

**TẠP CHÍ**

# **KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**

**Vietnam Journal of Hydro - Meteorology**

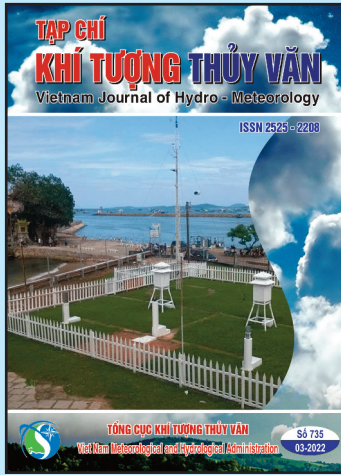
**ISSN 2525 - 2208**



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

**Số 735**

**03-2022**



## Q. TÔNG 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 Thực         | 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. Tổng 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: 024.39364963  
Email: tapchikttv@gmail.com

### Chế bản và In tại:

Công ty TNHH sản xuất và in bao bì Thiên Hà  
ĐT: 0243.562.4399

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

Giá bán: 25.000 đồng

# TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN SỐ 735 - 3/2022

## MỤC LỤC

### Bài báo khoa học

- 1** Hoàng Thái Bình, Đào Đình Châm, Đào Thị Thảo, Lê Đức Hạnh, Nguyễn Thái Sơn, Nguyễn Minh Huân, Nguyễn Quốc Trinh: Nghiên cứu các quá trình thủy động lực tích hợp (sóng, dòng chảy và mực nước) bằng MIKE 21/3 coupled model FM vùng biển Đà Nẵng
- 12** Nguyễn Đức Thiện, Trần Đức Dũng, Nguyễn Thế Tùng Lâm, Nguyễn Quốc Quân, Phạm Đặng Mạnh Hồng Luân: Đánh giá và dự báo chất lượng nước các kênh, rạch, sông, suối trên địa bàn tỉnh Bình Dương
- 26** Mai Thị Huyền, Trần Thanh Lâm, Bùi Thế Đồi, Hà Quang Anh, Phùng Ngọc Trường, Phạm Văn Toàn, Nguyễn Thị Xuân Thắng, Trần Bình Minh: Đánh giá tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu đến sinh kế của cộng đồng dân tộc thiểu số tại ba huyện Minh Hóa, Bố Trạch và Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình
- 38** Lê Ngọc Cầu, Ngô Thị Vân Anh, Phạm Thị Quỳnh, Nguyễn Thị Hồng Chiên: Đánh giá chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình giai đoạn 2011–2020 và đề xuất một số giải pháp phòng ngừa ô nhiễm môi trường nước hồ
- 51** Vũ Minh Cát, Lê Đức Dũng: Đề xuất bộ tiêu chí về điều kiện thủy động lực cho phép nhận chìm chất nạo vét ở biển Việt Nam
- 63** Doãn Hà Phong, Nguyễn Huệ: Giám sát và kiểm kê phát thải khí nhà kính (CO<sub>2</sub> tương đương) trên cơ sở phân loại lớp phủ bằng ảnh Sentinel 1 tỉnh Quảng Bình
- 74** Doãn Hà Phong, Trần Đăng Hùng, Doãn Trần Anh, Nguyễn Văn Hà, Giang Hoàng Hiệp: Nâng cao chất lượng tín hiệu tán xạ ngược từ vệ tinh Sentinel 1 phát hiện sạt lở đất do mưa tại tỉnh Hòa Bình
- 84** Nguyễn Văn Hưởng, Mai Văn Khiêm, Hoàng Phúc Lâm, Trần Ngọc Vân, Hoàng Thị Mai, Nguyễn Thanh Hoa, Trịnh Thùy Nguyên, Trần Quang Điệp: Hoạt động của bão và áp thấp nhiệt đới trong năm 2021 và dự báo trong mùa bão năm 2022 ở Việt Nam

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu các quá trình thủy động lực tích hợp (sóng, dòng chảy và mực nước) bằng MIKE 21/3 coupled model FM vùng biển Đà Nẵng

Hoàng Thái Bình<sup>1</sup>, Đào Đình Châm<sup>1,2</sup>, Đào Thị Thảo<sup>1</sup>, Lê Đức Hạnh<sup>1</sup>, Nguyễn Thái Sơn<sup>1</sup>, Nguyễn Minh Huân<sup>3</sup>, Nguyễn Quốc Trinh<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST);

hoangthaibinh@yahoo.com; chamvdl@gmail.com; thaodt010@wru.vn;

hanhvdl@gmail.com; nguyenthaison99@gmail.com; maitrinhvinh@gmail.com

<sup>2</sup> Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>3</sup> Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, số 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội; nmhuan61@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: maitrinhvinh@gmail.com; Tel: +84-989202527

Ban Biên tập nhận bài: 05/12/2021; Ngày phản biện xong: 04/01/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này giải quyết bài toán hai chiều về chế độ thủy động lực tích hợp (sóng, dòng chảy và mực nước) khu vực biển Đà Nẵng bằng mô hình MIKE 21/3 Couple Model FM của DHI. Đây là một mô hình hiện đại đã và đang được áp dụng nghiên cứu mạnh mẽ ở Việt Nam và nhiều nước trên thế giới. Mô hình đã được áp dụng tính toán hiệu chỉnh và kiểm định với số liệu khảo sát thực địa và trạm quan trắc Hải văn Sơn Trà (tháng 05/2021) để tìm ra bộ thông số phù hợp cho kết quả chỉ số Nash và tương quan trên 70% của hiệu chỉnh và 75% của kiểm nghiệm. Từ đó, nghiên cứu sử dụng để mô phỏng chế độ thủy động lực khu vực biển Đà Nẵng biến động theo gió mùa Tây Nam và gió mùa Đông Bắc. Các đặc trưng chế độ thủy động lực cũng cho thấy thể hiện tính chất mùa rõ nét và hình thành các hoàn lưu ven bờ với quy mô lớn nhỏ khác nhau tùy vào từng thời điểm. Nhìn chung, kết quả này có thể làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về thủy động lực ba chiều, hệ thống hoàn lưu ven bờ (dòng RIP), vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình, bài toán ô nhiễm môi trường, sinh thái.

**Từ khóa:** MIKE 21/3 Couple model FM; Mô phỏng; Thủy động lực; Đà Nẵng.

### 1. Mở đầu

Hiện nay, có rất nhiều nghiên cứu trong lĩnh vực hải dương ứng dụng các mô hình hình toán để giải quyết vấn đề trong và ngoài nước. Các mô hình mô phỏng thể hiện phản ánh được bức tranh tổng thể toàn cảnh khu vực nghiên cứu sóng động và chi tiết cụ thể. Ở Việt Nam, mô hình hoá đã và đang được áp dụng rộng rãi trong nghiên cứu và tính toán mô phỏng chế độ thủy động lực đơn lẻ và tích hợp sóng, dòng chảy và mực nước [1–3]. Trong đó, mô hình MIKE là bộ mô hình mô phỏng về các hoạt động của nước do viện Thủy lực Đan Mạch xây dựng. Bộ mô hình này được tích hợp gồm rất nhiều các mô hình thành phần giúp mô phỏng các quá trình thủy văn, thủy động lực học, vận chuyển bùn cát, môi trường, sinh thái. Trong đó, mô hình MIKE 21/3 Coupled Model FM mô phỏng chế độ thủy động lực hai chiều (sóng, dòng chảy và mực nước) vùng ven biển. Mô hình MIKE 21/3 Couple FM là hệ thống liên kết động có thể kết nối các mô hình động lực (MIKE 21FM) [4–5] và

mô hình sóng (MIKE 21SW) mà việc liên kết động các mô hình cho phép tính toán tương tác qua lại lẫn nhau giữa các quá trình như tương tác sóng và dòng chảy. Hiện nay, mô hình này được ứng dụng khá rộng rãi ở Việt Nam trong các công trình nghiên cứu [6] đến các đề tài các cấp trải dài dọc ven biển [7–11].

Tuy nhiên, trong bối cảnh biến đổi khí hậu những năm gần đây, khu vực nghiên cứu đang phải chịu ảnh hưởng của nhiều loại hình thiên tai nguy hiểm và khắc nghiệt hơn như bão, lũ, mực nước biển dâng, bồi tụ-xói lở bờ biển,... mà những hiện tượng thiên tai này lại liên quan mật thiết đến chế độ thủy động lực vùng ven biển nói chung, trong đó có Đà Nẵng gây ảnh hưởng mạnh mẽ đến quá trình phát triển kinh tế biển của thành phố, đặc biệt là ảnh hưởng đến phát triển du lịch vùng biển [12–14]. Mà vùng biển Đà Nẵng có hoạt động kinh tế hàng hải, du lịch rất phát triển mang lại thu nhập lớn cho thành phố. Do đó, để tiếp cận làm sáng tỏ và hiểu biết về các quy luật và hoạt động của tự nhiên, trong đó có các quá trình thủy động lực dân nhằm giảm thiểu thiệt hại của thiên tai và thúc đẩy kinh tế địa phương.

Vậy, thiết lập nghiên cứu các quá trình thủy động lực tích hợp (sóng, dòng chảy và mực nước) bằng MIKE 21/3 coupled model FM vùng biển Đà Nẵng với mục đích làm sáng tỏ phần nào quá trình thủy động lực khu vực biển Đà Nẵng là cần thiết. Các bước tiến hành và kết quả đạt được sẽ được trình bày dưới đây.

## 2. Phương pháp nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Đà Nẵng là thành phố ven biển với đường bờ biển dài 70 km, một thành phố trực thuộc trung ương, nằm trong vùng Duyên hải Nam Trung Bộ Việt Nam, trải dài từ 15°15’–16°40’ vĩ Bắc và từ 107°17’–108°20’ kinh Đông, trên trục giao thông Bắc–Nam về đường bộ, đường sắt, đường biển và đường hàng không, là một trong những cửa ngõ quan trọng ra biển của Tây Nguyên và các nước Lào, đông bắc Campuchia, Thái Lan và Myanmar (Hình 1) [15].



**Hình 1.** Bản đồ hành chính TP. Đà Nẵng.

Năm 2005, biển Đà Nẵng đã được tạp chí Forbes bình chọn là một trong sáu bãi biển đẹp nhất hành tinh, với những khu du lịch sinh thái, hiệu địa danh du lịch tâm linh nổi tiếng cùng nhiều khu nghỉ dưỡng rất sang trọng. Đà Nẵng nằm ở trung tâm của tam giác di sản văn hoá thế giới, hệ thống giao thông đường bộ, đường hàng không, đường thủy ngày càng mở rộng và hoàn thiện hơn, tạo điều kiện thuận lợi cho du lịch biển phát triển [15].

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình kết hợp MIKE 21/3 COUPLED MODEL FM là hệ thống mô hình động lực có thể áp dụng cho vùng cửa sông, ven biển và trong sông [1–3, 16]. Bộ mô hình gồm các mô đun sau: Mô đun dòng chảy (MIKE 21 FM); Mô đun tải khuếch tán; Mô đun chất lượng nước và sinh thái học; Mô đun vận chuyển bùn, cát; Mô đun phổ sóng (MIKE 21 SW). Mô đun dòng chảy và phổ sóng là hai thành phần cơ bản của mô hình MIKE 21/3 COUPLED MODEL FM. Mô hình này cho phép tính toán tương tác giữa sóng và dòng chảy bằng việc sử dụng kết hợp giữa mô đun dòng chảy và mô đun sóng. Sự kết hợp giữa các mô đun của mô hình cho phép mô phỏng sự tương tác qua lại đầy đủ của những thay đổi về độ sâu đến tính toán sóng cũng như dòng chảy nên độ chính xác của mô hình cũng được nâng cao so với các mô hình khác.

- Mô đun dòng chảy MIKE 21 FM [4, 5, 16]: là mô đun cơ bản tính toán trường động lực dòng chảy với cách tiếp cận mắt lưới linh hoạt dạng tam giác phi cấu trúc. Mô đun này được ứng dụng nghiên cứu cho hải dương học, môi trường vùng cửa sông ven biển. Mô đun gồm có hai phương trình chính là phương trình liên tục và phương trình động lượng.

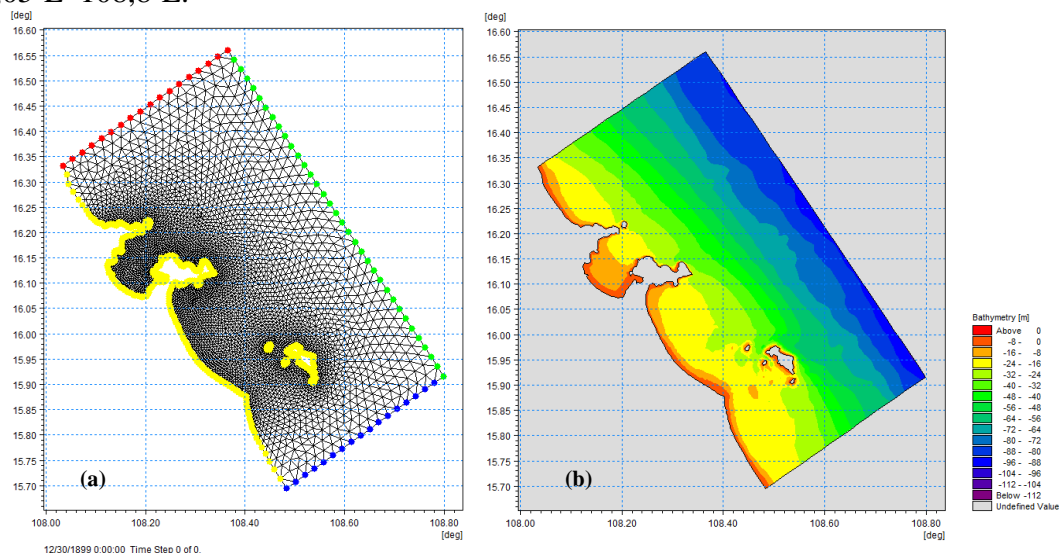
- Mô đun sóng MIKE 21 SW [1, 16]: là mô đun tính phổ sóng gió được tính toán dựa trên lưới phi cấu trúc. Mô đun này tính toán sự phát triển, suy giảm và truyền sóng gió và sóng lừng ở ngoài khơi và khu vực ven bờ.

### 2.3. Dữ liệu sử dụng

- Số liệu độ sâu và đường bờ của khu vực vùng ven biển và cửa sông thành phố Đà Nẵng và lân cận được thu thập và số hoá từ các bản đồ địa hình đáy biển (hải đồ) từ các tỷ lệ khác nhau tỷ lệ 1:100000 và 1:25000 do Cục Đo đạc Bản đồ và Bộ Tư lệnh Hải quân Quân đội nhân dân Việt Nam xuất bản. Những dữ liệu từ những mảnh bản đồ trên giấy và đã được quét vào máy tính và số hóa. Các dữ liệu chuyển thành các dạng số hóa lưu trên máy tính được xử lý và chỉnh biên thành hệ thống nhất từ các mảnh bản đồ rời rạc [17]. Từ số liệu sau khi đã được xử lý dùng xây dựng lưới tính và miền tính (Hình 2a). Khu vực nghiên cứu được thể hiện trường độ sâu sau khi đã xây dựng được lưới tính và miền tính (Hình 2b).

- Số liệu dùng cho các biên: là mực nước thủy triều được lấy từ mô hình phân tích hằng số điều hoà [18]; Số liệu sóng ngoài khơi tại điểm E được lấy từ mô hình toàn cầu WaveWatch III (Hình 2c) [19]. Số liệu sóng và mực nước tại trạm AWAC [20] và trạm Sơn Trà [21] là để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình Mike 21/3 couple (Hình 2d).

Để thuận lợi cho việc tính toán, mô phỏng các quá trình thủy–động lực ở vùng nghiên cứu, miền tính toán được mở rộng ra ngoài phía biển khoảng 50 km nhằm giảm sai số của biên ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng của mô hình. Toạ độ miền tính từ 15,7°N–16,6°N và 108,05°E–108,8°E.





**Hình 2.** Các điều kiện đầu vào và so sánh trong khu vực nghiên cứu: (a) Miền và lưới tính khu vực nghiên cứu; (b) Địa hình khu vực nghiên cứu; (c) Vị trí biên sóng; (d) Vị trí trạm hiệu chỉnh–kiểm định.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm

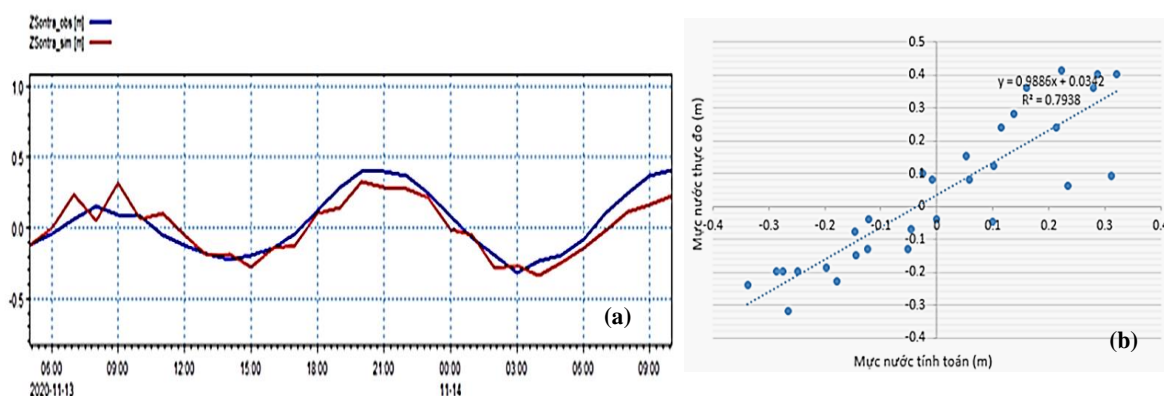
a) Kết quả hiệu chỉnh: Mô hình MIKE 21/3 Couple Model FM được thiết lập tính toán mô phỏng cho khu vực nghiên cứu vùng biển Đà Nẵng. Các dữ liệu sử dụng đánh giá hiệu chỉnh là:

- Thời gian hiệu chỉnh mực nước triều từ tháng 11/2020 (từ 13/11/2020–14/11/2020) tại trạm mực nước Sơn Trà (Hình 3);
- Thời gian hiệu chỉnh mô hình sóng tháng 5/2021 (từ 02/05/2021–09/05/2021) tại trạm AWAC (Hình 4).

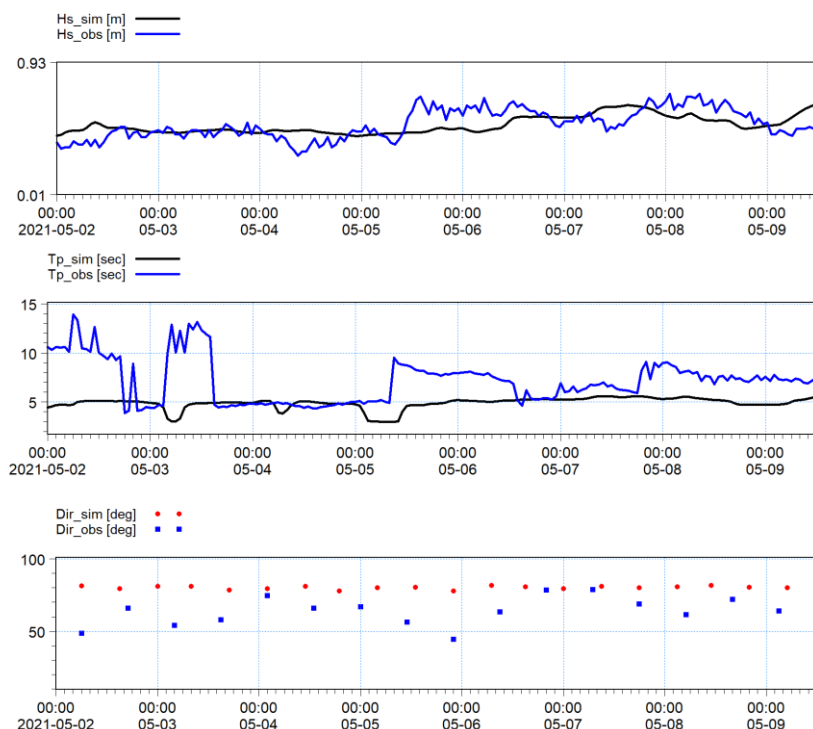
Kết quả hiệu chỉnh phản ánh tương đối chất lượng có độ đảm bảo chính xác tốt như thể hiện ở Bảng 1.

**Bảng 1.** Kết quả hiệu chỉnh mô hình Mô hình MIKE 21/3 Couple Model FM.

TT	Yếu tố	Hệ số Nash	Hệ số tương quan
1	Mực nước trạm Sơn Trà	0,762	0,7938
2	Sóng trạm đo AWAC	0,712	0,7653



**Hình 3.** Kết quả hiệu chỉnh mực nước giữa thực đo và tính toán tại trạm Sơn Trà từ 13/11/2020 đến 14/11/2020: (a) Biến trình mực nước (thực đo là đường xanh–tròn; tính toán là đường đỏ–không tròn); (b) Tương quan mực nước giữa thực đo và tính toán.



**Hình 4.** Kết quả hiệu chỉnh của đặc trưng sóng (Hs, Tp, Dir) thực đo và tính toán tại trạm AWAC từ 02/05/2021 đến 09/05/2021 (thực đo là đường màu xanh –không tròn; tính toán là đường màu đen–tròn).

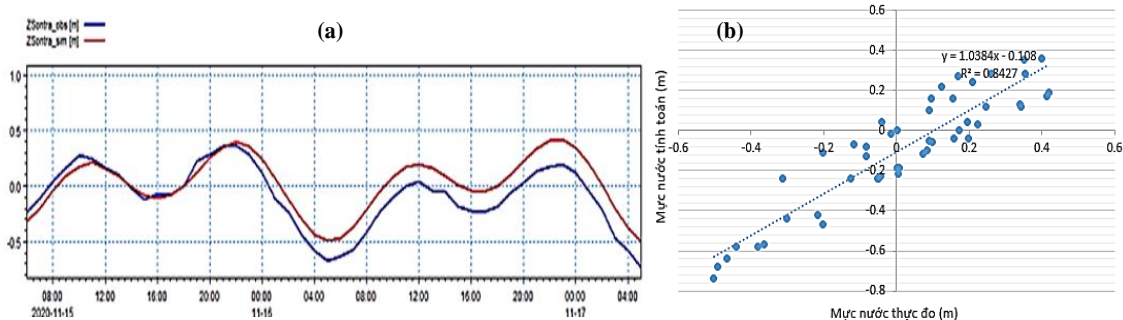
b) Kiểm định: Bộ thông mô hình sau khi được hiệu chỉnh sẽ được sử dụng để tính toán kiểm nghiệm như sau:

- Thời gian kiểm định mực nước triều từ tháng 11/2020 (từ 15/11/2021–17/11/2021) tại trạm mực nước Sơn Trà (Hình 5) ;
- Thời gian kiểm định mô hình sóng tháng 5/2021 (từ 19/5/2021–31/05/2021) tại trạm AWAC (Hình 6).

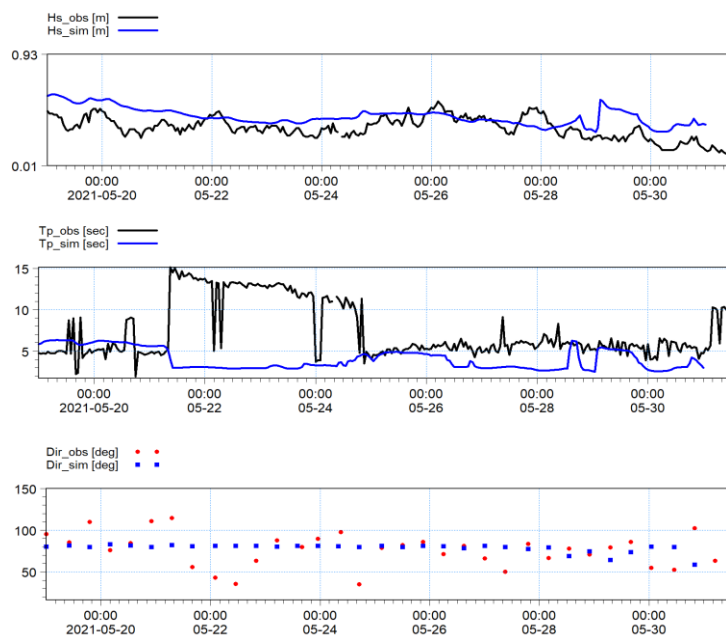
Kết quả kiểm nghiệm cho thấy tương đối chất lượng có độ đảm bảo chính xác tốt như thể hiện ở Bảng 2.

**Bảng 2.** Kết quả kiểm nghiệm mô hình Mô hình MIKE 21/3 Couple Model FM.

TT	Yếu tố	Hệ số Nash	Hệ số tương quan
1	Mực nước trạm Sơn Trà	0,795	0,8427
2	Sóng trạm đo AWAC	0,762	0,7945



**Hình 5.** Kết quả kiểm nghiệm mực nước giữa thực đo và tính toán tại trạm Sơn Trà từ 15/11/2020 đến 17/11/2020: (a) Biến trình mực nước (thực đo là đường xanh–tròn; tính toán là đường đỏ–không tròn); (b) Tương quan mực nước giữa thực đo và tính toán.



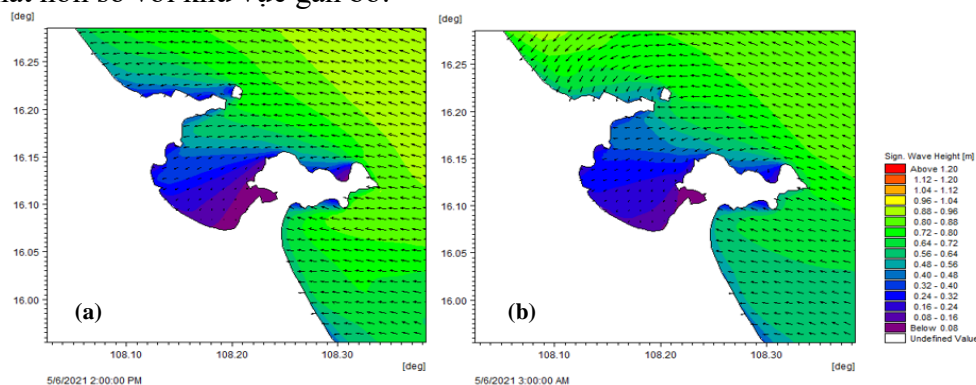
**Hình 6.** Kết quả kiểm nghiệm của đặc trưng sóng (Hs, Tp, Dir) thực đo và tính toán tại trạm AWAC từ 19/05/2021 đến 31/05/2021 (tính toán là đường màu xanh–không trơn; thực đo là đường màu đen–trơn).

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho kết quả tại điểm khảo khá tốt, như vậy có thể sử dụng bộ thông số của mô hình để tính toán chế độ thủy động lực cho khu vực bờ biển Đà Nẵng.

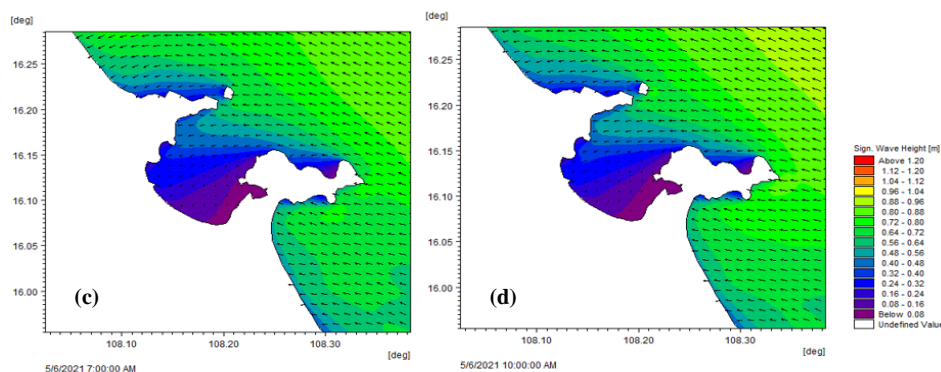
### 3.2. Kết quả tính toán trong mùa gió Tây Nam

Qua kết quả mô phỏng trường sóng cho thấy, vùng ven bờ biển Đà Nẵng chịu ảnh hưởng khá rõ rệt của thủy triều. Khu vực nghiên cứu có chế độ bán nhật triều không đều, mỗi ngày lên xuống 2 lần, biên độ dao động khoảng 0,6 m, lớn nhất đạt trên 1,4 m. Vào mùa gió mùa Tây Nam khu vực này hướng sóng chủ yếu là Nam, Đông Nam và Đông tác động chủ yếu đến khu vực (Hình 7). Trong đó hướng sóng Đông và Đông Nam là 2 hướng sóng chiếm tần suất khá lớn. Trong năm sóng có độ cao lớn thường tập trung vào mùa hè, lớn nhất vào tháng VII và IX. Và do hiện tượng khúc xạ sóng, khi tiến vào vùng nước nông, hướng sóng có khuynh hướng trực giao với đường đẳng sâu.

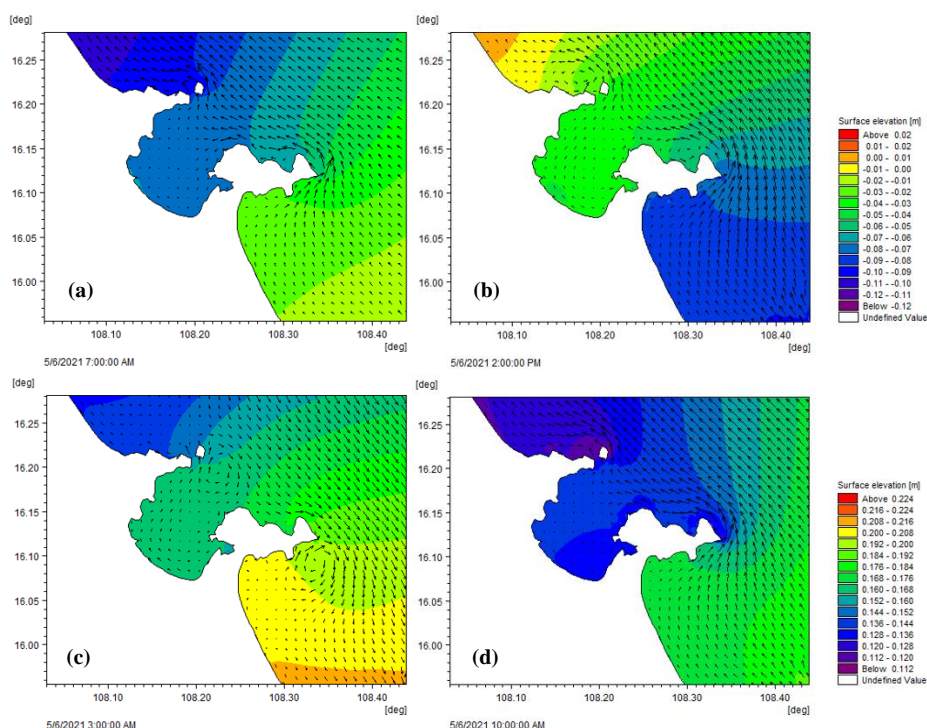
Về chiều cao sóng: Chiều cao sóng gió mùa Tây Nam bé hơn so với độ cao sóng trong mùa gió Đông Bắc, thậm chí có lúc chỉ bằng 1/2 so với GMĐB. Vào mùa hè, dòng chảy ven bờ nhìn chung có hướng từ Nam lên Bắc (Hình 8). Tuy nhiên do ảnh hưởng của hình thái đường bờ và địa hình đáy mà từng nơi xuất hiện các hướng chảy riêng biệt, có nơi dòng chảy lệch với hướng chủ đạo tạo nên các dòng chảy quần. Ở khu vực ngoài khơi, trường dòng chảy đồng nhất hơn so với khu vực gần bờ.







**Hình 7.** Kết quả mô phỏng trường sóng mùa gió Tây Nam: (a) Thời kỳ trường sóng lúc triều lên; (b) Thời kỳ Trường sóng lúc đỉnh triều; (c) Thời kỳ trường sóng lúc triều xuống; (d) Thời kỳ trường sóng lúc chân triều.



**Hình 8.** Kết quả mô phỏng trường dòng chảy mùa gió Tây Nam: (a) Thời kỳ trường dòng chảy lúc triều rút; (b) Thời kỳ Trường dòng chảy lúc triều lên; (c) Thời kỳ Trường dòng chảy lúc đỉnh triều; (d) Thời kỳ Trường dòng chảy lúc chân triều.

### 3.3. Kết quả tính toán gió mùa Đông Bắc

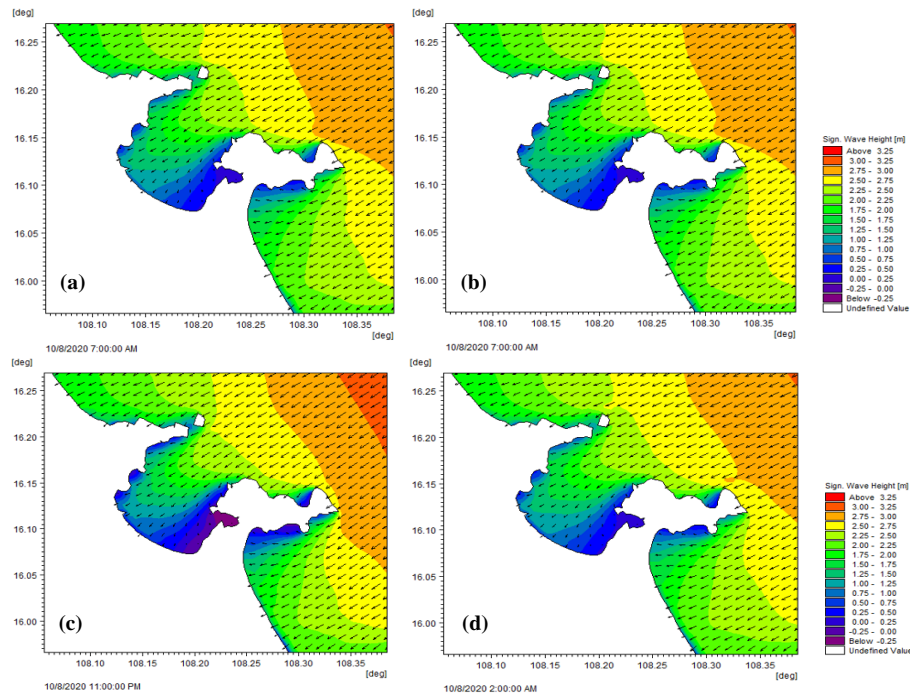
Qua kết quả mô phỏng cho thấy, vùng ven biển chịu ảnh hưởng khá nhiều của chế độ thủy triều. Trong một ngày, khi triều dâng sóng có khả năng tiến sát vào bờ và khi triều rút thì sóng ở cách bờ khá xa.

Hướng sóng ngoài khơi chủ yếu là hướng Đông, Đông–Đông Bắc và Đông Nam, nhưng chủ yếu là hướng Đông Bắc trùng với hướng gió mùa Đông Bắc (Hình 9). Do ảnh hưởng của hiện ứng khúc xạ sóng, các hướng sóng ngoài khơi có thể khác nhau nhưng khi tiến vào vùng nước nông, hướng sóng có khuynh hướng trực giao với đường đẳng sâu. Vì vậy sóng ở các khu vực gần bờ có hướng nằm trong cung Đông Đông Bắc–Đông–Đông Nam.

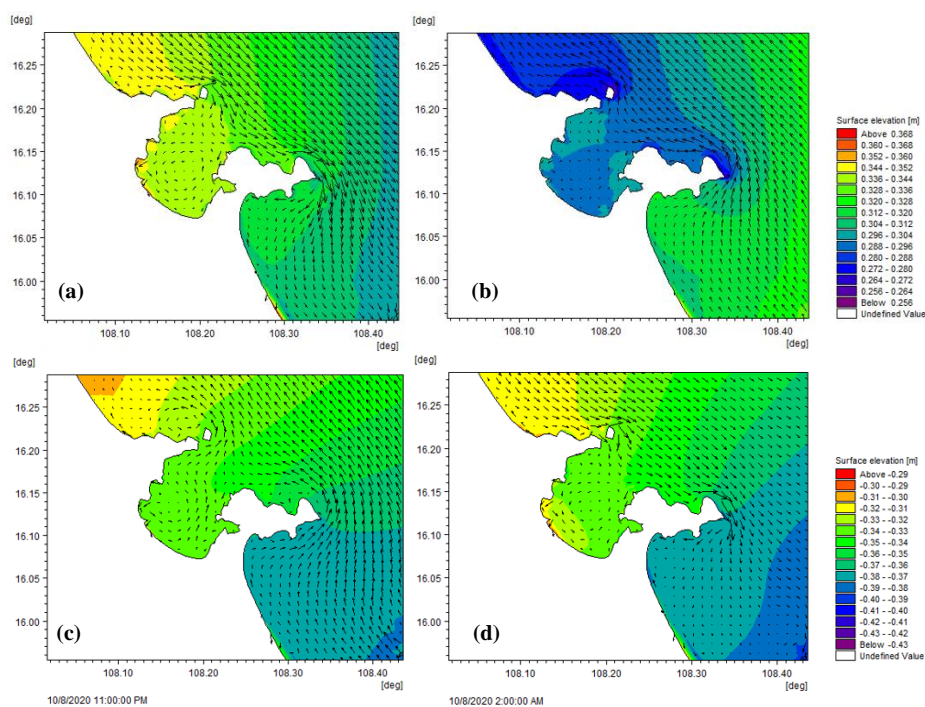
Chiều cao sóng gió mùa Đông Bắc cao hơn hẳn trong thời kỳ gió mùa Tây Nam, chiều cao sóng ngoài biển lớn nhất khoảng từ 2,6–3,0 m chiếm tần suất lớn và chiều cao sóng ven bờ từ 0,25–0,7 m là chủ yếu. Khi sóng ngoài biển truyền vào gần bờ, sóng bị biến dạng và

khúc xạ, độ cao sóng giảm dần từ ngoài khơi vào khu vực gần bờ do hiệu ứng sóng vỡ và ma sát đáy khá lớn.

Vào mùa đông, dòng chảy ven bờ nhìn chung có hướng từ Bắc xuống Nam (Hình 10). Tuy nhiên, tương tự như mùa hè, do ảnh hưởng của hình thái đường bờ và địa hình đáy mà từng nơi xuất hiện các hướng chảy riêng biệt, có nơi dòng chảy lệch với hướng chủ đạo tạo nên các dòng chảy hoàn lưu. Ở khu vực ngoài khơi, trường dòng chảy đồng nhất hơn so với khu vực gần bờ.



**Hình 9.** Kết quả mô phỏng trường sóng mùa gió Đông Bắc: a) Thời kỳ Trường sóng lúc triều lên; b) Thời kỳ Trường sóng lúc đỉnh triều; c) Thời kỳ Trường sóng lúc triều xuống; d) Thời kỳ Trường sóng lúc chân triều.



**Hình 10.** Kết quả mô phỏng trường dòng chảy mùa gió Đông Bắc: a) Thời kỳ Trường dòng chảy lúc triều lên; b) Thời kỳ Trường dòng chảy lúc đỉnh triều; c) Thời kỳ Trường dòng chảy lúc triều xuống; d) Thời kỳ Trường dòng chảy lúc chân triều.

#### 4. Kết luận

Bộ mô hình MIKE, trong đó có mô hình MIKE 21/3 COUPLED MODEL FM là một công cụ mạnh trong việc tính toán, mô phỏng dòng chảy 2 chiều trong đó có sự tương tác giữa yếu tố sóng và dòng chảy bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

Kết quả nghiên cứu thông qua quá trình mô phỏng thủy động lực (sóng, dòng chảy và mực nước) đã được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm dựa trên số liệu quan trắc đo đạc thực tế tháng 5/2021 cho thấy độ độ chính xác tương đối tốt phổ biến trên 70% với sóng và trên 75% với mực nước. Từ đó, các kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực từ mô hình MIKE 21/3 Couple Model FM cho thấy yếu tố sóng và dòng chảy thể hiện được tính chất gió mùa Đông Bắc và Tây Nam theo sự biến động thay đổi của thủy triều khá rõ. Bên cạnh đó, hiệu ứng tác động của địa hình và đường bờ lên chế độ thủy động lực cũng được thể hiện phần nào trong khu vực nghiên cứu. Ngoài ra, sự giao thoa giữa sóng và dòng chảy tạo nên những dòng chảy hoàn lưu theo các quy mô lớn nhỏ khác nhau tùy vào thời kỳ con nước ở khu vực cửa sông và bán đảo Sơn Trà.

Do vậy, đây chỉ là kết quả sơ bộ do lưới tính vẫn chưa thể hiện được các đặc trưng ven bờ và đặc biệt là sự tham gia của các cửa sông; thời gian hiệu chỉnh và kiểm nghiệm vẫn còn hạn chế chưa dài. Nên khu vực này vẫn cần có những nghiên cứu cụ thể và sâu hơn để thể hiện lột tả được bức tranh tổng thể hơn và ứng dụng cho các vấn đề liên quan khác. Nhìn chung, kết quả này có thể làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo về thủy động lực ba triều, hệ thống hoàn lưu ven bờ (dòng RIP), vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình, bài toán ô nhiễm môi trường, sinh thái,.....

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

**Lời cảm ơn:** Tác giả xin chân thành cảm ơn đề tài cơ sở cấp Viện địa lý “nghiên cứu ứng dụng mô hình số trị phục vụ đánh giá chế độ thủy động lực (sóng, dòng chảy, thủy triều) khu vực ven biển tp. Đà Nẵng trong điều kiện biến đổi khí hậu và nước biển dâng” do ThS. Hoàng Thái Bình làm chủ nhiệm, Viện Địa lý – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam là cơ quan chủ trì đã hỗ trợ, cung cấp cơ sở dữ liệu 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 sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### Tài liệu tham khảo

1. Đăng, V.H. và cs. Nghiên cứu đặc trưng thủy thực động lực trong mùa gió đông bắc tại vùng biển Cô Tô bằng mô hình MIKE 21/3 FM Couple. *Tạp chí Khí tượng thủy văn* **2013**, 634, 28–33.
2. Tiến, N.N. Ứng dụng mô hình MIKE 21/3 FM Couple nghiên cứu quá trình vận chuyển trầm tích tại vịnh Cam Ranh. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2014**, 14 3, 129–137.
3. Chính P. Đ và cs Ứng dụng mô hình MIK 21/3 Couple mô phỏng chế độ thủy động lực vùng cửa sông Đà Nẵng. *Tạp chí khoa học Biến đổi khí hậu* **2020**, 13, 20–30.
4. Hồng, N.V.; Hoàng, T.T.; Vi, V.T.T.; Linh, H.T.M. Nghiên cứu tính toán dòng chảy khu vực cửa sông Cồ Chiên bằng mô hình MIK 21 FM. *Tạp chí Khí tượng thủy văn* **2016**, 666, 21–35.
5. Thái, T.H. Ứng dụng mô hình MIKE 21 FM mô phỏng chất lượng nước khu vực ven biển Đình Vũ. *Tạp chí Phát triển KH&CN* **2017**, 20, 282–292.

6. Toàn, H.C.; Linh, H.T.M.; Hoàng, T.T.; Hải, C.T.; Đông, N.P.; Quý, P.T.D.; Anh, N.T.; Long, P.T. Nghiên cứu đánh giá khả năng dự báo sóng băng mô hình 2D. *Tap chí Khí tượng thủy văn* **2019**, 708, 75–82.
7. Châm, Đ.Đ. và cs. Nghiên cứu diễn biến vùng ven biển cửa sông Nhật Lệ, tỉnh Quảng Bình phục vụ thoát lũ và giao thông thủy trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, 2017.
8. Châm, Đ.Đ. và cs. Nghiên cứu đánh giá các yếu tố thủy thạch động lực ảnh hưởng đến các quá trình bồi, xói vùng cửa sông, ven bờ từ Quảng Nam đến Phú Yên trong điều kiện biến đổi khí hậu, nước biển dâng. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước KC.09.03/16–20, Hà Nội, 2020.
9. Giang, N.T. và cs. Nghiên cứu cơ sở khoa học để xác định cơ chế bồi lấp, sạt lở và đề xuất các giải pháp ổn định các cửa sông Đà Diễn và Đà Nông tỉnh Phú Yên phục vụ phát triển bền vững cơ sở hạ tầng và kinh tế xã hội. Báo cáo TKĐT cấp Nhà nước, Trường ĐHKHTN, ĐHQGHN, Hà Nội, 2019.
10. Hùng, N. T. và cs. Nghiên cứu quá trình xói lở, bồi tụ dải bờ biển, cửa sông từ Quảng Bình đến Thừa Thiên–Huế, có xét tới ảnh hưởng của các tác động từ thượng nguồn và đề xuất giải pháp ổn định. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước, Phòng TNTĐQG về Động lực học sông – biển, Hà Nội, 2020.
11. Hùng N. T. và cs. Quan trắc, khảo sát, đánh giá, xác định nguyên nhân gây ra sự cô đặc kè biển của tỉnh (khu vực kè bãi tắm Quất Lâm huyện Giao Thủy, khu vực kè Cồn Tròn – Hải Thịnh huyện Hải Hậu, kè khu vực sinh thái Rạng Đông, huyện Nghĩa Hưng), Báo cáo đề tài nhánh, Phòng TNTĐQG về Động lực học sông – biển, Hà Nội, 2020.
12. Bình, H.T. Xác định hành lang thoát lũ trên sông vùng hạ du Vu Gia–Thu Bồn khi hệ thống công trình thủy điện ở thượng du đi vào vận hành trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Viện Hàn lâm và Khoa học Việt Nam, Hà Nội, 2017.
13. Bình, B.Q.; Đức, Đ.Đ. Phát triển kinh tế thành phố Đà Nẵng. *Tap chí Khoa học Đại học Huế: Kinh tế và Phát triển* **2018**, 127(5A), 105–117.
14. Nga, T.T.; Phát, N.T. Đánh giá ảnh hưởng của đô thị hóa đến tình hình ngập lụt lưu vực sông Cu Đê–Thành phố Đà Nẵng. *Tap chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2020**, 71, 101–108.
15. [https://danang.gov.vn/web/guest/gop-y-do-an/chi-tiet?id=3009&\\_c=94677463](https://danang.gov.vn/web/guest/gop-y-do-an/chi-tiet?id=3009&_c=94677463)
16. DHI–MIKE 21/3 Couple Model FM, User Guide. DHI, 2014.
17. Huân N. M.; Trinh N. Q. Quy chuẩn hệ cao độ phục vụ lồng ghép bản đồ lục địa và bản đồ biển. *Tap chí Khí tượng thủy văn* **2009**, 582, 19–26.
18. <https://dhi.com> (2014). MIKE 21 TOOLBOX, User Guide.
19. [https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/NWW3\\_Global\\_Best.html](https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/NWW3_Global_Best.html)
20. Trung Tâm Động Lực Học Thủy Khí Môi Trường. Số liệu khảo sát thực địa tháng 05/2021. 2021.
21. Trinh, N.Q. Dự tính thủy triều trạm Sơn Trà năm 2021.

## **Research on integrated hydrodynamic processes (waves, currents and water levels) by MIKE 21/3 coupled with FM model in the Da Nang coastal zone**

**Hoang Thai Binh<sup>1</sup>, Dao Dinh Cham<sup>1,2</sup>, Dao Thi Thao<sup>1</sup>, Le Duc Hanh<sup>1</sup>, Nguyen Thai Son<sup>1</sup>, Nguyen Minh Huan<sup>3</sup>, Nguyen Quoc Trinh<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Geography, Viet nam Academy of Science and Technology (VAST), Viet Nam; hoangthaibinh@yahoo.com; chamvdl@gmail.com; thaodt010@wru.vn; hanhvdl@gmail.com; nguyenthaison99@gmail.com; maitrinhhinh@gmail.com

<sup>2</sup> Graduate University of Science and Technology, Viet nam Academy of Science and Technology (VAST), Viet Nam; chamvdl@gmail.com; maitrinhhinh@gmail.com

<sup>3</sup> University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam; nmhuan61@gmail.com

**Abstract:** This paper solves the two-dimensional problem of integrated hydrodynamic regimes (waves, currents and water levels) in the Da Nang coastal zone using MIKE 21/3 Couple Model FM of the DHI. This is a modern model that has been strongly applied in research in Vietnam and many countries others. The model has been calibrated and verified with field survey data and Son Tra station (May 2021) to find a suitable set of parameters for the Nash index and the corresponding index which results in over 70% of the correction and 75% of the test. This study uses it to simulate the hydrodynamic regime in the Da Nang coastal zone, which fluctuates with the southwest and the northeast monsoon. The hydrodynamic regime features also show clear seasonality and the formation of coastal circulations with different large and small scales depending on the time. In general, this result can serve as a basis for further studies on three dimensional hydrodynamics, coastal circulation system (RIP current), sediment transport and topographic change, environmental pollution, ecology.

**Keywords:** MIKE 21/3 Couple Model FM; Simulation; Hydrodynamics, Da Nang.

Bài báo khoa học

## Đánh giá và dự báo chất lượng nước các kênh, rạch, sông, suối trên địa bàn tỉnh Bình Dương

Nguyễn Đức Thiện<sup>1</sup>, Trần Đức Dũng<sup>1\*</sup>, Nguyễn Thế Tùng Lâm<sup>2</sup>, Nguyễn Quốc Quân<sup>1</sup>, Phạm Đặng Mạnh Hồng Luân<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trung tâm Quản lý Nước và Biến đổi khí hậu – Viện Môi trường và Tài nguyên – Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh; thienduc295@gmail.com; dungtranducvn@yahoo.com; quocquannguyen1987@gmail.com; hongluanosgeo@gmail.com

<sup>2</sup> Trung tâm Quan trắc Kỹ thuật Tài nguyên Môi trường Bình Dương (BREM); lambk2000@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: dungtranducvn@yahoo.com; Tel.: +84–902007905

Ban Biên tập nhận bài: 08/12/2021; Ngày phản biện xong: 04/01/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

**Tóm tắt:** Chất lượng nước tại các kênh, rạch sông, suối dưới tác động của phát triển công nghiệp và đô thị hóa là một trong những vấn đề cần được quan tâm trong việc quản lý tài nguyên nước tại địa bàn tỉnh Bình Dương. Nghiên cứu thực hiện đánh giá chất lượng nước tại 26 lưu vực sông, suối và kênh rạch tỉnh Bình Dương cho cái nhìn tổng quát về tình hình chất lượng nước và dự báo chất lượng nước thay đổi trong tương lai qua kịch bản xả thải năm 2025. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mực nước khá tốt với NSE và  $R^2$  trên 0,7 đồng thời kết quả hiệu chỉnh nồng độ mặn tạm chấp nhận với NSE và  $R^2$  trên 0,5. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho chất lượng nước (BOD, COD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) cho phần trăm sai số so với thực tế dưới 25%. Nghiên cứu thực hiện mô phỏng chất lượng nước theo các kịch bản với kết luận nhiều lưu vực vượt ngưỡng nồng độ cho phép theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT cột B1 đặc biệt là các lưu vực nằm gần khu công nghiệp, khu đô thị và một số vùng nông nghiệp chăn nuôi lớn. Chỉ số chất lượng nước (WQI) được tính toán bằng các kết quả trích xuất từ mô hình MIKE 11 cho phép đánh giá rõ hơn về phân vùng ô nhiễm của tỉnh Bình Dương.

**Từ khóa:** MIKE 11; Ecolab; Chất lượng nước; WQI; Lưu vực.

### 1. Mở đầu

Bình Dương là một tỉnh có tốc độ phát triển kinh tế cao so với cả nước và khu vực [1]. Với sự phát triển của công nghiệp và gia tăng dân số, nhiều lưu vực đã có các vấn đề trong việc quản lý chất lượng nước khi nồng độ tải lượng thải ngày một tăng nhưng khả năng tự làm sạch của lưu vực có giới hạn. Kết quả lấy mẫu phân tích vào ngày 14/4/2020 cho thấy, chất lượng nước kênh Ba Bò như sau: Thượng nguồn hàm lượng chất hoạt động bề mặt 4,2 mg/l, vượt quy chuẩn 8,4 lần [2]. Ngày 8/4/2020, chỉ sau một trận mưa đầu mùa, suối Chợ chảy từ KCN Đại Đăng xuống P. Tân Phước Khánh, TX. Tân Uyên bỗng nổi đầy bọt trắng. Bọt lấp đầy dòng suối kèm theo mùi hôi khiến người dân hoang mang. Theo Sở TNMT Bình Dương, qua lấy mẫu nước xét nghiệm, con suối này bị ô nhiễm hàm lượng BOD vượt 127 lần, COD vượt 123 lần...[3]. Trước tình hình chất lượng nước diễn ra khá phức tạp, việc đánh giá hiện trạng cũng như dự báo ảnh hưởng của nồng độ các chất ô nhiễm tại các lưu vực địa bàn tỉnh Bình Dương là cần thiết. Hiện nay, phương pháp mô hình hóa được ứng dụng rộng rãi trong mô phỏng quá

trình lan truyền nồng độ các chất trên nhiều hệ thống sông suối. Đã có nhiều nghiên cứu ngoài nước ứng dụng mô hình MIKE 11 để mô phỏng lưu lượng và chất lượng nước [4, 7]. Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu cũng đã ứng dụng mô hình MIKE 11 trong việc đánh giá, dự báo và quản lý chất lượng nước [8, 11]. Trên thực tế, đã có các nghiên cứu đánh giá chất lượng nước tại các lưu vực tỉnh Bình Dương [12, 15], tuy nhiên, phạm vi nghiên cứu còn nhỏ lẻ chưa cho thấy được bức tranh tổng quan về tình hình chất lượng nước của cả tỉnh. Ngoài ra, MIKE 11 còn có các ưu điểm như giao diện dễ dùng, tích hợp hệ thống thông tin địa lý GIS truy xuất dữ liệu dễ dàng, quá trình lập mô hình nhanh. Vì vậy nghiên cứu sử dụng bộ mô hình MIKE 11 với module HD, AD và Ecolab để mô phỏng và dự báo nồng độ các chất (BOD, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) tại 26 lưu vực của Bình Dương. Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá chất lượng nước mùa mưa và mùa khô cho hiện trạng và năm 2025 tại 26 sông, suối, kênh rạch tỉnh Bình Dương. Kết quả của nghiên cứu sẽ cung cấp thông tin phục vụ cho quản lý tài nguyên và chất lượng nước của Bình Dương.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

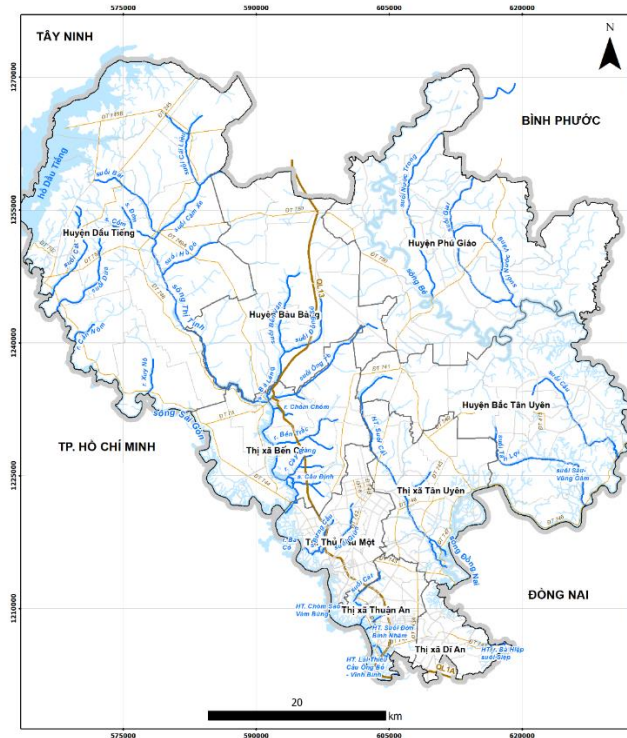
### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Bình Dương là tỉnh thuộc miền Đông Nam bộ, nằm trong Vùng kinh tế trọng điểm phía Nam [16]. Diện tích tự nhiên 2.694,64 km<sup>2</sup> (chiếm 0,83% diện tích cả nước và xếp thứ 42/61 về diện tích tự nhiên), có tọa độ địa lý nằm trong 11°52'–12°18' vĩ độ Bắc và 106°45'–107°67'30" kinh độ Đông (Hình 1). Tỉnh Bình Dương có 9 đơn vị hành chính cấp huyện, bao gồm 3 thành phố (Thủ Dầu Một, Dĩ An, Thuận An), 2 thị xã (Bến Cát và Tân Uyên) và 4 huyện (Bàu Bàng, Bắc Tân Uyên, Dầu Tiếng, Phú Giáo) với 91 đơn vị hành chính cấp xã, bao gồm 45 phường, 4 thị trấn và 42 xã. Dân số của tỉnh là 1.995.817 người, mật độ dân số là 741 người/km<sup>2</sup>.

Bình Dương nằm trong vùng có khí hậu nhiệt đới gió mùa, mang tính chất cận xích đạo. Trong năm có hai mùa, mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11, mùa khô từ tháng 12 đến tháng 5 năm sau. Nhiệt độ bình quân hàng năm từ 24–28°C. Lượng bốc hơi trung bình nhiều năm đạt 1.200 đến 1.400mm. Tổng lượng mưa trung bình từ 1.614 đến 2.147mm/năm [17]. Bình Dương có hệ thống sông ngòi với nhiều kênh rạch, sông nhánh với các con sông lớn chảy qua địa bàn tỉnh như sông Đồng Nai, sông Sài Gòn và sông Bé. Trong phạm vi tỉnh Bình Dương có 3 dạng địa hình sau: Địa hình đồi núi thấp, Địa hình đồng bằng cao tích tụ và xâm thực tích tụ, Đồng bằng thấp tích tụ ven sông rạch. Tỉnh có các vùng đất đỏ thuận lợi cho trồng cây cao su và cà phê; vùng đồng bằng sông bồi đắp, nơi có nhiều ruộng lúa và vườn cây ăn trái.

Bình Dương có 33 KCN với tổng diện tích quy hoạch 14.790 ha. Trong 05 năm qua (2016–2020), tỉnh đã thành lập mới và mở rộng 04 KCN với diện tích 1.400 ha, điều chỉnh giảm quy mô 05 KCN với diện tích 243 ha. Tính đến tháng 6/2020, tỉnh có 29 KCN với tổng diện tích quy hoạch 12.721 ha, chiếm 9% về số lượng và 13% về diện tích KCN cả nước [18]. Về cơ cấu nền kinh tế năm 2020, khu vực nông, lâm nghiệp và thủy sản chiếm tỷ trọng 3,23%; khu vực công nghiệp và xây dựng chiếm 65,97%; khu vực dịch vụ chiếm 22,69%; thuế sản phẩm trừ trợ cấp sản phẩm chiếm 8,11%. GRDP bình quân đầu người đạt 150,1 triệu đồng/năm.

Tổng Thư ký Hội Bảo vệ thiên nhiên và Môi trường Việt Nam cho biết nguồn gây ô nhiễm chủ đạo là nước thải sinh hoạt và công nghiệp. Vấn đề ô nhiễm sông Đồng Nai hiện quá nguy cấp nhưng 11 tỉnh, thành trong lưu vực hiện nay chỉ Bình Dương và TP HCM có nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt nhưng cũng xử lý được phần rất nhỏ [19].



**Hình 1.** Bản đồ khu vực nghiên cứu.

## 2.2. Phương pháp mô hình hóa

MIKE 11 là phần mềm được phát triển bởi Viện Nghiên cứu Thủy lực Đan Mạch (DHI), cung cấp các công cụ động lực học một chiều nhằm phân tích động thái dòng chảy trên một hệ thống sông và kênh rạch từ đơn giản đến phức tạp [20]. 5 mô-đun chính của phần mềm bao gồm: mô-đun thủy động lực học; mô-đun truyền tải khuếch tán; mô-đun dự báo lũ; mô-đun vận chuyển bùn cát; và mô-đun chất lượng nước. Mô-đun thủy động lực (HD) là hạt nhân của hệ thống mô hình MIKE 11 và là cơ sở cho hầu hết các mô-đun bao gồm: dự báo lũ, tải khuếch tán, chất lượng nước và các mô-đun vận chuyển bùn cát. Mô-đun thủy lực của MIKE 11 giải các phương trình tổng hợp theo phương dòng chảy để đảm bảo tính liên tục và bảo toàn động lượng (hệ phương trình Saint-Venant) hệ phương trình này gồm [21]:

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{AC^2R} = 0 \quad (2)$$

Trong đó Q là lưu lượng dòng chảy ( $m^3/s$ ); A là diện tích mặt cắt ướt ( $m^2$ ); q là lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông ( $m^2/s$ ); C là hệ số cản Chezy; R là bán kính thủy lực (m); h là độ sâu dòng chảy (m);  $\alpha$  là hệ số hiệu chỉnh động năng.

Mô-đun truyền tải khuếch tán (AD) được dùng để mô phỏng vận chuyển một chiều của chất huyền phù hoặc hoà tan (phân huỷ) trong các lòng dẫn hở dựa trên phương trình để trữ tích lũy với giả thiết các chất này được hoà tan trộn lẫn, nghĩa là không có thay đổi hay biến động trong cùng mặt cắt và dòng chảy không phân tầng (đồng đẳng) [21].

Phương trình truyền tải-khuếch tán:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left( AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2q \quad (3)$$

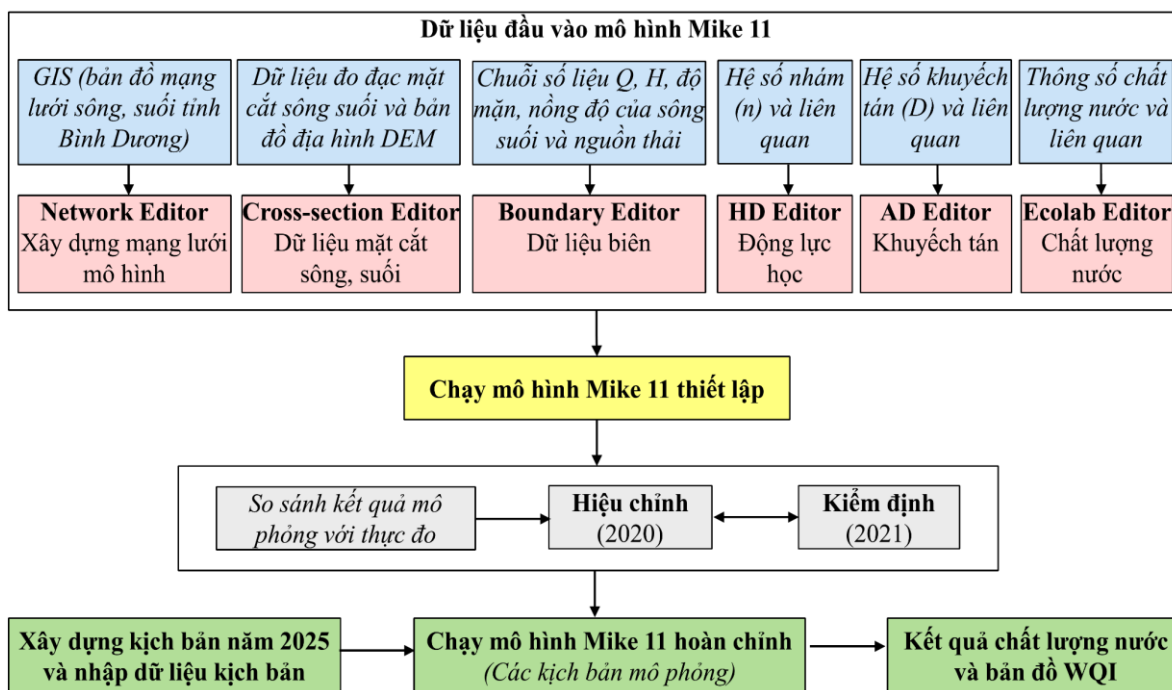


Trong đó A là diện tích mặt cắt ướt ( $m^2$ ); C là nồng độ chất ( $kg/m^3$  hay  $g/l$ ); D là hệ số khuếch tán ( $m^2/s$ ); q là lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông ( $m^2/s$ );  $C_2$  là nồng độ nguồn bổ sung ( $kg/m^2$  hay  $g/l$ ); K là hệ số phân hủy sinh học.

Mô đun sinh thái (Ecolab) trong mô hình MIKE 11 giải quyết khía cạnh chất lượng nước trong sông tại những vùng bị ảnh hưởng bởi các hoạt động dân sinh kinh tế... Mô đun này phải được đi kèm với mô đun tải-khuếch tán (AD), điều này có nghĩa là mô đun chất lượng nước giải quyết các quá trình biến đổi sinh học của các hợp chất trong sông còn mô đun tải-khuếch tán (AD) được dùng để mô phỏng quá trình truyền tải khuếch tán của các hợp chất đó.

### 2.3. Thiết lập mô hình

Các công việc chính để xây dựng mô hình thủy lực tính toán mô phỏng chất lượng nước được phân chia thành 9 bước chính được thực hiện: Bước 1: Xây dựng mạng lưới mô hình (Network Editor) dựa trên bản đồ sông suối chính của khu vực nghiên cứu. Bước 2: Nhập dữ liệu mặt cắt sông suối (Cross-section Editor). Bước 3: Xác định biên đầu vào cho mạng lưới tính toán và nhập biên (Boundary Editor). Bước 4: Tính toán và nhập thông số modul động lực học (HD Editor). Bước 5: Tính toán và nhập thông số modul khuếch tán (AD Editor). Bước 6: Tính toán và nhập thông số modul chất lượng nước (Ecolab Editor). Bước 7: Hiệu chỉnh giai đoạn 2020. Bước 8: Kiểm định giai đoạn 2021. Bước 9: Mô phỏng chất lượng nước các kịch bản năm 2025H và 2025A.

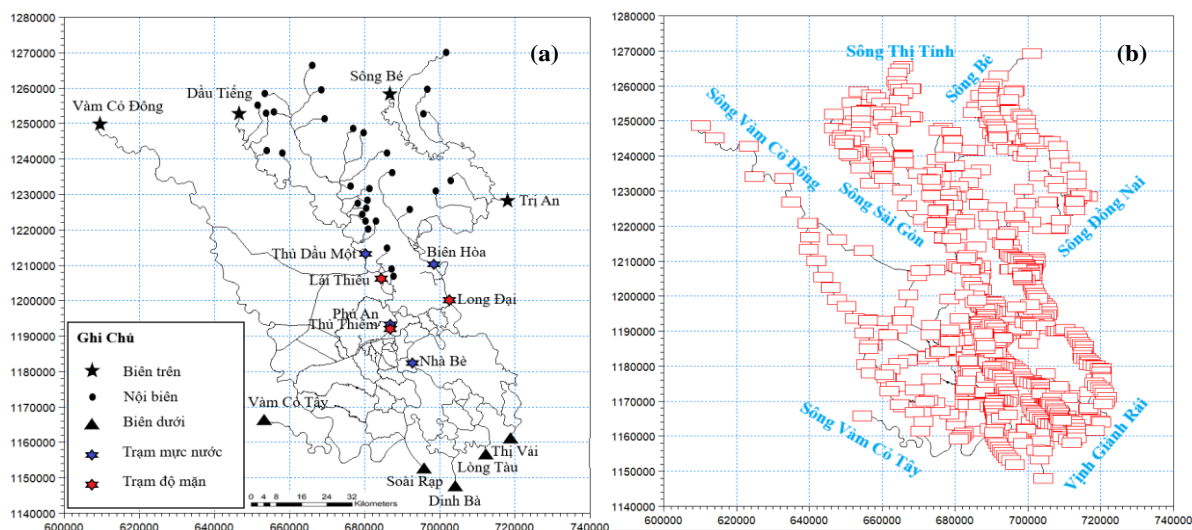


Hình 2. Quy trình thiết lập mô hình.

Mô hình thủy lực xây dựng bao gồm: 8808 Điểm kết nối, 112 nhánh sông, kênh, 1121 mặt cắt, 53 biên, các thông số AD, HD, và Ecolab. Thời gian chạy hiệu chỉnh và kiểm định mực nước bao gồm: mùa mưa tháng 10/2020 và mùa khô tháng 4/2021 tại 4 trạm Biên Hòa, Thủ Dầu Một, Nhà Bè, Phú An. Thời gian chạy hiệu chỉnh mặn vào mùa khô tháng 4/2021 tại 3 trạm Lái Thiêu, Long Đại, Thủ Thiêm.

Mạng lưới sông suối được xây dựng với các biên sau: Biên trên gồm dữ liệu chất lượng nước C = 0, độ mặn S = 0, H tại Vàm Cỏ Đông, Sông Bé và Q xả tại Dầu Tiếng, Trị An. Nội biên gồm dữ liệu chất lượng nước mặt, nồng độ và lưu lượng thải, độ mặn S = 0, Q tại 26 sông, suối, kênh, rạch tỉnh Bình Dương. Biên dưới gồm dữ liệu chất lượng nước C = 0, độ mặn, H tại các trạm Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải, Vàm Cỏ Tây.

Hình 3a trình bày vị trí các biên và các trạm hiệu chỉnh. Hình 3b trình bày số lượng mặt cắt của nghiên cứu. Dữ liệu thu thập cung cấp số liệu đầu vào cho mô hình mô phỏng chất lượng nước. Số liệu nguồn xả thải tại 26 lưu vực bao gồm nguồn điểm (2190 cơ sở công nghiệp có lưu lượng thải từ 5 m<sup>3</sup>/ngày đêm trở lên) và nguồn diện (sinh hoạt, chăn nuôi, trồng trọt và nước mưa chảy tràn). Dữ liệu chất lượng nước mặt được thu thập dựa trên 11 thông số đánh giá: Nhiệt độ, pH, độ đục, TSS, DO, COD, BOD, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Coliform. Có 5 thông số được hiệu chỉnh – kiểm định mô hình trong bài nghiên cứu này: COD, BOD, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.



Hình 3. (a) Vị trí biên và trạm hiệu chỉnh; (b) Mặt cắt của nghiên cứu.

Danh sách 26 sông suối thuộc địa bàn tỉnh Bình Dương: Suối Cầm Xe, Rạch Xuy Nô, Hệ thống (HT) suối Bến Ván–Đông Sở–Bà Lãng–Ông Tề, Rạch Chòm Chòm, HT rạch Cây Bàng–suối Tân Định–Suối Cầu Định, Sông Thị Tinh, Suối Nước Trong, Suối Giai, Suối Tân Lợi–Vũng Gấm–suối Sâu, Hệ thống suối Giữa–Bung Cầu–rạch Bà Cô, Suối Cát (Bà Lụa), Hệ thống rạch Lái Thiêu–Vĩnh Bình, Hệ thống Chòm Sao–rạch Vàm Búng, Hệ thống Suối Đờn – rạch Bình Nhâm, Hệ thống Suối Cái, HT Rạch Bà Hiệp–Suối Siệp, Suối Cát (Dầu Tiếng), Suối Dứa, Suối nước vàng, Rạch Cầm Nôm, Suối Cầu, Suối Cái Liêu, Suối Bát, Suối Côm, Rạch Bến Trắc, Suối Hồ Đỏ.

#### 2.4. Đánh giá hiệu quả mô phỏng của mô hình

Độ chính xác của các mô hình thủy lực và khuếch tán được đánh giá thông qua chỉ số hiệu quả Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) [22] và hệ số tương quan (R<sup>2</sup>) [23], trong đó, khi NSE và R<sub>2</sub> càng tiến đến 1 thì độ chính xác của các kết quả đạt được càng cao. Phần trăm sai số (PBIAS) [24] được áp dụng cho đánh giá chất lượng nước, kết quả sai số càng tiến đến 0 thì độ chính xác càng tốt.

#### 2.5. Kích bản xả thải

Nhóm nghiên cứu chạy mô hình theo kịch bản vào mùa mưa (tháng 10) và mùa khô (tháng 4):

KB2025H: Kịch bản xả thải cao năm 2025 tính theo điều kiện phát triển thực tế có thể đạt được, các nguồn thải bao gồm sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt và chăn nuôi tính theo năm 2025 tăng 10% lưu lượng so với hiện tại. Nước mưa chảy tràn không thay đổi.

KB2025A: Kịch bản xả thải thấp năm 2025 tính theo quy hoạch kinh tế xã hội đã được phê duyệt, các nguồn thải bao gồm sinh hoạt, công nghiệp, trồng trọt và chăn nuôi tính theo năm 2025 tăng 10% lưu lượng so với hiện tại (như KB2025H), tuy nhiên nồng độ BOD, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> giảm 10% so với hiện tại. Nước mưa chảy tràn không thay đổi.

### 2.6. Chỉ số chất lượng nước (WQI)

Chỉ số chất lượng nước (viết tắt là WQI) là một chỉ số được tính toán từ các thông số quan trắc chất lượng nước, dùng để mô tả định lượng về chất lượng nước và khả năng sử dụng của nguồn nước đó; được biểu diễn qua một thang điểm [25]. Theo Quyết định 1460/QĐ-TCMT, các thông số được sử dụng để tính WQI được chia thành 05 nhóm (I, II, III, IV, V), trong bài nghiên cứu này, WQI tính toán theo nhóm IV (nhóm thông số hữu cơ và dinh dưỡng): bao gồm các thông số DO, BOD<sub>5</sub>, COD, TOC, N- NH<sub>4</sub>, N- NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, P- PO<sub>4</sub> với công thức:

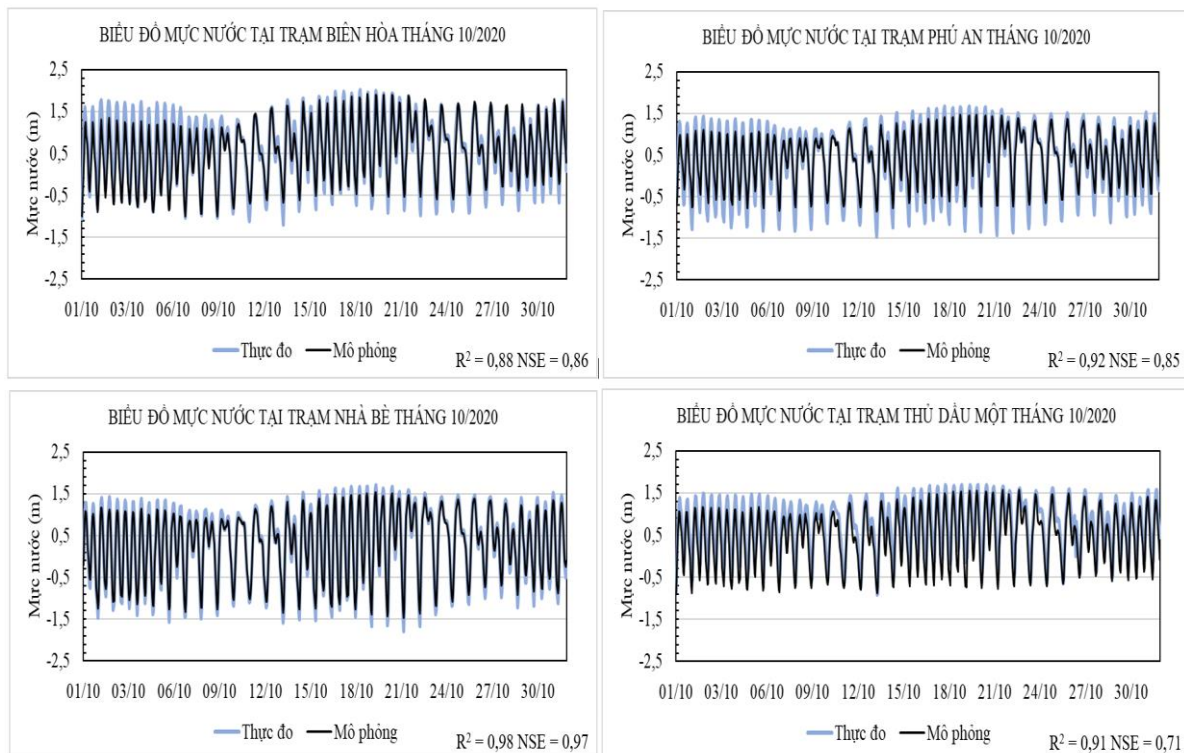
$$WQI_{SI} = \frac{q_i - q_{i+1}}{BP_{i+1} - BP_i} (BP_{i+1} - C_p) + q_{i+1} \quad (4)$$

Trong đó BP<sub>i</sub> là nồng độ giới hạn dưới của giá trị thông số quan trắc, BP<sub>i+1</sub> là nồng độ giới hạn trên của giá trị thông số quan trắc được quy định, q<sub>i</sub> là giá trị WQI ở mức i tương ứng với giá trị BP<sub>i</sub>, q<sub>i+1</sub> là giá trị WQI ở mức i+1 tương ứng với giá trị BP<sub>i+1</sub>, C<sub>p</sub> là Giá trị của thông số quan trắc được đưa vào tính toán.

## 3. Kết quả và thảo luận

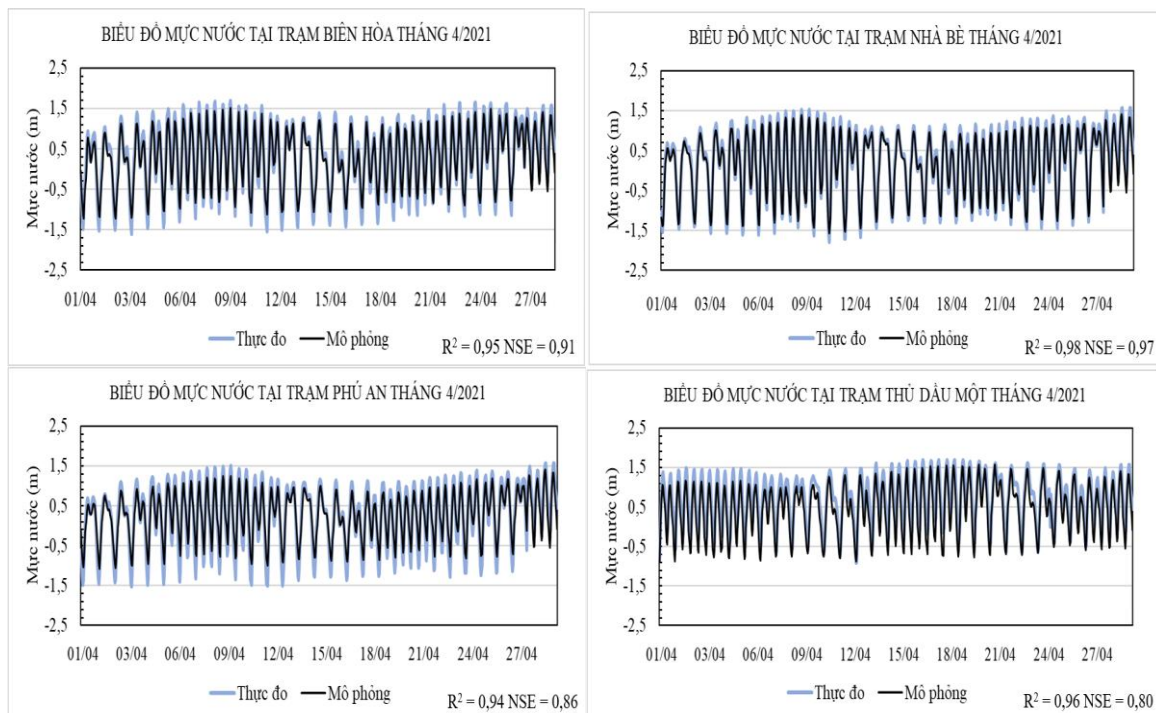
### 3.1. Kết quả hiệu chỉnh–kiểm định dòng chảy

Kết quả hiệu chỉnh mực nước tối ưu với hệ số nhám (n) từ 0,005 đến 0,1. Mực nước dao động từ -1,5 m đến 2 m. Thời gian hiệu chỉnh mực nước từ 0h ngày 1/10/2020 tới 0h ngày 1/11/2020. Nhìn chung kết quả hiệu chỉnh mực nước rất tốt. Các giá trị R<sub>2</sub> hiệu chỉnh ở các trạm đạt từ 0,88 đến 0,98. Các giá trị Nash khá tốt dao động trong khoảng 0,71 đến 0,97. Mô hình đã được hoàn chỉnh cho mô đun HD để thực hiện kiểm định. Hình 4 trình bày kết quả hiệu chỉnh mực nước tháng 10/2020.



**Hình 4.** Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại 4 trạm tháng 10/2020.

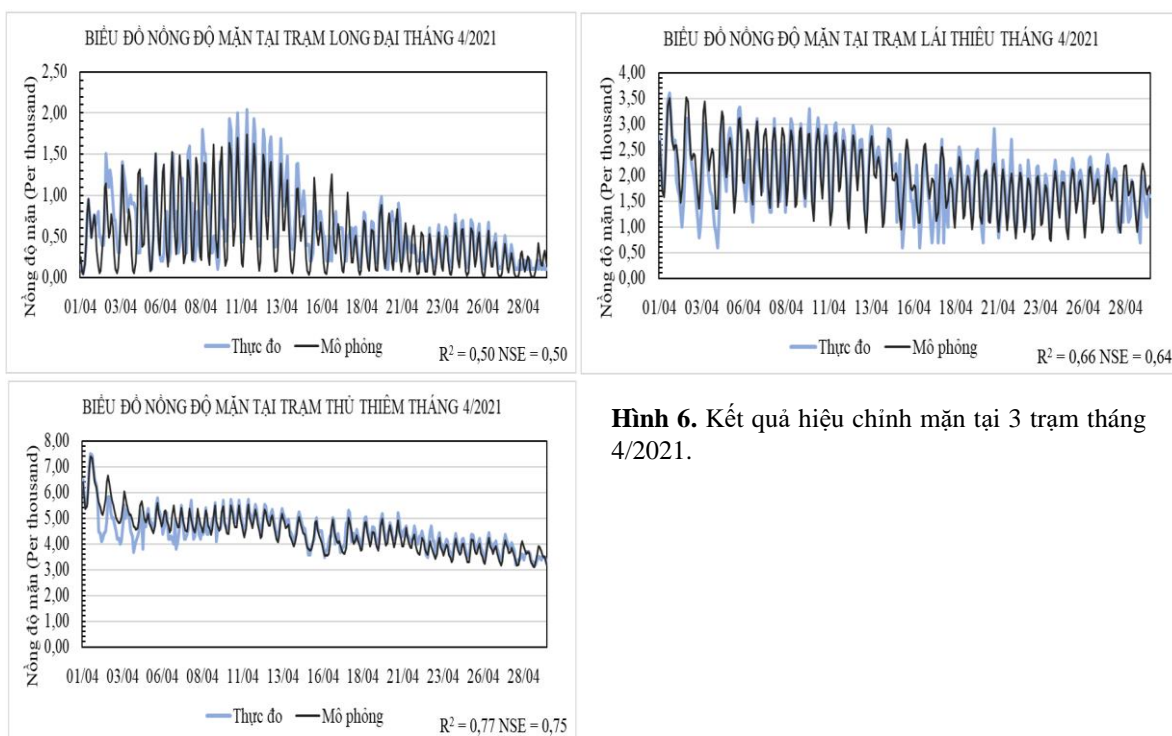
Thời gian kiểm định mực nước từ 0h ngày 1/4/2021 tới 0h ngày 1/5/2021. Nhìn chung kết quả kiểm định mực nước rất tốt. Các giá trị R<sub>2</sub> kiểm định mô hình ở các trạm đạt từ 0,93 đến 0,98, cho thấy các giá trị mô phỏng khá bám với thực đo. Các giá trị NSE rất tốt khi dao động trong khoảng 0,80 đến 0,96. Mô hình về cơ bản đã được hoàn chỉnh cho mô đun HD để chạy cho mô đun AD. Hình 5 trình bày các kết quả kiểm định mực nước tháng 4/2021.



**Hình 5.** Kết quả kiểm định mực nước tại 4 trạm tháng 4/2021.

### 3.2 Mô phỏng lan truyền mặn

Kết quả hiệu chỉnh độ mặn tối ưu với hệ số khuếch tán (D) từ 70 đến 1000. Kết quả hiệu chỉnh cho mô hình lan truyền mặn được trình bày trong Hình 6. Nhìn chung kết quả hiệu chỉnh nồng độ mặn ở mức chấp nhận được, dao động mô phỏng mặn tại các trạm khớp với dao động mặn của số liệu thực đo. Các giá trị  $R^2$  hiệu chỉnh ở 3 trạm (Long Đại, Thủ Thiêm, Lái Thiêu) đạt từ 0,50 đến 0,77 và giá trị NSE hiệu chỉnh tại 3 trạm đạt từ 0,5 đến 0,75. Kết quả hiệu chỉnh khuếch tán đạt kết quả tốt sẽ cho mô phỏng lan truyền nồng độ các chất chính xác tại 26 sông suối Bình Dương là cơ sở để mô phỏng nồng độ các chất cho module Ecolab.



**Hình 6.** Kết quả hiệu chỉnh mặn tại 3 trạm tháng 4/2021.

### 3.3. Mô phỏng hiện trạng chất lượng nước

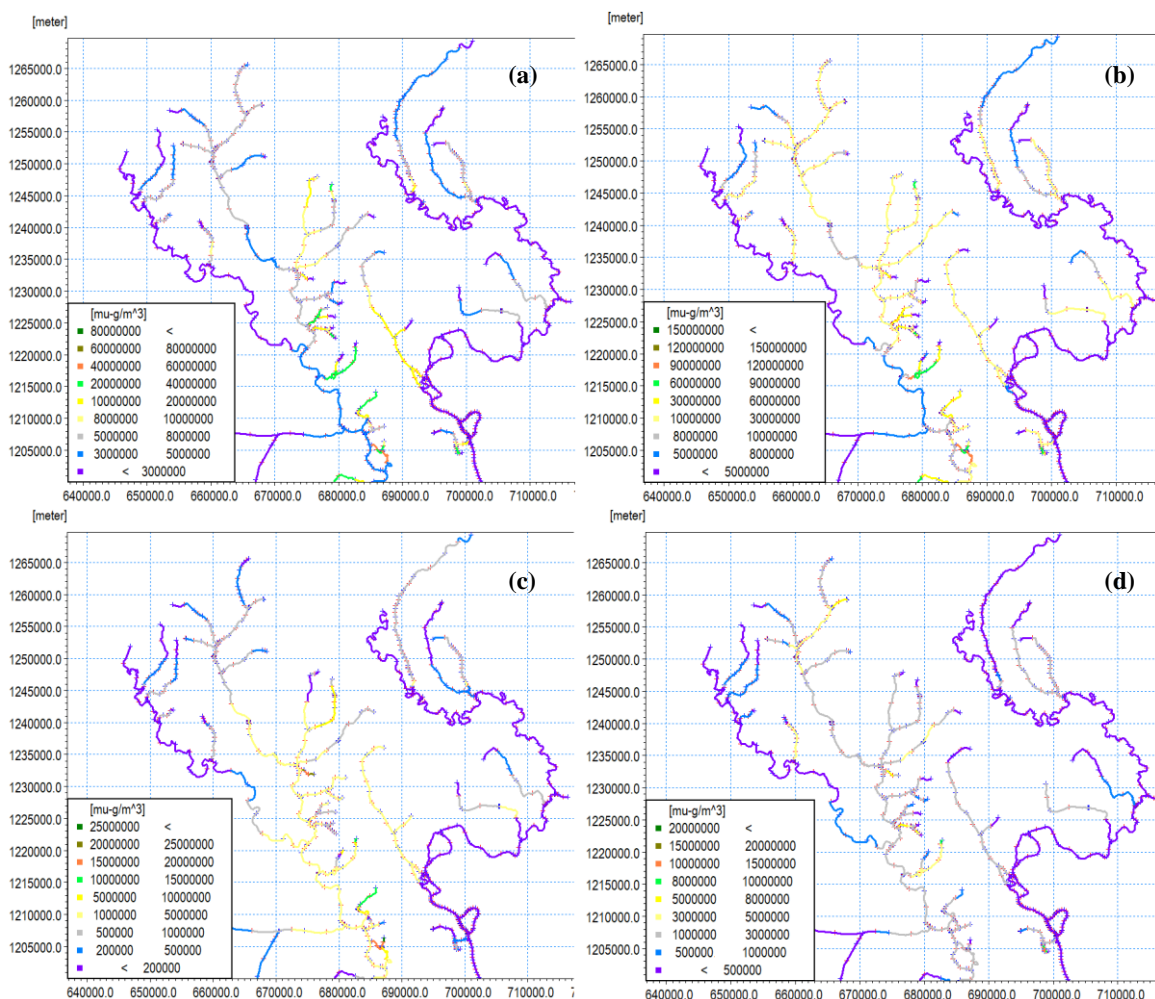
#### 3.3.1. Hiện trạng chất lượng nước mùa mưa

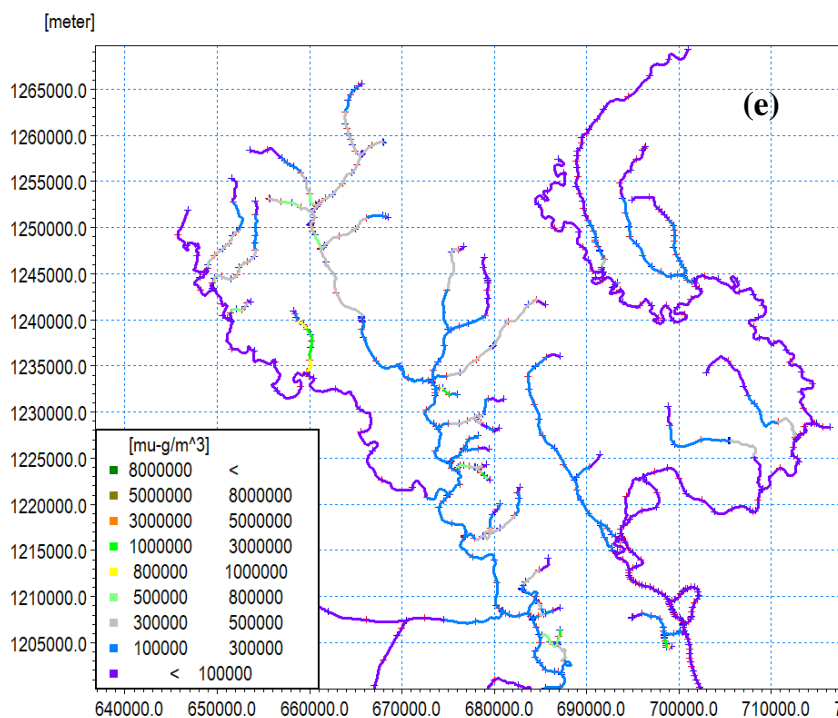
Module Ecolab được hiệu chỉnh tối ưu với nhiều thông số: 0,29 gNH<sub>4</sub>/gBOD, 4,47 gO<sub>2</sub>/gHN<sub>4</sub>, 0,009 gP/gBOD...

Module Ecolab mô phỏng nồng độ các chất BOD, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> vào tháng 10 năm 2020. Phần trăm sai số BOD (0,07–17,13%), COD (0,12–22,85%), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0,03–19,22%), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,31–21,60%), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (0,46–24,15%). Nhìn chung, mô hình Ecolab mô phỏng khá tốt nồng độ các chất vào mùa mưa, nhóm nghiên cứu tiếp tục đánh giá khả năng mô phỏng của các chất vào mùa khô để đảm bảo mô hình chất lượng nước bền vững theo thời gian. Hình 7 trình bày kết quả mô phỏng hiện trạng chất lượng nước từ tính toán trên mô hình.

Diễn biến BOD dao động từ 2 đến 49 mg/l. Diễn biến COD dao động từ 4 đến 114 mg/l. Diễn biến NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dao động từ 0,04 đến 21 mg/l. Diễn biến NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dao động từ 0,1 đến 10 mg/l. Diễn biến PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dao động từ 0.1 đến 1 mg/l. Lưu vực có nồng độ cao nhất so với 26 lưu vực còn lại: Suối Cát–Bà Lụa (BOD, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), HT Rạch Lái Thiêu–Vĩnh Bình (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

Kết quả mô phỏng chất lượng nước hiện trạng cho thấy nhiều sông suối vượt QCVN 08–MT:2015/BTNMT cột B1, nhất là thông số NH<sub>4</sub><sup>+</sup> và PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> vượt chuẩn tại nhiều kênh rạch gần khu công nghiệp. Thông số BOD và COD có 2 lưu vực vượt nồng độ cho phép. Thông số NH<sub>4</sub><sup>+</sup> có 18 lưu vực vượt nồng độ cho phép. Thông số NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tại 26 lưu vực đều trong ngưỡng nồng độ cho phép. Thông số PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> có 8 lưu vực vượt mức cho phép. Kết quả mô hình cho thấy 4 lưu vực có nồng độ vượt ngưỡng cao nhất là HT Lái Thiêu–Vĩnh Bình, Sông Thị Tinh, HT Rạch Bà Hiệp–Suối Siệp, Rạch Chôm Chôm.



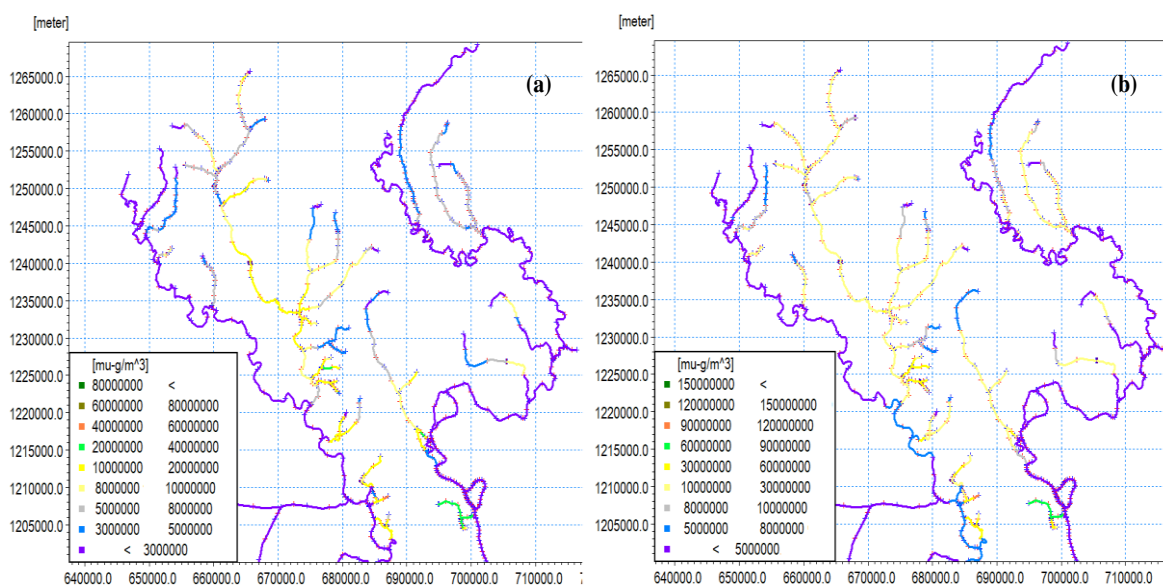


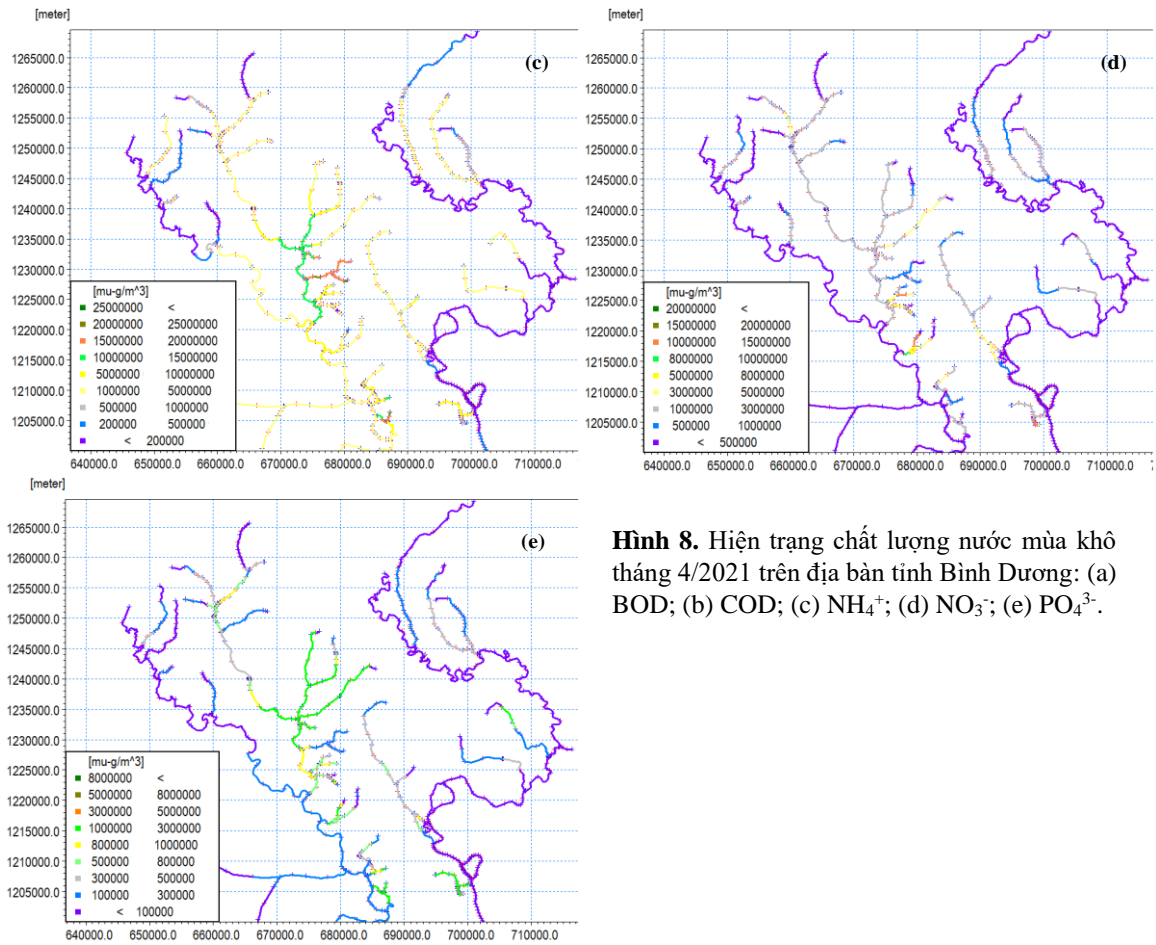
**Hình 7.** Hiện trạng chất lượng nước mùa mưa tháng 10/2020 trên địa bàn tỉnh Bình Dương: (a) BOD; (b) COD; (c)  $\text{NH}_4^+$ ; (d)  $\text{NO}_3^-$ ; (e)  $\text{PO}_4^{3-}$ .

### 3.3.2. Hiện trạng chất lượng nước mùa khô

Kết quả tháng 4/2021 cho sai số BOD (0,39–18,58%), COD (2,20–21,71%),  $\text{NH}_4^+$  (1,11–22,32%),  $\text{NO}_3^-$  (0,45–19,65%),  $\text{PO}_4^{3-}$  (0,65–19,26%). Ecolab mô phỏng khá tốt nồng độ các chất vào mùa khô, mô hình đã có thể chạy các kịch bản xả thải. Hình 8 trình bày kết quả mô phỏng hiện trạng chất lượng nước từ tính toán trên mô hình.

Diễn biến BOD dao động từ 2 đến 35 mg/l. Diễn biến COD dao động từ 4 đến 83 mg/l. Diễn biến  $\text{NH}_4^+$  dao động từ 0,02 đến 22 mg/l. Diễn biến  $\text{NO}_3^-$  dao động từ 0,1 đến 13 mg/l. Diễn biến  $\text{PO}_4^{3-}$  dao động từ 0,1 đến 2 mg/l. Lưu vực có nồng độ cao nhất so với 26 lưu vực còn lại: Rạch Cần Nôm (BOD, COD,  $\text{NO}_3^-$ ), Rạch Bến Trắc ( $\text{NH}_4^+$ ), HT Rạch Bà Hiệp–Suối Siệp ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

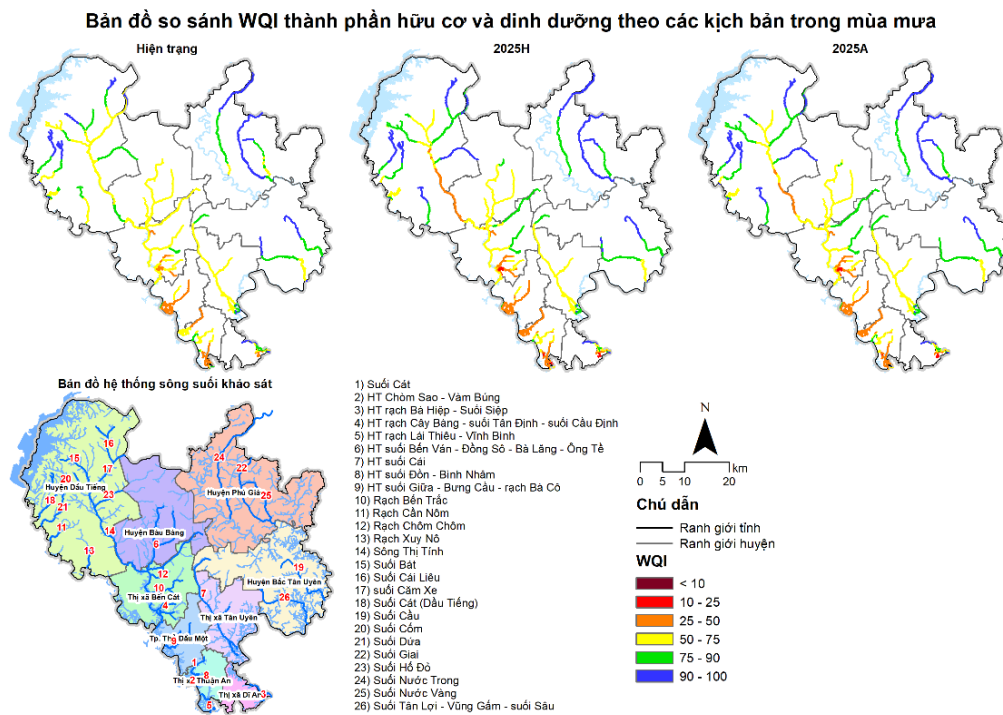




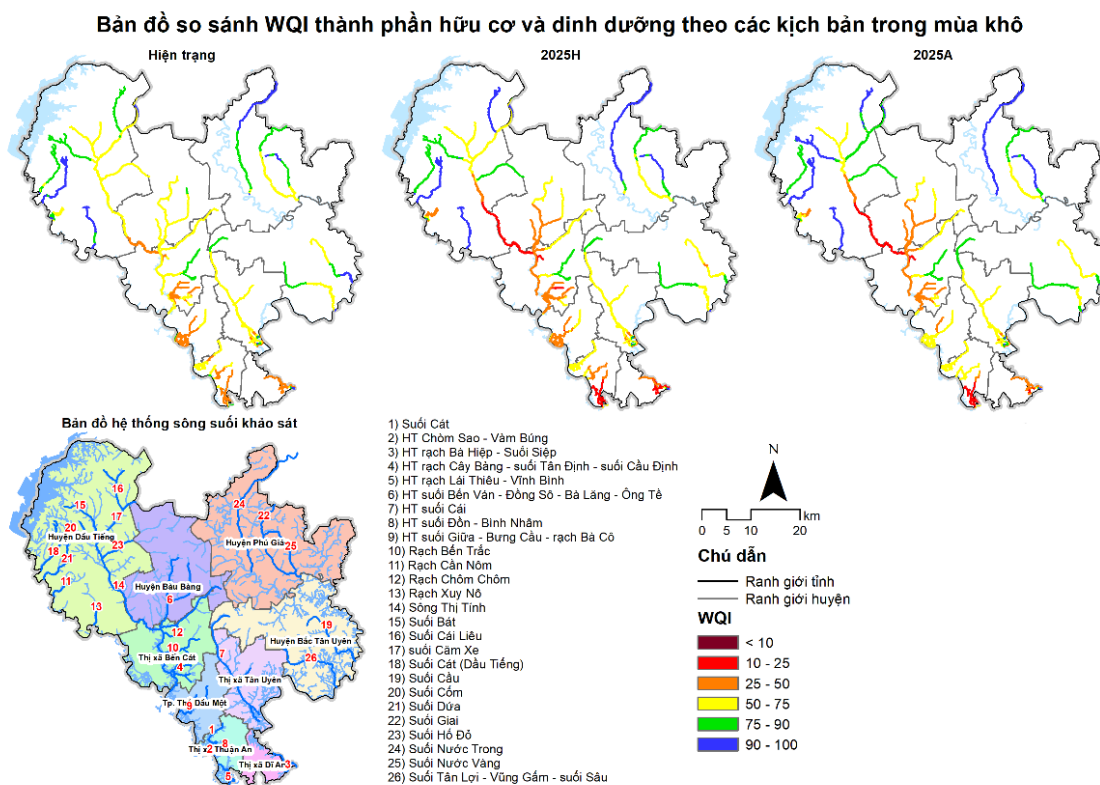
**Hình 8.** Hiện trạng chất lượng nước mùa khô tháng 4/2021 trên địa bàn tỉnh Bình Dương: (a) BOD; (b) COD; (c)  $\text{NH}_4^+$ ; (d)  $\text{NO}_3^-$ ; (e)  $\text{PO}_4^{3-}$ .

### 3.4. Đánh giá chất lượng nước theo WQI

Hình 9 và Hình 10 trình bày bản đồ WQI mùa khô và mùa mưa của hiện trạng và các kịch bản cho 26 lưu vực tỉnh Bình Dương.



**Hình 9.** Bản đồ chỉ số WQI mùa mưa của hiện trạng và các kịch bản tại 26 lưu vực.



**Hình 10.** Bản đồ chỉ số WQI mùa khô của hiện trạng và các kịch bản tại 26 lưu vực.

Dựa trên các bản đồ WQI mùa khô và mùa mưa của 26 lưu vực, nhóm nghiên cứu chia thành 5 nhóm WQI để đánh giá nguyên nhân ô nhiễm:

- WQI 10–25 (Đỏ) Lưu vực bị ô nhiễm rất cao chủ yếu bởi nguồn thải công nghiệp và nước mưa chảy tràn, ngoài ra còn có một phần tải lượng thải sinh hoạt lớn, thuộc vùng tập trung nhiều khu công nghiệp có tải lượng rất lớn
- WQI 25–50 (Cam) Lưu vực bị ô nhiễm cao chủ yếu bởi nguồn thải công nghiệp và nước mưa chảy tràn, ngoài ra còn có một phần tải lượng sinh hoạt khá lớn, thuộc vùng tập trung các khu công nghiệp có tải lượng lớn
- WQI 50–75 (Vàng) Lưu vực bị ô nhiễm trung bình, ở mức WQI chia làm 2 dạng vùng ô nhiễm: vùng ô nhiễm do tải lượng lớn thải chăn nuôi và trồng trọt, vùng ô nhiễm do tải lượng công nghiệp nhỏ và một phần nước mưa chảy tràn. Ngoài ra, còn có một phần tải lượng sinh hoạt trung bình tập trung tại các lưu vực thuộc WQI này
- WQI 75–90 (Xanh lá) Lưu vực bị ô nhiễm thấp chủ yếu bởi tải lượng nguồn thải chăn nuôi và trồng trọt, ngoài ra có tải lượng nhỏ sinh hoạt.
- WQI 90–100 (Xanh dương) Lưu vực ô nhiễm rất thấp chỉ tải lượng nhỏ sinh hoạt hoặc chăn nuôi và trồng trọt.

Như vậy, dựa trên kết quả phân vùng theo WQI tính toán hiện trạng và các kịch bản, có thể thấy các hệ thống sông Thị Tinh, Rạch Bà Cô–Bung Cầu–Suối Giữa, Suối Cát (BL), HT Suối Đồn–Bình Nhâm, HT Lái Thiêu–Vĩnh Bình, HT Rạch Bà Hiệp–Suối Siệp, Rạch Chòm Chôm, Suối Tân Định–Cầu Định–Cây Bàng đang bị mức ô nhiễm đáng báo động, chủ yếu bởi nguồn thải công nghiệp và nước mưa chảy tràn, và một phần tải lượng thải sinh hoạt.

#### 4. Kết luận

Nhóm nghiên cứu đã mô phỏng mô hình thủy lực HD cho mực nước vào mùa mưa tháng 10/2020 và mùa khô tháng 4/2021 ở mức khá tốt khi NSE và R2 đạt trên 0,7 tại trạm Biên Hòa, Nhà Bè, Thủ Dầu Một, Phú An. Mô phỏng mô hình khuếch tán AD cho nồng độ mặn vào tháng 4/2021 ở mức chấp nhận khi NSE và R2 đạt trên 0,5 tại trạm Long Đại, Lái Thiêu, Thủ Thiêm.



Mô phỏng mô hình chất lượng nước Ecolab cho 5 chất COD, BOD,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ở mức khá tốt khi khác biệt mô phỏng so với thực tế dưới 25% sai số cho thấy khả năng mô phỏng chất lượng nước của mô hình cho dự án khá bám sát so với thực tế và đủ tiêu chuẩn để mô phỏng các kịch bản phát thải tương lai.

Kịch bản phát thải năm 2025H và 2025A cho thấy, nồng độ thải của các sông suối kênh rạch tập trung nhiều khu công nghiệp vẫn có xu hướng tăng so với hiện trạng, tại các lưu vực ít tập trung cơ sở công nghiệp hơn cho nồng độ các chất có giảm nhưng không đáng kể, các lưu vực có nồng độ vượt QCVN 08-MT:2015/BTNMT cột B1 vẫn còn khá nhiều. Vì vậy, để đảm bảo chất lượng nước tại các hệ thống sông suối rạch đạt quy chuẩn, cần có các biện pháp kiểm soát nguồn thải và quản lý nước mặt phù hợp tại địa phương tỉnh Bình Dương.

Bài nghiên cứu còn có hạn chế như phạm vi nghiên cứu chỉ trong 26 sông, suối, kênh, rạch tỉnh Bình Dương. Các sông lớn như Sông Bé, Đồng Nai và Sài Gòn chưa đủ dữ liệu nguồn thải để có thể đánh giá chính xác.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.Đ.T., T.Đ.D., N.T.T.L., N.Q.Q., P.Đ.M.H.L.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.Đ.D., N.T.T.L., N.Q.Q., P.Đ.M.H.L.; Xử lý số liệu: N.Đ.T., P.Đ.M.H.L.; Phân tích mẫu: N.Đ.T., N.Q.Q., P.Đ.M.H.L.; Lấy mẫu: N.Q.Q.; Viết bản thảo bài báo: N.Đ.T., T.Đ.D.; Chỉnh sửa bài báo: N.Đ.T., N.T.T.L., T.Đ.D.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề án “Điều tra, khảo sát xây dựng cơ sở dữ liệu để đánh giá sức chịu tải và dự báo chất lượng nước các kênh rạch, sông, suối trên địa bàn tỉnh Bình Dương”. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của tỉnh Bình Dương trong quá trình khảo sát đo đạc 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

1. Nga, V.H.T. Phát triển kinh tế và vấn đề nâng cao chất lượng cuộc sống dân cư tỉnh Bình Dương. *Tap chí khoa học ĐHSPT HCM* **2016**, 5, 146–155.
2. Kênh Ba Bò nghìn tỷ nổi bọt trắng nghi ô nhiễm hữu cơ – Báo Công an Nhân dân điện tử. 2020. <https://cand.com.vn/Ban-doc-cand/Noi-bot-trang-khung-dong-kenh-dau-tu-hon-1000-ty-dong-nghi-o-nhiem-huu-co-i563616/>.
3. Bình Dương: Nhiều kênh rạch ô nhiễm nghiêm trọng, 2020. <https://laodong.vn/ban-doc/binh-duong-nhieu-kenh-rach-o-nhiem-nghiem-trong-830548.lido>.
4. Loliyana, V.D.; Patel, P.L. A physics based distributed integrated hydrological model in prediction of water balance of a semi-arid catchment in India. *Environ. Modell. Software* **2020**, 127, 104677. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSOF.2020.104677>.
5. Kanda, E. K.; Kipkorir, E. C. Kosgei, J. R. Modelling of nitrates in River Nzoia using MIKE 11. *Water Pract. Technol.* **2017**, 12, 217–223.
6. Girbaci, A.; Girbaci, C.; Petcovici, E.; Dodocioiu, A. M. Water Quality Modelling Using Mike 11. *Revista de Chimie Bucharest Original Edition (REV CHIM-BUCHAREST)*, 2015.
7. Cox, B.A. A review of currently available in-stream water-quality models and their applicability for simulating dissolved oxygen in lowland rivers. *Sci. Total Environ.* **2003**, 314–316, 335–377. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00063-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00063-9).
8. Khôi, N.H. Ứng dụng mike 11 đánh giá chất lượng nước lưu vực sông Đồng Nai. *Tập san Khoa học và Công nghệ Quy hoạch thủy lợi Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam – Bộ Nông nghiệp và PTNT*. NXB Nông nghiệp năm 2009, 2009.
9. Thang, L.V.; Khoi, N.D.; Phi, H.L. Impact of climate change on streamflow and water quality in the upper Dong Nai river basin, Vietnam. *La Houille Blanche* **2018**, 1, 70–79. <https://doi.org/10.1051/LHB/2018010>.

10. Khôi, Đ.N.; Quang, C.N.X. Đánh giá tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai. *Tap chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* **2015**, 5, 54–59.
11. Le, V.T. *et al.*, A multidisciplinary approach for evaluating spatial and temporal variations in water quality. *Water* **2019**, 11, 4. <https://doi.org/10.3390/w11040853>.
12. Tuấn, L.N.; Quân, T. M.; Thuý, T.T.; Huy, Đ.T.; Hoàng, T.X. Đánh giá khả năng chịu tải của nguồn nước – Nghiên cứu điển hình tại khu vực phía Nam tỉnh Bình Dương. *Tap Chí Phát Triển Khoa Học & Công Nghệ* **2018**, 2(6), 84–97.
13. Tri, N.; Hưng, Q.; Mạnh, N.C.; Kỳ, N.M. Quan trắc, đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt kênh rạch tỉnh Bình Dương. *Tap chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường* **2019**, 66, 1–9.
14. Tuấn, L. N.; Huy, Đ.T.; Hoàng, T.X. Đánh giá diễn biến chất lượng nước suối Cái tại thị xã Tân Uyên – tỉnh Bình Dương đến năm 2020. *Tap chí phát triển Khoa học Công nghệ: Chuyen san Khoa học tự nhiên* **2018**, 2, 222–231.
15. Kỳ, N.M.; Hưng, N.T.Q.; Mạnh, N.C.; Nguyên, C.T. Nghiên cứu khả năng bổ cập nước dưới đất từ nước mưa trên địa bàn thị xã Dĩ An, tỉnh Bình Dương. *Can Tho University J. Sci.* **2019**, 55, 96. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2019.136>.
16. Giới thiệu chung, 2016. <https://www.tinhuybinhduong.vn/gioi-thieu-chung>.
17. BDSO, Statistical Yearbook of Binh Duong 2018. *Binh Duong Statistical Office* **2019**, 1, pp. 547.
18. Thông tin tuyên truyền – Phát triển công nghiệp theo hướng bền vững, 2020. <https://www.binhduong.gov.vn/thong-tin-tuyen-truyen/2020/10/588-phat-trien-cong-nghiep-theo-huong-ben-vung-hien-da>.
19. Sông Đồng Nai đang dần chết! – Báo Người lao động, 2020. <https://nld.com.vn/thoi-su-trong-nuoc/song-dong-nai-dang-dan-chet-20160107223510985.htm>.
20. DHI. A modelling system for Rivers and Channels, 2011.
21. DHI. MIKE Zero – User Guide, 2017.
22. Nash, J.E.; Sutcliffe, J.V. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles. *J. Hydrol.* **1970**, 10(3), 282–290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6).
23. Moriasi, D.N.; Arnold, J.G.; Van Liew, M.W.; Bingner, R. L.; Harmel, R.D.; Veith, T.L. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Trans. ASABE* **2007**, 50(3), 885–900. <https://doi.org/10.13031/2013.23153>.
24. Moriasi, D.N.; Gitau, M.W.; Pai, N.; Daggupati, P. Hydrologic and Water Quality Models: Performance Measures and Evaluation Criteria. *Trans. ASABE* **2015**, 58(6), 1763–1785. <https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>.
25. Tổng cục Môi trường. Quyết định về việc ban hành Hướng dẫn kỹ thuật tính toán chỉ số chất lượng nước Việt Nam (VN\_WQI), 2019.

## Assessing and forecasting water quality of canals, streams and rivers in Binh Duong Province

Nguyen Duc Thien<sup>1</sup>, Tran Duc Dung<sup>1\*</sup>, Nguyen The Tung Lam<sup>2</sup>, Nguyen Quoc Quan<sup>1</sup>,  
Pham Dang Manh Hong Luan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Center of Water Management and Climate Change, Institute of Environment and Resources, Vietnam National University Ho Chi Minh City; thienduc295@gmail.com; dungtranducvn@yahoo.com; quocquannguyen1987@gmail.com; hongluanosgeo@gmail.com

<sup>2</sup> Binh Duong Center of Natural Resources and Environmental Technical – Monitoring; lambk2000@gmail.com

**Abstract:** Water quality pollution in rivers under industrial development and urbanization is one of the issues that need attention in managing water resources in Binh Duong province. The study assesses water quality in 26 river basins, streams, and canals in Binh Duong province to explore the water quality situation and forecasts water quality changes in the year of 2025. The water level calibration and validation results are pretty good with NSE and  $R^2$  above 0.7, and the results of calibration of salinity concentration are temporarily acceptable with NSE and  $R^2$  above 0.5. Calibration and validation results for water quality (BOD, COD,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ) show that the percentage error is less than 25% compared to observed data. Model-based scenarios indicated that many sub-basins exceed the allowable concentration threshold according to QCVN 08-MT:2015/BTNMT column B1, especially the basins located near industrial parks, urban areas, some large agricultural and livestock areas. The water quality indexes (WQI) calculated by the MIKE 11 model results were further analyzed better to assess the pollution zoning of Binh Duong province.

**Keywords:** Mike11; Ecolab; Water quality; WQI; Basin.

Bài báo khoa học

## Đánh giá tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu đến sinh kế của cộng đồng dân tộc thiểu số tại ba huyện Minh Hóa, Bố Trạch và Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình

Mai Thị Huyền<sup>1\*</sup>, Trần Thanh Lâm<sup>1</sup>, Bùi Thế Đồi<sup>2</sup>, Hà Quang Anh<sup>3</sup>, Phùng Ngọc Trường<sup>4</sup>, Phạm Văn Toàn<sup>4</sup>, Nguyễn Thị Xuân Thắng<sup>5</sup>, Trần Bình Minh<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Môi trường và Biến Đổi khí hậu; maihuyenhus@gmail.com; lamiesccvn@gmail.com;

<sup>2</sup> Trường Đại học Lâm nghiệp; doiibt@vnuf.edu.vn

<sup>3</sup> Trung tâm bảo vệ tầng ô-dôn và Phát triển kinh tế các-bon thấp; qanhsilvi@gmail.com

<sup>4</sup> Trung tâm Nghiên cứu và Quy hoạch môi trường; ngoctruongrpe@gmail.com; quangtoan9622@gmail.com

<sup>5</sup> Bộ Công Thương; ntxthang@gmail.com

<sup>6</sup> Viện Ứng dụng Công nghệ; minh07111996@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: maihuyenhus@gmail.com; Tel: +84-973365348

Ban Biên tập nhận bài: 8/12/2021; Ngày phản biện xong: 11/1/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả áp dụng chỉ số LVI để đánh giá định lượng tính dễ bị tổn thương (TDBTT) do biến đổi khí hậu (BĐKH) đến sinh kế của cộng đồng dân tộc thiểu số (DTTS) tại 03 huyện Minh Hóa, Bố Trạch, Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình, nơi có Vườn Quốc gia (VQG) Phong Nha-Kẻ Bàng, được UNESCO công nhận là một trong những khu Di sản Thiên nhiên Thế giới. Bộ chỉ số được xây dựng gồm 64 yếu tố phụ, 07 yếu tố chính: Thảm họa tự nhiên và BĐKH (E), hiện trạng chăm sóc sức khỏe (S<sub>1</sub>), hiện trạng cung cấp thực phẩm (S<sub>2</sub>), tiếp cận các tiện nghi (S<sub>3</sub>), hiện trạng sinh kế (AC<sub>1</sub>), dân số-xã hội (AC<sub>2</sub>), hỗ trợ cộng đồng (AC<sub>3</sub>) và 03 nhóm cấu thành theo Ủy ban Liên chính phủ về BĐKH (IPCC): mức độ phơi bày (E-Exposure), mức độ nhạy cảm (S-Sensitivity), khả năng thích ứng (AC-Adaptive Capacity). Kết quả cho thấy tác động của BĐKH đến cộng đồng DTTS khu vực nghiên cứu là khá lớn nhưng (AC) chưa thật sự đáp ứng được những diễn biến khó đoán định của BĐKH và các hiện tượng thời tiết cực đoan,... Việc áp dụng LVI sẽ hỗ trợ cơ quan quản lý, nhà hoạch định chính sách giám sát diễn biến TDBTT, làm cơ sở đề xuất xây dựng chính sách nhằm thúc đẩy đa dạng hóa sinh kế, nâng cao khả năng thích ứng và cải thiện chất lượng cuộc sống, đặc biệt trong bối cảnh BĐKH.

**Từ khóa:** Biến đổi khí hậu; Cộng đồng dân tộc thiểu số; Chỉ số dễ bị tổn thương sinh kế (LVI).

### 1. Đặt vấn đề

Sinh kế là hoạt động cần thiết để kiếm sống của con người, thông qua việc sử dụng các nguồn lực như tự nhiên, vật chất, xã hội [1]. Tổn thương do tác động của BĐKH đến sinh kế là những ảnh hưởng tiêu cực của sự thay đổi các yếu tố khí hậu và những hiện tượng cực đoan đến thu nhập, tài sản, phá hủy nhà ở, các phương tiện sản xuất, đi lại, đất đai, nguồn nước, mùa màng, vật nuôi, di dân tái định cư,... [2]. DTTS là những dân tộc có số dân ít hơn so với dân tộc đa số trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam [3] và thường sinh sống tại vùng núi cao,

đi lại khó khăn, mức sống thấp, kết cấu hạ tầng và dịch vụ xã hội thiếu thốn, kém phát triển [4].

Năm 2014, Cơ quan Liên hợp quốc tại Việt Nam (UN) đã chỉ ra rằng BĐKH gây ra nhiều tác động tiêu cực, gia tăng TDBTT sinh kế, đe dọa tính mạng và cuộc sống của người dân, nhất là các nhóm DBTT như người nghèo, người cao tuổi, người DTTS, người tàn tật, phụ nữ và trẻ em [5]. Sinh kế chủ yếu của các nhóm DBTT này lại phụ thuộc nhiều vào tự nhiên, quá trình sản xuất nông nghiệp, đồng thời họ cũng thiếu những kỹ năng và điều kiện tiếp cận các nguồn vốn để có thể tham gia vào các hoạt động thích ứng, cải thiện chất lượng cuộc sống [6].

Đến nay có nhiều nghiên cứu đánh giá TDBTT do BĐKH đến sinh kế của cộng đồng dân cư sinh sống ở ven biển Việt Nam [2, 7–10]. Tuy nhiên, có rất ít các nghiên cứu tương tự ở khu vực miền núi nói chung và phía tây của tỉnh Quảng Bình nói riêng, nơi các nhóm DBTT, đặc biệt là cộng đồng DTTS sinh sống [6]. Do vậy, việc đánh giá TDBTT do BĐKH đến sinh kế của cộng đồng DTTS, làm cơ sở đề xuất xây dựng chính sách thúc đẩy đa dạng hóa sinh kế, nâng cao khả năng thích ứng, cải thiện chất lượng cuộc sống trong bối cảnh BĐKH là cần thiết.

Tỉnh Quảng Bình cũng là một trong những địa phương chịu tác động lớn của thiên tai và BĐKH. Giai đoạn từ năm 2005–2019, trên địa bàn tỉnh đã xảy ra 25 cơn bão, áp thấp nhiệt đới và 41 trận lũ lớn nhỏ. Theo kịch bản RCP4.5, đầu thế kỷ 21, nhiệt độ trung bình năm trên toàn tỉnh có mức tăng (phổ biến từ 1,1–1,4°C), lượng mưa năm tăng (từ 3,5–14,3%). Đến giữa thế kỷ, nhiệt độ tăng (1,8–2,2°C), lượng mưa tăng (4–16%) [11]. Cả tỉnh Quảng Bình có 23 thôn/xã thuộc khu vực khó khăn và đặc biệt khó khăn, tập trung chủ yếu ở khu vực miền núi phía tây [12], với 26.296 đồng bào DTTS, chiếm 2,94% dân số toàn tỉnh [13].

Trong phạm vi của nghiên cứu này, 03 huyện Minh Hóa, Bố Trạch và Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình được lựa chọn để đánh giá TDBTT do BĐKH đến sinh kế của cộng đồng DTTS. Đây là khu vực có 7/11 xã và 7/8 thôn đặc biệt khó khăn [14], chiếm tỷ lệ 71,7% cộng đồng DTTS (Bảng 1), có 02 dân tộc Bru–Vân Kiều và Chứt sinh sống, với 97% DTTS thuộc khu vực nghiên cứu. Đáng lưu ý, trong 12.682 đồng bào dân tộc Bru–Vân Kiều và Chứt từ 15 tuổi trở lên có việc làm thì có tới 94,86% chỉ làm những công việc có tính chất đơn giản, và đến 94,1% lao động trong nhóm ngành nông nghiệp. Hơn thế, tỷ lệ đồng bào DTTS làm trong lĩnh vực dịch vụ dưới 2% [13] là quá thấp, đặc biệt nơi đây có VQG Phong Nha–Kẻ Bàng, một trong những khu Di sản Thiên nhiên Thế giới được UNESCO công nhận.

Hiện nay, có nhiều cách tiếp cận để đánh giá TDBTT do BĐKH đến sinh kế của các nhóm DBTT. Trong đó, đánh giá tính tổn thương (V–Vulnerability) dựa vào đánh giá (E), (S) và (AC) theo IPCC là một trong cách tiếp cận phù hợp [15–17]. Bài báo này sẽ áp dụng chỉ số LVI [18] theo 2 cách tiếp cận khác nhau, để đánh giá định lượng TDBTT do BĐKH đến sinh kế của cộng đồng DTTS tại khu vực nghiên cứu, cụ thể: (a) xem LVI như một chỉ số hợp thành từ 7 yếu tố chính và (b) sắp xếp 7 yếu tố chính này vào 3 nhóm cấu thành (LVI<sub>IPCC</sub>).

## 2. Phạm vi, số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu gồm 03 huyện Minh Hóa, Bố Trạch và Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình, cách trung tâm thành phố Đồng Hới và thị xã Ba Đồn khoảng 30 km về phía tây (xem Hình 1). Đây là khu vực có địa hình khó khăn, độ cao từ 250–2.000 m, thấp dần từ Tây sang Đông và từ Bắc vào Nam, độ dốc bình quân là 250 m, mức độ chia cắt sâu trung bình 250–500 m [19].

Ba (03) huyện Minh Hóa, Bố Trạch, Quảng Ninh có 19 nhóm cộng đồng DTTS với 18.851 đồng bào sinh sống. Cơ cấu dân số trong độ tuổi lao động từ 19–60 tuổi, chiếm khoảng 43%. Khu vực này có 2 nhóm DTTS, là dân tộc Bru–Vân Kiều (12.560 người, chiếm 66,63%) và dân tộc Chứt (5.725 người, chiếm 30,37%) sinh sống [13]. Trong đó, nhóm

DTTS Bru–Vân Kiều còn bảo lưu nhiều hoạt động kinh tế–xã hội thời nguyên thủy, cấu trúc làng bản ở trên sườn núi cao, trang phục bằng vỏ cây, tin vào các thần núi, thần sông và nhóm DTTS Chứt có đời sống văn hóa còn khá lạc hậu như duy trì lối sống du canh du cư, săn bắn, hái lượm, quy mô làng bản nhỏ, nhà cửa tạm bợ, trang phục thô sơ [20].



**Hình 1.** Khu vực nghiên cứu: (a) VQG Phong Nha–Kẻ Bàng; (b) 03 huyện Minh Hóa, Bố Trạch, và huyện Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình.

**Bảng 1.** Hiện trạng dân số của nhóm DTTS tại khu vực nghiên cứu [13].

STT	Khu vực	Tổng số dân số (người)	Tỷ lệ so với toàn tỉnh (%)	Dân số DTTS (người)	Tỷ lệ DTTS so với toàn tỉnh (%)
I	Tỉnh Quảng Bình	895.430		26.296	
II	Khu vực nghiên cứu	329.380	36,8	18.851	71,7
2.1	Huyện Minh Hóa	50.670	5,7	11.211	42,6
2.2	Huyện Bố Trạch	188.375	21,0	3.761	14,3
2.3	Huyện Quảng Ninh	90.335	10,1	3.879	14,8

Dưới tác động của BĐKH, giai đoạn 2010–2019, nhiệt độ trung bình năm khu vực nghiên cứu được ghi nhận có xu hướng tăng, cường độ đạt 0,13°C/thập kỷ. Lượng mưa năm cũng có xu thế tăng nhẹ khoảng 3,3 mm/năm. Cùng với sự gia tăng nhiệt độ kết hợp với gió Tây Nam khô nóng, sự phân bố lượng mưa không đều theo không gian và thời gian đã và đang làm cho tình trạng khô hạn và nắng nóng diễn biến khó lường. Bão và ATNĐ có xu hướng gia tăng về tần suất, cường độ, quỹ đạo di chuyển phức tạp và bất thường hơn. Tổng số ngày rét đậm, rét hại có xu hướng tăng trở lại trong thập kỷ gần đây [21]. Do vậy, các vấn đề liên quan về sinh kế như hiện trạng chăm sóc sức khỏe (S<sub>1</sub>), hiện trạng cung cấp thực phẩm (S<sub>2</sub>), tiếp cận các tiện nghi (S<sub>3</sub>), hiện trạng sinh kế (AC<sub>1</sub>), dân số–xã hội (AC<sub>2</sub>), hỗ trợ cộng đồng (AC<sub>3</sub>) của cộng đồng DTTS ở 03 huyện Minh Hóa, Bố Trạch và Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình trước những thay đổi khó đoán định của yếu tố thời tiết, thảm họa tự nhiên và BĐKH cần được nghiên cứu, đánh giá để từ đó có cái nhìn khách quan, tìm ra được những tồn tại cần giải quyết, nhằm đa dạng hóa các loại hình sinh kế, tăng cường khả năng thích ứng với BĐKH, hướng tới cải thiện chất lượng cuộc sống.

### 2.2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

Về mặt nguyên tắc, việc đánh giá TDBTT do BĐKH đến sinh kế là quá trình nghiên cứu mối tương quan giữa con người, môi trường vật lý và xã hội xung quanh, nhằm định lượng khả năng thích ứng của cộng đồng với sự thay đổi của các điều kiện môi trường. Cách tiếp cận chung là sử dụng một chỉ số hợp thành bởi nhiều yếu tố khác nhau về mặt thứ nguyên (hay đơn vị) để đánh giá [2].

Số liệu xây dựng bộ chỉ số/yếu tố để đánh giá mức độ DBTT sinh kế đến cộng đồng DTTS được xem xét tổng thể trên nhiều phương diện, đảm bảo các tiêu chí như đơn giản, dễ hiểu, có tính đại diện, bao phủ về mặt không gian, thời gian và số liệu có thể tiếp cận được từ các nguồn chính thức, đáng tin cậy. Bảng 2 biểu thị 03 nhóm cấu thành theo IPCC (LVI<sub>IPCC</sub>), gồm: Mức độ phơi bày (E), mức độ nhạy cảm (S), khả năng thích ứng (AC) và LVI theo 07 yếu tố chính được tạo thành từ 64 yếu tố phụ để tính toán TDBTT sinh kế cho 03 huyện nghiên cứu. Các số liệu thứ cấp được thu thập, tổng hợp từ Trung tâm quan trắc Khí tượng thủy văn Quốc gia giai đoạn 1971–2020; Công bố kết quả điều tra, thu thập thông tin về thực trạng kinh tế-xã hội 53 DTTS năm 2019 của tỉnh Quảng Bình và các tài liệu, đề tài có liên quan khác.

**Bảng 2.** Các nhóm cấu thành, yếu tố chính và yếu tố phụ tương ứng được áp dụng để tính toán LVI cho khu vực nghiên cứu [13, 22].

TT	Yếu tố phụ	Yếu tố chính	Nhóm cấu thành	Đơn vị	X <sub>ij</sub> – Minh Hóa	X <sub>ij</sub> – Bố Trạch	X <sub>ij</sub> – Quảng Ninh	Min	Max
1	Độ lệch nhiệt độ trung bình năm (1971–2020) (↑)			°C	0,12	0,12	0,12	0,001	0,22
2	Độ lệch nhiệt độ tối cao trung bình năm (1971–2020) (↑)			°C	0,16	0,16	0,16	0,0	0,29
3	Độ lệch nhiệt độ tối thấp trung bình năm (1971–2020) (↑)			°C	0,09	0,09	0,09	0,004	0,27
4	Độ lệch nhiệt độ tối cao tháng (1971–2020) (↑)			°C	2,10	2,10	2,10	1,1	2,25
5	Độ lệch nhiệt độ tối thấp tháng (1971–2020) (↑)			°C	0,17	0,17	0,17	0,01	0,35
6	Độ lệch lượng mưa trung bình năm (1971–2020) (↑)	Thảm họa tự nhiên và BĐKH (E)	Mức độ phơi bày (E) (↑)	mm	12,74	12,74	12,74	0,28	14,85
7	Độ lệch lượng mưa ngày lớn nhất tháng (1971–2020) (↑)			mm	2,46	2,46	2,46	0,02	8,5
8	Độ lệch số ngày mưa (1971–2020) (↑)			Ngày	0,12	0,12	0,12	0,004	0,62
9	Độ lệch số giờ nắng trung bình năm (1981–2020) (↑)			Giờ	0,84	0,84	0,84	0,04	5,01
10	Tỷ lệ trung bình số con Bão và ATNT trong năm (2001–2020) (↑)			Số con/năm	0,53	0,53	0,53	0,07	0,53
11	Tỷ lệ xã có trạm y tế đạt chuẩn quốc gia về y tế (2019) (↓)			%	81,3	63,6	50	50	100
12	Tỷ lệ cán bộ, nhân viên y tế/dân số DTTS (↓)			%	0,95	2,34	0,34	0,34	51,96
13	Tỷ lệ thôn có nhân viên y tế (↓)	Hiện trạng chăm sóc sức khỏe (S <sub>1</sub> )		%	31,20	100	92,9	31,20	100
14	Tỷ lệ người DTTS có thẻ BHYT (↓)			%	99,62	97,74	98,79	97,74	99,62
15	Tỷ lệ người DTTS có sử dụng thẻ BHYT (↓)			%	93,98	98,55	91,8	91,8	98,55
16	Tỷ lệ hộ DTTS được sử dụng nguồn nước hợp vệ sinh (↓)			%	42,1	23,9	16,7	7,9	42,1
17	Tỷ lệ hộ DTTS sử dụng hố xí hợp vệ sinh (↓)			%	3,9	4,5	6,8	3,9	11,9
18	Tỷ lệ hộ DTTS ngủ có màn (↓)			%	87,8	98,1	93,3	87,8	99,3
19	Số lượng trâu bình quân trên hộ (↓)	Hiện trạng cung cấp thực phẩm (S <sub>2</sub> )	Mức độ nhạy cảm (S) (↑)	Con/hộ	0,2	0,2	0,9	0,2	0,9
20	Số lượng bò bình quân trên hộ (↓)			Con/hộ	1,9	2,4	0,8	0,6	2,4
21	Số lượng dê bình quân trên hộ (↓)			Con/hộ	0,1	0,4	0,9	0,0	0,9
22	Số lượng lợn bình quân theo hộ (↓)			Con/hộ	0,6	0,2	0,4	0,2	0,8
23	Tỷ lệ hộ DTTS có nhà ở kiên cố và bán kiên cố (↓)			%	30,5	42,7	60,4	30,5	100
24	Diện tích nhà ở bình quân của hộ DTTS (↓)			m <sup>2</sup> /người	15,4	12,4	10,8	10,8	25,6
25	Tỷ lệ hộ DTTS dùng điện để thắp sáng (↓)	Tiếp cận các tiện nghi (S <sub>3</sub> )		%	87,1	11	81,2	11	100
26	Tỷ lệ hộ DTTS dùng củi để nấu ăn (↑)			%	92,6	99,2	93,9	92,6	99,2
27	Tỷ lệ hộ DTTS sử dụng hố xí tự hoại/bán tự hoại (↓)			%	3,9	4,5	6,8	3,90	11,90

TT	Yếu tố phụ	Yếu tố chính	Nhóm cấu thành	Đơn vị	$X_{ij}$ – Minh Hóa	$X_{ij}$ – Bố Trạch	$X_{ij}$ – Quảng Ninh	Min	Max
28	Tỷ lệ hộ DTTS có tivi (↓)			%	64,0	50,6	61,6	50,6	64
29	Tỷ lệ hộ DTTS sử dụng điện thoại cố định/di động (↓)			%	55,1	47,4	57	44,4	57
30	Tỷ lệ hộ DTTS sở hữu mô tô/xe gắn máy/xe đạp điện/xe máy điện (↓)			%	50,78	55,6	64,4	32,2	81,2
31	Tỷ lệ hộ DTTS có sử dụng máy vi tính (↓)			%	1,5	0,3	1,7	0,3	2,1
32	Tỷ lệ hộ DTTS có kết nối internet (↓)			%	15,7	9,9	31,6	9,9	31,7
33	Tỷ lệ hộ DTTS nuôi nhốt gia súc dưới gầm hoặc sát nhà (↑)			%	15,2	59,4	16,3	10,2	59,4
34	Tỷ lệ diện tích đất canh tác hàng năm/điện tích huyện (↓)			%	2,6	5,1	0,5	0,2	5,1
35	Tỷ lệ diện tích đất canh tác lâu năm/điện tích huyện (↓)			%	1,5	4,0	0,3	0,1	4,0
36	Tỷ lệ diện tích rừng sản xuất/điện tích huyện (↓)			%	30,9	27,5	21	1,8	30,9
37	Tỷ lệ diện tích rừng phòng hộ/điện tích huyện (↓)	Hiện trạng sinh kế (AC <sub>1</sub> )		%	20,4	10,5	23,2	0,8	23,2
38	Tỷ lệ diện tích rừng đặc dụng/điện tích huyện (↓)			%	17,3	52,7	0,1	0	52,7
39	Tỷ lệ người DTTS làm nghề dịch vụ du lịch (↓)			%	0,7	0	0	0	0,7
40	Tỷ lệ người DTTS làm nghề thủ công truyền thống (↓)			%	0,1	0	0,3	0	0,3
41	Tỷ lệ dân số DTTS/dân số huyện (↑)			%	22,13	2	4,29	0,04	22,13
42	Tỷ lệ người DTTS là nữ (↑)			%	50	50,9	50,2	49,7	78,9
43	Tỷ lệ người DTTS trong độ tuổi từ 0 – 19 tuổi (↑)			%	51,66	53,95	50,48	31,58	90,44
44	Tỷ lệ người DTTS trong độ tuổi từ 20 – 59 tuổi (↓)			%	43,86	42,17	44,03	9,02	66,67
45	Tỷ lệ người DTTS lớn hơn 60 tuổi (↑)	Dân số – xã hội (AC <sub>2</sub> )		%	4,48	3,88	5,49	0	5,49
46	Tỷ lệ người DTTS nghiện ma túy (↑)			%	32,3	0	0	0	32,3
47	Tỷ lệ hộ nghèo (↑)			%	68,0	88,7	68,5	0	91,5
48	Tỷ lệ hộ cận nghèo (↑)			%	25,8	3,2	18,1	0	25,8
49	Tỷ lệ góa vợ/chồng (↑)			%	5,1	6,9	6,7	5,1	6,9
50	Tỷ lệ tảo hôn (↑)			%	31,96	35,67	41,24	31,96	46,34
51	Tỷ lệ km theo loại đường giao thông từ thôn đến trung tâm xã được thảm nhựa/bê tông (↓)		Khả năng thích ứng (AC)	%	92,8	90,4	71,4	71,4	100
52	Tỷ lệ km theo loại đường giao thông từ trung tâm xã đến trung tâm huyện được thảm nhựa (↓)			%	92,9	87,6	52,4	33,3	92,9
53	Tỷ lệ thôn có nhà văn hóa (↓)			%	83,2	83,7	100	83,2	100
54	Tỷ lệ thôn có điện lưới quốc gia (↓)			%	90,4	79,8	78,6	78,6	100
55	Tỷ lệ trường học kiên cố (↓)			%	90,7	93,6	100	81,8	100
56	Tỷ lệ phòng học kiên cố (↓)			%	90,1	84,7	100	77,2	100
57	Tỷ lệ người DTTS là nữ biết đọc, biết viết tiếng phổ thông (↓)	Hỗ trợ cộng đồng (AC <sub>3</sub> )		%	58,6	57,6	52,3	52,3	80,5
58	Tỷ lệ người DTTS là nam biết đọc, biết viết tiếng phổ thông (↓)			%	75,6	75	70,2	70,2	89,4
59	Tỷ lệ hộ DTTS được hỗ trợ xem đài truyền hình TW (↓)			%	73,2	79,5	74,1	61,3	80,8
60	Khoảng cách từ nhà đến trường tiểu học (↑)			Km	1,5	1,5	2	1	4
61	Khoảng cách từ nhà đến trường trung học cơ sở (↑)			Km	4,4	9,3	6,7	4,4	9,3
62	Khoảng cách từ nhà đến trường trung học phổ thông (↑)			Km	26,7	47,9	45,7	8,8	47,9
63	Khoảng cách từ nhà đến bệnh viện (↑)			Km	32,5	18,9	17,4	8,8	32,5
64	Khoảng cách từ nhà đến chợ/ trung tâm thương mại (↑)			Km	14,5	7,3	8,9	7,3	24,6

Trong đó: (↑) và (↓) lần lượt thể hiện mối quan hệ tỷ lệ thuận–nghịch của 64 yếu tố phụ với TDBTT theo 7 yếu tố chính; Min $X_{ij}$ , Max $X_{ij}$  là giá trị thấp nhất và cao nhất thu thập được từ tất cả các xã thuộc 3 huyện nghiên cứu. (E) được hiểu là độ lớn và thời gian duy trì của các hiện tượng liên quan đến BĐKH, như độ lệch của nhiệt độ, lượng mưa... trong các thời kỳ khác nhau; (S) là mức độ/ ngưỡng giới hạn mà một hệ thống chống chịu với những ảnh hưởng/ tác động của (E); (AC) là khả năng của hệ thống chịu đựng (tồn tại, đứng vững) hoặc phục hồi sau các tác động của (E). Nếu giá trị (E) & (S) cao và (AC) thấp thì khu vực đánh giá có TDBTT cao và ngược lại [16].



TDBTT là một hàm (V) theo (E), (S) và (AC) [5, 15, 16, 18]. Các yếu tố phụ có đơn vị khác nhau và có sự khác biệt trong mối quan hệ thuận–nghịch giữa các yếu tố, nhóm cấu thành với TDBTT nên được tiến hành chuẩn hóa theo phương pháp chỉ số phát triển con người của UNDP (2007) [23–24], cụ thể:

Trong trường hợp giá trị của các yếu tố phụ lớn và TDBTT tương ứng lớn, tính theo công thức– Hàm quan hệ thuận:

$$[X_{i,j}] = \frac{X_{ij} - \text{Min}X_{ij}}{\text{Max}X_{ij} - \text{Min}X_{ij}} \quad (1)$$

Trong trường hợp giá trị của các yếu tố phụ lớn và TDBTT tương ứng nhỏ, tính theo công thức– Hàm quan hệ nghịch:

$$[X_{i,j}] = \frac{\text{Max}X_{ij} - X_{ij}}{\text{Max}X_{ij} - \text{Min}X_{ij}} \quad (2)$$

Trong đó  $[X_{ij}]$  là giá trị chuẩn hóa của  $X_{ij}$ ;  $X_{ij}$  là giá trị thực của yếu tố phụ;  $\text{Min}X_{ij}$ ,  $\text{Max}X_{ij}$  lần lượt là giá trị thấp nhất và cao nhất của dãy số liệu  $ij$  trong vùng so sánh (như giới hạn đơn vị hành chính cấp xã/huyện/tỉnh...).

Tiếp theo, giá trị chuẩn hoá của các yếu tố phụ sẽ được tính trung bình để xác định yếu tố chính tương ứng, tại công thức:

$$M_d = \frac{\sum_{i=1}^n [X_{ij}]}{n} \quad (3)$$

Trong đó:  $M_d$  là yếu tố chính của vùng so sánh (xã/huyện/tỉnh...);  $n$  là số lượng yếu tố phụ trong yếu tố chính.

a. TDBTT do BĐKH đến sinh kế LVI gồm 07 yếu tố chính sẽ được tính toán theo công thức (CT4) [25–26].

$$LVI_d = \frac{\sum_{i=1}^7 W_{Mi} M_{di}}{\sum_{i=1}^7 W_{Mi}} \quad (4)$$

Trong đó  $W_{Mi}$  là trọng số của yếu tố chính, được xác định bằng số lượng các yếu tố phụ lần lượt tạo nên 07 yếu tố chính tương ứng;  $M_{di}$  là giá trị của yếu tố chính;  $LVI_d$  là chỉ số DBTT sinh kế cấp so sánh (xã/huyện/tỉnh...). Ngoài ra, TDBTT theo 7 yếu tố chính được phân cấp, đánh giá theo 4 mức độ DBTT sinh kế (thấp–trung bình–cao–rất cao) với giá trị chỉ số  $LVI_d$  dao động trong khoảng 0 (thấp nhất) đến 1 (cao nhất) [25] (Bảng 3).

**Bảng 3.** Phân cấp mức độ dễ bị tổn thương theo 7 yếu tố chính.

Khoảng giá trị mức độ DBTT theo các yếu tố chính	Phân cấp mức độ DBTT theo các yếu tố chính
$0 < LVI_d \leq 0,25$	Thấp
$0,25 < LVI_d \leq 0,5$	Trung bình
$0,5 < LVI_d \leq 0,75$	Cao
$0,75 < LVI_d \leq 1$	Rất cao

b. Thay vì tính toán LVI theo 07 yếu tố chính (xem CT4), trước khi tính toán  $LVI_{IPCC}$  theo 3 nhóm cấu thành (E), (S) và (AC) (Bảng 2), 7 yếu tố chính được sắp xếp vào 3 nhóm cấu thành. Cụ thể:

$$CF_d = \frac{\sum_{i=1}^n W_{Mi} \times M_{di}}{\sum_{i=1}^n W_{Mi}} \quad (5)$$

Trong đó  $W_{Mi}$  là trọng số của yếu tố chính, được xác định bằng số lượng các yếu tố phụ tạo nên yếu tố chính tương ứng;  $M_{di}$  là yếu tố chính thứ  $i$ , so với nhóm cấu thành  $d$ ;  $n$  là

số lượng các yếu tố chính trong mỗi tác nhân cấu thành;  $CF_d$  là giá trị nhóm cấu thành (E), (S) và (AC) theo IPCC.

Theo IPCC, giá trị  $LVI_{IPCC}$  được tính toán theo công thức (CT<sub>6</sub>) [25]. Ngoài ra, 4 mức độ DBTT theo IPCC cũng được lựa chọn để phân cấp, đánh giá khoảng giá trị từ -1 (mức DBTT nhỏ nhất) đến 1 (mức DBTT cao nhất) [25] (Bảng 4).

$$LVI_{IPCC} = (E - AC) \times S \tag{6}$$

**Bảng 4.** Phân cấp mức độ dễ bị tổn thương theo IPCC.

Khoảng giá trị mức độ DBTT theo IPCC	Phân cấp mức độ DBTT theo IPCC
$-1 < LVI_{IPCC} \leq -0,5$	Thấp
$-0,5 < LVI_{IPCC} \leq 0$	Trung bình
$0 < LVI_{IPCC} \leq 0,5$	Cao
$0,5 < LVI_{IPCC} \leq 1$	Rất cao

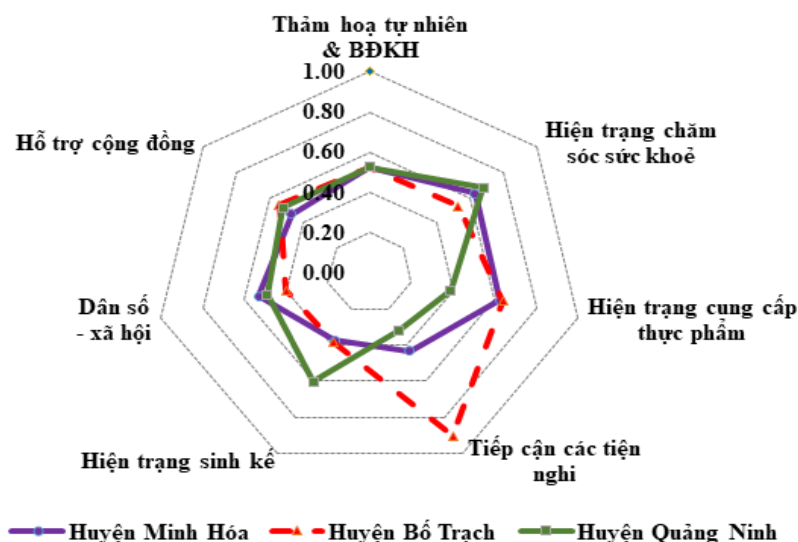
### 3. Kết quả và thảo luận

Từ nguồn số liệu thứ cấp của các đơn vị hữu quan & số liệu điều tra, giá trị TDBTT do BĐKH đến sinh kế cộng đồng DTTS theo 07 yếu tố chính và theo IPCC cho khu vực nghiên cứu được tính toán bằng các công thức CT<sub>1</sub>–CT<sub>6</sub>. Kết quả tính toán các giá trị TDBTT do BĐKH đến sinh kế cộng đồng DTTS ở khu vực nghiên cứu được trình bày tại Bảng 5 & 6 và thể hiện ở Hình 2 và Hình 3.

**Bảng 5.** Kết quả tính toán các yếu tố chính và  $LVI_d$  của 03 huyện nghiên cứu.

STT	Các yếu tố chính	Số chỉ số phụ	Huyện Bồ Trách (BT)	Huyện Quảng Ninh (QN)	Huyện Minh Hóa (MH)
1	Thảm họa tự nhiên & BĐKH (E)	10	0,525	0,525	0,525
2	Hiện trạng chăm sóc sức khỏe (S <sub>1</sub> )	8	0,531	0,681	0,630
3	Hiện trạng cung cấp thực phẩm (S <sub>2</sub> )	4	0,639	0,389	0,625
4	Tiếp cận các tiện nghi (S <sub>3</sub> )	11	0,902	0,317	0,434
5	Hiện trạng sinh kế (AC <sub>1</sub> )	7	0,383	0,604	0,374
6	Dân số – xã hội (AC <sub>2</sub> )	10	0,399	0,491	0,531
7	Hỗ trợ cộng đồng (AC <sub>3</sub> )	14	0,542	0,516	0,469
	$LVI_d$		0,566	0,502	0,501
	Phân cấp mức độ DBTT theo 07 yếu tố chính (đối chiếu với Bảng 3)		Cao	Cao	Cao

Từ Bảng 5 và Hình 2 dễ dàng nhận thấy khu vực nghiên cứu có TDBTT cao. Thứ nhất, tác động của các yếu tố thảm họa tự nhiên và BĐKH là rõ nét ( $E = 0,525$ ). Thứ hai, yếu tố chính S<sub>1</sub> đều cao ( $> 0,5$ ), trong đó đáng chú ý hơn là tỷ lệ sử dụng nguồn nước hợp vệ sinh chưa cao ( $< 43\%$ ) và sử dụng hố xí hợp vệ sinh rất thấp ( $< 7\%$ ). Thứ ba, yếu tố S<sub>2</sub> liên quan đến các yếu tố phụ về số lượng bình quân trâu, lợn, dê đều rất thấp ( $< 01$  con/hộ). Thứ tư, yếu tố AC<sub>1</sub>, mặc dù chỉ có huyện Quảng Ninh ở mức độ DBTT cao (0,604) nhưng vẫn cần xem xét cơ hội phát triển các dịch vụ du lịch cho cộng đồng DTTS gắn với VQG Phong Nha–Kẻ Bàng vì đây là khu vực có nhiều điểm du lịch nổi tiếng, song trên thực tế thì gần như đồng bào trong cộng đồng DTTS khu vực nghiên cứu lại không tham gia vào lĩnh vực dịch vụ du lịch này. Việc xây dựng chính sách về dạy nghề và giải quyết việc làm gắn với du lịch bền vững cho DTTS là điều hết sức cần thiết trong giai đoạn tới.



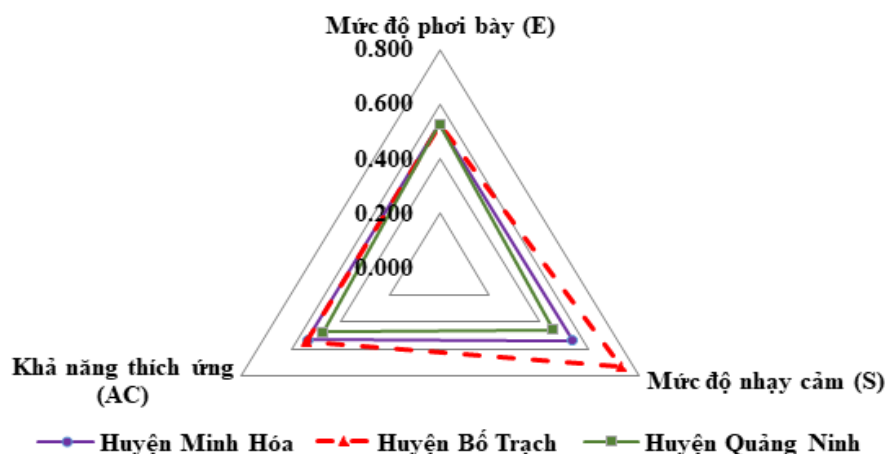
Hình 2. Giá trị 07 yếu tố chính của khu vực nghiên cứu.

TDBTT do BĐKH đến sinh kế cộng đồng DTTS tại huyện Bồ Trạch là lớn nhất ( $LVI_{dBT} = 0,566$ ). Hai huyện Quảng Ninh và Minh Hóa có TDBTT thấp hơn, tương ứng là  $LVI_{dQN} = 0,502$  và  $LVI_{dMH} = 0,501$  (Bảng 5). Nguyên nhân có thể là do cùng chịu tác động lớn của yếu tố E nhưng các yếu tố chính khác như tiếp cận các tiện nghi ( $S_{3BT} = 0,902$ ), hiện trạng cung cấp thực phẩm ( $S_{2BT} = 0,639$ ) và hỗ trợ cộng đồng ( $AC_{3BT} = 0,542$ ) tại huyện Bồ Trạch có TDBTT là lớn nhất. Ngoài ra, tại huyện Bồ Trạch, yếu tố  $S_{3BT}$  đang ở TDBTT rất cao (0,902), liên quan đến một số yếu tố phụ như số hộ người DTTS có sử dụng máy vi tính (0,3%); tỷ lệ dùng điện để thắp sáng (11%) đều rất thấp. Bên cạnh đó, yếu tố thể hiện sự phụ thuộc vào tài nguyên như tỷ lệ hộ DTTS dùng củi để đun nấu lại đang ở mức rất cao (99,2%). Mặc dù có TDBTT thấp hơn, tại huyện Quảng Ninh cần quan tâm đến 02 yếu tố chính là hiện trạng chăm sóc sức khỏe ( $S_{1QN} = 0,681$ ) và hiện trạng sinh kế ( $AC_{1QN} = 0,604$ ), trong khi ở huyện Minh Hóa cần quan tâm đến 03 yếu tố chính là hiện trạng chăm sóc sức khỏe ( $S_{1MH} = 0,630$ ), hiện trạng cung cấp thực phẩm ( $S_{2MH} = 0,625$ ) và dân số-xã hội ( $AC_{2MH} = 0,531$ ) vì các yếu tố chính này có TDBTT đều cao.

Khi tiến hành phân tích, đánh giá 03 nhóm cấu thành theo IPCC, kết quả lại cho thấy cộng đồng DTTS huyện Quảng Ninh có TDBTT do BĐKH đến sinh kế là lớn nhất ( $LVI_{IPCC} = 0,024$ ), tương ứng với TDBTT cao, tiếp theo là huyện Minh Hóa (-0,011) và thấp nhất là huyện Bồ Trạch (-0,004), đều ứng với TDBTT trung bình (Bảng 6). Nguyên nhân có thể là do huyện Quảng Ninh có mức độ nhạy cảm ( $S_{QN} = 0,456$ ) và đặc biệt là khả năng thích ứng ( $AC_{QN} = 0,472$ ) thấp nhất, dẫn đến TDBTT do BĐKH đến sinh kế của huyện là cao nhất trong khu vực nghiên cứu. Ngược lại, TDBTT do BĐKH đến sinh kế của huyện Bồ Trạch là thấp nhất vì khả năng thích ứng ( $AC_{BT} = 0,540$ ) là lớn nhất.

Bảng 6. Kết quả tính toán các yếu tố chính và  $LVI_{IPCC}$  của 3 huyện nghiên cứu.

STT	Các nhóm cấu thành	Số yếu tố chính	Huyện Quảng Ninh (QN)	Huyện Bồ Trạch (BT)	Huyện Minh Hóa (MH)
1	Mức độ phơi bày (E)	01	0,525	0,525	0,525
2	Mức độ nhạy cảm (S)	03	0,456	0,727	0,537
3	Khả năng thích ứng (AC)	03	0,472	0,540	0,533
	$LVI_{IPCC}$		0,024	-0,004	-0,011
	Phân cấp mức độ DBTT theo IPCC (đối chiếu với Bảng 4)		Cao	Trung bình	Trung bình



Hình 2. Giá trị 3 nhóm cấu thành (E), (S) và (AC) của khu vực nghiên cứu.

Nhìn chung, khu vực nghiên cứu có TDBTT do BĐKH đến sinh kế của cộng đồng DTTS theo 07 yếu tố chính (0,501–0,566) ứng với mức DBTT cao và theo IPCC (–0,004–0,024) dao động ứng với mức DBTT trung bình đến cao (Bảng 5–6). Do vậy, tại khu vực nghiên cứu, đặc biệt tại huyện Quảng Ninh cần có sự quan tâm của các đơn vị chức năng trong việc hỗ trợ cộng đồng DTTS chủ động, nâng cao khả năng thích ứng với BĐKH và hướng tới sinh kế bền vững.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Như vậy, TDBTT do BĐKH đến sinh kế của cộng đồng DTTS ở 03 huyện Minh Hóa, Bố Trạch và nhất là tại huyện Quảng Ninh, tỉnh Quảng Bình đang dao động ở mức DBTT trung bình đến cao cho thấy BĐKH có sự tác động rõ nét đến cộng đồng DTTS. Đây là cơ sở khoa học giúp cơ quan quản lý và nhà hoạch định chính sách có cái nhìn khái quát, định lượng về các nguồn lực tự nhiên, kinh tế–xã hội... trong khu vực để đề xuất các giải pháp thích ứng sinh kế phù hợp hơn.

Kết quả đánh giá TDBTT do BĐKH đến sinh kế theo cách tiếp cận LVI của Hahn & nnk (2009) cho khu vực nghiên cứu phụ thuộc vào việc lựa chọn bộ các yếu tố phụ và yếu tố chính, về mối quan hệ giữa các yếu tố đặc trưng khu vực và tính tiếp cận, sẵn có của các yếu tố.

Chỉ số  $LVI_d$  theo 7 yếu tố chính và  $LVI_{IPCC}$  có thể được sử dụng để đánh giá tác động và giám sát việc thực hiện các giải pháp chính sách, kỹ thuật nhằm giảm thiểu TDBTT do BĐKH đến sinh kế ở các cấp hành chính khác nhau (cấp xã/huyện/tỉnh...), diễn ra trong năm hoặc theo diễn biến thời gian.

Thông qua chỉ số LVI, một số giải pháp được đề xuất nhằm nâng cao khả năng thích ứng với BĐKH của cộng đồng DTTS, cụ thể, trước mắt cần: (i) Đẩy mạnh các hoạt động sinh kế gắn với đất rừng như trồng cây dược liệu, nuôi ong... đồng thời tăng cường tham gia hoạt du lịch bền vững gắn với bảo tồn và phát triển VQG Phong Nha–Kẻ Bàng; (ii) Khơi dậy ý thức tự nỗ lực vươn lên thoát nghèo tới cộng đồng DTTS để được tiếp cận nhiều tiện nghi hơn trong cuộc sống; (iii) Ưu tiên nguồn lực đầu tư cơ sở hạ tầng, phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao cho đồng bào DTTS. Về lâu dài, cần tập trung vào giải pháp tổng hợp để hạn chế tối đa các nhân tố tác động (E), giảm mức độ nhạy cảm (S), tăng cường năng lực thích ứng (AC) cho các xã/ huyện miền núi đặc biệt khó khăn, nơi sinh sống của cộng đồng DTTS nói riêng và các huyện miền núi nói chung trên toàn tỉnh.

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

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp quốc gia: Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất giải pháp sử dụng bền vững tài nguyên thiên nhiên gắn với sinh kế cộng đồng tại khu Di sản Thiên nhiên Thế giới VQG Phong Nha-Kẻ Bàng (Vườn Quốc gia), mã số: ĐTĐL.CN-35/20.

**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 sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

### **Tài liệu tham khảo**

1. DFID. Development on the Record. DFID Annual Report 2007. Department for International Development, 2007.
2. Bách, B.S.; Hòa, G.T.T.; Thắng, N.T.X. Nghiên cứu đánh giá mức độ dễ bị tổn thương sinh kế do biến đổi khí hậu tại các xã ven biển thuộc huyện Thạch Hà, tỉnh Hà Tĩnh. *Tap chí Khoa học Biến đổi khí hậu* **2018**, 5, 20–26.
3. Chính phủ. Nghị định số 05/2011/NĐ-CP ngày 14/01/2011 về Công tác dân tộc, 2011.
4. Núi, N.Đ. Chính sách dạy nghề và giải quyết việc làm cho lao động vùng dân tộc thiểu số ở Việt Nam. Nhà xuất bản Chính trị Quốc gia sự thật 2020, tr. 288.
5. Tổ chức Liên hợp quốc tại Việt Nam. Di cư, tái định cư và biến đổi khí hậu tại Việt Nam, Giảm nhẹ mức độ phơi bày trước hiểm họa và tổn thương từ khí hậu cực đoan thông qua di cư tự do và di dân theo định hướng, 2014, tr. 29.
6. Thuận, N.T.; Giai, N.S., Tổn thương về sinh kế ở các vùng liên quan đến dao động và biến đổi khí hậu. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 7, 9–14.
7. Châm, Đ.Đ.; Sơn, H.N.; Anh, N.K. Đánh giá mức độ tổn thương do tác động của biến đổi khí hậu ở các xã bãi ngang dải ven biển Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế và đề xuất mô hình sinh kế bền vững. Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ Hà Nội 2020, tr. 364.
8. Thủy, T.T.; Thục, T.; Hương, H.L.H. Đánh giá tính dễ bị tổn thương đối với đa thiên tai ở ven biển Trung Trung Bộ. *Tap chí Khoa học khí tượng thủy văn* **2020**, 718, 72–84.
9. Rentschler, J.; de Vries Robbé, S.; Braese, J.; Dũng, N.H; van Ledden. M.; Pozueta Mayo, B. Tăng cường khả năng chống chịu cho khu vực ven biển: Đảm bảo an toàn cho sự phát triển khu vực ven biển Việt Nam trước rủi ro thiên tai. Washington, DC: Ngân hàng Thế giới, 2020, tr. 230.
10. Trường, P.N.; Tuấn, L.A.; Ngọc, P.T.B.; Thắng, N.T.X. Áp dụng chỉ số dễ bị tổn thương sinh kế gắn với rừng ngập mặn trong bối cảnh Biến đổi khí hậu tại các huyện Nga Sơn và Hậu Lộc, tỉnh Thanh Hóa. *Tap chí Khoa học kỹ thuật Thủy Lợi và Môi trường* **2019**, 65, 123–130.
11. Cảnh, L.Q.; Vân, H.N.T.; Thành, N.T.; Huy, N.Đ.; Quang, T.H.; Tài, T.T. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nhiệt độ và lượng mưa khu vực tỉnh Quảng Bình. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 724, 1–14.
12. Ủy ban nhân dân tỉnh Quảng Bình. Báo cáo Rà soát thực hiện các chế độ chính sách trên địa bàn các xã, thôn đặc biệt khó khăn vùng dân tộc thiểu số và miền núi giai đoạn 2016 – 2020, số 175/BC-UBND ngày 13 tháng 7 năm 2021.
13. Ban dân tộc tỉnh Quảng Bình. Kết quả điều tra, thu thập thông tin về thực trạng kinh tế – xã hội DTTS tỉnh Quảng Bình năm 2019.
14. Ủy ban nhân dân tỉnh Quảng Bình. Báo cáo Kết quả rà soát, xác định các dân tộc còn gặp nhiều khó khăn, có khó khăn đặc thù giai đoạn 2021–2025 trên địa bàn tỉnh Quảng Bình. Quyết định số 39/2020/QĐ-TTg, số 87/BC-UBND, ngày 20 tháng 4 năm 2021.
15. IPCC. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of

- Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, UK, 2001, pp. 976.
16. IPCC. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, UK, 2007, pp. 1032.
  17. Ủy ban Khoa học, Công nghệ và Môi trường. Ứng phó với Biến đổi khí hậu ở Việt Nam, Nhà Xuất bản thanh niên, Hà Nội, 2017, tr. 395.
  18. Hahn, M.B.; Riederer, A.M.; Foster, S.O. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change – a case study in Mozambique. *Global Environ. Change* 2009, 19, 74–88.
  19. Lý, N.Đ.; Dương, N.H.; Đại, N. Khí hậu và thủy văn tỉnh Quảng Bình. Nhà xuất bản Khoa học kỹ Thuật, Hà Nội 2013, tr. 310.
  20. Mai, T. Đa dạng văn hóa tộc người khu vực Phong Nha– Kẻ Bàng, 2019. <https://phongnhakebang.vn/da-dang-van-hoa-toc-nguoi-khu-vuc-phong-nha-ke-bang.html>
  21. Tỉnh ủy Quảng Bình. Báo cáo về già hóa dân số và chất lượng dân số; Biến đổi khí hậu và môi trường trên địa bàn tỉnh Quang Bình, số 43/BC–TU ngày 19/3/2021, tr. 30.
  22. Trung tâm Quan trắc Khí tượng Thủy văn. Bộ số liệu khí tượng trạm đo huyện Tuyên Hóa, tỉnh Quảng Bình, giai đoạn 1971–2020, 2021.
  23. UNDP. Reducing disaster risk: A challenge for development, United Nations Development Programme, Bureau for Crisis Prevention and Recovery, New York, 2004, pp. 149.
  24. UNDP. Human development reports, United Nations Development Programme 1 UN Plaza, New York, New York, 10017, USA, 2007, pp. 384.
  25. Ngọc, P.T.B.N.; Sơn, H.N.; Chi, L.K. Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu đến sinh kế tại ba xã đồng bằng thấp trũng thuộc huyện Can Lộc, tỉnh Hà Tĩnh. *Tap chí Khoa học Biến đổi khí hậu* 2019, 10, 55–64.
  26. Sullivan, C.A.; Meigh, J.R.; Fediw, T.S. Derivation and testing of the Water Poverty Index Phase 1. Final Report May 2002. Wallingford, Centre for Ecology and Hydrology, 2002, pp. 603.
  27. Ủy ban dân tộc và Tổng cục thống kê, Kết quả điều tra thu thập thông tin về thực trạng kinh tế–xã hội của 53 dân tộc thiểu số năm 2019. Nhà xuất bản thống kê, Hà Nội, 2020, tr. 102.

## **Assessment of the vulnerability due to climate change to the livelihood of ethnic groups living in three districts of Minh Hoa, Bo Trach and Quang Ninh, Quang Binh province**

**Mai Thi Huyen<sup>1\*</sup>, Tran Thanh Lam<sup>1</sup>, Bui The Doi<sup>2</sup>, Ha Quang Anh<sup>3</sup>, Phung Ngoc Truong<sup>4</sup>, Pham Van Toan<sup>4</sup>, Nguyen Thi Xuan Thang<sup>5</sup>, Tran Binh Minh<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Environment Science and Climate Change; maihuyenhus@gmail.com; lamiesccvn@gmail.com;

<sup>2</sup> Vietnam National University of Forestry; doibt@vnuf.edu.vn

<sup>3</sup> Ozone Layer Protection and Low Carbon Economy Development Center; qanhsilvi@gmail.com

<sup>4</sup> Center for Research and Environmental Planning; ngoctruongrpe@gmail.com, Quangtoan9622@gmail.com

<sup>5</sup> Ministry of Industry and Trade; ntxthang@gmail.com

<sup>6</sup> National Center for Technological Progress; minh07111996@gmail.com

**Abstract:** The Livelihood Vulnerability Index (LVI) was employed in this study in order to quantify levels of vulnerability due to Climate Change (CC) to the livelihood of ethnic groups living in 03 districts of Minh Hoa, Bo Trach, and Quang Ninh, Quang Binh province, adjacent to Phong Nha-Ke Bang National Park—the UNESCO World Natural Heritage. The multiple-criteria comprise 64 sub-components, 7 key components, including Natural disasters and climate change variability (E), Health care (S<sub>1</sub>), Food supply (S<sub>2</sub>), Access to facilities (S<sub>3</sub>), Livelihoods (AC<sub>1</sub>), Socio-demographics (AC<sub>2</sub>), Social networks (AC<sub>3</sub>), and divided into 3 components according to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), including Exposure (E), Sensitivity (S), Adaptive capacity (AC). The results show that the impact of CC on the livelihood of ethnic groups in the study area seem to be high, however, (AC) has not been developed sufficiently to respond to the phenomena of extreme and unpredictable weather and climate, etc. LVI assessment approach will assist local authorities, policy makers to monitor the levels of vulnerability, therefore, serving as a basis for development of proposing policy to promote the diversification of livelihoods, to improve adaptive capacity to CC, and contributing to improvement the quality of life, especially in the context of CC.

**Keywords:** Climate change; Ethnic Groups; The Livelihood Vulnerability Index (LVI).

Bài báo khoa học

## Đánh giá chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình giai đoạn 2011–2020 và đề xuất một số giải pháp phòng ngừa ô nhiễm môi trường nước hồ

Lê Ngọc Cầu<sup>1\*</sup>, Ngô Thị Vân Anh<sup>1</sup>, Phạm Thị Quỳnh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Hồng Chiên<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; caukttv@gmail.com; vananhmd@gmail.com; quynhpt0310@gmail.com

<sup>2</sup> Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Bắc; nchien77@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: caukttv@gmail.com; Tel.: +84–912598027

Ban Biên tập nhận bài: 10/12/2021; Ngày phản biện xong: 25/1/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

**Tóm tắt:** Hồ chứa Hòa Bình đóng một vai trò quan trọng trong hoạt động phát triển kinh tế–xã hội, phòng chống thiên tai cho khu vực đồng bằng sông Hồng và các vùng lân cận. Trong thời gian vừa qua, với sự gia tăng nguồn thải từ các hoạt động dân sinh, hoạt động nông nghiệp, công nghiệp, thương mại và dịch vụ của vùng, chất lượng nước mặt hồ chứa Hòa Bình đã bắt đầu suy giảm. Vì thế, mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích, đánh giá chất lượng nước hồ Hòa Bình trong thời gian gần đây (giai đoạn từ năm 2011–2020) và đề xuất giải pháp tổng hợp phòng ngừa ô nhiễm môi trường nước hồ. Kết quả nghiên cứu cho thấy nhìn chung, chất lượng nước hồ Hòa Bình còn khá tốt, phần lớn các thông số chất lượng nước đạt QCVN 08:2015 loại A1, chỉ một vài thông số như TSS, COD, BOD<sub>5</sub> tại một số mặt cắt đạt giá trị xấp xỉ loại A2. Đồng thời, kết quả cũng chỉ ra một xu thế gia tăng nhẹ nồng độ TSS, COD, BOD<sub>5</sub> trong những năm gần đây, thậm chí tại một số mặt cắt vào một số thời điểm vượt QCVN 08:2015 loại A2.

**Từ khóa:** Hồ Hòa Bình; Chất lượng nước; Ô nhiễm.

### 1. Mở đầu

Hồ chứa là công trình chứa nước nhân tạo có vai trò quan trọng phục vụ phát triển kinh tế–xã hội cho một khu vực như điều tiết lũ, phát điện, cấp nước sinh hoạt, cấp nước cho công nghiệp, nông nghiệp, giao thông thủy, du lịch... Hồ chứa được phát triển ở rất nhiều nơi trên thế giới và cả ở Việt Nam từ khá lâu và đã đem lại những lợi ích to lớn. Tuy nhiên, lợi ích của hồ chứa lại phụ thuộc vào công tác quản lý vận hành và khai thác hồ có hiệu quả hay không. Trong đó, việc giám sát, đánh giá chất lượng nước hồ phù hợp với mục đích sử dụng nước là rất quan trọng và phải tiến hành thường xuyên, liên tục.

Các quốc gia trên thế giới rất quan tâm và đã thực hiện rất nhiều nghiên cứu về chất lượng nước hồ chứa như các nghiên cứu đánh giá chất lượng nước hồ chứa Qiandao (Trung Quốc) [1]; hồ chứa Gilgel Gibe (Ethiopia) [2]; hồ chứa Vargem das Flores (Brazil) [3]; ba hồ Kukkarahalli, hồ Karanji và hồ Dalvoy (Ấn Độ) [4]; ba hồ phía bắc (Sardis, Enid và Grenada) và một hồ trung tâm (Ross Barnett Reservoir) của Mississippi (Hoa Kỳ) [5]; hồ chứa Ridracoli (Ý) [6]; hồ chứa Xin'anjiang (Chiết Giang, Trung Quốc) [7], hồ chứa Paldang (Hàn Quốc) [8]. Về cơ bản, các nghiên cứu này đánh giá diễn biến chất lượng nước hồ theo phạm vi không gian và theo thời gian (mùa, năm) và ứng dụng các phương pháp nghiên cứu chính gồm có phương pháp lấy mẫu, phân tích và so sánh với tiêu chuẩn [1, 2,



4–7], phương pháp phân tích thống kê [3, 7–8], để đánh giá chất lượng, mức độ ô nhiễm và diễn biến, xu thế thay đổi của chất lượng nước hồ.

Tại Việt Nam, nghiên cứu về chất lượng nước các hồ chứa cũng thu hút được khá nhiều sự quan tâm và được thực hiện ở nhiều nơi như hồ Trị An (tỉnh Đồng Nai) [9–11], hồ Phú Vinh (tỉnh Quảng Bình) [12], hồ Đá Đen (tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu) [13, 15], hồ Cao Vân (tỉnh Quảng Ninh) [14–15], hồ Bộc Nguyên (tỉnh Hà Tĩnh) [15], hồ Thác Bà (tỉnh Yên Bái) [16], hồ thủy điện Sơn La (tỉnh Sơn La) [17–18] và hồ Hòa Bình (tỉnh Hòa Bình) [19–21]. Nói chung, các hồ chứa này đều là hồ đa mục tiêu, trong đó đặc biệt phục vụ cấp nước sinh hoạt cho các đô thị, khu dân cư. Về phương pháp nghiên cứu, tại Việt Nam, phương pháp đánh giá chất lượng nước hồ chứa phổ biến nhất là phương pháp so sánh số liệu chất lượng nước hồ với quy chuẩn chất lượng nước (QCVN) [9, 12, 15–21], tiếp đến là phương pháp xây dựng các loại chỉ số chất lượng nước (WQI, TSI,...) [11–15, 21] và phương pháp phân tích thống kê [11], phương pháp mô hình hóa [10, 13]. Tùy vào mục đích cụ thể của từng nghiên cứu và tùy vào mức độ sẵn có của số liệu để lựa chọn phương pháp nghiên cứu đánh giá chất lượng nước hồ phù hợp.

Hồ chứa Hòa Bình phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau như sản xuất điện, điều tiết lũ và cung cấp nước tưới cho đồng bằng sông Hồng và các vùng phụ cận, giao thông thủy, nuôi trồng thủy sản và một nhiệm vụ quan trọng là cung cấp nước sinh hoạt cho thủ đô Hà Nội và các vùng lân cận [19]. Sau 30 năm hoạt động, hồ chứa Hòa Bình đã mang lại lợi ích kinh tế đáng kể cho cả nước nói chung và vùng Tây Bắc nói riêng. Tuy nhiên, theo thời gian cùng với sự thay đổi của tự nhiên và sự gia tăng các hoạt động dân sinh, kinh tế trên lưu vực sông Đà, đến nay hồ đã có những biến đổi như giảm dung tích do lắng đọng bùn cát, chất lượng nước có chiều hướng suy giảm do gia tăng xả thải ô nhiễm từ các hoạt động công nghiệp, nông nghiệp, giao thông thủy, nuôi trồng thủy sản và sinh hoạt của người dân sống trên lưu vực. Từ khi hồ Hòa Bình hình thành đến nay, đã có một số nghiên cứu đánh giá chất lượng hồ được thực hiện. Tuy nhiên, các nghiên cứu này đã tiến hành từ khá lâu cách đây trên 10 năm [19–20], hoặc quy mô rất hạn chế chỉ tại một phần của hồ và trong một khoảng thời gian ngắn [21]. Để có cái nhìn đầy đủ, cập nhật về chất lượng hồ Hòa Bình, chúng tôi tiến hành nghiên cứu này nhằm đánh giá hiện trạng và diễn biến chất lượng nước hồ trong giai đoạn 10 năm gần đây (2011–2020).

Như vậy, việc quan trắc, giám sát và đánh giá chất lượng nước hồ Hòa Bình thường xuyên và liên tục nhằm đảm bảo mục đích cấp nước sinh hoạt và các mục đích khác như cấp nước tưới, nuôi trồng thủy sản, bảo vệ môi trường sinh thái hồ là rất quan trọng giúp cho công tác quản lý vận hành và khai thác hồ hiệu quả, đồng thời là cơ sở để đề xuất các giải pháp bảo vệ môi trường hồ.

## **2. Phương pháp nghiên cứu và thu tập tài liệu**

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

Hồ chứa Hòa Bình là một công trình thủy điện quan trọng nằm trên dòng sông Đà. Hồ có tọa độ địa lý từ 20°48'30" vĩ độ Bắc, 105°19'26" kinh độ Đông đến 21°19'43" vĩ độ Bắc, 103°54'52" kinh độ Đông. Hồ chạy dài hơn 200km từ thành phố Hòa Bình lên đến huyện Mường La, tỉnh Sơn La. Hồ chứa Hòa Bình được xây dựng từ những năm 1970 và bắt đầu tích nước từ năm 1989 với dung tích là 9,45 tỷ m<sup>3</sup>, dung tích hữu ích là 5,65 tỷ m<sup>3</sup>, dung tích chống lũ là 5,60 tỷ m<sup>3</sup>. Đặc điểm hình thái của hồ Hòa Bình là hồ chứa dạng sông dài và hẹp với khá nhiều các nhập lưu gia nhập khu giữa như suối Nậm Bú, Nậm Sập, suối Tắc,... Đặc điểm lưu vực của hồ là núi và cao nguyên nên dân cư sống ven hồ thưa thớt [19].

## 2.2. Phương pháp kế thừa và tiếp cận hệ thống

Khi nghiên cứu đánh giá chất lượng nước hồ Hòa Bình giai đoạn từ năm 2011–2020 và đề xuất giải pháp phòng ngừa ô nhiễm môi trường nước hồ, nhóm tác giả đã kế thừa có chọn lọc số liệu quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình và các báo cáo liên quan, từ đó tổng hợp, phân tích và đánh giá một cách hệ thống để đánh giá hiện trạng, diễn biến chất lượng nước mặt của hồ theo không gian (dọc hồ) và theo hai mùa (mùa mưa và mùa khô). Ngoài ra, nhóm tác giả cũng kế thừa các nghiên cứu về điều kiện tự nhiên, tài nguyên và môi trường, sự phát triển kinh tế–xã hội của tỉnh Hòa Bình để phục vụ việc phân tích nguyên nhân gây ô nhiễm nước hồ; từ đó có thể đề xuất giải pháp phù hợp nhằm ngăn chặn sự ô nhiễm môi trường nước hồ.

## 2.3. Phương pháp phân tích số liệu

Số liệu thu thập được xử lý trên ứng dụng Excel để phân tích thống kê. Kết quả đánh giá chất lượng nước hồ theo không gian và thời gian, sau đó được trình bày dưới dạng biểu đồ và đồ thị và sử dụng phương pháp so sánh với Quy chuẩn quy định giá trị giới hạn các thông số chất lượng nước mặt QCVN08:2015/BTNMT, loại A1 tương ứng mục đích cấp nước sinh hoạt và bảo tồn động thực vật thủy sinh; loại A2 tương ứng phục vụ mục đích cấp nước sinh hoạt có áp dụng công nghệ xử lý phù hợp hoặc loại B1 mục đích sử dụng như tưới tiêu, thủy lợi hoặc mục đích sử dụng khác như B2 và loại B2 mục đích sử dụng cho giao thông thủy và mục đích khác với nước chất lượng thấp [22]. Trên cơ sở so sánh kết quả chất lượng nước hồ chứa so với Quy chuẩn hiện hành và đánh giá, phân tích sự biến đổi chất lượng nước hồ theo không gian và thời gian, kết hợp với việc phân tích đặc điểm tự nhiên và tình hình phát triển kinh tế–xã hội của khu vực hồ Hòa Bình, nhóm tác giả sẽ đề xuất các giải pháp nhằm bảo vệ chất lượng nước hồ không bị suy giảm.

## 2.4. Thu thập số liệu nghiên cứu

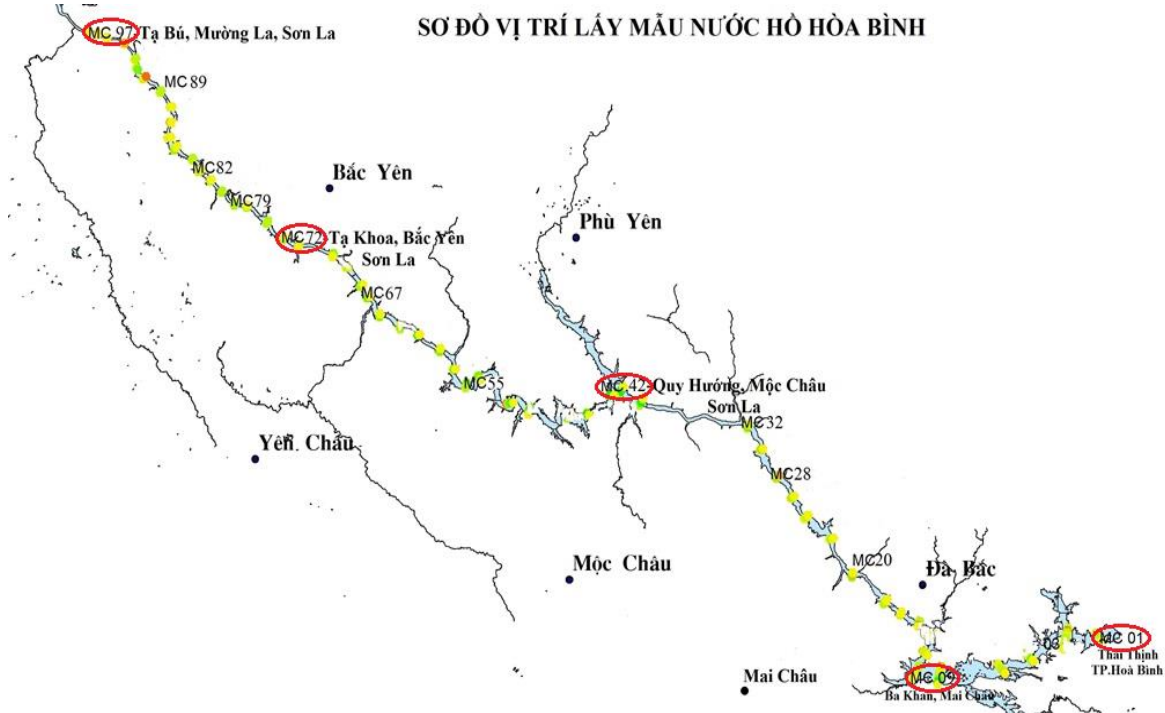
Trong nghiên cứu này, số liệu chất lượng nước hồ Hòa Bình được thu thập, kế thừa từ 2 nguồn:

- Số liệu từ năm 2011 đến năm 2013 được thu thập từ nhiệm vụ thường xuyên quan trắc môi trường hồ Hòa Bình của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu.
- Số liệu từ năm 2015 đến 2020 được thu thập, kế thừa từ Kết quả quan trắc định kỳ môi trường nước hồ Hòa Bình của Công ty Thủy điện Hòa Bình.

Năm 2014, do tình hình khách quan (mực nước hồ quá thấp và tài chính hạn chế) nên không tiến hành quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình, vì vậy, không có số liệu từ cả 2 nguồn trên.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn 05 điểm quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình tại 5 mặt cắt đại diện dọc theo hồ từ hạ lưu đến thượng lưu, đó là mặt cắt số 01 (MC01)–hạ lưu hồ, mặt cắt số 09 (MC09)–hạ lưu hồ, mặt cắt số 42 (MC42)–trung lưu hồ, mặt cắt số 72 (MC72)–trung lưu hồ, mặt cắt số 97 (MC97)–thượng lưu hồ (Hình 1). Từ năm 2017, có sự thay đổi về số lượng mặt cắt và số thứ tự các mặt cắt trên hồ Hòa Bình vì vậy, trong bài báo này, kí hiệu mặt cắt cũ đã được quy về kí hiệu theo hệ thống mặt cắt mới. Số liệu quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình được trình bày cụ thể trong các Bảng 1 và Bảng 2.

Do một số yếu tố khách quan nên bộ số liệu chất lượng nước hồ Hòa Bình giai đoạn 2011–2020 thu thập được gặp một số vấn đề như các thông số chất lượng nước thu thập từ 2 nguồn không trùng nhau hoàn toàn, số đợt quan trắc một số năm không đủ 2 mùa (khô, mưa). Ví dụ, năm 2011, 2012 không quan trắc pH, TSS, DO, chất hoạt động bề mặt (HĐBM). Năm 2013 và 2015, không quan trắc TSS mà lại quan trắc độ đục... Năm 2012, 2013, 2016 chỉ quan trắc 1 đợt vào mùa khô (tháng 11–12). Tuy nhiên, dựa trên tính sẵn có của số liệu, nhóm tác giả đã xem xét lựa chọn và tổng hợp những số liệu khả thi nhất cho nghiên cứu này.



**Hình 1.** Sơ đồ vị trí lấy mẫu nước hồ Hòa Bình nghiên cứu (05 điểm khoanh tròn) [23].

**Bảng 1.** Kết quả quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình từ năm 2011–2015 [24].

Thông số	Nhiệt độ	pH	Độ đục*	DO	BOD <sub>5</sub>	CO <sub>D</sub>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Tổng P	Tổng N	Fe	Hg	As	F <sup>-</sup>	Tổng Coliform
Vị trí lấy mẫu	°C	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	MPN/100 ml
MC 01					2,1	6,3	3,38	0,255	0,002	0,424	0,061	0,16			0,124	
MC 09					1,8	4,6	3,49	0,287	0,004	0,495	0,053	0,22			0,129	
MC 42					3,7	10,5	4,56	0,314	0,002	0,51	0,082	0,61			0,129	
MC 01					1,7	5,9	2,7	0,517	0,003	1,063	0,059	0,188			0,091	370
MC 09					1,5	5,2	2,16	0,400	0,002	0,912	0,059	0,281			0,087	360
MC 42					3,2	10,2	2,19	0,300	0,002	0,777	0,07	0,47			0,074	400
MC 72					1,5	5,3	1,76	0,271	0,002	0,742	0,076	0,301			0,096	360
MC 97					1,1	4,3	1,86	0,336	0,002	0,824	0,057	0,366			0,096	750
MC 01					2,3	5,5	1,78			0,055	1,201	0,079			0,103	320
MC 09					2,5	6,1	1,67	0,495	0,003	0,062	1,248	0,172			0,11	380
MC 42					3,9	9,4	1,33	0,474	0,003	0,068	0,783	0,286			0,095	350
MC 72					3,2	7,7	1,31	0,321	0,002	0,075	0,790	0,199			0,096	450
MC 97					3,6	8,9	1,4	0,312	0,002	0,054	0,856	0,231			0,107	930
MC 01	21,5	7,59	1	6,8	2,3	8,3	1,57	0,343	0,002	0,051	1,05	0,081	0,0041	0,00013	0,15	350
MC 09	21,5	7,98	2	6,6	2,5	10,3	1,98			0,058	1,03	0,165	0,0043	0,00015	0,17	310
MC 42	21,4	7,81	8	6,5	3,9	10,3	2,17	0,513	0,004	0,063	0,93	0,291	0,0035	0,00011	0,13	520
MC 72	21,3	7,86	34	6,7	3,2	10,3	1,72	0,488	0,003	0,071	0,93	0,208	0,003	0,0001	0,12	470
MC 97	21,3	7,93	57	6,4	3,6	8,3	1,62	0,339	0,002	0,056	0,99	0,238	0,0039	0,00016	0,11	680
MC 01	29,3	8	20	6,2	1,6	5,5	8,22	0,325	0,003	0,94	0,042	0,01	0,00012	0,0036	0,31	370
MC 09	29,1	7,9	65	6	2,9	11	5,2	0,357	0,003	0,8	0,045	0,18	0,00014	0,0039	0,27	470
MC 42	29,1	7	215	6,1	4,1	16,4	4,06	0,255	0,002	0,954	0,055	0,27	0,00021	0,0045	0,61	520
MC 01	24,5	7,6	3,4	6,3	1,4	6,3	0,928	0,287	0,004	0,036	0,793	0,09	0,00011	0,0031	0,101	350
MC 09	24,5	8	10,4	6,1	2,3	9,3	1,229	0,314	0,002	0,043	0,874	0,14	0,00012	0,0033	0,11	540
MC 42	23	7,7	3,4	5,9	1,8	7,9	0,972	0,517	0,003	0,052	0,954	0,21	0,00013	0,0034	0,113	520
MC 72	21,5	7,5	9,7	6,2	2,2	9,3	0,99	0,400	0,002	0,055	0,952	0,22	0,00014	0,003	0,107	360
MC 97	23	7,8	10,3	5,9	2,8	11,4	0,857	0,300	0,002	0,044	0,839	0,23	0,00016	0,0038	0,136	750

**Bảng 2.** Kết quả quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình từ năm 2016–2020 [23].

Thời điểm lấy mẫu	Thông số	Nhiệt độ	pH	TSS	DO	BOD <sub>5</sub>	COD	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Cd	Pb	Hg	As	Chất HDBM	Coliform
	Vị trí lấy mẫu	°C	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	CFU/100ml
T12/2016	MC 01	24,5	7,6	3	6,1	4,2	9,4	1,201	0,72	<0,005	0,015	0,003	<0,002	<0,0004	0,0026	0,021	450
T12/2016	MC 09	25,1	7,8	7	5,9	5,6	14,1	1,31	0,46	0,011	0,022	<0,0005	0,003	<0,0004	0,0031	0,025	810
T12/2016	MC 42	24,8	8,3	74	6,2	2,6	8,9	1,22	0,75	0,004	0,012	<0,0015	0,0022	<0,0004	0,0031	0,018	610
T12/2016	MC 72	24,8	8,2	18	6,2	2,8	8,8	1,12	0,88	0,006	0,014	<0,002	<0,002	<0,0004	0,0026	0,015	640
T12/2016	MC 97	25,8	7,9	24	6,1	2,8	8,6	1,08	0,65	0,005	0,012	<0,0015	0,0023	<0,0004	0,0028	0,012	730
T5/2017	MC 01	27	7,7	15	6	2,5	7,2	2,192	0,733	0,011	0,019	0,0016	0,0021	0,0005	0,0026	0,011	570
T5/2017	MC 09	28,5	8	10	6,1	3,7	11,5	1,252	0,614	0,008	0,016	<0,0015	0,0023	<0,0004	0,0028	0,015	330
T5/2017	MC 42	26,7	7,9	19	6,1	2,9	7,8	1,352	0,674	0,006	0,022	<0,0015	0,0024	<0,0004	0,0026	0,016	550
T5/2017	MC 72	25,4	7,7	11	6	3,3	9,8	1,182	0,514	0,007	0,015	<0,0015	0,0025	<0,0004	0,0027	0,014	500
T5/2017	MC 97	23,5	7,8	21	6	4,6	11,1	1,244	0,625	0,009	0,021	<0,0015	0,0023	<0,0004	0,0027	0,013	470
T11/2017	MC 01	24,2	7,5	7	6	4,5	12,2	2,672	0,792	0,012	0,026	<0,0015	0,0025	<0,0004	0,0027	0,018	610
T11/2017	MC 09	25,1	7,9	9	5,9	3	9,5	2,353	0,722	0,009	0,021	<0,0015	0,0023	<0,0004	0,0031	0,014	390
T11/2017	MC 42	25,6	7,7	12	6,1	4	11,1	2,621	0,854	0,008	0,019	0,0016	0,0025	0,0005	0,0029	0,016	550
T11/2017	MC 72	24,9	7,8	7	5,9	3,5	10,8	1,383	0,752	0,01	0,024	<0,0015	0,0026	<0,0004	0,0033	0,019	680
T11/2017	MC 97	24,5	8	10	6,1	2,8	8,9	1,684	0,693	0,013	0,02	0,0017	0,0028	<0,0004	0,0026	0,025	580
T5/2018	MC 01	26,5	7,9	12	5,9	2,8	8,1	2,009	0,631	<0,005	0,016	<0,0015	0,0022	<0,0004	0,0028	0,013	390
T5/2018	MC 09	26,9	7,6	10	6	3,1	9,5	2,034	0,699	<0,005	0,018	<0,0015	0,0019	<0,0004	0,003	0,016	440
T5/2018	MC 42	25,2	8	24	5,9	3,4	8,5	1,701	0,603	<0,005	0,02	<0,0015	0,002	<0,0004	0,0028	0,014	450
T5/2018	MC 72	27,3	7,4	20	6,1	3,2	9	1,315	0,561	0,006	0,017	<0,0015	0,0021	<0,0004	0,0024	0,017	560
T5/2018	MC 97	26,7	8	14	6,1	2,8	8,9	1,685	0,741	0,009	0,021	<0,0015	0,0024	<0,0004	0,0035	0,019	590
T11/2018	MC 01	26,2	7,8	6	5,9	3,7	10,2	2,001	0,692	0,007	0,025	<0,0015	0,0028	<0,0004	0,0029	0,026	460
T11/2018	MC 09	26,1	7,6	8	5,9	3,1	11,3	1,293	0,643	0,009	0,021	0,0016	0,0021	<0,0004	0,0031	0,021	370
T11/2018	MC 42	25,9	7,7	5	6	4,7	13,2	1,486	0,682	<0,005	0,02	<0,0015	0,0024	<0,0004	0,0027	0,028	560
T11/2018	MC 72	26,4	7,3	4	5,9	3	8,8	1,236	0,673	0,006	0,017	<0,0015	0,0022	<0,0004	0,003	0,019	610
T11/2018	MC 97	25,5	7,9	21	6	3,6	11,9	1,406	0,702	0,01	0,022	0,0017	0,0025	<0,0004	0,0033	0,024	350
T5/2019	MC 01	26,1	7,4	15	5,9	3,2	9,6	1,528	0,865	0,016	0,020	0,0016	0,0021	0,0008	0,0034	0,016	580
T5/2019	MC 09	25,8	7,2	11	5,8	3,3	12,1	1,902	0,658	0,011	0,022	<0,0015	0,002	<0,0004	0,0033	0,026	460
T5/2019	MC 42	26	7,5	8	6	3,7	13,5	1,625	0,752	0,016	0,029	<0,0015	<0,0018	<0,0004	0,0029	0,038	490
T5/2019	MC 72	26,3	7,6	30	5,9	3,5	11,7	1,981	0,717	0,001	0,025	<0,0015	0,0023	<0,0004	0,0027	0,019	530
T5/2019	MC 97	26,2	7,7	18	6	2,6	11,3	1,733	0,815	0,012	0,024	<0,0015	0,0016	<0,0004	0,003	0,031	600
T11/2019	MC 01	26,8	7,8	8	5,9	3,9	9,5	1,763	0,651	0,008	0,029	<0,0015	0,0033	<0,0005	0,003	0,03	420
T11/2019	MC 09	26,5	7,9	18	6	3,5	11,5	1,432	0,625	0,014	0,025	<0,0015	<0,0018	<0,0005	0,0028	0,017	390
T11/2019	MC 42	26,7	7,5	22	6	4,5	14,2	1,805	0,715	0,013	0,029	<0,0015	0,0025	<0,0005	0,0031	0,024	450
T11/2019	MC 72	26,4	7,4	30	5,9	3,5	11,3	1,625	0,683	0,016	0,021	<0,0015	0,0028	<0,0005	0,0033	0,02	390
T11/2019	MC 97	26,2	7,8	24	5,9	4	12,7	1,902	0,815	0,019	0,031	<0,0015	0,0022	<0,0004	0,0029	0,03	520
T5/2020	MC 01	31,1	7,97	5,7	4,86	7,17	12,5	7,09	<0,02	0,009	<0,005	0,002	0,005	<0,0005	0,007	0,050	1200
T5/2020	MC 09	24,3	7,18	5,5	4,78	6,4	14,3	11,34	0,027	0,006	0,024	0,003	0,008	<0,0005	0,006	0,042	1100
T5/2020	MC 42	25,5	7,12	3,2	5,11	10,5	14,9	<5	<0,02	0,009	<0,005	0,002	0,006	<0,0005	0,005	0,040	1200
T5/2020	MC 72	25,8	7,88	11,2	5,32	13,5	18,9	10,34	<0,02	0,006	0,019	<0,002	0,005	<0,0005	0,005	0,054	1300
T5/2020	MC 97	30,5	7,63	5,76	4,91	7,51	12,7	6,85	<0,02	<0,005	0,022	0,003	0,006	<0,0005	0,004	0,048	1100
T11/2020	MC 01	25,3	7,27	15	6,33	10,56	15,16	9,22	<0,02	<0,005	<0,005	<0,002	0,005	<0,0005	0,004	0,042	930
T11/2020	MC 09	25,2	7,25	31,6	8,01	9,25	16,08	6,25	0,65	0,023	0,035	<0,002	0,003	<0,0005	0,003	0,038	1100
T11/2020	MC 42	25,7	7,38	25,6	7,79	11,6	18,1	<5	0,355	0,015	0,032	<0,002	0,011	<0,0005	0,004	0,037	1000
T11/2020	MC 72	26	7,43	24,2	6,27	11,1	17,5	5,67	0,157	0,016	0,025	<0,002	0,007	<0,0005	0,009	0,046	920
T11/2020	MC 97	25,3	7,34	13,2	7,63	9,06	17,89	<5	<0,02	0,013	<0,005	<0,002	0,009	<0,0005	<0,003	0,050	1000

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình

Do đặc điểm, tính chất của hồ chứa Hòa Bình là hồ dạng sông, dài và hẹp, chế độ mực nước luôn thay đổi trong năm theo mùa và theo quy trình vận hành hồ. Vì vậy, nồng độ của

các thông số chất lượng nước sẽ có sự thay đổi theo không gian– dọc theo chiều dài hồ và theo thời gian– theo mùa (khô, mưa) và theo quá trình vận hành hồ– giai đoạn mực nước hồ xuống thấp và giai đoạn hồ tích nước đến cao trình bình thường.

Trong bài báo này, hiện trạng và diễn biến chất lượng nước hồ Hòa Bình được đánh giá tại 5 mặt cắt (MC01, MC09, MC42, MC72, MC97) dọc theo hồ từ hạ lưu đến thượng lưu và theo 2 thời điểm trong năm là đầu mùa mưa (tháng 5–6) khi mực nước hồ xuống thấp (cao trình mực nước 80–85 m) và mùa khô (tháng 11–12) khi hồ tích nước đến cao trình bình thường (115–117 m). Kết quả đánh giá chất lượng nước hồ Hòa Bình trong giai đoạn 2011–2020 cụ thể như trong Bảng 3.

**Bảng 3.** Kết quả đánh giá chất lượng nước hồ Hòa Bình giai đoạn năm 2011–2020.

Thông số (đơn vị)	Mùa	Khoảng dao động		Trung bình	Độ lệch chuẩn (SD)	QCVN 08:2015	
		Min	Max			A1	A2
<b>pH</b>	mưa	7,0	8,0	7,7	0,3	<b>6–8,5</b>	<b>6–8,5</b>
	khô	7,3	8,3	7,7	0,3		
<b>TSS</b> (mg/l)	mưa	3,2	<b>30</b>	13,5	6,9	<b>20</b>	<b>30</b>
	khô	3,0	<b>74</b>	15,5	13,9		
<b>DO</b> (mg/l)	mưa	<b>4,8</b>	6,2	5,8	0,4	<b>≥6</b>	<b>≥5</b>
	khô	5,9	8,0	6,3	0,5		
<b>BOD<sub>5</sub></b> (mg/l)	mưa	1,6	<b>13,5</b>	4,2	2,7	<b>4</b>	<b>6</b>
	khô	1,1	<b>11,6</b>	3,9	2,5		
<b>COD</b> (mg/l)	mưa	4,6	<b>18,9</b>	10,7	3,3	<b>10</b>	<b>15</b>
	khô	4,3	<b>18,1</b>	10,3	3,3		
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> (mg/l)	mưa	0,027	0,865	0,538	0,232	<b>2</b>	<b>5</b>
	khô	0,157	0,880	0,553	0,181		
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> (mg/l)	mưa	0,0012	0,016	0,008	0,004	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
	khô	0,0015	0,023	0,007	0,005		
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> (mg/l)	mưa	0,015	0,029	0,021	0,004	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
	khô	0,012	0,035	0,022	0,006		
<b>Cd</b> (mg/l)	mưa	0,0016	0,003	0,0022	0,0006	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>
	khô	0,0016	0,003	0,0019	0,0006		
<b>Pb</b> (mg/l)	mưa	0,0016	0,008	0,0032	0,0018	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>
	khô	0,0021	0,011	0,0035	0,0024		
<b>Hg</b> (mg/l)	mưa	0,0001	0,0008	0,0004	0,0003	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
	khô	0,0001	0,0043	0,0018	0,0019		
<b>As</b> (mg/l)	mưa	0,0024	0,007	0,0036	0,0012	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>
	khô	0,0001	0,009	0,0028	0,0016		
<b>Chất HDBM</b> (mg/l)	mưa	0,011	0,054	0,026	0,014	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
	khô	0,012	<b>0,17</b>	0,063	0,046		
<b>Coliform</b> CFU hoặc MNP/100ml	mưa	330	1300	642	300	<b>2500</b>	<b>5000</b>
	khô	310	1100	556	213		

### 3.1.1. Thời điểm đầu mùa mưa lũ (tháng 5–6)

Tại thời điểm này, cao trình mực nước hồ đang ở mức thấp (80–85 m), khi nước từ thượng nguồn bắt đầu đổ về hồ với tốc độ dòng chảy khá lớn, nước trong hồ từ trạng thái tĩnh chuyển dần sang trạng thái động dẫn đến các yếu tố vật lý, hoá học, sinh học trong môi trường nước hồ bị xáo trộn và thay đổi, nhất là phân thượng lưu và trung lưu hồ.

Nhìn chung, tại thời điểm đầu mùa mưa lũ (tháng 5–6) các thông số chất lượng nước đều đạt QCVN 08:2015 loại A1 và A2, trong đó, nhiều thông số như NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, kim loại nặng, chất hoạt động bề mặt, Coliform có nồng độ thấp hơn QCVN 08:2015 loại A2 nhiều lần. Tuy nhiên, một vài thông số như TSS, DO, BOD<sub>5</sub>, COD có giá trị xấp xỉ, thậm chí vượt QCVN 08:2015 loại A2. Đồng thời, độ lệch chuẩn của các thông số này khá lớn (Bảng 3) như vậy, có nghĩa là giá trị của các thông số này dao động lớn giữa các điểm

quan trắc hoặc/và giữa các thời điểm quan trắc. Vào thời điểm đầu mùa mưa lũ này, nhận thấy có sự biến đổi nồng độ dọc theo hồ từ thượng lưu, trung lưu đến hạ lưu hồ: TSS giảm từ 1,3–1,4 lần; BOD<sub>5</sub> giảm từ 1,1–1,4 lần và COD giảm 1,1 lần (Hình 2). Theo thời gian từ năm 2011–2020, cũng nhận thấy tại khu vực hạ lưu hồ có xu hướng tăng nồng độ BOD<sub>5</sub> từ 2mg/l lên 3,3 mg/l và nồng độ COD tăng từ 5,5mg/l lên 10,9 mg/l. Đặc biệt, năm 2020 nồng độ BOD<sub>5</sub> và COD tăng đáng kể tại cả 3 khu vực thượng, trung và hạ lưu hồ, riêng BOD<sub>5</sub> vượt tiêu chuẩn QCVN (A2) từ 1,1–2,0 lần (Hình 2).



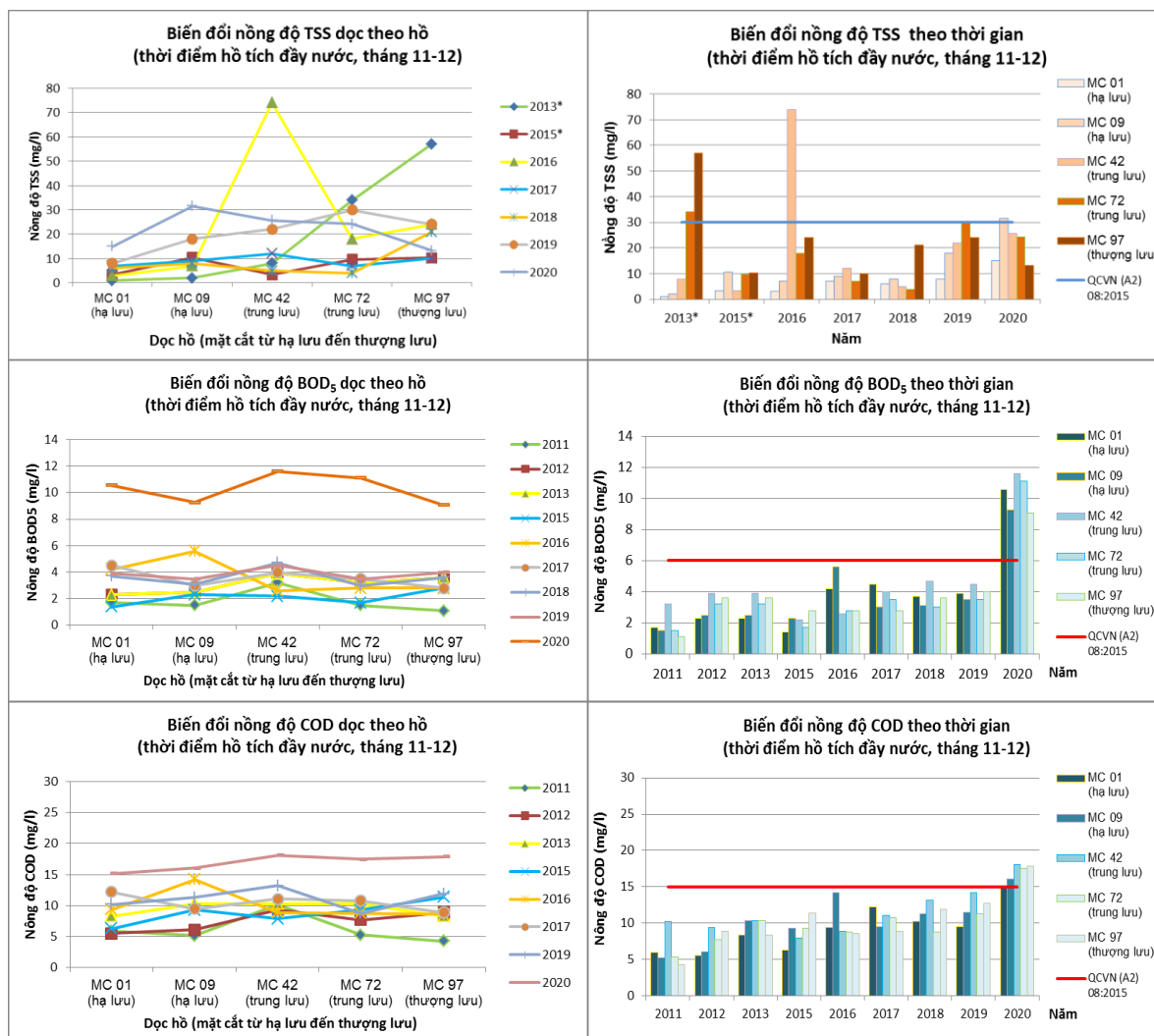
**Hình 2.** Đồ thị biểu diễn sự biến đổi nồng độ của TSS, BOD<sub>5</sub>, COD mùa mưa (tháng 5–6).

### 3.1.2. Thời điểm mùa khô (tháng 11–12)

Tại thời điểm này, hồ Hòa Bình tích nước đến cao trình bình thường (115–117 m), môi trường nước hồ chuyển từ trạng thái động sang trạng thái tĩnh, tốc độ dòng nước giảm còn rất nhỏ dẫn đến các chất lơ lửng trong hồ di chuyển chậm lại và lắng chìm xuống đáy.

Nhìn chung, kết quả quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình thời điểm mùa khô (tháng 11–12) cũng khá giống với thời điểm đầu mùa mưa lũ. Hầu hết các thông số chất lượng nước đều đạt QCVN 08:2015 loại A1 và A2, trong đó, nhiều thông số như NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, kim loại nặng, chất hoạt động bề mặt, Coliform có nồng độ thấp hơn QCVN 08:2015 loại A2 nhiều lần. Tuy nhiên, một vài thông số như TSS, DO, BOD<sub>5</sub>, COD có giá trị xấp xỉ, thậm chí vượt QCVN 08:2015 loại A2. Trong đồ thị biểu diễn nồng độ TSS (Hình 3), lưu ý số liệu năm 2013\* và 2015\* là nồng độ Độ đục. Do 2 năm đó không có số liệu quan trắc

TSS mà chỉ có số liệu Độ đục mà 2 thông số này có mối tương quan gần với nhau nên chúng tôi trình bày kết hợp trên cùng một đồ thị để tham khảo. Đồng thời, độ lệch chuẩn của các thông số này rất lớn (Bảng 3) như vậy, có nghĩa là giá trị của các thông số này dao động lớn giữa các điểm quan trắc hoặc/và giữa các thời điểm quan trắc. Vào thời điểm tháng 11-12 và hồ tích đầy nước, nhận thấy có sự biến đổi nồng độ TSS giảm khoảng 1,1–2,1 lần dọc theo hồ từ thượng lưu, trung lưu đến hạ lưu hồ. Trong khi đó, nồng độ BOD<sub>5</sub> và COD biến đổi rất nhỏ giữa các khu vực dọc hồ. Sự biến đổi theo thời gian từ năm 2011 – 2020, nhận thấy nồng độ BOD<sub>5</sub> và COD có xu thế tăng tại cả 3 khu vực của hồ: tại thượng lưu hồ lần lượt là từ 1,1– 4,0mg/l và 4,3–12,7mg/l, tại trung lưu hồ lần lượt là từ 2,4– 4,0 mg/l và từ 4,8– 12,8mg/l, tại hạ lưu hồ lần lượt là từ 1,6– 3,7 mg/l và từ 5,6– 10,5 mg/l. Đặc biệt, năm 2020 nồng độ BOD<sub>5</sub> và COD tăng đáng kể tại cả 3 khu vực thượng, trung và hạ lưu hồ và đều vượt tiêu chuẩn 08:2015 loại A2 lần lượt là 1,7 và 1,1 lần (Hình 3).



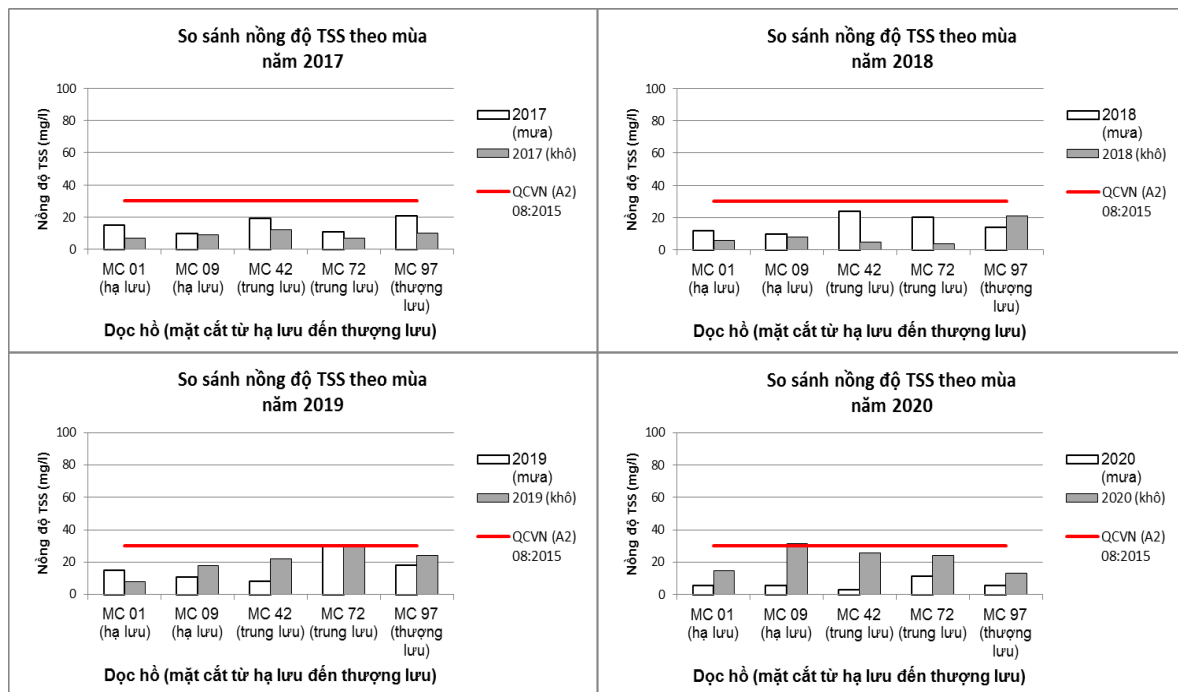
**Hình 3.** Đồ thị biểu diễn sự biến đổi nồng độ của TSS, BOD<sub>5</sub>, COD mùa khô (tháng 11-12).

### 3.1.3. So sánh chất lượng nước hồ giữa 2 mùa (mưa-khô)

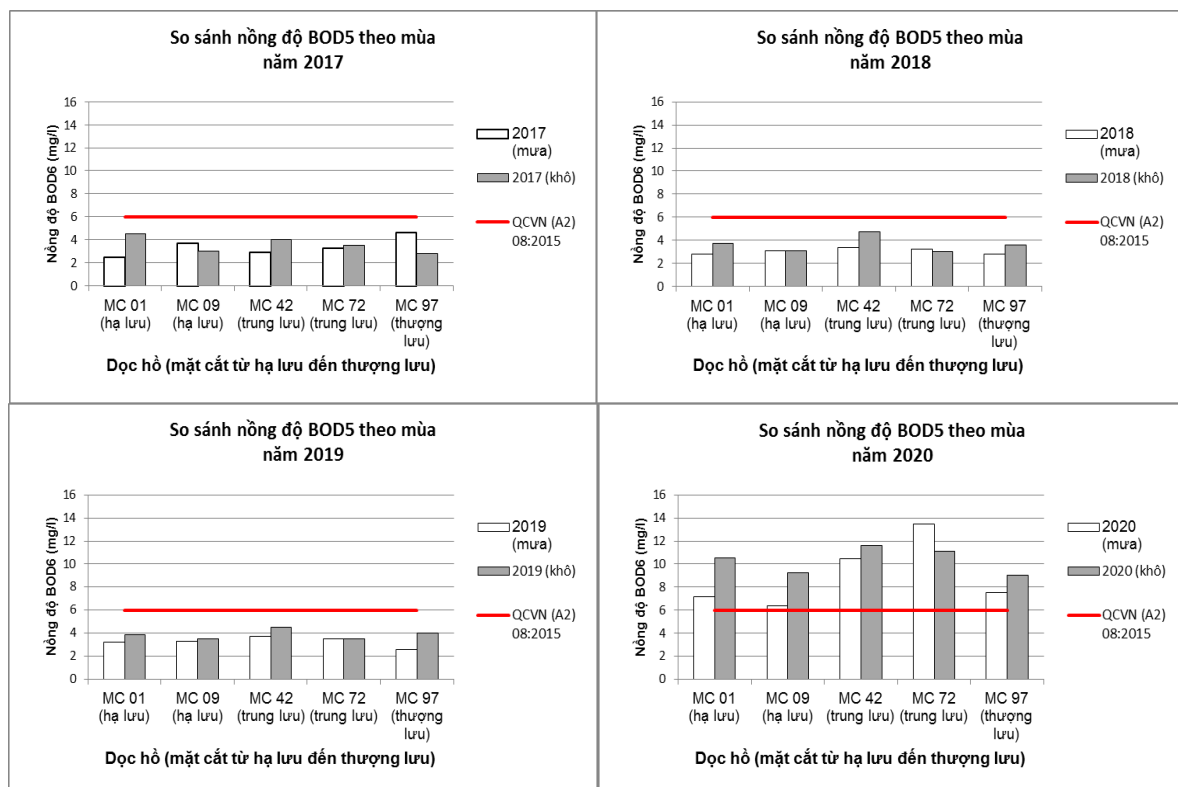
Với đặc trưng thủy văn của 2 mùa (mưa-khô) rất khác nhau, cùng với quy trình vận hành hồ nên cao trình mực nước hồ rất khác nhau dẫn đến sự thay đổi chất lượng nước hồ. Qua kết quả quan trắc chất lượng nước hồ tại 5 mặt cắt và theo 2 mùa (mưa-khô) nhận thấy:

- Nhìn chung, các thông số như pH, DO, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, kim loại nặng, Coliform vẫn đạt QCVN và giá trị các thông số này không có sự khác biệt nhiều giữa 2 mùa (Bảng 3).

- Tuy nhiên, một vài thông số như TSS, BOD<sub>5</sub>, COD có sự thay đổi tương đối giữa 2 mùa, sự thay đổi này khác nhau tùy vào từng mặt cắt và tùy từng năm. Đối với TSS, năm 2017, 2018 thì giá trị mùa mưa cao hơn hẳn giá trị mùa khô ở hầu hết các mặt cắt. Tuy nhiên, đến năm 2019 và 2020 thì có sự biến đổi ngược lại, giá trị TSS mùa khô lại cao hơn mùa mưa ở hầu hết các mặt cắt (Hình 4). Đối với BOD<sub>5</sub> và COD, không nhận thấy quy luật biến đổi nồng độ giữa mùa mưa và mùa khô, tùy vào từng mặt cắt và từng năm mà giá trị mùa mưa cao hơn hoặc thấp hơn mùa khô (Hình 5–6).

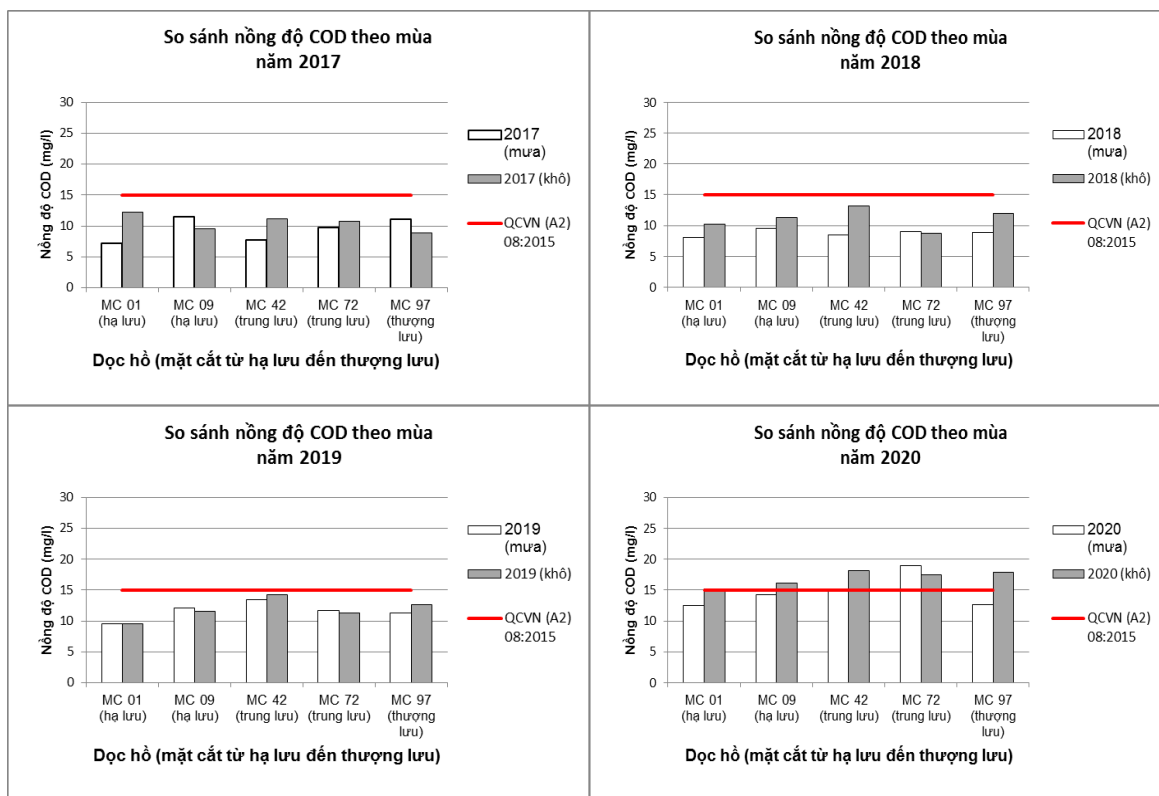


**Hình 4.** Đồ thị biểu diễn sự biến đổi nồng độ của TSS giữa 2 mùa (mưa–khô).



**Hình 5.** Đồ thị biểu diễn sự biến đổi nồng độ của BOD<sub>5</sub> giữa 2 mùa (mưa–khô).





Hình 6. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi nồng độ của COD giữa 2 mùa (mưa–khô).

### 3.2. Đề xuất một số giải pháp phòng ngừa ô nhiễm môi trường nước hồ

Chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình nhìn chung bị ảnh hưởng bởi nhiều nhân tố khác nhau như sự thay đổi chế độ thủy văn của hồ và chất lượng nước vùng hồ chứa Sơn La và các con suối đổ vào hồ; cùng với sự phá rừng, canh tác tại vùng bán ngập, gia tăng dân số tại hai vùng bờ của hồ. Cụ thể, chế độ thủy văn chuyển đổi từ trạng thái động sang tĩnh và thời gian lưu giữ nước lâu hơn khiến cho các chu trình vật chất trong nước hồ theo đó thay đổi. Ngoài ra, chất lượng nước hồ chứa Sơn La và các sông suối nhập lưu tại vùng trung lưu hồ cũng ảnh hưởng tới chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình. Không những thế, việc chặt phá rừng phục vụ canh tác của người dân đã gây ra hiện tượng xói mòn lưu vực hồ chứa, và canh tác trên vùng bán ngập dẫn đến gia tăng lượng phù sa, khoáng chất và các chất hữu cơ chảy vào hồ Hòa Bình. Dân số tập trung sinh sống hai bên bờ hồ gia tăng cũng kéo theo lượng chất thải lớn xả vào môi trường nước hồ thông qua các hoạt động sinh hoạt, giao thông thủy, nuôi trồng thủy sản (đặc biệt là nuôi cá lồng trên mặt hồ) và hoạt động du lịch.

Trên cơ sở kết quả đánh giá chất lượng nước hồ và nghiên cứu các yếu tố thành phần chính ảnh hưởng tới chất lượng nước hồ Hòa Bình, nhóm tác giả đề xuất hai nhóm giải pháp tổng thể nhằm bảo vệ và phòng ngừa ô nhiễm môi trường nước mặt vùng hồ chứa bao gồm chống xói mòn lưu vực hồ và kiểm soát các nguồn gây ô nhiễm vùng hồ. Đầu tiên, nhằm ngăn chặn hiện tượng xói mòn rửa trôi lưu vực hồ, nhiệm vụ bảo vệ rừng, phủ xanh đất trống và đồi núi trọc đóng vai trò rất quan trọng. Thông qua các chính sách phát triển và bảo vệ rừng, khuyến khích sự tham gia của người dân từ cơ chế đồng hưởng lợi giao đất, giao rừng để cùng trồng và bảo vệ rừng; đồng thời lựa chọn các loại cây trồng phù hợp với điều kiện thổ nhưỡng và khí hậu của vùng hồ chứa sẽ hỗ trợ sự sinh trưởng của cây và phủ xanh nhanh chóng tại các sườn dốc và vùng đất cần cỗi. Đồng thời, phát triển cơ cấu nông lâm kết hợp sẽ cung cấp nguồn nguyên liệu đầu vào cho các hoạt động sản xuất và sinh hoạt, và bảo vệ tài nguyên đất, chống xói mòn, sạt lở và hạn chế bồi lấp lòng hồ.

Tiếp theo, việc kiểm soát lượng chất thải từ các hoạt động sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp, lâm nghiệp, công nghiệp, du lịch, giao thông vận tải cũng đóng vai trò quan trọng

không kém. Việc điều tra các nguồn thải từ các cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ dọc lưu vực hồ xả thải trực tiếp vào nguồn nước hồ sẽ hỗ trợ tính toán lưu lượng thải, mức chịu tải của hồ để từ đó có các biện pháp kiểm soát ô nhiễm phù hợp. Sở Tài nguyên Môi trường tỉnh Hòa Bình và Sơn La cần chỉ đạo Chi cục bảo vệ Môi trường, các Phòng Tài nguyên Môi trường của các huyện, thị trấn quanh lưu vực hồ phải theo dõi và kiểm soát chặt chẽ các cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ này. Các cơ sở sản xuất cần lập báo cáo Đánh giá tác động môi trường hoặc bản Cam kết bảo vệ môi trường đối với các cơ sở mới trước khi xây dựng và đưa vào hoạt động. Dựa trên điều kiện địa hình chủ yếu là các đồi núi xen kẽ, hạn chế về diện tích canh tác với hình thức du canh du cư, dân cư tập trung chủ yếu tại vùng thung lũng và sườn đồi thấp, nên vấn đề ô nhiễm từ phân bón hóa học và thuốc bảo vệ thực vật là không đáng kể. Tuy nhiên, vẫn cần có các biện pháp chủ động kiểm soát bảo vệ nguồn nước hồ trong tương lai khi hoạt động canh tác ngày càng mở rộng và lượng dân cư gia tăng. Bên cạnh đó, hoạt động nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là nuôi cá lồng, hiện đang được mở rộng với diện tích đạt 2.700 ha năm 2020, trong đó, nuôi trong ao nhỏ 1.635 ha, nuôi cá ruộng 5 ha, diện tích nuôi hồ 1.060 ha [25]. Mặc dù đem lại hiệu quả kinh tế cao cho người dân nhưng hoạt động nuôi trồng thủy sản cũng làm suy giảm chất lượng nước hồ; do đó cần kiểm soát chặt chẽ và quy hoạch vùng nuôi trồng đảm bảo duy trì chất lượng nước khu vực hồ. Ngoài ra, cần thực hiện tuyên truyền và hướng dẫn cho cộng đồng dân cư sinh sống xung quanh khu vực hồ, khách du lịch tham quan nhận thức được tầm quan trọng của bảo vệ môi trường nước hồ. Đồng thời, các Sở ban ngành trong tỉnh như Sở Công thương, Sở Kế hoạch và Đầu tư, Sở Văn hóa, Thể thao và Du lịch, Sở Tài nguyên và Môi trường, Sở Giao thông vận tải cùng phối hợp chặt chẽ trong kiểm soát các nguồn xả thải vào khu vực hồ chứa Hòa Bình.

#### 4. Kết luận

Hồ chứa Hòa Bình đóng vai trò quan trọng trong hoạt động phát triển kinh tế – xã hội của đất nước. Sau 30 năm đi vào hoạt động, cùng với việc gia tăng các hoạt động kinh tế – xã hội, hồ chứa Hòa Bình đã có sự biến đổi của các yếu tố hình thái hồ và chất lượng nước. Các yếu tố này không những biến đổi theo thời gian mà nó còn biến đổi theo không gian dọc hồ từ thượng lưu về đến cửa đập. Để có những giải pháp bảo vệ môi trường hồ Hòa Bình nói chung và chất lượng nước hồ nói riêng, chúng ta cần phải đánh giá hiện trạng, xu thế diễn biến chất lượng nước hồ thường xuyên và chi tiết.

Từ những kết quả quan trắc, phân tích chất lượng nước hồ Hòa Bình trong 10 năm qua (2011–2020) trên các mặt cắt dọc theo hồ, định kỳ 2 lần/năm vào thời điểm trước mùa mưa lũ (tháng 5–6) và thời điểm mùa khô khi hồ tích đầy nước (tháng 11–12), so sánh với QCVN08:2015 nhận thấy phần lớn các thông số chất lượng nước đạt giá trị loại A1, chỉ một vài thông số như: TSS, COD, BOD<sub>5</sub> tại một số mặt cắt đạt giá trị xấp xỉ loại A2. Đồng thời, kết quả cũng chỉ ra một xu thế gia tăng nhẹ đối với nồng độ TSS, COD, BOD<sub>5</sub> trong những năm gần đây, thậm chí tại một số mặt cắt vào một số thời điểm vượt QCVN 08:2015 loại A2. Nhưng nhìn chung, chất lượng nước hồ Hòa Bình hiện tại vẫn còn tương đối sạch đủ tiêu chuẩn cấp nước sinh hoạt có qua xử lý. Tuy nhiên, chất lượng nước hồ Hòa Bình đã có dấu hiệu suy giảm, ô nhiễm TSS và chất hữu cơ tại một số mặt cắt vào một số thời điểm.

Trong nghiên cứu này, nguồn số liệu chất lượng nước thu thập được còn hạn chế như số lượng điểm quan trắc, tần suất quan trắc, thiếu một số thông số chất lượng nước và thiếu số liệu quan trắc theo độ sâu. Để đánh giá một cách toàn diện chất lượng nước hồ Hòa Bình theo không gian và thời gian, đồng thời xác định chính xác các nguồn gây ô nhiễm nước hồ cần có nghiên cứu tổng thể, thu thập bổ sung số liệu quan trắc chất lượng nước từ các nguồn như Tổng cục Môi trường, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Sở Tài nguyên Môi trường tỉnh Hòa Bình hoặc/và quan trắc bổ sung, điều tra khảo sát xác định các nguồn gây ô nhiễm nước hồ. Từ đó, đề xuất các giải pháp cụ thể bảo vệ môi trường nước hồ Hòa Bình.

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

**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. Gu, Q.; Zhang, Y.; Ma, L.; Li, J.; Wang, K.; Zheng, K.; Zhang, X.; Sheng, L. Assessment of Reservoir Water Quality Using Multivariate Statistical Techniques: A Case Study of Qiandao Lake, China. *Sustainability* **2016**, *8*, 243.
2. Woldeab, B.; Beyene, A.; Ambelu, A.; Buffam, I.; Mereta, S.T. Seasonal and spatial variation of reservoir water quality in the southwest of Ethiopia. *Environ. Monit. Assess.* **2018**, *190*, 163. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6527-4>.
3. Soares, A.L.C.; Pinto, C.C.; Cordova, J.E.; Gomes, L.N.L.; Oliveira, S.M.A.C. Water quality assessment of a multiple use reservoir in southeastern Brazil: case study of the Vargem das Flores reservoir. *Environ. Earth Sci.* **2021**, *80*, 210. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09474-0>.
4. Adarsh, S.; Manasa, M.P.; Prakash, M.N.S. Water Quality Assessment of Lakes in Mysuru, India – A Case Study. *Int. J. Eng. Res. Technol.* **2019**, *06*.
5. Dash, P.; Silwal, S.; Ikenga, J.O.; Pinckney, J.L.; Arslan, Z.; Lizotte, R.E. Water Quality of Four Major Lakes in Mississippi, USA: Impacts on Human and Aquatic Ecosystem Health. *Water* **2015**, *7*, 4999–5030. <https://doi.org/10.3390/w7094999>.
6. Toller, S.; Giambastiani, B.M.S.; Greggio, N.; Antonellini, M.; Vasumini, I.; Dinelli, E. 2020. Assessment of Seasonal Changes in Water Chemistry of the Ridracoli Water Reservoir (Italy): Implications for Water Management. *Water* **2020**, *12*, 581. <https://doi.org/10.3390/w12020581>.
7. Li, C.; Jiang, C.; Zhu, G.; Zou, W.; Zhu, M.; Xu, H.; Shi, P.; Da, W. Estimation of Water Quality Parameters with High-Frequency Sensors Data in a Large and Deep Reservoir. *Water* **2020**, *12*, 2632. <https://doi.org/10.3390/w12092632>.
8. Mamun, M.; Kim, J.Y.; An, K.G. Multivariate Statistical Analysis of Water Quality and Trophic State in an Artificial Dam Reservoir. *Water* **2021**, *13*, 186.
9. Thanh, L.V. Nghiên cứu đánh giá chất lượng nước hồ Trị An phục vụ phát triển Kinh tế- xã hội vùng Đông Nam Bộ. Đề tài Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2008.
10. Phùng, N.K.; Trường, T.C. Mô hình hóa diễn biến chất lượng nước hồ Trị An. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2009**, *581*, 12–16.
11. Yên, T.T.H.; Lượm, L.T.; Lư, P.T. Đánh giá hiện trạng phú dưỡng và yếu tố môi trường chi phối quần xã tảo lục ở hồ Trị An. *Tap chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* **2019**, *17(8)*, 645–664.
12. Nghiệm, P.T. Đánh giá tổng hợp chất lượng nước và giải pháp bảo vệ nguồn nước hồ Phú Vinh. Đề tài Chi cục Tiêu chuẩn - Đo lường - Chất lượng Quảng Bình, 2007.
13. Thắng, L.V.; Quân, N.H. Nghiên cứu các yếu tố tác động đến chất lượng nước hồ Đá Đen và đề xuất giải pháp quản lý tổng hợp. Đại học Thủ Dầu Một, 2015.
14. Hạ, T.Đ. Nghiên cứu, đánh giá trạng thái dinh dưỡng hồ chứa nước Cao Vân phục vụ cấp nước sinh hoạt. *Tap chí Khoa học Công nghệ Xây dựng NUCE* **2018**, *12 (4)*, 78–85.
15. Hạ, T.Đ. Nghiên cứu giải pháp tổng hợp để kiểm soát ô nhiễm nguồn nước hồ chứa nhằm mục đích cấp nước an toàn cho đô thị và khu dân cư. Đề tài Bộ Xây dựng, mã số RD21–17, 2018.

16. Diệu, B.X. Đánh giá diễn biến chất lượng môi trường nước mặt hồ Thác Bà, tỉnh Yên Bái. Học viện Nông nghiệp Việt Nam, Luận văn Thạc sĩ, 2019.
17. Ninh, Đ.Đ.; Quang, N.T. Nghiên cứu, đánh giá chất lượng nước của hồ Thủy điện Sơn La trước và sau khi vận hành. *Tap chí Khoa học và Môi trường* **2021**, 35, 1–14.
18. Đức, Đ.X.; Hải, L.Đ.; Tuấn, Đ.H. Diễn biến chất lượng nước hồ thủy điện Sơn La từ dữ liệu quan trắc môi trường (2010–2018). *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences* **2019**, 3, 1–21.
19. Chiên, N.T.H. Đánh giá hiện trạng chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình và những giải pháp bảo vệ chất lượng nước, Báo cáo Hội nghị Khoa học Viện Khí tượng, Thủy văn và Môi trường, 2011.
20. Dũng, N.K.; Nhã, C.V. Đánh giá bước đầu về chất lượng nước hồ Hòa Bình. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2007**, 563, 20–24.
21. Dương, K.T.; Chất, Đ.Đ. Đánh giá chất lượng nước mặt sông Đà đoạn chảy qua thành phố Hòa Bình. *Tap chí Bảo vệ rừng và Môi trường* **2018**, <<https://baovemoitruong.org.vn/danh-gia-chat-luong-nuoc-mat-song-da-doan-chay-qua-thanh-pho-hoa-binh/>>.
22. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Quy chuẩn quy định giá trị giới hạn các thông số chất lượng nước mặt QCVN08:2015/BTNMT, 2015.
23. Công ty Thủy điện Hòa Bình. Báo cáo tổng hợp kết quả quan trắc môi trường nước vùng quan trắc: Hồ chứa Hòa Bình (Sơn La - Hoà Bình), 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020.
24. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Báo cáo số liệu quan trắc chất lượng nước hồ Hòa Bình, 2011, 2012, 2013.
25. Báo Dân tộc và Phát triển. Hoà Bình: Phát huy hiệu quả tiềm năng mặt nước, 2020.

## **Assessment on water quality of Hoa Binh reservoir for the period 2011–2020 and proposal of solutions to prevent surface water pollution**

**Le Ngoc Cau<sup>1\*</sup>, Ngo Thi Van Anh<sup>1</sup>, Pham Thi Quynh<sup>1</sup>, Nguyen Thi Hong Chien<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change; caukttv@gmail.com; vananhmd@gmail.com; quynhpt0310@gmail.com

<sup>2</sup> Hydrometeorological Station of the Northwest Region; nchien77@gmail.com

**Abstract:** Hoa Binh reservoir plays an important role in socio-economic development and disaster prevention for the Red River Delta and surrounding areas. In recent times, with the increase of population, agricultural production, transportation, industry, commerce and services in the basin, the water quality of Hoa Binh reservoir is starting to decline. Therefore, the study's goal is to analyze and evaluate the water quality of Hoa Binh reservoir in the period from 2011 to 2020 and propose integrated solutions to prevent pollution of reservoir water environment. Research results show that in general, the water quality of Hoa Binh reservoir is still quite good. Most of water quality parameters meet QCVN 08:2015 class A1, only a few parameters such as TSS, COD, BOD<sub>5</sub> at several monitoring sites get approximately QCVN 08:2015 class A2. At the same time, the results also show a slight increase in concentration of TSS, COD, and BOD<sub>5</sub> in recent years, even exceeding QCVN 08:2015 class A2 at some monitoring sites.

**Keywords:** Hoa Binh reservoir; Water quality; Pollution.

Bài báo khoa học

## ĐỀ XUẤT BỘ TIÊU CHÍ VỀ ĐIỀU KIỆN THỦY ĐỘNG LỰC CHO PHÉP NHẬN CHÌM CHẤT NẠO VẾT Ở BIỂN VIỆT NAM

Vũ Minh Cát<sup>1\*</sup>, Lê Đức Dũng<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Xây dựng, Đại học Văn Lang, Thành phố Hồ Chí Minh; vuminhcat@gmail.com

<sup>2</sup> Viện nghiên cứu Biển và Hải đảo, Bộ Tài nguyên – Môi trường; dung.ld.visi@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: vuminhcat@gmail.com; Tel.: +84–912009331

Ban Biên tập nhận bài: 10/1/2021; Ngày phản biện xong: 15/2/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

**Tóm tắt:** Ở nước ta, các hoạt động kinh tế xã hội liên quan tới biển đang diễn ra rất sôi động, trong đó việc xây dựng các cảng biển, cảng cửa sông hay xây dựng các khu kinh tế, khu công nghiệp đã nạo vét một khối lượng lớn vật chất và một phần của vật chất nạo vét được nhận chìm ở ngoài biển. Việc nhận chìm phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như tính chất hóa lý của vật chất nạo vét, điều kiện khí tượng, thủy hải văn, công nghệ và kỹ thuật nạo vét, vận chuyển và nhận chìm v.v... vì các yếu tố này gây tác động tới hệ sinh thái, các hoạt động kinh tế xã hội xung quanh khu vực nhận chìm. Bài báo này nghiên cứu và đề xuất các tiêu chí liên quan tới điều kiện sóng, gió, dòng chảy phục vụ cho công tác nhận chìm nhằm giảm thiểu tác động tới hệ sinh thái vùng lân cận và các hoạt động kinh tế xã hội khu vực nhận chìm.

**Từ khóa:** Tiêu chí; Chi số; Nhận chìm ở biển; Chất nạo vét; Dòng chảy tổng cộng.

### 1. Mở đầu

Hiện nay trên thế giới cũng như ở Việt Nam, nhận chìm vật, chất ở biển được nạo vét từ các cảng biển, luồng lạch là hoạt động đang diễn ra thường xuyên. Tuy nhiên, không phải vật, chất nào cũng được phép nhận chìm xuống biển và cũng không phải khu vực nào trên biển cũng cho phép nhận chìm. Ở mỗi khu vực được phép nhận chìm thì vật chất nhận chìm phải đảm bảo các điều kiện về môi trường, nghĩa là bùn cát không gây tác động xấu tới hệ sinh thái; khối lượng nhận chìm không được vượt quá giới hạn cho phép; thời gian và các điều kiện khí tượng, thủy hải văn lúc diễn ra hoạt động nhận chìm phải đảm bảo rằng vật chất nhận chìm không phát tán tới những khu vực nhạy cảm như các rạn san hô, các bãi cỏ biển, các khu vực bảo tồn đa dạng sinh học. Mục đích của việc các tiêu chí nhằm quản lý tốt hơn và giảm thiểu tác động môi trường do hoạt động nhận chìm đồng thời giảm chi phí, tạo điều kiện để phát triển kinh tế biển một cách hiệu quả nhất.

Ở nước ta, các hoạt động xây dựng đang phát triển rất sôi động như xây dựng các khu công nghiệp, khu kinh tế, cảng biển, nhà máy đóng và sửa chữa tàu biển, vận tải biển, công nghiệp dầu khí, khai thác khoáng sản, đánh bắt, nuôi trồng thủy sản, du lịch. Hàng năm vùng ven biển đóng góp khoảng 30% GDP và 50% giá trị xuất khẩu của cả nước và xu hướng ngày một tăng. Ngoài ra ngành kinh tế biển và ven biển phát triển mạnh mẽ như cảng, hàng hải kéo theo việc triển khai các dự án xây dựng bến cảng, cầu cảng, nạo vét luồng tàu. Các hoạt động này gây tác động lớn đến môi trường biển do sự gia tăng nhu cầu đổ thải trực tiếp ra biển. Nạo vét tuyến luồng hàng hải là một hoạt động thiết yếu đối với ngành hàng hải của hầu hết các quốc gia, đặc biệt trong bối cảnh phát triển kinh tế cũng

như xu hướng gia tăng kích cỡ, khả năng vận chuyển của tàu thuyền hiện nay. Tuy nhiên, hoạt động nạo vét cũng tiềm ẩn nhiều tác động tiêu cực đến tài nguyên, môi trường và các hệ sinh thái biển. Việc không kiểm soát các khu vực cấp phép nhận chìm; ngưỡng chịu tải của vị trí nhận chìm; tính chất lý hóa vật chất và điều kiện khí tượng, thủy hải văn có thể dẫn đến các tác động tiêu cực đối với các hệ sinh thái, các khu vực nhạy cảm cũng như các hoạt động khai thác, sử dụng tài nguyên biển như đánh bắt, nuôi trồng thủy hải sản, du lịch và vận tải biển v.v... Theo thống kê, hàng năm nước ta có 12 đến 15 trên tổng số 36 tuyến luồng hàng hải được nạo vét duy tu, trong đó tuyến luồng phải nạo vét duy tu nhiều lần như luồng tàu vào cảng Hải Phòng 3 lần/năm, luồng tàu Định An 2 lần/năm. Do đó, nhu cầu nhận chìm chất nạo vét tại biển là rất lớn. Để quản lý các hoạt động nhận chìm trên biển, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã ban hành các quy định pháp luật và cấp giấy phép nhận chìm, cụ thể:

Để quản lý các hoạt động nhận chìm ở biển, hiện nay Bộ Tài nguyên và Môi trường đã ban hành các văn bản pháp luật quy định về hoạt động nhận chìm ở biển Việt Nam như Luật Bảo vệ môi trường năm 2014 [1] đã quy định cho phép hoạt động nhận chìm trong vùng biển Việt Nam tại khoản 3, điều 50 “Việc nhận chìm, đổ thải ở biển và hải đảo phải căn cứ vào đặc điểm, tính chất của loại chất thải và phải được phép của cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền”. Mặc dù vậy, quy định này chỉ là quy định khung, không có quy định chi tiết và Luật cũng không giao cho cơ quan nào hướng dẫn chi tiết nội dung này. Cùng với đó, Luật biển Việt Nam 2012 [2] cũng chỉ đề cập ngắn gọn đối với vấn đề nhận chìm ở biển. Cụ thể tại Khoản 3 Điều 35 của Luật quy định “Tàu, thuyền, tổ chức, cá nhân không được thải, nhận chìm hay chôn lấp các loại chất thải công nghiệp, chất thải hạt nhân hoặc các loại chất thải độc hại khác trong vùng biển Việt Nam”.

Luật Tài nguyên môi trường biển và hải đảo có hiệu lực từ 01/7/2016 [3], tại mục 3, chương VI của Luật quy định về nhận chìm ở biển với 7 điều: Yêu cầu đối với việc nhận chìm; vật chất được nhận chìm ở biển; giấy phép nhận chìm; cấp, cấp lại, gia hạn, sửa đổi, bổ sung và trả lại Giấy phép nhận chìm; quyền và nghĩa vụ của tổ chức, cá nhân được cấp Giấy phép nhận chìm; kiểm soát hoạt động nhận chìm; nhận chìm ngoài vùng biển Việt Nam gây thiệt hại tới tài nguyên và môi trường biển và hải đảo Việt nam. Đặc biệt, chương VIII gồm 12 điều từ điều 49 đến điều 60 của Nghị định số 40/2016/NĐ-CP [4] quy định về nhận chìm, bao gồm quy định chi tiết hồ sơ, trình tự thủ tục cấp, cấp lại, gia hạn, sửa đổi, bổ sung, trả lại giấy phép nhận chìm ở biển cũng như chấm dứt hiệu lực giấy phép nhận chìm ở biển.

Gần đây, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã ban hành Thông tư số 28/2019/TT-BTNMT ngày 31/12/2019 [5] quy định kỹ thuật đánh giá chất nạo vét và xác định khu vực nhận chìm chất nạo vét ở vùng biển Việt Nam. Trong đó thông tư tập trung vào 2 vấn đề chính là đánh giá chất nạo vét để nhận chìm ở biển và xác định khu vực nhận chìm chất nạo vét ở vùng biển Việt Nam. Tuy nhiên, thông tư này chưa đề cập đến việc sau khi xác định được các khu vực có thể nhận chìm được bao nhiêu chất nạo vét; qui trình nhận chìm ra sao, chẳng hạn điều kiện khí tượng, thủy hải văn, đặc tính vật lý của vật chất nhận chìm để xác định thời điểm nhận chìm, điều kiện cho phép nhận chìm để ảnh hưởng tới môi trường nhỏ nhất.

Việc nạo vét và nhận chìm vật chất ở biển phụ thuộc vào rất nhiều tham số như điều kiện tự nhiên gồm chế độ thủy triều, sóng, gió và dòng chảy tổng cộng; Tài nguyên, môi trường và sinh thái, các khu bảo tồn biển và các hoạt động kinh tế xã hội như ngư trường đánh bắt, ảnh hưởng tới hoạt động kinh tế ven bờ, tuyến hàng hải, hoạt động du lịch, .... Do vậy, việc nhận chìm cần phải xem xét được càng đầy đủ càng tốt ảnh hưởng của các hoạt động này nhằm giảm thiểu các tác động tiêu cực của hoạt động nhận chìm tới hệ sinh thái và các hoạt động trên.

Nghiên cứu này chỉ tập trung nghiên cứu và đề xuất bộ tiêu chí và các chỉ số liên quan tới các đặc trưng thủy hải văn phục vụ công tác nhận chìm chất nạo vét ở biển Việt Nam.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Tổng quan về bộ tiêu chí và các chỉ số

Tiêu chí: là thước đo của sự tồn tại của các vấn đề hiện hữu, dấu hiệu của các tình huống hoặc vấn đề sắp xảy ra, đo lường nguy cơ và tiềm năng cần có để thực hiện các hoạt động và là phương tiện để xác định hay đo lường các kết quả hành vi của chúng ta [6].

Chỉ số: Là sự cụ thể hóa của tiêu chí, thường biểu hiện mức quy định phải đạt tới, mức biểu hiện của một đặc điểm, một chức năng. Trong quy hoạch, kế hoạch chỉ tiêu là sự lượng hoá ý đồ quy hoạch, kế hoạch thành một chỉ số cần phấn đấu đạt đến tại một thời điểm nhất định trong kỳ quy hoạch, kế hoạch. Chỉ số có thể là các chỉ tiêu định lượng hoặc định tính.

Hiện nay, có nhiều khái niệm cũng như cách dùng khác nhau với thuật ngữ tiêu chí, chỉ tiêu. Trong lập quy hoạch, kế hoạch, việc sử dụng thuật ngữ mục tiêu, tiêu chí, chỉ tiêu, chỉ số khá rõ ràng. Hiện có nhiều khái niệm khác nhau về tiêu chí, cụ thể là:

- Tiêu chí (*criterion*) là các tiêu chuẩn dùng để kiểm định hay để đánh giá một đối tượng, mà bao gồm các yêu cầu về chất lượng, mức độ, hiệu quả, khả năng, tuân thủ các qui tắc và qui định, kết quả cuối cùng và tính bền vững của các kết quả đó.

- Tiêu chí là các tính chất, dấu hiệu đặc trưng để nhận biết, xem xét, hoặc phân loại một vật, sự vật, khái niệm;

Hệ thống tiêu chí có thể bao gồm nhiều tiêu chí thành phần và mỗi tiêu chí được đánh giá bằng nhiều chỉ số/chỉ tiêu; Mỗi chỉ số/chỉ tiêu được lượng hóa bằng các giá trị cụ thể. Cấu trúc của một chỉ tiêu bao gồm: (1) Tên chỉ tiêu; (2) Con số định lượng; (3) Không gian phản ánh; (4) Đối tượng phản ánh và (5) Thời gian đo lường.

Trong một bối cảnh cụ thể, ba nội dung sau trong cấu trúc chỉ tiêu có thể đều được mọi người hiểu thông nhất thì không nhất thiết phải nêu ra, nhưng 2 nội dung đầu bắt buộc phải có.

### 2.2. Chế độ thủy động lực các vùng biển Việt Nam

Quá trình nhận chìm ở biển chịu tác động của thủy triều, sóng, gió và dòng chảy. Chẳng hạn khi gió quá lớn, sinh ra sóng cao thì các phương tiện chuyên chở từ nơi nạo vét tới vị trí nhận chìm không an toàn; thao tác nhận chìm cũng không đảm bảo đúng quy trình kỹ thuật và vật chất nhận chìm sẽ phát tán không theo mong muốn. Chính vì vậy, hiểu biết một cách đầy đủ chế độ của các đặc trưng thủy động lực các vùng biển Việt Nam là cơ sở để xác định các tiêu chí và chỉ số phục vụ công tác nhận chìm một cách hiệu quả và an toàn. Chế độ thủy động lực của các vùng biển Việt Nam cụ thể như sau:

#### 2.2.1. Chế độ triều

Chế độ triều ở vùng biển Việt Nam thuộc loại phức tạp nhất thế giới bao gồm đủ chế độ nhật triều (đều và không đều); bán nhật triều (đều và không đều) với độ lớn triều thay đổi rất khác nhau [7].

Chênh lệch mực nước tại các vị trí đã sinh ra dòng triều, một phần của dòng chảy tổng cộng, đặc trưng quan trọng nhất ảnh hưởng tới sự phát tán bùn cát lơ lửng, làm tăng độ đục trong khu vực nhận chìm.

Vùng biển ven bờ Quảng Ninh–Hà Tĩnh, bắc Quảng Bình thể hiện tính ưu thế của nhật triều, trong đó khu vực Hòn Dấu–Hồng Gai chế độ nhật triều thuần khiết rất rõ, với hầu hết các ngày trong tháng có một lần nước lên và một lần nước xuống đều đặn, độ lớn thủy triều trong kỳ nước cường có thể đạt trên 3,6 m và cực đại của chu kỳ 19 năm có thể đạt 4,35m. Tính thuần khiết của nhật triều giảm dần về hai phía bắc và nam của Hòn Gai–Hòn Dấu, chuyển sang nhật triều không đều với độ lớn triều cũng giảm dần.

Khu vực từ nam Quảng Bình đến bắc Quảng Nam chuyển sang chế độ bán nhật triều đều với độ lớn triều nhỏ nhất khu vực biển tỉnh Thừa Thiên Huế khoảng 0,50 m và sau đó lại tăng lên khi đi về phía nam và triều chuyển sang bán nhật triều không đều.

Khu vực từ nam tỉnh Quảng Nam đến Ninh Thuận lại chuyển dần sang chế độ nhật triều không đều. Hàng tháng có từ 18 đến 22 ngày nhật triều, thời gian triều dâng kéo dài hơn thời gian triều rút; độ lớn thủy triều trong thời kỳ nước cường chỉ đạt 1,2–1,6 m.

Tiếp theo từ Bình Thuận đến Mũi Cà Mau lập lại chế độ bán nhật triều không đều. Hầu hết các ngày trong tháng tại trạm quan trắc mực nước ở Hàm Tân và Vũng Tàu có hai lần nước lên và hai lần nước xuống. Độ lớn triều trung bình trong kỳ nước cường khoảng 2,0–3,5 m. Khu vực từ Cà Mau đến Hà Tiên chuyển sang chế độ nhật triều không đều. Độ lớn thủy triều trong thời kỳ nước cường dao động xung quanh 1,0 m.

**Bảng 1.** Chế độ triều ven biển Việt Nam.

Vùng ven biển và cảng tiêu biểu	Tính chất thủy triều	Độ lớn thủy triều
Vùng ven biển từ Quảng Ninh đến Thanh Hoá (Cảng Hòn Gai, Hòn Dấu)	Nhật triều đều. Khu vực Hải phòng– Hòn Gai thuộc nhật triều rất thuần nhất với hầu hết số ngày nhật triều trong tháng (24–25 ngày). Tính nhật triều càng kém thuần nhất khi xa khu vực Hòn Gai, Hòn Dấu về phía bắc và nam; ở Thanh Hoá trong tháng có 18–22 ngày nhật triều	Độ lớn thủy triều ở vùng biển này thuộc loại lớn nhất nước ta $\Delta H = 3-4$ m vào kỳ nước cường. Độ lớn thủy triều cũng giảm dần khi xa khu vực này cả về bắc và như nam cũng như vào kỳ nước kém. Kỳ nước kém (gọi là kỳ nước sinh) độ lớn thủy triều không quá 0,5 m. Triều mạnh vào các tháng I, VI, VII và XII trong năm; triều yếu vào các tháng III, IV, VIII và IX, Triều mạnh với chu kỳ 19 năm là 1968–1970, 1986–1988... và triều yếu thuộc các năm 1978–1979.
Vùng Nghệ An – Quảng Bình (Cảng cửa Hội, Cửa Gianh).	Nhật triều không đều, số ngày có chế độ nhật triều chiếm hơn nửa tháng. Bất đẳng triều về thời gian: thời gian triều rút lớn hơn thời gian triều lên một cách rõ rệt, nhất là ở các cửa sông thời gian triều rút kéo dài 15 –16 giờ, trong khi đó thời gian triều lên là 9 –10 giờ.	Độ lớn thủy triều ở vùng này vào những ngày triều cường không vượt quá 3 m và có xu hướng giảm khi đi vào phía Nam.
Vùng từ nam Quảng Bình đến bắc Thuận An (Cảng Cửa Thuận An và lân cận (Cửa Thuận An).	Bán nhật triều không đều. Phần lớn hoặc hầu hết số ngày trong tháng có 2 lần nước lớn và 2 lần nước ròng.	Độ lớn thủy triều vào những ngày nước cường dao động từ 0,6–1,1 m giảm từ Bắc vào Nam
Vùng từ nam Thừa Thiên – Huế đến bắc Quảng Nam (Cảng Đà Nẵng)	Bán nhật triều đều. Hai lần nước lớn, hai lần nước ròng trong ngày.	Độ lớn thủy triều trung bình từ 0,4–0,5 m, và cũng là nhỏ nhất của thủy triều ven bờ biển nước ta. Không có sự phân biệt rõ rệt giữa triều cường và triều kém trong chu kỳ nửa tháng. Độ lớn thủy triều vào những ngày nước cường là 0,8–1,2 m và có xu hướng tăng dần từ bắc vào nam.
Vùng từ nam Quảng Nam đến Hàm Tân (Cảng Quy Nhơn, Nha Trang).	Bán nhật triều không đều. Hàng tháng có khoảng 20 – 25 ngày là bán nhật triều.	Độ lớn thủy triều trung bình vào kỳ nước cường khoảng 1,2–2,0 m và có xu hướng tăng dần từ bắc vào nam. Độ lớn kỳ nước kém khoảng 0,5 m.
Vùng từ Hàm Tân đến gần Mũi Cà Mau (Cảng Vũng Tàu).	Nhật triều không đều. Tại Quy Nhơn và từ Quảng Ngãi đến Nha Trang, hàng tháng có 18–22 ngày nhật triều, các nơi khác có số ngày nhật triều ít hơn. Thời gian triều dâng lớn hơn thời gian triều rút. Bán nhật triều không đều. Hầu hết số ngày trong tháng có hai lần triều lên và hai lần triều xuống hàng ngày với sự chênh lệch đáng kể của hai độ lớn triều trong ngày. Bất đẳng triều giữa nước ròng cao và nước ròng thấp là chính: độ lớn khoảng 1,0 – 2,5 m trong kỳ nước cường.	Độ lớn thủy triều vào những ngày nước cường thường là 2,0–3,5 m. Triều cường thường xảy ra sau ngày sóc (trăng non), vọng (trăng tròn) 2–3 ngày. Trên dải ven biển dài từ Vũng Tàu tới cửa Bồ Đề, độ lớn và tính chất thủy triều hầu như không thay đổi đáng kể. Độ lớn thủy triều vùng này không lớn, vào những ngày triều cường chỉ đạt tới 1m và rất ít khác nhau giữa các nơi. Trong kỳ nước kém, độ lớn triều giảm rõ rệt, còn khoảng trên dưới 0,5 m.
Vùng bờ từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên (Cảng Rạch Giá, Hà Tiên).	Nhật triều không đều hoặc nhật triều đều. Mức độ không đều rất khác nhau. Tại Rạch Giá trong tháng các ngày chủ yếu có 1 lần triều lên và một lần triều xuống nhưng càng xa khu vực này về Cà Mau cũng như về Hà Tiên và ra khơi thì tính chất nhật triều càng rõ nét.	



Để phục vụ cho công tác nhận chìm, các mực nước đặc trưng, độ lớn triều, thời gian xuất hiện của mỗi tình cũng đã được chi tiết hóa thành các bảng tra về mực nước triều thấp nhất trung bình nhiều năm, mực nước triều trung bình nhiều năm và mực nước triều cao trung bình nhiều năm.

### 2.2.2. Chế độ gió

#### a) Trên biển Đông

Trên biển Đông, tương ứng với hai hệ thống khí áp chính chi phối ảnh hưởng phần lãnh hải là hai chế độ gió mùa thổi luân phiên nhau: gió mùa Đông Bắc vào mùa đông và gió mùa Tây Nam vào mùa hè. Điều đặc biệt là hướng gió thịnh hành của cả hai hệ thống gió mùa Đông Bắc và Tây Nam lại trùng với trục lớn của biển Đông, nghĩa là vào mùa đông hướng gió là Đông Bắc, còn vào mùa hạ là hướng Tây Nam. Đối với các vùng ở ven biển nước ta, hướng gió có thay đổi do ảnh hưởng của địa hình từng vùng.

– Trong thời kỳ mùa đông, gió mùa Đông Bắc hầu như hoạt động ở nửa phần phía Bắc của lãnh hải. Tần suất gió mạnh tới cấp 7–8 (từ 14–20 m/s), chiếm khoảng 5–10%.

Ở vịnh Bắc bộ, gió mùa Đông Bắc mạnh và ổn định. Thời gian gió mùa Đông Bắc thổi từ cuối tháng IX hoặc đầu tháng X năm trước cho đến cuối tháng III hoặc giữa tháng IV năm sau. Vùng ven biển miền Trung, gió mùa Đông Bắc có khi mạnh hoặc vừa, có khi nhẹ, thậm chí có khi bị ngắt quãng bởi gió mùa Tây Nam. Trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc mạnh thường gây biển động.

Ở phần phía Bắc Biển Đông, gió mùa Đông Bắc kéo dài từ tháng X năm trước cho đến cuối tháng III hoặc đầu tháng IV năm sau. Tốc độ gió trung bình từ 4–6 m/s, gió mạnh nhất đạt 20–24 m/s. Cá biệt khi xuất hiện áp thấp nhiệt đới, hoặc bão, tốc độ gió có thể lên tới 28–30 m/s.

Vùng phía Nam biển Đông không chịu ảnh hưởng của gió mùa cực đới, gió mùa Đông Bắc ở đây chính là tín phong của Bắc bán cầu. Tốc độ gió trung bình từ 5–7 m/s, tốc độ gió mạnh nhất có thể lên tới 18–20 m/s khi và chỉ khi áp thấp nhiệt đới hoặc bão xuất hiện.

– Trong thời kỳ mùa hè, gió mùa Tây Nam xuất hiện đều ở vùng biển phía nam; ở đây thường thấy gió mùa Tây Nam thổi từ tháng V đến tháng VIII, có khi đến cuối tháng IX. Ở gần bờ biển nhiều khi người ta còn quan trắc thấy gió đất thổi vào ban đêm và về sáng, sau đó lại tiếp tục là gió mùa Tây Nam thổi suốt cả ngày, tốc độ gió nhẹ vào khoảng 2–3 m/s.

Ở vịnh Bắc bộ và ven biển Trung bộ, gió mùa Tây Nam thổi không đều vì có nhiều nhiễu động khí quyển như dông, bão. Nơi đây còn xuất hiện gió Nam, ở Bắc bộ thổi vào tháng VI và đầu tháng VII, ở ven biển Trung bộ vào cuối tháng IV và tháng V. Theo số liệu thực đo thì gió mùa mùa hạ ở đây có tốc độ vừa phải, ít khi vượt quá cấp 4 – cấp 5. Ở gần bờ biển, gió biển và gió đất trùng với gió mùa do bị lệch hướng bởi ảnh hưởng điều kiện địa phương của bờ biển.

Ở phần phía Bắc Biển Đông, gió thịnh hành có hướng Nam hoặc Đông Nam, cũng có khi gió hướng Tây Nam. Tốc độ gió trung bình từ 3–5 m/s; tốc độ gió mạnh nhất từ 20–22 m/s; trong những cơn bão mạnh tốc độ gió có thể đạt tới 30–40 m/s. Đặc biệt, khu vực phía Bắc biển Đông là nơi có nhiều áp thấp nhiệt đới và bão; cường độ bão ở khu vực này cũng lớn.

Ở phần phía Nam Biển Đông, gió thịnh hành có hướng Tây Nam; tốc độ gió trung bình từ 4–6 m/s, gió mạnh nhất lên tới 20–22 m/s và khi có bão mạnh tốc độ gió mạnh nhất có thể lên tới 30 m/s. Bão hoạt động trên vùng phía Nam biển Đông ít hơn, chậm hơn và cường độ cũng yếu hơn so với vùng biển phía Bắc.

– Trong năm, vào tháng IX và tháng IV là thời kỳ chuyển tiếp giữa hai mùa gió. Khi đó, hướng gió thay đổi, tốc độ gió yếu và phụ thuộc vào từng vùng cụ thể trên biển.

#### b) Vịnh Thái Lan

Vịnh Thái lan là vùng biển khuất gió, ở đây có hệ thống gió đất–gió biển thổi đều đặn, do đó hướng và tốc độ gió thường thay đổi theo chu kỳ ngày đêm.



Vùng	Địa danh và hướng đường bờ	Độ cao sóng hữu hiệu cực đại năm [m]	Tần suất xuất hiện [P%], Hướng sóng nguy hiểm		Chiều cao và chu kỳ sóng trung bình	Sóng bão 5% Hsig[m] T[s]	Phụ vùng và các đặc điểm trường sóng
V	Ven bờ vịnh Thái Lan	2.5–3.0	39	42	0.5–0.75	4.0–4.5	02 phụ vùng: 5.1: Ven bờ Hà Tiên đến Rạch Giá. Sóng rất nhỏ do được Phú Quốc và các đảo che chắn. 5.2: Rạch Cá Ngát xuống phía Vũng Cà Mâu. Càng xuống phía nam sóng càng mạnh lên, đặc biệt là hướng sóng NW.
	Xu thế chung theo hướng N–S		SW	19	3–5	10	
			NW				

#### 2.2.4. Hoàn lưu/chế độ dòng chảy các vùng biển Việt Nam

Biển Việt Nam nằm ở phía tây Thái Bình Dương, chiếm hầu hết phía tây Biển Đông, có thêm lục địa rộng lớn nối địa hình đáy khác nhau, nơi đáy bằng phẳng độ sâu nhỏ dưới 100m như Vịnh Bắc Bộ, nơi có địa hình đáy phức tạp độ dốc lớn hơn độ sâu tới 2000–3000m như vùng biển miền Trung.

Hoàn lưu dải ven bờ Việt Nam chịu sự chi phối của 4 loại dòng chảy cơ bản đó là: dòng chảy gió, dòng triều, dòng chảy sông và hoàn lưu đại dương [9].

Những đặc điểm chung nhất của hoàn lưu dòng chảy ven biển Việt Nam theo các khu vực được tóm tắt như sau:

##### a) Hoàn lưu khu vực Vịnh Bắc Bộ

Về mùa đông, ở khu vực biển thoáng phía bắc Vịnh Bắc Bộ (khu vực Quảng Ninh – Hải Phòng), dòng chảy tổng cộng có hướng nam tây nam, nam và nam đông nam với tốc độ từ 50–80 cm/s, lớn nhất lên đến 120 cm/s, nhưng tần suất chỉ khoảng 4–5%. Ngoài ra trong tháng I cũng xuất hiện dòng chảy có hướng bắc, tây bắc với tốc độ tương đương với dòng chảy ngược hướng vừa nêu trên.

Về mùa hè dưới tác động của nước lục địa do các sông chảy ra gây ảnh hưởng đến hoàn lưu nước vùng bắc vịnh và hướng chủ đạo là bắc đông bắc và đông bắc.

Tốc độ dòng chảy về mùa hè cũng xấp xỉ như về mùa đông. Tuy nhiên, do đặc điểm địa hình, địa mạo bị chia cắt bởi các cửa sông, eo, lũng lạch nên tốc độ dòng chảy thay đổi theo thủy triều. Ở pha triều lên lưu tốc ở vùng cửa sông giảm xuống, nhưng với pha triều xuống thì vận tốc lại tăng lên, có thời điểm đạt tới 90–100 cm/s.

##### b) Hoàn lưu khu vực miền Trung

Khu vực này được chia thành đoạn bờ bắc trung bộ từ Thanh Hóa tới Thừa Thiên – Huế. Đoạn bờ này có đặc điểm hoàn lưu về cơ bản giống với hoàn lưu vịnh bắc bộ từ Quảng Ninh tới Quảng Trị. Bờ biển nam trung bộ từ Đà Nẵng vào tới Bình Thuận có những đặc điểm:

Mùa đông hướng dòng chảy vùng ven bờ miền Trung là một nhánh phía tây của hoàn lưu biển Đông với hướng chủ đạo là nam và tây nam với tần suất lên tới 70–80%. Các hướng khác có tần suất nhỏ không đáng kể. Lưu tốc phổ biến khoảng 90–100 cm/s.

Về mùa hè, dòng chảy vùng xem xét có bức tranh phức tạp hơn mùa đông. Ở vùng Phú Yên–Khánh Hòa có dòng chảy ven bờ từ bắc xuống nam với tốc độ khoảng 25–40 cm/s. Dòng chảy này hòa nhập với dòng chảy từ phía tây nam hướng về đông bắc ở gần Phú Quý tạo thành xoáy thuận ở vực nước nửa phần phía Bắc của vùng đang xét. Hướng dòng chảy vào mùa hè có sự phân tán, hoa dòng chảy có nhiều hướng với tần suất không lớn.

Mùa chuyển tiếp từ đông sang hè, chế độ dòng chảy có thêm hướng tương tự như chế độ dòng chảy mùa hè, hướng dòng chảy rất phân tán vừa có hướng chảy về nam, vừa có hướng chảy lên bắc, đồng thời xuất hiện hướng dòng chảy vuông góc đường bờ với tần suất nhỏ.

Mùa chuyển tiếp từ hè sang đông, theo số liệu tháng X ở phần phía bắc vùng miền Trung chế độ dòng chảy có nhiều nét tương tự như mùa đông. Còn ở nửa phần phía nam gần Phú Quý, chế độ dòng chảy có những nét gần với bức tranh dòng chảy mùa hè.

c) Hoàn lưu khu vực Đông Nam Bộ

Đây là đoạn bờ biển thuộc biển Đông, thuộc khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), nơi nhận dòng chảy đáng kể vào mùa lũ (trùng với mùa hè) của hệ thống sông Đồng Nai và sông Cửu Long.

Hệ thống dòng chảy vùng Đông Nam Bộ là kết quả tác động của hệ thống gió mùa, chế độ dòng triều và dòng chảy sông mà ảnh hưởng của nó thay đổi theo mùa. Ảnh hưởng mùa hè hay mùa lũ trội hơn nhiều ảnh hưởng mùa đông (mùa cạn).

Về mùa đông dòng chảy thịnh hành có hướng tây nam với tốc độ trung bình khoảng 50–60 cm/s, lớn nhất khoảng 75 cm/s chiếm khoảng trên dưới 60%; Sau đó là hướng tây có tần suất khoảng 20%. Ngoài ra còn quan sát thấy các dòng chảy vuông góc với bờ vừa từ bờ ra và vừa từ biển vào với tần suất đều nhỏ và xấp xỉ bằng nhau, song về vận tốc dòng hướng từ biển vào bờ có vận tốc lớn hơn dòng chảy từ bờ chảy ra.

Về mùa hè, ở vùng xem xét có bức tranh dòng chảy đối lập với bức tranh dòng chảy mùa đông. Dòng chảy có hướng từ tây nam về tây bắc với tốc độ trung bình khoảng 50–60 cm/s, lớn nhất khoảng 70 cm/s. Hướng đông bắc và hướng đông đông bắc mỗi hướng có tần suất khoảng 30%. Hướng đông có tần suất nhỏ hơn xấp xỉ bằng 25%.

Tháng IV là tháng chuyển tiếp từ đông sang hè dòng chảy có hướng rất phân tán. Về mùa này vừa có dòng chảy về hướng bắc đông bắc với tốc độ không lớn, chỉ khoảng 12–15 cm/s, vừa tồn tại dòng chảy có hướng nam tây nam và tây nam với lưu tốc cũng < 20 cm/s và tần suất xuất hiện khoảng 15–18%.

Tương tự, tháng 9 là tháng chuyển tiếp từ hè sang đông hướng dòng chảy rất phân tán, hướng tây nam có tần suất xuất hiện lớn nhất với tần suất khoảng 20%. Trong thời gian này, dòng chảy lũ từ các hệ thống sông cũng đóng góp một tỷ trọng đáng kể vào dòng chảy tổng cộng. Lưu tốc trung bình giảm dần từ cửa sông ra biển, lớn hơn trong kỳ triều kém hay chân triều và nhỏ hơn trong thời gian triều cường (đỉnh triều). Xin lưu ý rằng, khi vị trí nhận chìm cách bờ > 10 km thì ảnh hưởng của dòng chảy sông cũng giảm dần.

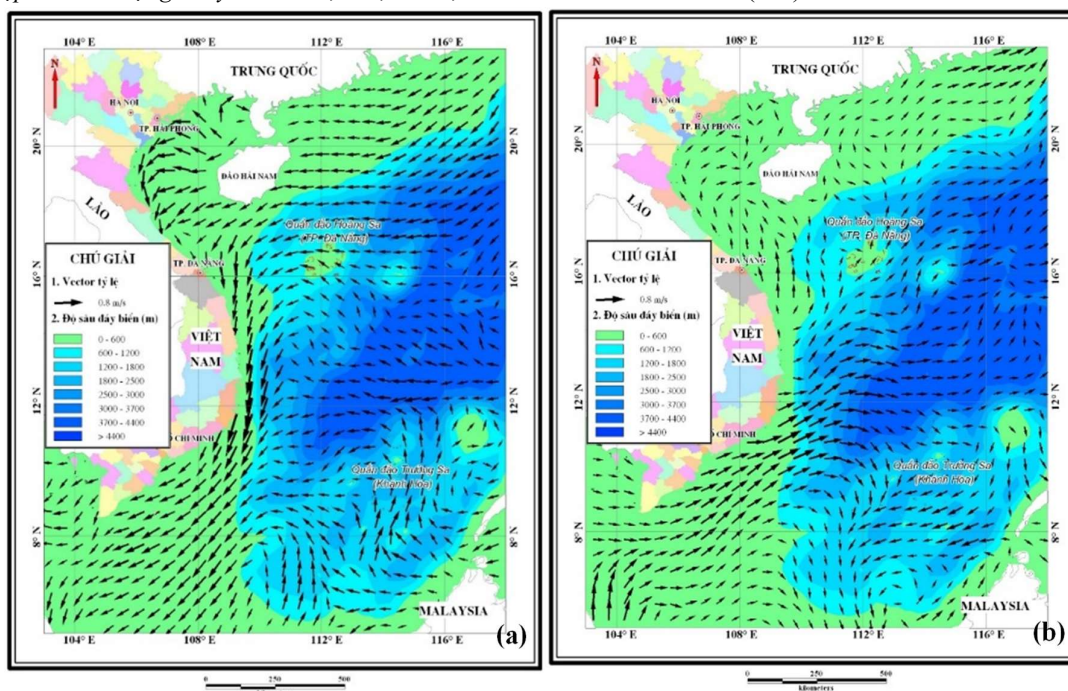
d) Hoàn lưu khu vực Tây Nam Bộ

Khu vực Tây Nam Bộ là vùng biển nông, ít vịnh, có đoạn bờ biển bằng phẳng, ít bị chia cắt vì có rất ít những con sông lớn chảy ra. Hoàn lưu khu vực này bị chi phối chủ yếu bởi dòng chảy gió và dòng triều.

Về mùa đông, dòng chảy khu vực Tây Nam Bộ thường có đoạn nối tiếp của dòng chảy từ vùng phía đông vòng qua mũi Cà Mau rồi hướng về phía đảo Phú Quốc. Ở gần đảo Thổ Chu dòng chảy uốn khúc vòng về phía giữa Vịnh Thái Lan. Tốc độ dòng chảy thịnh hành về mùa này khoảng 70–80 cm/s. Tốc độ dòng chảy lớn nhất mùa đông ở bãi cạn Cà Mau là 108 cm/s.

Về mùa hè, dòng chảy có hướng tây bắc–đông nam tức là từ đảo Phú Quốc chảy về phía mũi Cà Mau rồi hòa nhập với hướng dòng chảy từ phía nam lên tạo thành dòng chảy đi về phía Vũng Tàu–Côn Đảo. Tốc độ dòng chảy mùa hè ở vùng này nhỏ hơn tốc độ dòng chảy mùa đông và chỉ vào khoảng 20–30 cm/s.

Bản đồ dòng chảy trung bình tháng I (Mùa Đông) và tháng VII (Mùa Hè) được thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Bản đồ trường dòng chảy trung bình tháng 1 (a) và tháng 7 (b) biển Đông.

### 3. Kết quả và thảo luận

Trên cơ sở các báo cáo ĐTM đối với các dự án nhận chìm chất nạo vét ở biển Việt Nam, hiện nay phương pháp nhận chìm phổ biến ở VN là sử dụng tàu hút bọng, xả đáy và tàu hút có gầu ngoạm vào bọng và xả đáy.

Dung tích khoang chứa tàu từ 7000 đến 35.000 m<sup>3</sup>; Tàu hút bọng xả đáy thường có 2 cần hút với lưu lượng khoảng 7000 m<sup>3</sup>/h/cần; tàu xen thổi với công suất 7000 m<sup>3</sup>/h và tàu có gầu ngoạm (Tàu sáng cạp) có công suất 200 m<sup>3</sup>/h.

Thời gian nhận chìm, không xét thời gian tàu di chuyển từ điểm nạo vét tới điểm nhận chìm, khoảng 15 phút, sau khi tàu neo cố định tại vị trí nhận chìm và hoàn tất công tác chuẩn bị thì mở cửa đáy và vật chất nhận chìm rơi tự do xuống đáy biển.

Công việc nạo vét, vận chuyển và nhận chìm được thực hiện liên tục theo kế hoạch đã được phê duyệt và thường kéo dài nhiều tháng, trừ những khoảng thời gian mà các điều kiện trong tiêu chí khuyến cáo phải dừng.

Nghiên cứu đề xuất bộ tiêu chí cho phép nhận chìm chất nạo vét tại các địa điểm đã được cấp phép, cụ thể:

#### 3.1. Tiêu chí và các chỉ số về điều kiện độ sâu nước và thời điểm nhận chìm

Yếu tố độ sâu rất quan trọng vì có liên quan tới khối lượng vật chất nhận chìm và cao trình kết thúc nhận chìm. Độ sâu nước tại thời điểm nhận chìm phụ thuộc vào độ lớn thủy triều trong 1 chu kỳ triều được xác định trong mục 2.2.1. Độ sâu nước tăng dần từ chân triều đến đỉnh triều và giảm dần từ đỉnh triều tới chân triều kế tiếp. Nghiên cứu này đề xuất chỉ số về độ sâu tại vị trí nhận chìm như bảng 3.

Bảng 3. Chỉ số về độ sâu tại vị trí nhận chìm.

TT	Độ sâu (m)	Mức độ phù hợp
1	< 6,0	Không phù hợp
2	6,0–15,0	Phù hợp thấp
3	15,0–20,0	Phù hợp
4	> 20,0	Rất phù hợp

Ngoài ra, độ sâu nhận chìm có thể được đánh giá dựa trên chế độ sóng tại mỗi khu vực cụ thể. Độ sâu phù hợp để nhận chìm là độ sâu sóng nước sâu.

Chỉ số về thời điểm nhận chìm

Thời điểm nhận chìm thay đổi tùy thuộc vào chế độ triều. Với vùng có chế độ nhật triều thì thời gian triều lên và triều xuống xấp xỉ 12 giờ, trong khi vùng chế độ bán nhật triều thì thời gian đó chỉ khoảng 6 giờ. Mức độ phù hợp của thời điểm nhận chìm đề xuất như bảng 4.

**Bảng 4.** Chỉ số về thời điểm nhận chìm.

TT	Thời gian theo chu kỳ triều		Mức độ phù hợp
	Nhật triều	Bán nhật triều/hỗn hợp	
1	2 giờ trước và sau chân triều	1 giờ trước và sau chân triều	Rất phù hợp
2	2 giờ trước và sau chân triều	1 giờ trước và sau chân triều	Phù hợp
3	Thời gian còn lại	Thời gian còn lại	Phù hợp thấp

### 3.2. Tiêu chí và các chỉ số về điều kiện gió và sóng do gió

Chỉ số liên quan tới gió

Tốc độ gió và độ lớn sóng gió nó gây ra lấy theo hướng dẫn của tổ chức khí tượng quốc tế và được tóm tắt trong bảng 5.

**Bảng 5.** Chỉ số về cấp gió, tốc độ gió và chiều cao sóng có nghĩa.

Cấp gió Bø pho	Tốc độ gió		HsTB m	Mức độ nguy hại
	m/s	km/h		
0	0,0 – 0,2	<1,0	–	Gió nhẹ
1	0,3 – 1,5	1 – 5	0,1	Không gây nguy hại
2	1,6 – 3,3	6–11	0,2	
3	3,4 – 5,4	12–19	0,6	
4	5,5 – 7,9	20–28	1,0	Biển hơi động; thuyền đánh cá chao nghiêng
5	8,0–10,7	29–38	2,0	phải cuốn bột buồm
6	10,8–13,8	39–49	3,0	Biển động mạnh, nguy hiểm đối với tàu
7	13,9–17,1	50–61	4,0	thuyền
8	17,2–20,7	62–74	5,5	Biển động rất mạnh, nguy hiểm đối với tàu
9	20,8–24,4	75–88	7,0	thuyền

Căn cứ vào số liệu về gió ở bảng trên và loại phương tiện vận chuyển và nhận chìm phổ biến của Việt Nam hiện nay, đề xuất công tác nhận chìm sẽ phải dừng lại khi vận tốc gió bằng và lớn hơn cấp 4, ứng với  $V_g \geq 7,9$  m/s. Chỉ số liên quan tới sóng là bảng phân cấp sóng biển và độ cao sóng tương ứng (Bảng 6).

**Bảng 6.** Chỉ số về cấp sóng và độ cao sóng tương ứng.

Cấp sóng	Độ cao sóng Hs (m)	Cấp sóng	Độ cao sóng Hs (m)
1	$\leq 0,25$	6	3,5–6
2	0,25–0,75	7	6–8,5
3	0,75–1,25	8	8,5–11
4	1,25–2	9	> 11
5	2–3,5		

Căn cứ vào điều kiện mặt biển và loại phương tiện phổ biến sử dụng cho chuyên chở và nhận chìm chất nạo vét. Đề xuất khi chiều cao sóng  $H_s \geq 2,0$  m, nghĩa là tương đương với sóng cấp 4 trở lên thì công tác nhận chìm phải dừng lại.

### 3.3. Tiêu chí và các chỉ số về điều kiện dòng chảy

Dòng chảy tổng cộng là tổ hợp giữa dòng triều, dòng chảy do sóng, gió và dòng chảy từ trong sông. Vùng chịu tác động của dòng chảy trong sông mạnh hơn là 2 đồng bằng châu

thỏ sông Hồng và ĐBSCL, trong khi dải bờ biển miền trung ảnh hưởng của dòng chảy sông nhỏ.

Khi nhận chìm, sự phát tán vật chất phụ thuộc vào vận tốc dòng chảy và khu vực phát tán xa nhất phụ thuộc vào hướng dòng chảy. Do vậy khi nhận chìm có thể tham khảo chế độ hoàn lưu biển được trình bày trong mục 2.2.4. Căn cứ vào các tiêu chí đã nêu trên, đề xuất chỉ số đánh giá liên quan tới dòng chảy hay hoàn lưu biển như bảng 7.

**Bảng 7.** Chỉ số hoàn lưu biển cho phép nhận chìm.

Mức độ sóng (cấp)	Độ cao sóng (m)	Lưu tốc VTB(m/s)	Mức độ phù ợp của hoạt động nhận chìm
1	≤ 0,25	< 0,60	Rất phù ợp
2	0,25 – 0,75	0,60 – 0,80	Phù ợp
3	0,75 – 1,25	0,75 – 1,00	Hạn chế nhận chìm
4	1,25 – 2,00		
5	2,00 – 3,50	> 1,00	Dừng hoàn toàn việc nhận chìm
6	3,50 – 6,00		
7	6,00 – 8,50		
8	8,50 – 11,00		
9	> 11,00		

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã đưa ra được chế độ thủy triều, sóng, gió và hoàn lưu biển theo mùa và tình trạng thời tiết đặc biệt làm cơ sở cho việc xây dựng các tiêu chí và chỉ số nhận chìm ngoài biển nhằm giảm thiểu tác động của quá trình nhận chìm tới môi trường, hệ sinh thái và các hoạt động kinh tế xã hội ở dải ven biển.

Bộ tiêu chí và các chỉ số thành phần được đề xuất có tính chất thực hành và khá dễ dàng cho việc áp dụng vào thực tế. Đây là cơ sở phục vụ công tác nhận chìm. Khi áp dụng, cần xem xét tổ hợp từ các tiêu chí và các chỉ số và dựa vào điều kiện cụ thể để quyết định việc nhận chìm mang lại hiệu quả cao nhất xét trên các khía cạnh kinh tế, kỹ thuật và môi trường.

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

**Lời cảm ơn:** Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài ĐTDL.CN-57/20, “Nghiên cứu xây dựng bộ tiêu chí xác định ngưỡng chịu tải các khu vực quy hoạch nhận chìm chất nạo vét trong vùng lãnh hải Việt Nam”. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

#### Tài liệu tham khảo

1. Luật Bảo vệ môi trường, 2014.
2. Luật biển Việt Nam, 2012.
3. Luật tài nguyên và môi trường biển và hải đảo, 2015.
4. Nghị định số 40/2016/NĐ-CP quy định chi tiết hồ sơ, trình tự thủ tục cấp, cấp lại, gia hạn, sửa đổi, bổ sung, trả lại giấy phép nhận chìm ở biển cũng như chấm dứt hiệu lực giấy phép nhận chìm ở biển.
5. Thông tư số 28/2019/TT-BTNMT ngày 31/12/2019 qui định chi tiết về nạo vét và nhận chìm vật chất.
6. Đề tài “Luận cứ khoa học cho việc thiết lập và giải pháp quản lý hành lang bảo vệ bờ biển Việt Nam” mã số: KC.09.17/16-20 thuộc Chương trình trọng điểm cấp quốc gia giai đoạn 2016-2020.
7. Viện nghiên cứu Biển và Hải đảo. Đề tài “Nghiên cứu xây dựng tiêu chí về thủy triều và các chỉ số đánh giá tiêu chí về thủy triều”, mã số ĐTDL.CN-57/20.

8. Viện nghiên cứu Biển và Hải đảo. Đề tài “Nghiên cứu xây dựng tiêu chí về sóng và các chỉ số đánh giá tiêu chí về sóng”, mã số ĐTĐL.CN-57/20.
9. Viện nghiên cứu Biển và Hải đảo. Đề tài “Nghiên cứu xây dựng tiêu chí về dòng chảy và các chỉ số đánh giá tiêu chí về dòng chảy”, mã số ĐTĐL.CN-57/20.

## **Proposing a set of criteria on the hydrodynamic conditions to allow dumping the dredged materials in the sea of Vietnam**

**Vu Minh Cat<sup>1\*</sup>, Le Duc Dung<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> The Faculty of Civil Engineering, Van Lang University, HCM City; vuminhcat@gmail.com

<sup>2</sup> Vietnam Institute of Seas and Islands; dung.ld.visi@gmail.com

**Abstract:** In our country, socio-economic activities related to the sea are taking place very actively, in which the construction of seaports, estuary ports or the construction of economic zones and industrial zones has dredged a huge amount of materials and a part of the dredged material is submerged at sea. Dumping depends on many factors such as physio-chemical properties of the dredged materials, hydro-meteorological conditions at sea, technology and techniques of dredging, transportation and dumping etc... because of these factors. causing impacts on the ecology, socio-economic activities around the dumping area. This paper studies and proposes criteria related to wave, wind and current conditions for dumping in order to minimize the impact on the surrounding ecosystem and socio-economic activities in the area

**Keywords:** Criteria; Index; Sea dumping; Dredged material; Sea current.



Bài báo khoa học

## Giám sát và kiểm kê phát thải khí nhà kính (CO<sub>2</sub> tương đương) trên cơ sở phân loại lớp phủ bằng ảnh Sentinel 1 tỉnh Quảng Bình

Doãn Hà Phong<sup>1\*</sup>, Nguyễn Huệ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Viện khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; doanhaphong@gmail.com;

<sup>2</sup> Sở Tài nguyên và Môi trường Quảng Bình; nghue66@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: doanhaphong@gmail.com; Tel.: +84-913212325

Ban Biên tập nhận bài: 2/12/2021; Ngày phản biện xong: 28/1/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

**Tóm tắt:** Các-bon dioxide (CO<sub>2</sub>) là một trong những khí nhà kính quan trọng có tác động mạnh mẽ và góp phần lớn trong việc biến đổi khí hậu, việc theo dõi xu hướng phát thải khí nhà kính là hết sức cần thiết để có cái nhìn tổng thể nhằm có giải pháp ứng phó biến đổi khí hậu tốt hơn. Ước tính trữ lượng CO<sub>2</sub> trong khí quyển bằng vệ tinh viễn thám là một nghiên cứu khoa học được phát triển nhanh chóng, từ đó có những cơ sở nhất định về chu trình cacbon trên toàn cầu và cung cấp cái nhìn sâu sắc về sự hiện diện của CO<sub>2</sub> trên bề mặt của Trái Đất. Trong nghiên cứu, từ dữ liệu vệ tinh Ra-đa Sentinel 1 tác giả sẽ tiến hành giải đoán lớp phủ và phân tách được riêng lớp phủ rừng. Sau đó sử dụng phần mềm tính toán AFOLU để tính được tổng CO<sub>2</sub> tương đương cho lớp phủ rừng tỉnh Quảng Bình. Đánh giá độ chính xác thảm phủ rừng từ Sentinel-1 có độ chính xác từ nhà sản xuất và độ chính xác từ người dùng lần lượt là 95.83 và 82.14 % cho thấy khả thi trong việc sử dụng ảnh Sentinel 1 để giải đoán rừng. Đến năm 2021, theo tính toán từ AFOLU, nếu thực hiện tốt các biện pháp cải tạo, bảo vệ rừng, Quảng bình tạo ra khoảng trên 68 triệu tấn CO<sub>2</sub> (bao gồm cả giảm phát thải và tăng hấp thụ các-bon rừng) trong thời gian thực hiện đề án từ 2018–2025 và ước đạt trên 400 triệu tấn CO<sub>2e</sub> vào năm 2025.

**Từ khóa:** Lớp phủ rừng; CO<sub>2t</sub>; Sentinel-1; AFOLU; Quảng Bình.

### 1. Đặt vấn đề

Biến đổi khí hậu (BĐKH) bắt nguồn từ sự phát thải ngày càng dư thừa của khí nhà kính vào khí quyển. Báo cáo khoa học lần thứ 4 (2007) của Ban liên Chính phủ về BĐKH (IPCC) cho thấy nồng độ khí CO<sub>2</sub> đã lên tới 379 ppm (phần triệu thể tích) vào năm 2005 với độ tăng trung bình là 1,4ppm mỗi năm vào thời kỳ 1960–2005 và 1,9ppm vào 10 năm 1995–2005. Lượng phát thải KNK do nhiên liệu hóa thạch hàng năm từ 6,4 tỷ tấn C mỗi năm trong thập kỷ 90 đã lên tới 7,2 tỷ tấn vào giai đoạn 2000–2005. Ngoài ra, nồng độ CH<sub>4</sub> và N<sub>2</sub>O từ 715 và 270ppb (phần tỷ thể tích) thời kỳ tiền công nghiệp lên đến 1774 và 319ppb vào năm 2005. Hiệu ứng nhà kính là một trong những nguyên nhân gây nên BĐKH, các chất gây nên hiệu ứng nhà kính bao gồm CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, trong đó CO<sub>2</sub> là nguyên nhân chính gây ra hiệu ứng nhà kính, chiếm 50% trong cơ cấu các chất gây hiệu ứng nhà kính. Vì vậy, việc theo dõi xu hướng phát thải và hấp thụ của các loại khí nhà kính này đều vô cùng cần thiết.

Theo tính toán của các chuyên gia, nếu Quảng Bình bảo vệ rừng tự nhiên tốt và tăng cường trồng rừng gỗ lớn, chuyển đổi rừng gỗ nhỏ sang gỗ lớn và tái sinh rừng tự nhiên hiệu quả thì tình giảm phát thải ròng 2.063.288 tấn CO<sub>2</sub> (sau khi trừ 25% không chắc chắn); đóng góp 10,5% giảm phát thải, hưởng lợi ròng 7.334.233 USD, đứng thứ nhì toàn vùng sau Nghệ An [1]. Trước đây, nhiều quốc gia đã xây dựng các trạm quan trắc mặt đất, các trạm đo này được bố trí ở nhiều địa điểm khác nhau tại những nước khác nhau, sau đó số liệu sẽ được tổng

hợp quản lý theo từng vùng, miền hoặc cả nước, cách thức quản lý này tốn nhiều thời gian và chi phí. Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, các vệ tinh viễn thám được ứng dụng trong quan trắc các chất khí gây hiệu ứng nhà kính. Các vệ tinh viễn thám có khả năng quan sát trực tiếp sự thay đổi của khí nhà kính trong khí quyển như vệ tinh GOSAT (*Greenhouse Gases Observing Satellite*) của JAXA (*Aerospace Exploration Agency*). Một cách tiếp cận khác là sử dụng ảnh viễn thám để phân loại lớp phủ sau đó sử dụng hệ số phát thải của IPCC để tính toán phát thải cho từng loại hình sử dụng đất. [2] đã ước tính số lượng CO<sub>2</sub> của các khu rừng ở Nhật Bản bằng cách phân biệt chủng loại tuổi cây chính xác bằng cách sử dụng các kỹ thuật viễn thám. Nghiên cứu này ước tính sự hấp thụ CO<sub>2</sub> bởi các khu rừng ở Nhật Bản sử dụng dữ liệu viễn thám trên đất liền của Vệ tinh viễn thám (Landsat) (OLI). Hình ảnh Landsat được sử dụng để xây dựng bản đồ chi tiết về độ che phủ rừng. Ước tính giá trị hấp thụ CO<sub>2</sub> cho từng loại rừng và từng tuổi cây từ dữ liệu điều tra rừng đã được thực hiện. Kết quả bản đồ độ che phủ rừng có bốn lớp và độ chính xác tổng thể mang lại xấp xỉ 74%. Đối với ước tính khối lượng, lỗi bình phương trung bình gốc (RMSE) được tính toán với thông tin tham chiếu mặt đất dẫn đến 105,58 m<sup>3</sup>/ha. Kết quả cuối cùng cho thấy rằng tổng lượng CO<sub>2</sub> hấp thụ ở Nhật Bản dựa trên các phân lớp rừng tuổi cây mang lại 85,0 Mt×CO<sub>2</sub> (lá kim), 4,76 Mt×CO<sub>2</sub> (lá rộng thường xanh) và 21,61 Mt×CO<sub>2</sub> (lá rộng rụng lá), tổng cộng là 111,27 Mt×CO<sub>2</sub>. Sử dụng các kỹ thuật viễn thám để ước tính định lượng sự hấp thụ CO<sub>2</sub> trong các khu rừng Nhật Bản đã được chứng minh là có lợi thế và mang lại nhiều khả năng hơn nữa. [5] đã sử dụng ảnh quang học Sentinel 2 để định lượng CO<sub>2</sub> trên mặt đất. Nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu quang phổ Sentinel-2 trong việc định lượng trữ lượng carbon trong khu vực đô thị có rừng tái sinh. Kết quả cho thấy dữ liệu quang phổ Sentinel-2 ước tính trữ lượng carbon rừng tái sinh đạt RMSE từ 0,378 đến 0,466 t×ha<sup>-1</sup> và R<sup>2</sup> là 79,82 và 77,96% bằng cách sử dụng bộ dữ liệu đã được hiệu chỉnh. Dựa trên các phương pháp lựa chọn biến rừng ngẫu nhiên và phương pháp loại trừ ngược, chỉ số thực vật chênh lệch chuẩn hóa, chỉ số thực vật nâng cao, chỉ số tỷ lệ đơn giản đã sửa đổi và chỉ số thực vật chênh lệch chuẩn hóa là tập hợp con tốt nhất của các biến dự báo về trữ lượng carbon. Những phát hiện này chứng minh giá trị và triển vọng của dữ liệu quang phổ Sentinel-2 để dự đoán trữ lượng carbon trong các cảnh quan đô thị có rừng tái sinh. Thông tin này rất quan trọng đối với việc áp dụng các chính sách và kế hoạch quản lý có thông tin để tối ưu hóa khả năng hấp thụ carbon của các cảnh quan rừng tái sinh đô thị và cải thiện tiềm năng giảm thiểu biến đổi khí hậu của chúng.

Các cách tiếp cận này chủ yếu mới tiếp cận theo hướng sử dụng ảnh viễn thám quang học, bị hạn chế nhiều bởi thời tiết và mây. Trong nghiên cứu này tác giả sẽ sử dụng dữ liệu ảnh Radar Sentinel 1 để thử nghiệm phân loại các lớp thảm phủ sau đó sử dụng công cụ tính toán AFOLU để tính được tổng CO<sub>2</sub> tương đương cho khu vực tỉnh Quảng Bình. Quảng Bình là một trong những tỉnh và vùng duyên hải thực hiện đề án REDD+. Toàn tỉnh có diện tích rừng và đất lâm nghiệp là 64.777 ha, trong đó rừng tự nhiên 472.949 ha, tỷ lệ che phủ đạt 67,4%. Tỉnh xác định vùng ưu tiên thực hiện REDD+ cũng như vùng ưu tiên thực hiện đề án, bao gồm 6 huyện và 19 xã [3].

Tuy nhiên, Quảng Bình sẽ phải đối mặt với một số bất lợi do chưa có các mô hình quản lý rừng bền vững đối với rừng trồng và diện tích rừng trồng cung cấp gỗ lớn không nhiều trong khi rừng tự nhiên vẫn chưa được đà suy thoái và mất rừng. Vậy nên cần thiết xây dựng một bộ công cụ tính toán để giám sát CO<sub>2</sub> rừng cho khu vực tỉnh Quảng Bình. Nghiên cứu sẽ tập trung nghiên cứu khả năng ứng dụng viễn thám và phần mềm AFOLU trong giám sát CO<sub>2</sub> rừng khu vực Quảng Bình.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng và dữ liệu nghiên cứu

Quảng Bình là một tỉnh thuộc duyên hải thuộc vùng Bắc Trung Bộ, Việt Nam, nằm trải dài từ 16°55' đến 18°05' vĩ Bắc và từ 105°37' đến 107°00' kinh Đông, cách thủ đô Hà Nội

500 km về phía Bắc, cách thành phố Đà Nẵng 267 km về phía Nam theo đường Quốc lộ 1A. Có vị trí địa lý: Phía bắc giáp tỉnh Hà Tĩnh; Phía nam giáp tỉnh Quảng Trị; Phía tây giáp tỉnh Khammuane, tỉnh Savannakhet, Lào với đường biên giới 201,87 km; Phía đông giáp Biển Đông. Tỉnh Quảng Bình có diện tích 8.065,3 km<sup>2</sup>, dân số năm 2019 là 895.430 người, mật độ dân số đạt 110 người/km<sup>2</sup>. Quảng Bình là tỉnh có chiều rộng hẹp nhất theo chiều Đông–Tây của Việt Nam (50 km theo đường ngắn nhất tính từ biên giới Lào ra biển Đông).



Hình 1. Bản đồ hành chính tỉnh Quảng Bình.

Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu là dữ liệu ảnh Sentinel 1. Để có thể phân loại cho khu vực tỉnh Quảng Bình cần thiết sử dụng ảnh với các thông tin chi tiết như trong bảng 1.

Bảng 1. Thông tin cảnh ảnh Sentinel 1 sử dụng trong nghiên cứu.

STT	Tên ảnh	Ngày thu nhận	Quĩ đạo	Chế độ nhận tín hiệu	Loại ảnh	Phân cực
1	S1A_IW_GRDH_1SDV_20211118T110512_20	18/11/202	128	IW	GR	VV+V
	211118T110537_040625_04D1CE_863 (2)	1				D

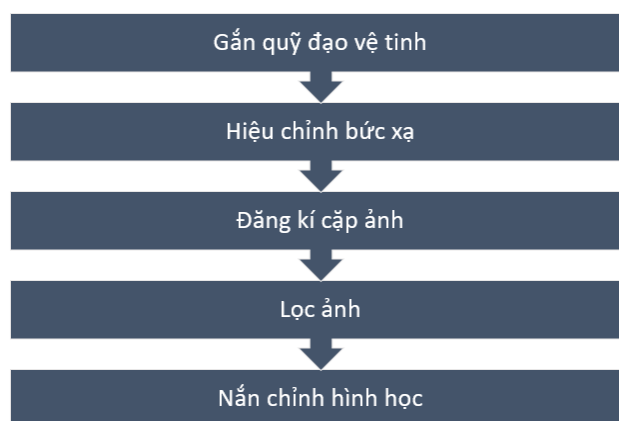
Là khu vực có điều kiện khí hậu phức tạp, chịu nhiều ảnh hưởng của thời tiết, vì vậy, đã có nhiều nghiên cứu sử dụng các ảnh vệ tinh Quang học nghiên cứu và đề xuất các lớp phủ tại địa bàn trong điều kiện thời tiết quang mây, đối với ảnh vệ tinh radar không phụ thuộc thời tiết nhưng cũng có thể cho các kết quả phân loại lớp phủ theo phương pháp random forrest phù hợp với điều kiện địa phương.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1. Phương pháp phân loại ảnh vệ tinh radar

#### a) Tiền xử lý ảnh SAR

Để phân loại được ảnh Radar cần tiền xử lý ảnh. Chi tiết các bước tiền xử lý được thể hiện ở hình 2.



**Hình 2.** Các bước tiền xử lý ảnh vệ tinh Radar Sentinel 1.

Bước xử lý đầu tiên đối với các ảnh vệ tinh Sentinel 1 là áp dụng tệp quỹ đạo trong các sản phẩm Sentinel-1 để cung cấp thông tin vận tốc và vị trí vệ tinh chính xác. Chúng được phần mềm SNAP tự động tải xuống cho các sản phẩm Sentinel-1 và được thêm vào tệp siêu dữ liệu.

Sau khi gắn quỹ đạo vệ tinh, áp dụng hiệu chỉnh bức xạ cho ảnh SAR để các giá trị pixel của ảnh thực sự đại diện cho tán xạ ngược radar của bề mặt phản xạ [4]. Hiệu chỉnh bức xạ cũng cần thiết để so sánh các hình ảnh SAR thu được bằng các cảm biến khác nhau hoặc thu được từ cùng một cảm biến tại các thời điểm khác nhau, ở các chế độ khác nhau hoặc được xử lý bởi các bộ xử lý khác nhau [5].

Sau khi cả hai hình ảnh đã được hiệu chỉnh bức xạ ở bước trước tiên hành đăng kí cho cặp ảnh. Ngay cả khi cả hai hình ảnh được thu thập từ cùng một quỹ đạo, sự khác biệt giữa các góc tới có thể gây ra vị trí pixel không chính xác trong các phần của hình ảnh. Những khác biệt này được xác định và bù đắp bởi toán tử Coregistration (trong Radar > Coregistration) tạo ra một sản phẩm đầu ra có chứa cả hai hình ảnh với lớp phủ hình học tốt nhất có thể [6].

Vết đốm, xuất hiện trong ảnh radar khẩu độ tổng hợp (SAR) dưới dạng nhiễu hạt, là do sự giao thoa của các sóng phản xạ từ nhiều bộ tán xạ cơ bản [7]. Vết đốm trong ảnh SAR làm phức tạp vấn đề giải đoán, nhận dạng ảnh do làm giảm hiệu quả của việc phân đoạn và phân loại ảnh. Để giảm bớt các tác động có hại của đốm, bước lọc ảnh là cần thiết.

Bước cuối cùng ảnh sẽ được nắn chỉnh hình học, đăng kí và chuyển đổi về hệ tọa độ WGS84 múi 48.

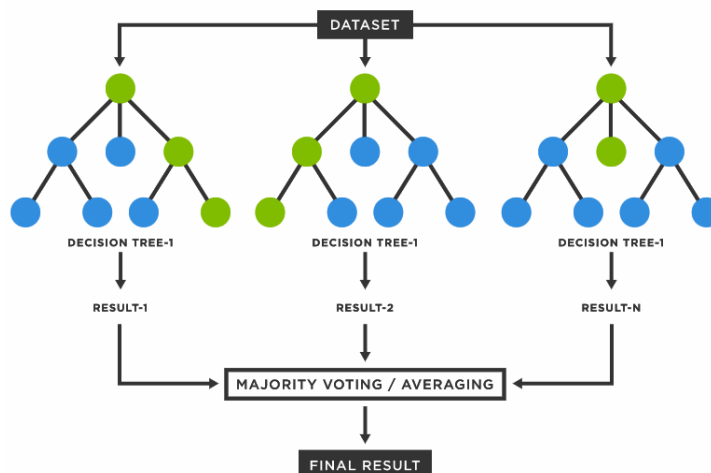
#### b) Sử dụng phương pháp Random forest phân loại có giám sát ảnh SAR

Trong nghiên cứu này để đánh giá khả năng phân loại thảm phủ cho ảnh Sentinel 1 bài báo sẽ tiến hành phân loại thành các lớp thảm phủ chính là đất dân cư, đất nông nghiệp, đất rừng, đất mặt nước, sau đó tách riêng thảm phủ rừng. Phương pháp phân loại được lựa chọn ở đây là phương pháp phân loại Random forest.

Rừng ngẫu nhiên là một thuật toán học máy có giám sát [8]. Đây là một trong những thuật toán được sử dụng nhiều nhất do tính chính xác, đơn giản và linh hoạt của nó. Thực tế là nó có thể được sử dụng cho các nhiệm vụ phân loại và hồi quy, kết hợp với tính chất phi tuyến tính của nó, làm cho nó có khả năng thích ứng cao với nhiều loại dữ liệu và tình huống [9–10].

Thuật ngữ “rừng quyết định ngẫu nhiên” lần đầu tiên được đề xuất vào năm 1995 [11]. Họ đã phát triển một công thức sử dụng dữ liệu ngẫu nhiên để tạo ra các dự đoán. Sau đó vào năm 2006, [12] đã mở rộng thuật toán và tạo ra các khu rừng ngẫu nhiên như chúng ta biết ngày nay (Hình 3). Điều này có nghĩa là công nghệ này và toán học và khoa học đằng sau nó, vẫn còn tương đối mới.

Nó được gọi là “rừng” vì nó mọc lên một rừng cây quyết định [13]. Dữ liệu từ những cây này sau đó được hợp nhất với nhau để đảm bảo đưa ra những dự đoán chính xác nhất. Trong khi cây quyết định một mình có một kết quả và phạm vi nhóm hẹp, rừng đảm bảo kết quả chính xác hơn với số lượng nhóm và quyết định lớn hơn. Nó có thêm lợi ích là thêm tính ngẫu nhiên vào mô hình bằng cách tìm ra tính năng tốt nhất trong số một tập hợp con ngẫu nhiên của các tính năng [14]. Nhìn chung, những lợi ích này tạo ra một mô hình có tính đa dạng rộng mà nhiều nhà khoa học dữ liệu ưa thích.



**Hình 3.** Minh họa rừng ngẫu nhiên (*Random forest*) với hệ thống cây quyết định.

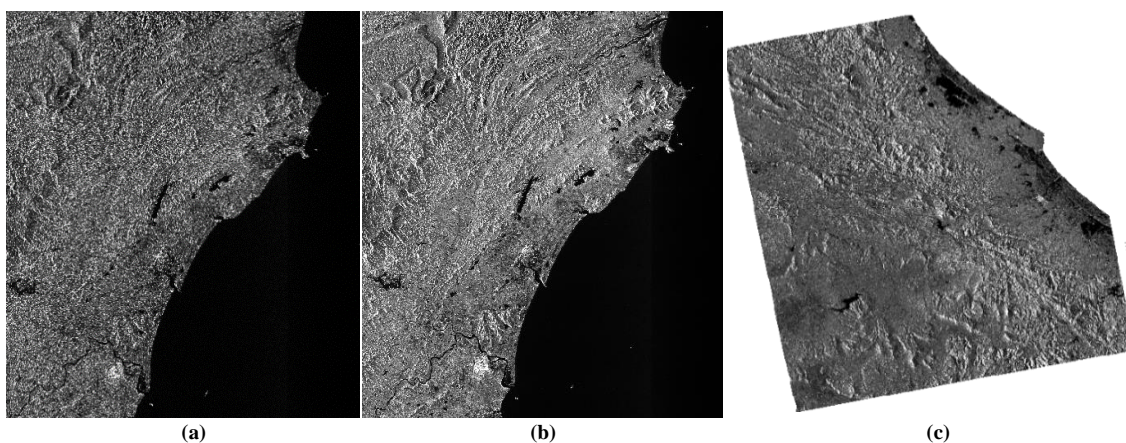
c) Sử dụng AFOLU để tính CO<sub>2</sub> tương đương cho rừng

AFOLU Calculator sử dụng các phương pháp tính toán dựa trên IPCC cho phép người dùng ước tính lợi ích CO<sub>2</sub> và các tác động tiềm ẩn về khí hậu của tám loại hoạt động dự án trên đất liền khác nhau: bảo vệ rừng, quản lý rừng, trồng/ tái trồng rừng, nông lâm kết hợp, quản lý đất trồng trọt, quản lý đất chăn thả, suy thoái rừng do củi đốt, và hỗ trợ/ phát triển các chính sách [15]. Mỗi công cụ này trong AFOLU Calculator sẽ ghi lại các phương pháp một cách minh bạch, thảo luận về các giả định và trình bày dữ liệu cơ bản cùng với các nguồn không chắc chắn liên quan của nó [16].

**3. Kết quả và thảo luận**

*3.1. Kết quả tiền xử lý ảnh*

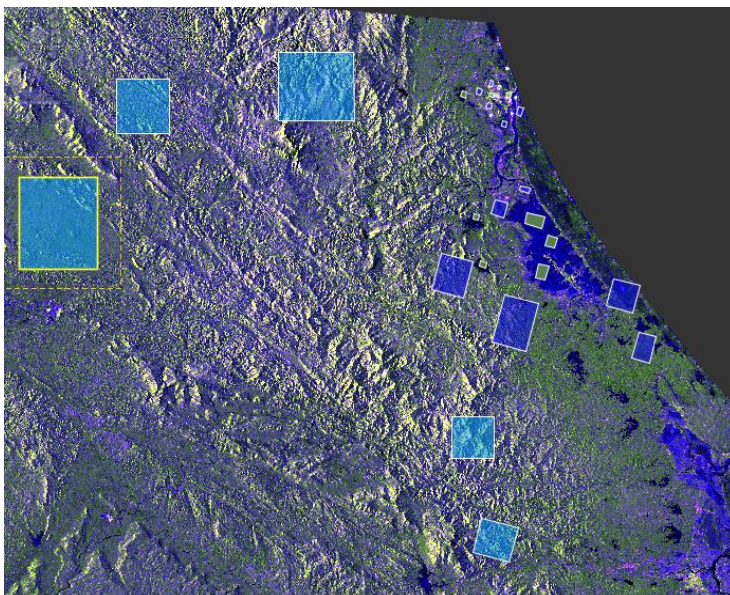
Kết quả tiền xử lý ảnh cho ảnh Sentinel 1 giải đoán cho khu vực tỉnh Quảng Bình được thể hiện ở Hình 4.



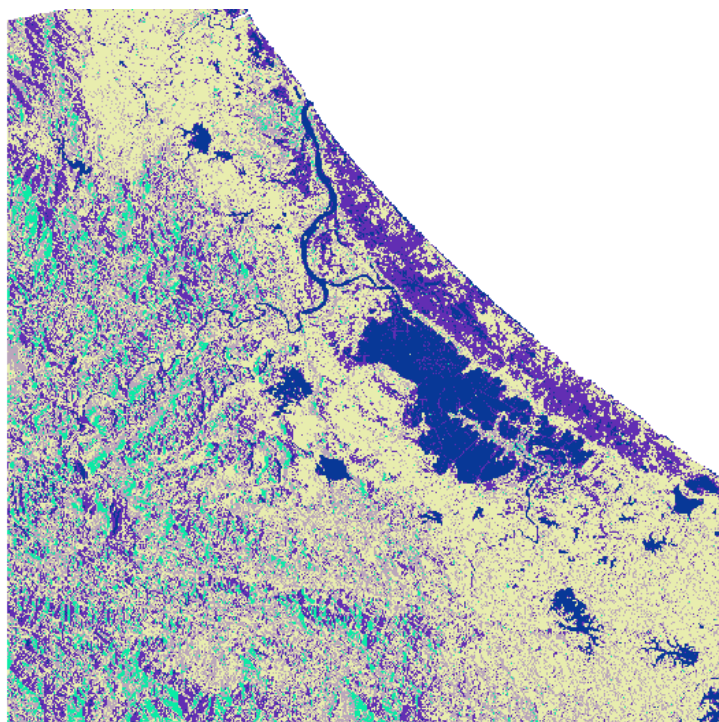
**Hình 4.** Kết quả tiền xử lý ảnh cho ảnh Sentinel 1: a) Ảnh thô (Raw); b) Ảnh sau khu hiệu chỉnh bức xạ, lọc ảnh; c) Ảnh sau khi tiền xử lý.

### 3.2. Kết quả tạo bộ dữ liệu huấn luyện và giải đoán ảnh

Kết quả tạo bộ dữ liệu huấn luyện dựa trên ảnh tổ hợp RGB từ các ảnh phân cực Radar (R: VH, G: VV, B: VH/VV).

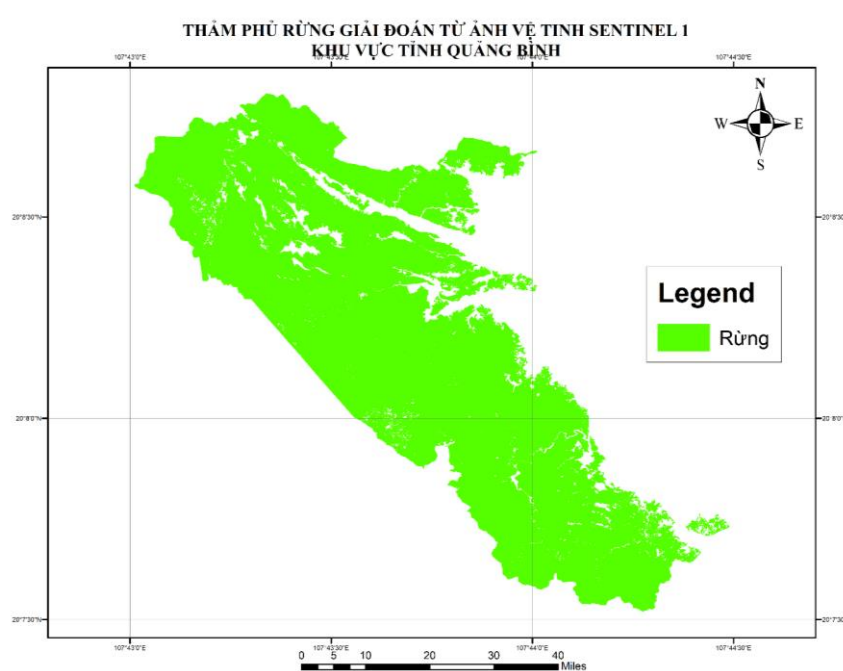


**Hình 5.** Bộ dữ liệu huấn luyện tổ hợp màu R: VH, G: VV, B: VH/VV.



**Hình 6.** Kết quả giải đoán thô ảnh vệ tinh Sentinel-1 Quảng Bình.

Sau quá trình giải đoán thô tiến hành biên tập, hiệu chỉnh bằng tay trên ArcGis và kết quả cuối cùng được trình bày ở Hình 7. Để đánh giá độ chính xác của phương pháp phân loại do không có điều kiện thu thập dữ liệu trong quá khứ vậy nên bài báo đã sử dụng nguồn dữ liệu ảnh google earth để tham khảo và kiểm chứng. Một bộ sưu tập 150 điểm khảo sát ngẫu nhiên được tạo bằng phương pháp random point trên phần mềm Erdas với từng đối tượng phân loại để đánh giá và kiểm chứng. Kết quả cuối cùng được chi tiết trên Bảng 2.



**Hình 7.** Kết quả phân loại thẩm phủ cho tỉnh Quảng Bình.

**Bảng 2.** Đánh giá độ chính xác kết quả phân loại.

Tên lớp	Tổng điểm tham chiếu	Tổng điểm phân loại	Số điểm chính xác	Độ chính xác nhà sản xuất	Độ chính xác người dùng
Thủy hệ	20	21	17	100%	88,91%
Dân cư	23	21	19	82,61%	90,48%
Nông nghiệp	39	30	32	82,05%	94,12%
Rừng	24	28	23	95,83%	82,14%

Độ chính xác tổng = 88.8%; Hệ số Kappa = 0.85

Kết quả đánh giá độ chính xác cuối cùng cho thấy thẩm phủ rừng có độ chính xác khá cao với độ chính xác nhà sản xuất và người dùng lần lượt là 95,83 và 82,14 % cho thấy khả thi trong việc sử dụng ảnh Sentinel 1 để giải đoán rừng.

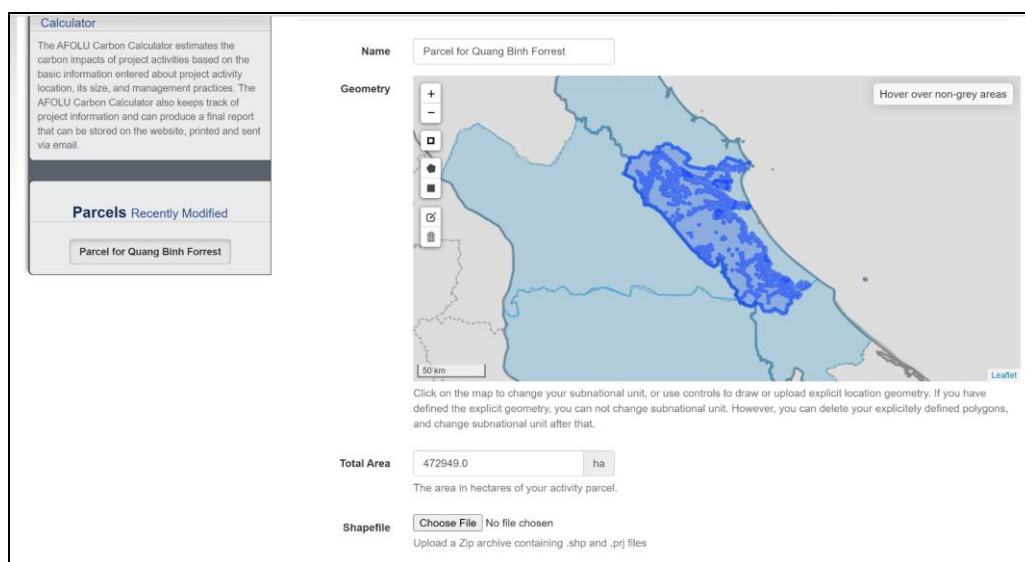
### 3.3. Kết quả tính CO<sub>2</sub> tương đương trên AFOLU

Từ diện tích rừng tách được Mô tả tham số đầu vào cho mô hình AFOLU tính toán phát thải CO<sub>2</sub> cho rừng tự nhiên khu vực tỉnh Quảng Bình. Thông số cài đặt được liệt kê trong bảng 3.

**Bảng 3.** Các tham số đầu vào cho mô hình tính toán AFLOU.

STT	Loại tham số đầu vào	Tham số	Tham số lựa chọn
1		Thực hành quản lý	Quản lý rừng tự nhiên hỗn hợp
2		Loại hoạt động	Rừng trồng khai thác xen lẫn rừng tự nhiên
3		Tuổi trồng	1 năm *
4		Loại cây ưu thế	Rừng nhiệt đới
5		Hiệu quả	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Phần trăm hiệu quả: 100% nếu thực hiện đúng các yêu cầu pháp lý</li> <li>◦ Tuổi của dự án: 7 năm (tính cho giai đoạn đến 2018–2025)</li> <li>◦ Số năm cho đến khi phát huy hết tác dụng: 30 năm (năm bắt đầu dự án đến 2050)</li> </ul>

STT	Loại tham số đầu vào	Tham số	Tham số lựa chọn
6	Đầu vào nâng cao	Khai thác	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Tỷ lệ khai thác trước can thiệp: 24,98 m<sup>3</sup>/ha/năm*</li> <li>◦ Tỷ lệ khai thác sau can thiệp: 600000,0 m<sup>3</sup>/ha/năm*</li> <li>◦ Diện tích thu hoạch hàng năm: 120000,0 ha</li> </ul>
7		Sinh khối sống	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Loài:</li> <li>◦ Sinh khối sống ban đầu: 65,0 tấn C/ha<sup>-1</sup></li> <li>◦ Sinh khối sống quay vòng mở rộng: 2,0 tấn C/ha<sup>-1</sup></li> <li>◦ Tốc độ tăng sinh khối: 1,3 tấn C/ha<sup>-1</sup>/năm</li> <li>◦ Mật độ gỗ: 0,57 g/cm<sup>3</sup>*</li> <li>◦ Cây Carbon: 156,0 t C/ha*</li> </ul>
9		Thời gian quay vòng khai thác	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Vòng quay cơ sở: 38,5 năm</li> <li>◦ Vòng quay mở rộng: 20 năm</li> </ul>
10		Giảm tác động của các công trình giao thông	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Tỷ lệ giảm khu vực trượt: 90%</li> <li>◦ Tỷ lệ đường và nền trồng bị giảm: 90%</li> </ul>
11		Sản phẩm gỗ	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Hiệu suất chuyển đổi: 50%</li> </ul>



**Hình 8.** Khu vực lớp phủ rừng tỉnh Quảng Bình khi đưa vào phần mềm AFOLU.

Kết quả tính toán được thể hiện ở bảng 4.

**Bảng 4.** Kết quả tính toán CO<sub>2</sub> rừng tỉnh Quảng Bình sử dụng AFOLU.

Năm	Đánh giá lợi ích (%)	Lợi ích năm (t CO <sub>2</sub> )	Lợi ích tích lũy (t CO <sub>2</sub> )
2021	23	-68.565.633.697	-68.565.633.697
2022	27	-78.360.724.225	-146.926.357.922
2023	30	-88.155.814.753	-235.082.172.675
2024	33	-97.950.905.281	-333.033.077.956
2025	37	-107.745.995.809	-440.779.073.765

Thế mạnh để phát triển lâm nghiệp và có sức cạnh tranh lớn về kinh tế rừng, nhưng hiện nay, việc trồng rừng ở Quảng Bình phần lớn là rừng sản xuất kinh doanh gỗ nhỏ. Với 1ha rừng trồng bình thường sau 5 năm cho thu hoạch được 80–90 m<sup>3</sup> gỗ và chỉ bán được khoảng 50 triệu đồng. Nhưng, nếu cải tạo thành rừng gỗ lớn, sau 5 đến 7 năm nữa sẽ cho thu về từ



350–500 m<sup>3</sup> gỗ và giá trị tăng lên rất nhiều lần. Gỗ keo, tràm có thể làm các vật dụng trong nhà tốt như một số loại gỗ rừng tự nhiên. Thêm vào đó, hiện nay, nguyên liệu chế biến dăm giấy lại dư thừa, thị trường và giá thành tiêu thụ có xu hướng giảm, dẫn đến đời sống người làm rừng khó khăn [17]. Tại Quảng Bình, đến năm 2025, toàn tỉnh sẽ trồng được 16.210 ha rừng trồng gỗ lớn và cấp Chứng chỉ quản lý rừng bền vững FSC cho 7.000 ha rừng trồng phục vụ cho nhu cầu chế biến tinh sâu [17]. Đến năm 2021, theo tính toán từ AFOLU, nếu thực hiện tốt các biện pháp cải tạo, bảo vệ rừng, Quảng bình tạo ra khoảng trên 68 triệu tấn CO<sub>2</sub>e (bao gồm cả giảm phát thải và tăng hấp thụ các-bon rừng) trong thời gian thực hiện đề án từ 2018–2025 và ước đạt trên 400 triệu tấn CO<sub>2</sub>e vào năm 2025.

#### 4. Kết luận

Với mục đích để nâng cao giá trị trên một đơn vị diện tích rừng trồng trực tiếp gần thời gian thực vệ tinh miễn phí Sentinel-1, thí điểm cho lớp phủ rừng nhằm đáp ứng tăng thu nhập, xóa nghèo và góp phần xây dựng nông thôn mới, trên cơ sở hướng dẫn của Bộ Nông nghiệp–PTNT, kết quả cho thấy việc sử dụng bộ công cụ viễn thám và phần mềm tính toán AFOLU trong công tác quản lý rừng tại Quảng Bình là hoàn toàn khả thi.

Việc quản lý thông tin từ vệ tinh Sentinel-1 với độ phân giải 12,5 m và không phụ thuộc thời tiết hỗ trợ công tác từng bước chuyển đổi cơ cấu sản phẩm gỗ rừng trồng từ khai thác gỗ non phục vụ chế biến dăm xuất khẩu sang kinh doanh gỗ lớn phục vụ chế biến tinh, sâu, đáp ứng bồi cánh hội nhập quốc tế; giúp đồng thời, đẩy mạnh tổ chức sản xuất dưới nhiều hình thức theo hướng mở rộng, hợp tác, liên doanh, liên kết giữa các hộ gia đình, cá nhân và doanh nghiệp nhằm nâng cao giá trị gia tăng của sản phẩm hàng hóa sử dụng gỗ rừng trồng, góp phần tạo việc làm, xóa đói giảm nghèo, cải thiện sinh kế cho người dân sống bằng nghề rừng.

Hơn thế nữa, phát triển rừng gỗ lớn không chỉ mang lại mục tiêu lợi ích về kinh tế cao mà còn tăng tính phòng hộ của rừng, như: giảm xói mòn, chống sạt lở, rửa trôi đất..., góp phần bảo vệ môi trường sinh thái và chống biến đổi khí hậu.

Hạn chế của nghiên cứu là do sử dụng mỗi ảnh radar nên độ chính xác của kết quả phân loại vẫn chưa cao, độ chính xác phân loại lớp rừng chỉ là 82% vậy nên cần thiết nghiên cứu kết hợp thêm dữ liệu quang học để kết quả phân loại sẽ được tốt hơn trong các nghiên cứu sau này

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

**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. Đề án “Phát triển vùng nguyên liệu gỗ rừng trồng gắn với trồng rừng gỗ lớn tỉnh Quảng Bình giai đoạn 2019–2025”.
2. Iizuka, K.; Tateishi, R. Estimation of CO<sub>2</sub> Sequestration by the Forests in Japan by Discriminating Precise Tree Age Category using Remote Sensing Techniques. *Remote Sens.* **2015**, *7*, 15082-15113.
3. Dự án sáng kiến REDD+ tỉnh Quảng Bình, 2016.
4. Band Radar (PolSAR) and Landsat 8 Multispectral Imagery – Richards Island, Canada, (2014). *Remote Sens.* **2014**, *6*, 8565–8593.
5. Mngadi, M.; Odindi, J.; Mutanga, O. The Utility of Sentinel-2 Spectral Data in Quantifying Above-Ground Carbon Stock in an Urban Reforested Landscape. *Remote Sens.* **2021**, *13*, 4281. <https://doi.org/10.3390/rs13214281>.

6. Ullmann, T.; Schmitt, A.; Roth, A.; Duffe, J.; Dech, S.; Hubberten, H.W.; Baumhauer, R. Land Cover Characterization and Classification of Arctic Tundra Environments by Means of Polarized Synthetic Aperture X- and C-.
7. Verrelst, J.; Rivera, J.P.; Veroustraete, F.; Muñoz-Mari, J.; Clevers, J.G.P.W.; Camps-Valls, G.; Moreno, J. Experimental Sentinel-2 LAI estimation using parametric, non-parametric and physical retrieval methods – A comparison. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* **2015**, *108*, 260–272.
8. Betts, R.A.; Falloon, P.D.; Goldewijk, K.K.; Ramankutty, N. Biogeophysical effects of land use on climate: Model simulations of radiative forcing and large-scale temperature change. *Agric. For. Meteorol.* **2007**, *142*, 216–233. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.08.021>.
9. Berners-Lee, M.; Hoolohan, C.; Cammack, H.; Hewitt, C.N. The relative greenhouse gas impacts of realistic dietary choices. *Energy Policy* **2021**, *43*, 184–190. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.12.054>.
10. Branca, G.; Hissa, H.; Benez, M.C.; Medeiros, K.; Lipper, L.; Tinlot, M.; Bockel, L.; Bernoux, M. Capturing synergies between rural development and agricultural mitigation in Brazil. *Land Use Policy* **2013**, *30*, 507–518. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.04.021>.
11. Frampton, W.J.; Dash, J.; Watmough, G.; Milton, E.J. Evaluating the capabilities of Sentinel-2 for quantitative estimation of biophysical variables in vegetation. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* **2013**, *82*, 83–92.
12. Gao, B. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sens. Environ.* **1996**, 257–266.
13. Torres, R.; Snoeij, P.; Geudtner, D.; Bibby, D.; Davidson, M.; Attema, E.; Rostan, F. GMES Sentinel-1 mission. *Remote Sens. Environ.* **2012**, *120*, 9–24.
14. Gessner, U.; Machwitz, M.; Conrad, C.; Dech, S. Estimating the fractional cover of growth forms and bare surface in savannas. A multi-resolution approach based on regression tree ensembles. *Remote Sens. Environ.* **2013**, *129*, 90–102.
15. Abdalla, M.; Osborne, B.; Lanigan, G.; Forristal, D.; Williams, M.; Smith, P.; Jones, M.B. Conservation tillage systems: a review of its consequences for greenhouse gas emissions. *Soil Use Manage.* **2013**, *29*, 199–209.
16. Bathiany, S.; Claussen, M.; Brovkin, V.; Raddatz, T.; Gayler, V. Combined biogeophysical and biogeochemical effects of large-scale forest cover changes in the MPI earth system model. *Biogeosciences* **2010**, *7*, 1383–1399. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1383-2010>.
17. Forkuor, G.; Conrad, C.; Thiel, M.; Ullmann, T.; Zoungrana, E. Integration of Optical and Synthetic Aperture Radar Imagery for Improving Crop Mapping in Northwestern Benin, West Africa. *Remote Sens.* **2014**, *6*, 6472–6499.

## **Monitoring and inventory of greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub> equivalent) on the basis of overlay classification by Sentinel-1 image, Quang Binh province**

**Doan Ha Phong<sup>1\*</sup>, Nguyen Hue<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; doanphong@gmail.com

<sup>2</sup> Department of Natural Resources and Environment Quang Binh; nghue66@gmail.com

**Abstract:** Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is one of the important greenhouse gases that has a strong impact and makes a big contribution to climate change overview to have a better solution to climate change. Estimating CO<sub>2</sub> stocks in the atmosphere by satellite remote sensing is a rapidly evolving scientific study that provides a solid basis for the global carbon cycle and

provides insight into the occurrence of carbon dioxide in the atmosphere. the presence of CO<sub>2</sub> on the Earth's surface. In the study, from Radar Sentinel 1 satellite data, the author will interpret the cover and separate the forest cover. Then use AFOLU calculation software to calculate the equivalent total CO<sub>2</sub> for forest cover in Quang Binh province. The assessment of forest cover accuracy from Sentinel-1 has an accuracy of Producers accuracy and Users Accuracy of 95.83 and 82.14%, respectively, showing that it is feasible to use Sentinel 1 images for forest interpretation. By 2021, according to calculations from AFOLU, if measures to improve and protect forests are well implemented, Quang Binh will generate over 68 million tons of CO<sub>2</sub> (including reducing emissions and increasing forest carbon absorption) during the project implementation period from 2018–2025 and is estimated to reach over 400 million tons of CO<sub>2</sub>e by 2025.

**Keywords:** Forest cover; CO<sub>2</sub>e; Sentinel-1; AFOLU; Quang Binh.

## Nâng cao chất lượng tín hiệu tán xạ ngược từ vệ tinh Sentinel 1 phát hiện sạt lở đất do mưa tại tỉnh Hòa Bình

Doãn Hà Phong<sup>1\*</sup>, Trần Đăng Hùng<sup>1</sup>, Doãn Trần Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Hà<sup>1</sup>, Giang Hoàng Hiệp<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; doanphong@gmail.com; danghung221991@gmail.com; dtanh2612@gmail.com; ha.dodac@imh.ac.vn; gianghiep111@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: doanhaphong@gmail.com; Tel.: +84-913212325

Ban Biên tập nhận bài: 2/1/2022; Ngày phản biện xong: 23/2/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

**Tóm tắt:** Các nhiễu (Noise) trong ảnh SAR được hình thành do quá trình tán xạ ngược khác nhau từ các vật thể trên bề mặt trái đất. Điều này dẫn đến hình ảnh hay có nhiễu hạt, làm giảm khả năng xác định đối tượng từ hình ảnh radar. Do đó, lọc nhiễu đã được tiến hành để giảm nhiễu hay nâng cao chất lượng tín hiệu tán xạ ngược từ hình ảnh SAR. Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá hiệu suất của các loại bộ lọc khác nhau, đặc biệt khi được sử dụng để phát hiện sạt lở đất do mưa tại tỉnh Hòa Bình. Có 5 bộ lọc được sử dụng trong nghiên cứu này, tức là Frost, Gamma-MAP, Median, Mean và Refined Lee. Kết quả đã chứng minh bộ lọc Lee là bộ lọc tốt nhất để giữ lại và/ hoặc tăng cường tín hiệu tán xạ ngược trong dữ liệu Sentinel-1 được sử dụng trong mô hình đánh giá sạt lở đất.

**Từ khóa:** Lọc nhiễu; Sentinel 1; Hòa Bình; Sạt lở do mưa.

### 1. Đặt vấn đề

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) là hình ảnh radar dựa trên sóng điện từ chủ động tự sản sinh năng lượng mà không cần phụ thuộc vào sự chiếu sáng của mặt trời [1]. Do đó, SAR có khả năng thu nhận ngày và đêm. Ngoài ra, SAR có thể hoạt động trong mọi điều kiện thời tiết như mưa và mây vì nó sử dụng dải bước sóng từ 1 đến 100 mm [2]. Những ưu điểm đó làm cho ảnh SAR trở thành nguồn dữ liệu có giá trị và quan trọng trong các ứng dụng khác nhau [3]. Một ứng dụng của SAR được sử dụng rộng rãi là giám sát sạt lở đất. Bằng cách sử dụng giao thoa giữa 2 ảnh SAR riêng biệt cùng quỹ đạo trước và sau thời điểm xảy ra sạt lở, hình ảnh giao thoa tạo ra giữa 2 ảnh sẽ cho chúng ta phát hiện ra được các khu vực có xảy ra sạt lở một cách chính xác.

Việc phóng vệ tinh Sentinel 1 sử dụng băng tần C (bước sóng 3,8–7,5 cm) của Cơ quan Vũ trụ Châu Âu (ESA) vào năm 2014 và 2016 đã cho phép sử dụng dữ liệu SAR trong phân tích môi trường, cảnh báo thiên tai [4]. Sentinel 1 được ghi lại trên một hệ thống phân cực hoạt động với một phân cực duy nhất của VV và đa phân cực của VH. Sự phân cực là hướng của điện trường của sóng điện từ và cũng là yếu tố chính trong tương tác giữa tín hiệu và vật phản xạ [5]. Ưu điểm của việc sử dụng hình ảnh Sentinel-1 là dễ dàng truy cập và sử dụng miễn phí. Hơn nữa, dữ liệu Sentinel 1 có độ phân giải không gian và thời gian cao hơn nhiều so với dữ liệu SAR khác như ERS-1, ERS-2, JERS, SIR-C/ X-SAR, RADARSAT, SRTM, EnviSAT-ASAR, RADARSAR-II, LIGHTSAR, ALOS-PALSAR, TerraSAR-X [6].

Chất lượng của ảnh SAR bao gồm dữ liệu Sentinel-1 bị giảm với sự hiện diện của các đốm nhiễu ngẫu nhiên ở dạng điểm và hạt trong ảnh SAR. Các đốm sáng được tạo ra từ sự chòong chất nhất quán của tín hiệu tán xạ ngược radar phản xạ từ bề mặt trái đất [7]. Vết đốm

làm giảm khả năng phát hiện mục tiêu của SAR và che khuất khả năng nhận dạng các mẫu không gian [8]. Bên cạnh đó, đốm sáng làm giảm chất lượng đo bức xạ của ảnh SAR, do đó làm giảm chất lượng hình ảnh và độ chính xác của việc giải thích và phân loại ảnh [9]. Do đó, sự hiện diện của các đốm trong ảnh SAR phải được giảm bớt trước khi phân tích thêm. Đã có rất nhiều nghiên cứu về việc ngăn chặn và giảm thiểu đốm sáng.

Một loạt phương pháp lọc đốm được đề xuất để giảm ảnh hưởng nhiễu trong ảnh SAR là phương pháp lọc không gian dựa trên mô hình thống kê của đốm và cảnh [10] chẳng hạn như Frost Filter [11], Gamma MAP hoặc Maximum A Posteriori [12], Bộ lọc trung vị [13], Bộ lọc Lee [14–15] và Bộ lọc Lee tinh [16–17]. Bộ lọc Frost giả định rằng giá trị pixel quan tâm thu được từ việc thay thế giá trị bằng tổng trọng số của các giá trị pixel lân cận bằng cách sử dụng một hạt nhân chuyển động. Bộ lọc Gamma–MAP kết hợp các thuộc tính hình học và thống kê để tạo ra các giá trị DN của pixel và DN trung bình của pixel lân cận bằng cách sử dụng các cửa sổ di chuyển. Bộ lọc Trung vị có thể loại bỏ phần tăng đột biến và bảo toàn các cạnh giữa hai đối tượng địa lý khác nhau. Bộ lọc Lee tinh chỉnh là một cải tiến của bộ lọc Lee và có thể bảo tồn các cạnh nổi bật, đặc điểm tuyến tính, mục tiêu điểm và thông tin kết cấu [18]. Do các xử lý khác nhau được thực hiện giữa các phương pháp lọc, nên nghiên cứu khả năng của các phương pháp lọc khác nhau trong việc bảo toàn thông tin cấu trúc chứa trong tín hiệu tán xạ ngược.

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá hiệu suất của các bộ lọc đốm khác nhau, đặc biệt khi được sử dụng để đánh giá cho kết quả phát hiện sạt lở đất cho tỉnh Hòa Bình.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

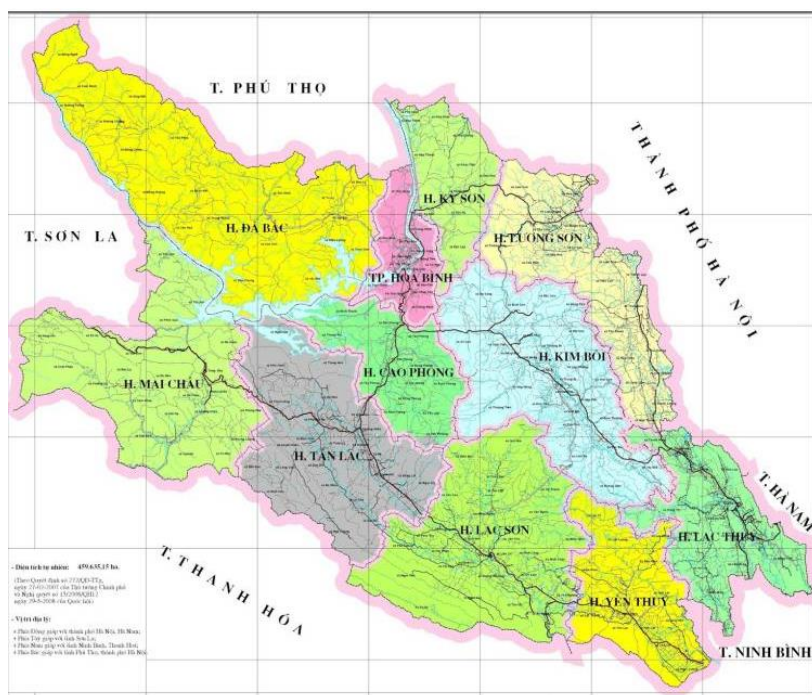
### 2.1. Đối tượng và dữ liệu nghiên cứu

Hòa Bình là một tỉnh miền núi thuộc vùng Tây Bắc, Việt Nam. Tỉnh Hòa Bình có diện tích lớn thứ 29 trong 63 tỉnh thành của Việt Nam và là đơn vị hành chính Việt Nam đông thứ 49 về số dân (năm 2018). Năm 2018, xếp thứ 47 về Tổng sản phẩm trên địa bàn (GRDP), xếp thứ 30 về GRDP bình quân đầu người, đứng thứ 20 về tốc độ tăng trưởng GRDP. Với 846,1 nghìn dân, GRDP đạt 40.867 tỉ Đồng (tương ứng với 1,7749 tỉ USD), GRDP bình quân đầu người đạt 48,3 triệu đồng (tương ứng với 2.098 USD), tốc độ tăng trưởng GRDP đạt 8,36%. Hòa Bình có vị trí ở phía nam Bắc Bộ, giới hạn ở tọa độ 20°19'–21°08' vĩ độ Bắc, 104°48'–105°40' kinh độ Đông, tỉnh lỵ là thành phố Hòa Bình nằm cách trung tâm thủ đô Hà Nội 73 km. Trong quy hoạch xây dựng, tỉnh này thuộc vùng Hà Nội.

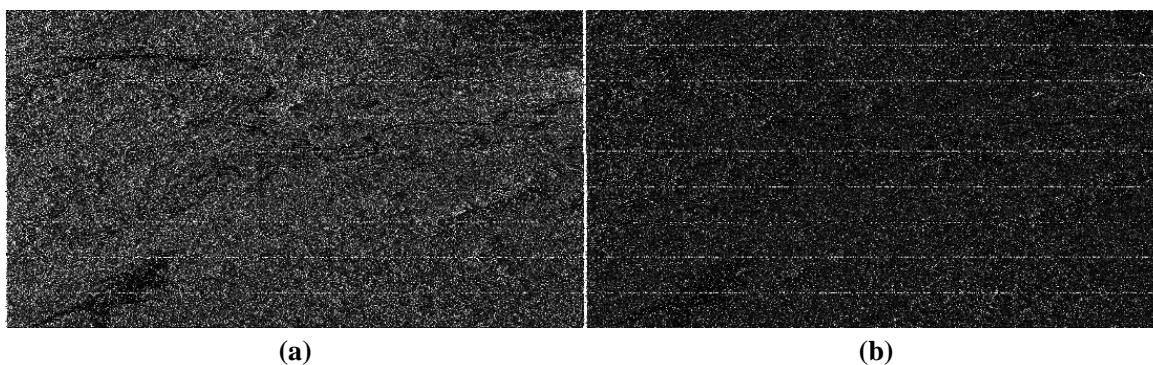
Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu là dữ liệu ảnh Sentinel 1. Để phân loại cho khu vực nghiên cứu cần thiết sử dụng 1 cặp ảnh trước và sau khi xảy ra sự cố sạt lở. Thời điểm được lựa chọn để nghiên cứu ở đây là vào đêm ngày 12/10/2017 tại Tân Lạc Hòa Bình có 1 vụ sạt lở đất lớn gây thiệt hại nhiều về người và của. Nghiên cứu được thực hiện phép lọc cho 2 ảnh vào ngày 10/10/2017 trước thời điểm xảy ra và 1 ảnh 22/10/2017 sau thời điểm vụ sạt lở đất xảy ra. Thông tin chi tiết về cảnh ảnh sử dụng trong nghiên cứu được liệt kê chi tiết trong bảng 1.

**Bảng 1.** Thông tin cảnh ảnh Sentinel 1 sử dụng trong nghiên cứu.

STT	Tên ảnh	Ngày thu nhận	Quĩ đạo	Chế độ nhận tín hiệu	Loại ảnh	Phân cực
1	S1A_IW_SLC__1SDV_20171010T110602_20171010T110629_018750_01FA53_B450	10/10/2017	121	IW	SLC	VV+VH
2	S1A_IW_SLC__1SDV_20171022T110602_20171022T110629_018925_01FFB6_C561	22/10/2017	121	IW	SLC	VV+VH



**Hình 1.** Khu vực nghiên cứu tỉnh Hòa Bình Việt Nam.



**Hình 2.** Dữ liệu sử dụng nghiên cứu.

- a) S1A\_IW\_SLC\_\_1SDV\_20171010T110602\_20171010T110629\_018750\_01FA53\_B450;
- b) S1A\_IW\_SLC\_\_1SDV\_20171022T110602\_20171022T110629\_018925\_01FFB6\_C561

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

Trước tiên để có thể tiến hành lọc ảnh bước xử lý đầu tiên đối với các ảnh vệ tinh Sentinel 1 là áp dụng tệp quỹ đạo trong các sản phẩm Sentinel-1 để cung cấp thông tin vận tốc và vị trí vệ tinh chính xác. Chúng được phần mềm SNAP tự động tải xuống cho các sản phẩm Sentinel-1 và được thêm vào tệp siêu dữ liệu. Kết quả gắn quỹ đạo cho ảnh được thể hiện ở hình 3, hình 4.



**Hình 3.** Kết quả gắn quỹ đạo vệ tinh cho ảnh ngày Sentinel 1 ngày 10-10-2017.



Hình 4. Kết quả gắn quỹ đạo vệ tinh cho ảnh ngày Sentinel 1 ngày 22-10-2017.

Sau khi tiến hành gắn quỹ đạo các bước lọc ảnh sẽ được áp dụng cho từng trường hợp, để từ đó lựa chọn được phép lọc tốt nhất cho khu vực nghiên cứu.

### 2.2.1. Các phương pháp lọc ảnh

Để loại bỏ nhiễu lốm đốm khỏi ảnh cho đến nay, nhiều bộ lọc đã được sử dụng. Một số bộ lọc tốt trong việc giải thích hình ảnh trong khi một số bộ lọc tốt trong khả năng làm mịn và giảm tiếng ồn. Một số ví dụ về các bộ lọc như vậy là bộ lọc Mean, Median, Lee, Kuan, Frost, Enhanced Frost, Wiener và Gamma MAP [19].

#### a) Bộ lọc vô hướng

Bộ lọc vô hướng [20] dựa trên tỷ lệ thống kê cục bộ, giúp cải thiện độ mịn ở các vùng đồng nhất của hình ảnh nơi đốm sáng được phát triển đầy đủ và giảm đáng kể ở các vùng khác của hình ảnh để giữ lại các chi tiết hữu ích của hình ảnh. Các loại cơ bản của bộ lọc vô hướng là bộ lọc Trung bình và bộ lọc Trung vị.

##### - Bộ lọc trung bình (*Mean Filter*)

Đây là bộ lọc đơn giản và trực quan do Pomalaza-Raez phát minh vào năm 1984 [21]. Nó không loại bỏ toàn bộ tiếng ồn lốm đốm nhưng giảm ở một số mức độ mở rộng. Nó hoạt động trên cơ sở trung bình là pixel trung tâm được thay thế bằng giá trị trung bình của tất cả các pixel. Do đó, bộ lọc này mang lại hiệu ứng làm mờ cho hình ảnh, vì vậy, phương pháp loại bỏ nhiễu lốm đốm là phương pháp kém khả quan nhất vì nó làm mất chi tiết của ảnh.

##### - Bộ lọc trung vị (*Median Filter*)

Đây là bộ lọc phi tuyến tính do Pitas phát minh năm 1990 [22]. Nó cho kết quả tốt hơn bộ lọc trung bình. Ở đây pixel trung tâm được thay thế bằng giá trị trung bình của tất cả các pixel và do đó ít tạo ra hiện tượng nhòe hơn. Do tính chất này, nó được sử dụng để giảm tiếng ồn lốm đốm xung động. Lợi thế là nó bảo tồn các cạnh. Bất lợi là cần thêm thời gian để tính toán giá trị trung bình để sắp xếp N pixel, độ phức tạp tạm thời là  $O(N \log N)$ .

#### b) Bộ lọc thích ứng

##### - Bộ lọc Frost

Được phát minh bởi Frost vào năm 1982 [23], là bộ lọc tích chập, tuyến tính được sử dụng để loại bỏ nhiễu từ hình ảnh. So với bộ lọc trung bình và trung vị, nó có bản chất thích ứng và nó cũng là bộ lọc trung bình có trọng số theo cấp số nhân. Bộ lọc Frost hoạt động trên cơ sở hệ số biến thiên là tỷ lệ giữa độ lệch chuẩn cục bộ so với giá trị trung bình cục bộ của hình ảnh bị hỏng. Trong kích thước hạt nhân là  $n \times n$  thì giá trị pixel trung tâm được thay thế bằng tổng trọng số các giá trị của vùng lân cận trong hạt nhân. Hệ số trọng số giảm khi chúng ta rời khỏi pixel quan tâm và tăng theo phương sai. Nó giả định nhiễu nhân. Bộ lọc sương giá tuân theo công thức được đưa ra bởi eqn.

##### - Bộ lọc Lee

Nó được phát triển bởi Jong Sen Lee vào năm 1981 [24]. Nó tốt hơn các bộ lọc trên trong việc bảo toàn cạnh. Nó dựa trên mô hình đốm nhân và sử dụng số liệu thống kê để bảo tồn chi tiết của ảnh. Bộ lọc Lee hoạt động trên cơ sở phương sai, tức là nếu phương sai của khu vực thấp thì nó thực hiện hoạt động làm mịn nhưng không cho phương sai cao. Điều đó có

nghĩa là nó có thể bảo tồn các chi tiết ở độ tương phản thấp cũng như cao, do đó nó có tính chất thích ứng.

Nhược điểm của Lee Filter là nó không thể loại bỏ hiệu quả các đốm nhiễu gần các cạnh.  
- Bộ lọc Gamma

Được đề xuất bởi Lopes vào năm 1993 [25], sử dụng biến đổi hệ số và biến đổi độ tương phản. Nó tốt hơn bộ lọc Frost và Lee và cũng giảm thiểu việc mất thông tin kết cấu. Hoạt động của bộ lọc Gamma tương tự như bộ lọc Frost filter nâng cao ngoại trừ việc nếu hệ số biến thiên cục bộ nằm giữa hai ngưỡng thì giá trị pixel dựa trên ước tính Gamma của tỷ lệ tương phản.

### 2.2.2. Ứng dụng radar giao thoa để ước tính sụt lở đất

Việc sử dụng kỹ thuật giao thoa Radar (InSAR) để đo bề mặt trái đất, bao gồm các bề mặt địa hình và biến dạng địa hình, đã được chứng minh thành công trong hai thập kỷ qua. Phương pháp giao thoa truyền thống cho phép tạo ra các hình ảnh giao thoa của các pha dịch chuyển giữa hai hoặc ba hình ảnh thu được trong những thời điểm khác nhau trên cùng một khu vực. Phương trình (1) minh họa pha biến dạng bề mặt đất được đề xuất bởi Gabriel và nnk. (1989) [26]. Giả thiết rằng nếu có sẵn một pha của mô hình số độ cao DEM,  $\varphi_{topo}$  được mô phỏng và được loại bỏ đi từ pha giao thoa tổng hợp  $\Delta\varphi_{int}$  thì ta sẽ thu được pha của biến động địa hình (DInSAR)  $\Delta\varphi_{D-int}$  công thức (1):

$$\Delta\varphi_{D-int} = \Delta\varphi_{int} - \varphi_{topo\ simu} = \varphi_{Displ} \quad (1)$$

Trong đó  $\varphi_{topo\ simu}$  là thành phần địa hình mô phỏng, có chứa thành phần pha phẳng. Lưu ý rằng các quỹ đạo ảnh hưởng đến thành phần địa hình mô phỏng, ngay cả khi quá trình làm phẳng không được thực hiện một cách rõ ràng. Công thức (1) tóm tắt nguyên lý của DInSAR, cho phép xác định các dịch chuyển của địa hình được tạo ra từ hai ảnh SAR phức.

Công thức (1) đại diện cho một phương trình xác định biến động địa hình từ DInSAR đơn giản. Để biểu diễn đầy đủ mối quan hệ giữa pha địa hình và biến động địa hình thì công thức (2) được biểu diễn:

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_{D-int} &= \Delta\varphi_{int} - \varphi_{topo\ stimu} \\ &= \varphi_{Displ} + \varphi_{Topo\ res} + \varphi_{Atms} + \varphi_{AtmM} + \varphi_{Orbs} - \varphi_{OrbM} + \varphi_{Noise} + 2.k.\pi \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó  $\varphi_{Topo\ res}$  là thành phần sai số tồn dư;  $\varphi_{Atm}$  là thành phần pha khí quyển ở thời điểm thu được của mỗi cảnh ảnh;  $\varphi_{Orb}$  là thành phần pha do các lỗi quỹ đạo của mỗi cảnh ảnh;  $\varphi_{Noise}$  là pha nhiễu, k là giá trị số nguyên lần của pha [27].

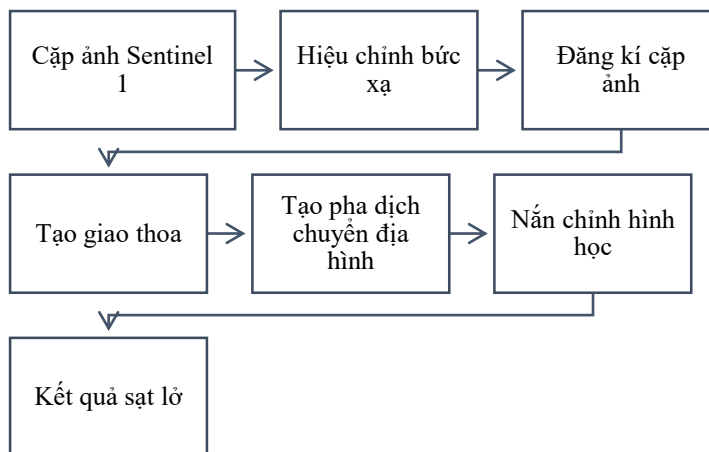
Mục đích của bất kỳ kỹ thuật nào của DInSAR là lấy được  $\varphi_{Displ}$  từ  $\Delta\varphi_{D-int}$ . Điều này đồng nghĩa với việc tách  $\varphi_{Displ}$  từ các thành phần pha khác của phương trình số (2). Một điều kiện cần thiết để thực hiện việc phân chia này là để phân tích các điểm ảnh có nhiễu  $\varphi_{Noise}$ , thường liên quan đến hai tán xạ: những nơi phản hồi Radar bởi những vật thể phản chiếu mạnh và không đổi theo thời gian được gọi là tán xạ cố định (PS) và những phản hồi không đổi theo thời gian, nhưng là do các đối tượng phân tán nhỏ khác nhau (*Distributter Scatterers - DS*). Những hạn chế chính của DInSAR bao gồm: (i) sự tương quan về thời gian và hình học có ảnh hưởng đến thành phần  $\varphi_{Noise}$  [28]; (ii) việc giải mở pha liên quan đến ước tính giá trị k [29]; và (iii) thành phần khí quyển [30]. PSI là đại diện cho một phương pháp của công nghệ SAR giao thoa, khai thác nhiều hình ảnh SAR thu được trên cùng một khu vực, các quy trình xử lý và phân tích dữ liệu thích hợp để tách riêng  $\varphi_{Displ}$  từ các thành phần pha khác được mô tả trong công thức (2).

Phương pháp đường đáy ngắn ( $S_{BAS}$ ) ban đầu được đề xuất [31].  $S_{BAS}$  được sử dụng để phân tích các mục tiêu tán xạ phân tán DS và tán xạ cố định PS. Kết quả đầu ra giống với các kết quả được tạo ra trong phân tích giao thoa DInSAR, nhưng chúng có liên quan đến chuỗi thời gian SAR lớn thay vì chỉ liên quan đến hai cảnh ảnh (tối đa là 4 cảnh ảnh trong phương pháp DInSAR). Đối với quá trình xử lý PS, cách tiếp cận  $S_{BAS}$  ít nhạy cảm hơn với số lượng ảnh đầu vào, vì  $S_{BAS}$  khai thác tương quan phân bố không gian thay vì dựa trên giá trị điểm



ảnh; hơn nữa trong SBAS một số giả định được thực hiện trên mối tương quan với các điểm biến dạng địa hình.

Tuy nhiên, trong trường hợp này, khi có càng nhiều dữ liệu đầu vào thì cho kết quả đầu ra càng tốt vì thành phần khí quyển trong pha giao thoa có thể được ước tính và loại bỏ tốt hơn khi có nhiều thời kỳ ảnh. Phương pháp này nhằm mục đích giảm thiểu sự phân cách trong cả miền thời gian và phạm vi tần số Doppler của cặp ảnh thu nhận để tăng mối tương quan giữa các cặp giao thoa. [32] đã phát triển một phương pháp lọc pha tương quan thấp cho các khoảng thời gian giãn cách ngắn. Do đó, các điểm ảnh lọc bị cô lập bởi các điểm ảnh liên quan có thể được xác định để xử lý. Quy trình tính toán chi tiết để xác định sạt lở đất cho khu vực Hòa Bình sau khi đã chọn được phương pháp lọc ảnh phù hợp theo hình 5. Tất cả các bước sẽ được thực hiện trên phần mềm SNAP.



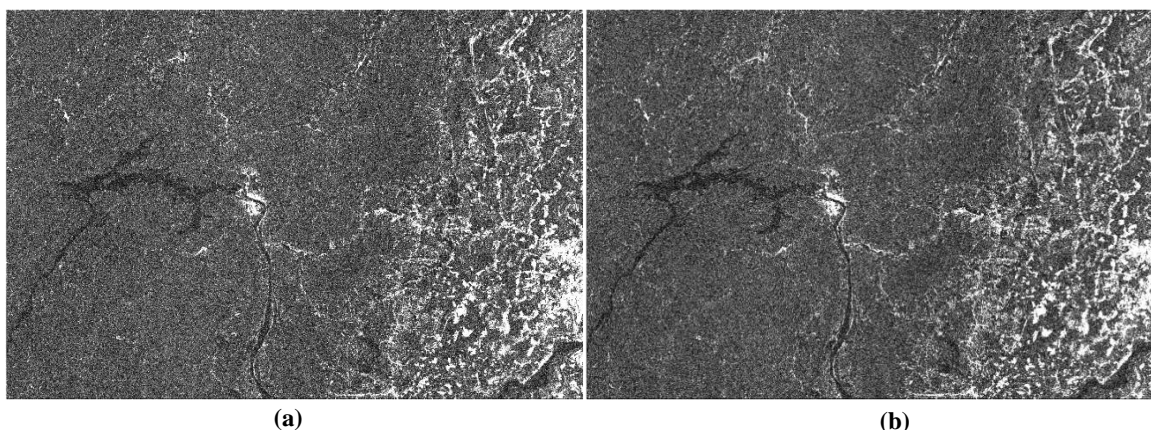
**Hình 5.** Quy trình tính toán sạt lở đất dựa trên công nghệ *DInSAR*.

### 3. Kết quả nghiên cứu

#### 3.1. Kết quả đánh giá các phương pháp nâng cao chất lượng tín hiệu

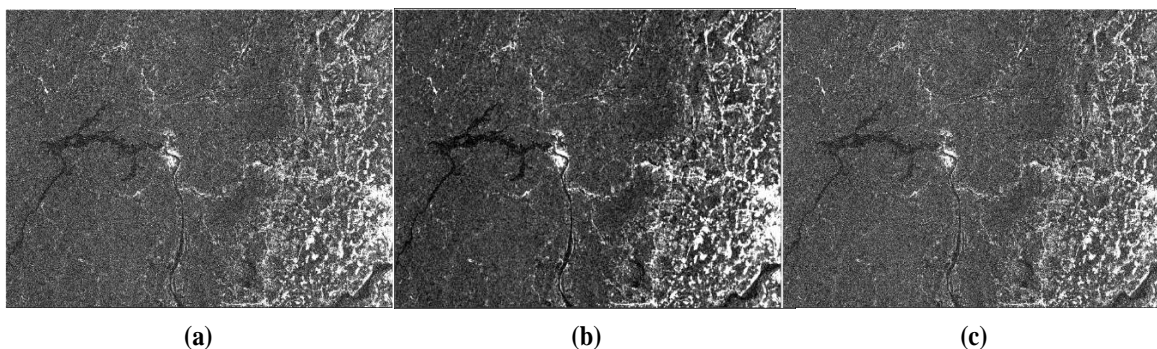
Với từng phương pháp lọc ảnh tiến hành chạy thử nghiệm:

Kết quả đối với bộ lọc vô hướng với 2 phương pháp trung vị và trung bình như hình 6.



**Hình 6.** Kết quả đánh giá bộ lọc vô hướng cho khu vực nghiên cứu dựa trên ảnh Sentinel 1 ngày 10–10–2017: (a) Bộ lọc trung bình ;(b) Bộ lọc trung vị.

Sau khi chạy ta có thể nhận thấy chất lượng ảnh đã được cải thiện rõ rệt cả 2 phương pháp đã cải thiện độ mịn cho từng pixel ảnh tuy nhiên chi tiết của từng cạnh đối với cả 2 phương pháp trung bình và trung vị chưa được bảo toàn. So sánh chi tiết cho riêng 2 phương pháp thì ta có thể thấy bộ lọc trung vị cho kết quả tốt hơn hẳn bộ lọc trung bình. Các pixel ảnh mịn và chi tiết nhỏ được bảo toàn nhiều hơn.



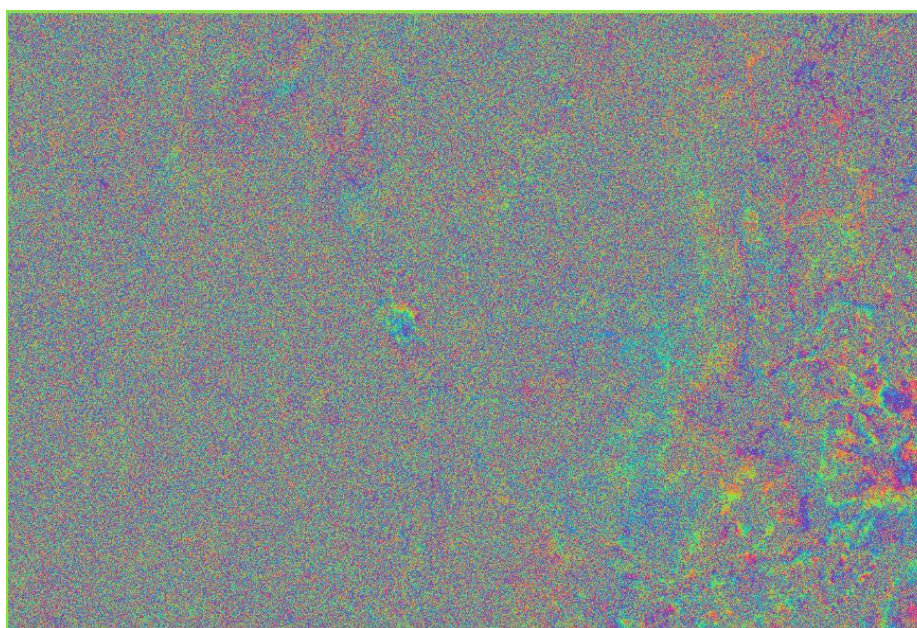
**Hình 7.** Kết quả đánh giá bộ lọc tích hợp cho khu vực nghiên cứu dựa trên ảnh Sentinel 1 ngày 10–10–2017: (a) Bộ lọc Frost; (b) Bộ lọc Lee; (c) Bộ lọc Gamma.

Đối với các bộ lọc thích ứng thì kết quả được cải thiện nhiều hơn. Độ mịn của các pixel rất tốt và giữ được chi tiết các cạnh.

Chi tiết hơn rong cả 3 phương pháp lọc Lee, Frost và Gamma thì với kết quả của bộ lọc Lee ta thấy hình ảnh giữ được độ chi tiết và sắc cạnh tốt nhất so với Gamma và Frost. Hình ảnh trông rất sắc nét, chân thực lưu giữ được chi tiết y nguyên như kết quả ban đầu vậy nên sẽ được lựa chọn để chạy kết quả giao thoa cuối cùng.

### 3.2. Kết quả Giao thoa các cặp ảnh tương ứng

Bằng cách kết hợp cảnh ảnh Sentinel 1 ngày 10/10/2017 và 22/10/2017 vân giao thoa được tạo ra Hình 8. Việc xử lý giao thoa được thực hiện bằng phần mềm SNAP với pha địa hình được loại bỏ bằng cách sử dụng SRTM DEM.



**Hình 8.** Kết quả tạo vân giao thoa sử dụng cặp ảnh Sentinel 1.

Với kết quả chạy vân giao thoa ta có thể phân tích được những khu vực có biến động địa hình mạnh là những khu vực có vân nhìn rõ ràng và thành các nét. Các khu vực không có biến động sẽ có hình ảnh phân mảnh dạng pixel. Phân tích rõ hơn về kết quả ta tiến hành sử dụng phương pháp đường đáy ngắn (SBAS) tiến hành tách pha biến động địa hình  $\varphi_{Disp}$  được kết quả cuối cùng như Hình 8.

Trên hình vẽ ta có thể thấy các khu vực sạt lở là các khu vực có thang giá trị sục lún cao màu xanh nước biển với giá trị từ  $-0,18$  đến  $-2m$ . Các khu vực sạt lở nằm trọn trong Huyện Tân Lạc nên có thể thấy kết quả phân tích hoàn toàn chính xác và hợp lý.



**Hình 9.** Kết quả phân tích sạt lở cho khu vực xóm Khanh, Phú Cường, Tân Lạc, Hòa Bình tỉnh Hòa Bình (đánh dấu trên ảnh kết quả).

#### 4. Kết luận

Các bộ lọc giảm nhiễu như bộ lọc Vô hướng và bộ lọc Thích ứng được mô tả trong bài báo này. Phương pháp lọc sử dụng bộ lọc vô hướng rất tốt để loại bỏ nhiễu tần số cao nhưng không bảo toàn được các chi tiết cạnh. Trong khi đó, các phương pháp lọc Thích ứng thành công hơn phương pháp lọc vì nó bảo toàn các chi tiết. Ngoài ra, trong các phương pháp lọc thích ứng so sánh các phương pháp lọc với nhau thì Lee là phương pháp tốt nhất nên được sử dụng để lọc ảnh cho ảnh Sentinel 1.

Với cặp ảnh Sentinel 1 nghiên cứu đã xác định được các vị trí sạt lở dọc theo huyện Tân Lạc với các giá trị từ  $-0,18$  đến  $-2m$  là hoàn toàn phù hợp so với thực tế. Điều này chứng minh rằng ảnh Sentinel 1 với phương pháp SBAS là phù hợp cho xác định trượt lở khu vực miền núi. Việc sử dụng ảnh vệ tinh Radar đa thời gian giúp hiểu rõ hơn và mô hình hóa tiến trình trượt lở đất. Ngoài ra, dựa trên dữ liệu Sentinel 1 hoặc các dữ liệu ảnh Radar khác thì có thể tính toán vận tốc trượt lở đất theo năm ở những thời điểm nhất định, ngay cả đối với các biến dạng rất nhỏ. Phương pháp SBAS không đòi hỏi nhiều ảnh như phương pháp PSInSAR, thêm vào đó, phương pháp này khắc phục một số hạn chế của PSInSAR, có được điểm PS nhiều hơn ở những nơi che phủ thực vật.

Tuy nhiên, phương pháp này cũng có một số hạn chế như khả năng xác định độ dịch chuyển địa hình với dữ liệu phụ thuộc nhiều vào sự lựa chọn của quỹ đạo phù hợp với khu vực nghiên cứu. Đối với các khu vực được che phủ bởi thảm thực vật dày đặc, không có điểm tán xạ cố định (PS) có thể được quan sát ở các thời điểm khác nhau hoặc kích thước điểm PS không đủ lớn để phản ánh được sự dịch chuyển hay thay đổi của địa hình thì lúc đó phương pháp SBAS không thể thực hiện được. Để khắc phục việc này thì điểm tán xạ nhân tạo nên được lắp đặt trong khu vực nghiên cứu, hoạt động như điểm PS và tín hiệu tán xạ của các điểm này là rất tốt cho xác định biến động địa hình.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.H.P.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.D.H.; Xử lý số liệu: D.T.A.; Phân tích mẫu: G.H.H; Lấy mẫu: V.N.H.; Viết bản thảo bài báo: T.D.H.; Chỉnh sửa bài báo: D.H.P.

**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. Gifani, P.; Behnam, H.; Zahra Alizadeh Sani. Noise Reduction of Echocardiographic Images Based on Temporal Information. *IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics, Frequency Control* **2014**, *61(4)*, 620-630.
2. Synnevåg, J.F.; Nilsen, C.I.C.; Holm, S. (2007). [IEEE 2007 IEEE Ultrasonics Symposium Proceedings - New York, NY, USA (2007.10.28-2007.10.31). IEEE

- Ultrasonics Symposium Proceedings - P2B-13 Speckle Statistics in Adaptive Beamforming, **2007**, 1545–1548. doi:10.1109/ultsym.2007.389.
3. Achim, A.; Bezerianos, A.; Tsakalides, P. Novel Bayesian Multiscale Method for Speckle Removal in Medical Ultrasound Images. *IEEE Trans. Medical Imaging* **2001**, *20*(8), 772–783.
  4. Wagner, R.; Smith, J.; Sandrik and Lopez, M. Statistics of Speckle in Ultrasound B-Scans. *IEEE Trans. Sonics Ultrason.* **1983**, *30*(3), 156–163.
  5. Karabchevsky, S.; David, K.; Ben-Harush, O.; Hugo, G. FPGA-Based Adaptive Speckle Suppression Filter for Underwater Imaging Sonar. *IEEE J. Oceanic Engg.* **2011**, *36*(4), 646–657.
  6. Sarode, M.; Prashant, R.; Deshmukh. Reduction of Speckle Noise and Image Enhancement of Images Using Filtering Technique. *Int. J. Adv. Technol.* **2011**, *2*(1), 30–38.
  7. Garg, R.; Abhijeet Kumar, Er. Comparison of Various Noise Removals Using Bayesian Framework. *Int. J. Modern Eng. Res.* **2012**, *2*(1), 265–270.
  8. Joel, T.; Sivakumar, R. Despeckling of Ultrasound Medical Images: A Survey. *J. Image Graphics* **2013**, *1*(3), 161–165.
  9. Christodouloul, C.I.; Loizou, C.; Pattichis, C.S.; Pantziaris, M.; Kyriakoul, E.; Pattichis, M.S.; Schizas, C.N.; Nicolaidis, A. De-speckle Filtering in Ultrasound Imaging of the Carotid Artery. Proceedings of the Second Joint EMBSiBMES Conference Houston, TX, USA, 2002.
  10. Olga, L.; Roel, H.; Aleksandra, P.; Yves, D. IEEE 2010 International Waterside Security Conference (WSS) - Carrara, Italy (2010.11.3-2010.11.5). 2010 International WaterSide Security Conference - Filtering speckle noise in SAS images to improve detection and identification of seafloor targets, 2010, 1–4. doi:10.1109/wssc.2010.5730259.
  11. Courmontagne, P. IEEE IM2NP / ISEN–Toulon, France. Speckle noise reduction: a review Advances in Seafloor–Mapping Sonar. Dec. 1<sup>st</sup>, Brest.
  12. Gonzalez, R.C.; Woods, R.E. Digital Image Processing, Addison–Wesley Inc, 2022.
  13. Huang, T.; Yang, G.J. A Fast Two Dimensional Median Filtering Algorithm. *IEEE Trans. Acoustics, Speech Signal Process.* **1979**, *27*(1), 13–18.
  14. Donoho, D. De–Noising by Soft–Thresholding. *IEEE Trans. Inf. Theory* **1995**, *41*(3), 613–627.
  15. Yu, Y.; Acton, S.T. Speckle Reducing Anisotropic Diffusion. *IEEE Trans. Image Process.* **2002**, *11*, 1260–1270.
  16. Lee, J. Digital Image Enhancement and Noise Filtering By Use Of Local Statistics. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **1980**, *2*(2), 165–168.
  17. Kalaivani Narayanan, S.; Wahidabanu, R.S.D. A View on Despeckling in Ultrasound Imaging. *Int. J. Signal Process Image Process. Pattern Recognit.* **2009**, *2*(3), 85–98.
  18. Huang, Y.; van Genderen, J.L. Evaluation of Several Speckle Filtering techniques for ERS–1&2 Imagery. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens.* **1996**, *XXXI*, Part B2, 164–169.
  19. Nelson Mascarenhas, D.A. An Overview of Speckle noise filtering in SAR images. European Space agency. Provided by the NASA Astrophysics Data System. *Signal Image Process. Int. J.* **2015**, *6*(3), 71–79.
  20. Garg, A.; Jyoti, G.; Sandeep, M.; Kavita, C.; Deepika. De–speckling of Medical Ultrasound Images using Wiener Filter and Wavelet Transform. *Int. J. Electron. Comm. Technol.* **2011**, *2*(3), 21–24.
  21. R. Czerwinski.; Douglas L. Jones.; William D. O’Brien. Detection of Lines and Boundaries Speckle Images Application to Medical Ultrasound. *IEEE Trans. Med. Imaging* **1999**, *18*(2), 126–136.

22. Bala Prakash, K.; Venu Babu, R.; Venu Gopal, B. Image Independent Filter for Removal of Speckle Noise. *Int. J. Comput. Sci.* **2011**, 8(5), 196–201.
23. Kaur, K.; Singh, B.; Kaur, M. Speckle Noise Reduction Using 2–D FFT In Ultrasound Images. *Int. J. Adv. Eng. Technol.* **2012**, 4(2), 79–83.
24. Li, C. Two adaptive filters for speckle reduction in SAR imagery by using the variance ratio. *Int. Gen. Remote Sens.* **1988**, 9(4), 641–653.
25. Zebker, H.A.; Rosen, P.A.; Hensley, S. Atmospheric effects in interferometric synthetic aperture Radar surface deformation and topographic maps. *J. Geophys. Res.: Solid Earth* **1997**, 102(B4), 7547–7563.
26. Treece, G. The bitonic filter: Linear filtering in an edge-preserving morphological framework. *IEEE Trans. Image Process.* **2016**, 25, 5199–5211.
27. Farbman, Z.; Fattal, R.; Lischinski, D.; Szeliski, R. Edge-preserving decomposition for multi-scale tone and detail manipulation. *ACM Trans. Graph.* **2008**, 27(3), 1–10.
28. Zhu, L.; Fu, C.-W.; Brown, M.S.; Heng, P.-A. A non-local low-rank framework for ultrasound speckle reduction. Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Honolulu, HI, USA, 21–26 July **2017**, 493–501.
29. Ramos-Llordén, G.; Vegas-Sánchez-Ferrero, G.; Martín-Fernández, M.; Alberola-López, C.; Aja-Fernández, S. Anisotropic diffusion filter with memory based on speckle statistics for ultrasound images. *IEEE Trans. Image Process.* **2015**, 24, 345–358.
30. Hyunho, C.; Jechang, J. Speckle noise reduction in ultrasound images using SRAD and guided filter. Proceedings of the International Workshop on Advanced Image Technology, Chiang Mai, Thailand, 7–9 January **2018**, 1–4.
31. Dass, R. Speckle noise reduction of ultrasound images using BFO cascaded with wiener filter and discrete wavelet transform in homomorphic region. *Procedia Comput. Sci.* **2018**, 132, 1543–1551.
32. Rajesh, M.R.; Mridula, S.; Mohanan, P. Speckle Noise Reduction in Images using Wiener Filtering and Adaptive Wavelet Thresholding. Proceedings of the 2016 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Singapore, 22–25 November **2016**, 2860–2863.

## Improving the quality of backscatter signals from Sentinel 1 satellite to detect landslides caused by rain in Hoa Binh province

Doan Ha Phong<sup>1</sup>, Tran Dang Hung<sup>1</sup>, Doan Tran Anh<sup>1</sup>, Nguyen Van Ha<sup>1</sup>, Giang Hoang Hiep<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; doanphong@gmail.com; danghung221991@gmail.com; dtanh2612@gmail.com; ha.dodac@imh.ac.vn; gianghiep111@gmail.com

**Abstract:** Noises in SAR images are formed by different backscatter processes from objects on the earth's surface. This results in images that are often grainy, reducing the ability to identify objects from radar images. Therefore, noise filtering has been performed to reduce noise or improve the quality of backscattered signals from SAR images. This study aims to evaluate the performance of different types of spot filters, especially when used to detect rain-induced landslides in Hoa Binh province. There are 5 filters used in this study, i.e. Frost, Gamma-MAP, Median, Mean and Refined Lee. The results proved the Lee filter to be the best filter to retain and/or enhance the backscatter signal in the Sentinel-1 data used in the landslide assessment model.

**Keywords:** Filter noise; Sentinel 1; Hoa Binh; landslides caused by rain.

## Hoạt động của bão và áp thấp nhiệt đới trong năm 2021 và dự báo trong mùa bão năm 2022 ở Việt Nam

Nguyễn Văn Hương<sup>1\*</sup>, Mai Văn Khiêm<sup>1</sup>, Hoàng Phúc Lâm<sup>1</sup>, Trần Ngọc Vân<sup>1</sup>, Hoàng Thị Mai<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Hoa<sup>1</sup>, Trịnh Thùy Nguyễn<sup>1</sup>, Trần Quang Điệp<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;  
nvhuonghanngan@gmail.com; nvhuonghanngan@gmail.com;  
maivankhiem77@gmail.com; lamhpvn@gmail.com; nvhuonghanngan@gmail.com;  
tranngocvan281285@gmail.com; ms.hoa2510@gmail.com;  
hoangmaik52dubao@gmail.com; nguyentt607@gmail.com; diep.quanghn@gmail.com  
\*Tác giả liên hệ: nvhuonghanngan@gmail.com; Tel.: +84-902198035

Ban Biên tập nhận bài: 15/1/2022; Ngày phản biện xong: 25/2/2022; Ngày đăng bài: 25/3/2022

**Tóm tắt:** Bài báo gồm hai phần: phần một đưa ra đánh giá tổng quan mùa bão năm 2021, số bão và áp thấp nhiệt đới (ATNĐ) hoạt động trên Tây Bắc Thái Bình Dương (TBTBD) và Biển Đông ở mức thấp hơn đến xấp xỉ so với trung bình nhiều năm (TBNN). Thời gian hoạt động của bão và ATNĐ trên TBTBD bắt đầu sớm, tuy nhiên trên Biển Đông bắt đầu muộn. Thời gian kết thúc bão trên TBTBD và Biển Đông muộn, vào tháng 12, tuy nhiên, khá phổ biến. Mùa bão 2021, có 05 cơn bão và 02 ATNĐ ảnh hưởng trực tiếp đến nước ta, nhiều hơn so với TBNN. Cơn bão số 9 có cường độ mạnh nhất trong 40 năm gần đây. Phần thứ hai đưa ra dự báo thử nghiệm mùa bão ở Việt Nam bao gồm bão hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ Việt Nam bằng phương pháp phân tích thành phần chính kết hợp với hồi qui (PCR) trong phần mềm dự báo khí hậu CPT (Climate Prediction Tool). Kết quả thử nghiệm cho thấy nhân tố dự báo nhiệt độ trung bình tháng từ số liệu tái phân tích ERSST5 và nhân tố dự báo nhiệt độ trung bình bề mặt biển (SST) trung bình trượt 3 tháng của mô hình GFDL-CM2p1-aer04 đều dự báo xu hướng bão hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ trực tiếp Việt Nam trong năm 2022 cao hơn TBNN khoảng từ 0,5–1,5 cơn.

**Từ khóa:** Bão; ATNĐ; Biển Đông; Đất liền Việt Nam; Dự báo mùa bão.

### 1. Mở đầu

Trong khuôn khổ bài báo nhóm tác giả đưa ra hai phần: Phần một: về đánh giá mùa bão năm 2021 và phần hai đưa ra thử nghiệm dự báo mùa bão năm 2022. Mùa bão năm 2021 sẽ được đánh giá trên khu vực TBTBD, trên Biển Đông và bão đổ bộ trực tiếp. Các tiêu chí được đánh giá bao gồm thời gian xuất hiện/kết thúc bão/ATNĐ, so sánh tần suất ATNĐ, bão và bão mạnh so với TBNN, về đánh giá cường độ bão trên khu vực TBTBD nhóm tác giả sử dụng chỉ số năng lượng tích lũy bão (ACE). Bên cạnh đó nhóm tác giả đưa ra đánh giá về thời gian tồn tại bão và hình thể hoàn lưu trên mực 500mb tác động đến bão/ ATNĐ.

Phần thứ hai về dự báo bão năm 2021: Việt Nam là một trong những nước hàng năm chịu ảnh hưởng nặng nề bởi bão. Vì vậy, câu hỏi luôn được quan tâm đó là liệu năm nay xu hướng bão hoạt động trên Biển Đông và ảnh hưởng đến Việt Nam như thế nào? Trên thế giới, cũng đã có rất nhiều nghiên cứu về dự báo cường độ và quỹ đạo xoáy thuận nhiệt đới (XTNĐ) bằng cách sử dụng các mô hình số trị như việc sử dụng mô hình ARW với độ phân giải 27km để dự báo XTNĐ trên Bắc Ấn Độ Dương sai số dự báo 113–376 km với hạn dự báo từ 12–72 giờ và

có xu hướng lệch phải so với quỹ đạo thực [1]. Bên cạnh đó, đã có nghiên cứu sử dụng mô hình GFDL thử nghiệm 163 trường hợp trong các mùa từ 1995–1998. Sai số tuyệt đối trung bình dự báo áp suất tâm bão giảm khoảng 26% trong việc dự báo áp suất tâm bão. Riêng với năm 1998, mô hình chạy dự báo nghiệp vụ, đã cải thiện dự báo bão với áp suất từ 960–970hPa [2]. Ngoài việc sử dụng các mô hình số trị, một số nghiên cứu khác đã sử dụng sử dụng mô hình thông kê–động lực học sử dụng phương pháp phân cụm mô hình theo dõi (*TPC–Track–pattern clustering*) và các công cụ dự báo tiềm năng kết hợp đại dương để phân nhóm các quỹ đạo đường đi của bão trong giai đoạn 2004–2012 và dùng hai năm 2013–2014 để kiểm chứng kết quả dự báo của mô hình. So sánh đồng thời với bốn mô hình dự báo động lực mô hình, mô hình trên có sai số tuyệt đối trung bình nhỏ nhất. Sau 24 giờ đầu dự báo, mô hình hiện tại vẫn thể hiện kỹ năng dự báo tốt [3]. Hay sử dụng mô hình số không đối xứng để đánh giá cường độ cực đại của bão vào năm 2009, khi so sánh với các mô hình truyền thống nhóm tác giả nhận thấy mô hình mới này đã cải thiện việc bảo toàn khối lượng và năng lượng trong điều kiện bão hòa [4]. Bên cạnh đó cường độ tiềm năng bão (PI) sẽ tăng lên gần gấp đôi mỗi độ với tốc độ khoảng  $2 \text{ m}/(\text{s} \cdot \text{K})$  theo sự nóng lên của bề mặt biển (với nhiệt độ tầng bình lưu cố định) [5]. Những kết quả này có ý nghĩa đáng kể đối với xu hướng PI toàn cầu trong ứng phó với biến đổi khí hậu. Bên cạnh đó cũng có nhiều nghiên cứu về số lượng XTNĐ, như nghiên cứu về sự thay đổi số lượng XTNĐ tại khu vực TBTBD với kịch bản ấm lên toàn cầu được thực hiện bởi Trung tâm Nghiên cứu quốc tế Thái Bình Dương (IPRC) vào năm 2006, bằng cách sử dụng mô hình khí hậu khu vực có độ phân giải cao RegCM và mô hình hệ thống khí hậu từ NCAR (CCSM2). Kết quả cho thấy, sự gia tăng nồng độ  $\text{CO}_2$  hay nhiệt độ không khí ấm lên không làm thay đổi đáng kể về số lượng XTNĐ trong mùa nhưng lại thống kê được sự gia tăng về số lượng bão mạnh và tốc độ gió mạnh nhất trong bão [6]. Ngoài ra đã có nghiên cứu sử dụng mô hình dự báo khí hậu (CFS) với giá trị đầu vào là số lượng bão xảy ra trong mùa, nhiệt độ SST trung bình tháng và gió trên mực 200hPa và 800hPa. Kết quả cho thấy bão có xu hướng dao động lớn với xu hướng tăng dần về số lượng bão trên lưu vực Đại Tây Dương trong mùa bão từ tháng 8–10, đặc biệt thời kỳ từ 1995–2006, đây là bước đầu để thực hiện dự báo sự thay đổi về hoạt động bão theo các năm [7].

Tại Việt Nam, có nhiều nghiên cứu về quỹ đạo và cường độ bão, tuy nhiên nghiên cứu về dự báo số lượng bão không nhiều: Như nghiên cứu của Đài Khí tượng thủy văn khu vực Đông Bắc với số liệu đầu là các cơn bão đã đổ bộ vào đất liền với các nhân tố dự báo: số liệu ENSO lấy từ bộ số liệu tái phân tích của NCEP và NCAR. Nghiên cứu đưa ra sai số của phương trình dự báo bão đổ bộ đến Việt Nam từ 1–3 cơn, bão đổ bộ vào Đông Bắc sai số khoảng 1 cơn [8].

Như vậy các nghiên cứu trong và ngoài nước đều có dự báo về số lượng bão tuy nhiên chỉ mới đưa ra đánh giá lại dựa trên chuỗi số liệu bão từ 30 năm. Còn đối với dự báo nghiệp vụ, hiện tại các trung tâm dự báo nghiệp vụ khí hậu lớn trên thế giới như Trung tâm dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF) mới đưa ra nhận định xu thế bão trong 6 tháng, trung tâm dự báo khí hậu Tokyo (TCC) đưa ra nhận định về các hiện tượng thời tiết nguy hiểm trong đó có bão với thời hạn 3 tháng. Như vậy hầu hết các trung tâm đều đưa ra nhận định hạn dưới 6 tháng, vậy nếu đứng từ thời điểm đầu năm 2022 muốn trả lời câu hỏi liệu năm nay nhiều bão hay ít bão ảnh hưởng đến Việt Nam thì cần áp dụng các phương pháp thống kê sau mô hình để đưa ra nhận định về bão hạn xa hơn đến khoảng 1 năm. Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả đưa ra thử nghiệm dự báo số lượng bão trên Biển Đông và ảnh hưởng đến Việt Nam bằng phương pháp phân tích thành phần chính (PCR) trong phần mềm dự báo khí hậu CPT.

## 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Số liệu nghiên cứu

Số liệu bão và ATNĐ để đánh giá mùa bão năm 2021 và so sánh với TBNN, nhóm tác giả thống kê và thu thập từ số liệu bão và ATNĐ trên đặc điểm khí tượng thủy văn từ năm 1993–2021 (Nhóm số liệu số lượng bão 1) [9].

Số liệu bão để dự báo sử dụng trong khuôn khổ bài báo được thống kê từ số lượng bão theo năm hoạt động trên Biển Đông và đồ bộ trực tiếp đến Việt Nam dựa trên dữ liệu của Nhật (Digital typhoon từ năm 1951–2020). Trên trang web trên chỉ thống kê số lượng bão–gọi là nhóm số lượng bão 2. Nhóm tác giả đã thử nghiệm dự báo cả hai bộ số liệu bão nhóm 1 và nhóm 2, số liệu nhóm 1 tuy bao gồm cả ATNĐ nhưng chuỗi số liệu khá ngắn 29 năm nên chỉ dưới 10% trường hợp khảo sát đưa ra kết quả dự báo vì vậy nhóm tác giả đã lựa chọn nhóm số liệu bão số 2: thống kê bão hoạt động trên Biển Đông từ khu vực (5–23 độ Bắc, 103–120 độ Đông), bão đổ bộ trực tiếp được tính khi quỹ đạo bão đi vào Việt Nam từ năm 1951–2020.

Với yếu tố dự báo là số lượng cơn bão năm 2022, nhóm tác giả lựa chọn SST làm nhân tố dự báo. Theo [10] có sự tương quan nhất định giữa SST và sự hình thành, quỹ đạo và cường độ bão. Khi SST tăng tạo điều kiện nhiệt lực thuận lợi cho sự hình thành và hoạt động của bão [11]. Ngoài ra xu thế tăng SST liên quan chủ yếu đến số lượng, sự phân bố cường độ của các XTNĐ [12]. Mặt khác cường độ tiềm năng lớn nhất của xoáy thuận nhiệt đới MPI có mối quan hệ tuyến tính với SST [13]. So sánh giữa SST giữa các vùng biển Thái Bình Dương và Đại Tây Dương, một phần lớn các cơn bão Thái Bình Dương được quan sát trên vùng nước ấm hơn là các cơn bão Đại Tây Dương và cường độ tiềm năng tối đa của các cơn bão Thái Bình Dương có xu hướng mạnh hơn các cơn bão Đại Tây Dương [14].

Nhóm tác giả sử dụng nhân tố dự báo thứ nhất là nhóm nhiệt độ trung bình tháng bề mặt nước biển ERSST5. ERSST (*The Extended Reconstructed Sea Surface Temperature*) là bộ dữ liệu nhiệt độ bề mặt biển tái phân tích hàng tháng trên toàn cầu được lấy từ Bộ dữ liệu toàn diện về đại dương và khí quyển quốc tế (ICOADS). Phiên bản mới nhất ERSST5 sử dụng bộ dữ liệu SST mới từ ICOADS 3.0 [15].

Nhóm nhân tố dự báo thứ hai là nhiệt độ mặt nước biển trung bình trượt ba tháng từ các mô hình dự báo CanSIPsv2, mô hình CanCM4i, mô hình GFDL–CM2p1–aer04. Mô hình CanSIPsv2–Canadian Seasonal to Interannual Prediction System version 2 là hệ thống dự báo hạn mùa đến hạn năm của Canada (CanSIPsv2). Mô hình CanSIPv2 đã được triển khai hoạt động tại cơ quan Môi trường và Biến đổi khí hậu Canada (ECCC) vào tháng 7/2019. Trong khi CanCM4i là một mô hình khí hậu, được nâng cấp từ CanCM4 của CanSIPsv1 trước đó với khả năng khởi tạo băng biển được cải thiện. Mô hình GFDL–CM2p1–aer04 là mô hình từ hệ thống tổ hợp đa mô hình Bắc Mỹ.

## 2.2. Phương pháp phân tích thành phần chính

Phương pháp sử dụng là phương pháp tương quan thành phần chính kết hợp với hồi qui (*Principal Component Regression*). PCR giống với hồi qui đa biến ngoại trừ nhân tố dự báo là thành phần chính của biến X chứ không phải biến X. Một số ưu điểm của PCR [16–17] như giảm số chiều của dữ liệu. Trong không gian mới, các liên kết tiềm ẩn của dữ liệu có thể được khám phá, mà nếu đặt trong không gian cũ thì khó phát hiện hơn, hoặc những liên kết như thế không thể hiện rõ. Công thức ước tính PCR:

$$\hat{\gamma}k = (W_k^T W_k)^{-1} W_k^T Y \in R^k \quad (1)$$

Biểu thị vectơ của hệ số hồi quy thu được bằng phương pháp hồi quy bình phương nhỏ nhất của vectơ Y trong ma trận  $W_k$ . Sau đó, đối với bất kỳ  $k \in \{1, \dots, p\}$ , công cụ ước tính PCR cuối cùng của k dựa trên việc sử dụng thành phần chính k đầu tiên được cung cấp bởi:

$$\hat{\beta}k = V_k \hat{\gamma}k \in R^p. \quad (2)$$

Trên thực tế, PCR phù hợp hơn để dự đoán một yếu tố dự báo đơn lẻ hay một tập hợp các yếu tố dự báo không có tương quan với nhau. Vì vậy nhóm tác giả đã lựa chọn phương pháp PCR để dự báo số lượng bão theo năm.

Công cụ sử dụng là phần mềm dự báo khí hậu CPT17.5.2 phiên bản cập nhật mới nhất năm 2021 do Viện nghiên cứu quốc tế khí hậu và xã hội (IRI) nghiên cứu và phát triển. Ngoài ra, nhóm tác giả điều chỉnh một số thông số trong phần mềm để phù hợp với yếu tố dự báo là



số lượng cơn bão như sử dụng mô hình hồi qui Poisson trong tính toán do dự báo số lượng bão không có giá trị âm.

Tương quan Pearson: là thước đo tương quan tuyến tính giữa hai tập hợp dữ liệu. Đây là tỷ số giữa hiệp phương sai của hai biến và tích của độ lệch chuẩn của chúng. Tương quan có giá trị từ -1 đến 1. Tương quan Pearson được biết đến như là phương pháp tốt nhất để đo lường mối liên hệ giữa các biến quan tâm bởi vì nó dựa trên phương pháp hiệp phương sai. Nó cung cấp thông tin về mức độ quan trọng của mối liên hệ, hoặc mối tương quan, cũng như hướng của mối quan hệ. Ngoài ra, việc kiểm tra hệ số tương quan Pearson còn giúp chúng ta sớm nhận diện được sự xảy ra của vấn đề đa cộng tuyến khi các biến độc lập có sự tương quan mạnh với nhau. Tương quan Pearson được tính theo công thức sau:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

Chỉ số goodness index: Được dựa trên trung bình theo không gian của tương quan Kendall giữa nhân tố dự báo xác thực chéo và số liệu quan trắc. Tương quan thứ hạng Kendall là đánh giá phi tham số đo lường mức độ phụ thuộc giữa hai biến, được tính theo công thức sau:

$$\tau = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i < j} \text{sgn}(x_i - x_j) \text{sgn}(y_i - y_j) \quad (4)$$

Phần mềm CPT sử dụng chỉ số “goodness index” để mô phỏng độ chính xác của dự báo. Dự báo tối ưu khi chỉ số này bằng 1.

Biểu đồ đánh giá kỹ năng ROC (*Receiver operating characteristic*) là một đồ thị được sử dụng khá phổ biến trong đánh giá các mô hình phân loại nhị phân. Đường cong này được tạo ra bằng cách biểu diễn tỷ lệ dự báo true positive rate (TPR) dựa trên tỷ lệ dự báo false positive rate (FPR) tại các ngưỡng khác nhau. Trong khuôn khổ bài báo, nhóm tác giả đưa ra tỷ lệ dự báo đúng số lượng bão cao hơn/ thấp hơn trung bình dựa trên biểu đồ ROC [18].

Các bước tiến hành thử nghiệm như sau:

Bước 1: Xây dựng bản đồ tương giữa SST và số lượng bão trên Biển Đông/bão đổ bộ;

Bước 2: Lựa chọn vùng SST có tương quan cao để đưa vào phân tích thành phần chính PCR;

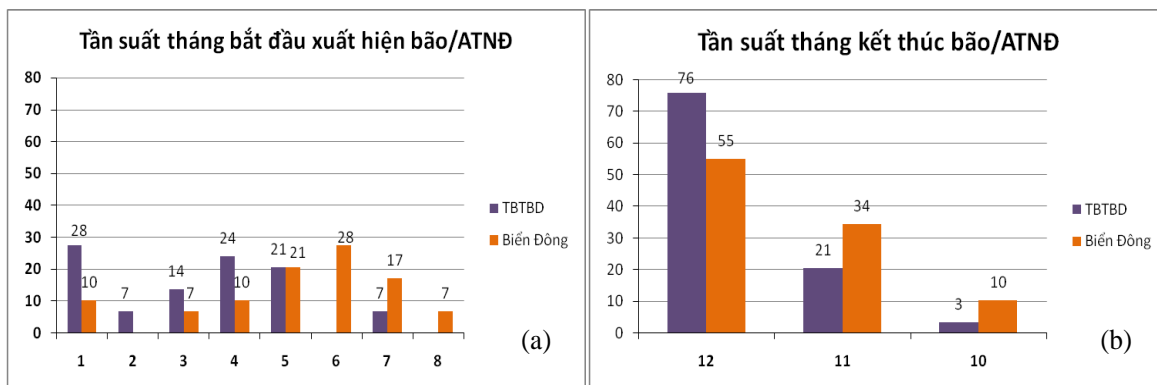
Bước 3: Hiện thị kết quả dự báo số lượng bão theo ba pha: cao hơn, xấp xỉ và thấp hơn;

Bước 4: Đánh giá kết quả dự báo thông qua chỉ số Goodness và tỷ lệ dự báo đúng trong biểu đồ ROC.

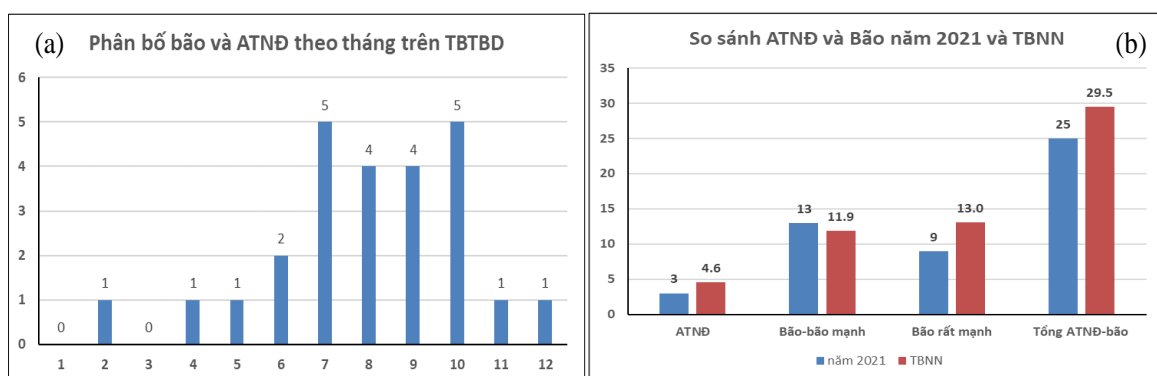
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá mùa bão năm 2021

Bão, ATNĐ hoạt động trên khu vực TBTBD trong năm 2021 bắt đầu tương đối sớm (ngày 18/02) với sự xuất hiện của cơn bão Dujan. Theo số liệu thống kê từ năm 1993 đến hiện tại, tần suất cơn bão xuất hiện đầu tiên vào tháng 02 khá thấp, chỉ chiếm 7%, ngoài cơn bão Dujan năm nay, chỉ còn một cơn bão vào năm 1996. Bên cạnh đó, xét trong chuỗi số liệu 28 năm, tháng 01 là tháng xuất hiện cơn bão đầu tiên nhiều nhất với tần suất 28%, tiếp theo tháng 4 và tháng 5 với tần suất 24% và 21%. Trong 10 năm gần đây, cơn bão xuất hiện sớm vào tháng 01 chiếm 50%. Như vậy, năm 2021 bão trên TBTBD xuất hiện sớm nhưng cũng không phải là sớm nhất. Với khu vực Biển Đông cơn bão số 1 xuất hiện vào tháng 6, như vậy bão trên Biển Đông xuất hiện muộn so với tần suất xuất hiện trong chuỗi số liệu chiếm 26%, cao nhất so với các tháng khác trong năm. Bão năm 2021 kết thúc vào tháng 12 trên cả khu vực TBTBD và Biển Đông với cơn bão số 9 (bão RAI). Theo số liệu thống kê trên [19], cả hai khu vực trên, mùa bão kết thúc vào tháng 12 với tần suất khá cao với tần suất 76% tại khu vực TBTBD và 55% tại khu vực Biển Đông. Chỉ riêng năm 2010 mùa bão kết thúc vào tháng 10. Như vậy mùa bão năm 2021 kết thúc muộn nhưng cũng khá phổ biến (Hình 1a-1b).

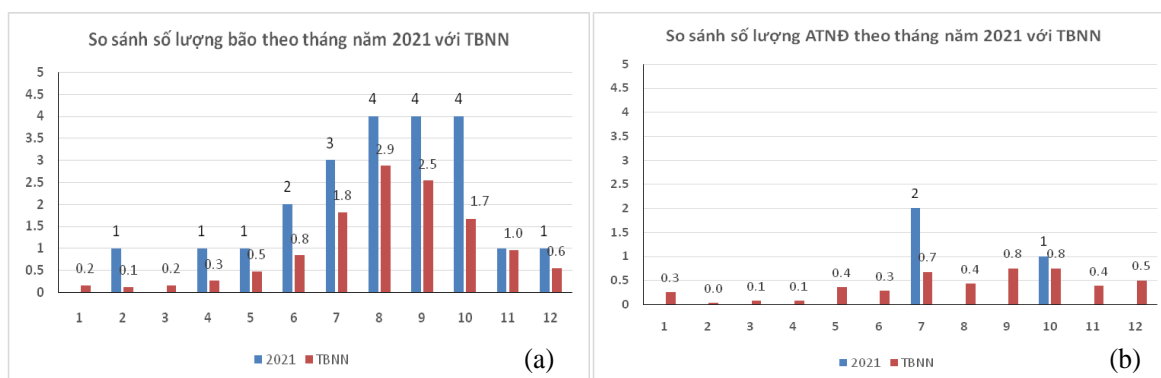


**Hình 1.** Tần suất tháng bắt đầu và kết thúc bão và ATNĐ.



**Hình 2.** (a) Phân bố số lượng bão và ATNĐ theo tháng trên TBTBD năm 2021; (b) So sánh số lượng bão và ATNĐ năm 2021 tại TBTBD với TBNN.

Trên TBTBD, vào năm 2021, trừ tháng 1 và tháng 3 tất cả các tháng đều có bão/ATNĐ hoạt động, bão hoạt động nhiều từ tháng 7 đến tháng 10 với tần suất 4–5 cơn/tháng (Hình 2a). Theo hình 2b, trên TBTBD năm 2021 có 3 ATNĐ, ít hơn TBNN (4,6 cơn); bão mạnh từ cấp 8–11 có 13 cơn, nhiều hơn TBNN (11,9 cơn); bão rất mạnh trên cấp 12 có 9 cơn, ít hơn TBNN (13 cơn). Tính tổng số bão và ATNĐ năm 2021 trên TBTBD: 25 cơn, ít hơn TBNN (29,5 cơn). Năm 2021 tại TBTBD có 5 cơn siêu bão (> cấp 17), tương đương với năm 2014 và ít hơn năm 2015 (8 cơn), năm 2018 và năm 2019 (6 cơn).



**Hình 3.** So sánh số lượng bão: (a) ATNĐ; (b) theo tháng so với TBNN.

Theo hình 3a, ngoại trừ tháng 01 và tháng 3 không xuất hiện bão, những tháng khác đều có số lượng bão cao hơn TBNN, riêng từ tháng 8 đến tháng 10 đều xuất hiện 4 cơn/tháng cao hơn TBNN từ 1,1–2,3 cơn. Theo hình 3b, tháng 7 và tháng 10 xuất hiện ATNĐ đều cao hơn TBNN từ 0,2–1,3 cơn, những tháng khác không xuất hiện ATNĐ, thấp hơn TBNN từ 0,1 đến 0,8 cơn.

Để đánh giá thêm cường độ bão trên khu vực TBTBD, nhóm tác giả sử dụng chỉ số năng lượng bão tích lũy (*Accumulated Cyclone Energy Index*) ACE. Chỉ số này để đánh giá kết hợp thời gian tồn tại cũng như cường độ của mùa bão [19].

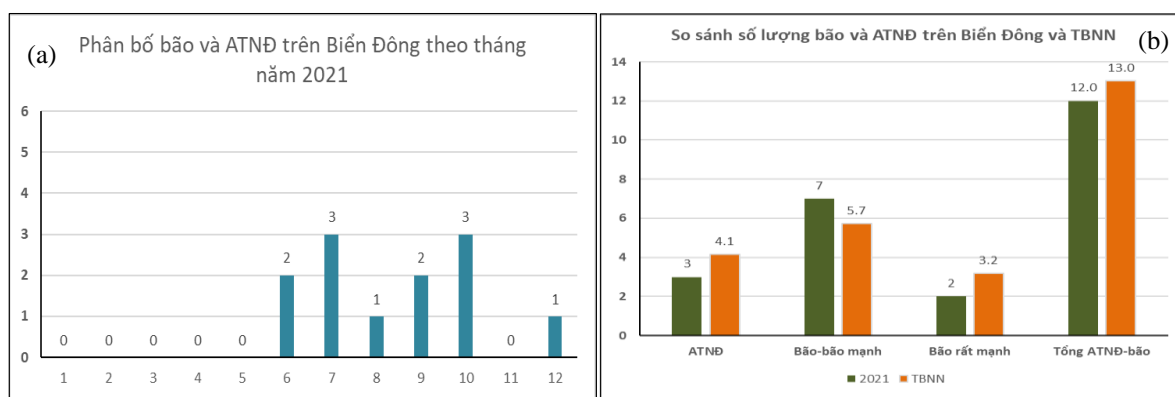
ACE được tính theo công thức sau:

$$ACE_i = 10^{-4} \sum(v_{max}^2) \tag{5}$$

Với  $v_{max}(t)$  là vận tốc gió cực đại thời điểm t.

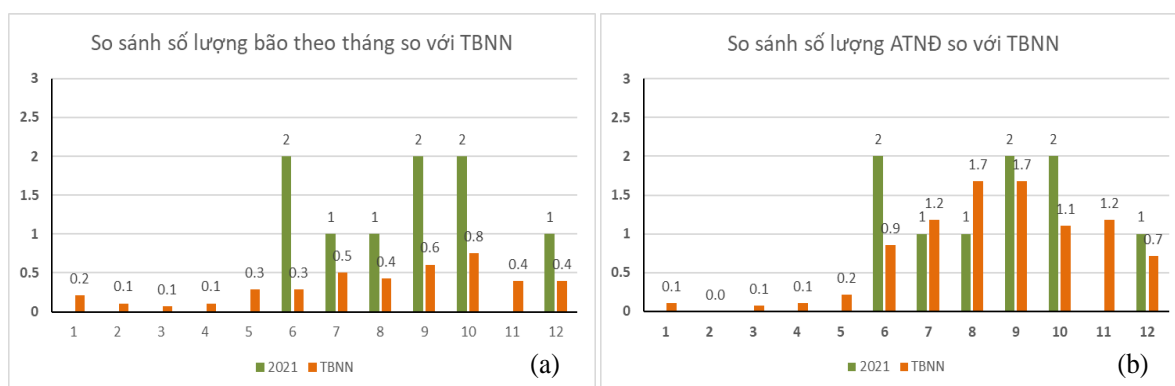
Trong năm 2021, tại khu vực TBTBD đã xuất hiện 25 cơn bão và ATNĐ trong đó có 5 siêu bão. Năng lượng bão ACE trên khu vực TBTBD năm 2021 đạt 196, ở mức thấp hơn TBNN (ACE TBNN = 300.115).

Tại khu vực Biển Đông: Theo hình 4a, tại khu vực Biển Đông bão hoạt động từ tháng 6–12, riêng tháng 11 không có cơn bão/ATNĐ, tần suất bão cao nhất vào tháng 7 và tháng 10 với tần suất 3 cơn/tháng. Theo hình 4b, tại khu vực Biển Đông số lượng ATNĐ và bão rất mạnh đều thấp hơn TBNN từ 1,1–1,2 cơn, riêng bão–bão mạnh cao hơn TBNN 1,3 cơn. Tính tổng số bão và ATNĐ hoạt động trên Biển Đông là 12 cơn thấp hơn TBNN 1 cơn.



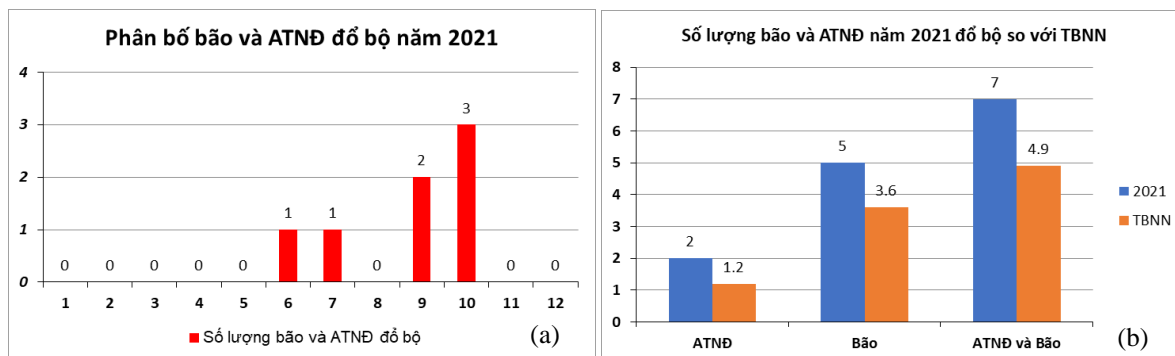
**Hình 4.** (a) Phân bố số lượng bão và ATNĐ trên Biển Đông năm 2021; (b) So sánh số lượng bão và ATNĐ năm 2021 tại Biển Đông so với TBNN.

Theo hình 4a, tại Biển Đông năm 2021 bão hoạt động từ tháng 6 đến tháng 10 và tháng 12, hầu hết đều cao hơn TBNN từ 0,6–1,7 cơn, những tháng khác không xuất hiện bão, thấp hơn so với TBNN từ 0,1–0,5 cơn. Theo hình 4b, vào tháng 6, tháng 9, tháng 10 và tháng 12 ATNĐ hoạt động nhiều hơn TBNN từ 0,3–1,1 cơn, tháng 7, tháng 8, ATNĐ ít hơn TBNN từ 0,2–0,7 cơn, những tháng khác không xuất hiện ATNĐ, thấp hơn từ 0,2–1,2 cơn so với TBNN.



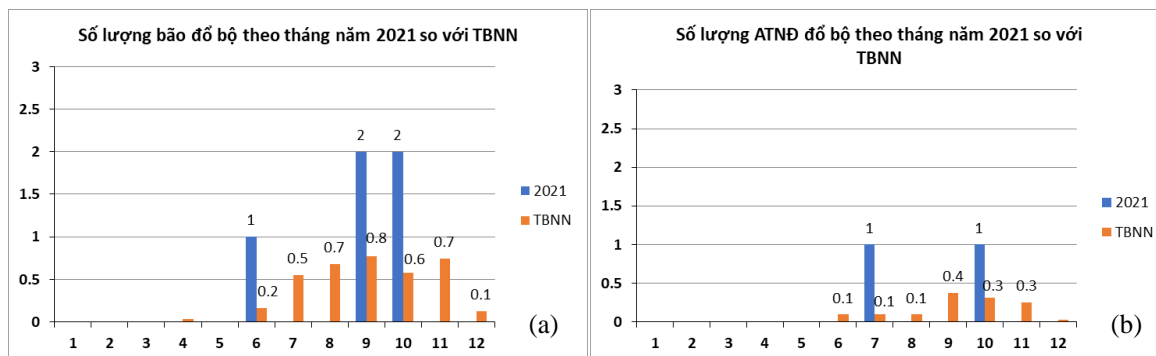
**Hình 5.** So sánh số lượng bão: (a) ATNĐ; (b) theo tháng so với TBNN tại Biển Đông.

**Bão đổ bộ trực tiếp:** Trong năm 2021 có 5 cơn bão và 2 ATNĐ đổ bộ trực tiếp đến Việt Nam phân bố theo tháng như hình 7. Bão và ATNĐ đổ bộ trực tiếp trong các tháng 6,7 và tháng 9, 10 với số lượng dao động từ 1 cơn trong tháng 6–7, 2 cơn trong tháng 9 và 3 cơn trong tháng 10 (Hình 5a–5b).



**Hình 6.** (a) Số lượng bão và ATNĐ theo tháng đồ bộ năm 2021; (b) So sánh số lượng bão và ATNĐ đồ bộ so với TBNN.

Theo hình 7a, bão đồ bộ trực tiếp trong tháng 6: 1 cơn, tháng 9 và tháng 10 tần suất 2 cơn/ tháng đều ở mức cao hơn TBNN từ 0,8–1,4 cơn. Những tháng khác không có bão đồ bộ thấp hơn TBNN từ 0,1–0,7 cơn. Theo hình 7b, ATNĐ đồ bộ trong tháng 7 và tháng 10 với tần suất 1 cơn/tháng cao hơn TBNN từ 0,7–0,9 cơn, những tháng khác không có ATNĐ đồ bộ thấp hơn từ 0,1–0,4 cơn.

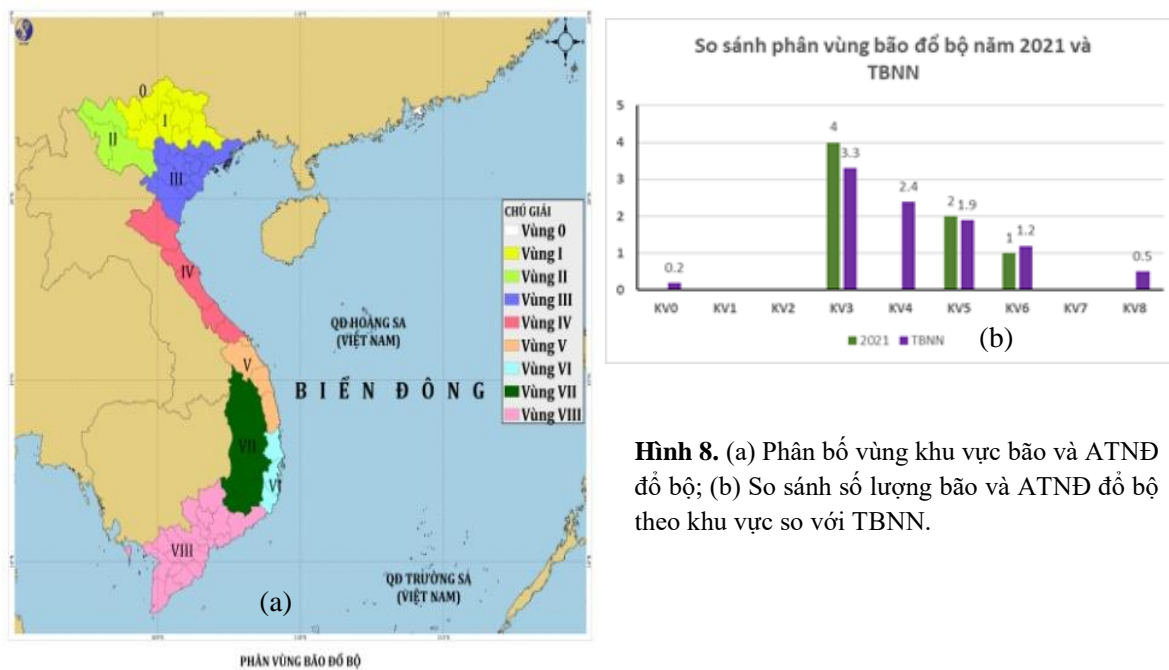


**Hình 7.** So sánh số lượng bão (a) và ATNĐ (b) đồ bộ trực tiếp theo tháng so với TBNN.

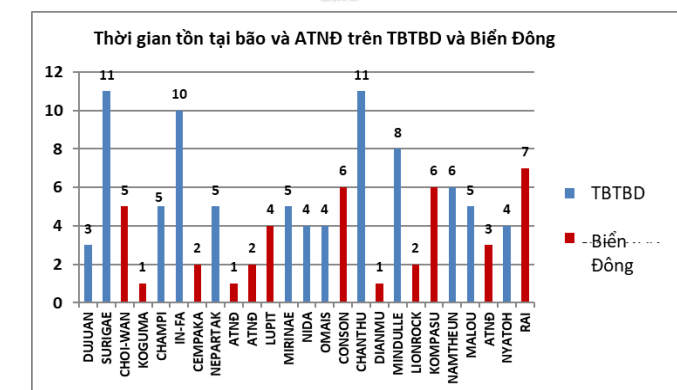
Về vị trí đồ bộ bão năm 2021: Khu vực phân bố bão đồ bộ phân bố như hình 8a. Trong năm 2021, khu vực 3: khu vực các tỉnh từ Quảng Ninh đến Thanh Hóa và đồng bằng trung du Bắc Bộ có 4 cơn đồ bộ nhiều hơn TBNN 1,1 cơn, khu vực 5 (các tỉnh từ Đà Nẵng đến Bình Định) có 2 cơn đồ bộ xấp xỉ TBNN, khu vực 6 (các tỉnh từ Phú Yên đến Ninh Thuận) có 1 cơn đồ bộ thấp hơn TBNN 0,2 cơn. Những khu vực còn lại không có bão đồ bộ : khu vực 0 khu vực giáp biên giới Việt Trung, khu vực 4 các tỉnh từ Nghệ An đến Thừa Thiên Huế, khu vực 8: khu vực Nam Bộ và các tỉnh từ Cà Mau đến Kiên Giang, tức số lượng bão đồ bộ ở ba khu vực trên thấp hơn từ 0,2–2,4 so với TBNN ( Hình 8b).

Hầu hết các cơn bão và ATNĐ đồ bộ đều gây mưa lớn diện rộng. Trong đó cơn bão số 5 gây mưa lớn nhất. Từ đêm 10/9 đến đêm 13/9, do ảnh hưởng của bão số 5 nên khu vực từ Quảng Bình đến phía Bắc Bình Định, Kon Tum và phía Bắc Gia Lai có mưa to đến rất to. Tổng lượng mưa phổ biến ở các tỉnh Quảng Bình, phía Bắc Bình Định, Kon Tum và phía Bắc Gia Lai 100–250 mm; khu vực Quảng Trị 200–300 mm; Từ Thừa Thiên Huế đến Quảng Ngãi 300–500 mm, có nơi trên 600mm, tuy nhiên chưa gây lượng mưa lớn vượt giá trị lịch sử.

Về thời gian tồn tại bão và ATNĐ trên TBTBD: phổ biến từ 4–8 ngày. Cơn bão duy trì lâu nhất là bão Surigae và bão Chanthu kéo dài 11 ngày; trong khí đó bão Koguma và bão Dianmu kéo dài 1 ngày. Trên Biển Đông, thời gian tồn tại của bão và ANTĐ, trung bình khoảng 2–4 ngày. Riêng bão số 9 (Rai) kéo dài 7 ngày; cơn bão duy trì ngắn nhất là bão số 2 (Koguma) và bão số 6 (Dianmu) cùng kéo dài 1 ngày (Hình 9).



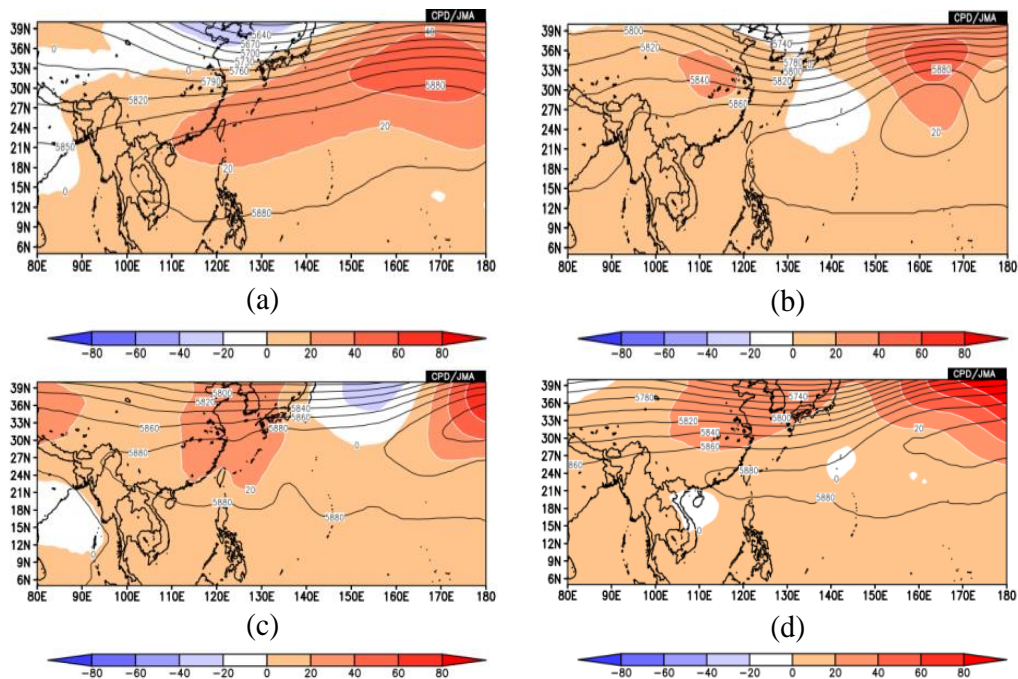
**Hình 8.** (a) Phân bố vùng khu vực bão và ATNĐ đổ bộ; (b) So sánh số lượng bão và ATNĐ đổ bộ theo khu vực so với TBNN.



**Hình 9.** Thời gian tồn tại bão và ATNĐ trên Tây Bắc Thái Bình Dương và Biển Đông.

Thời gian duy trì tốc độ gió trên 65knots (> 32,7 m/s) ở ngưỡng siêu bão đối với bão Surigae, bão Chanthu, bão Mindulle: 7 ngày và bão số 9 Rai: 5 ngày, bão Nyatoh (3 ngày). Chỉ riêng bão số 9 (bão RAI) đi vào Biển Đông nên tại trạm khí tượng tại đảo Song Tử Tây đã quan trắc được gió bão mạnh cấp 14, giật cấp 17. Đây là trị số gió đo được trực tiếp lớn nhất trong vòng khoảng 40 năm qua trên hệ thống quan trắc của Việt Nam. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đánh giá thêm về hình thức tác động đến bão đổ bộ năm 2021 thông qua bản đồ trung bình độ cao địa thế vị 5000 m.

Theo hình 10a, áp cao cận nhiệt đới hoạt động mạnh lấn sâu đến kinh tuyến 100 độ Đông, bao phủ khu vực đồng bằng Bắc Bộ và các tỉnh Trung Bộ, trong tháng 5 không xuất hiện bão trên Biển Đông. Sang tháng 6 (hình 9b) khi áp cao cận nhiệt đới rút ra thì trên Biển Đông bắt đầu xuất hiện cơn bão số 1. Theo hình 10 c,d, vào tháng 9 và tháng 10 áp cao cận nhiệt đới nâng trục lên phía bắc nên đã có liên tiếp hai cơn bão đổ bộ vào Trung Bộ trong tháng 9 có 2 cơn bão đổ bộ vào đồng bằng Bắc Bộ và Thanh Hóa và 1 ATNĐ đổ bộ vào khu vực Nam Trung Bộ vào tháng 10. Hoạt động của áp cao cận nhiệt đới theo qui luật nên hầu hết quỹ đạo bão năm 2021 đều di chuyển theo hướng đi thẳng và parabol, riêng cơn bão số 3 có quỹ đạo phức tạp khi đổi hướng 3 lần và di chuyển ra phía biển sau khi đổ bộ vào Trung Quốc. Bên cạnh đó cơn bão số 9 hoạt động vào cuối mùa bão tháng 12 tuy nhiên lại có quỹ đạo parabol, quỹ đạo thường hay gặp vào đầu mùa bão.



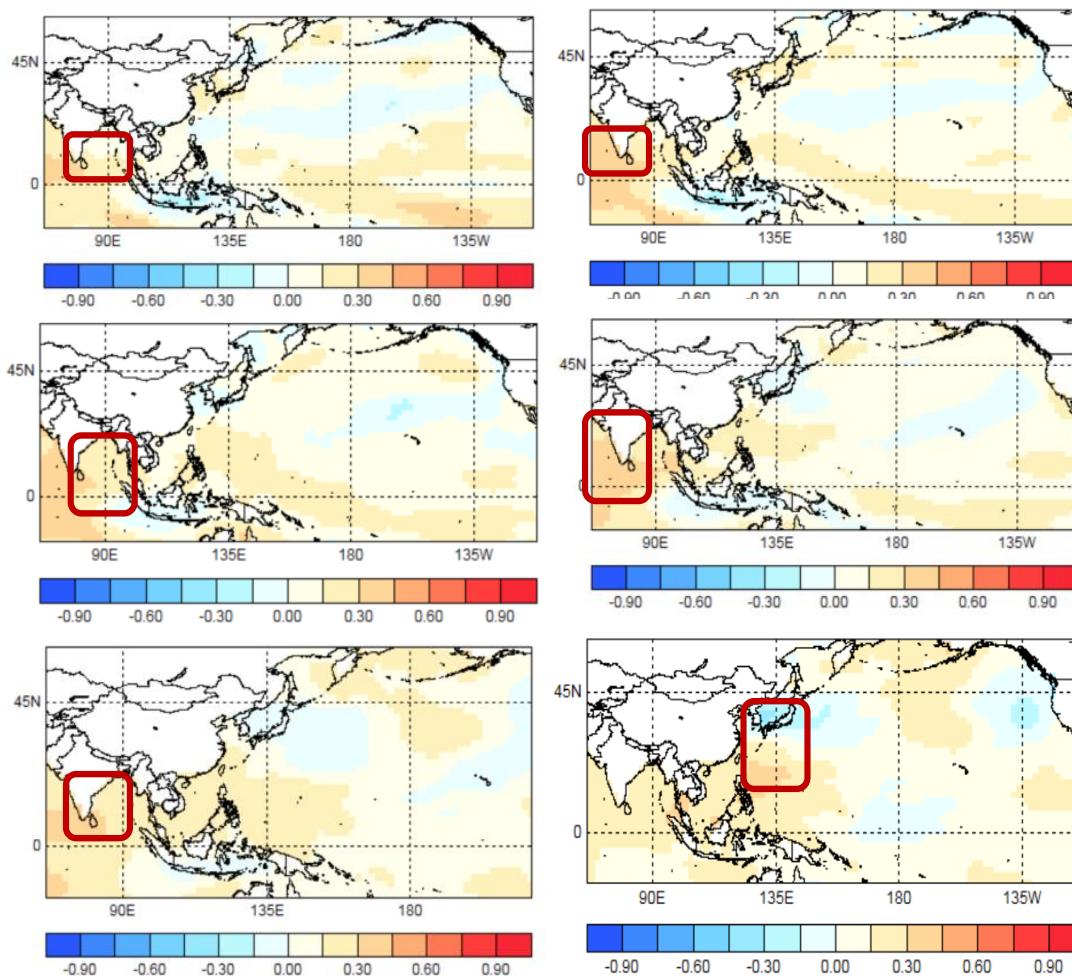
**Hình 10.** Bản đồ trung bình độ cao địa thế vị mực 500mb tháng: (a) tháng 5; (b) tháng 6; (c) tháng 9; (d) tháng 10.

### 3.2. Thử nghiệm dự báo bão trên Biển Đông bằng phương pháp phân tích thành phần chính PCR

#### 3.2.1. Nhân tố dự báo nhiệt độ trung bình tháng bề mặt nước biển ERSST5

Thông qua bản đồ tương quan Pearson giữa số lượng bão trên Biển Đông năm và nhiệt độ trung bình tháng bề mặt nước biển ERSST5 nhóm tác giả sẽ lựa chọn vùng biển tương ứng có hệ số tương quan cao (Vùng khoanh đỏ). Theo hình 11, số lượng bão hàng năm trên Biển Đông có tương quan khoảng 0,3–0,45 với nhiệt độ trung bình tháng ở vùng biển Ấn Độ Dương từ tháng 6–11. Trên thực tế bão hình thành do nhiều yếu tố kết hợp. Trong khuôn khổ bài báo chỉ xét nhân tố dự báo SST vì vậy hệ số tương quan chỉ dưới 0,5. Nhiệt độ mặt nước biển ấm ở khu vực vịnh Belgal và Ấn Độ Dương có thể coi như tác động từ xa đến lượng bão ở vùng Biển Đông, khi vùng biển này ấm thì sẽ khả năng cao hình thành XTNĐ đồng thời gió mùa tây nam sẽ có xu hướng hoạt động mạnh hơn, dải hội tụ nhiệt đới qua khu vực Biển Đông có điều kiện hình thành tốt hơn.

Theo bảng 1, trong trường hợp sử dụng nhân tố dự báo ERSST5 tháng 6, chỉ số goodness có giá trị âm thì nhân tố trên không dự báo tốt, còn tất cả các trường hợp khác có thể sử dụng dự báo tuy nhiên chỉ số goodness chỉ đạt từ 0,05 đến 0,15. Với nhân tố ERSST5 tháng 1 và tháng 2 dự báo bão trên Biển Đông xấp xỉ TBNN, nhân tố ERSST5 tháng 10 dự báo bão thấp hơn TBNN còn những tháng khác dự báo bão cao hơn TBNN. Về đánh giá phương pháp dự báo thông qua biểu đồ kỹ năng ROC, ngoại trừ tháng 6 có tỷ lệ dự báo đúng dưới 50%, những trường hợp khác đều trên 50%. Với nhân tố dự báo ERSST5 vào tháng 4–5, 7–9, 11–12 dự báo bão cao hơn TBNN thì tỷ lệ dự báo đúng của phương pháp này với trường hợp bão Biển Đông cao hơn TBNN là từ 53–65%.



**Hình 11.** Bản đồ tương quan giữa số liệu ERSST5 trung bình từ tháng 6 đến tháng 11 và số lượng bão theo năm trên Biển Đông.

**Bảng 1.** Xác suất dự báo và chỉ số goodness của nhân tố dự báo ERSST5.

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão BĐ TBNN: 9,4 cơn (ĐLC: 3,1 cơn)		Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn	Cao hơn		Thấp hơn	
1/2021	9,6	31	<b>36</b>	33	<b>0,14</b>	56%	65%	
2/2021	9,5	32	<b>36</b>	32	<b>0,04</b>	53%	53%	
3/2021	9,1	<b>37</b>	34	29	<b>0,1</b>	60%	60%	
4/2021	9,9	28	35	<b>37</b>	<b>0,05</b>	53%	57%	
5/2021	10,3	24	34	<b>42</b>	<b>0,1</b>	55%	65%	
6/2021	10	29	33	<b>38</b>	<b>-0,07</b>	40%	45%	
7/2021	10,1	28	32	<b>40</b>	<b>0,18</b>	60%	72%	
8/2021	10	29	31	<b>40</b>	<b>0,13</b>	58%	65%	
9/2021	10,7	22	31	<b>47</b>	<b>0,14</b>	65%	61%	
10/2021	9,1	<b>36</b>	35	29	<b>0,1</b>	64%	59%	
11/2021	11,7	15	27	<b>58</b>	<b>0,14</b>	64%	58%	
12/2021	10,5	23	33	<b>44</b>	<b>0,1</b>	53%	59%	

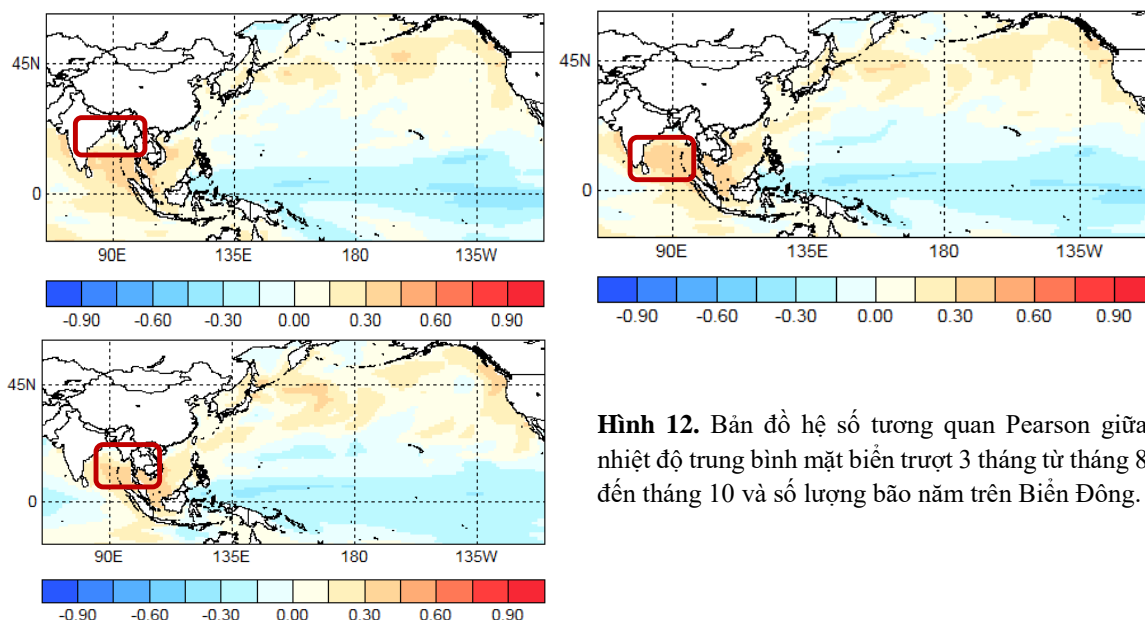
3.2.2. Nhân tố dự báo SST trung bình trượt 3 tháng từ mô hình CanCM4i, CanSIPv2 và GFDL-CM2p1-aer04

Với nhân tố dự báo trung bình trượt 3 tháng từ mô hình CanCM4i và CanSipv2 đều có chỉ số goodness âm theo bảng 2 vì vậy hai nhân tố trên không đưa vào được dự báo.

**Bảng 2.** Chỉ số goodness của nhân tố dự báo SST trượt 3 tháng của mô hình CanCM4i và CanSipv2 với yếu tố dự báo bão đồ bộ trên Biển Đông.

Chỉ số Goodness	123	234	345	456	567	678	789	8910	91011	101112
CanCM4i	-0,12	-0,2	-0,3	-0,2	-0,29	-0,1	-0,3	-0,25	-0,19	-0,1
CanSipv2	-0,11	-0,29	-0,35	-0,28	-0,4	-0,49	-0,3	-0,24	-0,19	-0,23

Đối với nhân tố dự báo từ mô hình GFDL-CM2p1-aer04, cũng tương tự xét bản đồ tương quan giữa nhiệt độ trung bình nhiệt độ mặt biển trượt 3 tháng và số lượng bão trên Biển Đông. Theo hình 12, số lượng bão năm trên Biển Đông có tương quan từ 0,3-0,45 với nhiệt độ trung bình trượt 3 tháng từ tháng 8-12 tại khu vực vịnh Bengal.



**Hình 12.** Bản đồ hệ số tương quan Pearson giữa nhiệt độ trung bình mặt biển trượt 3 tháng từ tháng 8 đến tháng 10 và số lượng bão năm trên Biển Đông.

Từ bản đồ tương quan trên lựa chọn vùng có chỉ số SST tương quan cao hơn so với các khu vực khác đưa vào tính toán và kết quả bảng 3.

**Bảng 3.** Xác suất dự báo và chỉ số goodness của nhân tố dự báo SST dự báo trượt 3 tháng từ mô hình GFDL-CM2p1-aer04 với yếu tố dự báo bão Biển Đông.

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão BD TBNN: 9,4 con (ĐLC: 3,1 con) Số lượng bão dự báo	Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
		Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn		Cao hơn	Thấp hơn
1-2-3/2021	9,8	35	22	42	0,01	42%	52%
2-3-4/2021	9,8	35	22	43	0,08	50%	60%
3-4-5/2021	9,8	35	22	43	-0,04	52%	55%
4-5-6/2021	9,7	37	20	43	-0,05	42%	46%
5-6-7/2021	9,7	38	19	43	-0,1	38%	41%
6-7-8/2021	10,5	28	22	50	-0,05	45%	41%



Nhân tố dự báo ERSST5	Bão BD TBNN: 9,4 con (DLC: 3,1 con)	Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn		Cao hơn	Thấp hơn
7–8–9/2021	10,4	29	23	48	0,036	52%	55%
8–9–10/2021	10,5	28	23	49	0,07	53%	55%
9–10–11/2021	10,8	22	24	54	0,08	55%	51%
10–11–12/2021	11	19	23	58	0,1	57%	57%

Theo bảng 3, với nhân tố dự báo nhiệt độ trung bình trượt 3 tháng của mô hình GFDL–CM2p1–aer04, vào mùa trượt 3 tháng từ tháng 3 đến tháng 8 có chỉ số goodness âm tức nhân tố này không sử dụng để dự báo, còn các tháng khác có chỉ số goodness dương, tức có thể dự báo được tuy nhiên giá trị không cao chỉ từ 0,01 đến 0,1. Trong tất cả các trường hợp dự báo được, đều dự báo bão trên Biển Đông cao hơn TBNN với xác suất từ 42–58%, và tỷ lệ dự báo đúng ở những trường hợp bão cao hơn TBNN dao động từ 50–60%.

### 3.3. Thử nghiệm dự báo bão đổ bộ bằng phương pháp phân tích thành phần chính PCR

Tương tự áp dụng phương pháp phân tích thành phần chính để dự báo số lượng bão đổ bộ, lựa chọn vùng nhiệt độ mặt nước biển có tương quan cao với số lượng bão đổ bộ.

#### 3.3.1. Nhân tố dự báo ERSST5

Theo bản đồ phân bố tương quan Pearson giữa nhân tố dự báo ERSST5 trung bình trượt từ tháng 7–12 tại vùng biển Ấn Độ Dương, phía tây nam của vịnh Bengal có tương quan khoảng 0,2–0,3 với số lượng bão đổ bộ năm.

**Bảng 4.** Xác suất dự báo và chỉ số goodness của nhân tố dự báo ERSST5 với yếu tố dự báo bão đổ bộ.

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão đổ bộ TBNN: 3,5 con(DLC: 1,9 con)	Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn		Cao hơn	Thấp hơn
1/2021	5,4	16	12	<b>72</b>	–0,027	53%	55%
2/2021	3,5	<b>43</b>	16	41	0,043	57%	57%
3/2021	4,3	33	13	<b>54</b>	0,126	58%	61%
4/2021	3,9	34	17	<b>49</b>	0,148	59%	62%
5/2021	3,8	37	13	<b>49</b>	–0,066	42%	46%
6/2021	2,8	<b>53</b>	16	31	0,1	51%	53%
7/2021	3,6	41	16	<b>43</b>	0,05	56%	51%
8/2021	5	22	13	<b>65</b>	–0,033	56%	45%
9/2021	4,2	33	14	<b>53</b>	–0,094	48%	44%
10/2021	4,2	33	14	<b>53</b>	–0,23	32%	38%
11/2021	4,2	32	15	<b>53</b>	0,042	52%	55%
12/2021	4,5	27	14	<b>59</b>	0,006	52%	48%

Theo bảng 4, trong trường hợp sử dụng nhân tố dự báo ERSST5 tháng 1, tháng 5 tháng 8–10 chỉ số goodness có giá trị âm thì nhân tố trên không dự báo được bão đổ bộ, còn tất cả các trường hợp khác có thể sử dụng dự báo tuy nhiên chỉ số goodness chỉ đạt từ 0,01 đến 0,15. Với nhân tố ERSST5 tháng 2 và tháng 6 dự báo bão đổ bộ vào Việt Nam thấp hơn TBNN còn

những tháng khác dự báo bão cao hơn TBNN. Về đánh giá phương pháp dự báo thông qua biểu đồ kỹ năng ROC, với nhân tố dự báo ERSST5 tháng 2–4/2021 và tháng 6–7/2021, tháng 11/2021 đều có tỷ lệ dự báo đúng trên 50%. Với nhân tố dự báo trung bình SST trượt 3 tháng từ mô hình CanCM4i và CanSipv2 đều có chỉ số goodness âm theo bảng 5 vì vậy hai nhân tố trên không đưa vào được dự báo.

**Bảng 5.** Chỉ số goodness của nhân tố dự báo SST trượt 3 tháng của mô hình CanCM4i và CanSipv2 với yếu tố dự báo bão đồ bộ.

Chỉ số Goodness	123	234	345	456	567	678	789	8910	91011	101112
CanCM4i	-0,12	-0,2	-0,3	-0,2	-0,29	-0,1	-0,3	-0,25	-0,19	-0,1
CanSipv2	-0,18	-0,12	-0,35	-0,29	-0,4	-0,49	-0,3	-0,24	-0,19	-0,23

### 3.3.2. Nhân tố dự báo từ mô hình GFDL–CM2p1–aer04

Theo bản đồ phân bố tương quan Pearson giữa nhân tố dự báo GFDL–CM2p1–aer04 từ tháng 8 đến tháng 11 tại vùng biển Giữa và Nam Biển Đông và phía nam của vịnh Belgan có tương quan khoảng 0,2–0,3 với số lượng bão đồ bộ năm.

**Bảng 6.** Xác suất dự báo và chỉ số goodness của nhân tố dự báo GFDL–CM2p1–aer04 với yếu tố dự báo số lượng bão đồ bộ.

Nhân tố dự báo ERSST5	Bão đồ bộ TBNN: 3,5 con (DLC: 1,9 con)		Xác suất			Chỉ số Goodness	Đánh giá ROC	
	Số lượng bão dự báo	Thấp hơn	Trung bình	Cao hơn	Cao hơn		Thấp hơn	
1–2–3/2021	2,6	55	24	21	-0,01	50%	40%	
2–3–4/2021	1,9	64	20	16	-0,15	42%	40%	
3–4–5/2021	1,5	69	18	13	-0,1	40%	42%	
4–5–6/2021	4,3	19	15	<b>56</b>	<b>0,02</b>	55%	52%	
5–6–7/2021	5,3	19	12	<b>69</b>	<b>0,08</b>	57%	53%	
6–7–8/2021	4,0	37	12	<b>51</b>	<b>0,12</b>	59%	51%	
7–8–9/2021	3,2	<b>46</b>	17	37	<b>0,1</b>	59%	55%	
8–9–10/2021	5,3	19	26	<b>55</b>	<b>0,16</b>	59%	58%	
9–10–11/2021	3,1	<b>44</b>	31	23	<b>0,2</b>	64%	61%	
10–11–12/2021	5,5	13	12	<b>75</b>	<b>0,23</b>	78%	67%	
1–2–3/2021	2,6	55	24	21	-0,01	50%	40%	

Theo bảng 6, với nhân tố dự báo nhiệt độ SST trung bình trượt 3 tháng từ tháng 1 đến tháng 5/2021 có chỉ số goodness đạt giá trị âm, như vậy các nhân tố trên không thể sử dụng để dự báo. Bên cạnh đó các nhân tố dự báo nhiệt độ SST trung bình trượt 3 tháng từ tháng 4–12 có chỉ số goodness đạt giá trị dương từ 0,02–0,2 các nhân tố dự báo trên có thể sử dụng được để dự báo. Trong 7 trường hợp tiến hành dự báo chỉ có hai trường hợp nhân tố dự báo SST từ tháng 7–9 và tháng 9–11 dự báo bão đồ bộ thấp hơn TBNN, còn các trường hợp khác đều dự báo bão đồ bộ cao hơn TBNN với tỷ lệ dự báo đúng bão cao hơn TBNN dao động từ 55–78%.

## 4. Kết luận

Mùa bão năm 2021 trên khu vực TBTBD bắt đầu sớm vào khoảng tháng 2 tuy nhiên cũng không phải là thời gian sớm nhất, mùa bão trên khu vực Biển Đông bắt đầu muộn vào tháng 6 tuy nhiên mùa bão bắt đầu vào tháng này chiếm tần suất cao nhất so với các tháng còn lại. Mùa bão trên TBTBD và Biển Đông kết thúc muộn vào tháng 12 nhưng điều này khá thường xuyên xảy ra. Bão và ATNĐ trên TBTBD và Biển Đông tập trung nhiều từ tháng 6 đến tháng 10 và có số lượng thấp đến xấp xỉ so với TBNN. Năng lượng bão tích lũy ACE năm 2021 thấp hơn so với TBNN. Số lượng bão đổ bộ trực tiếp cao hơn TBNN và phổ biến đổ bộ vào khu vực phía Bắc. Về thời gian tồn tại bão, cơn bão Surigae và cơn bão Chanthu tồn tại lâu nhất 11 ngày, 5 cơn siêu bão duy trì cấp độ siêu bão phổ biến từ 3–7 ngày.

Sau khi thử nghiệm dự báo số lượng bão trên Biển Đông và bão đổ bộ Việt Nam bằng phương pháp phân tích thành phần chính nhóm tác giả đưa ra một số kết luận như sau:

*Với yếu tố dự báo số lượng bão trên Biển Đông:*

Với nhân tố dự báo ERSST5: Có 7/11 trường hợp dự báo bão cao hơn TBNN với số cơn bão trung bình năm dự báo từ 9,5–11,7 cơn (TBNN: 9,4 cơn), tỷ lệ dự báo đúng bão cao hơn TBNN của phương pháp này là 53–65%.

Với nhân tố dự báo là SST trung bình trượt 3 tháng của 3 mô hình số trị, duy nhất sản phẩm của mô hình GFDL–CM2p1–aer04 có thể tiến hành dự báo. Có 7/10 trường hợp có thể tiến hành dự báo đều dự báo bão cao hơn TBNN với số cơn bão dự báo trung bình năm từ 9,8–11 cơn (TBNN: 9,4 cơn), tỷ lệ dự báo đúng của phương pháp này là 51–59%.

*Với yếu tố dự báo số lượng bão đổ bộ trực tiếp:*

Với nhân tố dự báo ERSST5: Có 5/7 trường hợp có thể tiến hành dự báo đều dự báo bão cao hơn TBNN với số lượng cơn bão dự báo đổ bộ từ 3,6–4,5 cơn (TBNN: 3,1 cơn), tỷ lệ dự báo đúng bão cao hơn TBNN của phương pháp này là 51–58%.

Với nhân tố dự báo là SST trung bình trượt 3 tháng của 3 mô hình số trị, duy nhất sản phẩm của mô hình GFDL–CM2p1–aer04 có thể tiến hành dự báo. Có 5/7 trường hợp có thể tiến hành dự báo đều dự báo bão cao hơn TBNN với số lượng cơn bão dự báo đổ bộ từ 3,8–4,5 cơn (TBNN: 3,1 cơn), tỷ lệ dự báo đúng của phương pháp này là 55–78%.

Như vậy cả hai nhân tố dự báo trung bình tháng ERSST5 và nhân tố dự báo SST trung bình trượt 3 tháng của mô hình GFDL–CM2p1–aer04 đều dự báo xu hướng bão hoạt động trên Biển Đông và đổ bộ trực tiếp Việt Nam cao hơn TBNN. Do bão chịu tác động của nhiều yếu tố mà trong khuôn khổ bài báo mới chỉ xét đến nhiệt độ trung bình mặt biển nên chỉ số đánh giá cho phương pháp này chưa cao chỉ dưới 0,2 nhưng cũng là một trong những nguồn tham khảo cho bài toán dự báo số lượng bão hạn năm.

Bài toán dự báo, thông kê số lượng cơn bão đổ bộ, ảnh hưởng đến đất liền vẫn luôn là một bài toán mang tính thách thức, tuy nhiên có ý nghĩa to lớn, có tính thực tiễn, ứng dụng cao giúp có thể đưa ra cảnh báo sớm, giảm thiểu rủi ro về người, tài sản do loại hình thiên tai nguy hiểm bậc nhất này gây ra.

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

**Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn Lãnh đạo Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia đã chỉ đạo và hỗ trợ nhóm tác giả hoàn thiện 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. Osuri, K.K.; Mohanti, U.C.; Mohapatra, M.; Niyogi, D. Real-Time Track Prediction of Tropical Cyclones over the North Indian Ocean Using the ARW Model, *Journal of Applied Meteorology and Climatology. Am. Soc. Agency* **2000**, *52(11)*, 2476–2492. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-12-0313.1>.
2. Bender1, M.A.; Ginis, I. Real-Case Simulations of Hurricane-Ocean Interaction Using A High-Resolution Coupled Model: Effects on Hurricane Intensity, *Monthly Weather Review. Am. Meteorol. Soc. J.* **2000**, *128(4)*, 917–946.
3. Kim, S.H.; Moon, I.J.; Chu, P.S. Statistical-Dynamical Typhoon Intensity Predictions in the Western North Pacific Using Track Pattern Clustering and Ocean Coupling Predictors, *Weather and Forecasting. Am. Meteorol. Soc. J.* **2018**, *33(1)*, 347–365. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-17-0082.1>
4. Bryan, G.H.; Rotunno, R. The Maximum Intensity of Tropical Cyclones in Axisymmetric Numerical Model Simulations, *Monthly Weather Review. Am. Meteorol. Soc. J.* **2009**, *137(6)*, 1770–1789. <https://doi.org/10.1175/2008MWR2709.1>.
5. Ramsay, H.A. The Effects of Imposed Stratospheric Cooling on the Maximum Intensity of Tropical Cyclones in Axisymmetric Radiative-Convective Equilibrium. *Meteorol. Soc. J.* **2013**, *26(24)*, 9977–9985. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00195.1>
6. Stowasser, M.; Wang, Y.; Hamiton, K. Tropical Cyclone Changes in the Western North Pacific in a Global Warming Scenario. *Meteorol. Soc. J.* **2007**, *20(11)*, 2378–2396. <https://doi.org/10.1175/JCLI4126.1>.
7. Jae-Kyung, H.; Schemm, E.; Kumar, A.; Wang, W.; Long, L.; Chelliah, M.; Bell, G.D.; Peng, P. A statistical Forecast Model for Atlantic Seasonal Hurricane Activity Based on the NCEP Dynamical Seasonal Forecast. *J. Clim.* **2009**, *22(17)*, 4481–4500.
8. <http://kttvdb.net/917/du-bao-so-con-bao-do-bo-trong-nam-vao-viet-nam-va-khu-vuc-dong-bac-tren-co-so-cac-thong-tin-enso.htm#.Yed0cvlBzIW>.
9. Đặc điểm khí tượng thủy văn năm 1991 đến 2020. Nhà xuất bản tài nguyên và môi trường Việt Nam.
10. Evans, J.L. Sensitivity of Tropical Cyclone Intensity to Sea Surface Temperature. *J. Clim.* **1993**, *6(6)*, 1133–1140.
11. Yun, K.S.; Chan, J.C.L.; Ha, K.Y.J. Effects of SST magnitude and gradient on typhoon tracks around East Asia: A case study for Typhoon Maemi. *Atmos. Res. J.* **2003**, *109–110*, 36–51.
12. Baik, J.J.; Paek, J.S. A Climatology of Sea Surface Temperature and the Maximum Intensity of Western North Pacific Tropical Cyclones. *J. Meteorolog. Soc. Jpn.* **1998**, *76(1)*, 129–137. [https://doi.org/10.2151/jmsj1965.76.1\\_129](https://doi.org/10.2151/jmsj1965.76.1_129).
13. Kotal, S.D.; Kundu, P.K.; Roy Bhowmik, S.K.; Kotal, S.D.; Kundu, P.K.; roy Bhowmik, S.K. An analysis of sea surface temperature and maximum potential

- intensity of tropical cyclones over the Bay of Bengal between 1981 and 2000. *Meteorol. Applications* **2009**, *16*(2), 169–177. <https://doi.org/10.1002/met.96>.
14. Webster, P.J. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. *Science* **2006**, *311*(5768), 1713c-1713c. <https://doi.org/10.1126/science.1121564>.
  15. Boyin, H.; Thorne, P.W.; Banzon, V.F.; Tim, B.; Gennady, C.; Lawrimore, J.H.; Menne, M.J.; Smith, T.M.; Vose, R.S.; Zhang, H.M. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *J. Clim.* **2017**, JCLI-D-16-0836.1–. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1>.
  16. Maćkiewicz, A.; Ratajczak, W. Principal components analysis (PCA). *Principal Components Analysis* **1993**, *19*(3), 303–342. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(93\)90090-R](https://doi.org/10.1016/0098-3004(93)90090-R).
  17. Karamizadeh, S.; Abdullah, S.M.; Manaf, A.A.; Zamani, M.; Hooman, A. An Overview of Principal Component Analysis. *J. Signal Inf. Process.* **2013**, *4*(3B), 173–175. <https://doi.org/10.4236/jsip.2013.43B031>.
  18. Mason, S.J.; Mimmack, G.M. Comparison of some statistical methods of probabilistic forecasting of ENSO. *J. Clim.* **2002**, *5*(1), 8–29.
  19. Đặc điểm khí tượng thủy văn từ năm 1991–2021. Nhà xuất bản tài nguyên môi trường và bản đồ Việt Nam.
  20. Dương, T.H.; Cường, H.Đ.; Khảm, D.V. Phương pháp đánh giá bão dựa trên các chỉ số năng lượng. *Tap chí khoa học và biến đổi khí hậu* **2018**, *6*, 9–15.

## The activity of typhoon season 2021, the prediction of typhoons season 2022 in Viet Nam

Nguyen Van Huong<sup>1\*</sup>, Mai Van Khiem<sup>1</sup>, Hoang Phuc Lam<sup>1</sup>, Tran Ngoc Van<sup>1</sup>, Hoang Thi Mai<sup>1</sup>, Nguyen Thanh Hoa<sup>1</sup>, Trinh Thuy Nguyen<sup>1</sup>, Tran Quang Diep<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nation Centre Hydro-Meteorological Forecasting, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; nvhuonghanngan@gmail.com; maivankhiem77@gmail.com; lamhpvn@gmail.com; nvhuonghanngan@gmail.com; tranngocvan281285@gmail.com; ms.hoa2510@gmail.com; hoangmaik52dubao@gmail.com; nguyentt607@gmail.com; diep.quanghn@gmail.com

**Abstract:** The article consists of 2 parts: the first part gives an overview of the typhoon season showing that the number of tropical cyclones (TCs) operating in the Northwest Pacific Ocean and the Bien Dong Sea (East Sea of Vietnam) was at a below normal to normal. The period of activity of TCs in the Northwest Pacific Ocean started early, but later in the Bien Dong Sea. The ending time of TCs was late, in December, but quite common. In the 2021 typhoon season, there were 05 storms and 02 tropical storms that directly affect our country, more than normal. Typhoon No. 9 had the strongest intensity in recent 40 years. The second part gives an experimental forecast of the TCs seasonal in Vietnam including TCs operating in the Bien Dong Sea (East Sea of Vietnam) and making landfall in Vietnam by principal component regression (PCR) method in CPT (Climate Prediction Tool). The experimental results show that the trends of tropical cyclone activity in Vietnam is above

than normal with the monthly average temperature predictor: ERSST5 and the SST predictor (Sea surface temperature) of GFDL–CM2p1–aer04 model.

**Keywords:** Tropical depression; Tropical cyclone; East Sea; Landfall in Vietnam; Predicting typhoon season.

# Table of content

- 1** Binh, H.T.; Cham, D.D.; Thao, D.T.; Hanh, L.D.; Son, N.T.; Huan, N.M.; Trinh, N.Q. Research on integrated hydrodynamic processes (waves, currents and water levels) by MIKE 21/3 coupled with FM model in the Da Nang coastal zone. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 735, 1–11.
- 12** Thien, N.D.; Dung, T.D.; Lam, N.T.T.; Quan, N.Q.; Luan, P.D.M.H. Assessing and forecasting water quality of canals, streams and rivers in Binh Duong Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 735, 15–25.
- 26** Huyen, M.T.; Lam, T.T.; Doi, B.T.; Anh, H.Q.; Truong, P.N.; Toan, P.V.; Thang, N.T.X.; Minh, T.B. Assessment of the vulnerability due to climate change to the livelihood of ethnic groups living in three districts of Minh Hoa, Bo Trach and Quang Ninh, Quang Binh Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 735, 26–37.
- 38** Cau, L.N.; Anh, N.T.V.; Quynh, P.T.; Chien, N.T.H. Assessment on water quality of Hoa Binh reservoir for the period 2011–2020 and proposal of solutions to prevent surface water pollution. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 735, 38–50.
- 51** Cat, V.M.; Dung, L.D. Proposing a set of criteria on the hydrodynamic conditions to allow dumping the dredged materials in the sea of Vietnam. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 735, 51–62.
- 63** Phong, D.H.; Hue, N. Monitoring and inventory of greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub> equivalent) on the basis of overlay classification by Sentinel-1 image, Quang Binh Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 735, 63–73.
- 74** Phong, D.H.; Hung, T.D.; Anh, D.T.; Ha, N.V.; Hiep, G.H. Improving the quality of backscatter signals from Sentinel 1 satellite to detect landslides caused by rain in Hoa Binh Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 735, 74–83.
- 84** Huong, N.V.; Khiem, M.V.; Lam, H.P.; Van, T.N.; Mai, H.T.; Hoa, N.T.; Nguyen, T.T.; Diep, T.Q. The activity of typhoon season 2021, the prediction of typhoons season 2022 in Viet Nam. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 735, 84–100.