} \quad (4)$$

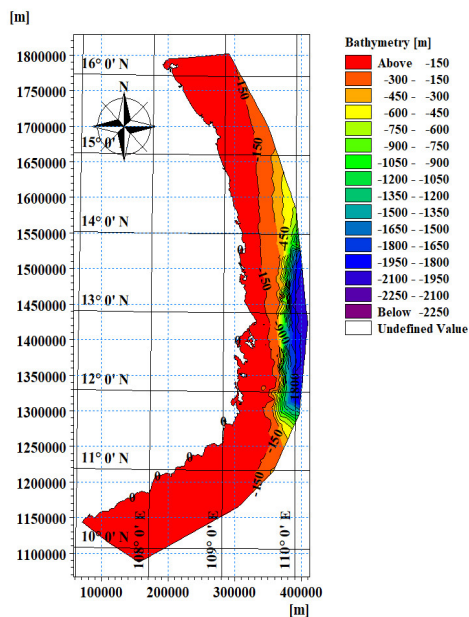
Trong đó ρ là mật độ nước biển; H_s là độ cao sóng có nghĩa; g là gia tốc trọng trường, c_g là vận tốc nhóm sóng.

2.3. Các số liệu sử dụng trong tính toán mô hình

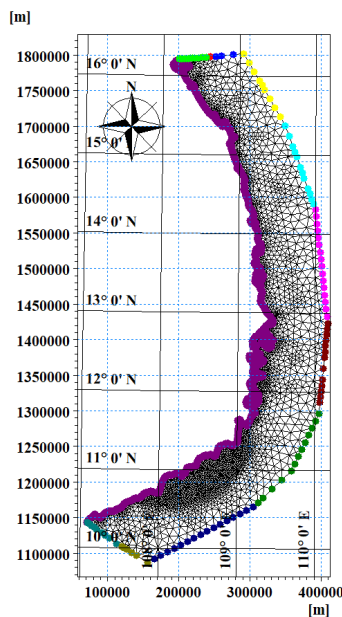
2.3.1. Dữ liệu địa hình vùng biển Nam Trung Bộ

Một trong những dữ liệu đầu vào quan trọng nhất của MIKE 21 là dữ liệu địa hình đáy biển. Trong nghiên cứu này, địa hình được kết hợp từ hai nguồn dữ liệu: Thứ nhất, từ Phú Yên đến Ninh Thuận được trích xuất từ bản đồ địa hình của Phòng Địa chất và Địa mạo biển, Viện Hải dương học trong kết quả nghiên cứu của Lê Đình Mậu và cộng sự “Đặc điểm khí tượng hải văn và động lực biển tỉnh Khánh Hòa” được thực hiện từ 2016–2018; Thứ hai, từ Đà Nẵng đến Bình Định và tại Vũng Tàu được kế thừa từ hải đồ tỉ lệ 1:200.000 do Hải quân Nhân dân Việt Nam tái bản lần thứ 1 năm 1993.

Cả 2 nguồn dữ liệu địa hình thu thập ở dạng số, được chuyển sang định dạng file .xyz và đưa vào chương trình Mike Zero để nội suy giá trị độ sâu trong tọa độ. Trong mô hình MIKE, dữ liệu địa hình nhập vào mô hình được lưu ở dạng file 2 chiều. Trên Hình 2 và Hình 3 trình bày địa hình đáy và lưới tính khu vực tính toán.



Hình 1. Địa hình vùng biển Nam Trung Bộ.

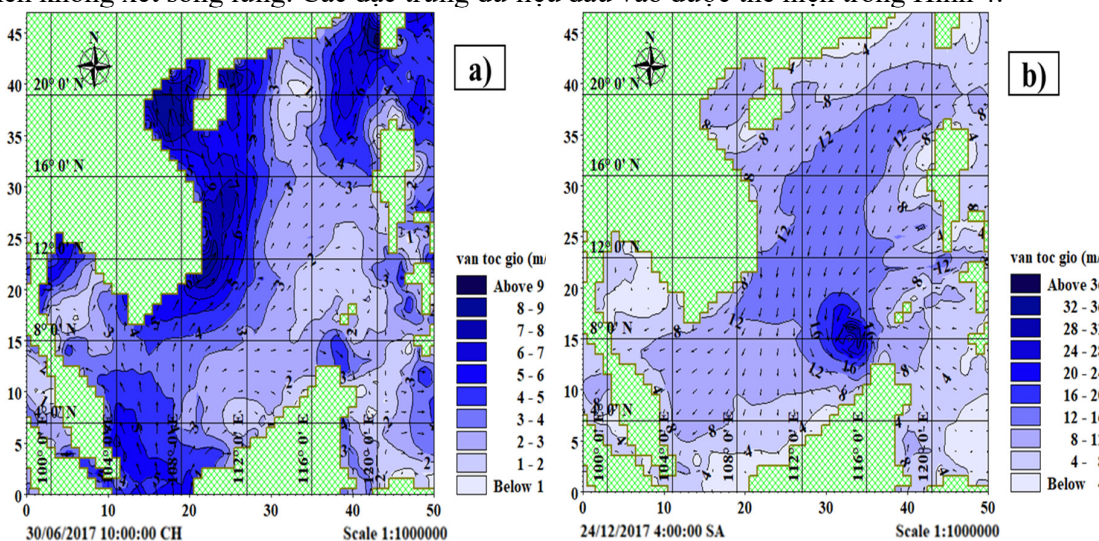


Hình 2. Lưới tính áp dụng vùng biển Nam Trung Bộ.

2.3.2. Điều kiện biên và điều kiện đầu vào

– Điều kiện biên: Tại các biên của khu vực tính toán, các tác giả đã thiết lập ở dạng biên đóng với mực nước tĩnh (độ cao sóng $h=0$) và biên đổi phụ thuộc vào các vùng lân cận. Điều này tạo ra một vùng tính với các biên được thay đổi phụ thuộc vào các phân tử cận biên và dẫn đến việc các nguồn năng lượng chỉ được giải phóng nhưng không được bổ sung ở các vùng biên.

– Dữ liệu đầu vào là hai bộ số liệu gió tái phân tích toàn Biển Đông từ dữ liệu gió toàn cầu (NOAA) năm 2013 và năm 2017 với bước thời gian 4 tiếng [15], do miền tính khá rộng nên không xét sóng lừng. Các đặc trưng dữ liệu đầu vào được thể hiện trong Hình 4.

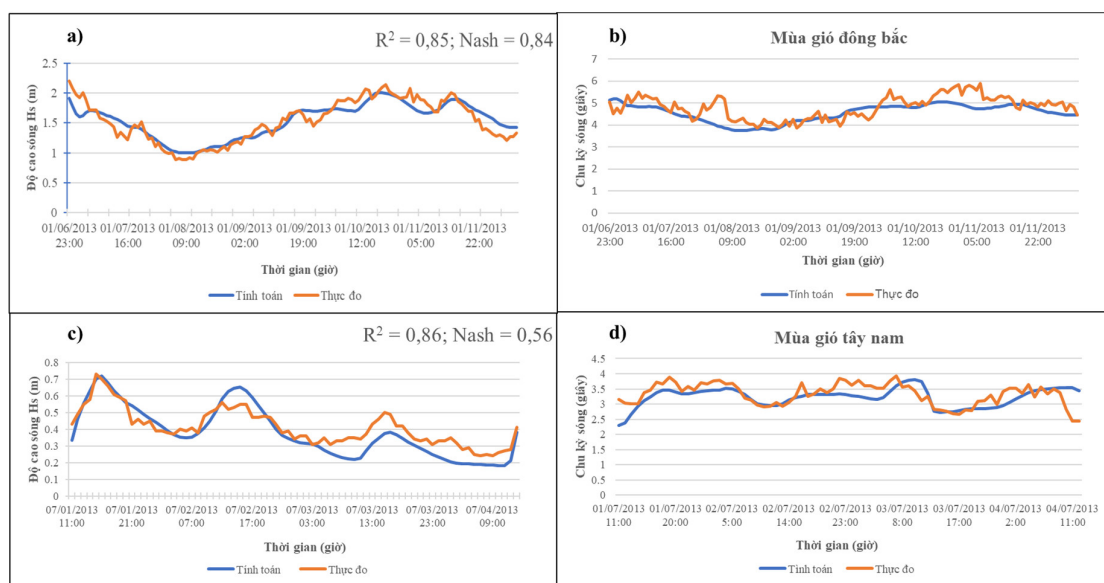


Hình 4. Đặc trưng dữ liệu đầu vào được xây dựng từ số liệu gió toàn cầu (NOAA) trong thời điểm 10:00 CH ngày 30/6/2017 đại diện cho mùa gió tây nam (a) và thời điểm 4:00 SA ngày 24/12/2017 đại diện cho mùa gió đông bắc (b).

2.4. Lựa chọn thông số mô hình

Mô hình tính được hiệu chỉnh trên cơ sở so sánh hai đặc trưng sóng là độ cao sóng có nghĩa (H_s) và chu kỳ sóng (T) giữa kết quả được tính bằng mô hình với số liệu thực đo trong giai đoạn từ 11:00 CH ngày 6/1/2013 đến 7:00 SA ngày 12/1/2013 (mùa gió đông bắc) (Hình 5a, 5b) và kiểm định trong giai đoạn từ 11:00 SA ngày 1/7/2013 đến 12:00 CH ngày 4/7/2013 (mùa gió tây nam) (Hình 5c, 5d) tại cùng vị trí có tọa độ 109,019°E – 11,437°N [1].

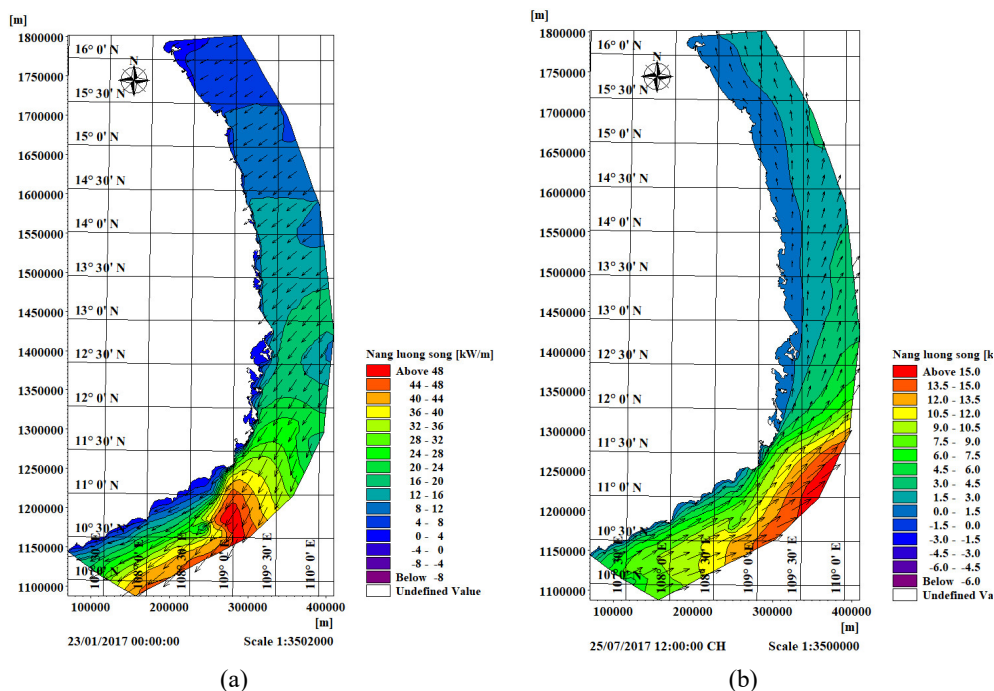
Phân tích tính toán thống kê giữa hai chuỗi số liệu tính toán bằng mô hình và chuỗi số liệu quan trắc thu được các kết quả khá tốt. Đối với kết quả hiệu chỉnh mô hình đã cho kết quả tương quan rất tốt, hệ số tương quan đạt 0,85 và hệ số hiệu quả mô hình Nash đạt 0,84 (Hình 5a) và sai số chu kỳ sóng trung bình là 5,28% (Hình 5b). Đối với kết quả kiểm định mô hình đã cho kết quả tương quan khá tốt, hệ số tương quan đạt 0,86 và hệ số hiệu quả mô hình Nash đạt 0,56 (Hình 5c) và sai số chu kỳ sóng trung bình là 3,28% (Hình 5d).



Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh trong mùa gió đông bắc (giai đoạn 23:00 06/01/2013 – 7:00 12/01/2013) (a) và kết quả kiểm định trong mùa gió tây nam (giai đoạn 11:00 01/07/2013 – 12:00 04/07/2013) (b) giữa độ cao sóng và chu kỳ sóng thực đo với kết quả tính toán.

3. Kết quả và thảo luận

Từ kết quả tính toán cho thấy, vào mùa gió đông bắc (tháng 1) sóng thịnh hành theo hướng đông bắc trên toàn khu vực và chuyên tải năng lượng sóng lớn nhất đạt trên 48 kW/m/h (Hình 6a). Xung quanh khu vực đảo Phú Quý có mật độ năng lượng sóng lớn nhất trên toàn khu vực và lan rộng về phía biển khơi khu vực phía nam, mật độ năng lượng sóng giảm dần khi lên phía bắc. Vào mùa gió tây nam (tháng 7), mật độ năng lượng sóng suy giảm (đạt trên 15 kW/m/h), vùng có mật độ năng lượng sóng lớn là vùng biển khơi tỉnh Ninh Thuận (Hình 6b). Các sóng thịnh hành theo hướng tây nam và dần chuyển sang đông–đông nam từ vĩ tuyến 12°30' lên khu vực phía bắc.



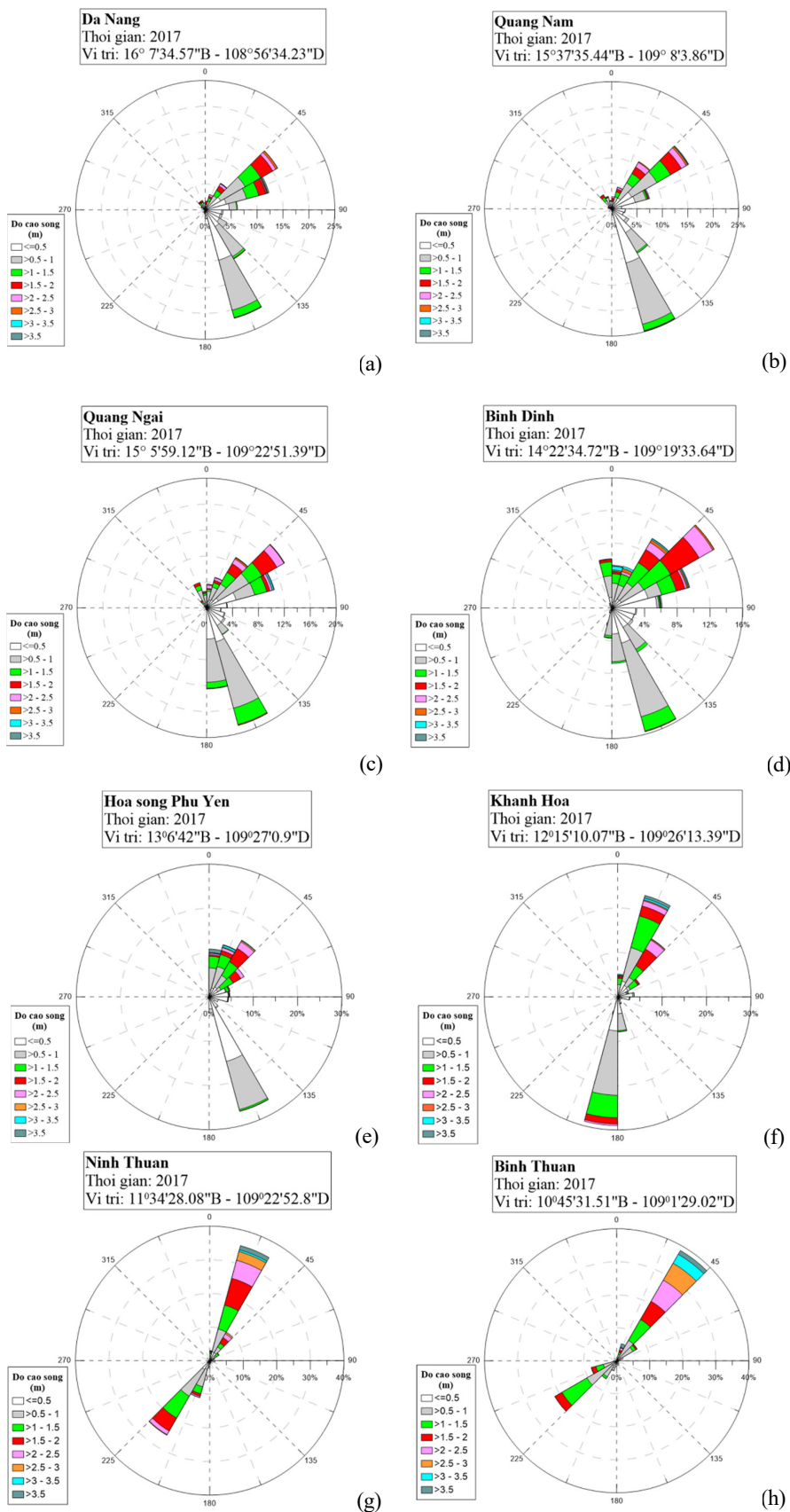
Hình 6. Biểu đồ năng lượng sóng thời kỳ gió mùa đông bắc (a) và gió mùa tây nam (b) tại vùng biển Nam Trung Bộ.

Từ kết quả tính toán tiến hành trích xuất các đặc trưng sóng và năng lượng sóng để xây dựng biểu đồ hoa sóng tại 9 vị trí trong đó có 8 vị trí tương ứng với 8 tỉnh là Đà Nẵng, Quảng Nam, Quảng Ngãi, Bình Định, Phú Yên, Khánh Hòa, Ninh Thuận, Bình Thuận đều cùng nằm trên đường đẳng sâu 100 m nhằm loại bỏ các tác động của định hình có độ dốc lớn ngoài khơi và tác động của các vũng vịnh gần bờ; và 1 vị trí ven bờ đảo Phú Quý (độ sâu 20 m) (nơi có dòng năng lượng sóng lớn quanh năm) để đánh giá tiềm năng năng lượng sóng tại từng khu vực. Kết quả cho thấy:

- Các đặc trưng sóng và sự phân bố mật độ năng lượng sóng biến đổi phụ thuộc vào chế độ gió mùa (Hình 6). Mùa gió đông bắc mang lại trữ lượng năng lượng sóng cao hơn so với mùa gió tây nam trên toàn khu vực nghiên cứu và thời gian hoạt động cũng nhiều hơn mùa gió tây nam trong cùng một năm.

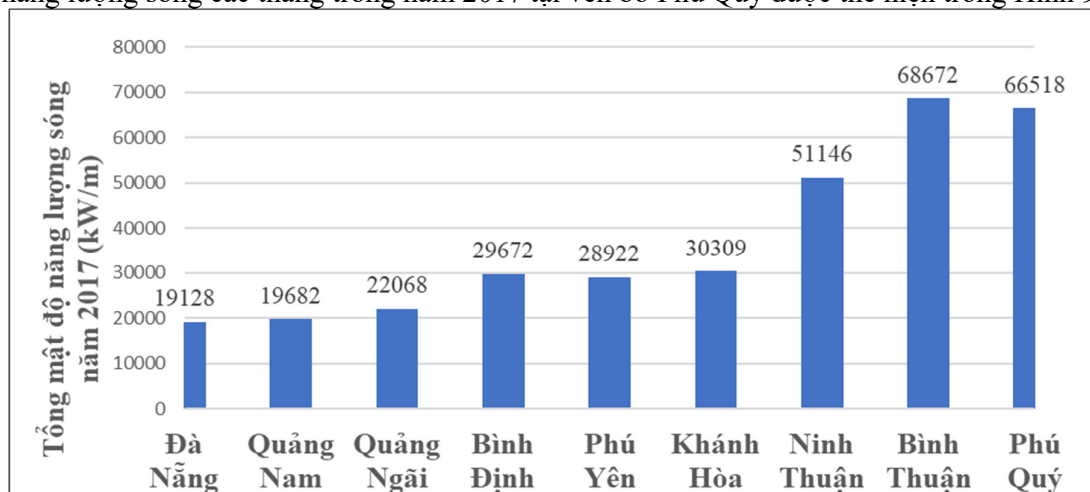
- Ứng với trường gió mùa đông bắc, ngoài khơi Bình Thuận là nơi có độ cao sóng lớn nhất với các sóng hướng đông bắc chiếm ưu thế (Hình 7h). Độ cao sóng có nghĩa chiếm ưu thế trong khoảng từ 1,5 m đến > 3 m và có thể đạt > 3,5 m.

- Ứng với trường gió mùa tây nam, độ cao sóng lớn nhất tại ngoài khơi Ninh Thuận (độ cao sóng có nghĩa chiếm ưu thế từ 1–2,5 m và có thể đạt đến 2,5 m) với các sóng có hướng từ tây nam sang nam–tây nam (Hình 7g).

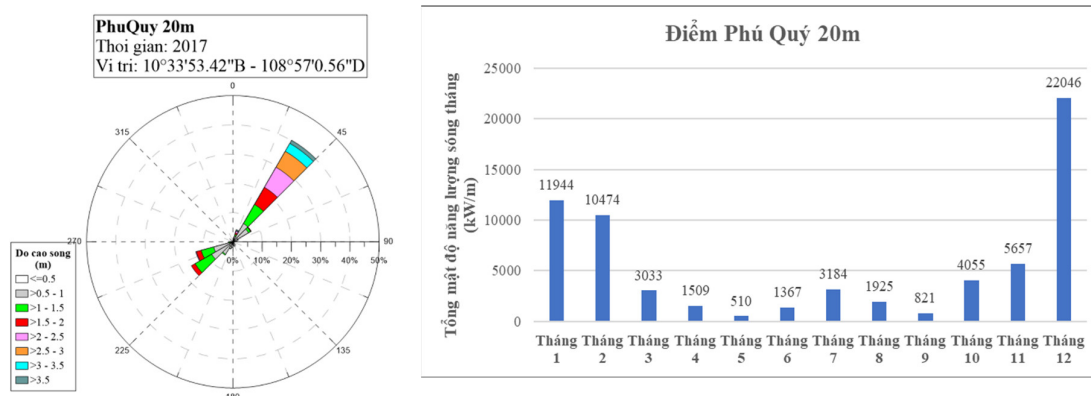


Hình 7. Đặc trưng sóng tại các vị trí trích xuất.

Trong cả hai mùa gió thịnh hành, càng về phía nam tại khu vực nghiên cứu độ cao sóng có xu hướng lớn dần và hướng sóng càng lệch sang phải. Trong đó Bình Thuận là nơi có độ cao sóng tối ưu với tần suất xuất hiện của các sóng thịnh hành nhiều nhất và mang lại trữ lượng năng lượng sóng lớn nhất trên toàn khu vực nghiên cứu (tổng mật độ năng lượng sóng trong năm 2017 đạt trên 68.000 kW/m/năm), mật độ năng lượng sóng giảm đi rất ít khi truyền vào vùng ven bờ của đảo Phú Quý (tổng mật độ năng lượng sóng năm 2017 đạt trên 66.000 kW/m/năm) (Hình 8). Vì thế, vùng biên xung quanh đảo Phú Quý là nơi có mật độ năng lượng sóng biên cao quanh năm (riêng tháng 12 có tổng mật độ năng lượng sóng tháng đạt trên 22.000 kW/m (Hình 9)), rất thích hợp cho việc lựa chọn thí điểm trong nghiên cứu khai thác nguồn năng lượng sạch từ sóng biển tại Việt Nam. Các đặc trưng sóng và tổng mật độ năng lượng sóng các tháng trong năm 2017 tại ven bờ Phú Quý được thể hiện trong Hình 9.



Hình 8. Tổng mật độ năng lượng sóng năm 2017 tại các vị trí trích xuất.



Hình 9. Hoa sóng (trái) và biểu đồ tổng mật độ năng lượng sóng tháng (phải) tại ven bờ Phú Quý.

Thời kỳ gió đông bắc mang lại tiềm năng năng lượng sóng lớn hơn so với thời kỳ gió tây nam. Khu vực phía Nam có mật độ năng lượng sóng lớn hơn khu vực phía bắc. Ninh Thuận là nơi có mật độ năng lượng sóng lớn nhất trong mùa gió tây nam, Bình Thuận là nơi có mật độ năng lượng sóng lớn nhất trong mùa gió đông bắc và trong cả năm 2017. Nguồn năng lượng sóng lớn chủ yếu tập trung xung quanh khu vực đảo Phú Quý.

Ngoài ra, khu vực phía Nam và đặc biệt là từ tỉnh Bình Thuận là nơi ít chịu tác động của bão nhất trên toàn vùng biển Nam Trung Bộ. Vì thế, Bình Thuận có thể được coi là một tỉnh thích hợp cho việc tập trung nghiên cứu phục vụ khai thác nguồn năng lượng từ sóng biển cho ngành công nghiệp điện Việt Nam. Theo đánh giá của Tổng cục Biển và Hải đảo Việt

Nam vào năm 2019 [16], tổng công suất năng lượng sóng năm trên toàn dải ven biển Việt Nam đáp ứng được 90% nhu cầu tiêu thụ điện năng của Việt Nam trong cùng kỳ. Vì thế, tiềm năng khai thác năng lượng sóng biển của Việt Nam là rất triển vọng và khu vực có thể triển khai khai thác năng lượng sóng biển đầu tiên có thể phải xét đến đó là đảo Phú Quý của tỉnh Bình Thuận.

4. Kết luận

Kết quả tính toán cho thấy mô hình MIKE 21 Spectral Wave đã mô tả chi tiết và tính toán cụ thể sự phân bố dòng năng lượng sóng tại vùng biển Nam Trung Bộ và sự biến thiên mật độ năng lượng sóng theo không gian và thời gian tại giới hạn khu vực nghiên cứu với kết quả khá chính xác (sai số < 10%).

Mô hình MIKE 21 đã tổng hợp được tất cả các yếu tố có thể mô tả dòng năng lượng sóng như sự tác động của gió, các quá trình tương tác sóng và các tác động của địa hình. Mô hình Mike của DHI đã được tin dùng và sử dụng ở nhiều quốc gia trên thế giới trong đó có Việt Nam, nó được dùng để tính toán thủy triều, sóng, lan truyền chất, chuyên tải bùn cát, ...

Chuyên tải năng lượng sóng biển đổi chủ yếu phụ thuộc vào chế độ gió mùa. Vào mùa gió tây nam, khu vực Ninh Thuận là nơi có mật độ năng lượng sóng lớn nhất. Khu vực Bình Thuận là nơi có mật độ năng lượng sóng lớn nhất trong mùa gió đông bắc (đạt trên 48 kW/m/h) và trong năm (tổng mật độ năng lượng sóng đạt trên 68.000 kW/m/năm). Đặc biệt, đảo Phú Quý là nơi có trữ lượng năng lượng sóng lớn quanh năm (tổng mật độ năng lượng sóng năm 2017 đạt trên 66.000 kW/m/năm) và ít chịu tác động của các thời tiết cực đoan như bão nên cần tiếp tục tập trung nghiên cứu và phát triển nhằm thúc đẩy khai thác nguồn năng lượng sóng tại Việt Nam.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.N.T., N.T.B.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.N.T., N.T.B.; Xử lý số liệu: N.N.T., D.V.N., L.T.P; Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình: N.N.T., D.V.N., L.T.P; Viết bản thảo bài báo: N.N.T., D.V.N, L.T.P; Chỉnh sửa bài báo: N.T.B.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh trong khuôn khổ đề tài “Nghiên cứu tính toán sự xuất hiện dòng Rip vùng ven biển Nam Trung Bộ, áp dụng cho bãi biển Đồi Dương tỉnh Bình Thuận” mã số TNMT.2018.06.10.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Hubbert, M.K. Nuclear Energy and the Fossil Fuels, Publ. no. 95, Shell Development Company, Houston, Texas, 1956. <http://www.hubbertype.com/hubbertype/1956/1956.pdf>
2. “Grøn energi – vejen mod et dansk energisystem uden fossile brændsler” er udgivet af Klimakommissionen. © 2010 Klimakommissionen ISBN: www 978–87–7844–878–1. I den foreliggende udgave er enkelte tal i boks 4.1 på side 81 rettet. Denne publikation er også tilgængelig i en trykt version ISBN: 978–87–7844–879.
3. Hùng, N.M. và cs. Năng lượng sóng biển khu vực biển Đông và vùng biển Việt Nam. *Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 2009.
4. Tùng, T.T.; Dũng, L.Đ. Nghiên cứu xác định năng lượng sóng ven bờ cho dải ven biển miền Trung Việt Nam. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* 2012, 39, 1859–3941.

5. Duyên, N.T.K. Tính toán tiềm năng năng lượng sóng vùng biển khơi và ven bờ Việt Nam. Luận văn thạc sĩ khoa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Nxb ĐHQGHN, 2009.
6. Krogstad, H.E.; Barstow, S.F.J.C.E. Satellite wave measurements for coastal engineering applications. *Coastal Eng.* **1999**, *37*, 283–307.
7. Settelmaier, J. B.; Gibbs, A.; Santos, P.; Freeman, T.; Gaer, D. Simulating waves nearshore (SWAN) modeling efforts at the national weather service (NWS) southern region (SR) coastal weather forecast offices (WFOs). Proc. 91th AMS Annual Meeting, Seattle, WA, Paper P13A, 2011.
8. Huân, N.M. Hệ thống nghiệp vụ dự báo ngắn hạn các yếu tố khí tượng thủy văn biển trên Biển Đông. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Nxb ĐHQGHN, 2010.
9. Vinh, V.D.; An, P.H. Ứng dụng mô hình toán nghiên cứu biến động địa hình đáy vùng ven bờ châu thổ sông Hồng. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2013**, *11*.
10. Thanh, B.; Thịnh, N.N.; Hoàng, T.T. Nghiên cứu tính toán sóng bằng mô hình Delft 3D tại khu vực biển Cần Giờ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2013**, *630*, 37–40.
11. Thịnh, N.N.; Hoàng, T.T.; Phùng, N.K. Nghiên cứu tính toán trường sóng và dòng Rip (Rip Current) khu vực bãi biển Cù Hin. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, *642*, 29–32.
12. Phùng, N.K.; Thịnh, N.N.; Hoàng, T.T. Nghiên cứu tính toán dòng Rip (Rip current) khu vực Nha Trang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2012**, *12*, 85–90.
13. Long, B.H. và cs. Cẩm nang tra cứu về điều kiện tự nhiên, môi trường – sinh thái, kinh tế, xã hội và quản lý tổng hợp đới ven bờ biển Nam Trung Bộ. Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 2011.
14. DHI. Mike 21 Spectral Wave FM Module, Scientific document–tation. Danish Hydraulic Institute (DHI), 2012.
15. National weather service environmental modeling center form: http://www.https://polar.ncep.noaa.gov/waves/viewer.shtml?–multi_2–aus_ind_phi–
16. Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam (VASI). Năng lượng sóng biển: Tiềm năng khổng lồ của biển đảo Việt Nam, 2019. Truy cập ngày 20/08/2019. Từ <http://www.vasi.gov.vn/712/nang–luong–song–bien–tiem–nang–khong–lo–cua–bien–dao–viet–nam/t708/c223/i1575>.

A study to determine sea wave energy in the South Central Coast

Ngo Nam Thinh^{1,2*}, Do Vinh Nguyen¹, Le Thi Phung¹, Nguyen Thi Bay³

¹ HCMC University of Natural Resources and Environment; nnthinh@hcmunre.edu.vn; vinhnguyen4481338@gmail.com; ltphung@hcmunre.edu.vn

² University of Science–VNU.HCM; nnthinh@hcmunre.edu.vn

³ University of Technology–VNU.HCM; nguyentbay@gmail.com

Abstract: Wave energy is a form of renewable energy based on the use of energy from the circulatory oscillation of waves to generate electricity. Renewable energy from waves is rated as a clean energy source and hardly degrades the environment. According to a research by Vietnam Administration of Sea and Islands in 2019, total annual wave energy capacity throughout Vietnam's coastal range meets 90% of Vietnam's electricity consumption needs in the same period. The South Central Coast is identified as home to the largest wave energy reserves throughout the coastal region of Vietnam. In this report, the authors had applied the Mike 21 SW model to calculate the specific parameters of waves and determine the energy of waves in the South Central Coast region variable according to two prevailing monsoon seasons.

Keywords: Wave Energy; Wave Power; MIKE; Nam Trung Bo.

Bài báo khoa học

Giới thiệu bộ công cụ mô hình Wflow trong mô phỏng dòng chảy các lưu vực sông Việt Nam. Phần 1: Mô hình Wflow_sbm

Trần Ngọc Anh^{1,2*}, Nguyễn Văn Nguyễn³, Đặng Đình Đức¹, Nguyễn Thanh Tùng¹, Phạm Duy Huy Bình¹

¹ Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; tranngocanh@hus.edu.vn; dangduc@hus.edu.vn; nguyenthanhtung_t60@hus.edu.vn; phambinh@hus.edu.vn

² Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; tranngocanh@hus.edu.vn

³ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Bắc, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Bộ Tài nguyên và Môi trường; nguyentaybac@gmail.com

* Tác giả liên hệ: tranngocanh@hus.edu.vn; Tel.: +84-915051515

Ban Biên tập nhận bài: 27/11/2020; Ngày phản biện xong: 04/01/2021; Ngày đăng bài: 25/02/2021

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của công cụ tính toán và năng lực máy tính, việc phát triển và ứng dụng các bộ mô hình thông số phân bố đang ngày càng được chú trọng và có xu hướng đáp ứng tốt hơn nhu cầu của thực tiễn về độ chi tiết theo không gian của các đầu ra mô hình. Nghiên cứu này nỗ lực giới thiệu đến với cộng đồng nghiên cứu Việt Nam bộ công cụ mô hình Wflow vốn đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới và là một mô hình mã nguồn mở đã được tích hợp trong bộ phần mềm hỗ trợ dự báo Delft-FEWS. Mô hình Wflow_sbm đã được thử nghiệm trên một số lưu vực thượng nguồn dòng chính sông Mã (đến trạm Xã Là) và sông Chu (đến hồ chứa Hòa Na) cho kết quả tương đối khả quan và cho thấy khả năng ứng dụng trong tương lai ở các lưu vực sông tương tự ở Việt Nam.

Từ khóa: Mô hình Wflow; Sông Mã; Mã nguồn mở; Mô hình thông số phân bố.

1. Mở đầu

Hiện nay có rất nhiều các công cụ mô hình từ đơn giản đến phức tạp nỗ lực mô phỏng dòng chảy từ mưa cho các hệ thống sông ngòi. Theo cách phân chia theo sự phụ thuộc vào không gian của các thông số mô hình mà có thể phân chia các mô hình mưa dòng chảy thành các nhóm: mô hình thông số tập trung (như NAM, TANK, LTANK, SSARR, UFM,...), mô hình thông số bán phân bố (SWAT) và mô hình thông số phân bố (MARINE, TOP, B-TOP,...). Các mô hình này đã và đang được ứng dụng khá đa dạng trên thế giới cũng như ở Việt Nam, trong đó với các tiến bộ về năng lực tính toán, khả năng cung cấp các số liệu đầu vào chi tiết theo không gian (dữ liệu địa hình, thổ nhưỡng, thảm phủ, ...) đặc biệt là với sự hỗ trợ của các công nghệ quan trắc viễn thám như số liệu mưa vệ tinh, radar, ... nhóm các mô hình thông số phân bố đã trở nên phổ biến hơn trong cả nghiên cứu và công tác dự báo nghiệp vụ. Hiện tại, Deltares (Hà Lan), cơ quan phát triển phần mềm hỗ trợ dự báo Delft-FEWS (Flood Early Warning System), đã tập hợp các mô hình thủy văn phân bố dạng mã nguồn mở, được viết bằng các ngôn ngữ khác nhau (Python với các phần mở rộng PCRaster, C++, Fortran) và liên kết các phần mềm này với nhau bằng cách sử dụng lớp C# triển khai OpenMI [1] trong đó mô hình Wflow là một phần thuộc dự án Openstream. Các mô hình

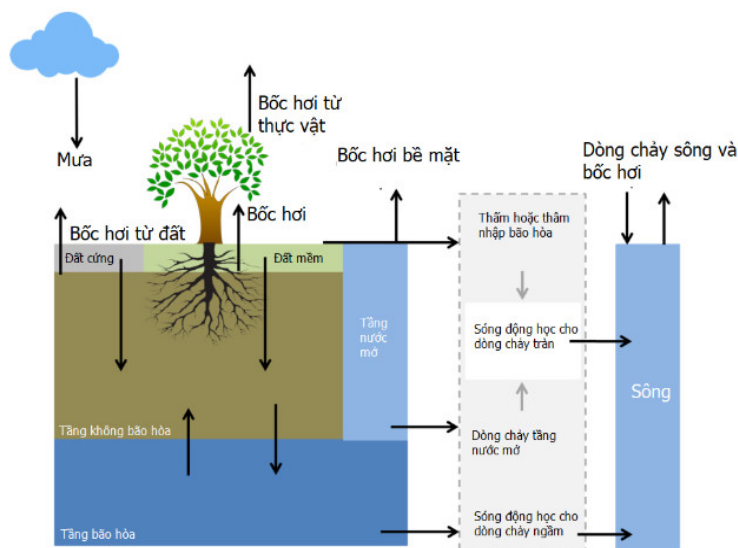
trong dự án này được chuẩn bị các giao thức để dễ dàng làm việc với các hệ điều hành cũng như các nền tảng quản lý phục vụ mô phỏng, dự báo dòng chảy, và được tích hợp như là những thành tố của bộ công cụ hỗ trợ dự báo Delft–FEWS là hệ thống đang được ứng dụng thử nghiệm tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia (Việt Nam).

Nhằm nâng cao hơn nữa khả năng ứng dụng các tùy chọn của hệ thống Delft–FEWS, nhóm nghiên cứu thuộc trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội giới thiệu bộ công cụ mô hình thủy văn trong thư viện của hệ thống và thử nghiệm khả năng ứng dụng các mô hình này trong mô phỏng dòng chảy tại các lưu vực sông ở Việt Nam. Nghiên cứu này trước hết giới thiệu về mô hình WFlow_sbm và kết quả ứng dụng cho khu vực miền núi, thiếu số liệu quan trắc bề mặt thuộc lưu vực sông Mã là lưu vực đến trạm thủy văn Xã Là trên dòng chính và dòng chảy đến hồ Hòa Na trên sông Chu.

2. Giới thiệu bộ mô hình Wflow và cơ sở lý thuyết mô đun Wflow_sbm

WFLOW là bộ mô hình thủy văn thông số phân bố mã nguồn mở của Deltares được sử dụng trong nhiều dự án để mô phỏng các quá trình mưa–dòng chảy trên quy mô lưu vực. Gần đây, chương trình WFLOW đã được phát triển thêm, giúp dễ dàng thiết lập mô hình WFLOW với dữ liệu toàn cầu ở bất cứ đâu trên thế giới. Mô hình được lập trình bằng ngôn ngữ GIS động (PCRaster) [2] với cấu trúc mở và có thể được thay đổi và phát triển bởi người sử dụng.

Mô hình thông số phân bố Wflow là bộ mô hình được thiết lập để tối đa hóa các nguồn số liệu toàn cầu mở trên thế giới do vậy có thể hỗ trợ cho các nghiên cứu ở các lưu vực thiếu số liệu. Dựa trên các dữ liệu lưới về địa hình, thổ nhưỡng, khí tượng khí hậu, mô hình Wflow có thể tính toán tất cả các chỉ số thủy văn tại bất kỳ ô lưới nào trong mô hình tại bước thời gian tính toán. Mô hình Wflow có thể được tích hợp và phát triển tiếp cùng với các mô hình khác thuộc Deltares như D–Hydrology, D–Flow FM và D–Water Quality (DELWAQ)... Wflow bao gồm một tập hợp các chương trình python có thể chạy trên dòng lệnh và thực hiện các mô phỏng thủy văn. Các mô hình được dựa trên khung python PCR mở rộng (lớp wf_DocateFramework) để các mô hình xây dựng bằng khung có thể được kiểm soát bằng API, liên kết đến BMI và OpenDA. Trong bộ phần mềm mô hình Wflow bao gồm nhiều mô đun có chức năng và nhiệm vụ khác nhau như: wflow_sbm, wflow_hbv, wflow_gr4, wflow_W3RA, wflow_routing, wflow_wave, wflow_floodmap, trong đó, mô hình wflow_sbm là một phần mềm độc lập trong bộ phần mềm Wflow, có thể ứng dụng để tính toán để mô phỏng các quá trình mưa–dòng chảy và đã được áp dụng ở nhiều quốc gia khác nhau.



Hình 1. Các quá trình hình thành dòng chảy trong mô hình Wflow_sbm.

Hình 1 mô tả các quá trình được mô phỏng trong mô hình wflow_sbm. Đầu tiên, mô hình sẽ xác định mạng lưới sông và điểm đo dựa trên mô hình số độ cao (DEM). Tiếp theo, bản đồ sử dụng đất và thổ nhưỡng được đưa vào mô hình, và các thông số được ước tính dựa trên các đặc điểm vật lý của thổ nhưỡng và loại đất sử dụng. Lượng mưa bị tổn thất được tính toán bằng mô hình Gash [3,4]. Các quá trình thủy văn tạo ra dòng chảy được tính toán dựa trên mô hình TOPOG_SBM. Mô hình Wflow sử dụng lượng bốc hơi tiềm năng làm số liệu đầu vào và tính toán lượng bốc hơi thực tế dựa trên hàm lượng nước trong đất và loại thảm thực vật. Dòng chảy bề mặt được mô hình hóa bằng phương trình sóng động học. Trong trường hợp bề thổ nhưỡng đã bão hòa một phần, lượng mưa rơi trên khu vực bão hòa được tính vào dòng chảy bề mặt. Các tầng chứa nước được thể hiện bằng mô hình bể nước cơ bản, giả định độ bão hòa thay đổi theo độ sâu. Tầng nước ngầm của mô hình được mô phỏng bằng công thức Darcy. Độ sâu của đất được xác định bởi các loại sử dụng đất khác nhau và được chia tỷ lệ bằng cách sử dụng chỉ số độ ẩm địa hình. Các thông số khác nhau gắn với từng loại đất. Các thông số này bao gồm độ sâu rễ, chỉ số diện tích lá (*Leaf Area Index-LAI*), tỷ lệ thoát hơi nước từ tán ướt đến lượng mưa trung bình (E_w/R), độ tán xạ, trữ lượng tán tối đa, khoảng cách tán cây. Các tham số được nhập vào mô hình bằng các bảng tra cứu. Các bảng tra cứu này được mô hình sử dụng để tạo bản đồ tham số đầu vào. Các thông số được liên kết với các lớp bản đồ sử dụng đất, loại đất và các tiêu lưu vực thông qua bảng tham chiếu. Chi tiết các phương trình của mô hình bao gồm phương trình mưa ngăn chặn (1), phương trình thổ nhưỡng (2, 3, 4) được mô tả trong nghiên cứu của K. Hassaballah và công sự (2018) [5].

$$P' = \frac{-RS}{E_w} \ln \left[1 - \frac{E_w}{R} (1 - p - p_t)^{-1} \right] \quad (1)$$

Trong đó P' là lượng nước cần để tán cây hoàn toàn bão hòa; R là lượng mưa trung bình trong một tán cây bão hòa (mm ngày⁻¹); E_w là lượng bốc hơi trung bình từ tán cây ướt (mm ngày⁻¹), S là lượng trữ tán cây (mm); p là hệ số rơi qua tự do (tỷ lệ mưa rơi xuống đất mà không bị giữ lại ở tán cây) và p_t là tỷ lệ mưa chuyển thành dòng chảy.

Trong phương trình thổ nhưỡng, thổ nhưỡng được coi là các bể nước có độ sâu khác nhau (Z_i), gồm một bể chứa bão hòa (S) và một bể chứa chưa bão hòa (U). Trữ lượng của mỗi bể được thể hiện bằng giá trị độ sâu. Tầng S ở trên cùng tính đến độ sâu Z_i được tính bằng công thức:

$$S = (Z_t - Z_i) (\Theta_s - \Theta_r) \quad (2)$$

Trong đó Θ_s và Θ_r là hàm lượng nước bão hòa và dư trong đất tương ứng.

Tầng chưa bão hòa được chia thành 2 bể là bể chứa (U_s) và bể thiếu hụt (U_d):

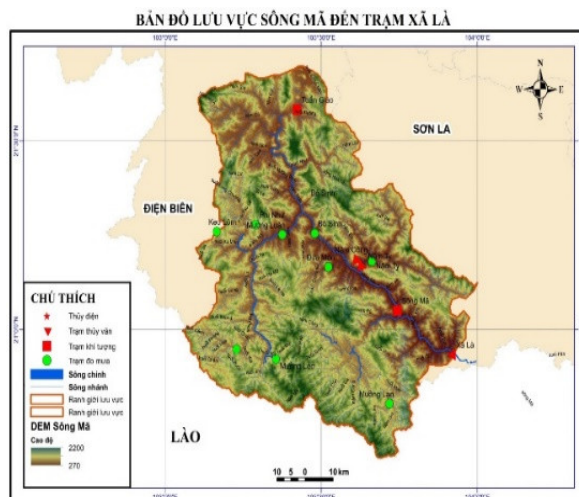
$$U_d = (\Theta_s - \Theta_r) Z_i - U \quad (3)$$

$$U_s = U - U_d \quad (4)$$

3. Ứng dụng thử mô hình WFlow_sbm ở tiểu lưu vực sông Mã đến trạm Xã Là và tiểu lưu vực sông Chu đến hồ chứa Hủa Na

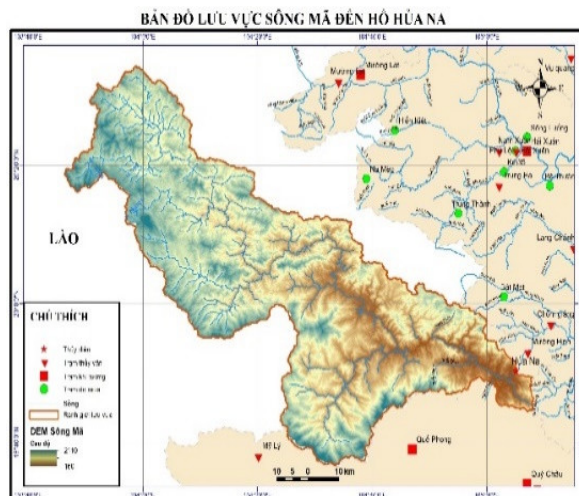
3.1. Giới thiệu về các lưu vực nghiên cứu

Lưu vực dòng chính sông Mã đến trạm thủy văn Xã Là, có diện tích lưu vực khoảng 6.430 km², bao gồm một phần của các huyện Mường Ảng, Tuần Giáo, Điện Biên Đông thuộc tỉnh Điện Biên, một phần của các huyện Thuận Châu, Mai Sơn, và 100% diện tích của huyện Sông Mã, huyện Sốp Cộp thuộc tỉnh Sơn La (Hình 2). Địa hình ở đây chủ yếu là các dãy núi cao, độ dốc lớn, khá phức tạp, bị chia cắt mạnh bởi các dãy núi cao chạy theo hướng Tây Bắc-Đông Nam xen kẽ với các thung lũng và hệ thống sông, suối. Điểm cao nhất là đỉnh núi Pu Huổi Luông (xã Nà Sáy, huyện Tuần Giáo, tỉnh Điện Biên) cao 2.179 m, điểm thấp nhất tại mặt cắt cửa ra trạm thủy văn Xã Là có độ cao 275 m so với mực nước biển. Trong lưu vực và lân cận có 2 trạm khí tượng và 9 điểm đo mưa, chủ yếu có số liệu quan trắc liên tục, đồng bộ từ năm 1981.



Hình 2. Bản đồ địa hình lưu vực sông Mã đến trạm Xã Là.

Lưu vực sông Chu tính đến hồ Hòa Na, có diện tích lưu vực khoảng 5.345 km², phần lớn diện tích thuộc địa phận của Lào (chiếm 90% diện tích) và một phần của huyện Quế Phong thuộc tỉnh Nghệ An (Hình 3). Địa hình ở đây chủ yếu là các dãy núi cao, độ dốc lớn, khá phức tạp, bị chia cắt mạnh bởi các dãy núi cao chạy theo hướng Tây Bắc–Đông Nam xen kẽ với các thung lũng và hệ thống sông, suối. Điểm cao nhất là đỉnh núi Phu Nam (Huổi Phăn, Lào) cao độ +2050 m, điểm thấp nhất tại khu vực mặt cắt cửa ra (tuyến công trình đập Hòa Na) có cao độ tự nhiên khoảng +152 m so với mực nước biển. Trong lưu vực và lân cận có 1 trạm khí tượng và 6 điểm đo mưa, chủ yếu có số liệu quan trắc liên tục, đồng bộ từ năm 1981.

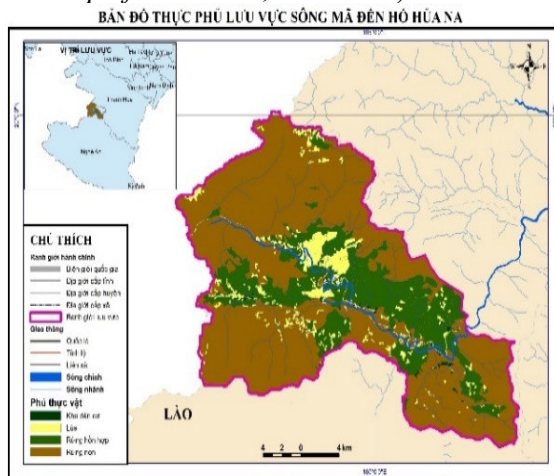


Hình 3. Bản đồ địa hình lưu vực sông Chu đến hồ Hòa Na.

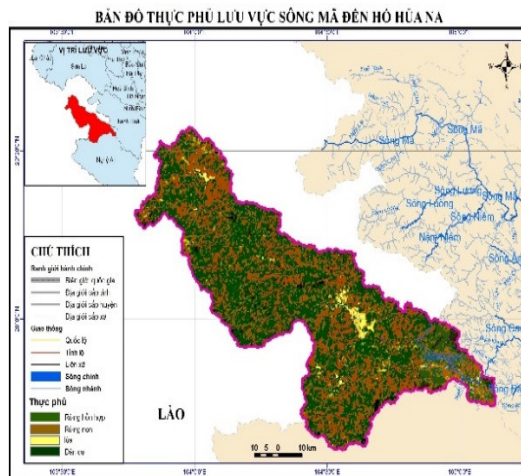
3.2. Chuẩn bị dữ liệu đầu vào

Nhằm phục vụ thiết lập mô hình và xác định các bộ thông số, các loại dữ liệu, số liệu đã thu thập trên các lưu vực nghiên cứu bao gồm: số liệu quan trắc các yếu tố mưa ngày của 11 trạm mưa: Điện Biên, Mường Chà, Pha Đin, Thuận Châu, Sông Mã, Xã Là, Mỹ Lý, Quế Phong, Quỳnh Châu, Cửa Đạt, Mường Lát, số liệu lưu lượng trung bình ngày tại trạm Xã Là năm 2015, 2017, số liệu lưu lượng đến hồ Hòa Na (4obs/ngày) các năm: 2016,2017,2018; bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50.000 (phần lưu vực sông Mã thuộc địa phận Việt Nam), bản đồ thô nhưỡng (huyện Sông Mã, huyện Sốp Cộp). Phần lưu vực thuộc Lào sử dụng nguồn địa hình

SRTM (30x30m), thảm phủ thực vật từ MCD12Q1.006 MODIS, thổ nhưỡng từ FAO (*Digital Soil Map of the World*, năm 2007).



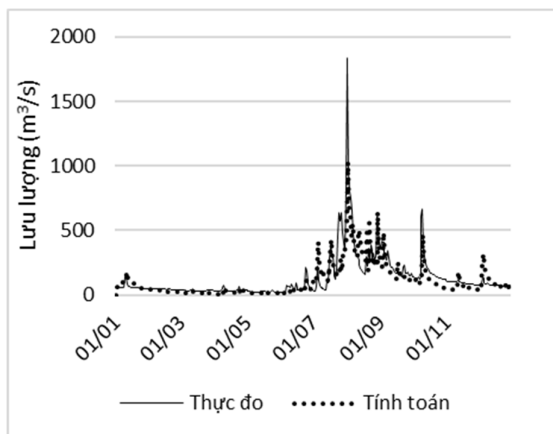
Hình 4. Bản đồ lớp phủ thực vật lưu vực sông Mã đến trạm Xã Là.



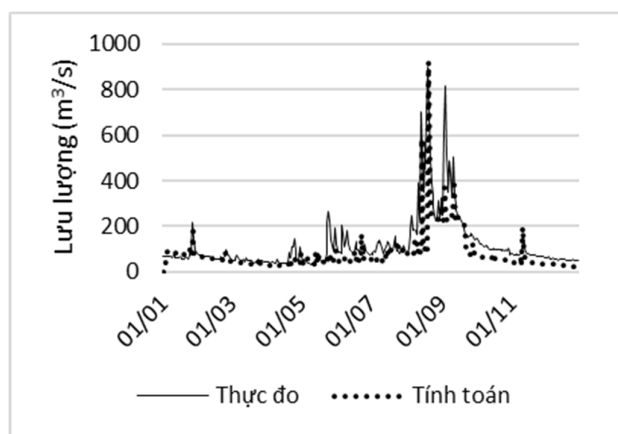
Hình 5. Bản đồ lớp phủ thực vật lưu vực sông Chu đến hồ Hòa Na.

3.3. Thử nghiệm mô hình Wflow_sbm

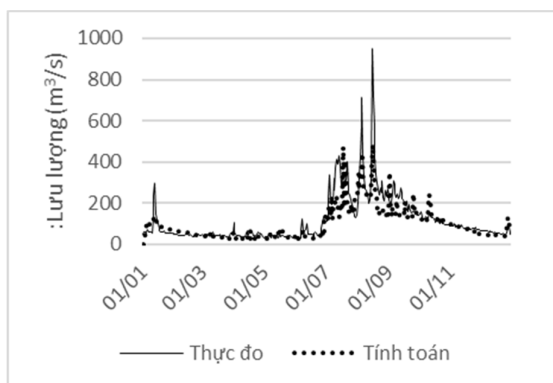
Nhằm mục đích thống nhất cho các nghiên cứu ở giai đoạn tiếp theo, mô hình Wflow_sbm được thiết lập bao trùm toàn bộ diện tích lưu vực sông Mã với 43.520.204 phân tử. Nhằm đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình WFLOW, nghiên cứu tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định mô hình với giai đoạn gần đây 2015–2018 (đây là giai đoạn thông tin về số liệu, tài liệu thảm phủ, thổ nhưỡng, mưa, dòng chảy khá đầy đủ và đồng nhất). Kết quả mô phỏng giai đoạn hiệu chỉnh (2015–2017) cho thấy: số liệu dòng chảy mô phỏng và thực đo khá tương đồng, cụ thể tại Xã Là: năm 2015 chỉ số Nash–Sutcliffe đạt 0,61, chỉ số PBIAS là 18,55, năm 2016 chỉ số Nash–Sutcliffe đạt 0,51, chỉ số PBIAS là 34,5, năm 2017 chỉ số Nash–Sutcliffe là 0,66, chỉ số PBIAS là 18,57 (Hình 6–8, Bảng 1). Tại Hòa Na: năm 2016 chỉ số Nash–Sutcliffe đạt 0,74, chỉ số PBIAS là 12,38, năm 2017 chỉ số Nash–Sutcliffe là 0,80, chỉ số PBIAS là –5,24 (Hình 10–11, Bảng 1). Bộ thông số thu được trong giai đoạn hiệu chỉnh được sử dụng để mô phỏng cho năm 2018 (kiểm định). Kết quả cho thấy, tại trạm Xã Là chỉ số Nash–Sutcliffe là 0,72, chỉ số PBIAS là 17,4 (Hình 9, Bảng 1), tại Hòa Na chỉ số Nash–Sutcliffe là 0,70, chỉ số PBIAS là –1,41 (Hình 12, Bảng 1). Kết quả cho thấy mô hình được xem là tốt khi giá trị chỉ số Nash–Sutcliffe và chỉ số PBIAS đều đạt mức chính xác tốt đạt yêu cầu về chất lượng mô phỏng.



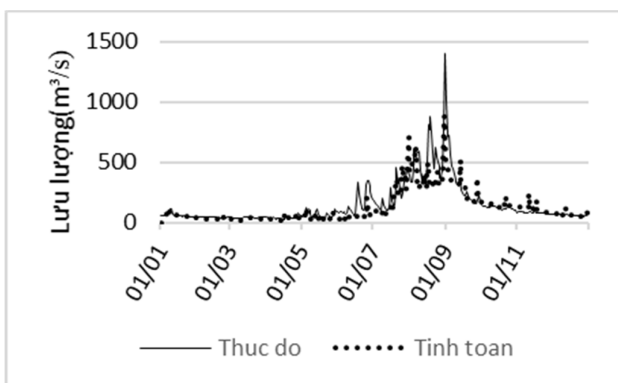
Hình 6. Kết quả mô phỏng với giá trị thực đo lưu lượng đến trạm Xã Là giai đoạn hiệu chỉnh năm 2015.



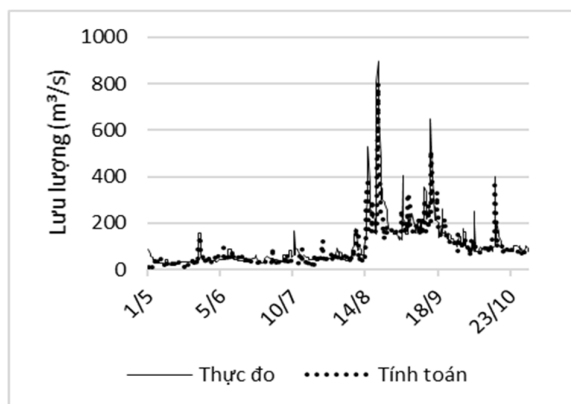
Hình 7. Kết quả mô phỏng với giá trị thực đo lưu lượng đến trạm Xã Là giai đoạn hiệu chỉnh năm 2016.



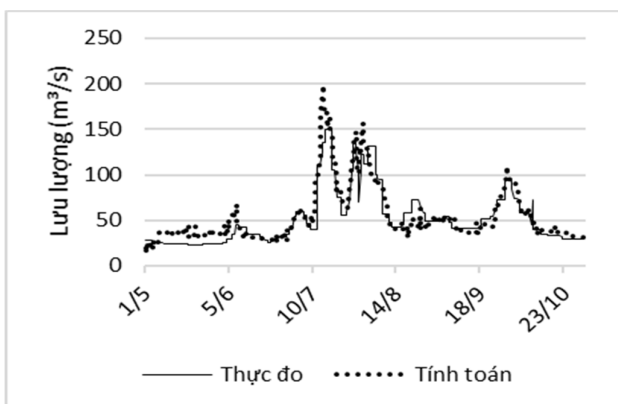
Hình 8. Kết quả mô phỏng với giá trị thực đo lưu lượng đến trạm Xã Là giai đoạn hiệu chỉnh năm 2017.



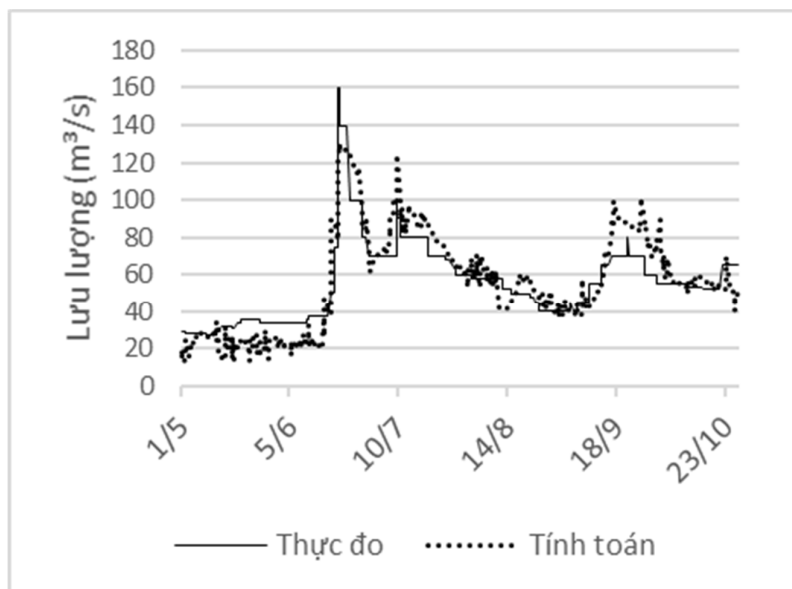
Hình 9. Kết quả mô phỏng với giá trị thực đo lưu lượng đến trạm Xã Là giai đoạn kiểm định năm 2018.



Hình 10. Kết quả mô phỏng với giá trị thực đo lưu lượng đến hồ Hòa Na giai đoạn hiệu chỉnh năm 2016.



Hình 11. Kết quả mô phỏng với giá trị thực đo lưu lượng đến hồ Hòa Na giai đoạn hiệu chỉnh năm 2017.



Hình 12. Kết quả mô phỏng với giá trị thực đo lưu lượng đến hồ Hòa Na giai đoạn kiểm định năm 2018.

Bảng 1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình WFLOW.

Năm	NASH		PBIAS		Ghi chú
	Xã Là	Hồ Hòa Na	Xã Là	Hồ Hòa Na	
2015	0,61		18,55		Hiệu chỉnh
2016	0,51	0,74	34,5	12,38	Hiệu chỉnh
2017	0,66	0,80	18,57	-5,24	Hiệu chỉnh
2018	0,72	0,70	17,4	-1,41	Kiểm định

Như vậy, bộ thông số tìm được (Bảng 2) có độ tin cậy để có thể sử dụng trong công tác mô phỏng phục hồi số liệu dòng chảy trạm thủy văn Xã Là từ số liệu các trạm mưa trên lưu vực và lân cận hoặc có thể làm cơ sở để xây dựng các phương án dự báo dòng chảy ngày hoặc phục vụ công tác đánh giá theo các kịch bản như BĐKH hay tác động của các công trình.

Bảng 2. Bộ thông số mô hình WFLOW.

Tên thông số	Mô tả	Giá trị cho lưu vực trạm Xã Là	Giá trị cho lưu vực đến hồ Hòa Na
N	Hệ số Manning của đất	0,03–0,07	0,035–0,06
N_River	Hệ số Manning trong sông	0,025–0,035	0,032–0,045
MaxLeakage	Lượng nước rò rỉ ra khỏi đất	1	1,5
RunoffGeneratingGWperc	Phần số độ sâu của đất góp phần tạo ra dòng chảy phụ	0,2	0,5
thetaR.tbl	Hàm lượng nước dư	0,01–0,05	0,03–0,06
KsatVer	Độ dẫn bão hoà	5–25	5–25

3.4. Nhận xét

Kết quả bước đầu trên lưu vực sông Mã tại các trạm thượng nguồn (Xã Là, Hòa Na) cho thấy đây là một mô hình khá hiệu quả trong việc mô phỏng dòng chảy. Mô hình này có một số ưu điểm nổi bật: là mô hình mã nguồn mở, cho phép người dùng cải tiến mô hình; tốc độ tính toán nhanh, ổn định trên window và linux; công tác chuẩn bị số liệu đầu vào đơn giản khi kết hợp với các công cụ GIS thông dụng như ArcGIS, QGIS; tương thích cao với hệ thống hỗ trợ dự báo FEWS đang được triển khai dự báo nghiệp vụ tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia... Bên cạnh đó, mô hình còn tồn tại một số nhược điểm chưa có công cụ hỗ trợ trong việc dò tìm thông số tối ưu cho mô hình, mô phỏng chưa tốt với các khu vực có địa hình bằng phẳng.

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã xây dựng bộ mô hình thủy văn phân bố WFLOW_sbm, áp dụng tính toán dòng chảy cho lưu vực sông Mã. Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định với chuỗi số liệu lưu lượng trung bình ngày tại trạm thủy văn Xã Là và đến hồ Hòa Na. Các kết quả đánh giá về sai số đáp ứng được yêu cầu cho phép mô hình có thể sử dụng để mô phỏng đánh giá diễn biến dòng chảy ngày, tháng trên lưu vực. Trong thời gian tiếp theo, nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu ứng dụng bộ công cụ này để mô phỏng dòng chảy lũ trên lưu vực.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu và phân công nhiệm vụ triển khai: T.N.Anh; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.N.A., Đ.Đ.Đ., N.T.T., P.D.H.B.; Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình và chạy các kịch bản: N.V.N., N.T.T., Đ.Đ.Đ., P.D.H.B.; Viết bản thảo bài báo: T.N.A., P.D.H.B., Đ.Đ.Đ.; Chỉnh sửa bài báo: N.V.N., N.T.T., P.D.H.B.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện tại Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của các đài trạm trên mạng lưới lưu vực sông Mã trong quá trình khảo sát và thực hiện nghiên cứu này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

- Schellekens, J.; Becker, B.; Donchyts, G.; Goorden, N.; Hoogewoud, J.C.; Patzke, S.; Schwanenberg, D. OpenStreams: Open Source Components as Building Blocks for Integrated Hydrological Models. EGU General Assembly Conference Abstracts 2012, 3953.
- Deursen, W.P.A. Geographic Information Systems and Dynamic Models. *Netherlands Geogr. Stud.* 1995, pp. 190.
- Gash, J.H.C. An analytical model of rainfall interception by forests. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* **1979**, *105*, 43–55.
- Gash, J.H.C.; Lloyd, C.R.; Lachaud, G. Estimating sparse forest rainfall interception with an analytical model. *J. Hydrol.* **1995**, *170*, 79–86.
- Hassaballah, K.; Mohamed, Y.; Uhlenbrook, S.; Biro, K. Analysis of streamflow response to land use and land cover changes using satellite data and hydrological modelling: Case study of Dinder and Rahad tributaries of the Blue Nile (Ethiopia–Sudan). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2017**, *21*, 5217–5242. <https://doi.org/10.5194/hess-21-5217-2017>.

Introduction of WFLOW model toolkit for flow simulation in Vietnamese river basins. Part 1: Wflow_sbm model

**Tran Ngoc Anh^{1,2*}, Nguyen Van Nguyen³, Dang Dinh Duc¹, Nguyen Thanh Tung¹,
Pham Duy Huy Binh⁴**

¹ Center for Environmental Fluid Dynamics, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam; tranngocanh@hus.edu.vn; dangduc@hus.edu.vn; nguyenthantung_t60@hus.edu.vn; phambinh@hus.edu.vn

² Faculty of Hydrology, Meteorology and Oceanography, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam; tranngocanh@hus.edu.vn

³ Northwest Regional Hydrometeorology Centre, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration, Ministry of Natural Resources and Environment; nguyentaybac@gmail.com

Abstract: In recent years, along with the development of computational tools and computing capabilities, the development and application of distributed (parameter) model sets have been increasingly paid attention. This research attempts to introduce to the Vietnamese researcher community the W-flow modeling toolkit which has been widely used around the world and is an open-source model that has been integrated in the forecasting support software (Delft-FEWS). The Wflow_sbm model has been tested on a number of basins upstream of the Ma River (upto Xa La station) and Chu River (upto Hua Na reservoir) with the good results hence shows the applicability in the similar river basins in Vietnam.

Keywords: WFlow model; Ma River; Open source; Distributed model.

Bài báo Khoa học

Đánh giá biến động cửa sông Tiên Châu, tỉnh Phú Yên bằng công nghệ viễn thám

Phạm Duy Huy Bình^{2*}, Hoàng Thu Thảo¹, Nguyễn Thanh Bình²

¹ Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; htthao@hus.edu.vn

² Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; phambinh@hus.edu.vn; binh.gis.cefd@hus.edu.vn

* Tác giả liên hệ: phambinh@hus.edu.vn; Tel.: +84-366228113

Ban Biên tập nhận bài: 4/12/2020; Ngày phản biện xong: 9/1/2021; Ngày đăng: 25/2/2021

Tóm tắt: Cửa Tiên Châu, sông Kỳ Lộ nằm ở phía nam vịnh Xuân Đài thuộc xã An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên. Trong những năm gần đây cửa sông và khu vực trong cảng cá Tiên Châu bị bồi lấp rất nặng nề, tàu thuyền ra vào cảng khó khăn, đã có một số tàu khi vào cảng neo đậu bị nghiêng và chìm ảnh hưởng trực tiếp đến phát triển kinh tế của tỉnh. Để thực hiện việc nạo vét cát tại cửa sông hiệu quả cũng như phục vụ cho công tác thiết kế các công trình tại cửa sông sau này, việc nghiên cứu lịch sử biến động của cửa sông là rất cần thiết. Bài báo ứng dụng công nghệ viễn thám nghiên cứu hình thái khu vực cửa sông qua một giai đoạn dài từ năm 1988–2019, từ đó tìm ra được những xu thế biến động hình thái khu vực cửa sông Tiên Châu tỉnh Phú Yên. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khu vực cửa sông bị bồi lấp chủ yếu gây bởi sự thay đổi của dải bờ biển phía Bắc cửa. Trong đó, chiều dài cửa sông dao động khá ổn định trong khoảng 50–150 m. Dải đường bờ phía Bắc cửa sông có xu thế cong lõm vào trong đất liền.

Từ khóa: Biến động cửa sông; Viễn thám; Ảnh vệ tinh; GIS.

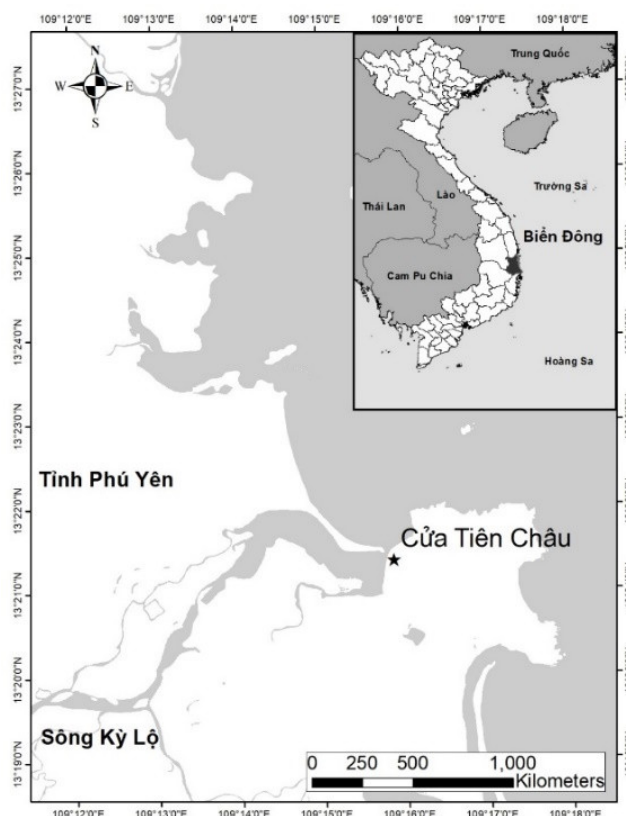
1. Mở đầu

Quá trình biến đổi tự nhiên của một khu vực thường chịu ảnh hưởng các yếu tố nội sinh, ngoại sinh và nhân sinh. Trong đó, yếu tố nước mặt và đường bờ thường xảy ra nhiều thay đổi nhất do tác động của thời tiết, khí hậu, thay đổi mục đích sử dụng đất, thảm phủ và yếu tố môi trường khác. Việc nghiên cứu biến động đường bờ đã được chú trọng nghiên cứu trong rất nhiều nghiên cứu trên thế giới với rất nhiều hướng tiếp cận khác nhau như sử dụng ảnh vệ tinh hoặc ảnh hàng không [1], mô hình toán [2], quan trắc [3, 4]. Sự biến động của đường bờ là hệ quả của một số thảm họa tự nhiên như lũ lụt, nước biển dâng, nước tràn bờ, dẫn đến những thiệt hại rất lớn về vật chất và con người. Quá trình diễn biến đường bờ còn là sự tích lũy lâu dài và là kết quả của quá trình vận động để đạt tới trạng thái cân bằng của hệ thống. Theo dõi diễn biến đường bờ theo thời gian và thu thập các dữ liệu biến động theo các sự kiện cực đoan sẽ giúp cho người dân và chính quyền địa phương đưa ra được những quyết định chính xác trong việc quản lý rủi ro, ứng phó biến đổi khí hậu [1].

Sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ trong đó có công nghệ viễn thám (*remote sensing*) đã góp phần giải quyết được nhiều bài toán mà thực tiễn đặt ra. Các thông tin trích xuất được từ các thế hệ ảnh viễn thám cung cấp nguồn dữ liệu về quá trình thay đổi của các nguồn tài nguyên khác nhau của Trái Đất, trong đó có tài nguyên nước mặt. Một số ứng dụng công nghệ viễn thám trong các nghiên cứu liên quan tài nguyên nước như đánh giá và quản lý thiệt hại do lũ lụt [5–7] biến động nước mặt và đường bờ [8–10], giám sát và đánh giá chất lượng nước [11].

Tại Việt Nam, các nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám trong nghiên cứu về diễn biến đường bờ biển và cửa sông ngày càng trở nên phổ biến. Một số nghiên cứu có thể kể đến như nghiên cứu về diễn biến đường bờ tại biển Phan Thiết của Phạm Thị Phương Thảo và nhóm nghiên cứu [12], nghiên cứu biến động bờ sông Tiền và sông Hậu [13], ứng dụng ảnh vệ tinh để đánh giá biến động cửa sông Đà Diên, Phú Yên...[14]. Việc ứng dụng công nghệ viễn thám nói chung và sử dụng tư liệu vệ tinh độ phân giải cao nói riêng là một hướng nghiên cứu hiện đại, có thể giám sát, đánh giá một cách nhanh chóng và khách quan về sự biến động của khu vực cửa sông ven biển.

Lưu vực sông Kỳ Lộ nằm trong khoảng 13°09'15" – 13°46'40" vĩ độ Bắc, 108°42'08" – 109°19'08" kinh độ Đông. Phía Bắc giáp lưu vực sông Hà Thanh, phía Tây và phía nam giáp lưu vực sông Ba, phía Đông giáp Biển Đông. Sông chảy qua các huyện Đồng Xuân và Tuy An của tỉnh Phú Yên và một phần phía tây và tây bắc thuộc huyện Vân Canh tỉnh Bình Định, huyện KrongChro và Krongpa tỉnh Kon Tum. Diện tích lưu vực tính đến cửa biển là 2058km², chiều dài sông chính 103 km, chiều rộng bình quân lưu vực 15,8 km, mật độ sông suối 0,14 km/km². Sông Kỳ Lộ là sông lớn thứ hai ở tỉnh Phú Yên, với có 11 nhánh sông cấp I chảy trực tiếp vào dòng chính như các sông: Tiouan, Khe Cách, Gâm, Cà Tơn, suối Đập, Trà Bương, Cồ, Cạy, Tà Hồ... Tổng lượng mưa trung bình năm ở Phú Yên rất không đồng đều. Theo số liệu đo đạc được ở nơi nhiều mưa nhất và ít mưa nhất chênh lệch nhau khoảng 487 mm. Dãy núi Vọng Phu đèo Cả và khu vực cách chân của dãy núi này trên dưới 10km về phía bắc là vùng mưa lớn nhất tỉnh với lượng mưa trung bình là 2244 mm. Mưa thấp nhất là vùng ven biển phía bắc, thung lũng sông Kỳ Lộ và sông Ba, lượng mưa năm trung bình đạt 1750–1800 mm, trong đó tâm mưa thấp nhất là khu vực Thị xã Sông Cầu với lượng mưa trung bình năm dưới 1800 mm. Trong năm, lượng mưa của mùa mưa từ tháng 9 đến tháng 12 đạt được từ 1152–1738 mm chiếm 68–84% lượng mưa cả năm, còn mùa khô 260–684 mm chiếm từ 13–32% cho nên mùa mưa quyết định chủ yếu đến lượng mưa năm. Lưu lượng trung bình năm trên sông Kỳ Lộ khoảng 77,9 m³/s, tổng lượng dòng chảy năm vào khoảng 2,46 km³. Mùa lũ trên sông Kỳ Lộ bắt đầu từ tháng 9 đến tháng 12, trong đó tháng 10 và tháng 11 là những tháng thường xuyên xuất hiện lũ lớn.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

Cửa Tiên Châu nằm ở cửa sông Cái (đoạn hạ lưu sông Kỳ Lộ), phía nam vịnh Xuân Đài thuộc, xã An Ninh Đông, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên hiện đang là nơi tránh trú bão cho hơn 400 tàu thuyền của các xã An Ninh Tây, xã An Ninh Đông, huyện Tuy An và các địa phương khác thuộc tỉnh Phú Yên. Trong những năm gần đây cửa sông và khu vực trong cảng cá Tiên Châu bị bồi lấp rất nặng nề, tàu thuyền ra vào cảng khó khăn, đã có một số tàu khi vào cảng neo đậu bị nghiêng và chìm ảnh hưởng trực tiếp đến phát triển kinh tế của tỉnh. Năm 2008, UBND tỉnh Phú Yên cũng đã đầu tư nạo vét cát bồi lấp tại cửa Tiên Châu. Tuy nhiên, sau 1 thời gian dài không được nạo vét định kỳ và ảnh hưởng của thời tiết mưa bão đã làm cho luồng tàu qua cửa Tiên Châu bị bồi lấp trở lại, gây khó khăn cho tàu thuyền vào ra và ảnh hưởng lớn tới khả năng thoát lũ qua cửa Tiên Châu.

Theo kết quả nghiên cứu [15], ảnh viễn thám có thể được sử dụng để quan trắc sự thay đổi của độ rộng cửa sông. Các loại ảnh viễn thám được sử dụng phổ biến hiện nay trong nghiên cứu cửa sông ven biển trên Thế giới có thể kể đến LANDSAT (LANDSAT 7 ETM+ và LANDSAT 5 TM), SPOT, SPOT-2, các ảnh có độ phân giải cao hơn như QuickBird, IKONOS, SPOT-5, SPOT-6,... Các tài liệu ảnh viễn thám được xử lý và phân tích bằng các phần mềm chuyên dụng như ERDAS, ENVI và ArcGIS. Vệ tinh Landsat là tên chung cho hệ thống các vệ tinh chuyên dùng vào mục đích thăm dò tài nguyên Trái Đất. Đầu tiên nó mang tên ERTS (*Earth Resource Technology Satellite*) – kỹ thuật vệ tinh thăm dò Trái đất. Hệ thống vệ tinh Landsat cho tới nay có thể nói là hệ thống vệ tinh mang tính chất quốc tế. Ảnh Landsat có nhiều thế hệ với số lượng kênh phổ và độ phân giải khác nhau. Tuy nhiên, thế hệ ảnh Landsat TM được thu từ vệ tinh Landsat-4 và -5 và ảnh Landsat ETM+ được thu từ vệ tinh Landsat-7 được sử dụng phổ biến nhất. Ảnh Landsat TM gồm 6 kênh phổ nằm trên dải sóng nhìn thấy và hồng ngoại với độ phân giải không gian 30mx30m và một giải phổ hồng ngoại nhiệt ở kênh 6, độ phân giải 120mx120m để đo nhiệt độ bề mặt. Ảnh Landsat ETM+ ghi phổ trên 8 kênh ở các bước sóng giống như của ảnh Landsat TM, điều khác biệt là ở Landsat ETM+, kênh hồng ngoại nhiệt (Thermal) có độ phân giải cao hơn (60 m x 60 m) và có thêm kênh toàn sắc (Pan) với độ phân giải không gian là 15 m x 15 m. Ảnh Landsat được ứng dụng trong nghiên cứu của nhiều lĩnh vực từ nghiên cứu hiện trạng đến giám sát biến động và được công bố rộng rãi và sử dụng phổ biến nhất. Bên cạnh đó, ảnh Landsat có chuỗi thời gian quan trắc trong quá khứ tương đối dài với thời đoạn trung bình có thể thu thập được là từ năm 1988 đến nay. Với những ưu điểm trên, Nghiên cứu sử dụng các ảnh vệ tinh Landsat được tải về từ website: <http://earthexplorer.usgs.gov/> [16], bao gồm các ảnh của các vệ tinh Landsat 4-5 với độ phân giải là 30 m, Landsat 7 và Landsat 8 có độ phân giải là 15 m (sử dụng ảnh Panchromatic). Các ảnh viễn thám được xử lý thông qua phần mềm chuyên dụng ENVI và ArcGIS.

Kết quả của nghiên cứu cung cấp thông tin về quá trình đóng mở cửa sông Tiên Châu trong thời đoạn 30 năm từ năm 1988–2018 và mối quan hệ của hiện tượng này với một số sự kiện lũ lụt trên khu vực thượng lưu sông Kỳ Lộ. Từ đó đánh giá được mức độ ảnh hưởng của lượng nước từ thượng lưu đổ ra biển đến diễn biến bồi xói tại khu vực cửa, vốn là nơi diễn ra nhiều hoạt động dân sinh kinh tế địa phương. Đây cũng là bước nghiên cứu đầu tiên để phục vụ cho công tác xây dựng mô hình nhận thức về cơ chế biến động của cửa sông nhằm phục vụ mục đích thiết kế các công trình chỉnh trị cửa sông sau này [14].

2. Phương pháp và số liệu

2.1. Phương pháp

Với sự phát triển của kỹ thuật xử lý ảnh tự động bằng phần mềm máy tính, rất nhiều bộ chỉ số đã được phát triển và áp dụng để có thể phân tách được nước với đất, tiêu biểu có NDWI (*Normalized Difference Water Index*), MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) và AWEI (*Automated Water Extraction Index*). Trong nghiên cứu [17] đã chỉ ra rằng MNDWI và AWEI thể hiện tốt hơn so với NDWI. Do đó nghiên cứu lựa chọn chỉ số MNDWI để thực hiện xác định đường mép nước cho cửa sông Tiên Châu. MNDWI phân tách nước bề mặt bằng cách lọc ra những thành phần khác có thể có như đất xây dựng, đất đá và thực vật. Việc xác

định sự thay đổi của nước mặt thường được thực hiện bằng cách phân tách nước ra riêng biệt bằng ảnh viễn thám theo thời gian, sau đó so sánh để xác định được sự thay đổi của cửa sông. Trong dải hồng ngoại, giá trị phản xạ của nước thường gần bằng không, đặc biệt là trong dải hồng ngoại giữa (đối với cảm biến của Landsat TM/ETM+). Đây là cơ sở để xây dựng lên MNDWI. Như được trình bày trong công thức (1), dải hồng ngoại giữa trong TM với bước sóng từ 1.550–1.750 μm tương ứng với dải SWIR với bước sóng từ 1.560–1.660 μm. Trong nghiên cứu này, MNDWI được lựa chọn để phân tách nước bề mặt từ ảnh Landsat. Chỉ số MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) [16] được áp dụng để phân tách hình ảnh của nước và đất ra thành 2 màu riêng biệt. Công thức tính chỉ số MNDWI như sau:

$$MNDWI = \frac{\rho_{green} - \rho_{SWIR}}{\rho_{green} + \rho_{SWIR}} \quad (1)$$

Trong đó ρ_{green} là phổ ảnh xanh lá cây, ρ_{SWIR} là phổ ảnh hồng ngoại.

2.2. Số liệu

Từ kết quả phân tích ảnh viễn thám bằng công cụ ArcGIS, kết quả của sản phẩm ảnh Landsat là các lớp dữ liệu về đường bờ tương ứng với thời gian của ảnh. Trong tổng số hơn 5000 ảnh đã được vệ tinh chụp lại và lưu trữ, 54 ảnh vệ tinh Landsat (Bảng 1) được sử dụng trong nghiên cứu này do các ảnh được lựa chọn phải đảm bảo các tiêu chí:

- Ảnh được chụp với thời điểm xuất hiện giá trị tương đương mức triều trung bình nhiều năm trong giai đoạn 1988 – 2019: đảm bảo các ảnh cùng mức triều, từ đó việc so sánh biến động đường bờ đảm bảo được tính tin cậy.

- Không bị mây che phủ.

Ngoài ra, một số vấn đề cần lưu ý trong quá trình sử dụng dữ liệu từ các thế hệ vệ tinh Landsat cụ thể như sau:

- Riêng vệ tinh Landsat 7 gặp lỗi từ năm 2003 nên ảnh về từ thời điểm này trở đi, ảnh thu thập được từ vệ tinh này xuất hiện những đường chéo đen không thể xử lý để sử dụng được.

- Landsat 4–5 với độ phân giải 30 m; Landsat 7_SLC-off và Landsat 8 với độ phân giải 15m.

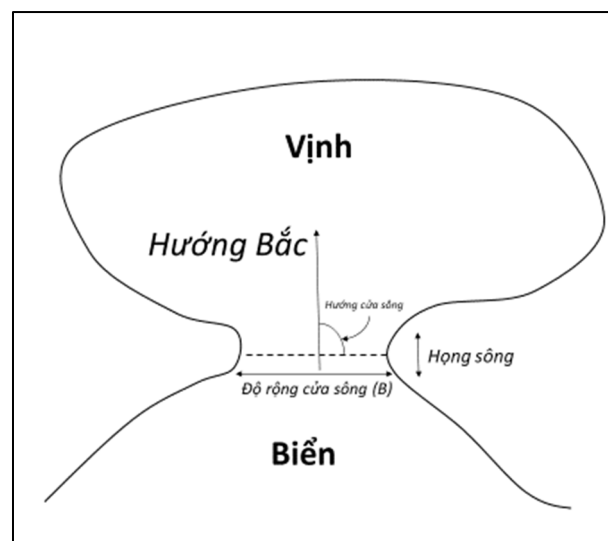
Bảng 1. Số liệu ảnh viễn thám khu vực cửa sông Tiên Châu sử dụng trong nghiên cứu.

STT	Thời gian	Vệ tinh	STT	Thời gian	Vệ tinh
1	8/6/1988	Landsat45	28	4/4/2002	Landsat7
2	12/9/1988	Landsat45	29	7/6/2002	Landsat7
3	8/4/1989	Landsat45	30	10/8/2002	Landsat7
4	10/5/1989	Landsat45	31	26/08/2002	Landsat7
5	11/4/1990	Landsat45	32	6/3/2003	Landsat7
6	30/04/1991	Landsat45	33	7/4/2003	Landsat7
7	28/12/1992	Landsat45	34	6/7/2004	Landsat45
8	16/01/1994	Landsat45	35	6/3/2006	Landsat45
9	12/8/1994	Landsat45	36	25/05/2006	Landsat45
10	27/05/1995	Landsat45	37	25/03/2007	Landsat45
11	15/08/1995	Landsat45	38	30/05/2008	Landsat45
12	26/03/1996	Landsat45	39	21/08/2009	Landsat45
13	29/05/1996	Landsat45	40	20/05/2010	Landsat45
14	17/08/1996	Landsat45	41	8/6/2011	Landsat45
15	1/6/1997	Landsat45	42	28/05/2012	Landsat 8
16	5/9/1997	Landsat45	43	18/05/2015	Landsat 8
17	16/03/1998	Landsat45	44	5/7/2015	Landsat 8
18	3/5/1998	Landsat45	45	1/3/2016	Landsat 8
19	23/08/1998	Landsat45	46	5/6/2016	Landsat 8

STT	Thời gian	Vệ tinh	STT	Thời gian	Vệ tinh
20	23/06/1999	Landsat45	47	7/7/2016	Landsat 8
21	22/04/2000	Landsat45	48	23/07/2016	Landsat 8
22	8/5/2000	Landsat45	49	23/05/2017	Landsat 8
23	24/05/2000	Landsat45	50	8/6/2017	Landsat 8
24	9/6/2000	Landsat45	51	11/8/2017	Landsat 8
25	12/6/2001	Landsat45	52	23/03/2018	Landsat 8
26	14/07/2001	Landsat45	53	11/4/2019	Landsat 8
27	23/08/2001	Landsat7	54	14/06/2019	Landsat 8

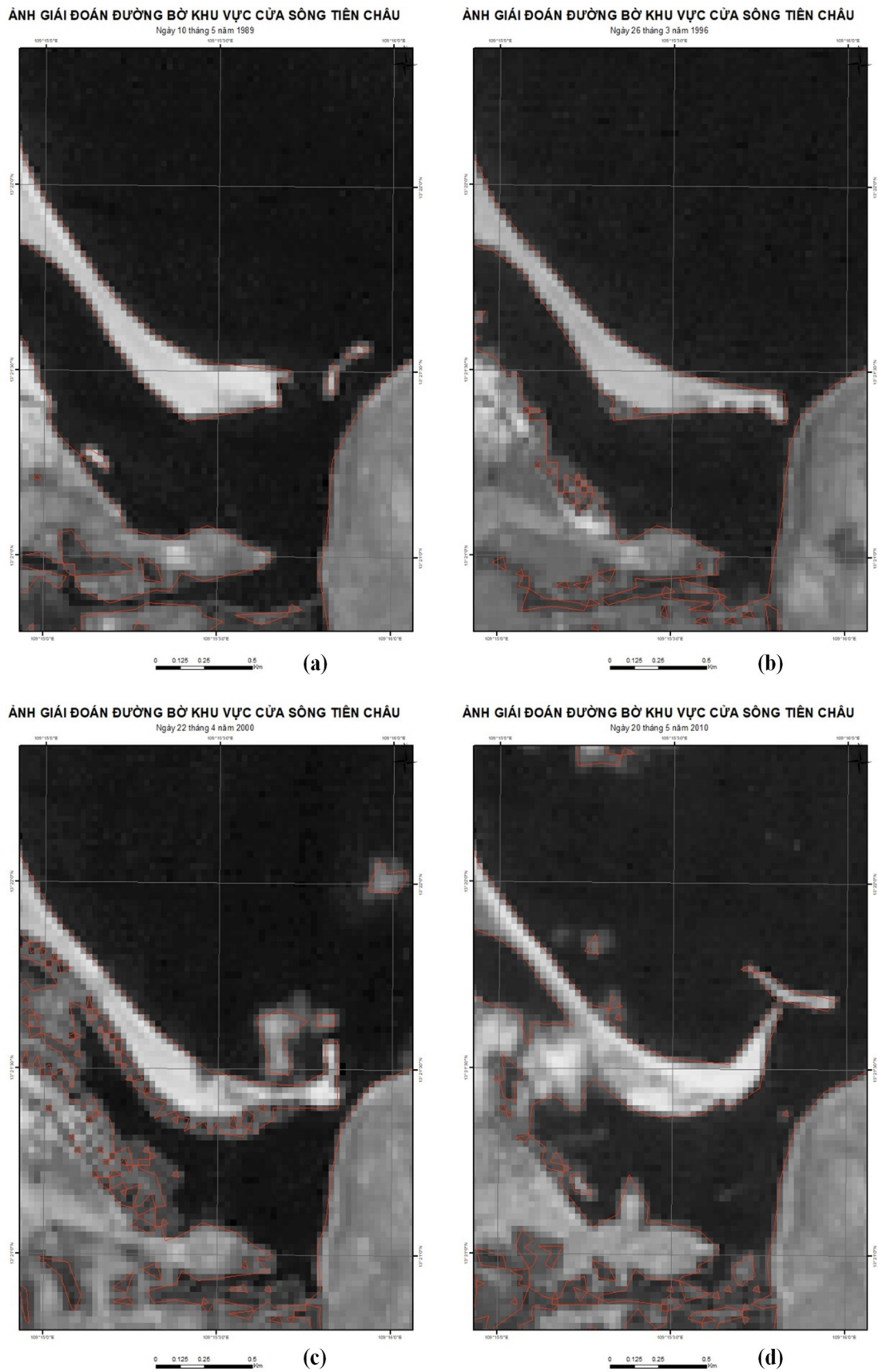
3. Kết quả

Các thông số của cửa sông được phân tích bao gồm: (i) Độ rộng cửa sông; (ii) Hướng của sông và (iii) Diện tích dải bờ biển phía Bắc cửa sông.

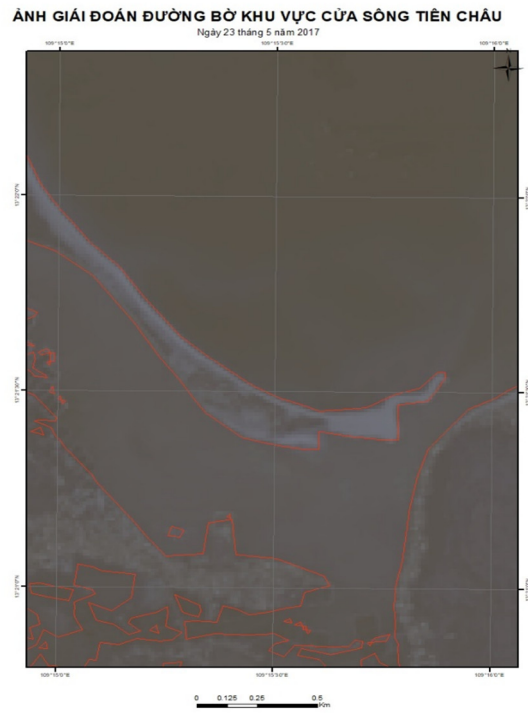


Hình 2. Độ rộng và hướng cửa sông.

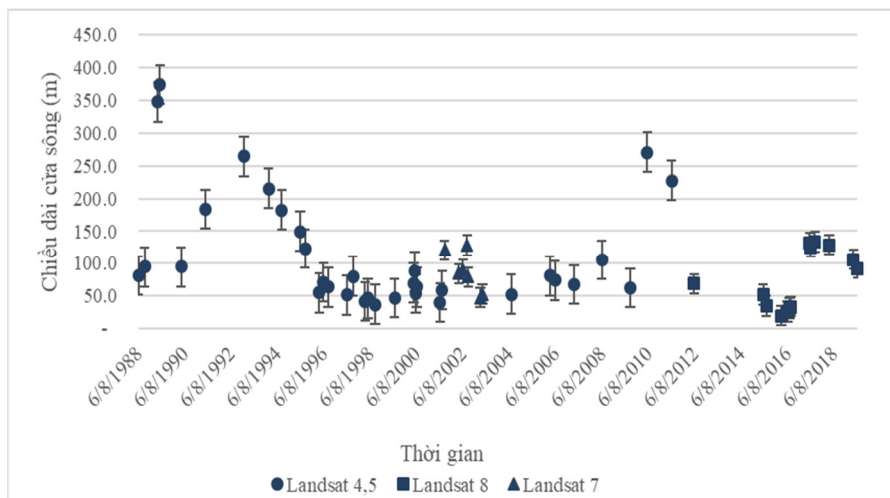
Độ rộng cửa sông được xác định là chiều dài của đoạn hẹp nhất ngay tại cửa sông (Hình 2). Qua kết quả phân tích ảnh viễn thám có thể thấy, độ rộng cửa sông chủ yếu nằm trong khoảng từ 50–150 m (Hình 4). Hai thời điểm ảnh vào năm 1989 có độ rộng cửa sông lớn nhất. Trong đó, hai thời điểm ảnh này cách nhau 1 tháng (từ 8/4/1989 đến 10/5/1989) và độ rộng cửa sông nằm trong khoảng 370–380 m (Hình 3a). Thời điểm ảnh trước đó (năm 1988) và sau đó (năm 1990), giá trị độ rộng cửa sông đều được xác định nằm trong khoảng 80–95 m. Nguyên nhân của sự mở rộng của cửa sông vào năm 1989 là do trên sông Kỳ Lộ xuất hiện lũ lịch sử vượt mức báo động III vào thời điểm trước đó, mực nước tại trạm Hà Bằng ghi nhận được vào tháng 11/1988 là 12,47 m [18]. Giai đoạn từ năm 1992 đến năm 1997, cho thấy sự tăng đột ngột độ rộng cửa sông vào năm 1993 rồi giá trị này giảm dần đều khoảng 40 m qua các thời điểm ảnh (Hình 3b). Trong đó, năm 1993 cũng là một năm xuất hiện lũ lớn lịch sử tại Phú Yên với lưu lượng lũ là 21.500 m³/s đo đạc tại trạm thủy văn Củng Sơn [10]. Trong giai đoạn từ năm 1997 đến năm 2009, giá trị độ rộng cửa sông tương đối ổn định, nằm trong khoảng từ 50–150 m, trung bình khoảng 70 m (Hình 3c). Vào cuối năm 2009, trên sông Kỳ Lộ xuất hiện trận lũ lớn với mực nước lớn nhất đo được tại trạm Hà Bằng là 13,47 m (ngày 2/11/2009), do đó cửa sông mở rộng đột ngột và số liệu cho thấy năm 2010 độ rộng cửa sông lên đến 270 m (Hình 3d) (tại ngày 20/5/2010) và duy trì giá trị độ rộng trên 200 m vào năm 2011. Sau đó độ rộng cửa sông giảm vào năm 2012 và độ rộng dao động trong khoảng 50–150 m. Như vậy, có thể thấy, cửa sông Tiên Châu có dải độ rộng ổn định phổ biến là 50–150 m (Hình 3e).



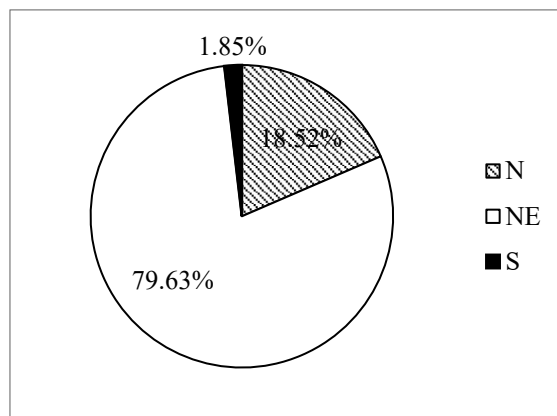
Hình 3. Minh họa diễn biến cửa sông Tiên Châu: (a) Cửa sông Tiên Châu mở rộng 370 m (Ngày chụp: 10/05/1989); (b) Cửa sông Tiên Châu thu hẹp khoảng 50 m (Ngày chụp: 10/05/1989); (c) Cửa sông Tiên Châu giai đoạn 1997–2009 khoảng 70 m (Ngày chụp: 22/04/2000); (d) Cửa sông Tiên Châu mở lớn 270 m (Ngày chụp: 20/05/2010).



Hình 4. Minh họa diễn biến cửa sông Tiên Châu: (e) Cửa sông Tiên Châu giai đoạn sau 2009 khoảng 130m (Ngày chụp 23/05/2017).



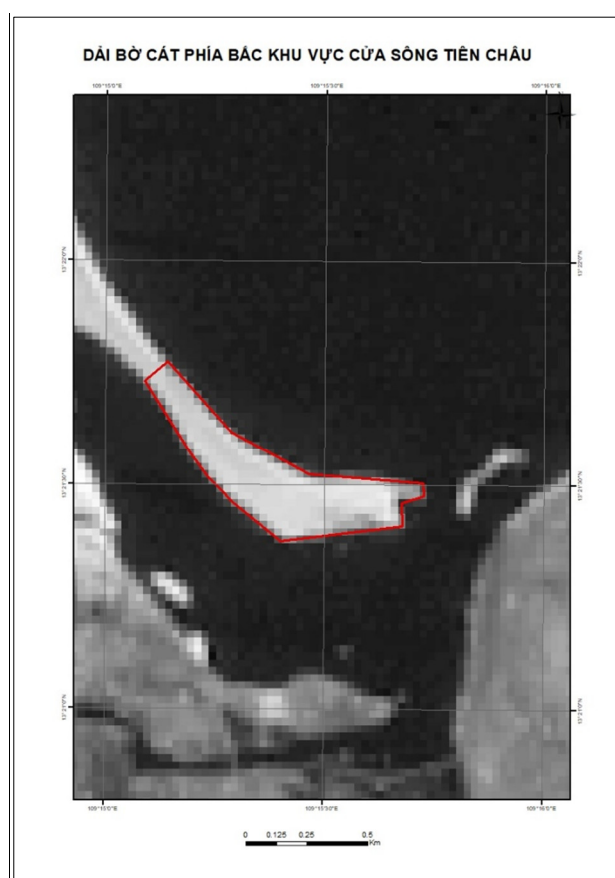
Hình 5. Biểu đồ biến động chiều dài cửa sông Tiên Châu, tỉnh Phú Yên.



Hình 6. Tần suất hướng cửa sông.

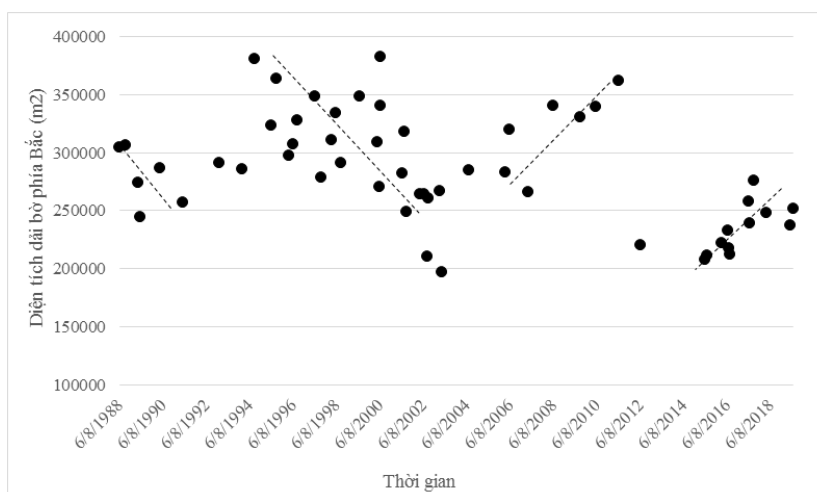
Hướng của cửa sông được xác định bởi góc tạo bởi hướng Bắc với đường vuông góc với đoạn hẹp nhất của cửa sông (Hình 5). Hướng của cửa sông chủ yếu là hướng Đông Bắc (chiếm 79,63%) và Bắc (chiếm 18,52%). Đây là hướng cửa rất dễ đón gió mùa Đông Bắc và sóng biển đi thẳng trực diện vào cửa sông do đó đỉnh sóng và đường bờ hướng cửa sông gần như vuông góc với nhau. Theo công thức tính dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ CERC (1984) [19], có thể thấy đây là góc gây ra dòng vận chuyển ven bờ lớn nhất, từ đó dễ gây bồi lấp khi nguồn bùn cát từ biển và vùng ven bờ đưa vào. Đây cũng là tác động khiến độ rộng cửa sông luôn có xu hướng bị thu hẹp lại sau khi cửa sông bị xói đến độ rộng lớn hơn 200 m.

Khu vực bờ phía Nam cửa sông Tiên Châu khá ổn định do sự phát triển của khu vực dân cư. Thêm vào đó, việc bờ phía Nam đã được xây dựng hệ thống kè chống xói lở khiến cho phía bờ này của cửa sông Tiên Châu không có nhiều biến động qua thời gian. Ảnh viễn thám khu vực cửa sông cũng cho thấy, sự thay đổi chiều dài cửa sông hầu hết đều phụ thuộc vào sự thay đổi của dải bờ cát phía Bắc của cửa. Diện tích dải bờ phía Bắc của cửa sông được tính từ mũi nhọn của dải đường bờ ngay tại cửa sông đến đoạn hẹp nhất của dải đường bờ về phía Bắc (Hình 6).



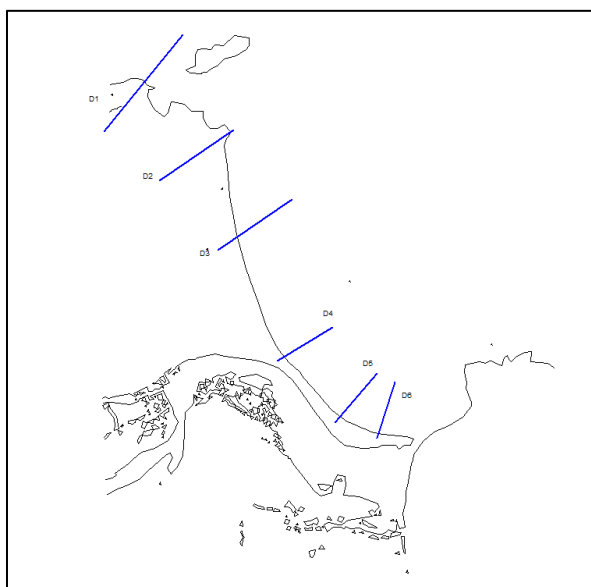
Hình 7. Diện tích dải bờ cát phía Bắc cửa sông Tiên Châu.

Diện tích dải bờ phía Bắc thay đổi khá rõ theo từng giai đoạn (Hình 7). Từ năm 1988 đến năm 1992, diện tích dải bờ cát này có xu hướng giảm và dao động trong khoảng từ 250.000 đến hơn 300.000 m². Diện tích dải bờ có sự tăng mạnh vào năm 1994 nhưng lại có xu hướng giảm xuống còn khoảng 250.000 m² trong giai đoạn từ năm 1994 đến năm 2002, và giảm mạnh xuống còn 200.000 m² vào năm 2004. Sau đó, dải bờ cát phía Bắc cửa lại có xu hướng được bồi đắp và tăng dần về diện tích từ năm 2006 đến năm 2011. Đây là giai đoạn cửa sông liên tục bị bồi lấp và có chiều dài cửa sông rất hẹp. Năm 2012 đến năm 2014, diện tích dải bờ phía Bắc bị giảm mạnh do quá trình nạo vét khai thông tại cửa Tiên Châu diễn ra. Nhưng sau đó, dải bờ lại được bồi đắp và có xu hướng dao động xung quanh ngưỡng 250.000 m². Nhìn chung, có thể thấy ngưỡng diện tích ổn định của dải bờ phía Bắc là khoảng 200.000 đến 250.000 m².



Hình 8. Biến động diện tích dải bờ phía Bắc cửa sông.

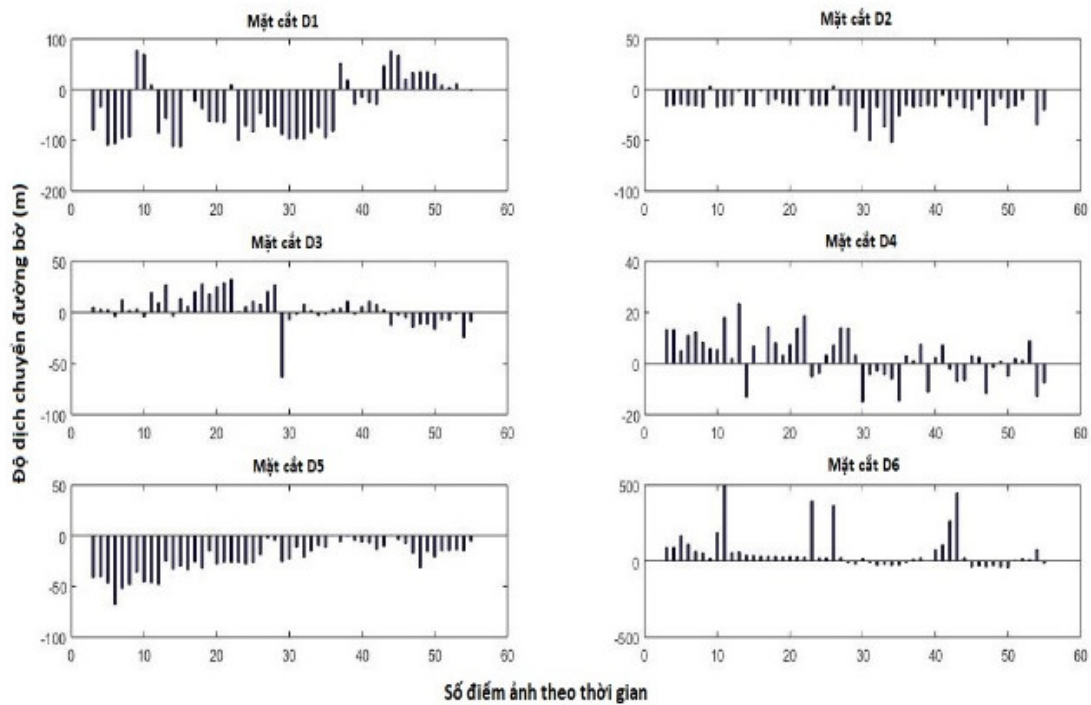
Để đánh giá rõ nét hơn về sự biến đổi đường bờ phía Bắc cửa sông Tiên Châu, nghiên cứu phân tích 6 mặt cắt dọc trên dải đường bờ này như Hình 9.



Hình 9. Vị trí 6 mặt cắt dọc đường bờ phía Bắc cửa sông.

Kết quả phân tích vị trí đường bờ quá khứ so với vị trí hiện tại cho thấy, sự thay đổi của vị trí mặt cắt D6 lớn hơn nhiều so với các mặt cắt D1 đến mặt cắt D5 (Hình 9).

Trong đó, mặt cắt D2 và mặt cắt D5 có xu hướng dịch chuyển hướng ra phía biển với khoảng dịch chuyển dao động khoảng -50 m. Mặt cắt D3, D4 và D6 có xu hướng chủ yếu là tiến vào đất liền. Đặc biệt, tại mặt cắt D6 cho thấy có những thời điểm ảnh, độ dịch chuyển đường bờ là rất lớn (lên đến gần 500 m). Các thời điểm ảnh có độ dịch chuyển lớn hơn 300 m vào năm 1994, 2000 và 2011. Độ dịch chuyển của mặt cắt D4 dao động trong khoảng ± 20 m với xu hướng chủ đạo là tiến vào đất liền đến năm 2001 và dao động khá ổn định quanh vị trí gốc (năm 1988) đến nay. Có thể coi mức độ dịch chuyển này là ổn định do khoảng dao động ± 20 m trùng với khoảng sai số của ảnh viễn thám. Mặt cắt D3 có điểm ảnh bất thường vào thời điểm năm 2001, đường bờ dịch chuyển ra phía biển với độ dịch chuyển là -63 m, khác biệt so với xu hướng tiến vào đất liền trong khoảng thời gian trước đó. Ở thời điểm này, xu hướng dịch chuyển của cả 4 mặt cắt còn lại cũng là hướng ra biển. Từ năm 1988 đến năm 2011, mặt cắt D1 chủ yếu dịch chuyển hướng ra biển với độ dao động khoảng 60–100 m. Từ năm 2011, xu hướng của mặt cắt D1 chuyển thành tiến vào đất liền với khoảng dao động nhỏ hơn (20–60 m).



Hình 10. Biến động đường bờ phía Bắc tại 6 mặt cắt.

4. Kết luận và kiến nghị

Qua 32 năm (từ năm 1988 đến năm 2019), cửa sông Tiên Châu đã có những biến động nhất định. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khu vực cửa sông bị bồi lấp chủ yếu gây bởi sự thay đổi của dải bờ biển phía Bắc cửa. Trong đó, chiều dài cửa sông có xu hướng giảm từ năm 1992 đến năm 2000, tương ứng với đó, khu vực dải cát phía Bắc cửa sông cũng có xu hướng giảm trong những năm này. Diện tích dải cát phía Bắc cửa sông có sự biến động theo từng giai đoạn, tuy nhiên, có thể thấy ngưỡng diện tích ổn định của dải cát này luôn nằm trong khoảng 200.000 đến 250.000 m².

Trong những năm gần đây, độ rộng cửa sông tương đối hẹp nhưng dao động khá ổn định trong khoảng từ 50–150 m. Kết quả phân tích cho thấy, cửa sông chỉ mở rộng lớn hơn 200 m khi có sự xuất hiện của lũ lớn lịch sử (năm 1988, 1993 và 2009) [3] và sau đó lại thu hẹp dần về khoảng độ rộng ổn định.

Xét trên toàn dải đường bờ Gành Đỏ đến cửa sông Tiên Châu có thể thấy sự khác biệt về biến động đường bờ tại từng khu vực. Khu vực mặt cắt 2 và mặt cắt 5 (đầu mũi của dải đường bờ) có xu hướng tiến ra biển; trong khi đó, khu vực mặt cắt 3 và mặt cắt 4 (phần lõm của dải đường bờ) lại càng có xu hướng bị xói vào đất liền. Có thể thấy, dải đường bờ này có xu hướng cong lõm vào trong đất liền. Khu vực đường bờ gần với cửa sông (mặt cắt 6) có sự biến động mạnh mẽ nhất và có xu hướng bị xói vào đất liền.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.D.H.B., H.T.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: P.D.H.B., N.T.B.; Xử lý số liệu: H.T.T., N.T.B., P.D.H.B.; Viết bản thảo bài báo: H.T.T., P.D.H.B.; Chỉnh sửa bài báo: P.D.H.B., H.T.T.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây, không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Feyisa, G.L.; Meilby, H.; Fensholt, R.; Proud, S.R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sens. Environ.* **2014**, *140*, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>.

2. Hans, H. Genesis: A Generalized Shoreline Change Numerical Model. *J. Coastal Res.* **1989**, 5, 1–27.
3. Thieler, E.R.; et al. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 – An ArcGIS extension for calculating shoreline change, 2009.
4. Mark, C.; Leatherman, S.P.; Michael, K.B. Historical Shoreline Change: Error Analysis and Mapping Accuracy. *J. Coastal Res.* **1991**, 7, 839–852.
5. Schumann, G.; Hostache, R.; Puech, C.; Hoffmann, L.; Matgen, P.; Pappenberger, F.; Pfister, L. High-Resolution 3-D Flood Information From Radar Imagery for Flood Hazard Management. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* **2007**, 45, 1715–1725.
6. Proud, S.R.; Fensholt, R.; Rasmussen, L.V.; Sandholt, I. Rapid response flood detection using the MSG geostationary satellite. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2011**, 13, 536–544.
7. Uddin, K.; Gurung, D.R.; Giriraj, A.; Shrestha, B. Application of Remote Sensing and GIS for Flood Hazard Management: A Case Study from Sindh Province, Pakistan. *Am. J. Geog. Inf. Syst.* **2013**, 2, 1–5.
8. Fromard, F.; Vega, C.; Proisy, C. Half a century of dynamic coastal change affecting mangrove shorelines of French Guiana. A case study based on remote sensing data analyses and field surveys. *Mar. Geol.* **2004**, 208, 265–280.
9. Maiti, S.; Bhattacharya, A.K. Shoreline change analysis and its application to prediction: A remote sensing and statistics based approach. *Mar. Geol.* **2009**, 257, 11–23.
10. Pham, D.H.B.; Hoang, T.T.; Bui, Q.T.; Tran, N.A.; Nguyen, T.G. Application of Machine Learning Methods for the Prediction of River Mouth Morphological Variation: A Comparative Analysis of the Da Dien Estuary, Vietnam. *J. Coastal Res.* **2019**, 35, 1024–1035.
11. Güttler, F.N.; Niculescu, S.; Gohin, F. Turbidity retrieval and monitoring of Danube Delta waters using multi-sensor optical remote sensing data: An integrated view from the delta plain lakes to the western-northwestern Black Sea coastal zone. *Remote Sens. Environ.* **2013**, 132, 86–101.
12. Thảo, P.T.P.; Duẩn, H.Đ.; Tô, Đ.V. Ứng dụng Viễn thám và GIS trong theo dõi và tính toán biến động đường bờ khu vực Phan Thiết. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2012**, 11, 1–13.
13. Quỳnh, H.N.N.; Khôi, Đ.N.; Hoài, H.C.; Bầy, N.T. Ứng dụng viễn thám và GIS đánh giá biến động đường bờ sông Tiền và sông Hậu. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 691, 12–22.
14. Pham, D.H.B, et al. Application of remote sensing and GIS in assessment of driving forces of Da Dien estuary change: A case study in Phu Yen, Vietnam. in Proceedings of the 8th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics-APHydro 2016, 2016.
15. Liu, Y.; Huang, H., Yan, J. Using landsat data to detect long-term morphodynamic behavior of estuaries: A case study in the Xiaoqing River estuary, China. Proceeding in 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2010, 417–420.
16. Available from: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
17. Zhai, K.; Wu, X.; Qin, Y.; Du, P. Comparison of surface water extraction performances of different classic water indices using OLI and TM imageries in different situations. *Geo-spatial Inf. Sci.* **2015**, 18, 32–42.
18. Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung Ương. Tổng quan về tình hình thời tiết –thủy văn năm 2009. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2009**, 588, 1–16.
19. U.S. ARMY CORP OF ENGINEERS. Hydrodynamics of tidal inlets. EM 1110–2–1100 part II, 1992.

Study on Tien Chau River mouth's revolution, Phu Yen Province

Pham Duy Huy Binh^{2*}, Hoang Thu Thao¹, Nguyen Thanh Binh²

¹ Faculty of Hydrology Meteorology Ocenography, University of Science, Vietnam National University, Hanoi; htthao@hus.edu.vn

² Center for Environmental Fluid Dynamics, University of Science, Vietnam National University, Hanoi; phambinh@hus.edu.vn; binh.gis.cefd@hus.edu.vn

Abstract: Tien Chau estuary, Ky Lo river is in the south of Xuan Dai bay, An Ninh Dong commune, Tuy An district, Phu Yen province. In recent years, Tien Chau fishing port have been heavily deposited, waterway for boats are difficult. Several numbers of ships are tilted and sunk when entering the docking port, directly affecting the economic development of the province. In order to effectively dredge sand at the river mouth as well as serve the design of future plans at the river mouth, the study of the history of the river mouth is very necessary. The paper applies remote sensing technology to study the morphology of the estuary area over a long period, thereby finding out the morphological fluctuation trends in Tien Chau river mouth's revolution. The study results show that the estuary area is filled mainly by the change of the northern coastline of the mouth. In which, the length of the river mouth fluctuates quite stably in the range of 50–150 m. The strip of north bank of estuaries tends to curl and concave inland.

Keywords: River mouth's revolution; GIS; Satellite; Remote sensing.

Table of content

- 1** Think, N.V.; Luu, D.P.; Toan, H.C.; Hoang, T.T.; Long, P.T. Determinating of the correlation between the air temperature with Net ecosystem exchange of CO₂ during photosynthesis of mangrove plants in Can Gio mangrove forest. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 722, 1–14.
- 15** Linh, V.N.; Hai, N.M.; Lich, N.V.; Ba, T.D. Study on building mobile software for operation and monitoring hydro–meteorological station network . *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 722, 15–22.
- 23** Tuan, N.H.; Canh, T.T. Research trend of change and future projected climate in Ninh Thuan province . *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 722, 23–37.
- 38** Chanh, B.V.; Anh, T.N.; Huan, N.Q.; Hoan, N.T. Integrating experimenting of Tank model and one dimension Kinematic wave model for medium term hydrology forecasting on Ba River basin. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 722, 38–48.
- 49** Thanh, T.T.; Hiep, T.T.; Huan, L.H.; Cong, D.A. Researching and building toolset for storing and processing telegraphic observation data to assist forecasting procedure. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 722, 49–57.
- 58** Think, N.N.; Nguyen, D.V.; Phung, L.T.; Bay, N.T. A study to determine sea wave energy in the South Central Coast. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 722, 58–67.
- 68** Anh, T.N.; Nguyen, N.V.; Duc, D.D.; Tung, N.T.; Binh, P.D.H. Carbon market: international experiences and policy proposal for Viet Nam . *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 722, 68–76.
- 77** Binh, P.D.H.; Thao, H.T.; Binh, N.T. Study on Tien Chau River mouth’s revolution, Phu Yen Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 722, 77–88.