

TẠP CHÍ

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Vietnam Journal of Hydro - Meteorology

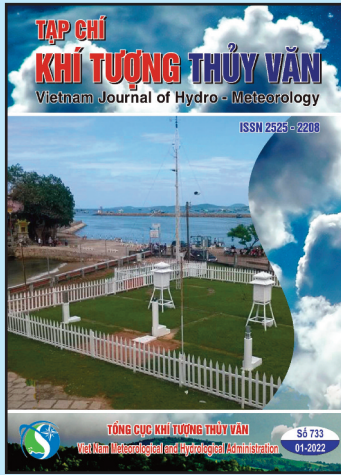
ISSN 2525 - 2208



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

Số 733

01-2022



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 Đầu tư Nông nghiệp Việt Nam

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 733 - 1/2022

MỤC LỤC

Bài báo khoa học

- 1 Trần Văn Thương, Cao Thanh Xuân, Nguyễn Trọng Hiệu, Phan Văn Tuấn, Danh Mẫn:** Sử dụng dữ liệu MODIS đa thời gian đánh giá biến động khô hạn tại Tây Nguyên giai đoạn 2001–2020
- 15 Dương Văn Khảm, Đặng Quốc Khánh:** Đánh giá đặc điểm khí hậu và điều kiện khí hậu nông nghiệp huyện Kỳ Anh tỉnh Hà Tĩnh
- 29 Lưu Việt Dũng, Nguyễn Tài Tuệ, Phạm Văn Hiếu, Nguyễn Doanh Khoa, Lê Văn Dũng:** Nghiên cứu đặc điểm một số chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển ven bờ khu vực phía Nam châu thổ sông Hồng
- 39 Nguyễn Thành Tâm, Trần Ngô Quốc bảo, Huỳnh Vương Thu Minh, Nguyễn Trường Thành, Bùi Thị Bích Liên, Nguyễn Đào Tuyết Minh:** Đánh giá chất lượng nước mặt do ảnh hưởng của các hoạt động tại khu vực thành phố Cần Thơ
- 56 Võ Thị Phương Linh, Nguyễn Hiếu Trung, Võ Quốc Thành:** Đánh giá quy trình quản lý rủi ro thiên tai tại huyện Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng
- 73 Bùi Văn Chanh, Nguyễn Đăng Hùng:** Đánh giá tác động của địa hình ven bờ tỉnh Khánh Hòa đến phân bố sóng trong bão Damrey bằng mô hình Mike 21SW
- 86 Phạm Thanh Long, Lê Văn Phận, Nguyễn Phương Đông, Lê Hồng Dương, Trần Tuấn Hoàng:** Nghiên cứu công nghệ dự báo mưa AI thí điểm tại TP. Hồ Chí Minh
- 98 Lê Minh Hậu, Huỳnh Thị Cẩm Hồng, Trần Tuyết Loan, Đinh Văn Duy, Trần Văn Tỷ:** Đánh giá biến động đường bờ biển Thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng bằng phương pháp ảnh viễn thám

Bài báo khoa học

Sử dụng dữ liệu MODIS đa thời gian đánh giá biến động khô hạn tại Tây Nguyên giai đoạn 2001–2020

Trần Văn Thương^{1*}, Cao Thanh Xuân¹, Nguyễn Trọng Hiệu², Phan Văn Tuấn³, Danh Mẫn⁴

¹ Trường Đại học Thủ Dầu Một, Bình Dương; thuong.tran@tdmu.edu.vn; xuanct@tdmu.edu.vn;

² Trung tâm Khoa học Công nghệ Khí tượng Thủy văn và Môi trường; hieu.nt38@gmail.com;

³ Trường Đại học Lâm Nghiệp – phân hiệu Đồng Nai; phanvantuandc@gmail.com;

⁴ Viện Địa lý Tài nguyên Thành phố Hồ Chí Minh, VAST; dmon@hcmig.vast.vn

*Tác giả liên hệ: thuong.tran@tdmu.edu.vn; Tel.: +84–938603357

Ban Biên tập nhận bài: 12/9/2021; Ngày phản biện xong: 4/10/2021; Ngày đăng bài: 25/1/2022

Tóm tắt: Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm sử dụng chỉ số chuẩn hóa sức khỏe thực vật (*Standardized Vegetation Health Index–SVHI*) để đánh giá biến động hạn nông nghiệp năm tại khu vực Tây Nguyên. Dữ liệu MODIS đa thời gian giai đoạn 2001–2020 đã được sử dụng để tính toán nhiệt độ bề mặt và chỉ số chuẩn hóa khác biệt thực vật, hai thông số đầu vào của chỉ số khô hạn đã áp dụng. Bên cạnh đó, chỉ số chuẩn hóa lượng mưa (SPI) tại 5 trạm khí tượng cũng được tính toán để đánh giá độ tin cậy của chỉ số SVHI. Đồng thời, tiếp cận hồi quy không gian đã được áp dụng để đánh giá biến động khô hạn năm tại lãnh thổ nghiên cứu theo không gian và thời gian. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng hệ số tương quan giữa SVHI và SPI tại 5 trạm quan trắc đều trên mức trung bình tại độ tin cậy 95% ($r > 0,5$, $p < 0,05$). Ngoài ra, cấp độ khô hạn cực đoan đã xảy ra tại lãnh thổ nghiên cứu vào năm 2005 và 2016, đồng nhất với năm diễn ra El Niño. Hơn nữa, diễn biến của khô hạn có xu thế tăng tại đất nông nghiệp, trong khi, xu thế giảm được phát hiện tại đất rừng tại tất cả các tỉnh. Kết quả từ nghiên cứu này góp phần cung cấp tài liệu tham khảo hữu ích cho nhà quản lý trong việc đề xuất các chiến lược giảm thiểu rủi ro hạn hán và bảo vệ rừng.

Từ khóa: SVHI; VHI; VCI; TCI; MODIS; Bình phương tối thiểu.

1. Đặt vấn đề

Trong những thập kỷ gần đây, hạn hán đã gây nhiều thiệt hại về kinh tế, ảnh hưởng đến đời sống con người và môi trường sinh thái của 130 quốc gia trên thế giới [1–2]. Tác động của hạn hán đã gây thiệt hại ít nhất 124 tỷ USD về kinh tế và ảnh hưởng tới hơn 1,5 tỷ người trên toàn thế giới từ năm 1998 đến năm 2017 [3]. Theo báo cáo của Liên hợp quốc năm 2021, nạn khan hiếm nước và hạn hán dự báo sẽ gây thiệt hại với quy mô tương đương với đại dịch COVID–19 với các rủi ro đang tăng nhanh do sự ấm lên toàn cầu [4]. Trong lĩnh vực nông nghiệp, trồng trọt và chăn nuôi là những ngành bị ảnh hưởng nặng nề nhất do thiên tai liên quan đến biến đổi khí hậu và trong số đó, gần 86% hậu quả liên quan đến vấn đề khô hạn [3]. Tại Việt Nam, hạn hán là một loại thiên tai phổ biến, đứng thứ 3 sau bão và lũ [5]. Hạn hán ảnh hưởng đến đời sống xã hội và gây nhiều thiệt hại về dân sinh, kinh tế và môi trường. Những năm qua, Nhà nước đã ưu tiên thực hiện nhiều giải pháp ứng phó hạn hán nhờ đó đã giảm thiểu được thiệt hại do hạn hán gây ra [6]. Tuy nhiên, tình trạng hạn hán diễn biến ngày càng phức tạp, đặc biệt, bởi tác động biến đổi khí hậu, tình trạng hạn hán sẽ diễn ra ngày càng gay gắt hơn [7]. Do đó, nghiên cứu khô hạn không chỉ là vấn đề được quan tâm ở từng quốc gia, khu vực, và vùng lãnh thổ, mà còn ở cấp độ toàn cầu.

Chỉ số khô hạn như là một công cụ hiệu quả để phản ánh thực trạng hạn tại một lãnh thổ cụ thể [8]. Trong quá trình nhận định các loại hạn, việc tính toán chỉ số khô hạn được ưu tiên hàng đầu vì những ảnh hưởng của loại hạn này lên loại hạn khác đã gây khó khăn cho việc nhận định chính xác các loại hạn theo cách thông thường [9–10]. Trong nhiều năm qua, hàng loạt các chỉ số khô hạn đã được thiết lập để đánh giá biến động hạn trên quy mô toàn cầu và cấp độ địa phương [11]. Năm 2016, Tổ chức khí tượng thế giới công bố số tay chỉ số khô hạn với 42 chỉ số dựa trên một số thông số đầu vào của mô hình như: khí tượng (23 chỉ số); độ ẩm đất (4 chỉ số); viễn thám (10 chỉ số); tổng hợp (5 chỉ số) [12]. Tuy nhiên, kinh nghiệm trên thế giới cho thấy hầu như không có một chỉ số nào có ưu điểm vượt trội so với các chỉ số khác tại một vùng địa lý nào đó [12–13] do sự khác biệt về điều kiện tự nhiên của từng địa phương. Chẳng hạn, chỉ số Palmer (PDSI) đã và đang được Bộ nông nghiệp Mỹ sử dụng rộng rãi để xác định sự cần thiết và mức hỗ trợ khẩn cấp cho các vùng chịu tác động của hạn hán, tuy nhiên chỉ số này cũng chỉ phù hợp tốt với các vùng có diện tích rộng lớn với điều kiện địa hình, địa mạo đồng nhất [14]. Ở các bang miền Tây nước Mỹ, với địa hình núi non và đặc điểm tiểu khí hậu cục bộ phức tạp, phải sử dụng thêm một số chỉ số khô hạn khác, ví dụ như chỉ số cấp nước bề mặt (SWSI) để hỗ trợ [12, 14]. Do đó, việc lựa chọn chỉ số thích hợp đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá nguy cơ hạn ở cấp độ địa phương.

Nhiều nghiên cứu về khô hạn trên thế giới đã sử dụng đa dạng nguồn ảnh vệ tinh được thu nhận từ các bộ cảm biến khác nhau như *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)* [15], *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)* [14, 16], Landsat [17–18], hoặc Sentinel [19]. Trong số đó, ảnh vệ tinh MODIS phóng năm 1999 (Terra) và 2002 (Aqua) đã được sử dụng rất phổ biến cho các nghiên cứu về khô hạn vì có độ phân giải thời gian lớn (2 ảnh/ngày), độ phân giải bức xạ cao (12bit), số lượng kênh phổ lớn (36 kênh) [20–21], và độ phân giải không gian đa dạng từ 250m đến 1km. Bên cạnh đó, ở những vùng nhiệt đới, độ che phủ từ các đám mây đã tạo nên một thách thức lớn cho các cảm biến quang phổ trong quá trình thu nhận ảnh nhưng với chu kỳ lặp cao (1 ngày), các giá trị trung bình của MODIS đã giảm thiểu được tác động này [18, 22]. Trong hai thập kỷ qua, hàng loạt các chỉ số khô hạn phổ biến được phát triển từ dữ liệu vệ tinh MODIS [10] bao gồm chỉ số bốc thoát hơi (ET/PET) [23], chỉ số chuẩn hóa thực vật (SVI) [24–25], hoặc chỉ số chuẩn hóa khác biệt nhiệt độ (NDTI) [26]. Hầu hết các chỉ số này đều sử dụng các thông số đơn để đánh giá khô hạn mà bỏ qua việc kết hợp giữa các thông số khác để phản ánh toàn diện các đặc điểm lớp phủ bề mặt của một địa phương. Trong khi, nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng việc đề xuất hoặc đánh giá biến động hạn hán nên được dựa trên các chỉ số tổng hợp và có nhiều thông số đầu vào, để phản ánh toàn diện các đặc trưng về khô hạn [13]. Do đó, một chỉ số tổng hợp từ ảnh vệ tinh MODIS, từ việc kế thừa những ưu điểm và nhằm cải thiện những khuyết điểm của các chỉ số trước, đã được áp dụng để đánh giá biến động hạn nông nghiệp tại khu vực nghiên cứu.

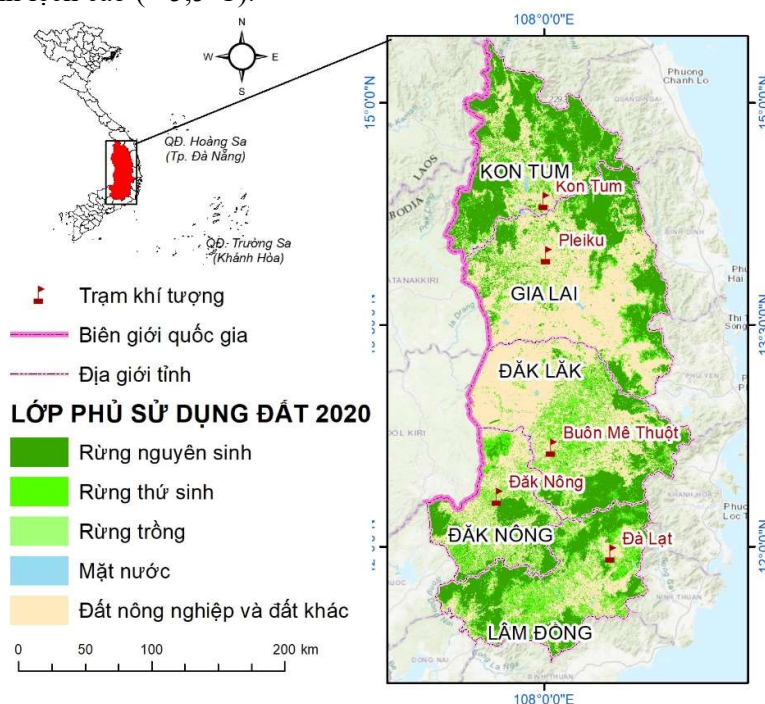
Tây Nguyên được nhận định là vùng trọng điểm cây cà phê của Việt Nam (chiếm 85% diện tích và 90% sản lượng) và được đánh giá như “lá phổi xanh” của quốc gia với tổng diện tích có rừng gần 2,6 triệu ha, chiếm 17,5% diện tích có rừng cả nước năm 2019 [27]. Tuy nhiên, độ che phủ rừng đã giảm đáng kể (hơn 20%) giai đoạn 1990–2019, từ 60% xuống dưới 40% [28–29]. Sự giảm thiểu lớp phủ thực vật đã dẫn đến sự gia tăng dòng chảy tràn trên bề mặt, hạn chế quá trình thẩm thấu nước mưa, làm giảm thiểu lượng nước ngầm được tích trữ để cung ứng nước tưới cho cây trồng [28]. Do đó, vào mùa khô, hạn hán diễn ra nghiêm trọng, gây ảnh hưởng nặng nề lên cây lâu năm (chủ yếu là cây cà phê) và một phần nhỏ diện tích lúa và hoa màu. Vì vậy, tầm quan trọng của việc theo dõi khô hạn ở khu vực Tây Nguyên đã được khẳng định tại một vài nghiên cứu [5, 30, 31]. Các nghiên cứu trước đây đã sử dụng các chỉ số đơn biến để đánh giá hạn khí tượng và phân vùng khô hạn [31–33]. Những nghiên cứu gần đây nhất [11, 33] đã thiết lập chỉ số chuẩn hóa khác biệt khô hạn (*Normal Different Drought Index–NDDI*) từ việc kết hợp giữa chỉ số chuẩn hóa

khác biệt thực vật (NDVI) và chỉ số chuẩn hóa khác biệt nước (NDWI), thu nhận từ ảnh vệ tinh Landsat, để đánh giá hạn tháng 3, giai đoạn 1989–2017. Trên thực tế, khô hạn được ưu tiên đánh giá theo mùa (ví dụ: 3,6,12,24 tháng) hơn là sử dụng dữ liệu 1 tháng duy nhất nhằm giảm thiểu khả năng ảnh hưởng của các yếu tố tác động [34–35]. Bên cạnh đó, chu kỳ lặp của ảnh vệ tinh Landsat là 16 ngày, người dùng chỉ thu nhận được nhiều nhất 2 cảnh/tháng, nên dung lượng mẫu này không phản ánh một cách đầy đủ thực trạng khô hạn cho toàn vùng. Thêm vào đó, việc áp dụng thành công hay không thành công một chỉ số hạn nào đó còn phụ thuộc vào cơ sở dữ liệu quan trắc sẵn có [36]. Vì vậy, việc phát triển và áp dụng một chỉ số khô hạn tổng hợp phù hợp sẽ có ý nghĩa thực tiễn đối với việc đánh giá, xác định khả năng hạn hán và đề ra giải pháp ứng phó thiên tai cho khu vực Tây Nguyên.

2. Dữ liệu và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan lãnh thổ nghiên cứu

Tây Nguyên (107°12' - 108°59'37" kinh độ Đông 11°12'00" - 15°27'15" vĩ độ Bắc) với diện tích 54.641 km², chiếm 1/6 diện tích của cả nước, là một trong bảy vùng nông nghiệp của Việt Nam (Hình 1). Tây Nguyên là vùng cao nguyên có tính phân bậc độ cao rõ rệt (500–1.000–1.500 m), được bao bọc về phía Đông bởi những dãy núi và khối núi cao (chính là Trường Sơn Nam). Đặc điểm khí hậu Tây Nguyên thuộc vùng khí hậu nhiệt đới, gió mùa, ẩm, mang tính chất cận xích đạo với hai mùa rõ rệt. Mùa khô bắt đầu từ tháng XI và kết thúc vào tháng IV năm sau, với đặc tính nóng, thiếu nước trầm trọng; mùa mưa bắt đầu từ tháng V và kết thúc vào tuần cuối tháng X, 90% lượng mưa năm tập trung vào mùa mưa. Nhiệt độ trung bình năm khoảng 20°C, điều hoà quanh năm, biên độ nhiệt ngày và đêm chênh lệch cao (> 5,5°C).



Hình 1. Vị trí lãnh thổ nghiên cứu.

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, dữ liệu quan sát Trái Đất từ các sản phẩm của ảnh vệ tinh MODIS, chu kỳ lặp 1 ngày, giai đoạn 2001–2020 đã được sử dụng (Bảng 1). Nguồn ảnh được lấy từ *Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC)* cho cả hai cảm

biển Terra (buổi sáng) và Aqua (buổi chiều). Thời gian thu nhận ảnh của hai cảm biến tại khu vực nghiên cứu dao động từ 10 giờ 30 phút đến 11 giờ 30 phút sáng cho đầu thu Terra và từ 13 giờ 30 phút đến 14 giờ 30 phút chiều cho cảm biến Aqua [37]. Tất cả các cảnh ảnh đều được xử lý trên nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>). Sau đó, các giá trị trung bình năm, giá trị lớn nhất, và giá trị nhỏ nhất cho các chỉ số quang phổ (LST và NDVI) tương ứng cho giai đoạn 2001 – 2020 đã được thu nhận tại độ phân giải không gian 1 km.

Bảng 1. Dữ liệu MODIS được sử dụng trong nghiên cứu.

Dữ liệu	Mô tả	Sản phẩm	Độ phân giải không gian	Độ phân giải thời gian
LST	Nhiệt độ bề mặt	MOD11A1 MYD11A1	1000 m	1 ngày
NDVI	Chỉ số chuẩn khóa khác biệt thực vật	MOD09GA MYD09GA	1000 m (resampling)	1 ngày

Các giá trị LST MOD11A1 và MYD11A1 được truy xuất bằng thuật toán của số phân tách trong điều kiện bầu trời quang đãng (với độ tin cậy trên 95% tại độ cao địa hình ≤ 2000m hoặc ≥ 66 % tại độ cao địa hình > 2000m và trên hồ) [38]. Chi tiết tham khảo tại: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod11a1v006/>. Đồng thời, giá trị bức xạ của kênh đỏ (R) và cận đỏ (NIR) từ các sản phẩm MOD09GA và MYD09GA đã được sử dụng để tính toán chỉ số NDVI [39], theo công thức (1):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

Bên cạnh đó, dữ liệu khí tượng tại 5 trạm khí tượng của khu vực Tây Nguyên cũng được sử dụng để tính toán các chỉ số chuẩn hóa lượng mưa (SPI) nhằm đánh giá độ tin cậy của chỉ số khô hạn từ vệ tinh. Dữ liệu này được tổng hợp từ Niên giám thống kê giai đoạn 2001–2020 của các tỉnh thuộc khu vực Tây Nguyên tại các trạm Pleiku, Kon Tum, Buôn Mê Thuột, Đăk Nông, và Đà Lạt (Hình 1).

2.3. Chỉ số khô hạn

Trong nghiên cứu này, chỉ số chuẩn hóa sức khỏe thực vật đã được phát triển ở dạng biến ngẫu nhiên có phân phối chuẩn Z~N (0,1) được biến đổi từ xác suất tích lũy, dựa theo chỉ số chuẩn hóa lượng mưa (SPI) của McKee (1993) [40], theo công thức (2):

$$SVHI = \frac{VHI_i - \overline{VHI}}{\sigma_{VHI}} \quad (2)$$

Trong đó VHI là chỉ số sức khỏe thực vật (Vegetation Health Index); \overline{VHI} và σ_{VHI} lần lượt là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của VHI trong giai đoạn nghiên cứu.

Chỉ số sức khỏe thực vật (VHI) lần đầu tiên được đề xuất bởi Kogan (1995) [7] để nhận định hạn nông nghiệp tại lãnh thổ Hoa Kỳ, trên cơ sở tổng hợp chỉ số điều kiện nhiệt độ (Temperature Condition Index) và chỉ số điều kiện thực vật (Vegetation Condition Index) từ ảnh vệ tinh AVHRR với độ phân giải không gian 4km, theo công thức (3). Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, với độ phân giải không gian 1km của ảnh vệ tinh MODIS, kết quả nghiên cứu có thể phản ánh tốt hơn thực trạng khô hạn ở cấp độ vùng.

$$VHI_i = \alpha * VCI_i + (1 - \alpha) * TCI_i \quad (3)$$

Trong đó, VCI là chỉ số điều kiện thực vật; TCI là chỉ số điều kiện nhiệt độ bề mặt; *i* là năm tương ứng; α là trọng số khác biệt giữa VCI và TCI, giá trị này phụ thuộc vào mối quan hệ giữa nhiệt độ và độ ẩm và được xác định dựa trên sự tương quan giữa NDVI và LST.

Chỉ số VCI và chỉ số TCI lần lượt được tính toán theo công thức (4) và (5):

$$VCI_i = \frac{V_{i,mean} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (4)$$

$$TCI_i = \frac{T_{max} - T_{i,mean}}{T_{max} - T_{min}} \quad (5)$$

Trong đó, V_{max} , V_{min} , và T_{max} , T_{min} lần lượt là các giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất tương ứng của chỉ số thực vật và nhiệt độ bề mặt (LST) giai đoạn 2001–2020; V_{mean} , T_{mean} là giá trị trung bình từng năm của NDVI và LST trong giai đoạn nghiên cứu; i là năm tương ứng.

Mặc dù chỉ số VHI có nhiều ưu điểm trong việc đánh giá thực trạng hạn nông nghiệp, nhưng các giá trị trung bình theo thời gian được tính toán với ngưỡng giá trị từ 0 đến 100 sẽ có sai số và không có phân bố chuẩn xác suất [42–43]. Do đó, sự chuyển đổi từ giá trị thường sang giá trị chuẩn hóa của các thông số đầu vào nhằm tăng cường phân phối chuẩn và giảm thiểu độ lệch chuẩn của dữ liệu [44]. Đồng thời, quá trình chuẩn hóa dữ liệu của một chuỗi số liệu (biến độc lập) theo phân phối gamma (đó là tổng của một số biến độc lập theo phân phối mũ) sẽ góp phần giảm sai số tuyệt đối theo thời gian và tuân theo phân bố chuẩn trong quá trình đánh giá các biến động môi trường [44], cũng như tạo thuận lợi trong việc đánh giá độ tin cậy của dữ liệu với chỉ số chuẩn hóa lượng mưa SPI, công thức (5):

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma_p} \quad (6)$$

Trong đó, P_i là lượng mưa năm thứ i ; \bar{P} là lượng mưa trung bình trong giai đoạn nghiên cứu; và σ_p là độ lệch chuẩn của mưa năm.

Sự phân chia các cấp độ hạn của SPI và SVHI được trình bày trong Bảng 2, tham khảo tại [40–41]. Giá trị của chỉ số SVHI thuộc tập hợp số thực và dao động từ $(-\infty, +\infty)$ cho các giá trị từ âm ướt đến khô hạn. Giá trị SVHI dưới 0 được xem là ngưỡng giới hạn của khô hạn, trong khi các khu vực có giá trị SVHI lớn hơn 0 được coi là ẩm ướt. Trong nghiên cứu này, các ngưỡng giá trị cho phân cấp độ ẩm của hai chỉ số SPI và SVHI đã được gộp lại nhằm giảm bớt sự gây nhiễu thông tin cho việc nhận định các cấp độ hạn tại khu vực nghiên cứu.

Bảng 2. Ngưỡng chỉ tiêu các cấp độ hạn theo SPI và SVHI tại Tây Nguyên.

Cấp độ	SPI	SVHI	Mô tả
D0	$SPI > -1$	$SVHI > 0$	Âm ướt
D1	$-1,5 < SPI \leq -1$	$-1 < SVHI \leq 0$	Hạn nhẹ
D2	$-2 < SPI \leq -1,5$	$-2 < SVHI \leq -1$	Hạn vừa
D3	$SPI \leq -2$	$SVHI \leq -2$	Hạn nặng và cực đoạn

2.4. Phân tích biến động

Trong nghiên cứu này, hệ số góc a phương trình xu thế ($y = ax + b$), dựa trên phương pháp bình phương tối thiểu (OLS), đã được sử dụng để đánh giá biến động của các chỉ số khô hạn theo không gian và thời gian. Phương pháp bình phương tối thiểu (OLS) là một thuật toán được sử dụng để ước lượng mối tương quan giữa các biến khác nhau. Phương pháp này đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều nghiên cứu về thống kê không gian–thời gian cho các vấn đề liên quan đến hạn, mặn [36, 45]. Chuỗi dữ liệu của chỉ số SVHI từ ảnh MODIS giai đoạn 2001–2020 đã được đưa vào sử dụng như biến phụ thuộc và thời gian cho cả gian đoạn tính được xem là biến độc lập [45]. Công thức tính hệ số góc của phương trình xu thế được thể hiện tại phương trình (7):

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n SI_i \times Y_i - \sum_{i=1}^n SI_i \times \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n SI_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n SI_i \right)^2} \quad (7)$$

Trong đó, a thể hiện sự thay đổi của giá trị của các chỉ số; n là thời đoạn tính từ 2001–2020 (20 năm); SI thể hiện giá trị của các chỉ số khô hạn SVHI như biến phụ thuộc, Y_i là số lượng năm tương ứng như biến độc lập, i -th là giá trị năm tương ứng của cả hai biến. Giá trị SVHI càng dần về $-\infty$ thì mức độ khô hạn sẽ càng trở nên nghiêm trọng. Vì vậy, SVHI và hệ số góc a là hai đại lượng tỉ lệ nghịch. Tức là giá trị a tiến dần về 0 có nghĩa rằng không có biến động theo thời gian của biến; giá trị a lớn hơn 0 phản ánh xu thế giảm mức độ hạn theo dựa vào chỉ số SVHI, và giá trị a nhỏ hơn 0 thể hiện xu thế gia tăng của khô hạn. Do đó, để cung cấp cái nhìn trực quan cho quá trình thể hiện xu thế khô hạn trên hình vẽ, giá trị (-1) đã được nhân thêm vào kết quả cuối cùng của hệ số góc. Bên cạnh đó, giá trị a trong phương trình xu thế được kiểm định ý nghĩa thống kê bằng t -test với giá trị $p < 0,05$.

3. Kết quả và Thảo luận

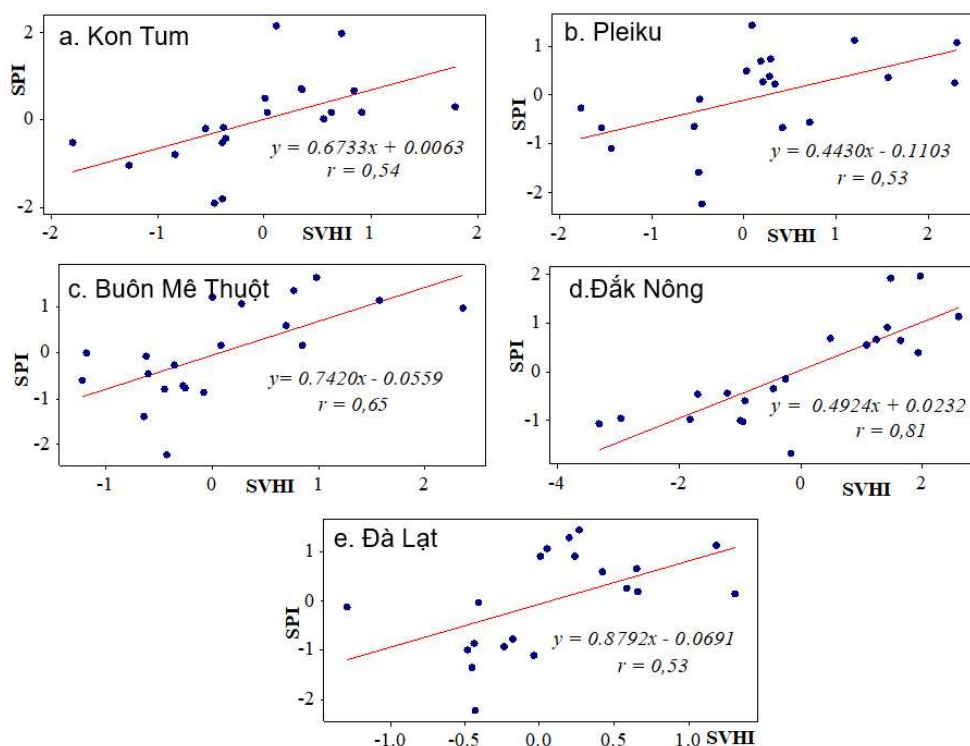
3.1. Độ tin cậy của chỉ số chuẩn hóa sức khô thực vật (SVHI)

Phương trình (2)–(5) đã được sử dụng để tính chỉ số SVHI và đánh giá diễn biến khô hạn thông qua chỉ số này tại Tây Nguyên cho giai đoạn 2001–2020. Trong nghiên cứu này, hệ số $\alpha = 0,7$ của phương trình (2) đã được xác định dựa trên quá trình phân tích tương quan giữa chỉ số chuẩn hóa khác biệt thực vật (NDVI) và nhiệt độ bề mặt (LST). Hệ số này tương tự với hệ số trong công thức nguyên thủy [41] đã tìm ra dựa trên mối liên hệ giữa NDVI và LST. Đồng thời, độ tin cậy của chỉ số SVHI tại Tây Nguyên được kiểm định thông qua việc đánh giá tương quan với chỉ số chuẩn hóa lượng mưa (SPI) – được tính toán từ số liệu của trạm khí tượng mặt đất, theo công thức (6), được thể hiện tại Hình 2. Chỉ số SPI đã được áp dụng rộng rãi trong rất nhiều nghiên cứu về hạn khí tượng trên thế giới và được áp dụng tại lãnh thổ nghiên cứu vào năm 2019 [31] nhằm tìm hiểu đặc điểm và đánh giá hạn khí tượng tại Tây Nguyên. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng sự phụ thuộc hoàn toàn vào số liệu mưa của chỉ số SPI có thể dẫn đến sự sai lệch về kết quả ước lượng khi dự báo khô hạn trong thời gian dài (trên 24 tháng) [46–48]. Bên cạnh đó, khi áp dụng chỉ số SPI ở các chuỗi thời gian ngắn (1, 2, hoặc 3 tháng) cho các vùng có lượng mưa theo mùa thấp, có thể dẫn sự sai lệch về kết quả do sự chênh lệch lớn giữa giá trị âm ($SPI > 0$) và hạn ($SPI < 0$) [14, 49].

Trong công thức nguyên thủy, [41] đã sử dụng NDVI để phản ánh nhiệt độ không khí và lượng mưa tại một khu vực nhất định, còn LST phản ánh sự thiếu hụt nước qua quá trình bốc hơi bởi nhiệt độ cao cũng như thể hiện các thông tin về độ ẩm của đất. Bên cạnh đó, một số nghiên cứu [36, 50] đã chứng minh rằng sự phản ánh nhiệt độ không khí, lượng mưa và bốc hơi được thể hiện qua mối quan hệ rất chặt chẽ giữa chỉ số thực vật và nhiệt độ bề mặt. Đồng thời, một vài nghiên cứu chỉ ra rằng nhiệt độ bề mặt là một trong những nhân tố chính tham gia vào các quá trình vật lý của bề mặt đất như cân bằng nước, năng lượng và CO_2 [5]. Bên cạnh đó, trong nghiên cứu này, quá trình chuẩn hóa dữ liệu đã không làm mất đi bản chất vật lý của các thông số đầu vào cho mô hình [51–52]. Vì vậy, SVHI có thể cung cấp những thông tin hữu ích cho quá trình giám sát hạn nông nghiệp tại một địa phương bởi sự phản ánh được khả năng thiếu hụt hay dư thừa nước của nó trong quá trình sản xuất nông nghiệp.

Kết quả đã thể hiện mối tương quan từ mức trung bình đến rất chặt giữa 2 chỉ số khô hạn (SPI và SVHI) ($r > 0,5$) tại 5 trạm khí tượng với mức ý nghĩa thống kê 95% ($p < 0,05$) (Hình 2). Trên thực tế, mặc dù nhiều chỉ số khô hạn đã được phát triển trên thế giới, nhưng

không phải chỉ số nào cũng có thể áp dụng cho tất cả các vùng [12]. Đặc biệt, do lãnh thổ Việt Nam trải dài trên nhiều vĩ độ nên có sự khác biệt về điều kiện khí hậu (phân hóa Bắc Nam), địa hình và các yếu tố cũng có sự phân hóa theo vùng, miền. Hầu hết các chỉ số khô hạn nông nghiệp đã phát triển đều được xây dựng từ các thông số đơn lẻ hoặc so sánh sự khác biệt giữa lượng mưa và sự thoát hơi nước trong thời gian dài, về cơ bản không thể đại diện cho các sự thiếu nước trong một thời gian nhất định [53–54]. Bên cạnh đó, sự hạn chế về số lượng các trạm quan trắc cũng tạo nên một thách thức cho việc đánh giá khô hạn theo không gian ở cấp độ pixel. Hơn nữa, với địa hình cao nguyên tương đối bằng phẳng và có tính phân bậc nên khí hậu sẽ có sự phân hóa theo độ cao. Điều này dẫn đến biến động hạn không chỉ phụ thuộc vào điều kiện lớp phủ sử dụng đất, mà còn phụ thuộc vào các yếu tố khí hậu [36]. Do đó, việc xác định chỉ số khô hạn phù hợp cho khu vực cần được dựa trên các tiếp cận đa biến và thông qua ứng dụng dữ liệu viễn thám và kỹ thuật địa không gian [44].

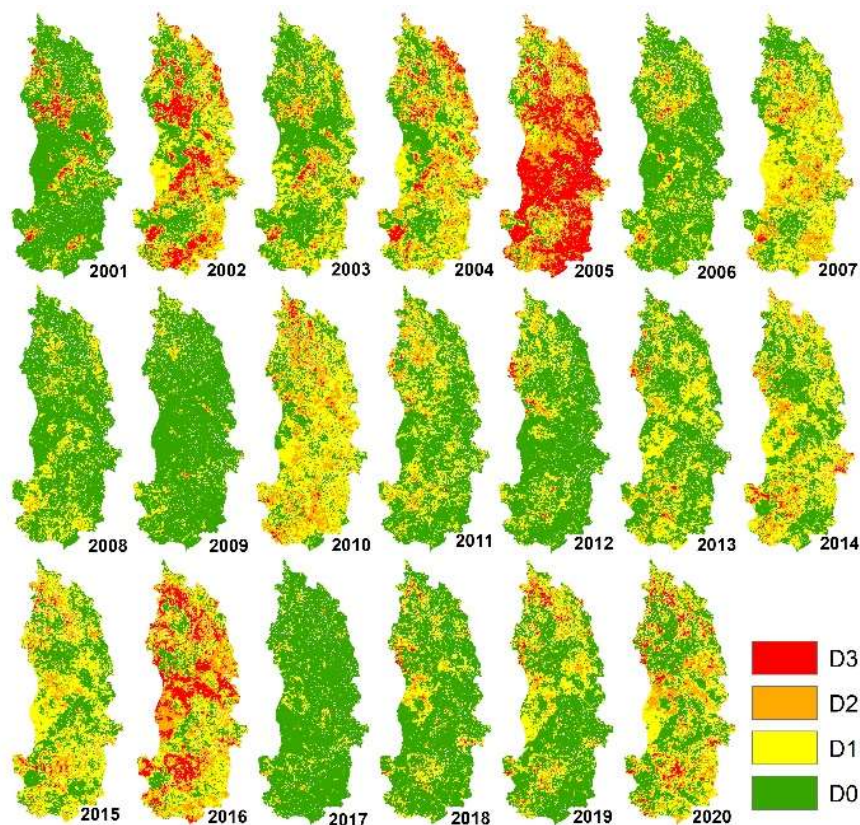


Hình 2. Mối quan hệ giữa SVHI và SPI tại các trạm khí tượng khu vực Tây Nguyên giai đoạn 2001–2020 ($p < 0,05$).

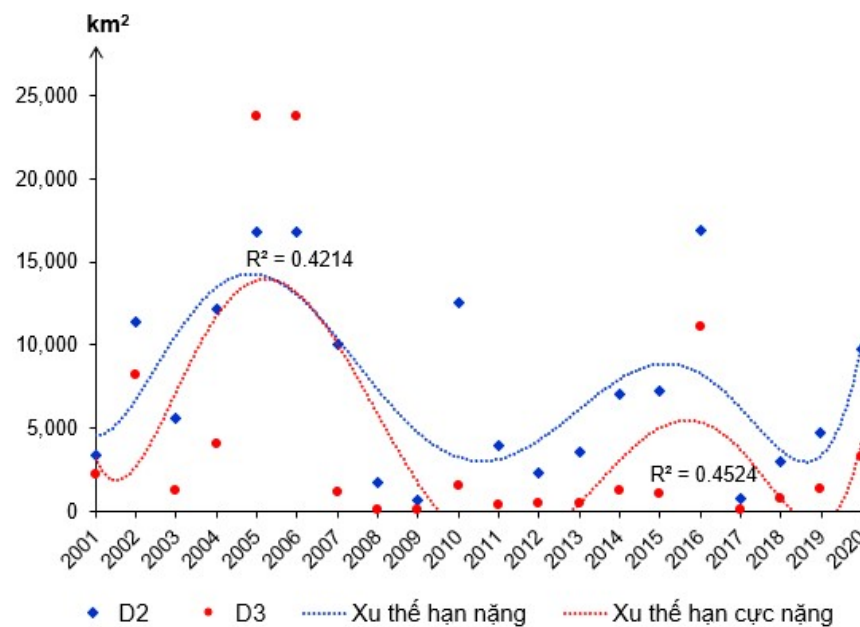
3.2. Diễn biến khô hạn tại Tây Nguyên giai đoạn 2001–2020

Biến động các cấp độ hạn theo chỉ số chuẩn hóa sức khỏe thực vật được thể hiện tại Hình 3 và diện tích bị tác động phân theo các cấp độ hạn được thể hiện tại Hình 4. Trên cơ sở diễn biến theo không gian và thời gian của chỉ số SVHI, hạn nặng và cực nặng ảnh hưởng nghiêm trọng nhất đến khu vực Tây Nguyên vào năm 2005 và 2016. Bên cạnh đó, cực đại của hạn nặng và cực đoạn đã cách nhau 10 hoặc 11 năm (Hình 4). Những năm khô hạn ảnh hưởng nghiêm trọng và chu kỳ lặp của nó đều trùng với chu kỳ hoạt động của El Niño. Điều này cũng được phát hiện trong các nghiên cứu tương tự về khô hạn của [11, 31] tại khu vực này. Hơn nữa, nhiều năm qua, do nhiều diện tích rừng đã bị tàn phá nên việc giữ nước tự nhiên bị ảnh hưởng nghiêm trọng. Kể cả rừng đầu nguồn, hay là vùng lõi của một số cánh rừng cũng đã bị các đối tượng khai thác trái phép, nên trên thực tế độ che phủ của rừng suy giảm đáng kể. Bên cạnh đó, nước các dòng sông và dung tích trữ của các hồ

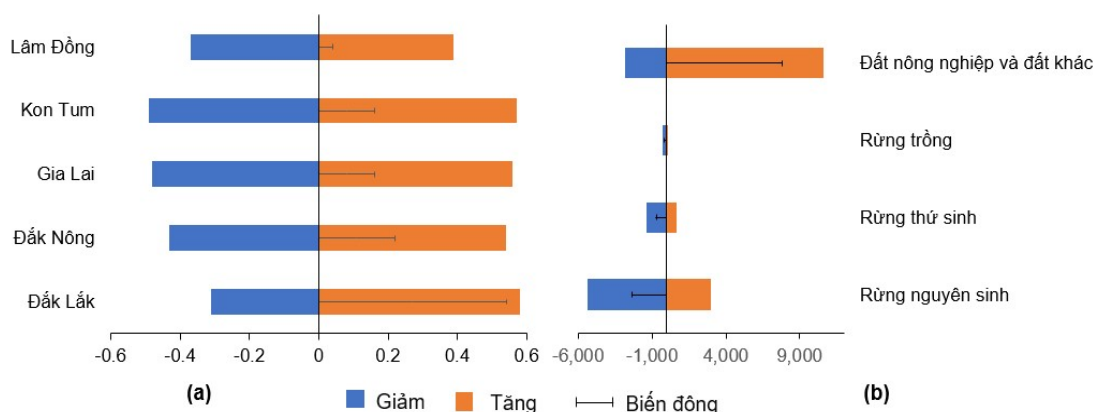
chứa nước tại khu vực Tây Nguyên những năm qua đều ở mức thấp, kể cả trong mùa mưa. Do đó, tình hình khô hạn diễn ra ở khu vực này có xu hướng nghiêm trọng hơn, đặc biệt trong mùa khô [55–56].



Hình 3. Biến động các cấp độ hạn theo chỉ số SVHI giai đoạn 2000–2020.



Hình 4. Diện tích bị ảnh hưởng bởi hạn nặng và cực đoạn tại Tây Nguyên giai đoạn 2001–2020.



Hình 5. Xu thế biến động khô hạn phân theo tỉnh, thành phố (a) và theo lớp thực phủ (b).

Xu thế biến động của khô hạn dựa vào chỉ số SVHI phân theo tỉnh, thành phố và lớp phủ bề mặt được trình bày tại Hình 5. Khô hạn có xu hướng tăng tại tất cả các tỉnh thuộc Tây Nguyên, điển hình tạo Đắk Lắk. Bên cạnh đó, những thay đổi của SVHI còn được đánh giá theo các loại lớp phủ sử dụng đất. Xu thế hạn gia tăng rõ rệt nhất xung quanh loại hình đất nông nghiệp và đất khác và có xu thế giảm tại các lớp phủ rừng. Đặc biệt, lớp phủ rừng nguyên sinh đóng vai trò rất quan trọng trong việc điều tiết tình hình hạn và làm giảm nguy cơ xảy ra khô hạn. Vì vậy, biến động các mức độ khô hạn ở Tây Nguyên chủ yếu xảy ra trên đất nông nghiệp. Đồng thời, biến động này có liên quan chặt chẽ đến tỉ lệ che phủ rừng.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã tính toán và lập bản đồ biến đổi không gian của khô hạn dựa trên chỉ số chuẩn hóa sức khỏe thực vật (SVHI) sử dụng các sản phẩm của ảnh vệ tinh MODIS ngày. Tiếp cận này đánh giá các cấp độ khô hạn trong khu vực nghiên cứu, rộng hơn là sử dụng nhiều hơn một tham số đầu vào. Hiệu quả của chỉ số đã được kiểm chứng thông qua đánh giá tương quan với chỉ số chuẩn hóa lượng mưa SPI ($r > 0,5$). Điều này góp phần xem xét rằng SVHI đóng vai trò quan trọng trong việc theo dõi các sự kiện khô hạn, so với các chỉ số khô hạn đã được áp dụng khác trong khu vực nghiên cứu. Kết quả phân tích cũng cho thấy hạn hán có xu thế gia tăng tại tất cả các tỉnh, tập trung chủ yếu ở lớp phủ đất nông nghiệp và các loại đất khác đất rừng.

Trong nghiên cứu này, phân tích chi tiết về các xu thế không gian của chỉ số khô hạn ở độ phân giải không gian 1km đã chứng minh lợi thế của việc sử dụng SVHI trong đánh giá hạn hán. Việc sử dụng ảnh MODIS trong đánh giá xu thế hạn có ý nghĩa khoa học và áp dụng thực tiễn, khi phân bố trạm quan trắc mưa chưa đủ dày (5 trạm trên khu vực Tây Nguyên) và độ chính xác của số liệu mưa cũng là vấn đề còn nhiều tranh luận. Hơn nữa, việc thử nghiệm chỉ số SVHI để đánh giá các điều kiện khô hạn, dựa trên việc xác thực tại mỗi trạm khí tượng và các loại sử dụng đất, là khả dụng. Vì vậy, nghiên cứu này góp phần cung cấp tài liệu cho chính quyền địa phương trong công tác chuẩn bị các kế hoạch nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực của khô hạn cho Tây Nguyên.

Mặc dù nghiên cứu đã chỉ ra những lợi thế của chỉ số SVHI trong đánh giá biến động không gian–thời gian của hạn nông nghiệp theo năm tại Tây Nguyên. Tuy nhiên, xu thế biến động hạn theo mùa (1,3, và 6 tháng) sẽ cung cấp tốt hơn các thông tin cho việc thành lập hệ thống cảnh báo hạn. Bên cạnh đó, việc đánh giá tương quan không gian giữa biến động hạn mùa, cơ cấu mùa vụ, và sự thay đổi sử dụng đất cần được thực hiện để đề xuất các giải pháp ứng phó với khô hạn. Do đó, những hạn chế của nghiên cứu này sẽ là bề

phóng cho các nghiên cứu trong tương lai hi áp dụng chỉ số SVHI để đánh giá khô hạn cho các khu vực có điều kiện địa lý tương tự.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.V.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.V.T., N.T.H.; Thu thập, phân tích, xử lý số liệu: C.T.X., P.V.T., D.M.; Viết bản thảo bài báo: T.V.T.; Chỉnh sửa bài báo: N.T.H.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi trường Đại học Thủ Dầu Một, trong khuôn khổ đề tài cấp Trường “Thiết lập công thức tính chỉ số khô hạn từ ảnh vệ tinh MODIS phục vụ đánh giá nguy cơ hạn hán tại Tây Nguyên”, mã số DT.21.02–063, theo quyết định số 787/QĐ–ĐHTDM, ban hành 13/05/2021.

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. Hiệu, L.T. Nghiên cứu đánh giá hạn hán vùng Đồng Bằng Sông Hồng, trường Đại học Khoa học Tự nhiên. Đại học Quốc gia Hà Nội: Hà Nội, 2012.
2. UNDRR, U.N.O. for D.R.R. GAR Special Report on Drought, 2021.
3. FAO. The Impact of Disasters and Crises on Agriculture and Food Security, 2021.
4. Minh Châu Liên Hợp Quốc. Sau COVID–19, hạn hán có thể sẽ là đại dịch kế tiếp, 2021.
5. Dinh, N.T.; Ha, N.T.T.; Thao, N.T.P.; Linh, N.T. 30 Years Monitoring Spatial – Temporal Dynamics of Agricultural Drought in the Central Highlands Using Landsat Data. In Proceedings of the Geo–spatial Technologies and Earth Resources; Publishing House for Science and Technology: Hanoi City, Vietnam, 2017, 181–188.
6. Nam, H.N.; Hoc, Q.T. Những Vấn Đề Môi Trường Bức Xúc Do Hoạt Các Hoạt Động Phát Triển ở Tây Nguyên. In Proceedings of the Tuyển tập báo cáo khoa học Hội thảo khoa học quốc gia; Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội: Trung tâm Nghiên cứu Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2013.
7. MONRE Climate Change and Sea Level Rise Scenario for Vietnam. Ministry of Natural Resources and Environment (MORE), Hanoi, Viet Nam, 2016.
8. Tigkas, D.; Vangelis, H.; Tsakiris, G. DrinC: A Software for Drought Analysis Based on Drought Indices. *Earth Sci. Inf.* **2015**, *8*, 697–709. <https://doi.org/10.1007/s12145-014-0178-y>.
9. Hua, L.; Wang, H.; Sui, H.; Wardlow, B.; Hayes, M.J.; Wang, J. Mapping the Spatial–Temporal Dynamics of Vegetation Response Lag to Drought in a Semi–Arid Region. *Remote Sen.* **2019**, *11*, 1873.
10. Elhag, K.; Zhang, W. Monitoring and Assessment of Drought Focused on Its Impact on Sorghum Yield over Sudan by Using Meteorological Drought Indices for the Period 2001–2011. *Remote Sen.* **2018**, *10*, 1231.
11. Ha, N.T.T.; Nhuan, M.T.; Ngo–Thi, D.; Thao, N.T.P. Drought Disaster in the Central Highlands of Vietnam: Relationship Between Land–Use Change and Drought Impact. In Proceedings of the Proceedings of the 3rd Global Summit of Research Institutes for Disaster Risk Reduction; Tatano, H., Collins, A., Eds.; Springer: Singapore **2021**, 241–250.

12. Svoboda, M.; Fuchs, B. Handbook of Drought Indicators and Indices, 2016.
13. Hao, Z.; Singh, V.P.; Xia, Y. Seasonal Drought Prediction: Advances, Challenges, and Future Prospects. *Rev. Geophys.* **2018**, *56*, 108–141. <https://doi.org/10.1002/2016RG000549>.
14. Mu, Q.; Zhao, M.; Kimball, J.S.; McDowell, N.G.; Running, S.W. A Remotely Sensed Global Terrestrial Drought Severity Index. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **2013**, *94*, 83–98.
15. Caccamo, G.; Chisholm, L.A.; Bradstock, R.A.; Puotinen, M.L. Assessing the Sensitivity of MODIS to Monitor Drought in High Biomass Ecosystems. *Remote Sens. Environ.* **2011**, *115*, 2626–2639.
16. Son, N.T.; Chen, C.F.; Chen, C.R.; Chang, L.Y.; Minh, V.Q. Monitoring Agricultural Drought in the Lower Mekong Basin Using MODIS NDVI and Land Surface Temperature Data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2012**, *18*, 417–427.
17. Dlamini, T.; Songsom, V. Landsat–Based Drought Phenomenon Evaluation of Cassava and Sugar Cane in Northeast Thailand. *J. Eng. Sci. Res.* **2019**, *3*, 06–13.
18. Van Den Hoek, J.; Getirana, A.; Jung, H.C.; Okeowo, M.A.; Lee, H. Monitoring Reservoir Drought Dynamics with Landsat and Radar/Lidar Altimetry Time Series in Persistently Cloudy Eastern Brazil. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 827. <https://doi.org/10.3390/rs11070827>.
19. Urban, M.; Berger, C.; Mudau, T.; Heckel, K.; Truckenbrodt, J.; Onyango Odipo, V.; Smit, I.; Schmullius, C. Surface Moisture and Vegetation Cover Analysis for Drought Monitoring in the Southern Kruger National Park Using Sentinel–1, Sentinel–2, and Landsat–8. *Remote Sens.* **2018**, *10*, 1482.
20. Beaton, A.; Whaley, R.; Corston, K.; Kenny, F. Identifying Historic River Ice Breakup Timing Using MODIS and Google Earth Engine in Support of Operational Flood Monitoring in Northern Ontario. *Remote Sens. Environ.* **2019**, *224*, 352–364.
21. Bajgain, R.; Xiao, X.; Basara, J.; Wagle, P.; Zhou, Y.; Zhang, Y.; Mahan, H. Assessing Agricultural Drought in Summer over Oklahoma Mesonet Sites Using the Water–Related Vegetation Index from MODIS. *Int. J. Biometeorol.* **2016**, *61(2)*, 377–390.
22. Son, N.T.; Chen, C.F.; Chen, C.R.; Masferrer, M.G.M.; Recinos, L.E.M. Multitemporal Landsat–MODIS Fusion for Cropland Drought Monitoring in El Salvador. *Geocarto Int.* **2019**, *34*, 1363–1383. <https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1489421>.
23. Mu, Q.; Zhao, M.; Running, S.W. Improvements to a MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration Algorithm. *Remote Sens. Environ.* **2011**, *115*, 1781–1800.
24. Park, J.S.; Kim, K.T.; Choi, Y.S. Application of Vegetation Condition Index and Standardized Vegetation Index for Assessment of Spring Drought in South Korea. In Proceedings of the IGARSS **2008**, *3*, 774–777.
25. Peters, A.J.; Walter–Shea, E.A.; Ji, L.; Vina, A.; Hayes, M.; Svoboda, M.D. Drought Monitoring with NDVI–Based Standardized Vegetation Index. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* **2002**, *68*, 71–75.

26. McVicar, T.R.; Jupp, D.L. Using Covariates to Spatially Interpolate Moisture Availability in the Murray–Darling Basin: A Novel Use of Remotely Sensed Data. *Remote Sens. Environ.* **2002**, *79*, 199–212.
27. Triệu, V.; Phạm, T.; Đào, T. Kết Quả Thực Hiện Chiến Lược Phát Triển Lâm Nghiệp Việt Nam Giai Đoạn 2006–2020 và Đề Xuất Nội Dung Chiến Lược Phát Triển Lâm Nghiệp Việt Nam Giai Đoạn 2021–2030, Tầm Nhìn Đến Năm 2050; Tổ chức Nghiên cứu Lâm nghiệp Quốc tế (CIFOR): Bogor, Indonesia, Báo cáo chuyên đề 209, 2021. ISBN 978–602–387–144–5.
28. Trung Chuyên Giảm diện tích rừng ở Tây nguyên Available online: <https://thanhnien.vn/thoi-su/giam-dien-tich-rung-o-tay-nguyen-1242144.html> (accessed on 13 March 2021).
29. Bộ NN&PTNN, B.N. nghiệp và P. triển N. thôn Quyết định số 1558/QĐ–BNN–TCLN về công bố hiện trạng rừng năm 2020 2021.
30. Nguyen, Q.T.N.; Nguyen, L.D.; Nguyen, N.D.; Nguyen, T.; Bui, L.T.; Nguyen, L.K. Phân Vùng Hạn Hán Dựa Trên Chỉ Số Hạn và Mô Phỏng Chế Độ Thủy Văn Trên Lưu Vực Srepok Vùng Tây Nguyên. *VNU J. Sci. Earth Environ. Sci.* **2017**, *33*.
31. Vu, A.T.; Vu, T.H.; Trinh, H.D. The Characteristics and Trends of Meteorological Drought in Central Highlands. *VN J. Hydrometeorol.* **2019**, *699*, 50–58. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019\(699\).50–58](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019(699).50-58).
32. Schults, T.J.R. Assessing the Relation between Groundwater Recharge and Drought Using Remote Sensing and Hydrological Modelling. Bachelor, Van Hall Larenstein: Netherlands, 2019.
33. Nguyen, H.T.T.; Mai, N.T.; Bui, C.D.; Nguyen, T.T.P. Mapping Droughts Over the Central Highland of Vietnam in El Niño Years Using Landsat Imageries. *VNU J. Sci. Social Sci. Humanities* **2016**, *32*, 255–263.
34. Hänsel, S.; Ustrnul, Z.; Łupikasza, E.; Skalak, P. Assessing Seasonal Drought Variations and Trends over Central Europe. *Adv. Water Resour.* **2019**, *127*, 53–75. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2019.03.005>.
35. Svoboda, M.; Hayes, M.; Wood, D. Standardized Precipitation Index User Guide. World Meteorological Organization Geneva, Switzerland **2012**, 900.
36. Tran, T.V.; Tran, D.X.; Myint, S.W.; Latorre–Carmona, P.; Ho, D.D.; Tran, P.H.; Dao, H.N. Assessing Spatiotemporal Drought Dynamics and Its Related Environmental Issues in the Mekong River Delta. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 2742, <https://doi.org/10.3390/rs11232742>.
37. Justice, C.O.; Townshend, J.R.G.; Vermote, E.F.; Masuoka, E.; Wolfe, R.E.; Saleous, N.; Roy, D.P.; Morisette, J.T. An Overview of MODIS Land Data Processing and Product Status. *Remote Sens. Environ.* **2002**, *83*, 3–15.
38. Wan, Z. Collection–6 MODIS Land Surface Temperature Products Users’ Guide. ICESSE, University of California, Santa Barbara, 2013.
39. Didan, K. MOD13A1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16–Day L3 Global 500m SIN Grid V006 [Data Set]. NASA EOSDIS LP DAAC 2015. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13A1.006>.

40. McKee, T.B.; Doesken, N.J.; Kleist, J. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. In Proceedings of the Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology; American Meteorological Society Boston, MA, **1993**, *17*, 179–183.
41. Kogan, F.N. Application of Vegetation Index and Brightness Temperature for Drought Detection. *Adv. Space Res.* **1995**, *15*, 91–100.
42. Aniruddha, B. Feature Scaling Standardization Vs Normalization. *Anal. Vidhya* 2020.
43. Shumway, R.H.; Stoffer, D.S. Characteristics of Time Series. In Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples; Shumway, R.H., Stoffer, D.S., Eds.; Springer Texts in Statistics; Springer International Publishing: Cham, 2017, pp. 1–44. ISBN 978–3–319–52452–8.
44. Hao, Z.; Singh, V.P. Drought Characterization from a Multivariate Perspective: A Review. *J. Hydrol.* **2015**, *527*, 668–678.
45. Tran, T.V.; Tran, D.X.; Myint, S.W.; Huang, C.; Pham, H.V.; Luu, T.H.; Vo, T.M. Examining Spatiotemporal Salinity Dynamics in the Mekong River Delta Using Landsat Time Series Imagery and a Spatial Regression Approach. *Sci. Total Environ.* **2019**, *687*, 1087–1097.
46. Swain, S.; Patel, P.; Nandi, S. Application of SPI, EDI and PNPI Using MSWEP Precipitation Data over Marathwada, India. In Proceedings of the 2017 IEEE International geoscience and remote sensing symposium (IGARSS), IEEE, 2017, pp. 5505–5507.
47. Wu, H.; Hayes, M.J.; Wilhite, D.A.; Svoboda, M.D. The Effect of the Length of Record on the Standardized Precipitation Index Calculation. *Int. J. Climatol.* **2005**, *25*, 505–520. <https://doi.org/10.1002/joc.1142>.
48. Mishra, A.K.; Singh, V.P. Drought Modeling – A Review. *J. Hydrol.* **2011**, *403*, 157–175. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.049>.
49. Das, P.K.; Dutta, D.; Sharma, J.R.; Dadhwal, V.K. Trends and Behaviour of Meteorological Drought (1901–2008) over Indian Region Using Standardized Precipitation–Evapotranspiration Index. *Int. J. Climatol.* **2016**, *36*, 909–916. <https://doi.org/10.1002/joc.4392>.
50. Amani, M.; Salehi, B.; Mahdavi, S.; Masjedi, A.; Dehnavi, S. Temperature–Vegetation–Soil Moisture Dryness Index (TVMDI). *Remote Sens. Environ.* **2017**, *197*, 1–14.
51. Erhardt, T.M.; Czado, C. Standardized Drought Indices: A Novel Uni–and Multivariate Approach. arXiv preprint arXiv:1508.06476 2015.
52. de Carvalho Júnior, O.A.; Guimarães, R.F.; Silva, C.R.; Gomes, R.A.T. Standardized Time–Series and Interannual Phenological Deviation: New Techniques for Burned–Area Detection Using Long–Term MODIS–NBR Dataset. *Remote Sens.* **2015**, *7*, 6950–6985.
53. Cao, Y.; Chen, S.; Wang, L.; Zhu, B.; Lu, T.; Yu, Y. An Agricultural Drought Index for Assessing Droughts Using a Water Balance Method: A Case Study in Jilin Province, Northeast China. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 1066.

54. Vicente–Serrano, S.M.; Beguería, S.; Lorenzo–Lacruz, J.; Camarero, J.J.; López–Moreno, J.I.; Azorin–Molina, C.; Revuelto, J.; Morán–Tejeda, E.; Sanchez–Lorenzo, A. Performance of Drought Indices for Ecological, Agricultural, and Hydrological Applications. *Earth Interact.* **2012**, *16*, 1–27.
55. Tổng cục Khí tượng Thủy Văn Nước và Mùa Khô Tây Nguyên Available online: <http://kttvqg.gov.vn/tin-tuc-tai-nguyen-nuoc-va-moi-truong-114/nuoc-va-mua-kho-tay-nguyen-5934.html> (accessed on 13 July 2021).
56. Thông tin nông thôn Tây Nguyên Vài Nét Tổng Quan Available online: <https://dantocmiennui.vn/tay-nguyen-vai-net-tong-quan/130717.html> (accessed on 13 July 2021).

Examining Drought Intensity in Central Highlands during the 2001–2020 period using Daily MODIS Time–Series Imagery

Tran Van Thuong^{1*}, Cao Thanh Xuan¹, Nguyen Trong Hieu², Phan Van Tuan³, Danh Mon⁴

¹ Thu Dau Mot University, Binh Duong; thuong.tran@tdmu.edu.vn; xuanct@tdmu.edu.vn;

² Center for Hydro–Meteorological, Environmental Science and Technology; hieu.nt38@gmail.com;

³ Vietnam National University of Forestry – Southern Campus; phanvantuandc@gmail.com;

⁴ Ho Chi Minh City Institute of Resources Geography, VAST; dmon@hcmig.vast.vn

Abstract: The purpose of this study was to examine the pattern of annual drought variation using the standardized vegetation health index (SVHI) in the central highlands, Vietnam. The time–series imagery of daily MODIS products during the 2001–2020 period were used to compute land surface temperature and normalized difference vegetation index that are two primary parameters of the applied drought index. Besides, the standardized precipitation index (SPI), derived from 5 meteorological stations, was applied to validate the SVHI. Furthermore, the spatial regression approach was used to analyze the spatiotemporal variation of annual drought intensity in the study area. The results showed that the correlation coefficient between SVHI and SPI upon 5 stations was found out at average level above with the significance of 95% ($r > 0,5$, $p < 0,05$). Additionally, the severe drought category seriously influenced in 2005 and 2006 and these years were concurrent with El Niño event. Moreover, an increasing trend in drought patterns focused on agricultural land, while a decreasing trend was explored at forest land upon whole provinces. The results from this study enables providing a useful reference to local governments for proposing strategies of reducing drought risk and forest protection.

Keywords: SVHI; VHI; VCI; TCI; MODIS; OLS.

Bài báo khoa học

Đánh giá đặc điểm khí hậu và điều kiện khí hậu nông nghiệp huyện Kỳ Anh tỉnh Hà Tĩnh

Dương Văn Khảm^{1*}, Đặng Quốc Khánh²

¹ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; dvkham.kttv@gmail.com

² Tổng Cục Khí tượng Thủy văn; khanhdangkhtc@gmail.com

*Tác giả liên hệ: dvkham.kttv@gmail.com; Tel.: +84-904729009

Ban Biên tập nhận bài: 05/09/2021; Ngày phản biện xong: 13/10/2021; Ngày đăng bài: 25/01/2022

Tóm tắt: Kỳ Anh là huyện có điều kiện khí tượng khá phức tạp, luôn phải đối mặt với khí hậu khắc nghiệt, lũ lụt trong mùa mưa, hạn hán kéo dài trong mùa khô, gió Tây Nam khô nóng khốc liệt gây ảnh hưởng rất lớn đến sản xuất nông nghiệp (SXNN). Trên cơ sở các số liệu khí tượng và các số liệu SXNN ở Kỳ Anh, áp dụng các phương pháp thống kê trong khí hậu (KH), khí hậu nông nghiệp (KHNN), bài báo đã đánh giá một cách có hệ thống các điều kiện KH, KHNN ở Kỳ Anh bao gồm điều kiện ánh sáng với tổng số giờ nắng trong năm là 1716 giờ. Nhiệt độ trung bình năm từ 24–25°C. Biên độ nhiệt độ các tháng đạt 4,4–7,1°C, biên độ nhiệt độ năm khoảng 5,0–6,0°C. Tổng nhiệt năm dao động từ 8.000–8.500°C. Lượng mưa ở Kỳ Anh phổ biến là 2600–3000 mm, nhưng lượng mưa phân bố không đều trong năm. Lượng mưa tích lũy đầu mùa, cuối mùa, xác suất 2–3 tuần khô úớt đã thể hiện quy luật khá rõ ràng về sự phân bố mưa trong năm. Những kết quả này là cơ sở khoa học quan trọng phục vụ quy hoạch SXNN, chuyển đổi cơ cấu cây trồng, giảm thiểu tác hại của thiên tai ở Kỳ Anh.

Từ khóa: Khí hậu (KH); Khí hậu nông nghiệp (KHNN).

1. Mở đầu

Nông nghiệp có quan hệ qua lại và phức tạp đối với các điều kiện tự nhiên, trong đó các yếu tố khí hậu là những yếu tố tác động mạnh mẽ nhất đến sản xuất nông nghiệp. Điều kiện khí hậu được xác định cho trồng trọt là: ánh sáng, nhiệt độ, nước và không khí. Đó là những yếu tố không thể thiếu và không thay thế cho nhau được đối với sự sống nói chung, sự sinh trưởng, phát triển và hình thành năng suất, cây trồng nói riêng. Khí hậu không những ảnh hưởng lớn đến sự phân bố địa lý của cây trồng mà còn ảnh hưởng đến nhịp điệu sống, trình tự phát triển trong các giai đoạn sinh trưởng phát triển, chất lượng, năng suất và sản lượng cây trồng [1–3].

Ảnh hưởng của khí hậu và thời tiết đối với nông nghiệp rất rõ nó thể hiện muôn màu, muôn vẻ thuận lợi bất hoà đều có như Dacutraep đã nói “Trong thiên nhiên tất cả đều đẹp đẽ, ngay cả một số nhân tố bất lợi, kẻ thù của sản xuất nông nghiệp như gió lớn, mưa to, hạn hán, gió khô nóng, bão... sở dĩ là đáng sợ với chúng ta vì chúng ta chưa hiểu biết và không chế nó. Nó không hung dữ chỉ cần chúng ta nghiên cứu biết được cách phòng chống thì lúc đó nó sẽ có lợi cho chúng ta” [4]. Hay Misurin, nhà làm vườn người Nga cũng đã từng nói “Chúng ta không thể chờ đợi sự ban ơn của thiên nhiên mà phải biết đấu tranh với thiên nhiên, đó là nhiệm vụ của chúng ta” [5]. Các nhà nông nghiệp và sinh học phải biết sử dụng hữu hiệu tài nguyên khí hậu để nâng cao hiệu quả sản xuất nông nghiệp và phòng chống thiên

tai. Đó là con đường rẻ tiền nhất thu được lợi nhuận cao nhất, đồng thời cũng bảo đảm được môi trường sinh thái [6]. Để làm được những việc nêu trên các nhà nông lâm nghiệp và sinh thái học cần phải nắm bắt được bản chất vật lý của các quá trình và hiện tượng xảy ra trong khí quyển nhất là lớp khí quyển sát đất và tác động của chúng đến các đối tượng và quá trình sản xuất nông nghiệp.

Đã từ lâu nhiều nước trên thế giới đã sử dụng các chỉ tiêu KH, KHNN để đánh giá các điều kiện và tài nguyên KH, KHNN cho cả nước và phạm vi từng vùng lãnh thổ. Có thể kể đến một số nước sau: Sau chiến tranh thế giới thứ 2 một loạt các nước Đông Âu mà đặc biệt là Liên Xô cũ đã sử dụng các số liệu tại các trạm quan trắc khí tượng, khí tượng nông nghiệp để đánh giá và phân vùng tài nguyên KH, KHNN của nước mình. Thập niên 80 của thế kỷ 20 nhiều nước khác như Trung Quốc, Úc, Ấn Độ, Ý, Israel, Mexico, Việt Nam các nước Châu Phi... cũng đã sử dụng các số liệu quan trắc và áp dụng các phương pháp thống kê để đánh giá các điều kiện khí tượng nông nghiệp và phân vùng KHNN cho cả lãnh thổ và từng khu vực thuộc phạm vi lãnh thổ ở mỗi nước [3, 7–10].

Những nghiên cứu trước đây trong điều kiện biến đổi khí hậu (BĐKH) chưa thực sự mãnh liệt, các điều kiện KH, KHNN và hiện tượng thiên tai còn theo quy luật tương đối rõ ràng, dễ nắm bắt và đánh giá. Ngày nay, dưới tác động của BĐKH dẫn đến các điều kiện KH, KHNN diễn biến phức tạp, các hiện tượng thời tiết bất thường càng gia tăng về tần suất, độ lớn và độ biến động. Vì vậy, một số kết quả nghiên cứu và đánh giá trước đây đã không còn phù hợp, các chỉ tiêu KH, KHNN cũng đã có những biến động nhất định, nhất là các tiêu chí thiên tai và các hiện tượng thời tiết cực đoan Do đó, hướng nghiên cứu khí hậu ứng dụng nhằm khai thác sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên ngày một trở nên cấp thiết. Nghiên cứu các điều kiện KH, KHNN và thể hiện sự phân hoá các điều kiện đó trên cơ sở khoa học phục vụ quy hoạch, khai thác tài nguyên thiên nhiên, sử dụng lãnh thổ một cách hợp lý đang ngày càng có tính thời sự cao nhất là trong bối cảnh BĐKH hiện nay. Đây là một bước cụ thể hoá các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

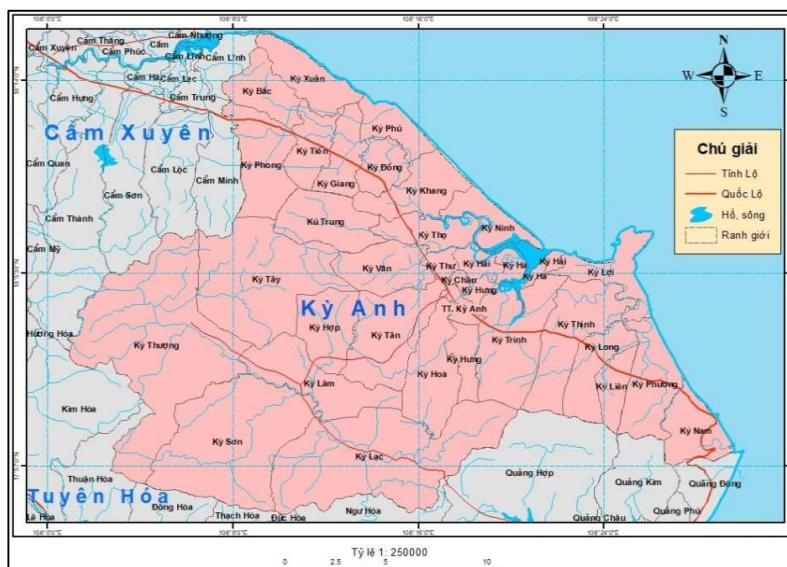
Kỳ Anh là huyện có nhiều lợi thế phát triển trồng trọt, vùng có tiềm năng đất đai rộng lớn với nhiều loại đất cùng với nguồn tài nguyên KHNN đa dạng và phong phú (Hình 1). Tuy nhiên, vùng này còn gặp không ít khó khăn về nhiều mặt, cụ thể như: địa hình đồi núi phức tạp dẫn đến điều kiện khí tượng thủy văn diễn biến phức tạp thay đổi lớn trên phạm vi hẹp, đất dốc chiếm diện tích lớn. Đặc biệt, vùng này luôn phải đối mặt với điều kiện khí hậu khắc nghiệt, lũ lụt trong mùa mưa, hạn hán kéo dài nhiều tháng trong mùa khô, gió Tây Nam khô nóng gây ảnh hưởng rất lớn đến sản xuất nông lâm nghiệp [5, 9]. Do đó, tốc độ phát triển ngành trồng trọt còn chậm, chưa tương xứng với tiềm năng của từng địa phương. Việc đánh giá một cách có hệ thống các điều kiện khí hậu, KHNN phục vụ quy hoạch và phát triển ngành trồng trọt, chuyển đổi cơ cấu cây trồng phù hợp, giảm thiểu tác động của thiên tai ở trong SXNN ở Kỳ Anh là rất cần thiết.

2.2. Số liệu thu thập nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng số liệu khí tượng ngày của 5 trạm khí tượng cơ bản đại diện cho khu vực huyện Kỳ Anh bao gồm các trạm: Kỳ Anh, Hà Tĩnh, Hương Khê, Tuyên Hoá và Ba Đồn thời kỳ 1961–2020. Số liệu Niên giám thống kê của tỉnh Hà Tĩnh và các báo cáo có liên quan đến SXNN như: cơ cấu thời vụ, diện tích gieo trồng, năng suất, sản lượng, tình hình thiên tai [11–12].

2.3. Phương pháp đánh giá điều kiện khí hậu, khí hậu nông nghiệp

Yêu cầu của cây trồng về điều kiện khí hậu ở một giai đoạn sinh trưởng nào đó có thể được xác định một cách định lượng thông qua các chỉ số KHNN ở từng khu vực cụ thể.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

Để xác định các chỉ số KHNN có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau, dưới đây là một số phương pháp thường được áp dụng rộng rãi trong nghiên cứu KHNN [13–16]:

+ Trung bình số học \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Trong đó x_i là đại lượng khí hậu X có các quan trắc ngày/tháng là $\{x_i, i=1..n\}$.

+ Biên độ nhiệt độ ngày là hiệu giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất trong ngày. Ký hiệu biên độ là QA , ta có: $QA = x_{\max} - x_{\min}$.

+ Tổng tích nhiệt độ hàng năm:

$$\text{Tổng tích nhiệt} = \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Trong đó x_i là nhiệt độ không khí ngày $\{x_i, i=1..n\}$, n là độ dài trong vụ Đông Xuân (từ tháng 12–6), vụ Mùa (từ 7–10) và tổng năm (365 ngày).

+ Ngày bắt đầu và kết thúc nhiệt độ qua 20°C và 25°C (n_k) được xác định theo công thức.

$$n_k = \text{ngày 15 tháng } i + \frac{\bar{T}_i - k}{\bar{T}_i - \bar{T}_{i+1}} D_i \quad (3)$$

Trong đó $i, i+1$ là hai tháng kết tiếp, trong đó nhiệt độ trung bình của tháng i (\bar{T}_i) cao hơn (thấp hơn) và tháng $i+1$ (\bar{T}_{i+1}) thấp hơn (cao hơn) mức k , và D_i là số ngày trong tháng i . Trong đó $k = 20^\circ\text{C}$ và 25°C .

+ Tính tuần khô tuần ướt:

Xác suất 2 và 3 tuần khô liên tục;

Xác suất tuần khô $P(k) = F(k)/n$

Xác suất tuần ướt khi có tuần ướt trước đó: $P(kk) = F(k)/F(kk)$

Xác suất tuần ướt: $P(w) = F(w)/n$

Xác suất tuần ướt khi có tuần ướt trước đó: $P(ww) = F(w)/F(ww)$

Xác suất của hai tuần khô liên tục: $P(kll) = P(k) \times P(kk)$

Xác suất của hai tuần khô liên tục: $P(wll) = P(w) \times P(ww)$

Trong đó $F(k)$ là số tuần ướt; $F(kk)$ là số tuần ướt khi có tuần ướt trước đó; $F(w)$ là số tuần ướt; $F(ww)$ là số tuần ướt khi có tuần ướt trước đó.

+ Xác định suất bảo đảm cho tính toán lượng mưa tích lũy

Trong khí hậu để tính xác suất mà đại lượng khí hậu X nhận giá trị trong một khoảng (a_j , b_j) nào đó khi đã biết hàm phân bố F(x):

$$P(a_j \leq X < b_j) = F(b_j) - F(a_j) \quad (4)$$

$$P(X \geq x) = 1 - F(x) = \Phi(x) \quad (5)$$

Trong khí hậu $\Phi(x)$ được gọi là suất bảo đảm, tức là xác suất để X nhận giá trị vượt quá x.

Trên cơ sở các phương pháp nêu trên, cho đến nay đã có nhiều chỉ số KHNN khác nhau được lựa chọn trong đánh giá và khai thác tài nguyên KHNN. Những chỉ số này được phân thành 5 nhóm chính sau: i) Nhóm chỉ số về tài nguyên bức xạ và ánh sáng; ii) Nhóm chỉ số về điều kiện sống qua đông của cây trồng; iii) Nhóm chỉ số về tài nguyên nhiệt; iv) Nhóm chỉ số về tài nguyên ẩm; v) Nhóm chỉ số về hiện tượng thời tiết bất lợi.

Từ những chỉ số KHNN này sẽ là cơ sở trong việc đánh giá một cách có hệ thống các điều kiện KHNN ảnh hưởng đến quá trình sinh trưởng, phát triển và hình thành năng suất cây trồng đối với từng mùa, từng vùng cụ thể.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm chung khí hậu huyện Kỳ Anh

Đặc điểm khí hậu nổi bật ở đây là mùa mưa lệch về mùa đông (đến giữa mùa đông). Trong thời kỳ gió mùa mùa hạ ở đây có nhiều đợt gió tây khô nóng rất khắc nghiệt. Mức độ khô nóng ở đây gắn chặt với cơ chế của gió mùa tây nam. Thời kỳ có gió Lào là thời kỳ khô và nóng bức nhất trong năm. Tháng 7 là tháng thịnh hành nhất của gió mùa tây nam trở thành tháng nóng nhất và khô nhất trong năm ở vùng này. Những đợt gió Lào mạnh, khô nóng kéo dài (có khi tới 20–30 ngày) thường làm cho sông suối, hồ khô cạn, đồng ruộng nứt nẻ; cây cối, hoa màu,...khô cháy; sức khỏe con người bị ảnh hưởng rất đáng kể. Nhiệt độ cao nhất có thể đạt trên 42°C. Ở vùng này lượng mưa từ đầu mùa đến tháng 6, tháng 7 chẳng những không tăng lên theo quy luật chung, mà thậm chí lại bị giảm xuống, tạo nên hiện tượng hạn cục bộ rất đặc trưng. Mưa ở đây bắt đầu tăng từ tháng 8 và đạt cực đại vào tháng 10 với lượng mưa gấp 3–4 lần các tháng khác. Thời kỳ đầu mùa đông ở đây cũng là thời kỳ độ ẩm đạt giá trị cao nhất trong năm. Ngược với tình hình khô hạn trong tháng 6, tháng 7, lượng mưa tháng 9 và tháng 10 lại vượt trội, chiếm tới 40–50% lượng mưa cả năm. Tình hình mưa lớn đó kéo theo nạn lũ lụt nghiêm trọng ở Kỳ Anh. Nhiệt độ trung bình các tháng cao điểm trong mùa đông chưa vượt qua giới hạn 20°C, do không khí lạnh và front cực đới cũng ảnh hưởng đáng kể đến vùng này. Ảnh hưởng của bão ở Kỳ Anh rất lớn. Bão ở đây hoạt động phổ biến vào tháng 9. Bão thường đem lại mưa to, gió lớn. Cường độ mưa bão có thể đạt tới 300–400 mm/ngày và tốc độ gió bão có thể vượt quá 40 m/s [9, 17–18].

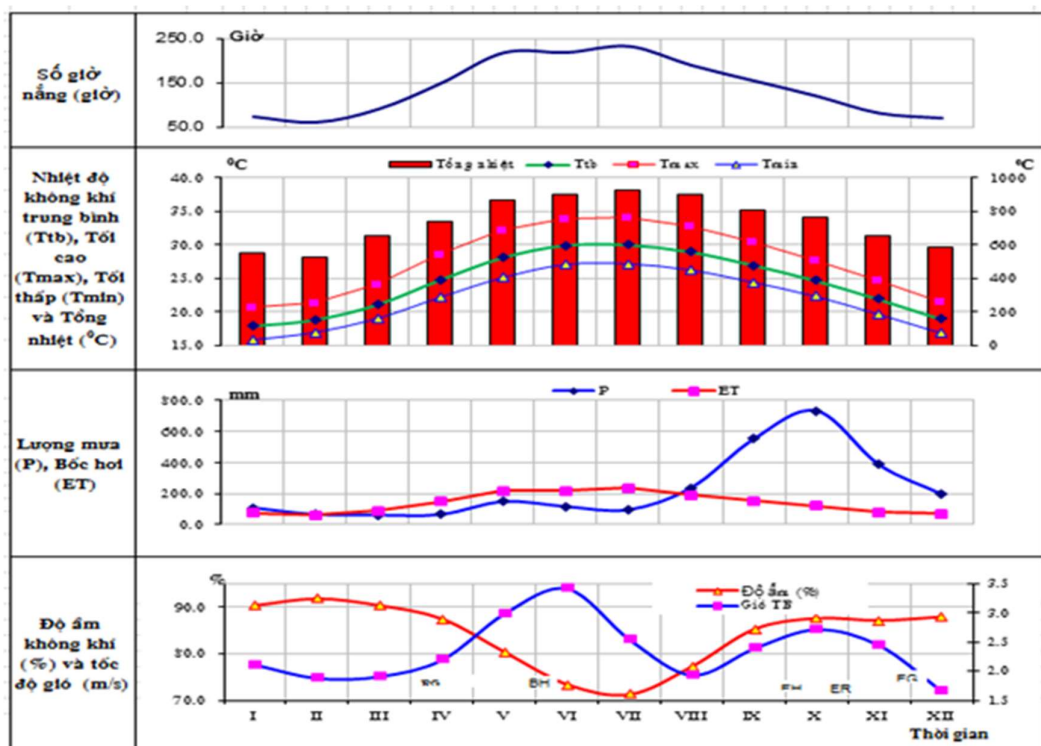
Có thể nói vùng Kỳ Anh là vùng có điều kiện khí hậu tương đối khắc nghiệt: mùa đông vẫn còn khá lạnh, mùa hạ nhiều nắng, nóng bức và khô hạn; mưa lớn tập trung vào mùa mưa bão, gây ra lũ lụt ảnh hưởng rất nghiêm trọng đến sản xuất và đời sống của nhân dân. Trong những trường hợp gió mùa đông bắc rất mạnh tràn về nhiệt độ ở đây bị hạ thấp đáng kể và cũng có thể xảy ra sương muối. Hình 2 là biến trình năm một số yếu tố khí hậu ở Kỳ Anh đã chứng minh một số nhận định chung về đặc điểm khí hậu ở Kỳ Anh.

3.2. Điều kiện KHNN ở huyện Kỳ Anh

3.2.1. Điều kiện ánh sáng đối với SXNN

Đối với cây trồng, điều kiện ánh sáng có ý nghĩa rất quan trọng. Cây trồng thông qua quang hợp để chuyển đổi thành năng lượng hoá học nhằm tạo ra năng suất. Điều kiện ánh sáng thường được đánh giá thông qua số giờ nắng [19]. Từ kết quả tính toán ở Bảng 1 nhận

thấy: số giờ nắng ở huyện Kỳ Anh khá cao—cao nhất so với các khu vực khác ở Hà Tĩnh. Tổng số giờ nắng trong năm ở huyện Kỳ Anh là 1716 giờ.



Hình 2. Biến trình của một số yếu tố khí hậu ở huyện Kỳ Anh.

Tháng có số giờ nắng cao nhất là tháng V, VI, VII dao động từ 220 đến 242 giờ/tháng, tháng có ít nắng nhất là tháng XII, I, II dao động từ 60–79 giờ/tháng. Như vậy số giờ nắng phân bố trong năm rất không đồng đều, vụ đông xuân thường thiếu ánh sáng, trong khi đó vụ hè thu lại quá dư thừa. Vì vậy, việc bố trí mật độ và loại cây trồng thích hợp trong từng thời kỳ rất có ý nghĩa trong việc tăng năng suất cây trồng... Đây cũng là căn cứ tốt để đánh giá khả năng khai thác nguồn năng lượng này trong lĩnh vực sản xuất muối đối với huyện ven biển Kỳ Anh nói riêng và tỉnh Hà Tĩnh nói chung.

Bảng 1. Số giờ nắng trung bình tháng ở Kỳ Anh và các vùng lân cận (giờ).

Trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Kim Cương	65,4	50,8	73,5	132,9	202,1	172,3	199,8	149,1	140,1	116,3	82,9	75,1	1460
Hà Tĩnh	76,9	51,1	75,9	136,4	219,3	207,7	230,7	190,5	158,8	135,8	95,8	81,6	1661
Hương Khê	68,6	50,1	81,0	132,3	184,1	184,7	212,4	167,3	125,3	103,7	72,4	62,4	1444
Kỳ Anh	78,7	60,1	94,5	152,5	226,5	221,7	241,5	195,7	162,7	125,7	80,6	75,3	1716
Tuyên Hoá	75,4	62,8	110,3	147,8	201,9	200,3	221,3	181,6	126,3	108,3	73,9	63,1	1573
Ba Đồn	99,5	75,1	111,7	164,9	229,2	218,6	241,2	201,7	166,5	137,7	95,9	88,2	1830

3.2.2. Điều kiện nhiệt độ đối với SXNN

Nhiệt độ là một trong những yếu tố môi trường có ảnh hưởng phức tạp đến đời sống cây trồng. Khi sống trong điều kiện môi trường có nhiệt độ thích hợp cây trồng sẽ sinh trưởng và phát triển tốt và nếu ngược lại thì mọi quá trình sống sẽ bị hạn chế. Đối với việc bố trí cơ cấu cây trồng, xác định khả năng có thể trồng được mấy vụ trong một năm thì các chỉ tiêu biến trình năm của nhiệt độ, tổng nhiệt độ từng vụ và cả năm là rất quan trọng. Đồng thời cũng cần biết biên độ nhiệt độ ngày đêm để thấy được khả năng tích lũy chất khô và mức độ hô hấp của cây trồng. Ngoài ra chỉ tiêu ngày bắt đầu và kết thúc của các ngưỡng nhiệt độ cũng rất cần thiết để bố trí cơ cấu cây trồng hợp lý ở từng vùng cụ thể [1, 20–22].

a) Nhiệt độ không khí trung bình

Từ kết quả tính toán Bảng 2 cho thấy nhiệt độ trung bình năm ở khu vực huyện Kỳ Anh khá cao khoảng 24.2°C, tháng lạnh nhất là tháng I (17,9°C), tháng nóng nhất là tháng VI và VII (29,5–30.0°C).

Bảng 2. Nhiệt độ không khí trung bình tháng và năm ở Kỳ Anh và khu vực lân cận.

Trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Hà Tĩnh	17,6	18,2	20,8	24,3	27,7	29,4	29,6	28,7	26,8	24,3	21,4	18,7	24,0
Hương Khê	17,6	18,4	21,2	24,9	27,6	28,8	29,2	28,0	26,0	23,8	20,9	18,3	23,7
Kỳ Anh	17,9	18,5	20,9	24,6	28,0	29,7	29,9	28,9	26,9	24,5	21,6	18,8	24,2
Tuyên Hoá	18,0	19,0	21,6	25,0	27,7	29,1	29,3	28,2	26,2	23,8	21,0	18,5	24,0
Ba Đồn	18,7	19,2	21,7	24,7	27,8	29,6	29,7	28,9	27,0	24,8	22,0	19,4	24,5

b) Biên độ ngày đêm của nhiệt độ không khí

Biên độ ngày đêm của nhiệt độ là chênh lệch giữa nhiệt độ cao nhất và thấp nhất trong ngày được xem như là một chỉ tiêu để phân loại khí hậu. Đối với SXNN biên độ nhiệt độ ngày đêm của không khí có tác dụng rất lớn đối với quá trình sinh trưởng, phát triển của cây trồng, đặc biệt trong quá trình quang hợp ban ngày và hô hấp ban đêm để tích lũy vật chất. Do đó, đối với từng vùng thì thời gian có biên độ ngày lớn chính là thời gian thích hợp và thuận lợi đối với quá trình ra hoa, tạo quả và làm hạt (củ) của nhiều loại cây trồng [3–4, 14].

Bảng 3 cho thấy ở Kỳ Anh gió tây khô nóng nhiều thì biên độ ngày đêm thấp vào mùa đông và cao hơn vào mùa hè. Cụ thể như sau: ở khu vực này có biên độ nhiệt độ không cao vào các tháng mùa hè khoảng từ 6.0–7.0°C, các tháng mùa đông khoảng từ 4.4–5.0°C.

Bảng 3. Biên độ của nhiệt độ không khí ở huyện Kỳ Anh và các khu vực lân cận.

Trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Hà Tĩnh	4,9	4,4	5,1	6,3	7,5	7,6	8,1	7,3	6,4	5,6	5,3	5,1	6,1
Hương Khê	6,2	5,9	6,9	8,7	9,5	9,2	9,7	8,7	7,7	6,6	6,3	6,1	7,6
Kỳ Anh	4,8	4,4	5,1	6,4	7,1	6,7	6,9	6,7	6,0	5,5	5,2	4,9	5,8
Tuyên Hoá	6,1	6,0	7,6	9,1	9,6	8,5	8,7	8,5	7,7	6,5	6,1	5,8	7,5

c) Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối trung bình năm

Hàng năm về mùa đông rất nhiều nơi thuộc vùng núi cao ở huyện Kỳ Anh nhiệt độ thường xuống thấp tới mức có hại cho cây trồng. Những loại cây lâu năm không những cần điều kiện nhiệt độ thích hợp trong mùa sinh trưởng mà còn cần điều kiện sống qua mùa đông một cách an toàn. Do đó, khi nghiên cứu bố trí cây trồng, nhất là những cây lâu năm thì không những cần phải dựa vào những điều kiện KHNN mà còn phải đặc biệt chú ý đến điều kiện sống qua mùa đông của cây trồng [3, 22–23].

Từ bảng 4 thấy rằng nhiệt độ tối thấp tuyệt đối năm ở Kỳ Anh là 6,9°C, khu vực xung quanh huyện Kỳ Anh từ 0,7°C (Kim Cương), 2,6°C (Hương Khê) đến 6,8°C ở Hà Tĩnh và 5,0°C ở Tuyên Hóa. Như vậy huyện Kỳ Anh là nơi có nhiệt độ tối thấp tuyệt đối khá cao so với khu vực xung quanh, đây là điều kiện thuận lợi để phát triển các loại cây trồng có nguồn gốc nhiệt đới.

Bảng 4. Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối ở huyện Kỳ Anh và các khu vực lân cận.

Trạm	Tháng												Tmin Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Kim Cương	0,7	5,1	4,3	10,6	14,4	17,0	20,8	20,4	17,2	12,1	7,2	2,3	0,7
Hà Tĩnh	7,3	8,0	8,2	13,3	17,3	19,5	22,0	22,3	17,0	15,1	11,3	6,8	6,8
Hương Khê	2,6	6,7	7,6	11,8	16,0	19,0	20,4	20,4	17,2	13,5	6,6	2,9	2,6
Kỳ Anh	7,5	8,1	7,4	13,2	14,8	19,9	22,2	22,1	17,3	15,2	11,2	6,9	6,9
Tuyên Hoá	5,4	7,8	7,2	12,4	16,3	19,3	21,4	21,6	17,1	13,9	10,3	5,0	5,0
Ba Đồn	7,9	9,1	7,8	13,4	18,1	20,4	21,7	21,3	18,0	16,0	12,3	7,6	7,6

d) Ngày bắt đầu, kết thúc nhiệt độ qua 20°C, 25°C

Ngày bắt đầu và kết thúc mùa đông lạnh (ngày bắt đầu và kết thúc nhiệt độ 20°C)

Thời kỳ có nhiệt độ xuống dưới 20°C là mùa đông và là thời kỳ sinh trưởng của các cây trồng xứ lạnh như khoai tây, rau, đậu đỗ có nguồn gốc ôn đới [1, 12, 24]. Để xác định thời vụ tối ưu cho các cây trồng này bài viết đã tính toán được ngày bắt đầu và kết thúc nhiệt độ qua 20°C ứng với các suất bảo đảm khác nhau. Kết quả tính toán được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Suất bảo đảm ngày bắt đầu, ngày kết thúc có nhiệt độ qua 20°C trạm Kỳ Anh

Suất bảo đảm (%)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Ngày bắt đầu	9/XI	16/XI	20/XI	24/XI	27/XI	30/XI	03/XII	12/XII	13/XII	23/XII	30/XII
Ngày kết thúc	01/II	12/II	28/II	10/III	12/III	13/III	14/III	16/III	20/III	28/III	03/IV

Ngày bắt đầu và kết thúc mùa nóng (ngày bắt đầu và kết thúc nhiệt độ 25°C)

Thời kỳ có nhiệt độ không khí trung bình trên 25°C (mùa nóng): Có ý nghĩa trong việc xác định và bố trí để cây trồng trùng với thời kỳ ra hoa–làm quả tốt nhất cho các cây lương thực, thực phẩm, (thời kỳ trổ cho lúa, phun râu trổ cờ của ngô, ra hoa–làm quả của đậu tương, ra hoa–làm quả của lạc...) [1, 14, 22]. Ngày bắt đầu và kết thúc nhiệt độ qua 25°C ứng với các suất bảo đảm khác nhau được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Suất bảo đảm ngày bắt đầu, ngày kết thúc có nhiệt độ qua 25 °C trạm Kỳ Anh.

Suất bảo đảm (%)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Ngày bắt đầu	27/III	31/III	7/IV	12/IV	16/IV	19/IV	21/IV	23/IV	24/IV	26/IV	28/IV
Ngày kết thúc	28/IX	01/X	4/X	5/X	6/X	8/X	11/X	13/X	16/X	20/X	24/X

e) Tích nhiệt

Tích nhiệt là đơn vị biểu hiện thời gian cần thiết thực vật hoàn thành một giai đoạn hay cả một vòng đời sinh trưởng và phát triển. Thông qua tích nhiệt năm ở một vùng nào đó có thể biết được khả năng gieo trồng được mấy vụ cho cây hàng năm [4, 14, 25]. Kết quả tính toán tổng nhiệt năm và tổng nhiệt theo vụ được trình bày trong Bảng 7. Tích nhiệt ở huyện

Kỳ Anh và các vùng lân cận cho cả năm và từng vụ là khá phong phú, cơ bản đáp ứng về tổng nhiệt cho hầu hết các cây trồng vùng nhiệt đới.

Bảng 7. Tích nhiệt theo vụ và năm ở Kỳ Anh và các vùng lân cận (°C).

Địa điểm	Vụ Đông xuân (XII-V)	Vụ Hè thu (VI-X)	Cả năm
Hà Tĩnh	4048,6	4246,6	8295,2
Hương Khê	4074,5	4155,0	8229,5
Kỳ Anh	4095,0	4280,3	8375,3
Tuyên Hoá	4129,8	4179,3	8309,1
Ba Đồn	4170,2	4283,4	8453,6

3.2.3. Điều kiện ẩm đối với SXNN

a) Mưa

Mưa là nguồn nước đến quan trọng cho cây trồng nói riêng và sự sống nói chung, là thành phần chủ yếu trong cân cân nước trên bề mặt và trạng thái ẩm trên đồng ruộng. Trong báo cáo này điều kiện nước đối với cây trồng được đánh giá theo một số đặc trưng về mưa (nguồn nước đến). Từ Bảng 8 nhận thấy tổng lượng mưa trung bình nhiều năm ở Kỳ Anh khoảng 2800 mm, đây là nơi có lượng mưa lớn nhất trong tỉnh Hà Tĩnh. Theo tiêu chí về mùa mưa được sử dụng rộng rãi hiện nay ở nước ta: mùa mưa bao gồm những tháng có lượng mưa từ 100 mm trở lên, thì ở Kỳ Anh mùa mưa chính từ tháng VIII đến hết tháng XII, chưa kể một mùa mưa phụ vào tiết Tiểu Mãn khoảng tháng V, tháng VI. Mưa nhiều nhất vào 3 tháng: VIII, IX, X. Vào tháng VII do ảnh hưởng của gió tây khô nóng nên lượng mưa giảm dưới 100mm (tháng VII: 97.8 mm) mùa mưa bị gián đoạn tạm thời.

Bảng 8. Lượng mưa trung bình tháng, năm ở huyện Kỳ Anh và các vùng lân cận (mm).

Trạm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Năm
Hà Tĩnh	99,9	67,4	56,2	71,6	138,6	135,3	130,3	218,9	502,1	716,2	344,1	163,3	2653,3
Hương Khê	44,7	45,1	63,0	97,7	209,2	170,8	147,5	262,9	503,2	562,9	202,9	71,4	2379,7
Kỳ Anh	107,1	70,8	61,2	62,5	152,9	121,6	97,8	246,5	555,1	763,0	399,1	199,5	2837,1
Tuyên Hoá	52,5	41,7	48,8	70,6	151,8	146,3	135,7	221,6	493,3	666,6	215,2	83,4	2332,2
Ba Đồn	50,2	51,0	43,4	55,8	103,3	98,2	74,7	159,2	428,4	621,8	271,0	100,5	2001,4

Như vậy, ở huyện Kỳ Anh lượng mưa phân bố không đều. Trong suốt thời gian từ tháng II đến tháng IV (3 tháng) lượng mưa rất nhỏ chỉ chiếm khoảng 16–20% tổng lượng mưa năm. Đặc điểm này gây những khó khăn cho sản xuất nếu không có các công trình thủy lợi.

b) Khả năng đảm bảo nước cho SXNN

Tổng lượng mưa trung bình nhiều năm ở Kỳ Anh và các huyện lân cận phổ biến từ 2000–2900 mm. Trong đó vụ hè thu (từ tháng V đến tháng X) phổ biến 1382–1829 mm, chiếm 63–71 % so với tổng lượng mưa năm. Vụ Đông xuân từ tháng I đến tháng V, lượng mưa phổ biến từ 304–460 mm, chiếm tỷ lệ từ 19–22% so với tổng lượng mưa năm (Bảng 9).

Bảng 9. Phân bố lượng mưa trung bình năm, mùa vụ (mm).

Địa điểm	Từ tháng VI–X (vụ Hè Thu)			Từ tháng I–V (vụ Đông Xuân)	
	Tổng lượng mưa năm	Tổng lượng mưa vụ Hè Thu	So với lượng mưa năm (%)	Tổng lượng mưa vụ Đông Xuân	So với lượng mưa năm (%)
Hà Tĩnh	2653,3	1702,8	23	433,7	64
Hương Khê	2379,7	1647,3	22	459,7	69
Kỳ Anh	2887,6	1829,7	22	442,2	63
Tuyên Hóa	2332,2	1663,5	19	365,4	71
Ba Đồn	2001,4	1382,3	20	303,7	69

Tuy có lượng mưa dồi dào như vậy, nhưng trên thực tế SXNN hàng năm vẫn bị thiếu nước, có năm tình hình thiếu nước trở nên nghiêm trọng, vì lượng mưa phân bố không đều, lượng trữ nước không bảo đảm, quản lý, điều tiết và sử dụng nước có lúc chưa hợp lý. Những tháng mưa ít như tháng II, III, IV và các tháng vào giữa mùa hè do thời tiết gió Tây khô nóng kéo dài thường gặp hạn thiếu nước cho tưới tiêu, có năm xảy ra hạn, thậm chí hạn nghiêm trọng cây trồng bị thiếu ẩm nhất là cây trồng cạn.

c) Đánh giá lượng mưa tích lũy đầu mùa và cuối mùa

Để xác định cơ cấu thời vụ cho các cây trồng cạn trông chờ vào nước mưa ngoài yếu tố nhiệt độ còn phải xác định tổng lượng mưa tích lũy đầu mùa và cuối mùa [1, 3, 14].

Bảng 10. Suất bảo đảm (P%) lượng mưa tích lũy trước và sau các ngưỡng ở Kỳ Anh.

P(%)	Tích lũy trước	Tích lũy trước	Tích lũy sau	Tích lũy sau	Tích lũy sau
	75 mm	200mm	500 mm	300 mm	100 mm
20	09/I	01/III	17/XI	02/XII	16/XII
40	16/I	08/III	12/XI	24/XI	09/XII
60	23/I	17/III	04/XI	27/X	03/XII
80	30/I	30/III	22/X	05/XI	24/XI
95	09/II	28/IV	29/IX	25/X	14/XI

Thời điểm tích lũy được lượng mưa 75 mm kể từ 1/I là thời điểm bắt đầu gieo trồng cây màu vụ đông xuân và 200 mm là thời điểm đủ nước để gieo trồng lúa đông xuân. Biết thời điểm lượng mưa tích lũy sau mốc (thời điểm còn tiếp tục mưa) 500 mm, 300 mm, 100 mm đến thời điểm ngày 31/XII để biết được khả năng gieo cấy vụ lúa nước thứ hai hoặc một vụ màu ngắn ngày [12, 14].

Từ phân tích trên ta có thể biết được thời điểm bắt đầu và kết thúc mùa mưa và biết được đến thời điểm nào trong năm còn mưa bao nhiêu nữa để có thể sắp xếp được mùa vụ phù hợp cho từng loại cây trồng. Qua kết quả tính lượng mưa lũy tích trước và sau các ngưỡng ta thấy cứ 5 năm thì có 4 năm (suất bảo đảm 80%) từ cuối tháng I hoặc đầu tháng II và đầu tháng III, ở hầu hết các nơi ở Kỳ Anh đã lũy tích được 75 mm mưa và từ cuối tháng III đến cuối tháng V đã lũy tích được 200 mm mưa. Tương tự ta thấy cứ 10 năm có 8 năm từ đầu tháng X đến cuối tháng X còn mưa ít nhất là 500 mm và từ giữa tháng X, đầu tháng XI còn mưa ít nhất là 300 mm và từ đầu tháng XI đến cuối tháng XI tháng còn mưa ít nhất 100 mm (Bảng 10).

d) Xác suất tuần khô, tuần ướt

Trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa ngay trong những tháng mùa mưa cũng thường xuất hiện các đợt khô hạn, gây cản trở cho SXNN, vì vậy một đặc trưng cần được quan tâm là xác suất 2 và 3 tuần khô (tuần khô là tuần có lượng mưa < 30 mm) liên tục để có biện pháp tưới tiêu hoặc bố trí mùa vụ nhằm tận dụng, hoặc né tránh được các tuần khô [5, 14]. Ở Kỳ

Anh xác suất xuất hiện 2, 3 tuần khô liên tục chủ yếu xuất hiện trong mùa ít mưa từ tháng I năm trước đến tháng IV năm sau. Tương tự như vậy tuần ướt là tuần có lượng mưa ≥ 30 mm, tuần ướt liên tục tùy từng nơi mà có thể xảy ra sớm hay muộn. Đây chính là tính chất riêng biệt về diễn biến của mưa ở Kỳ Anh, cần phải được đặc biệt lưu ý trong sản xuất vụ hè thu và vụ mùa. Vào mùa mưa: các tháng đầu mùa mưa (V, VI, VII) do hoạt động của gió tây khô nóng nên xác suất 3 tuần ướt liên tục thấp, nhưng vào tháng cuối mùa mưa (IX, X, XI) xác suất 3 tuần ướt liên tục luôn cao do hoạt động mạnh của các hệ thống gây mưa lớn kéo dài như bão, ATNĐ, dải hội tụ nhiệt đới,... (Bảng 11).

Bảng 11. Tần suất tuần khô, tuần ướt tại Kỳ Anh và khu vực lân cận (%).

Tháng	I			II			III			IV		
Tuần	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2Tk	24,4	25,6	34,9	31,4	57,9	71,8	71,0	82,2	54,8	78,6	73,9	62,1
3Tk	11,2	16,0	19,6	24,4	49,6	62,6	64,3	60,6	48,7	69,3	58,0	49,7
2Pu	45,9	14,0	23,3	20,1	11,0	4,1	14,0	0,8	5,1	1,7	5,4	4,2
3Pu	14,5	7,3	10,6	8,6	2,7	3,1	1,3	0,2	0,7	0,6	1,1	2,3
Tháng	V			VI			VII			VIII		
Tuần	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2Tk	52,1	29,1	30,3	30,6	42,7	48,2	67,4	66,6	62,0	42,5	47,1	22,3
3Tk	26,0	19,0	17,3	20,0	30,5	39,9	55,2	53,8	43,6	31,9	28,3	12,2
2Pu	19,4	14,6	40,1	24,8	12,5	16,3	4,7	3,7	6,8	22,2	16,5	47,1
3Pu	6,7	10,9	21,4	8,9	6,2	4,1	0,9	1,1	3,8	9,9	12,4	33,8
Tháng	IX			X			XI			XII		
Tuần	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2Tk	19,0	25,6	8,1	16,3	12,7	12,8	25,3	7,8	22,7	25,9	20,9	29,8
3Tk	19,0	12,8	5,7	8,9	6,3	9,9	9,5	4,8	14,1	11,1	12,8	17,4
2Pu	46,8	66,1	78,6	69,8	67,2	64,2	53,6	70,3	50,2	44,9	23,3	30,7
3Pu	41,6	62,1	71,5	61,0	57,9	50,9	47,6	56,2	38,8	20,4	14,0	24,2

Ghi chú: 2Tk: hai tuần khô, 3Tk: ba tuần khô; 2Pu: hai tuần ướt, 3Pu: ba tuần ướt.

e) Độ ẩm tương đối

Hàng năm ở Kỳ Anh có độ ẩm không khí khá cao, ngay trong những tháng khô hạn nhất của mùa hè, độ ẩm trung bình tháng vẫn thường trên 70%.

Thời kỳ có độ ẩm cao nhất ở Kỳ Anh thường xảy ra vào những tháng cuối mùa

đông khi khối không khí cực đới lục địa tràn về qua đường biển và khối không khí nhiệt đới biển Đông luân phiên hoạt động gây ra mưa phùn, độ ẩm không khí rất lớn đó là thời kỳ nhiều mưa phùn gió bắc vào tháng 2, tháng 3. Thời kỳ có độ ẩm không khí thấp nhất là tháng 6, 7 ứng với thời kỳ gió Tây khô nóng hoạt động mạnh mẽ nhất.

Kết quả tính toán ở bảng 12 cho thấy: Độ ẩm không khí trung bình năm tính chung cho cả huyện Kỳ Anh khoảng 84%, phân bố tương đối đồng đều ở các vùng và có sự biến động lớn giữa các tháng mùa cuối mùa đông và đầu mùa hè, tháng có độ ẩm thấp nhất là tháng VI và VII (71–73%), độ ẩm cao nhất là tháng I, II từ 90–92%.

Bảng 12. Độ ẩm không khí trung bình tháng, năm ở Kỳ Anh và các vùng lân cận.

Trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Vinh	89,1	90,8	90,3	88,1	81,3	75,0	73,6	80,0	85,4	86,9	85,8	86,0	84,4

Trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Hương Khê	89,4	90,3	89,0	85,8	80,8	77,1	74,8	81,4	85,9	88,4	88,0	88,0	84,9
Kỳ Anh	90,4	91,8	90,3	87,5	80,3	73,4	71,3	77,3	85,3	87,6	87,1	88,0	84,3
Hà Tĩnh	90,0	91,8	90,7	87,4	81,0	75,7	73,6	79,4	85,5	87,6	87,4	87,5	84,8
Tuyên Hoá	90,1	90,1	88,2	84,8	80,3	75,1	73,4	79,8	87,1	89,8	89,4	89,4	85,0
Ba Đồn	88,2	89,6	88,9	87,1	81,6	75,0	73,0	77,8	85,0	87,1	86,6	86,9	84,0

3.3. Thiên tai và các hiện tượng thời tiết cực đoan đối với SXNN

3.3.1. Bão và áp thấp nhiệt đới

Theo số liệu quan trắc, thông thường mùa mưa bão ở Kỳ Anh từ tháng 9 đến tháng 11. Tuy nhiên trong những năm gần đây, xu hướng bão có sự thay đổi. Cụ thể, khoảng thời gian có khả năng xảy ra bão trong năm được mở rộng hơn, có thể từ tháng 8 đến tháng 12. Số cơn bão đổ bộ vào Kỳ Anh thường ít hơn, nhưng sức tàn phá của nó thường khá mạnh.

Ở Kỳ Anh bình quân mỗi năm từ 1 đến 1,6 cơn. Bão ở đây thường xuất hiện từ tháng IX đến tháng XI, gây nhiều hậu quả xấu đến sản xuất và đời sống của nhân dân trong vùng. Do ảnh hưởng của bão thường gây ra mưa lớn, ở Kỳ Anh bình quân 1 cơn bão hoặc áp thấp nhiệt đới có thể mưa từ 100–200 mm, có nơi 400–500 mm vì vậy dễ gây lũ lụt lớn. Một số năm gần đây, Kỳ Anh nằm trong vùng tâm một số cơn bão. Tốc độ gió đạt tới trên cấp 12 (trên 32,7 m/s). Hầu hết các cơn bão đổ bộ vào đều có lượng mưa lớn từ 200–500 mm trên diện rộng, gây thiệt hại lớn cho SXNN và thủy sản.

3.3.2. Gió Tây khô nóng (GTKN)

Gió Tây khô nóng: Là một loại hình đặc biệt ở Kỳ Anh nói riêng và khu IV nói chung. GTKN xuất phát từ áp thấp khô nóng Ấn–Miền hoặc từ vịnh Ben–gan qua dải Trường Sơn trước khi đi vào Kỳ Anh. Tại đây xảy ra hiện tượng “phon” nghĩa là hơi nước được giữ lại ở phía tây Trường Sơn, khi xuống đồng Trường Sơn thì trở nên khô và nóng, nhưng thường chỉ xuất hiện từng đợt, nhiệt độ cao nhất lớn hơn 35°C, độ ẩm thấp nhất dưới 55%. Bình quân số ngày gió Tây khô nóng ở huyện Kỳ Anh là 30–50 ngày/năm, thường bắt đầu từ tháng III, kết thúc tháng IX cao điểm là tháng VII (Bảng 13). Các đợt GTKN thường được kết thúc bằng những đợt mưa, dông, mưa rào mạnh do tăng áp, ảnh hưởng bão, áp thấp nhiệt đới hoặc dải hội tụ nhiệt đới.

Gió tây khô nóng gây rất nhiều tác hại cho SXNN. Vào tháng III, tháng IV lúa đang làm đòng, trở bông mà gặp GTKN năng suất bị giảm sút nghiêm trọng, có khi bị mất trắng. GTKN làm tăng lượng bốc hơi nước trong không khí, cây cối bị mất nước, dễ bị chết, rất nguy hại cho mùa màng.

Để hạn chế tác hại của GTKN phải đảm bảo đủ nước tưới trong những ngày nắng nóng, gieo trồng đúng thời vụ, trồng cây gây rừng chắn gió, các kho tàng chuồng trại phải đúng quy cách, thoáng mát, hạn chế ảnh hưởng của GTKN.

Bảng 13. Số ngày gió tây khô nóng ở Kỳ Anh và một số khu vực lân cận.

Trạm	Tháng								Năm
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Vinh	0,3	1,2	7,3	9,9	13,4	6,4	0,7	0,0	39,2
Hà Tĩnh	0,2	0,7	1,5	7,2	9,4	13,8	6,5	0,0	39,3
Kỳ Anh	0,0	0,7	2,4	8,4	8,9	12,5	5,9	0,7	39,5
Tuyên Hoá	0,5	2,3	5,8	11,2	8,4	11,6	6,0	1,6	47,4

Trạm	Tháng								Năm
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Đồng Hới	0,0	0,3	1,2	7,3	9,9	13,4	6,4	0,7	39,2

3.3.3. Về hạn hán và xâm nhập mặn

Ở bên sườn khuất gió, hiệu ứng phơn, do gió tây–nam vượt qua dãy Trường Sơn, đã gây ra những đợt gió tây khô nóng kéo dài với nhiệt độ cao, độ ẩm thấp, làm gia tăng tính khắc nghiệt của hạn hán vốn có tốc độ diễn biến nhanh tại xã Kỳ Nam, tác động mạnh đến môi trường sinh thái trong vùng, trong đó đáng chú ý là tình trạng cạn kiệt nhanh nguồn nước dân sinh của vùng cao gần núi và thiếu nước dân sinh của vùng thấp ven biển, vì nước mặn xâm nhập sâu vào nội đồng và vùng dân cư. Nước biển đã tiến sát vào hàng phi lao trước đây trồng cách mép biển 20–30m, mặn lấn sâu vào nội đồng và khu dân cư. Khô hạn trước đây chỉ kéo dài 2–3 tháng, nay tới 4–5 tháng, thậm chí từ năm 2004 đến nay, hạn hán trên đất Kỳ Nam diễn ra 6 tháng (từ tháng 3–8). Những cánh đồng trồng được 2 vụ lúa trước kia, nay chỉ cấy được một vụ với năng suất thấp hoặc không trở đồng. Hạn hán kéo dài cũng gây hậu quả nghiêm trọng đối với kinh tế vườn: Năng suất các loại cây rau màu giảm 20–30%; Cây ăn quả bị chết, rụng quả, năng suất giảm 50%, chất lượng kém; Đồng cỏ bị khô táp, đàn gia súc giảm 1/3 tổng đàn; Một số giống cây trồng bị thoái hoá, như na, khoai môn [11].

3.3.4. Mưa lớn, xói mòn, thoái hóa đất

Do Kỳ Anh nằm ở bên sườn đón gió đông–nam từ biển thổi vào, nên trong thời kỳ mùa mưa, nhất là ba tháng 9–11, Kỳ Anh phải hứng chịu nhiều trận mưa với cường độ lớn, tới trên 500 mm/ngày. Lượng mưa lớn, tập trung, trong khi địa hình lại có độ dốc cao, đã dẫn đến hiện tượng xói mòn, rửa trôi mạnh. Đất vốn đã bạc màu do khô hạn, lại bị rửa trôi do mưa lũ lớn, nên suy thoái nghiêm trọng. Các loại cây trồng trong vườn gia đình có biểu hiện không cho thu hoạch, như cây na, trước kia vùng này trồng rất phù hợp cho quả khá, nhưng vài năm trở lại đây, cây na chỉ có hoa mà không kết trái, hoặc có quả nhưng lại bị khô quắt do đất bạc màu, thiếu dinh dưỡng, do khô hạn. Khoai lang bị hà nhiều hoặc không có củ, chuối đang xanh tốt đến mùa khô, nóng bị lụi dần từ ngọn xuống [11]. Bão, lũ, mưa lớn gây thiệt hại khá nặng nề cho SXNN và thủy sản, làm sụt giảm chất lượng tuyến đê ngăn mặn. Số diện tích bị nhiễm mặn tăng dần theo từng năm, đến nay ở xã Kỳ Nam huyện Kỳ Anh có tới gần 10 ha diện tích đất đã bị nhiễm mặn, thành hoang hóa. Giếng nước sinh hoạt ở vùng thấp đã bị nhiễm mặn thành nước lợ [11].

4. Kết luận

Do địa hình Kỳ Anh nằm trên dải đất hẹp ven biển có độ dốc lớn, Kỳ Anh chịu tác động của nhiều loại thiên tai đan xen lẫn nhau, điển hình là hạn hán, xâm nhập mặn, mưa lớn, bão lũ gây tác hại kép đối với kinh tế, xã hội và dân sinh trong vùng. Phần lớn lãnh thổ huyện Kỳ Anh có nhiệt độ trung bình năm từ 24–25°C. Mùa nóng là thời kỳ có nhiệt độ từ 24–29°C và mùa lạnh là thời kỳ có nhiệt độ nhỏ hơn 18–21°C. Mùa lạnh ở đây không quá khắc nghiệt, tuy nhiên cũng có thời kỳ xảy ra các đợt rét hại ảnh hưởng đến SXNN.

Biên độ nhiệt độ các tháng đạt 4,4–7,1°C. Biên độ nhiệt độ năm khoảng 5.0–6.0°C như vậy ở Kỳ Anh có khả năng trồng cây công nghiệp và cây ăn quả lâu năm có biên độ sinh thái rộng. Tổng nhiệt năm dao động từ 8.000–8.500°C. Với nguồn nhiệt này phần lớn diện tích vùng thung lũng bằng phẳng trồng được 2 vụ lúa, ở vùng núi cao chỉ trồng được 1 vụ lúa và 1 vụ màu.

Nhờ Đèo Ngang đón gió đông bắc vào cuối mùa hè đầu mùa đông, Kỳ Anh trở thành trung tâm mưa lớn của Hà Tĩnh. Ở Kỳ Anh lượng mưa phổ biến là 2600–3000 mm đủ đáp ứng cho nhu cầu SXNN cả năm nói chung. Tuy nhiên lượng mưa phân bố không đều trong năm. Lượng mưa tích lũy đầu mùa cuối mùa, xác suất 2–3 tuần khô úớt đã thể hiện quy luật

khá rõ ràng về sự phân bố mưa trong năm ở Kỳ Anh, vì vậy khi gieo trồng cần lưu ý thừa nước trong mùa mưa nhưng lại thiếu nước trong mùa khô, thậm chí xuất hiện lũ lụt, hạn hán gay gắt.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.V.K.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: D.V.K., Đ.Q.K.; Viết bản thảo bài báo: D.V.K., Đ.Q.K.; Chỉnh sửa bài báo: D.V.K., Đ.Q.K.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự hợp tác và tài trợ của tổ chức CARE Việt Nam và ICRAF Tổ chức Nông Lâm Thế giới. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của, Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Hà Tĩnh, Hội nông dân, Hội phụ nữ huyện Kỳ Anh tỉnh Hà Tĩnh trong quá trình khảo sát và thực hiện nghiên cứu này.

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

Tài liệu tham khảo

1. Viết, N.V. Khai thác tài nguyên khí hậu nông nghiệp Việt Nam, NXB Tài nguyên, Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 2012.
2. WMO. Guide to Agricultural Meteorological Practices, No. 134, 2010, 50–120.
3. Tài nguyên khí hậu nông nghiệp lãnh thổ các nước XHCN châu Âu. Viện Hàn lâm Khoa học Bulgaria, 1971, 210–252.
4. Konstantinov, A.R. Bốc hơi từ đồng ruộng. *Len.* **1968**, 3–15.
5. Dmitrienko, V.P. Những giá trị tối ưu và quy luật ảnh hưởng của lượng mưa và nhiệt độ đến năng suất cây trồng. *Ucraina* **1969**, 84, 252–273.
6. Khâm, D.V.; Ly, X.G. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến năng suất lúa ở miền Bắc Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Nam Kinh (Trung Quốc)* **2004**, 55–64.
7. Chen, C.; Mcnairn, H. A neural network integrated approach for rice crop monitoring. *Int. J. Remote Sens.* **2006**, 27, 1367–1393.
8. Kotera, A.; Toshihiro, S.; Masayuki, Y. Determining the Spatial Pattern of Rice Cropping Schedules using Time-Series Satellite Imagery of the Red River Delta, Vietnam. *Int. J. Geoinformatics* **2007**, 3(4), 366–374.
9. Ngử, N.Đ.; Hiệu, N.T. Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam. *NXB Nông nghiệp*, 2004.
10. Thứ, L.Đ. Tăng cường năng lực công tác thu thập số liệu KTNN phục vụ phát triển nông nghiệp bền vững và an ninh lương thực cho thế kỷ 21. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2001**, 10, 27–29.
11. Cục thống kê Hà Tĩnh, Niên giám thống kê Hà Tĩnh 2019.
12. Đáp, B.H. Cơ sở khoa học của vụ đông, NXB Nông nghiệp, 1978.
13. Khâm, D.V.; Ly, X.G. Nghiên cứu biến đổi khí hậu và biến đổi năng suất tiềm năng khí hậu ở miền Bắc Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Nam Kinh (Trung Quốc)* **2002**, 30–34.
14. Oldeman, L.R.; Frer, M. Nghiên cứu khí hậu nông nghiệp nhiệt đới ẩm Đông Nam Á. Bản dịch NXB Nông nghiệp, 1988.
15. Korova, L.A.; Burukun, B.M. Những phương pháp toán học trong đánh giá tài nguyên khí hậu nông nghiệp. *Len.* **1999**, 41–45.
16. Kadbhane, S.J.; Manekar, V.L. Development of agro-climatic grape yield model with future prospective. *Ital. J. Agrometeorol.* **2021**, 89–103.
17. Thắng, N.V.; Khiêm, M.V.; Mậu, N.Đ.; Trí, T.Đ. Nghiên cứu xác định chỉ tiêu hạn hán cho vùng Nam trung bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 3, 49–55.

18. Sơn, N.H.; Dương, T.H. Nghiên cứu, lựa chọn chỉ tiêu đánh giá và phân vùng khí hậu nông nghiệp khu vực Bắc Trung Bộ và Duyên hải Miền Trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2015**, 655, 37–42.
19. Vinh, P.T.; Bình, N.T.; Hương, B.T.T. Đánh giá ảnh hưởng của điều kiện khí hậu nông nghiệp đến cây trồng ngắn ngày ở khu vực Ninh Thuận và Bình Thuận. *Tạp chí Khoa học về trái đất* **2013**, 364–373.
20. Khâm, D.V.; Thái, T.H. Nghiên cứu đặc điểm diễn biến của hiện tượng rét hại khu, vực Tây Bắc và khả năng dự báo. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, 604, 43–48.
21. Anh, N.N.; Quyên, N.H.; Tam, T.T.; Yên, D.H.; Kham, D.V. Zoning agro-climatic factors and evaluating adaptation ability of arabica coffee in Muong Ang district, Dien Bien province. *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu* **2019**, 99–112.
22. Tuấn, Đ.T. Cơ sở khoa học của thời vụ gieo trồng. NXB Nông nghiệp, 1979.
23. Kham, D.V.; Quyên, N.H. Assessing the impact of minimum temperature on crop over Winter season in northwest mountain areas of Vietnam. *J. Sci.* **2012**, 92–99.
24. Sơn, N.V.; Khâm, D.V.; Tâm, T.T.; Hoa, N.H. Một số đánh giá tác động của thiên tai đến sản xuất nông nghiệp đề xuất một số biện pháp phòng tránh tỉnh Lào Cai. *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu* **2020**, 63–66.
25. Huỳnh, L.Q.; Viêt, N.V.; Cường, N.M. Cơ sở khí hậu nông nghiệp của thời vụ lúa mùa ở miền Bắc Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **1979**, 8, 15–20.

Evaluation of climate characteristics and agro-climatic conditions Ky Anh district, Ha Tinh province

Duong Van Kham^{1*}, Dang Quoc Khanh²

¹ Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change;
dvkham.kttv@gmail.com

² Vietnam Meteorological and Hydrological Administration; khanhdangkhtc@gmail.com

Abstract: Ky Anh is a district with complicated meteorological conditions, always facing a harsh climate, floods in the rainy season, prolonged droughts in the dry season, and fierce hot and dry southwest winds that greatly affect the country agricultural production. On the basis of meteorological data and agricultural production data in Ky Anh, applying statistical methods in climate, agro-climatology, the article has systematically assessed the climatic conditions climate, agricultural climate in Ky Anh. Includes: light conditions with a total of 1716 hours of sunshine per year. The average annual temperature is from 24–25°C. The monthly temperature range reaches 4.4–7.1°C, the annual temperature range is about 5.0–6.0°C. The total annual temperature ranges from 8,000 to 8,500°C. The average rainfall in Ky Anh is 2600–3000 mm, but the rainfall is unevenly distributed throughout the year. The cumulative rainfall at the beginning of the season, at the end of the season, the probability of 2–3 wet and dry weeks has shown quite clear rules about the distribution of rain in the year. These results are an important scientific basis for agricultural production planning, crop restructuring, and disaster mitigation in Ky Anh.

Keywords: Climate; Agro-climatology.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu đặc điểm một số chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển ven bờ khu vực phía Nam châu thổ sông Hồng

Lưu Việt Dũng^{1,2*}, Nguyễn Tài Tuệ^{2,1}, Phạm Văn Hiếu³, Nguyễn Doanh Khoa¹, Lê Văn Dũng¹

¹ Phòng thí nghiệm trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó biến đổi khí hậu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; dungluuviet@gmail.com; tuenguyentai@hus.edu.vn; khoa.k59ktdc@gmail.com; levandung.qlnmtkhtn@gmail.com

² Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; dungluuviet@gmail.com; tuenguyentai@hus.edu.vn; khoa.k59ktdc@gmail.com; levandung.qlnmtkhtn@gmail.com

³ Viện Nghiên cứu Biển và Hải đảo, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam; hieupv.env@gmail.com

*Tác giả liên hệ: dungluuviet@gmail.com; Tel.: +84-904729009

Ban Biên tập nhận bài: 12/9/2021; Ngày phản biện xong: 15/10/2021; Ngày đăng bài: 25/1/2022

Tóm tắt: Các chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển vùng bờ có vai trò hết sức quan trọng đối với các hệ sinh thái và các loài sinh vật vùng bờ nhưng sự gia tăng hàm lượng của các chất dinh dưỡng này cũng gây tác động tiêu cực lên các hệ sinh thái kể trên. Trong phạm vi của nghiên cứu này, hàm lượng của các chất dinh dưỡng gồm Amoni, Nitrate và Phosphate và các thông số hóa lý cơ bản trong môi trường nước biển vùng bờ tại khu vực phía nam Châu thổ sông Hồng đã được phân tích và đánh giá tại vùng cửa sông, rừng ngập mặn và vùng biển ven bờ. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị hàm lượng Nitrate có sự khác biệt rõ rệt giữa các khu vực lấy mẫu dao động từ $119 \pm 50,7$ $\mu\text{g/L}$, $192,3 \pm 47,5$ $\mu\text{g/L}$ đến $454,8 \pm 204,1$ $\mu\text{g/L}$ tương ứng với vùng biển ven bờ, rừng ngập mặn và cửa sông. Kết quả tương tự cũng được quan sát thấy với Amoni với hàm lượng tương ứng là $835,3 \pm 246,4$ $\mu\text{g/L}$, $405,7 \pm 126,7$ $\mu\text{g/L}$, và $295,6 \pm 73,2$ $\mu\text{g/L}$ tương ứng với vùng cửa sông, rừng ngập mặn và vùng biển ven bờ. Các chất dinh dưỡng như Amoni và Nitrate đã vượt quá giới hạn cho phép theo QCVN 10-MT:2015/BTNMT và tiêu chuẩn môi trường ASEAN đối với môi trường nước biển ven bờ cho mục đích nuôi trồng thủy sản và bảo tồn thủy sinh. Nghiên cứu cũng chỉ ra vai trò của rừng ngập mặn trong việc hấp thu các chất dinh dưỡng được vận chuyển từ lục địa ra vùng ven biển và cần tiếp tục thực hiện các nghiên cứu liên tục trong thời gian tới nhằm làm rõ vấn đề này.

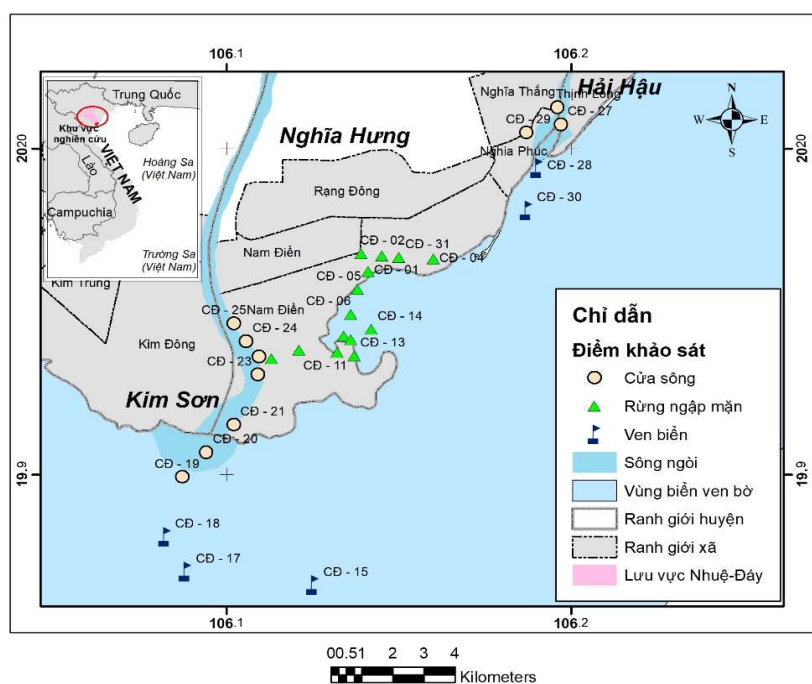
Từ khóa: Rừng ngập mặn; Cửa sông; Vùng bờ; Dinh dưỡng; Châu thổ sông Hồng.

1. Mở đầu

Vùng bờ là nơi tập trung nhiều hoạt động kinh tế quan trọng như công nghiệp, cảng biển, nuôi trồng thủy sản (NTTS), du lịch,... nhưng cũng là nơi tiếp nhận các nguồn ô nhiễm từ đất liền, có nguy cơ cao về ô nhiễm môi trường và mức độ tổn thương từ biến đổi khí hậu [1]. Một trong những nguồn gây ô nhiễm vận chuyển từ đất liền ra vùng cửa sông, ven biển là các chất dinh dưỡng như N, P, Si có thể gây ra tác động đến môi trường biển ven bờ như phú

dưỡng, hình thành vùng môi trường chết (*hypoxia*), tác động trực tiếp đến các hệ sinh thái (HST) và đa dạng sinh học [2–4]. Các nguồn ô nhiễm các chất dinh dưỡng ảnh hưởng đến môi trường biển bao gồm: các nhà máy, khu đô thị đô thị, sản xuất nông nghiệp, chất thải sinh hoạt, nuôi trồng thủy sản ven biển. Sự gia tăng hàm lượng Phospho có nguồn gốc từ lục địa có thể gây ra suy giảm chất lượng môi trường nước, trầm tích và đa dạng sinh học trong khu vực rừng ngập mặn tại Brazil và Ấn Độ [2, 5, 6]. Tuy nhiên, sự gia tăng nồng độ các chất dinh dưỡng cũng thể hiện tác động tích cực như làm gia tăng và phát triển của hệ sinh thái rừng ngập mặn [7], nâng cao tốc độ sinh trưởng, sinh khối của rừng ngập mặn theo thời gian [8]. Các chất dinh dưỡng này cũng có vai trò quan trọng đối với sự phát triển của ác loài thực vật phù du, góp phần duy trì lưới thức ăn tại các HST ven biển.

Như vậy, có thể nhận thấy các nguồn dinh dưỡng từ lục địa có các vai trò khác nhau đối với các hệ sinh thái biển như rừng ngập mặn, vùng nước cửa sông và các bãi triều ven biển. Nghiên cứu về tải lượng chất dinh dưỡng tại sông Hồng cho thấy các hoạt động tưới tiêu nông nghiệp và thoát thải từ môi trường đất là nguyên nhân chính dẫn đến gia tăng hàm lượng N, P trong nguồn nước sông Hồng [9]. Các nghiên cứu gần đây cũng chỉ ra hàm lượng chất dinh dưỡng N, P, Si trong nước sông Hồng đã dần đến điểm giới hạn xảy ra phú dưỡng trong giai đoạn hiện nay [10]. Vì vậy, việc nghiên cứu và đánh giá được vai trò và tác động của các chất dinh dưỡng tại khu vực châu thổ sông Hồng hiện nay cũng là vấn đề cần được quan tâm nhằm bảo vệ các HST và đa dạng sinh học trong thời gian tới. Trong phạm vi của nghiên cứu này, hàm lượng các chất dinh dưỡng gồm Amoni, Nitrate, Phosphate và các thông số hóa lý trong môi trường nước biển được thu thập và phân tích tại khu vực cửa sông, rừng ngập mặn và ven bờ nhằm đánh giá được mức độ tích lũy các chất dinh dưỡng và nguy cơ ảnh hưởng đến môi trường và các hệ sinh thái trong khu vực phía nam châu thổ sông Hồng.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và điểm lấy mẫu tại khu vực phía Nam châu thổ sông Hồng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại khu vực ven biển nằm phía Nam châu thổ sông Hồng (thuộc khu dự trữ sinh quyển cửa sông Hồng), giới hạn bởi khu vực cửa sông Đáy và cửa

sông Ninh Cơ. Đây là khu vực tập trung nhiều hoạt động phát triển kinh tế xã hội ven biển như nuôi trồng và đánh bắt thủy hải sản, nông nghiệp nhưng ít phát triển hoạt động công nghiệp, cảng biển. Tuy nhiên, khu vực này còn chịu ảnh hưởng bởi nguồn chất thải từ lưu vực sông Nhuệ–Đáy được vận chuyển từ cửa sông Đáy ra vùng biển khu vực châu thổ Sông Hồng. Khu vực này còn tập trung các hệ sinh thái đất ngập nước quan trọng như rừng ngập mặn, vùng nước cửa sông, bãi triều ven biển,.. có vai trò quan trọng đối với duy trì sinh kế của cộng đồng địa phương và cung cấp nguồn lợi thủy hải sản giá trị. Sơ đồ khu vực nghiên cứu được thể hiện trong Hình 1.

2.2. Khảo sát thực địa và lấy mẫu

Các mẫu nước biển ven bờ được thu thập và khảo sát tại 03 khu vực cửa sông, rừng ngập mặn và ven bờ tại khu vực phía. Mẫu nước biển ven bờ tầng mặt được thu thập 01 lần khi triều cao vào tháng 01/2020 bao gồm 05 mẫu nước tại vùng biển ven bờ, 14 mẫu nước tại các khu vực rừng ngập mặn và 10 mẫu nước tại cửa sông (Hình 1). Vị trí lấy mẫu được thực hiện kéo dài từ khu vực cửa sông Ninh Cơ đến cửa sông Đáy thuộc khu vực phía Nam châu thổ sông Hồng. Mẫu nước thu thập được chứa trong chai nhựa PE nguyên sinh, bảo quản ngay trong thùng đá và vận chuyển về phòng thí nghiệm trước khi tiến hành phân tích thành phần các chất dinh dưỡng. Các thông số hiện trường được tiến hành đo đạc trực tiếp tại hiện trường sau khi thu thập mẫu.

2.3. Phương pháp xác định thành phần chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển

2.3.1. Phương pháp xác định các thông số hóa lý môi trường

Các thông số hóa lý môi trường nước biển ven bờ bao gồm pH, TDS, Eh, Độ muối được đo đạc trực tiếp tại hiện trường bằng hệ thống đo nhanh đa chỉ tiêu Horiba WQC 30 với các điện cực kỹ thuật số 300-PH2 cho pH, 300-C2 cho độ muối và TDS, điện cực thủy tinh 9300-10D cho giá trị thế oxy hóa khử Eh. Sai số của thiết bị trong quá trình đo đạc hiện trường là không quá 0,5% đối với điện cực kỹ thuật số và 0,1 mV đối với điện cực thủy tinh.

2.3.2. Phương pháp phân tích Amoni, Nitrate và Phosphat trong môi trường nước biển

Hàm lượng Amoni, Nitrate và Phosphat trong môi trường nước biển được phân tích bằng hệ thống phân tích tự động dòng liên tục CFA Skalar SAN++ (*Skalar Analytical BV, Breda, The Netherlands*) tại Phòng thí nghiệm trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó Biến đổi Khí hậu, Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên. Trước khi tiến hành phân tích, mẫu nước được lọc qua giấy lọc định lượng nhằm loại bỏ các vật chất lơ lửng có kích thước lớn hơn 10 μm . Mẫu nước biển ven bờ sau khi lọc được giữ trong thùng đá và được phân tích ngay trong ngày lọc mẫu.

Quá trình phân tích tự động Amoni ($\text{NH}_4\text{-N}$) được dựa trên phản ứng Berthelot, trong đó Amoni được clo hóa thành monochloramin và được cho phản ứng với phenol. Trong quá trình phản ứng, Natri nitroprusside và Natri hypochlorit được sử dụng là chất xúc tác cho phản ứng. Sản phẩm phản ứng tạo thành phức chất màu xanh lục và được đo đạc bằng đầu dò quang học với bước sóng 630 nm. Đối với mẫu có hàm lượng Amoni dự kiến cao hơn 500 $\mu\text{g/L}$ sẽ được pha loãng ít nhất 2 lần trước khi tiến hành phân tích. Nguyên lý của phân tích Nitrate ($\text{NO}_3\text{-N}$) trong môi trường nước biển sử dụng phương pháp khử Cadimi; mẫu phân tích được tự động đưa cùng dung dịch đệm pH 8,2 quá cột chứa cadimi phụ động để khử Nitrate trong nước biển thành Nitrite. Nitrite sau phản ứng được xác định bằng cách diazo hóa với Sulfanilamide và kết hợp với N-(1-naphthyl) Ethylene diamine dihydrochloride để tạo thành màu hồng và được đo ở bước sóng 540nm. Hàm lượng Phosphat ($\text{PO}_4\text{-P}$) trong nước biển được xác định bằng phản ứng giữa Amoni heptamolybdate và Kali antimony (III) oxide tartrate trong môi trường axit vừa với dung dịch chứa phosphate để tạo phức Amoni-

Phospho-Molybdate. Phức chất này trong quá trình khử có màu xanh lam đậm khi phản ứng với L (+)-Ascorbic axit và được đo ở bước sóng 880nm. Các modul phản ứng và lấy mẫu được vận hành tự động thông qua hệ thống CFA SAN++ và phần mềm điều khiển FlowAccess V3 của hãng Skalar [11].

2.3.4. Kiểm soát chất lượng phân tích

Trong quá trình thực hiện phân tích, việc kiểm soát chất lượng phân tích được thực hiện theo hướng dẫn của hãng Skalar và thực hiện phân tích mẫu lặp trong quá trình phân tích [11]. Các hóa chất chuẩn phục vụ phân tích được sử dụng xây dựng đường chuẩn và kiểm tra chất lượng phân tích bao gồm Natri nitrate (*Merck 106537*), Amoni Clorua (*Merck 101145*) và Kali Dihydro phosphate (*Merck104873*). Giới hạn phát hiện của phép phân tích có thể đạt được đối với Nitrate và Amonium là 5 µg/l và Phosphate là 2 µg/l. Sau 10 mẫu phân tích, một mẫu chất chuẩn được lặp lại nhằm hiệu chỉnh sự biến đổi tín hiệu (nếu có) của đầu dò trong quá trình phân tích. Việc hiệu chuẩn kết quả phân tích này được thực hiện tự động trong phần mềm FlowAccess V3. Các mẫu lặp của chất chuẩn và mẫu phân tích được đánh giá nhằm đảm bảo mức độ sai khác giữa các lần phân tích không quá 5%, giá trị R của đường chuẩn phân tích trong khoảng 0,99 đến 0,999.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả phân tích mẫu được xử lý bằng phần mềm FlowAccess V3 và xuất dữ liệu phân tích ra Microsoft Excel. Kết quả phân tích được xử lý thống kê bằng phần mềm SPSS và các biểu đồ được thực hiện bằng phần mềm Sigmaplot. Nhằm đánh giá sự khác biệt về các thông số hóa lý môi trường và hàm lượng các chất dinh dưỡng giữa các khu vực vùng biển ven bờ, cửa sông và rừng ngập mặn, phép thống kê phân tích phương sai (ANOVA) và phân tích tương quan được thực hiện bằng phần mềm SPSS. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các khu vực lấy mẫu được ghi nhận nếu giá trị $p < 0,05$.

3. Kết quả và Thảo luận

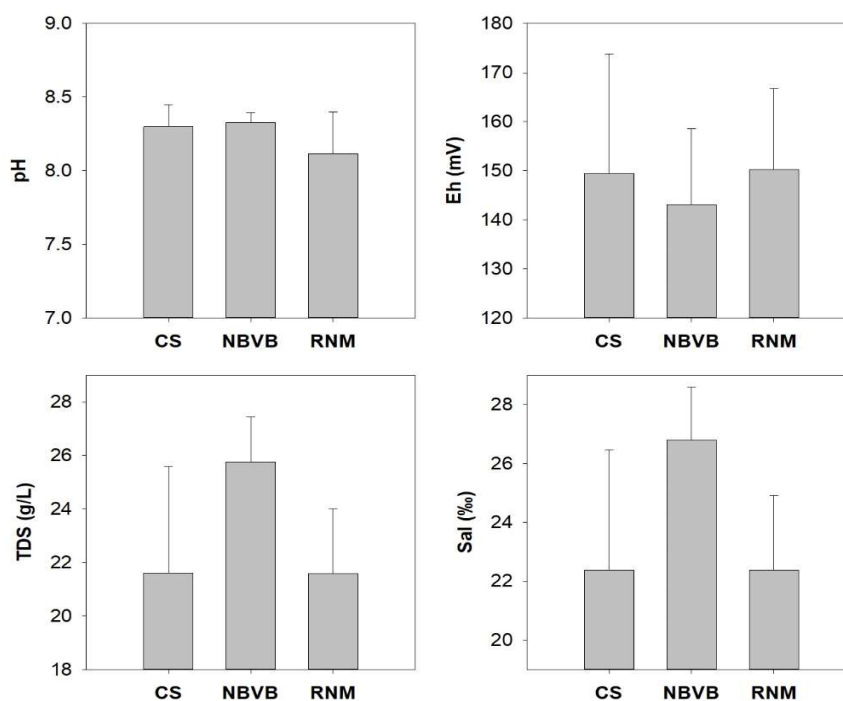
3.1. Đặc điểm các thông số hóa lý môi trường nước tại khu vực nghiên cứu

Đặc điểm các thông số hóa lý môi trường nước biển tại khu vực nghiên cứu gồm pH, Eh, TDS và độ muối (Sal) được thể hiện trong Hình 2. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị pH dao động từ 7,5 đến 8,6 và không thấy có giá trị khác biệt giữa các khu vực lấy mẫu. Giá trị pH trung bình (\pm SD) của từng khu vực là $8,3 \pm 0,1$, $8,3 \pm 0,1$ đến $8,1 \pm 0,3$ với mẫu nước biển ven bờ, cửa sông và rừng ngập mặn (Hình 2). Tương tự như pH, giá trị Eh cũng không cho thấy sự khác biệt giữa các khu vực lấy mẫu với khoảng dao động từ 121,9 đến 189,2 mV, giá trị trung bình tương ứng là $143,1 \pm 15,4$ mV, $149,4 \pm 24,4$ mV, và $150,3 \pm 16,4$ mV cho mẫu nước biển ven bờ, cửa sông và rừng ngập mặn. Giá trị pH và Eh tại khu vực nghiên cứu có mức độ tương quan nghịch trung bình (Bảng 1). Từ kết quả giá trị pH và Eh cho thấy khu vực nghiên cứu nằm trong nhóm môi trường kiềm yếu - oxy hóa yếu ($7,5 < \text{pH} < 8,5$; $100\text{mV} < \text{Eh} < 150\text{mV}$) và môi trường kiềm yếu - oxy hóa mạnh ($7,5 < \text{pH} < 8,5$; $\text{Eh} > 150\text{mV}$).

Đặc điểm độ muối dao động từ 11,7 đến 29,3 ‰ và có sự khác biệt rõ ràng giữa khu vực cửa sông và rừng ngập mặn với nước biển ven bờ (ANOVA, $F = 4,237$, $p < 0,05$). Giá trị trung bình (\pm SD) của độ muối tương ứng là $22,4 \pm 2,5\%$, $22,4 \pm 4,1\%$ và $26,8 \pm 1,8\%$ cho khu vực rừng ngập mặn, cửa sông và nước biển ven bờ (Hình 2). Xu thế tương ứng cũng diễn ra với TDS khi hàm lượng TDS trong nước biển tại khu vực nghiên cứu dao động từ 11,3 đến 28,2 g/L, giá trị trung bình (\pm SD) là $21,6 \pm 2,4$, $21,6 \pm 4,0$ và $25,8 \pm 1,7$ g/L cho khu vực rừng ngập mặn, cửa sông và nước biển ven bờ (Hình 2).

Nhìn chung, giá trị độ muối và TDS thể hiện xu thế phù hợp với nước biển tại các vùng cửa sông và rừng ngập mặn với giá trị độ muối biến thiên lớn và có liên quan trực tiếp đến

nguồn nước ngọt từ lục địa chảy ra biển. Đặc điểm các thông số môi trường tại khu vực nghiên cứu đều có giá trị tương đương với các khu vực cửa sông khác tại Việt Nam và không thể hiện các dấu hiệu bất thường về đặc điểm môi trường [12–13]. Tuy nhiên, đặc điểm các thông số về môi trường nước biển ven bờ và cửa sông có sự biến động theo mùa [13–14] nên việc tiến hành các nghiên cứu tiếp theo nhằm đánh giá biến động đặc điểm môi trường theo thời gian tại khu vực này là rất cần thiết trong các nghiên cứu tiếp theo.



Hình 2. Đặc điểm các thông số hóa lý môi trường nước biển vùng bờ khu vực nghiên cứu.

Ghi chú: CS: Cửa sông; NBVB: Nước biển ven bờ; RNM: Rừng ngập mặn

Bảng 1. Hệ số tương quan giữa các thông số hóa lý môi trường và hàm lượng các chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển.

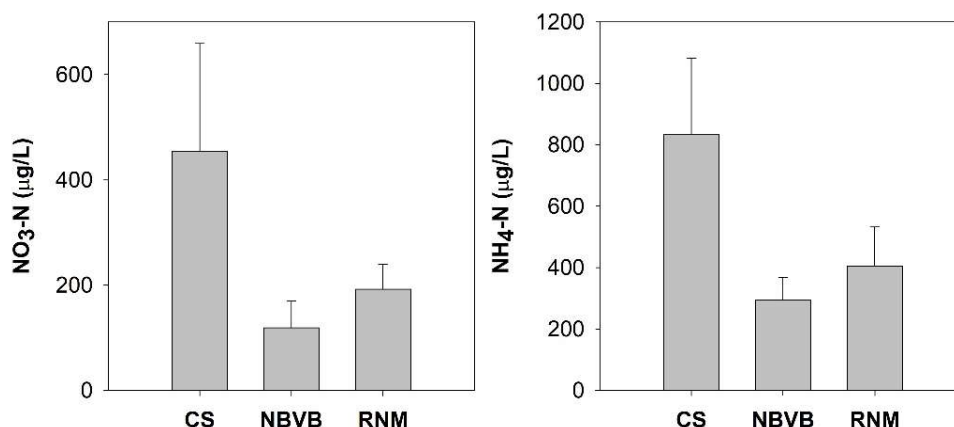
	pH	Eh	TDS	Độ muối	PO ₄ -P	NO ₃ -N	NH ₄ -N
pH		-0.455*					
Eh	-0.455*						
TDS				0.999**	-0.475**	-0.399*	-0.370*
Độ muối			0.999**		-0.473**	-0.390*	
PO ₄ -P			-0.475**	-0.473**		0.485**	0.499**
NO ₃ -N			-0.399*	-0.390*	0.485**		0.953**
NH ₄ -N			-0.370*		0.499**	0.953**	

* Hệ số tương quan với giá trị p < 0,05; ** Hệ số tương quan với giá trị p < 0,001

3.2. Đặc điểm phân bố các chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển vùng bờ khu vực nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị hàm lượng NO₃-N trong môi trường nước biển vùng bờ tại khu vực nghiên cứu dao động từ 80 đến 853,1 µg/L với giá trị trung bình (±SD) là 270,2±184,6 µg/L. Giá trị trung bình hàm lượng NO₃-N trong môi trường nước biển ven bờ tương ứng là 119±50,7 µg/L, 192,3±47,5 µg/L đến 454,8±204,1 µg/L với vùng biển ven bờ, rừng ngập mặn và cửa sông (Hình 3). Kết quả phân tích cũng cho thấy giá trị NO₃-N có sự

khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các khu vực (ANOVA, $F = 16.945$, $p < 0,001$) và thể hiện xu hướng giảm dần từ cửa sông tới rừng ngập mặn và nước biển ven bờ.



Hình 3. Đặc điểm phân bố hàm lượng NO₃-N và NH₄-N trong môi trường nước biển vùng bờ tại các khu vực nghiên cứu.

Hàm lượng NH₄-N trong môi trường nước biển ven bờ tại khu vực nghiên cứu cũng có sự dao động mạnh từ 220,1 đến 1325,1 µg/L với giá trị trung bình (\pm SD) là 534,8 \pm 280,2 µg/L. Hàm lượng NH₄-N thể hiện xu hướng tương tự như Nitrate với sự giảm rõ rệt từ cửa sông ra môi trường nước biển ven bờ (ANOVA, $F = 23,814$, $p < 0,001$), với giá trị trung bình tương ứng là 295,6 \pm 73,2 µg/L, 405,7 \pm 126,7 µg/L và 835,3 \pm 246,4 µg/L cho nước biển ven bờ, rừng ngập mặn và cửa sông. Hàm lượng PO₄-P không có sự khác biệt quá lớn giữa các khu vực nghiên cứu với khoảng dao động từ 1,6 đến 44,1 µg/L và giá trị trung bình (\pm SD) là 7,5 \pm 9,2 µg/L. Một số điểm có giá trị PO₄ cao hơn so với môi trường xung quanh nằm tại khu vực cửa sông và rừng ngập mặn, gần các cửa cống trao đổi nước của hoạt động NTTS trong đê. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy hàm lượng chất dinh dưỡng có sự dao động lớn trong môi trường nước tại khu vực cửa sông và mức độ dao động giảm dần tại khu vực rừng ngập mặn và nước biển ven bờ. Tuy nhiên, giá trị hàm lượng NH₄-N và NO₃-N trong khu vực có dấu hiệu tăng cao, với giá trị hàm lượng NH₄-N đều vượt quá QCVN 10:2015 về nước biển ven bờ cho vùng nuôi trồng thủy sản và bảo tồn thủy sinh đối với nước biển ven bờ và rừng ngập mặn, còn tại khu vực cửa sông thì hàm lượng Amoni đã vượt quá giá trị giới hạn (GTGH) gây ô nhiễm môi trường nước. Đối với Nitrate trong nước biển ven bờ, trong QCVN 10-MT:2015/BTNMT không quy định hàm lượng Nitrate nhưng khi đối sánh với tiêu chuẩn môi trường ASEAN thì hàm lượng Nitrate đã vượt từ 2-8 lần so với GTGH (60 µg/L) [15]. Mặc dù các loài sinh vật và hệ sinh thái có ngưỡng chịu đựng độc tính với hàm lượng các chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển khá cao, sự gia tăng hàm lượng các chất dinh dưỡng cũng là vấn đề đáng quan tâm và xử lý trong thời gian tới [16–18]. Ngoài ra, thời điểm lấy mẫu nghiên cứu được thực hiện trong mùa khô với hàm lượng các chất dinh dưỡng tại các cửa sông miền Bắc có xu hướng thấp hơn so với mùa mưa [13–14], nên việc đánh giá tác động tích lũy và lâu dài của ô nhiễm các chất dinh dưỡng lên các loài sinh vật cũng rất cần thiết được thực hiện trong các nghiên cứu tiếp theo.

Kết quả đánh giá tương quan cho thấy giá trị hàm lượng các chất dinh dưỡng có tương quan nghịch ở mức trung bình đối với giá trị TDS và độ muối. Hàm lượng PO₄-P có tương quan thuận ở mức trung bình đối với NO₃-N và NH₄-N, trong đó NO₃-N và NH₄-N có tương quan thuận rất cao. Sự tương quan giữa NO₃-N và NH₄-N trong môi trường biển gắn liền với các nguồn phát sinh chất dinh dưỡng và quá trình địa hóa của Nitơ trong môi trường nước biển và cửa sông [19]. Đối với hàm lượng PO₄-P có giá trị thấp trong môi trường biển nhưng sự tương quan thuận giữa PO₄-P với NO₃-N và NH₄-N có thể liên quan đến nguồn gốc phát tán của các chất dinh dưỡng từ lục địa ra môi trường [20]. Như vậy xu hướng hàm lượng của

các chất dinh dưỡng giảm dần từ khu vực cửa sông ra rừng ngập mặn và nước biển ven bờ. Xu hướng phân bố này phù hợp với quá trình pha loãng và hấp thụ chất ô nhiễm tại cửa sông và rừng ngập mặn trước khi được đưa ra môi trường nước biển ven bờ [21].

Bảng 2. So sánh hàm lượng các chất dinh dưỡng tại khu vực nghiên cứu với một số khu vực khác trong và ngoài nước.

Khu vực nghiên cứu	Môi trường	NH ₄ -N (µg/L)	NO ₃ -N (µg/L)	PO ₄ -P (µg/L)	Tài liệu tham khảo
Nam châu thổ sông Hồng	Rừng ngập mặn	405,7±126,7	192,3±47,5	8,2±7,9	Khu vực nghiên cứu
	Cửa sông	835,3±246,4	454,8±204,1	8,9±12,6	
	Nước biển ven bờ	295,6±73,2	119±50,7	2,8±1,3	
Vân Đồn Hải Phòng	Lạch triều	126,8-151,9	80,9-86,5	23,85-24,14	[14]
	Cửa sông và nước biển ven bờ	16,5-571,5	86,7-285,4	8,81-39,0	[13]
Nha Trang (2017)	Nước biển ven bờ	21,15±17,42	32 ±0,93	7,64 ± 4,57	[22]
Vũng Tàu (2017)	Nước biển ven bờ	16,10 ± 5,71	87 ± 25	13,47 ± 2,87	[22]
Nam Du, Kiên Giang	Nước biển	27-136	16-42	5-13	[23]
Cần Giờ Phuket (Thái Lan)	Cửa sông	150-300	600-1500	150-320	[24]
Vịnh Panguil (Phi-líp-pin)	Biển ven bờ	0-93,15	0-41,3	0-81,30	[25]
Merbok (Malaysia)	Biển ven bờ	-	300-900	100-500	[26]
Merbok (Malaysia)	Cửa sông	100-1180	50-210	60-80	[27]
GTGH		100* (QCVN 10-MT:2015/BTNMT)	60** (ASEAN)	200* (QCVN 10-MT:2015/BTNMT)	

* QCVN 10-MT:2015/BTNMT đối với nước biển ven bờ cho nuôi trồng thủy hải sản và bảo tồn thủy sinh

** Tiêu chuẩn môi trường ASEAN đối với nước biển ven bờ cho bảo tồn thủy sinh

Dựa trên các kết quả đã phân tích kể trên, môi trường nước biển tại khu vực nghiên cứu đã có xu hướng gia tăng hàm lượng các chất dinh dưỡng và cao hơn khá nhiều so với các khu vực khác trong và ngoài nước (Bảng 2). So sánh với khu vực ở miền Bắc Việt Nam, giá trị NO₃-N và NH₄-N tương đối cao so với các vùng biển và cửa sông khác như đảo Vân Đồn [14], cửa sông Cấm và Bạch Đằng [13], và tương đương với khu vực Cần Giờ, thành phố Hồ Chí Minh [24], Vịnh Panguil, Phi-líp-pin và cửa sông Merbok, Malaysia [26-27]. Giá trị hàm lượng NO₃-N và NH₄-N trong khu vực này cũng cao hơn rõ rệt so với các vùng biển ven bờ khác tại Việt Nam như Vũng Tàu, Nha Trang, Kiên Giang [22-23] hay Phuket (Thái Lan) [25]. Nguồn phát sinh của các chất dinh dưỡng này chủ yếu từ các hoạt động nhân sinh do con người gây ra như nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản, công nghiệp, chất thải đô thị,... và một phần nhỏ do các quá trình tự nhiên như phân hủy vật chất hữu cơ và phát triển của vi sinh vật [25, 28]. Do vậy, các cửa sông như tại khu vực nghiên cứu, khu vực cửa sông Bạch Đằng, khu vực Cần Giờ gần các khu đô thị và khu vực phát triển nông nghiệp thường thể hiện xu hướng có hàm lượng các chất dinh dưỡng cao hơn các vùng biển mở khác, đồng thời đã đạt tới ngưỡng GTGH của QCVN 10-MT:2015/BTNMT và tiêu chuẩn môi trường ASEAN.

Một trong những nguyên nhân có thể dẫn đến sự gia tăng hàm lượng các chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển ven bờ khu vực nghiên cứu liên quan đến sự ô nhiễm môi trường tại lưu vực sông Nhuệ Đáy trong thời gian qua. Nguyên nhân của hiện tượng này do đầu

nguồn của hệ thống sông này tiếp nhận trực tiếp phần lớn nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp từ các đô thị, khu dân cư và các khu-cụm công nghiệp tại Hà Nội, Hà Nam, Ninh Bình, Nam Định [12]. Nhằm giảm thiểu hàm lượng các chất dinh dưỡng này trong môi trường nước biển và cửa sông cần có các giải pháp xử lý từ nguồn phát thải trong lục địa, xử lý nước thải NTTS tại các khu vực ven biển. Ngoài ra, việc tiếp tục trồng và bảo vệ rừng ngập mặn ven biển cũng là một giải pháp làm giảm tải lượng các chất dinh dưỡng thải ra môi trường biển do chức năng lọc các chất ô nhiễm và làm chậm quá trình phát tán các chất ô nhiễm của HST này tại khu vực cửa sông ven biển [19, 21]. Trong nghiên cứu này, giá trị hàm lượng các chất dinh dưỡng thể hiện xu hướng giảm rõ rệt từ cửa sông tới rừng ngập mặn và nước biển ven bờ, thể hiện rừng ngập mặn trong khu vực này cũng có giá trị đối với việc hấp thụ và giảm thiểu hàm lượng các chất dinh dưỡng trong môi trường. Để làm rõ được các quá trình kể trên, các nghiên cứu về biến đổi hàm lượng chất dinh dưỡng theo không gian và thời gian là rất cần thiết được thực hiện tại khu vực này trong thời gian tới.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy khu vực phía nam châu thổ sông Hồng tại thời điểm lấy mẫu đã có dấu hiệu gia tăng hàm lượng các chất dinh dưỡng (Amoni, Nitrate) trong nước biển ven bờ tại các khu vực rừng ngập mặn, cửa sông và nước biển ven bờ. Một số điểm tại khu vực này cho thấy giá trị hàm lượng các chất dinh dưỡng (Amoni, Nitrate) đã vượt quá GTGH trong QCVN 10-MT:2015/BTNMT và Tiêu chuẩn môi trường ASEAN. Tuy nhiên, hàm lượng các chất dinh dưỡng trong nước biển ven bờ tại các khu vực có rừng ngập mặn có giá trị thấp hơn rõ rệt so với khu vực cửa sông, thể hiện vai trò là “màng lọc tự nhiên” giúp lắng đọng và hấp thụ các chất ô nhiễm từ lục địa trước khi thải ra môi trường biển. Nhìn chung, khu vực vùng bờ phía nam Châu thổ sông Hồng đã bước đầu xảy ra hiện tượng gia tăng hàm lượng các chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển ven bờ, nếu xảy ra trong thời gian dài sẽ dẫn đến nguy cơ phú dưỡng và tác động trực tiếp đến hệ sinh thái rừng ngập mặn, vùng nước cửa sông và các hệ sinh thái đất ngập nước khác trong khu vực. Vì vậy, các nghiên cứu có tính liên tục theo không gian và thời gian là rất cần thiết được thực hiện trong thời gian tới để làm rõ sự biến động theo không gian và thời gian của hàm lượng các chất dinh dưỡng trong môi trường nước biển ven bờ.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Đại học Quốc gia Hà Nội, mã số QG19.01. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của các cơ quan địa phương trong quá trình khảo sát và thực hiện nghiên cứu này.

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

Tài liệu tham khảo

1. Tạng, V.T. Sinh thái học các hệ cửa sông Việt Nam (khai thác, duy trì và quản lý tài nguyên cho phát triển bền vững). 2009.
2. Barcellos, D. Phosphorus enriched effluents increase eutrophication risks for mangrove systems in northeastern Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* **2019**, *142*, 58–63.
3. Fauzi, A. Shrimp pond effluent dominates foliar nitrogen in disturbed mangroves as mapped using hyperspectral imagery. *Mar. Pollut. Bull.* **2013**, *76(1)*, 42–51.

4. Fauzi, A. Eutrophication of mangroves linked to depletion of foliar and soil base cations. *Environ. Monit. Assess.* **2014**, 186(12), 8487–8498.
5. Manna, S. Dynamics of Sundarban estuarine ecosystem: eutrophication induced threat to mangroves. *Saline Systems*, **2010**, 6(1), 8.
6. Mukhopadhyay, S. Fluxes of nutrients from the tropical River Hooghly at the land–ocean boundary of Sundarbans, NE Coast of Bay of Bengal, India. *J. Mar. Syst.* **2006**, 62(1–2), 9–21.
7. Dangremond, E.M. Nitrogen Enrichment Accelerates Mangrove Range Expansion in the Temperate–Tropical Ecotone. *Ecosystems* **2020**, 23, 703–714.
8. Hayes, M.A. The contrasting effects of nutrient enrichment on growth, biomass allocation and decomposition of plant tissue in coastal wetlands. *Plant Soil* **2017**, 416(1), 193–204.
9. Luu, T.N.M. N, P, Si budgets for the Red River Delta (northern Vietnam): how the delta affects river nutrient delivery to the sea. *Biogeochemistry* **2012**, 107(1), 241–259.
10. Le, T.P.Q. Long-term biogeochemical functioning of the Red River (Vietnam): past and present situations. *Reg. Environ. Change* **2015**, 15(2), 329–339.
11. Skalar Analytical BV. Skalar SAN++ user guide. Breda, The Netherlands, 2019.
12. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2018: Môi trường nước lưu vực sông, 2018.
13. Trang, C.T.T. Water quality in Cam-Bach Dang estuary area. In IRD Symposium on marine science, Hai Phong, 2013.
14. Tran, T.T.T. Nghiên cứu, xác định một số yếu tố dinh dưỡng môi trường nước noi Ngán cư trú ở ven bờ biển Tỉnh Quảng Ninh. *VNU J. Sci. Earth Environ. Sci.* **2017**, 33(1), 82–89.
15. Secretariat, A. ASEAN Marine Water Quality Management Guidelines and Monitoring Manual, in Australia Marine Science and Technology Ltd. (AMSAT), Australia, 2008.
16. Randall, D.J.; Tsui, T.K.N. Ammonia toxicity in fish. *Mar. Pollut. Bull.* **2002**, 45(1), 17–23.
17. Jensen, F.B. Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. *Comp. Biochem. Physiol. A: Mol. Integr. Physiol.* **2003**, 135(1), 9–24.
18. Eddy, F.B. Ammonia in estuaries and effects on fish. *J. Fish Biol.* **2005**, 67(6), 1495–1513.
19. Tanaka, K.; Choo, P.S. Influences of nutrient outwelling from the mangrove swamp on the distribution of phytoplankton in the Matang Mangrove Estuary, Malaysia. *J. Oceanogr.* **2000**, 56(1), 69–78.
20. Gurmeet Singh, R.C.; Rajesh, K.R.; Prasad, M.B.; Ramanathan, A.L. Phosphorus dynamics in mangroves of India. *Curr. Sci.* **2015**, 108(10), 1874–1881.
21. Lin, B.B.; Dushoff, J. Mangrove filtration of anthropogenic nutrients in the Rio Coco Solo, Panama. *Manage. Environ. Qual. Int. J.* **2004**, 15(2), 131–142.
22. Tâm, P.H. Chất lượng nước biển ven bờ từ dữ liệu các trạm quan trắc môi trường phía Nam Việt Nam (2013–2017). *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2018**, 34, 95–109.
23. Lưu, N.T.; Đỗ, A.D.; Nguyễn, C.T. Hiện trạng môi trường nước, trầm tích quần đảo Nam Du, Kiên Giang, Việt Nam. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2021**, 57(2), 21–27.
24. Pham, T.L. Environmental gradients regulate the spatio-temporal variability of phytoplankton assemblages in the Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Vietnam. *Ocean Sci. J.* **2017**, 52(4), 537–547.

25. Reopanichkul, P. Wastewater discharge degrades coastal waters and reef communities in southern Thailand. *Mar. Environ. Res.* **2010**, *69(5)*, 287–296.
26. Canini, N.D.; Metillo, E.B.; Azanza, R.V. Monsoon-influenced phytoplankton community structure in a Philippine mangrove estuary. *Trop. Ecol.* **2013**, *54(3)*, 331–343.
27. Fatema, K.; Maznah, W.W.; Isa, M.M. Spatial and temporal variation of physico-chemical parameters in the Merbok Estuary, Kedah, Malaysia. *Trop. Life Sci. Res.* **2014**, *25(2)*, 1.
28. Downing, J.A.; McClain, M.; Twilley, R.; Melack, J.M.; Elser, J. The impact of accelerating land-use change on the N–Cycle of tropical aquatic ecosystems: Current conditions and projected changes. *Biogeochemistry* **1999**, *46*, 109–148.

Characteristics of selected nutrients in coastal waters from the southern Red River Delta

Luu Viet Dung^{1,2*}, Nguyen Tai Tue^{2,1}, Pham Van Hieu³, Nguyen Doanh Khoa¹, Le Van Dung¹

¹ Key Laboratory of Geoenvironment and Climate Change Response, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam; dungluuviet@gmail.com; tuenguyentai@hus.edu.vn; khoa.k59ktdc@gmail.com; levandung.qlnmtkhtn@gmail.com

² Faculty of Geology, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam; dungluuviet@gmail.com; tuenguyentai@hus.edu.vn; khoa.k59ktdc@gmail.com; levandung.qlnmtkhtn@gmail.com

³ Vietnam Institute of Sea and Islands, Vietnam Administration of Sea and Islands; hieupv.env@gmail.com

Abstract: Nutrients in coastal waters play essential roles for coastal ecosystems and organisms, but the increasing concentration of these nutrients also negatively impacts the environment. The present study collected and analyzed the content of nutrients, including Ammonium, Nitrate, Phosphate, and physicochemical parameters of coastal waters from the southern Red River Delta. Results showed that the concentration of Nitrate significantly decreased from estuaries, mangroves to nearshore waters with an average of 454.8 ± 204.1 $\mu\text{g/L}$, 192.3 ± 47.5 $\mu\text{g/L}$ to 119 ± 50.7 $\mu\text{g/L}$, respectively. Similar results were observed for Ammonium concentrations with an average value of 295.6 ± 73.2 $\mu\text{g/L}$, 405.7 ± 126.7 $\mu\text{g/L}$, to 835.3 ± 246.4 $\mu\text{g/L}$, for nearshore waters, mangroves, and estuaries, respectively. According to Vietnam (QCVN 10-MT:2015/BTNMT) and ASEAN environmental standards for coastal marine environments, the concentration of Ammonium and Nitrate has exceeded the allowable limit. The study also points to the role of mangroves in absorbing nutrients transported from the mainland to the coastal area and further investigation is necessary to clarify this process in the coastal area.

Keywords: Mangroves; Estuary; Coastal zone; Nutrients; Red River Delta.

Bài báo khoa học

Đánh giá chất lượng nước mặt do ảnh hưởng của các hoạt động tại khu vực thành phố Cần Thơ

Nguyễn Thành Tâm^{1*}, Trần Quốc Bảo², Huỳnh Vương Thu Minh², Nguyễn Trường Thành², Bùi Thị Bích Liên², Nguyễn Đào Tuyết Minh¹

¹ Viện Nghiên cứu Phát triển Đồng bằng sông Cửu Long, Trường Đại học Cần Thơ; ngttam@ctu.edu.vn; minhB1811482@student.ctu.edu.vn

² Khoa Môi trường & Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ; hvtminh@ctu.edu.vn; ntthanh@ctu.edu.vn; btblieu@ctu.edu.vn; baotran15101996@gmail.com

*Tác giả liên hệ: ngttam@ctu.edu.vn; Tel.: +84-909186071

Ban Biên tập nhận bài: 3/9/2021; Ngày phản biện xong: 23/10/2021; Ngày đăng bài: 25/1/2022

Tóm tắt: Nguồn nước mặt ngày càng ô nhiễm do điều kiện tự nhiên và các hoạt động của con người. Chính vì thế, việc theo dõi, đánh giá và kiểm soát chất lượng nguồn nước mặt là nhiệm vụ quan trọng và cấp bách trong giai đoạn hiện nay. Nghiên cứu đã tiến hành thu thập số liệu chất lượng nước mặt giai đoạn 2000–2020 và khảo sát người dân ở các vùng xung quanh các nguồn thải: (i) khu dân cư (quận Ninh Kiều), (ii) khu công nghiệp (quận Bình Thủy), (iii) khu trồng cây ăn trái (huyện Phong Điền) và (iv) khu trồng lúa (quận Ô Môn, Thới Lai và Cờ Đỏ). Kết quả nghiên cứu cho thấy các thời điểm lấy mẫu trong năm khác biệt không nhiều và có xu hướng xấu hơn ở tháng 12, cụ thể pH và nhiệt độ không khác biệt giữa các khu vực nghiên cứu. Chất lượng nước mặt tốt nhất ở khu vực trồng cây ăn trái và xấu nhất ở khu vực dân cư. Nguyên nhân gây ô nhiễm nước mặt do có nhiều công ty, khu công nghiệp chưa xử lý chất thải tốt. Các chất thải được thải trực tiếp xuống sông ngày càng nhiều và do sử dụng quá nhiều phân bón và thuốc bảo vệ thực vật nên cần có biện pháp quản lý và xử lý tốt các nguồn thải trong thời gian tới.

Từ khóa: Khu dân cư; Khu công nghiệp; Khu trồng lúa; Các nguồn nước thải.

1. Mở đầu

Ô nhiễm nước mặt đã và đang là vấn đề nghiêm trọng đối với Việt Nam nói riêng và thế giới nói chung. Chính vì thế, trong thời gian qua đã có rất nhiều nghiên cứu nhằm tìm hiểu các nguyên nhân làm ảnh hưởng đến môi trường nước mặt. Trong đó, nghiên cứu về các quá trình tự nhiên và con người làm ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt ở miền trung Bangladesh [1], hay đánh giá về chất lượng nước mặt ở Bắc Hy Lạp [2], nghiên cứu về sự thay đổi của chất lượng nước theo mùa vụ và địa điểm ở Thổ Nhĩ Kỳ [3],... Đặc biệt các tác giả còn nghiên cứu ảnh hưởng của hoạt động nông nghiệp đến chất lượng nước mặt [3–7], ảnh hưởng của khu công nghiệp đến chất lượng nước mặt [8–9] hay đô thị hóa làm ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt [10]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này được triển khai trên một hoặc hai hoạt động lên chất lượng nước mặt mà chưa so sánh giữa nhiều tác nhân với nhau.

Đối với Việt Nam, môi trường nước mặt là một vấn đề quan tâm hàng đầu của Chính phủ Việt Nam, chính quyền địa phương và cả dân cư [11–12] vì cuối cùng chất lượng nước mặt ảnh hưởng rất lớn đến sức khỏe đời sống của con người [13–14]. Trong đó bao gồm cả

sức khỏe thể chất, lẫn sức khỏe tinh thần. Do tầm quan trọng của chất lượng nước mặt [14] nên quy chuẩn về chất lượng nước mặt đã được Chính phủ cập nhật thường xuyên trong thời gian qua. QCVN 08–MT:2015/BTNMT (QCVN 08) [15]. Năm 2020, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã đưa ra dự thảo bổ sung thêm một số quy định về chất lượng môi trường nước [16]. Mặc dù sự quan tâm của các bên liên quan, nhưng chất lượng nước mặt hiện đang đối mặt với tình trạng ô nhiễm trầm trọng [14, 17] bởi sự gia tăng dân số quá nhanh, sự tăng trưởng ồ ạt của nền công nghiệp và sự đô thị hóa không kiểm soát của các thành phố lớn trong cả nước [13, 18] và do các hoạt động nông nghiệp gây ra. Sự ô nhiễm nguồn nước mặt có thể do nhiều nguồn khác nhau, trong đó, do ý thức của con người [19], do thiên tai và biến đổi khí hậu gây ra [14]. Các nghiên cứu về yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt đã được thực hiện [7, 18–21], nhưng đa phần các tác giả chỉ nghiên cứu một hoạt động làm ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt như ảnh hưởng của khu công nghiệp, ảnh hưởng của dân cư, ảnh hưởng của trồng lúa đến chất lượng môi trường nước mặt. Chưa có nhiều nghiên cứu so sánh nhiều yếu tố tác động làm ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt, trong đó cụ thể là tại thành phố Cần Thơ (TPCT). Trong bối cảnh đó, cần có cái nhìn tổng quát về diễn biến của chất lượng nước mặt và nguồn gây ô nhiễm trong một thời gian dài qua các số liệu thu thập, quan trắc hàng năm, kết hợp với sự đánh giá thực tế và cảm nhận thực tế về chất lượng nguồn nước đã thay đổi như thế nào trong khoảng thời gian 20 năm qua. Nghiên cứu đã tiến hành thu thập số liệu thứ cấp về chất lượng nguồn nước mặt ở TPCT giai đoạn 2000–2020 về các chỉ tiêu lý hóa của nước tương tự nghiên cứu của [21] và kết hợp với phương pháp phỏng vấn nông hộ trên địa bàn TPCT. Nghiên cứu chọn địa bàn TPCT làm vùng nghiên cứu vì đây là vùng giữa nguồn sông Mê Công và có đầy đủ các hoạt động làm ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước mặt như trồng lúa, trồng cây ăn trái, các khu công nghiệp và có mật độ dân cư tập trung cao ở các khu vực trung tâm của thành phố. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xác định xem các yếu tố nào ảnh hưởng chính đến chất lượng nước mặt và diễn biến của chất lượng nước mặt như thế nào trong 20 năm qua tại TPCT.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng và khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu này đã thực hiện đánh giá và khảo sát quan điểm của người dân về chất lượng môi trường nước mặt tại TPCT ở 4 khu vực có các hoạt động làm ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước mặt như: (1) Khu vực dân cư; (2) Khu công nghiệp; (3) Khu vực trồng cây ăn trái và (4) Khu vực trồng lúa tại TPCT. Chi tiết về vị trí quan trắc chất lượng nước được thể hiện qua Hình 1.

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

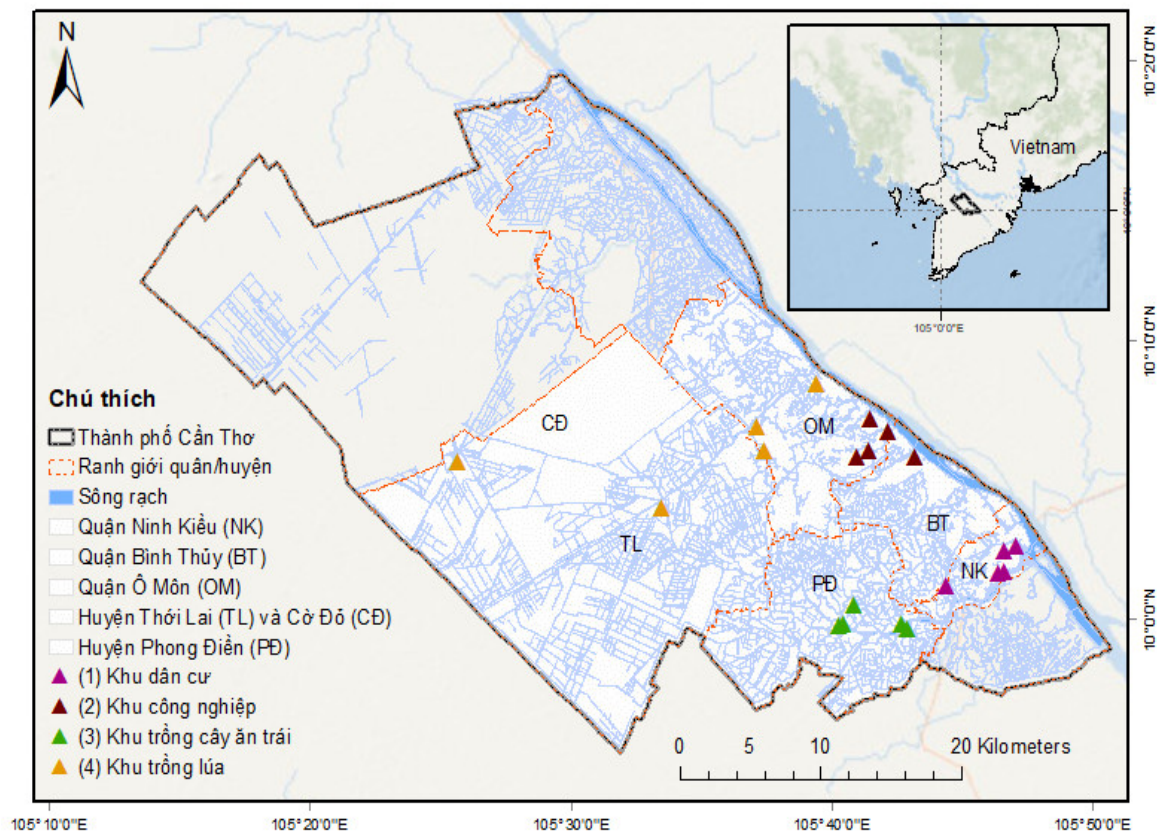
2.2.1. Số liệu thứ cấp

Các số liệu thứ cấp về chất lượng nguồn nước mặt được thu thập tại Trung tâm Quan trắc Tài nguyên và Môi trường – Sở Tài nguyên và Môi trường TPCT về các chỉ tiêu: nhiệt độ, pH, nhu cầu oxy sinh hóa (BOD_5), nhu cầu oxy hóa học (COD), oxy hòa tan (DO), amoni (NH_4^+), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-) và PO_4^{3-} trong giai đoạn 20 năm từ năm 2000 đến 2020 vào các tháng 3, 6, 9 và 12 hàng năm tại 20 địa điểm nghiên cứu thuộc 4 vùng nghiên cứu khác nhau (Hình 1).

2.2.2. Số liệu sơ cấp

Số liệu sơ cấp được thực hiện bằng phương pháp điều tra nông hộ theo biểu câu hỏi soạn sẵn và theo phương pháp thuận tiện ngẫu nhiên theo 4 vùng nghiên cứu thuộc địa bàn TPCT. Cỡ mẫu thu thập cho tổng khu vực nghiên cứu là 145 mẫu. Các chỉ tiêu thu thập về: khảo sát về nguồn nước cung cấp cho các mục đích sử dụng nước, các biện pháp xử lý trước khi thải

ra nguồn tiếp nhận, đánh giá nhận thức của người dân về môi trường nước, các nguyên nhân và giải pháp khắc phục.



Hình 1. Vị trí các điểm quan trắc chất lượng nước tại TPCT giai đoạn 2000–2020.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phương pháp thống kê mô tả để mô tả các thông số về chất lượng nước mặt và các số liệu khảo sát tại vùng nghiên cứu.

Sử dụng phương pháp phân tích phương sai ANOVA và phép thử DUNCAN để so sánh chất lượng nước mặt tại các vùng nghiên cứu khác nhau (vùng sản xuất lúa, vùng trồng cây ăn trái, vùng dân cư, khu công nghiệp).

Sử dụng Quy chuẩn quốc gia (QCVN 08–MT:2015/BTNMT) về chất lượng nước mặt để so sánh và đối chiếu với chất lượng nước mặt tại TPCT.

Sử dụng phương pháp phân tích tương quan để xác định sự tương quan giữa các chỉ tiêu chất lượng nước và theo tiến độ thời gian (năm).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả nghiên cứu chất lượng nước mặt tại TPCT giai đoạn 2000–2020

3.1.1. Kết quả chất lượng nước mặt theo khu vực nghiên cứu

Kết quả phân tích thống kê Bảng 1 cho thấy, có 8 chỉ tiêu có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về chất lượng giữa 4 khu vực nghiên cứu như: DO, BOD₅, COD, TSS, NH₄⁺, Fe, NO₂⁻ và NO₃⁻ ở mức ý nghĩa thống kê 1%. Các chỉ tiêu về pH, nhiệt độ và PO₄³⁻ khác biệt không ý nghĩa ở mức 5%.

Giá trị pH trung bình giữa 4 khu vực nghiên cứu trong giai đoạn 20 năm đạt 7,09 và dao động từ 7,07 (khu vực dân cư) đến 7,14 (khu công nghiệp). Nhìn chung giá trị pH của địa

bàn TPCT đạt mức A1 theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2), điều này cho thấy giá trị pH phù hợp cho các động vật thủy sinh và các mục đích sử dụng khác.

Nhiệt độ nước trung bình ở tất cả các địa điểm đạt 27,2°C và sự khác biệt không có ý nghĩa ở mức ý nghĩa thống kê 5% ở 4 khu vực. Do khu vực nghiên cứu hoàn toàn trong phạm vi TPCT và nền nhiệt không khí tương đối đồng đều nên nhiệt độ nước ở các khu vực nghiên cứu không khác biệt.

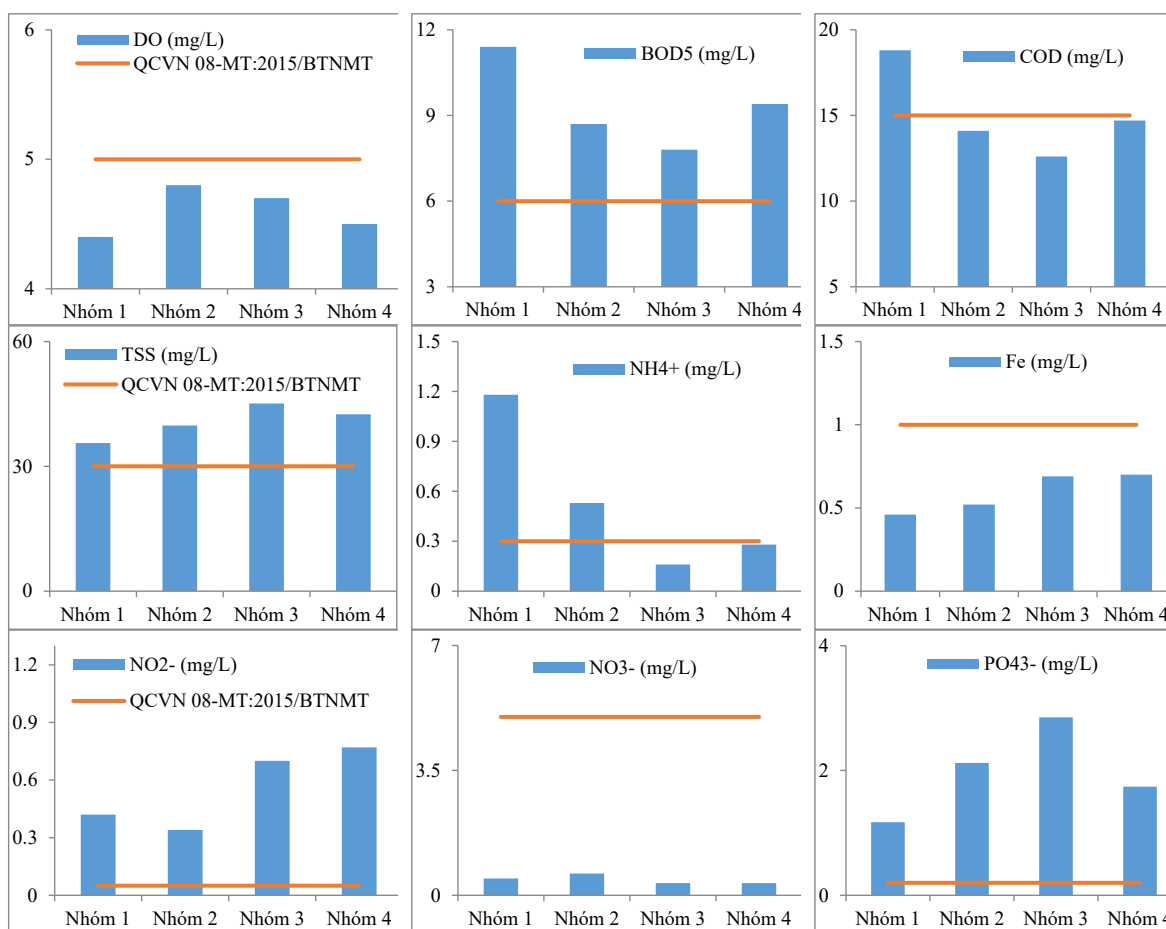
Chỉ tiêu hàm lượng oxy hòa tan (DO) có sự khác biệt giữa bốn khu vực nghiên cứu ở mức ý nghĩa 1%. Trung bình hàm lượng oxy hòa tan đạt 4,6 mg/L. Khu vực Khu công nghiệp có hàm lượng DO cao nhất (4,8 mg/L) và khác biệt có ý nghĩa so với 3 khu vực còn lại. Trong khi đó, hàm lượng DO thấp nhất ở Khu dân cư (4,4 mg/L). DO cao hơn có thể cho thấy khả năng tự làm sạch của các vùng nước tốt hơn. Tuy nhiên, giá trị oxy hòa tan đo được tại khu vực nghiên cứu tương đối thấp, do đó có thể gây ra sự thiếu hụt cho các thủy sinh vật, cụ thể chỉ đạt cột B1 theo quy chuẩn QCVN 08–MT:2015/BTNMT, có thể phục vụ tưới tiêu hoặc thủy lợi (Hình 2). DO ở các vùng nước mặt tại Cần Thơ không thực sự thích hợp đối với đời sống thủy sinh [24]. Từ số liệu chất lượng nước cho thấy DO thấp là do ô nhiễm bởi các chất hữu cơ.

Hàm lượng COD cao nhất ở khu dân cư (18,8 mg/L) và khác biệt ý nghĩa so với các khu vực còn lại. Trong khi, 3 khu vực còn lại có hàm lượng COD không khác biệt thống kê, bên cạnh đó khu vực trồng cây ăn trái có khuynh hướng có hàm lượng COD thấp nhất (12,6 mg/L). Trung bình hàm lượng COD của 4 khu vực nghiên cứu là 15,1 mg/L. Xét tổng thể, trung bình hàm lượng COD của tất cả các khu vực nghiên cứu đạt mức B1. Tuy nhiên, nếu đánh giá theo khu vực thì chỉ có khu vực dân cư có hàm lượng COD ở mức B1, các khu vực còn lại đạt mức A2 theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2). Ở sông Hậu, COD dao động từ $11,68 \pm 3,76 - 13,54 \pm 4,72$ mg/L [23] được coi là giàu dinh dưỡng [25]. Trong nghiên cứu này, COD chỉ ra rằng các thủy vực ở khu vực nghiên cứu ở mức trung bình, cho thấy chất lượng nước có dấu hiệu bị ô nhiễm. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu về chất lượng nước mặt ở quận Ninh Kiều trong hai năm 2018 và 2019 [22].

Hàm lượng BOD₅ trung bình của các khu vực nghiên cứu đạt 9,4 mg/L, giá trị này đạt mức B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2). Cụ thể, hàm lượng BOD₅ đạt giá trị nhỏ nhất ở khu vực trồng cây ăn trái (7,8 mg/L). Trong khi đó, hàm lượng BOD₅ cao nhất hay xấu nhất đối với chất lượng nước khu vực nghiên cứu là khu dân cư (11,4 mg/L). Qua kết quả BOD₅ cho thấy, tại khu dân cư, các chất ô nhiễm dạng dễ phân hủy sinh học nhiều hơn và chất lượng nước mặt thấp hơn khu vực trồng cây ăn trái.

Các nghiên cứu trước đây cho thấy nồng độ BOD₅ trong các thủy vực ở tỉnh An Giang là $6,6 \pm 1,2 - 8,2 \pm 2,5$ mg/L [26] và ở tỉnh Sóc Trăng là $2,2 - 22,4$ mg/L [27]. BOD₅ và COD là các thông số chất lượng nước có thể chỉ ra các chất ô nhiễm hữu cơ [28] có nguồn gốc từ chăn nuôi, bãi chôn lấp, sinh hoạt, dịch vụ và các hoạt động khác [29].

Xét về chỉ tiêu tổng chất rắn lơ lửng trong nước (TSS), kết quả Bảng 1 cho thấy trung bình TSS của 4 khu vực là 39,7 mg/L và dao động từ 35,6–45,1 mg/L. Trong nghiên cứu này, tổng chất rắn lơ lửng đối với khu vực trồng cây ăn trái là cao nhất (45,1 mg/L), khác biệt ý nghĩa so với khu dân cư (35,6 mg/L), nhưng không khác biệt ý nghĩa so với khu vực trồng lúa (42,5 mg/L) và khu công nghiệp (39,8 mg/L). Chỉ tiêu TSS của các khu vực nghiên cứu đều đạt mức B1 theo tiêu chuẩn QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2). Tuy nhiên, chỉ tiêu này khác nhau phụ thuộc vào mục đích sử dụng nước khác nhau ở các khu vực. Chẳng hạn, đối với khu vực trồng lúa, người dân cần có lượng phù sa có trong nước đầu vào để cải tạo đất trong mùa lũ. Bên cạnh đó, quá trình xả thải vào nguồn tiếp nhận từ khâu làm đất, vệ sinh đồng ruộng đã làm chỉ tiêu TSS ở khu vực này cao hơn so với các khu vực khác. TSS là mối quan tâm chính đối với chất lượng nước ở Việt Nam nói chung và Đồng bằng sông Cửu Long nói riêng vì nó dẫn đến chất lượng nước thấp hơn và chi phí xử lý cao hơn [23].



Hình 2. Biểu đồ quan trắc chất lượng nước mặt so với QCVN 08:2015/BTNMT (cột A2).

Hàm lượng amoni (NH_4^+) trung bình giữa bốn khu vực là 0,56 mg/L, đạt mức B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2). Trong đó, giá trị amoni cao nhất ở khu vực dân cư (1,18 mg/L, vượt mức B2) và khác biệt so với các khu vực còn lại. Hàm lượng NH_4^+ thấp nhất ở khu vực trồng cây ăn trái (0,16 mg/L, đạt mức A1) nhưng khác biệt không ý nghĩa so với khu vực trồng lúa (0,28 mg/L, đạt mức A1). Amoni có mặt trong môi trường nước có nguồn gốc từ các quá trình chuyển hóa khác nhau như nông nghiệp, sinh hoạt và công nghiệp. So với QCVN 08–MT:2015/BTNMT, chỉ tiêu amoni của khu vực trồng cây ăn trái và khu vực trồng lúa đạt mức A1, trong khi khu công nghiệp đạt mức B1 và khu dân cư vượt mức B2 1,3 lần (Hình 2).

Hàm lượng sắt (Fe) trong nước dao động từ 0,46–0,7 mg/L và trung bình là 0,59 mg/L. Hàm lượng sắt cao ở khu vực trồng lúa và trồng cây ăn trái với lần lượt là 0,7 mg/L và 0,69 mg/L, cao hơn và khác biệt so với khu công nghiệp và khu dân cư (0,52 và 0,46 mg/L). Theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT thì hàm lượng sắt khu vực dân cư đạt mức A1, các khu vực còn lại thuộc mức A2 (Hình 2).

Hàm lượng nitrit (NO_2^-) trong nước cũng có sự khác biệt ý nghĩa giữa bốn khu vực nghiên cứu. Trung bình hàm lượng nitrit là 0,55 mg/L và dao động từ 0,34–,7 mg/L (Bảng 1). Tương tự chỉ số sắt, chỉ số nitrit cũng cao ở khu vực trồng lúa và trồng cây ăn trái (0,77 mg/L và 0,7 mg/L) và thấp ở khu vực dân cư và khu công nghiệp (0,42 mg/L và 0,34 mg/L). Chỉ tiêu này theo quy định phải dưới 0,05 mg/L (QCVN 08–MT:2015/BTNMT), do đó chỉ số này đã vượt khoảng 10–15 lần so với QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2).

Chỉ số nitrat (NO_3^-) của cả 4 khu vực nghiên cứu đều nhỏ hơn mức chuẩn A1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2). Cụ thể, Bảng 1 cho thấy, chỉ số này trung bình giữa bốn khu vực nghiên cứu là 0,45 mg/L, thấp hơn 4,5 lần so với quy định. Hàm lượng nitrat thấp nhất

ở khu vực trồng lúa và khu vực trồng cây ăn trái (0,34 mg/L) và cao nhất ở khu công nghiệp (0,61 mg/L).

Xét về chỉ tiêu hàm lượng phosphate (PO_4^{3-}), kết quả Bảng 1 cho thấy có sự khác biệt không ý nghĩa giữa 4 khu vực nghiên cứu. Trung bình hàm lượng PO_4^{3-} là 1,89 mg/L và dao động từ 1,17 mg/L (khu dân cư) đến 2,85 mg/L (khu vực trồng cây ăn trái). Chỉ tiêu này vượt giới hạn mức tối đa B2 (3,8 lần) theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2). Nguồn PO_4^{3-} có thể đến từ chất tẩy rửa trong sinh hoạt, phân bón trong nông nghiệp, nước thải công nghiệp sản xuất bột giặt. Khi hàm lượng PO_4^{3-} cao sẽ làm cho rong rêu và tảo trong nước phát triển.

Tóm lại, kết quả nghiên cứu giai đoạn từ năm 2000–2020 về chất lượng nước mặt của TPCT đã cho thấy giá trị pH, nhiệt độ và PO_4^{3-} là không có sự khác biệt giữa các khu vực nghiên cứu trên địa bàn TPCT. Tuy nhiên, các chỉ tiêu BOD₅, COD và TSS, NH_4^+ , Fe, NO_2^- và NO_3^- có sự khác biệt có ý nghĩa giữa các khu vực. Chất lượng nước mặt ở các khu vực đều đạt mức B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT. Trong đó, đáng lưu ý, riêng chỉ tiêu NO_2^- và PO_4^{3-} vượt giới hạn cho phép nhiều lần (vượt mức B2) theo QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 2). Từ kết quả trên cho thấy nước mặt tại khu vực nghiên cứu đang có dấu hiệu bị ô nhiễm hữu cơ và nguy cơ xuất hiện tình trạng phú dưỡng hóa. Do đó, cần phải có những giải pháp cải thiện chất lượng môi trường sớm [22]. Chất lượng nước mặt ít bị ô nhiễm nhất ở khu vực trồng cây ăn trái và bị ô nhiễm nhiều nhất ở khu vực dân cư.

Bảng 1. Các chỉ tiêu về chất lượng nước mặt tại TPCT theo bốn khu vực.

Khu vực	pH	Nhiệt độ (oC)	DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	Fe (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
1	7,07	27,2	4,4 ^c	11,4 ^a	18,8 ^a	35,6 ^b	1,18 ^a	0,46 ^b	0,42 ^b	0,47 ^{a,b}	1,17
2	7,14	27,2	4,8 ^a	8,7 ^{b,c}	14,1 ^b	39,8 ^{a,b}	0,53 ^b	0,52 ^b	0,34 ^b	0,61 ^a	2,12
3	7,08	27,2	4,7 ^{ab}	7,8 ^c	12,6 ^b	45,1 ^a	0,16 ^c	0,69 ^a	0,70 ^a	0,34 ^b	2,85
4	7,09	27,2	4,5 ^{bc}	9,4 ^b	14,7 ^b	42,5 ^a	0,28 ^{b,c}	0,70 ^a	0,77 ^a	0,34 ^b	1,74
TB	7,09	27,2	4,6	9,4	15,1	39,7	0,56	0,59	0,55	0,45	1,89
F	0,095 ^{ns}	0,994 ^{ns}	0,003 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,014 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,325 ^{ns}

Ghi chú: (1) Khu dân cư; (2) Khu công nghiệp; (3) Khu vực trồng cây ăn trái; (4) Khu vực trồng lúa. ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%; *: Khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 5%; **: Khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1%. Trong cùng một cột các chữ theo sau các số giống nhau thì khác biệt không ý nghĩa về mặt thống kê.

3.1.2. Kết quả chất lượng nước mặt theo thời gian lấy mẫu trong năm

Diễn biến của chất lượng nước mặt theo thời gian lấy mẫu trong năm được thể hiện ở Bảng 2. Kết quả cho thấy, chỉ tiêu về pH, nhiệt độ, sắt (Fe), nitrit (NO_2^-) và PO_4^{3-} có sự khác biệt ý nghĩa thống kê trong 4 đợt lấy mẫu trong năm. Trong khi các chỉ tiêu DO, BOD₅, COD, TSS, NH_4^+ và NO_3^- lại không có sự khác biệt thống kê ở mức 5%. Giá trị pH trung bình cả năm là 7,1 và đa phần các tháng trong năm đều có pH bằng 7,1, ngoại trừ đợt lấy mẫu tháng 3 có giá trị pH là 7,2. Nhìn chung, sự biến động giá trị về pH là không đáng kể giữa các đợt lấy mẫu nước trong năm ở tất cả 20 địa điểm nghiên cứu. Trung bình nhiệt độ nước là 27,2°C và dao động từ 26,8°C (tháng 6) đến 27,4°C (tháng 3 và 12). Sự chênh lệch về nhiệt độ nước giữa các đợt lấy mẫu trong năm chỉ dao động tối đa 0,6°C. Hàm lượng DO khác biệt không ý nghĩa giữa các đợt (tháng) lấy mẫu trong năm, trung bình là 4,6 mg/L và dao động từ 4,5–4,7 mg/L. Hàm lượng BOD₅ và COD có khuynh hướng như nhau đối với 4 đợt lấy mẫu trong năm. Tuy sự khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê, nhưng hai chỉ tiêu này có khuynh hướng cao ở tháng 12 và thấp ở tháng 9 (Bảng 2). Đối với chỉ số TSS cũng có sự khác biệt không ý nghĩa ở mức 5%, hàm lượng TSS có khuynh hướng thấp ở tháng 6 (35,6 mg/L) và cao nhất ở tháng 9 (42,2 mg/L). Tóm lại, chỉ tiêu hóa lý của nước ở 4 thời điểm lấy mẫu trong năm khác biệt không nhiều và có xu hướng xấu hơn ở tháng 12.

Kết quả này cho thấy hàm lượng amoni và nitrat ổn định trong năm, trong đó hàm lượng amoni đạt cột B1 của QCVN 08-MT:2015/BTNMT, hàm lượng nitrat rất thấp và nhỏ hơn quy định trong cột A1.

Hàm lượng sắt thấp nhất ở đợt lấy mẫu nước vào tháng 3 với 0,422 mg/L và cao nhất vào tháng 9 (0,667 mg/L), nhưng khác biệt không ý nghĩa với hàm lượng sắt trong đợt lấy mẫu tháng 6 (0,646 mg/L) và tháng 12 (0,618 mg/L) về mặt thống kê. Nhìn chung, hàm lượng sắt dao động từ 0,422–0,667 mg/L và trung bình là 0,587 mg/L (Bảng 2). Dựa theo quy chuẩn quốc gia năm 2015, hàm lượng sắt trong tháng 3 đạt cột A1, tuy nhiên các tháng tiếp theo thì hàm lượng sắt nằm trong nhóm A2 của quy chuẩn này.

Trung bình hàm lượng nitrit trong năm của các khu vực nghiên cứu là 0,547 mg/L, dao động từ 0,377–0,701 mg/L (Bảng 2). Hàm lượng nitrit cao nhất ở đợt lấy mẫu nước tháng 6 (0,701 mg/L), khác biệt không ý nghĩa với hàm lượng nitrit ở tháng 9 (0,61 mg/L), nhưng khác biệt ý nghĩa so với các đợt lấy mẫu nước còn lại trong năm. Hàm lượng nitrit thấp nhất ở đợt lấy mẫu nước tháng 3 (0,377 mg/L). Nhìn vào hàm lượng nitrit cho thấy, tất cả đều vượt quy chuẩn cho phép, nhưng khuynh hướng hàm lượng nitrit cao nhất ở tháng 6 trong năm và sau đó giảm dần theo thời gian lấy mẫu tiếp theo.

Hàm lượng PO₄³⁻ trung bình trong năm là 1,849 mg/L và dao động từ 0,297–3,105 mg/L. Hàm lượng PO₄³⁻ thấp nhất vào tháng 6 (0,297 mg/L) nhưng khác biệt không ý nghĩa so với tháng 9 (0,461 mg/L). Hàm lượng PO₄³⁻ cao nhất vào tháng 3 (3,105 mg/L) nhưng khác biệt không ý nghĩa so với tháng 12 (2,948 mg/L). Hàm lượng PO₄³⁻ có khuynh hướng tăng theo thời gian lấy mẫu nước trong năm tương tự với chỉ tiêu nitrit, nhưng khác thời điểm cao nhất và thấp nhất. Thời điểm hàm lượng PO₄³⁻ thấp nhất vào tháng 6 và sau đó tăng dần đến cao nhất vào tháng 3 năm sau. Trong khi đó hàm lượng nitrit cao nhất vào tháng 6 và giảm dần đến thấp nhất vào tháng 3 năm sau. Kết quả nghiên cứu này cho thấy chất lượng nước mặt có khuynh hướng bị ô nhiễm nhiều hơn ở giai đoạn cuối năm thể hiện qua hai giá trị của chỉ số BOD₅ và COD cao do thời điểm đó nguồn nước trên các hệ thống kênh mương bắt đầu cạn.

Bảng 2. Chỉ tiêu chất lượng nước mặt theo 04 đợt lấy mẫu trong năm.

Tháng	pH	Nhiệt độ (°C)	DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	Fe (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)
3	7,2 ^a	27,4 ^a	4,7	9,3	14,8	42,0	0,709	0,422 ^b	0,377 ^c	0,433	3,105 ^a
6	7,1 ^b	26,8 ^b	4,6	9,5	15,3	35,6	0,576	0,646 ^a	0,701 ^a	0,473	0,297 ^b
9	7,1 ^b	27,2 ^a	4,6	8,5	14,2	42,2	0,425	0,667 ^a	0,610 ^{ab}	0,466	0,461 ^b
12	7,1 ^b	27,4 ^a	4,5	10,2	16,2	38,9	0,509	0,618 ^a	0,507 ^{bc}	0,415	2,948 ^a
TB	7,1	27,2	4,6	9,4	15,1	39,7	0,557	0,587	0,547	0,446	1,849
F	0,006 ^{**}	0,001 ^{**}	0,767 ^{ns}	0,121 ^{ns}	0,300 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,398 ^{ns}	0,000 ^{**}	0,000 ^{**}	0,844 ^{ns}	0001 ^{**}

Ghi chú: ns: khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 5%; *: Khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 5%; **: Khác biệt thống kê ở mức ý nghĩa 1%. Trong cùng một cột các chữ theo sau các số giống nhau thì khác biệt không ý nghĩa về mặt thống kê.

3.1.3. Phân tích mối tương quan giữa các chỉ tiêu chất lượng nước tại TPCT

Nhằm xác định được xu hướng chất lượng nước theo thời gian, đồng thời tìm sự tương quan giữa các yếu tố chất lượng nước, hệ số tương quan Pearson được sử dụng để phân tích sự tương quan này. Kết quả phân tích mối tương quan giữa các chỉ tiêu chất lượng nước trong vùng nghiên cứu cho thấy, theo thời gian (năm) trong giai đoạn 20 năm từ năm 2000 đến năm 2020 nồng độ các chỉ tiêu chất lượng nước có xu hướng giảm (tương quan âm) bao gồm: nhiệt độ, DO, BOD₅, COD, NH₄⁺, Fe, NO₂⁻ và PO₄³⁻. Trong khi đó, pH, DO, TSS và NO₃⁻ có xu hướng tăng (tương quan dương) theo thời gian trong giai đoạn 20 năm nghiên cứu (Bảng 3).

Kết quả khảo sát trong thời gian 20 năm cho thấy chỉ có giá trị pH có tương quan âm với các đợt lấy mẫu trong năm (r = -0,11), nghĩa là giá trị pH có khuynh hướng cao ở đợt lấy

mẫu trong tháng 3 và giảm dần đến đợt lấy mẫu trong tháng 12. Đối với hàm lượng sắt thì có khuynh hướng ngược lại, hàm lượng sắt có khuynh hướng thấp ở tháng 3 và tăng dần ở tháng 12 vì chúng có mối tương quan dương ($r = 0,145$). Kết quả này cũng phù hợp với kết quả phân tích ở Bảng 2.

Chỉ tiêu pH tương quan âm với các chỉ tiêu chất lượng nước trong thời gian 20 năm gồm: nhiệt độ, BOD₅, NH₄⁺, Fe, NO₂⁻ và PO₄³⁻. Giá trị pH trong nghiên cứu này chỉ tương quan dương với hai chỉ tiêu là DO ($r = 0,22$) và NO₃⁻ ($r = 0,15$). Trong khi đó, nhiệt độ có sự tương quan dương với các chỉ tiêu như BOD₅, COD, NH₄⁺, Fe và PO₄³⁻ và tương quan âm với các chỉ tiêu như pH, TSS và NO₃⁻.

Hàm lượng oxy hòa tan (DO) tương quan âm với rất nhiều chỉ tiêu chất lượng nước như: BOD₅, COD, TSS, NH₄⁺, Fe, NO₂⁻, nghĩa là khi 6 chỉ tiêu này tăng thì hàm lượng oxy hòa tan trong nước sẽ bị giảm. Kết quả này đúng với tính chất của nước vì khi các chỉ tiêu trên tăng, cần phải có lượng oxy để phân hủy các chất này và làm cho hàm lượng oxy bị giảm.

Hàm lượng BOD₅ có mối tương quan rất chặt với hàm lượng COD trong nghiên cứu này ($r = 0,934$), chứng tỏ trong nghiên cứu này chúng ta có thể sử dụng một chỉ tiêu BOD₅ hoặc COD để đánh giá chung cho chất lượng nước. Xét về tổng thể, hàm lượng BOD₅ có mối tương quan dương với các chỉ tiêu COD, NH₄⁺, Fe, NO₂⁻, PO₄³⁻ và nhiệt độ. Hàm lượng BOD₅ chỉ tương quan âm với giá trị pH và hàm lượng NO₃⁻. Bên cạnh đó, hàm lượng COD có sự tương quan đến tất cả các chỉ tiêu phân tích nước, ngoại trừ giá trị pH và hàm lượng PO₄³⁻. Hàm lượng COD có sự tương quan dương đến các chỉ tiêu: nhiệt độ, BOD₅, TSS, NH₄⁺, Fe và NO₂⁻, tương quan âm với DO và NO₃⁻ (Bảng 3).

Tổng chất rắn lơ lửng trong nước (TSS) có ít mối tương quan với các chỉ tiêu chất lượng nước trong nghiên cứu này. Kết quả Bảng 3 cho thấy hàm lượng TSS có mối tương quan âm với hàm lượng PO₄³⁻ và nhiệt độ. Bên cạnh đó TSS có tương quan dương với hàm lượng COD trong nước. Xét về các chỉ tiêu hóa học Bảng 3 cho thấy hàm lượng NH₄⁺ có mối tương quan tương đối chặt với chỉ tiêu BOD₅ ($r = 0,488$) và COD ($r = 0,492$). Hàm lượng sắt có mối tương quan đến hầu hết các chỉ tiêu phân tích nhưng tương quan chặt nhất với chỉ tiêu NO₂⁻ ($r = 0,519$) và DO ($r = -0,421$). Đối với chỉ tiêu NO₂⁻, kết quả phân tích cho thấy có sự tương quan đến hầu hết các chỉ tiêu. Ngoài sự tương quan chặt với hàm lượng sắt, chỉ tiêu NO₂⁻ còn có sự tương quan chặt với các chỉ tiêu: DO ($r = -0,433$) và BOD₅ ($r = 0,366$). Hàm lượng NO₃⁻ có mối tương quan dương chặt với chỉ tiêu DO ($r = 0,31$). Trong khi đó, chỉ số PO₄³⁻ có mối tương quan dương đối với 4 chỉ tiêu sau: nhiệt độ, BOD₅, NH₄⁺ và Fe. Sự tương quan giữa PO₄³⁻ và NH₄⁺ là cao nhất ($r = 0,725$), kế đến là với nhiệt độ ($r = 0,487$).

Bảng 3. Kết quả phân tích tương quan giữa các yếu tố chất lượng nước thông qua hệ số tương quan Pearson.

Chỉ tiêu	Năm	Tháng	pH	Nhiệt độ	DO	BOD ₅	COD	TSS	NH ₄ ⁺	Fe	NO ₂ ⁻
Tháng	-.011	1									
pH	.277**	-.110**	1								
Nhiệt độ	-.149**	.031	-.129*	1							
DO	.525**	-.032	.220**	-.053	1						
BOD ₅	-.073*	.027	-.102**	.353**	-.463**	1					
COD	-.024	.034	-.041	.208**	-.420**	.934**	1				
TSS	.216**	-.021	.087	-.174**	-.111*	.068	.197**	1			
NH ₄ ⁺	-.132**	-.051	-.072*	.184**	-.287**	.488**	.492**	-.087	1		
Fe	-.612**	.145**	-.130**	.200**	-.421**	.166**	.125**	-.009	.159**	1	
NO ₂ ⁻	-.554**	.047	-.244**	-.010	-.433**	.366**	.289**	-.079	.121**	.519**	1
NO ₃ ⁻	.461**	-.010	.150**	-.143**	.310**	-.120**	-.104**	-.062	-.061	-.260**	-.249**
PO ₄ ³⁻	-.399**	-.002	-.095	.487**	-.080	.279**	.055	-.143**	.725**	.295**	.048

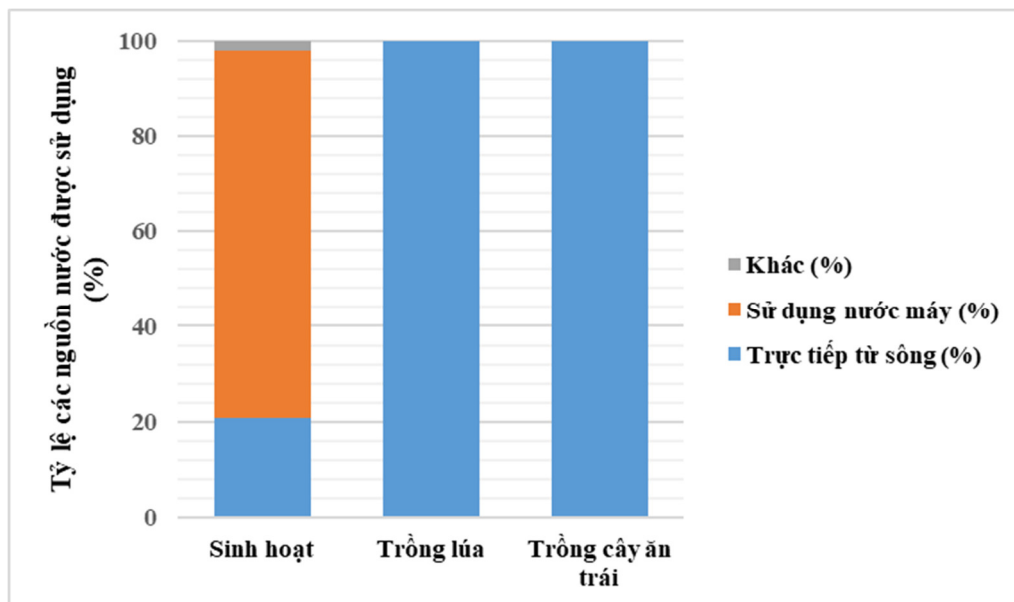
** : các yếu tố có sự tương quan ở mức ý nghĩa 1%; * : các yếu tố có sự tương quan ở mức ý nghĩa 5%; Khác: không có sự tương quan ở mức ý nghĩa 5%.

3.2. Kết quả khảo sát tình hình chất lượng nguồn nước của người dân khu vực TPCT

3.2.1. Tình hình sử dụng nước cho các hoạt động của người dân địa bàn TPCT

a) Tình hình sử dụng nước cho các hoạt động theo từng khu vực

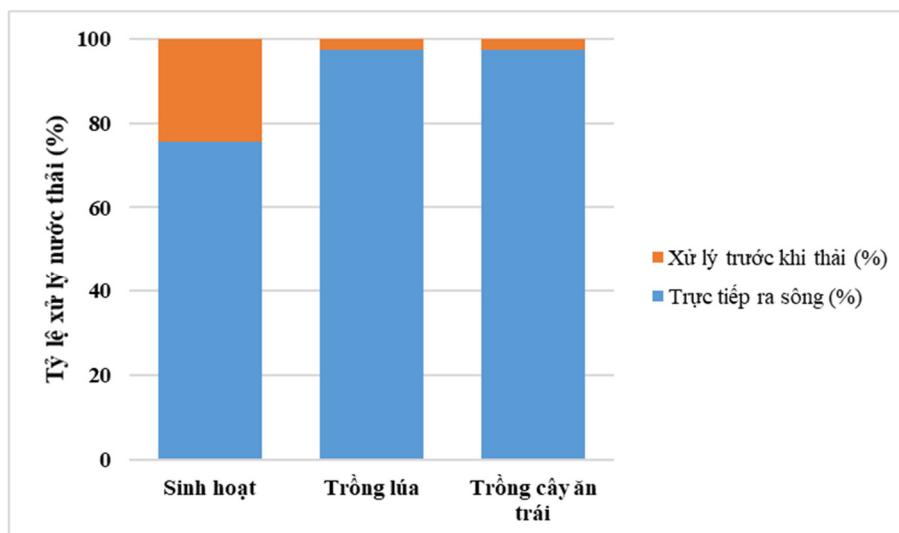
Người dân có thể sử dụng đa dạng các nguồn nước như nước máy, nước sông, nước mưa, nước ngầm và các nguồn nước đã được chế biến khác để phục vụ cho các mục đích hoạt động của mình tùy theo điều kiện thực tế. Kết quả nghiên cứu cho thấy 100% nông dân trồng lúa và trồng cây ăn trái sử dụng trực tiếp nguồn nước sông không qua xử lý để cung cấp nước cho ruộng sản xuất của mình (Hình 3). Hai hoạt động nông nghiệp này chỉ sử dụng nước mặt mà không cần tới nguồn nước ngầm do Cần Thơ nằm ven sông Hậu và có đủ nguồn nước ngọt để cung cấp cho nông nghiệp, không cần khai thác nguồn nước ngầm để sản xuất. Tuy nhiên, đối với nguồn nước sinh hoạt, kết quả nghiên cứu cho thấy có sự đa dạng về việc lựa chọn nguồn nước sử dụng. Phần lớn người dân ở TPCT hiện nay sử dụng nước máy cho sinh hoạt (chiếm 77,2% trong tổng số 145 hộ khảo sát). Trong khi đó, vẫn còn 20,7% nông dân sử dụng trực tiếp nguồn nước từ sông cho hoạt động sinh hoạt của mình. Ngoài ra, có 2,1% số hộ được khảo sát sử dụng nguồn nước khác cho sinh hoạt, tuy nhiên các đáp viên không liệt kê cụ thể nguồn nước khác là nguồn nước nào. Do khảo sát các cá nhân nên nghiên cứu không tập trung vào nguồn nước sử dụng cho các công ty, xí nghiệp tại khu công nghiệp.



Hình 3. Tỷ lệ xử lý nước thải phát sinh từ các hoạt động của người dân trên địa bàn TPCT.

b) Tình hình xử lý nước thải đối với các hoạt động của người dân trên địa bàn TPCT

Việc quản lý nguồn nước thải của các cá nhân, doanh nghiệp phụ thuộc rất lớn vào ý thức, cơ sở hạ tầng, điều kiện kinh tế của họ. Đối với nghiên cứu này, mục tiêu xác định xem nguồn nước sau khi được người dân sử dụng có được xử lý trước khi thải ra ngoài hay không. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đa phần người dân thải trực tiếp nguồn nước thải ra sông cho tất cả các hoạt động của mình. Trong đó, cao nhất đối với các người dân trồng lúa và trồng cây ăn trái với tỷ lệ các hộ thải nguồn nước thải trực tiếp ra sông lần lượt là 97,4% và 97,3%. Trong khi đó, đối với nguồn nước thải sinh hoạt cũng đã có 75,5% số hộ thải trực tiếp ra sông, không thông qua xử lý trước. Đối với việc xử lý nguồn nước thải trước khi đưa ra sông chiếm một tỷ lệ rất thấp. Cụ thể có 24,3% người dân xử lý nước thải sinh hoạt trước khi thải ra sông, đối với trồng lúa và trồng cây ăn trái hầu như không có xử lý, chỉ có khoảng 2,6–2,7% nguồn nước thải từ hai hoạt động sản xuất này được xử lý bằng các hệ thống ao lắng trước khi hòa vào nguồn tiếp nhận (Hình 4). Tương tự như nguồn nước sử dụng, nguồn nước thải tại các công ty, xí nghiệp không đề cập trong nghiên cứu này.



Hình 4. Hiện trạng xử lý nước thải đối với các hoạt động của người dân địa bàn TPCT.

3.2.2. Đánh giá nhận thức của người dân về môi trường nước

a) Quan điểm của người dân về các hoạt động trồng trọt, sinh hoạt và chế biến đối với chất lượng nguồn nước mặt

Nhằm tìm hiểu các quan điểm của người dân đối với việc ảnh hưởng của nguồn nước mặt thông qua các hoạt động của mình trên địa bàn TPCT. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát ý kiến 145 hộ. Kết quả khảo sát cho thấy đa phần người dân cho rằng các hoạt động sản xuất của các khu công nghiệp là yếu tố chính làm cho môi trường nước mặt trên địa bàn TPCT bị ảnh hưởng, với 131 người đã trả lời (chiếm 90,3% số hộ được khảo sát). Tiếp theo lần lượt là hoạt động trồng lúa (71,0%), hoạt động trồng cây ăn trái (66,7%) và thấp nhất ở các hoạt động sinh hoạt của con người (53,8%). Nhìn chung, tất cả đều cho rằng các hoạt động này của con người đã làm ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước mặt (> 50%), cụ thể dao động từ 53,8%–90,3% cho tất cả các hoạt động (Bảng 4).

Bảng 4. Nhận xét của người dân về các hoạt động của con người làm ảnh hưởng môi trường nước mặt.

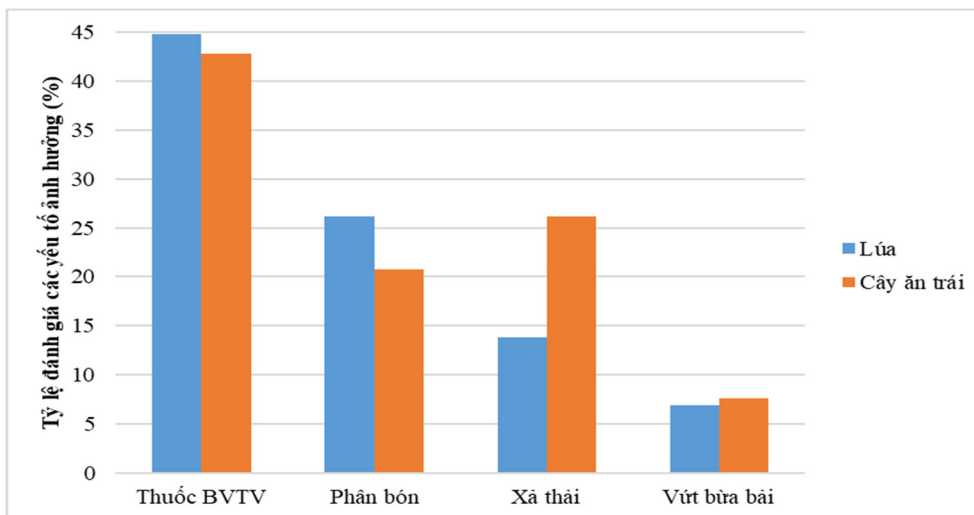
STT	Biến	Số người	Tỷ lệ (%)
1	Trồng lúa ảnh hưởng đến môi trường	103	71,0
2	Trồng cây ăn trái ảnh hưởng đến môi trường	96	66,7
3	Khu công nghiệp ảnh hưởng đến môi trường	131	90,3
4	Các hoạt động sinh hoạt ảnh hưởng đến môi trường	78	53,8

b) Các lý do làm ô nhiễm môi trường nước mặt

Đối với sản xuất lúa, người dân cho rằng có 4 lý do chủ yếu dẫn đến ô nhiễm nguồn nước mặt trong quá trình sản xuất như việc nông dân sử dụng quá nhiều thuốc bảo vệ thực vật (BVTV) với 44,8% trong tổng số 145 hộ được khảo sát, kể đến là việc bón nhiều phân hóa học cũng làm ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước mặt (26,2%). Ngoài ra, còn hai yếu tố có thể gây ảnh hưởng xấu đến môi trường nước mặt trong địa bàn TPCT là quá trình xả thải trong trồng lúa (13,8%) và vứt bừa bãi các vật dụng nông nghiệp như vỏ chai thuốc, rơm rạ với 6,9% ý kiến (Hình 5).

Đối với trồng cây ăn trái, kết quả khảo sát Hình 5 cho thấy có 4 yếu tố đã ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt tương tự như trồng lúa. Người dân cũng cho rằng mức độ ảnh hưởng của trồng cây ăn trái đến môi trường nước mặt cao nhất do sử dụng thuốc BVTV (42,8%) và thấp nhất ở vứt bừa bãi các hoạt động sản xuất (7,6%). Tuy nhiên, có sự khác biệt về việc nhận xét yếu tố phân bón và xả thải ra sông đối với hai hoạt động sản xuất này. Đối với trồng

cây ăn trái thì hoạt động xả thải được cho là có ảnh hưởng nhiều hơn so với việc sử dụng phân bón. Cụ thể có 26,2% người trả lời cho rằng xả thải làm ảnh hưởng đến nguồn nước mặt. Trong khi đó, 20,7% người được khảo sát cho rằng việc bón phân làm ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt (Hình 5). Kết quả nghiên cứu này cho thấy, việc sử dụng phân bón làm ô nhiễm môi trường nước ở loại hình sản xuất lúa cao hơn đối với trồng cây ăn trái.

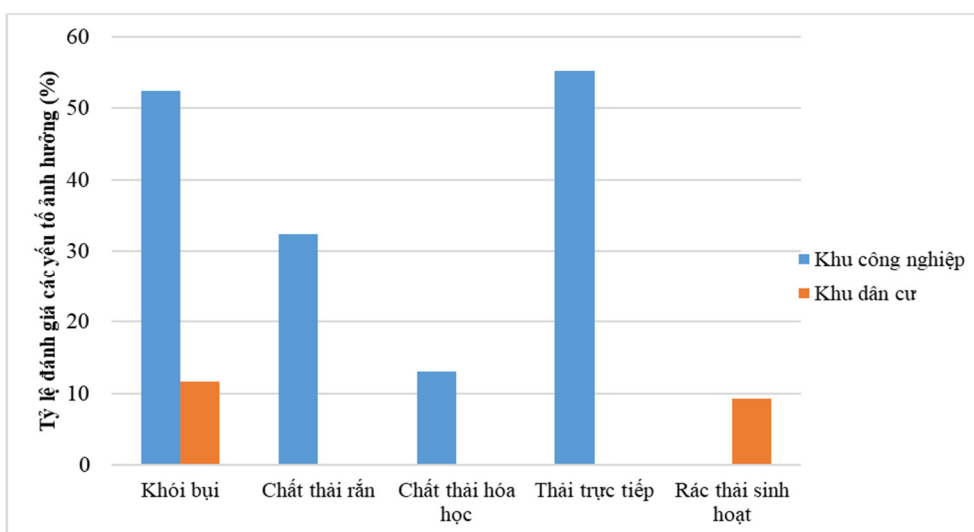


Hình 5. Quan điểm của người dân về các yếu tố ảnh hưởng đến nguồn nước do sản xuất lúa và trồng cây ăn trái.

Qua quá trình khảo sát người dân về các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt tại TPCT do hoạt động ở khu công nghiệp gây ra Hình 6 cho thấy, đối với khu công nghiệp có 04 yếu tố chính làm ảnh hưởng gồm: (1) nước thải trực tiếp từ các khu công nghiệp ra sông chiếm tỷ lệ cao nhất (chiếm 55,2%); (2) khói bụi do quá trình sản xuất ở khu công nghiệp gây ra (chiếm 52,4%); (3) do các chất thải rắn gây ra (chiếm 32,4%) và (4) do chất thải hóa học gây ra (chiếm 13,1%).

Đối với các ảnh hưởng của khu dân cư, kết quả khảo sát Hình 6 cho thấy chỉ có hai yếu tố làm ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước mặt là do khói bụi từ các phương tiện giao thông (chiếm 11,7%) và do rác thải sinh hoạt gây ra (chiếm 9,3%).

Nhìn chung, đối với các yếu tố ảnh hưởng do khu công nghiệp và khu dân cư đối với chất lượng môi trường nước mặt tại TPCT được xác định do chất thải trong hoạt động sản xuất và sinh hoạt hàng ngày.



Hình 6. Các yếu tố ảnh hưởng đến nguồn nước mặt từ hoạt động của các khu công nghiệp và khu dân cư.

c) Giải pháp hạn chế ô nhiễm môi trường nước mặt

Nhằm hạn chế ô nhiễm nguồn nước trong quá trình sản xuất nông nghiệp, các hoạt động sản xuất ở các khu công nghiệp cũng như các hoạt động sinh hoạt hàng ngày của người dân. Một dạng câu hỏi mở được đưa ra nhằm thu thập nhiều thông tin, nhiều đề xuất của người tham gia vào việc nâng cao chất lượng nguồn nước mặt trong thời gian tới. Kết quả nghiên cứu Bảng 5 cho thấy, có tổng cộng 13 giải pháp hoặc nhóm giải pháp được đưa ra. Trong đó, giải pháp được nhiều người trả lời quan tâm nhất là giải pháp về việc xây dựng hệ thống xử lý các chất thải và đồng thời cần kiểm soát chặt chẽ các hoạt động xả thải của các khu công nghiệp, đây là giải pháp có nhiều người đưa ra nhất với 47 trong 145 người được khảo sát (chiếm tỷ lệ 32,4%). Tiếp theo là giải pháp về việc hạn chế sử dụng thuốc BVTV và phân hóa học trong quá trình sản xuất nông nghiệp (trồng lúa hoặc trồng cây ăn trái) với 45 ý kiến được đưa ra (chiếm tỷ lệ 31,0% số người được khảo sát). Giải pháp thứ ba trong việc cải thiện chất lượng nguồn nước mặt là cần nâng cao ý thức cho người dân bằng cách tổ chức các hoạt động tuyên truyền về môi trường, trong trường hợp nếu cần thì nên phạt nặng những tổ chức và cá nhân vi phạm với 39 đề xuất (chiếm tỷ lệ 26,9%). Giải pháp được đề xuất thứ tư là cần xử lý rác đúng nơi quy định, khai thông cống rãnh và cần tích cực xử lý các nguồn nước bị bẩn (chiếm 20,7%). Giải pháp thứ năm là các giải pháp về sử dụng các sản phẩm thân thiện với môi trường như sử dụng các sản phẩm tự hủy, hạn chế sử dụng bọc nilon và sử dụng các thiên địch trong sản xuất nông nghiệp thay vì sử dụng thuốc BVTV (chiếm tỷ lệ 14,5%). Giải pháp thứ sáu về việc tận dụng các sản phẩm sau thu hoạch bằng cách trồng nấm rơm thay vì đốt đồng để hạn chế ô nhiễm môi trường (chiếm tỷ lệ 13,8%). Giải pháp thứ bảy là thành lập các khu xử lý rác tập trung để dễ quản lý (chiếm 13,1%). Giải pháp thứ tám là đề nghị Chính quyền địa phương và các cơ quan Trung ương hướng dẫn cụ thể việc cấp các quyết định thành lập các khu công nghiệp, các công ty và cần kiên quyết trong việc không phê duyệt các quyết định đối với các công ty, cơ sở sản xuất lạc hậu không đạt tiêu chuẩn (chiếm 11,7%).

Ngoài ra còn bốn giải pháp và nhóm giải pháp về việc cải thiện chất lượng nguồn nước mặt cho địa bàn TPCT nhưng với tỷ lệ đề xuất thấp hơn 10% số người được khảo sát bao gồm: Giải pháp về dự báo các tác động xấu đến môi trường của con người nhằm sớm đưa ra các giải pháp giúp thay đổi quan điểm của người dân (chiếm 8,3%); Giải pháp về quy hoạch tổng thể nguồn nước bao gồm cơ sở hạ tầng, đầu vào và đầu ra (chiếm 2,1%) và hai giải pháp có tỷ lệ đề xuất 1% là nên trồng xen canh các loại cây trồng khác trong vườn cây ăn trái và nên sử dụng các hệ thống tưới thông minh nhằm tiết kiệm nguồn nước sử dụng và hạn chế được ô nhiễm nguồn nước thải ra môi trường. Kết hợp giữa thực tế kết quả quan trắc trong 20 năm giữa 04 khu vực hoạt động có ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt, việc xây dựng các hệ thống xử lý nước thải tốt là một giải pháp giúp cải thiện môi trường tốt hơn trong tương lai vì nguồn ô nhiễm hữu cơ và vô cơ nhiều nhất ở khu vực dân cư, nơi mà khâu xử lý nguồn thải ít được quan tâm do các hoạt động riêng lẻ của các hộ gia đình.

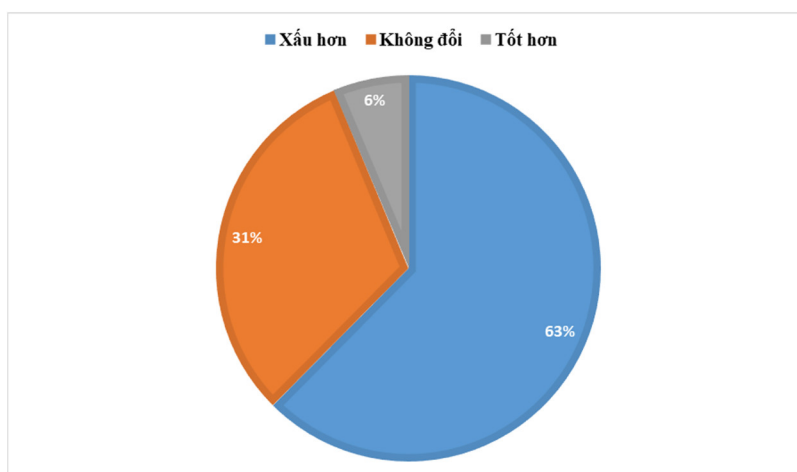
Bảng 5. Các giải pháp cải thiện chất lượng nước mặt cho địa bàn TPCT.

STT	Các loại giải pháp	Tần số	Tỷ lệ (%)
1	Xây dựng hệ thống xử lý chất thải và kiểm soát chặt các hoạt động của các KCN	47	32,4
2	Hạn chế sử dụng thuốc BVTV và phân hóa học	45	31,0
3	Nâng cao ý thức người dân, tuyên truyền cho người dân, phạt nặng các tổ chức và cá nhân vi phạm	39	26,9
4	Xả rác đúng chỗ, khai thông cống rãnh, tích cực xử lý nước bẩn	30	20,7
5	Sử dụng sản phẩm tự hủy, thân thiện môi trường, hạn chế bọc nilon, sử dụng thiên địch	21	14,5
6	Hạn chế đốt đồng và sử dụng rơm trồng nấm	20	13,8
7	Thành lập các khu xử lý rác thải tập trung	19	13,1

STT	Các loại giải pháp	Tần số	Tỷ lệ (%)
8	Nhà nước cần kiên quyết không phê duyệt các dự án sử dụng công nghệ lạc hậu trong sản xuất	17	11,7
9	Trồng nhiều cây xanh, sử dụng xe buýt công cộng, sử dụng các phương tiện giao thông thân thiện với môi trường	13	9,0
10	Dự báo các tác động xấu đến môi trường của người dân nhằm thay đổi quan điểm	12	8,3
11	Quy hoạch tổng thể nguồn nước	3	2,1
12	Xen canh CAT và cây trồng khác	1	0,7
13	Sử dụng hệ thống tưới thông minh	1	0,7

d) Đánh giá chất lượng nước mặt so với quá khứ

Kết quả khảo sát về đánh giá sự thay đổi chất lượng nước mặt so với trước kia cho thấy, đa phần người được khảo sát cho rằng chất lượng nước mặt hiện nay xấu hơn trước kia (chiếm tỷ lệ 63% trong tổng số người được khảo sát). Trong khi đó có 31% người được khảo sát cho rằng chất lượng nước không thay đổi so với các năm trước. Chỉ có số ít (6% người được khảo sát) cho rằng chất lượng nước mặt hiện nay tốt hơn trước kia (Hình 7).



Hình 7. Đánh giá chất lượng nước mặt hiện nay so với trước kia.

e) Xác định các nguyên nhân làm ảnh hưởng đến nguồn nước mặt

Khi đánh giá chung về các lý do làm ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước mặt hiện nay so với trước kia, kết quả nghiên cứu Bảng 6 cho thấy do hiện nay xuất hiện rất nhiều công ty, xí nghiệp và khu công nghiệp, nhưng các đơn vị này xử lý chất thải chưa được tốt đã làm cho chất lượng nguồn nước ngày càng xấu hơn so với trước kia với 46 ý kiến (chiếm 31,7% trong tổng số người được khảo sát). Hai lý do quan trọng tiếp theo làm cho chất lượng nguồn nước bị giảm so với trước kia là người dân đã vứt rác thải xuống các con sông ngày càng nhiều (17,2%) và thêm một phần do việc sử dụng quá nhiều phân bón và thuốc BVTV (11,0%). Ngoài ra, còn một vài yếu tố khác được xác định như các rác thải sinh hoạt, ý thức tự giác của người dân không cao, sản xuất thâm canh tăng vụ, biến đổi khí hậu làm cho lũ ít và nhiễm mặn vào mùa khô, dân cư ngày càng đông và sử dụng không hợp lý các nguồn tài nguyên nước.

Bảng 6. Các lý do làm chất lượng môi trường nước hiện nay giảm.

STT	Lý do chất lượng nước	Tần số	Tỷ lệ (%)
1	Nhiều công ty, xí nghiệp, khu công nghiệp xử lý chất thải chưa tốt	46	31,7
2	Rác thải xuống các con sông ngày càng nhiều	25	17,2
3	Sử dụng quá nhiều phân hóa học, thuốc BVTV	16	11,0
4	Nguồn nước thải sinh hoạt	10	6,9
5	Ý thức người dân	8	5,5

STT	Lý do chất lượng nước	Tần số	Tỷ lệ (%)
6	Sản xuất lúa tăng vụ	7	4,8
7	Khí hậu thay đổi, lũ ít, nhiễm mặn	6	4,1
8	Dân cư đông	3	2,1
9	Sử dụng không hợp lý tài nguyên nước	2	1,4

Nhìn chung, kết quả đánh giá chất lượng nước mặt trong thời gian 20 năm từ 2000–2020 cho thấy chất lượng nước bị ảnh hưởng nặng nề bởi các hoạt động của khu dân cư và khu công nghiệp. Tuy nhiên, kết quả khảo sát ý kiến của người dân thì có khuynh hướng ngược lại, người dân cho rằng nguồn nước bị ô nhiễm nhiều nhất do hoạt động của khu công nghiệp (90,3%), kế đến là do hoạt động trồng lúa (71%) và thấp nhất ở các hoạt động sinh hoạt (53,8%). Nhưng thực tế kết quả quan trắc chất lượng nước mặt trong 20 năm cho thấy, các chất thải do hoạt động sinh hoạt của con người trong địa bàn TPCT là nguồn gây ô nhiễm nhiều nhất, tiếp theo là các chất thải từ các khu công nghiệp. Tóm lại, chất lượng nước hiện nay giảm hơn so với trước kia ở cả kết quả quan trắc thực tế và kết quả khảo sát người sinh sống trên địa bàn TPCT. Thông qua kết quả quan trắc và cảm nhận của người dân về nguyên nhân gây ô nhiễm, kết quả nghiên cứu này làm sáng tỏ một vấn đề là môi trường nước mặt bị ảnh hưởng nghiêm trọng hơn đối với các nguồn nước thải do sinh hoạt của con người thải ra đối với các chỉ tiêu BOD₅ và COD, nhưng cảm nhận của người dân là nước mặt bị ô nhiễm nhiều nhất do các hoạt động xả thải từ khu công nghiệp. Chính vì thế, cần tăng cường xử lý nguồn xả thải từ sinh hoạt trước khi hòa vào nguồn tiếp nhận là cấp thiết [22].

4. Kết luận

Giá trị pH, nhiệt độ và PO₄³⁻ không có sự khác biệt giữa 4 khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, các chỉ tiêu BOD₅, COD và TSS, NH₄⁺, Fe, NO₂⁻ và NO₃⁻ có sự khác biệt có ý nghĩa giữa các khu vực. Chất lượng nước mặt tốt nhất ở khu vực trồng cây ăn trái và có xu hướng xấu nhất ở khu vực dân cư. Hàm lượng amoni (NH₄⁺) ở khu vực trồng cây ăn trái và khu vực trồng lúa đạt tiêu chuẩn về an toàn đối với sức khỏe con người, trong khi, khu dân cư và khu công nghiệp thì cao hơn so với quy định. Hàm lượng nitrit (NO₂⁻) trong nước dao động từ 0,34–7 mg/L, cao hơn khoảng 10–15 lần so với tiêu chuẩn. Chỉ số nitrat (NO₃⁻) trung bình giữa 4 khu vực nghiên cứu là 0,45 mg/L, thấp hơn hai lần so với quy định. Chỉ tiêu hóa lý của nước ở 4 thời điểm lấy mẫu trong năm khác biệt không nhiều và có xu hướng xấu hơn ở tháng 12. Hàm lượng amoni và nitrat ổn định trong năm, trong đó hàm lượng amoni đạt cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT. Hàm lượng nitrit vượt quy chuẩn cho phép, nhưng khuynh hướng cao nhất ở tháng 6 và sau đó giảm dần theo thời gian.

Kết quả khảo sát ý kiến người dân cho thấy chất lượng nước mặt bị ảnh hưởng nhiều nhất ở khu công nghiệp và các khu vực trồng lúa, tác động ảnh hưởng ít nhất ở khu vực dân cư. Chất lượng nước mặt bị ảnh hưởng do hiện nay có nhiều công ty, xí nghiệp, khu công nghiệp xử lý chất thải chưa được tốt. Các chất thải được thải trực tiếp xuống sông ngày càng nhiều và do sử dụng quá nhiều phân bón và thuốc BTVT. Kết quả cuối cùng là chất lượng nước hiện nay xấu hơn trước kia trong cả hai kết quả nghiên cứu từ số liệu thứ cấp chất lượng nước và đánh giá của cộng đồng dân cư. Nghiên cứu này cho thấy nguồn thải từ hoạt động sinh hoạt làm ảnh hưởng đến chất lượng nước mặt nhiều nhất, kế đến từ hoạt động của các khu công nghiệp, hoạt động trồng lúa là yếu tố gây ảnh hưởng thứ ba và hoạt động trồng cây ăn trái ít gây ảnh hưởng nhất. Tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ tập trung phân tích các chỉ tiêu hóa lý nước, nhưng chưa phân tích các yếu tố về hàm lượng các kim loại nặng giữa các khu vực nghiên cứu.

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

Lời cảm ơn: Cảm ơn tại Trung tâm Quan trắc Tài nguyên và Môi trường – Sở Tài nguyên và Môi trường TPCT đã cung cấp số liệu quan trắc về chất lượng môi trường nước mặt tại Cần Thơ giai đoạn 2000 đến 2020. Cảm ơn các đáp viên đã tham gia vào việc đưa ra nhận xét về chất lượng môi trường nước tại Cần Thơ.

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. Bhuiyan, M.A.; Rakib, M.; Dampare, S.; Ganyaglo, S.; Suzuki, S. Surface water quality assessment in the central part of Bangladesh using multivariate analysis. *KSCE J. Civ. Eng.* **2011**, *15*, 995–1003. <https://doi.org/10.1007/s12205-011-1079-y>.
2. Simeonov, V.; Stratis, J.; Samara, C.; Zachariadis, G.; Voutsas, D.; Anthemidis, A.; Sofoniou, M.; Kouimtzi, Th. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Res.* **2003**, *37*, 4119–4124. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00398-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00398-1).
3. Boyacioglu, H. Surface water quality assessment using factor analysis. *Water Sa.* **2006**, *32*, 389–393. <https://doi.org/10.4314/wsa.v32i3.5264>.
4. Poudel, D.; Lee, T.; Srinivasan, R.; Abbaspour, K.; Jeong, C. Assessment of seasonal and spatial variation of surface water quality, identification of factors associated with water quality variability, and the modeling of critical nonpoint source pollution areas in an agricultural watershed. *J. Soil Water Conserv.* **2013**, *68*, 155–171. <https://doi.org/10.2489/jswc.68.3.155>.
5. Zhang, W.; Li, H.; Sun, D.; Zhou, L. A statistical assessment of the impact of agricultural land use intensity on regional surface water quality at multiple scales. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2012**, *9*, 4170–4186.
6. Boyacioglu, H.; Boyacioglu, H. Surface water quality assessment by environmetric methods. *Environ. Monit. Assess.* **2007**, *131*, 371–376.
7. Minh, H.V.T.; Avtar, R.; Kumar, P.; Le, K.N.; Kurasaki, M.; Ty, T.V. Impact of Rice Intensification and Urbanization on Surface Water Quality in An Giang Using a Statistical Approach. *Water* **2020**, *12*, 1710.
8. Osibanjo, O.; Daso, A.P.; Gbadebo, A.M. The impact of industries on surface water quality of River Ona and River Alaro in Oluyole Industrial Estate, Ibadan, Nigeria. *Afr. J. Biotechnol.* **2011**, *10*, 696–702.
9. Teng, Y.; Yang, J.; Zuo, R.; Wang, J. Impact of urbanization and industrialization upon surface water quality: A pilot study of Panzhuhua mining town. *J. Earth Sci.* **2011**, *22*, 658.
10. Wang, J.; Da, L.; Song, K.; Li, B.L. Temporal variations of surface water quality in urban, suburban and rural areas during rapid urbanization in Shanghai, China. *Environ. Pollut.* **2008**, *152*, 387–393. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.050>.
11. Nguyệt, L.K. Vấn đề thực thi pháp luật về quản lý chất thải nguy hại ở Việt Nam hiện nay. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN, Luật học* **2011**, *27*, 126–133.
12. Trường, TV. Quản lý lưu vực sông thách thức và giải pháp. *Hội đập lớn và Phát triển nguồn nước Việt Nam* **2015**, 1–12.
13. Dương, T.N. Đánh giá hiện trạng và phân tích diễn biến chất lượng nước mặt tỉnh Nghệ An. Luận văn Thạc sĩ Khoa học môi trường và bảo vệ môi trường – Đại học Quốc gia Hà Nội, 2012.
14. Trang, Đ.T.N. Sử dụng tiết kiệm tài nguyên nước ở một số quốc gia và bài học kinh nghiệm cho Việt Nam. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN, Kinh tế và Kinh doanh* **2014**, *30(1)*, 72–772014.

15. Tổng cục Môi trường Việt Nam. Quy Chuẩn Kỹ Thuật Quốc Gia về Nước Mặt QCVN 08–MT:2015/BTNMT. <http://vea.gov.vn/quy-chuan> (accessed on 6 April 2021). <http://vea.gov.vn/Quy%20chun%20Vit%20Nam/QCVN%2008-MT-2015-BTNMT.pdf> (truy cập 02/10/2021).
16. Tổng cục Môi trường Việt Nam. Quy Chuẩn Kỹ Thuật Quốc Gia về Nước Mặt QCVN–MT:2020/BTNMT. https://tailieuhoinghi.monre.gov.vn/Data/files/Du%20thao_QC_VN%20nuoc%20mat%20luc%20dia.pdf (truy cập ngày 03/10/2021).
17. Thiện, H.Đ.; Biên, T.H. Vấn đề môi trường ở vùng kinh tế trọng điểm phía Nam–thực trạng và giải pháp. *Tap chí Khoa học ĐHSP TPHCM* **2012**, 35, 145–154.
18. Hưng, N.T.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, 37–44.
19. Nga, B.T.; Thư, B.A. Chất lượng nước mặt và quản lý chất thải sinh hoạt tại kênh rạch bản thành phố cần Thơ. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2005**, 04, 26–35.
20. Giao, V.T.N.; Tuyen, P.T.B.; Trung, N.H. Đánh giá biến động chất lượng nước mặt sông cần thơ giai đoạn 2010–2014 bằng phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước (WQI). *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2019**, 105–113.
21. Minh, H.V.T.; Tâm, N.T.; Như, Đ.T.T.; Thành, N.T.; Tỷ, T.V. Đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt và hiệu quả mô hình canh tác lúa nếp ba vụ ở Bắc Vàm Nao, An Giang. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 732, 38–48. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021\(732\).38-48](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2021(732).38-48).
22. Nguyen, T.G. Evaluating Surface Water Quality in Ninh Kieu District, Can Tho City, Vietnam. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* **2020**, 24(9), 1599–1606. <https://doi.org/10.4314/jasem.v24i9.18>.
23. Giao, N.T. Evaluating current water quality monitoring system on Hau River, Mekong delta, Vietnam using multivariate statistical technique. *Appl. Environ. Res.* **2020**, 42(1), 14–25. <https://doi.org/10.35762/AER.2020.42.1.2>.
24. Ongley, E.D. Chapter 12: Water Quality of the Lower Mekong River. In: Campbell, I.C. (ed.): *The Mekong: Biophysical Environment of an International River Basin*, Academic Press, 4951 Connaught Ave., Montreal, QC, Canada H4V 1X4. 2009, 297–320. ISBN 978-0-12-374026-7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374026-7.00012-7>.
25. Cát, L.V., Nhung, Đ.T.H., Cát N.N. Nước nuôi thủy sản chất lượng và giải pháp cải thiện chất lượng. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội. 2006, tr. 424.
26. Ly, N.H.T.; Giao, N.T. Surface water quality in canals in An Giang province, Viet Nam, from 2009 to 2016. *J. Viet. Environ.* **2018**, 10(2), 113–119. <https://doi.org/10.13141/jve.vol10.no2.pp113-119>.
27. Tuấn, Đ.D.A.; Trung, N.H., Thư, B.A. Đánh giá hiện trạng nước mặt phục vụ khai thác cấp nước cho thành phố Sóc Trăng. *Tap chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2019**, 4a, 61–70. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2019.096>.
28. Kazi, T.G.; Arain, M.B.; Jamali, M.K.; Jalbani, N.; Afridi, H.I.; Sarfraz, R.A.; Shah, A.Q. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicol Environ. Saf.* **2009**, 72(20), 301–309. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.024>.
29. Mekong River Commission. Annual water quality data assessment report. MRC Technical Paper, 2015.

Evaluating the surface water quality affected by activities in Can Tho City

Nguyen Thanh Tam^{1*}, Tran Quoc Bao², Huynh Vuong Thu Minh², Nguyen Trung Thanh², Bui Thi Bich Lien², Nguyen Dao Tuyet Minh¹

¹ Mekong Delta Development Research Institute, Can Tho University;
ngttam@ctu.edu.vn; minhB1811482@student.ctu.edu.vn

² College of Environment and Natural Resources, Can Tho University;
hvtminh@ctu.edu.vn; ntthanh@ctu.edu.vn; btblie@ctu.edu.vn;
baotran15101996@gmail.com

Abstract: The surface water is increasingly polluted due to natural hazards and human activities. Therefore, the monitoring, assessing, and controlling of surface water quality is a critical responsibility. This study was conducted to collect data on surface water quality from 2000 to 2020 and individual stakeholders were interviewed in the following affected areas: (i) residential area (Ninh Kieu district), (ii) industrial zone (Binh Thuy district), (iii) fruit area (Phong Dien district), and (iv) rice field area (O Mon, Thoi Lai, and Co Do district). The results show that sampling collection times were slightly different, but the surface water quality slightly decreased in December, for example, the pH and temperature had not differed among the 4 study areas. Surface water quality was the best in the fruit area, whereas it was the worst in the residential area. The surface water quality has decreased as a result of poor wastewater management by companies, and industrial parks. Stakeholders discharged the wastes directly into the river, and the fertilizers and pesticides were used excessively, therefore it is necessary to treat and manage the waste sources in the near future.

Keywords: Residential area; Industrial zone; Rice field area; Wastewater sources.

Bài báo khoa học

Đánh giá quy trình quản lý rủi ro thiên tai tại huyện Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng

Võ Thị Phương Linh¹, Nguyễn Hiếu Trung², Võ Quốc Thành^{1*}

¹ Khoa Môi trường và TNTN, Trường Đại học Cần Thơ; vtplinh@ctu.edu.vn;
quocthanh@ctu.edu.vn

² Viện Nghiên cứu Biến đổi Khí hậu, Trường Đại học Cần Thơ; nhtrung@ctu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: quocthanh@ctu.edu.vn; Tel.: +84-945152202

Ban Biên tập nhận bài: 05/9/2021; Ngày phản biện xong: 01/11/2021; Ngày đăng bài: 25/1/2022

Tóm tắt: Nghiên cứu dựa trên cách tiếp cận ở mức độ phân tích toàn diện các giai đoạn cũng như các bên liên quan tham gia trong quy trình quản lý rủi ro thiên tai. Số liệu về các loại thiên tai và thiệt hại do thiên tai giai đoạn 2014 đến 2019 được thu thập từ các cơ quan địa phương kết hợp phỏng vấn nông hộ và cán bộ về quá trình chuẩn bị, ứng phó và phục hồi sau thiên tai. Phương pháp kiểm định phi tham số được sử dụng để so sánh mức độ thiệt hại do thiên tai giữa các mô hình canh tác. Kết quả xác định ba loại thiên tai thường xuyên xuất hiện gồm: (1) xâm nhập mặn, (2) giông lốc, (3) bão và áp thấp nhiệt đới. Quy trình quản lý rủi ro thiên tai có sự tham gia của các bên liên quan như: Ban Chỉ huy Phòng chống Thiên tai và Tìm kiếm Cứu nạn, các Phòng Ban chức năng và Ủy ban Nhân dân Xã. Các biện pháp đã và đang được áp dụng như: thay đổi lịch thời vụ, vận hành hệ thống công trình thủy lợi để ứng phó và hỗ trợ thiệt hại cho người dân. Quá trình được tổ chức chặt chẽ nhưng có thể bị động trong việc huy động nhân lực, trang thiết bị và nguồn kinh phí hỗ trợ người dân phục hồi sau thiên tai còn hạn chế.

Từ khóa: Mỹ Xuyên; Phục hồi; Sóc Trăng; Thiên tai; Ứng phó.

1. Mở đầu

Theo Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp của Liên hợp quốc (FAO) [1], từ năm 2005 đến 2015, thiên tai đã gây thiệt hại cho nông nghiệp của các nền kinh tế đang phát triển với tổng thiệt hại khoảng 96 tỉ đô la, bao gồm hư hại và mất trắng về cây trồng và vật nuôi. Trong đó, hạn hán là một trong những nguyên nhân gây khó khăn cho sản xuất nông nghiệp trên toàn thế giới. Ngoài ra, các yếu tố khác như bão, lũ lụt, xâm nhập mặn cũng gây hậu quả nghiêm trọng cho sản xuất nông nghiệp, an ninh lương thực và sinh kế của người dân. Do đó, nghiên cứu đánh giá rủi ro thiên tai đã được chú trọng trong những năm gần đây với nhiều cách tiếp cận khác nhau.

Một số nghiên cứu đã được thực hiện như đánh giá rủi ro thiên tai do lũ và ngập lụt cho Greater Manchester (Anh Quốc) [2], đánh giá rủi ro ngập lụt có thể xảy ra trong tương lai dưới tác động của nước biển dâng cho bờ biển Ba Lan [3], đánh giá các phương án thích ứng với mực nước biển dâng và lợi ích đối với nông nghiệp tại đồng bằng sông Ebro [4]. Tại Việt Nam, một số nghiên cứu về rủi ro thiên tai cũng đã được thực hiện như đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt khu vực Trung Trung bộ [5], đánh giá rủi ro thiên tai liên quan đến biến đổi khí hậu dựa vào cộng đồng cho các xã ven biển tỉnh Quảng Bình [6], đánh giá ảnh hưởng của sử dụng đất đến kết quả tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ cho huyện Điện Bàn, tỉnh Quảng

Nam thuộc hạ du lưu vực sông Thu Bồn [7]; đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt sông Dinh [8]. Tại đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) cũng đã có một số nghiên cứu về rủi ro thiên tai như nghiên cứu đánh giá mức độ rủi ro lũ lụt tỉnh An Giang trong trường hợp lũ cao và đề xuất các biện pháp quản lý [9], ứng dụng phân tích đa tiêu chí trong đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đối với sản xuất nông nghiệp ở các tỉnh ven biển ĐBSCL [10], xây dựng bản đồ hạn hán đồng bằng sông Cửu Long trong bối cảnh biến đổi khí hậu [11]. Nhìn chung, các nghiên cứu này tập trung vào việc (1) đánh giá rủi ro trước thiên tai nhằm dự báo, xác định rủi ro trước khi thiên tai xảy ra và (2) đánh giá rủi ro sau thiên tai nhằm xác định những thiệt hại do thiên tai gây ra trong quá khứ từ đó cảnh báo về thiệt hại có thể xảy ra trong tương lai.

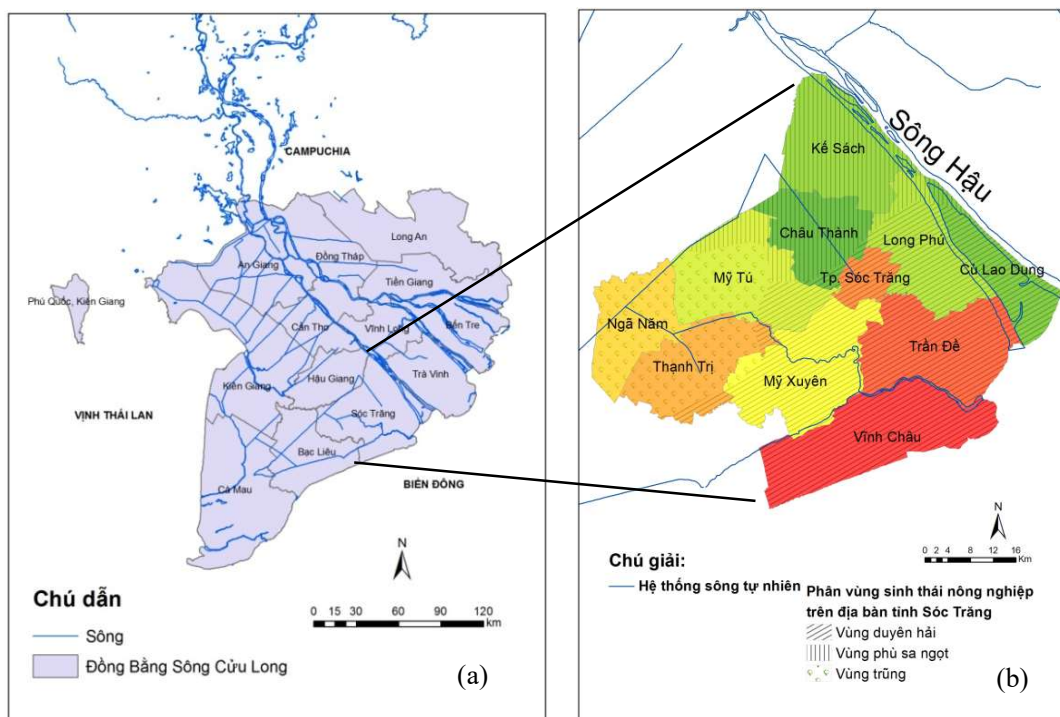
Trong khi đó, Luật phòng, chống thiên tai của Việt Nam [12] nhấn mạnh nguyên tắc cơ bản trong phòng chống thiên tai là phòng ngừa chủ động, ứng phó kịp thời, khắc phục khẩn trương và hiệu quả. Do vậy, bên cạnh việc đánh giá rủi ro trước và sau thiên tai thì việc quản lý đề chủ động ứng phó, phục hồi sau thiên tai là cần thiết nhằm giảm nhẹ, hạn chế tác động của thiên tai. Theo đó, một số nghiên cứu tiếp cận theo hướng này cũng đã được thực hiện. Tuy nhiên, đa phần các nghiên cứu chủ yếu đánh giá trên một nhóm đối tượng riêng lẻ, chẳng hạn như đánh giá vai trò của ngành công an trong công tác ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn [13]; hay nhận diện niềm tin tại cộng đồng dân cư ven biển trong ứng phó với thiên tai [14]. Một số nghiên cứu khác thực hiện đánh giá trong quá trình ứng phó [15] hoặc trong quá trình phục hồi [16]. Trong khi đó, theo [17] quy trình quản lý thiên tai khép kín (*Disaster management cycle*) được mô tả bao gồm ba giai đoạn: (1) quá trình chuẩn bị (trước khi thiên tai xảy ra), quá trình ứng phó (khi thiên tai xảy ra) và (3) quá trình phục hồi (sau khi thiên tai xảy ra). Hiện nay, nghiên cứu đánh giá toàn diện về sự phối hợp, vai trò của tất cả các bên liên quan cũng như trong tất cả các giai đoạn của quy trình quản lý rủi ro thiên tai khép kín vẫn còn hạn chế. Do đó, nghiên cứu được thực hiện dựa trên cách tiếp cận ở mức độ phân tích toàn diện các giai đoạn cũng như các bên liên quan tham gia trong quy trình quản lý rủi ro thiên tai, các mục tiêu cụ thể như sau: (1) Xác định các loại thiên tai thường xuyên xảy ra tại vùng nghiên cứu, (2) Đánh giá tác động của thiên tai đối với vùng nghiên cứu, (3) Xác định các bên liên quan và vai trò của từng bên trong công tác ứng phó và phục hồi sau thiên tai, và (4) Đánh giá chung về việc thực hiện quản lý rủi ro thiên tai của vùng nghiên cứu. Nghiên cứu dựa trên việc thu thập các số liệu diễn biến thiên tai, thiệt hại do thiên tai, các văn bản pháp luật, khung pháp lý hiện hành kết hợp với các báo cáo về kế hoạch, hành động của các cấp chính quyền địa phương trong việc ứng phó, phục hồi sau thiên tai. Sau đó, sử dụng các phương pháp thống kê cơ bản như thống kê mô tả, kiểm định phi tham số để phân tích và xử lý số liệu.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Việt Nam là một trong năm nước chịu ảnh hưởng nặng nề nhất của thiên tai và biến đổi khí hậu (BĐKH), đặc biệt là khu vực đồng bằng sông Cửu Long [18–19]. Sóc Trăng là một tỉnh ven biển đồng bằng sông Cửu Long, nằm ở cuối nguồn sông Mekong (Hình 1) với đường bờ biển dài 72 km, có địa hình thấp và bằng phẳng, độ cao trung bình vùng nội đồng từ 0,5–1,0 m so với mực nước biển [20]. Do vậy, theo kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng, Sóc Trăng là một trong 10 tỉnh chịu ảnh hưởng nặng nề nhất, nếu mực nước biển dâng cao 1 m vào năm 2100, Sóc Trăng sẽ bị ngập 45% diện tích tự nhiên khi triều thấp và ngập trên 72% diện tích tự nhiên khi triều cao. Nông nghiệp và thủy sản là hai thế mạnh của tỉnh sẽ bị ảnh hưởng trước tiên, đe dọa và ảnh hưởng đến cuộc sống người dân và là thách thức đối với tỉnh trong thời gian tới. Theo đó, Mỹ Xuyên là một huyện nằm ở phía Nam của tỉnh Sóc Trăng chuyên về sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản (Hình 1). Với vị trí tiếp giáp giữa vùng ven biển và nội đồng nên huyện Mỹ Xuyên có 3 vùng sinh thái chính bao gồm

vùng nước ngọt, nước lợ và nước mặn [21], trong từng vùng sinh thái có nhiều loại hình sản xuất khác nhau tạo nên sự đa dạng về sản xuất nông nghiệp. Tuy nhiên, sự đa dạng đó dẫn đến tính dễ nhạy cảm với những thay đổi bất thường của tự nhiên gây nhiều khó khăn cho sản xuất nông nghiệp trong hiện tại và tương lai. Theo [22], tỉnh Sóc Trăng nói chung thường bị ảnh hưởng bởi các loại hình thiên tai như bão, giông lốc, sét, áp thấp nhiệt đới, hạn hán, triều cường, xâm nhập mặn; trong đó, giông lốc, bão, áp thấp nhiệt đới và xâm nhập mặn là các loại hình thiên tai thường xuyên xảy ra cũng như gây thiệt hại nhiều cho sản xuất nông nghiệp và đời sống của người dân tại huyện Mỹ Xuyên.



Hình 1. Đồng Bằng Sông Cửu Long (a) và Tỉnh Sóc Trăng (b).

2.2. Thu thập số liệu nghiên cứu

Các số liệu về chế độ thủy văn, các loại thiên tai thường xuyên xảy ra tại địa phương, thiệt hại do thiên tai gây ra và các kế hoạch ứng phó, phục hồi của địa phương trong giai đoạn 2014–2019 được thu thập từ Phòng Tài nguyên và Môi trường huyện Mỹ Xuyên và Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Sóc Trăng (Bảng 1).

Bảng 1. Số liệu thu thập.

STT	Số liệu thu thập	Nguồn cung cấp số liệu
1	Số cơn bão, áp thấp nhiệt đới, giông, độ mặn, nhiệt độ, lượng mưa	Đài Khí tượng Thủy văn Tỉnh Sóc Trăng
2	Số liệu về thiệt hại do thiên tai gây ra cho địa phương	Phòng Nông nghiệp và PTNT
3	Các kế hoạch ứng phó và phục hồi thiên tai tại địa phương	Ban chỉ đạo phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn
4	Báo cáo tổng kết công tác phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn	Phòng Nông nghiệp và PTNT

Thu thập các văn bản pháp luật, khung pháp lý hiện hành nhằm xác định các bên liên quan tham gia trong công tác ứng phó và phục hồi sau thiên tai. Sau đó tiến hành phỏng vấn trực tiếp các bên liên quan nhằm xác định cụ thể vai trò, chức năng, kế hoạch, hành động và tương tác với các bên liên quan khác trong công tác chuẩn bị, ứng phó và phục hồi sau thiên tai. Bên cạnh đó, tiến hành khảo sát thực địa và phỏng vấn hộ dân phân bố đều giữa các loại hình sản xuất chính ở địa phương (chuyên lúa, lúa-tôm, chuyên tôm) tại khu vực chịu ảnh hưởng của các loại thiên tai trong giai đoạn nghiên cứu dựa trên bảng câu hỏi. Số lượng mẫu phỏng vấn 60 hộ dân về các nội dung cụ thể như sau:

- Các loại hình thiên tai thường xuyên xảy ra tại địa phương trong giai đoạn nghiên cứu, công tác chuẩn bị ứng phó đối với hộ gia đình và đánh giá của hộ gia đình về công tác hỗ trợ ứng phó của chính quyền địa phương.
- Chi phí đầu tư, lợi nhuận, mức độ thiệt, các giải pháp của gia đình và các cơ quan địa phương đã áp dụng để phục hồi sau khi thiên tai xảy ra và mức độ hài lòng của gia đình về công tác hỗ trợ khắc phục sau thiên tai của địa phương.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

2.3.1. Làm sạch dữ liệu

Làm sạch dữ liệu bước cần thiết trong quá trình xử lý dữ liệu khảo sát để loại bỏ những lỗi trong quá trình thực hiện khảo sát trước khi dữ liệu được sử dụng để phân tích. Trong quá trình nhập và xử lý số liệu phỏng vấn, sai sót có thể xảy ra sẽ làm ảnh hưởng đến kết quả của các phân tích chuyên sâu. Do đó, các dữ liệu cần được điều chỉnh về đúng định dạng và làm dữ liệu đầu vào cho các phân tích thống kê. Do số lượng phiếu phỏng vấn không lớn nên có thể kiểm tra thủ công trong nghiên cứu này. Trong trường hợp số lượng mẫu lớn có thể kiểm tra bằng cách tính tần suất để kiểm tra những dữ liệu bất thường trong dữ liệu thu thập được.

2.3.2. Mã hóa và kiểm tra dữ liệu

Trong các phân tích thống kê, mã hóa dữ liệu được áp dụng phổ biến cho các là chuyển dữ liệu từ dạng này sang dạng code. Các câu trả lời từ các câu hỏi định tính sẽ được mã hóa để dễ dàng áp dụng làm đầu vào cho các phân tích sau. Ví dụ như các mô hình canh tác và các vụ sẽ được mã hóa thành các mã số riêng. Sau khi dữ liệu được mã hóa thì có thể được sử dụng để phân tích. Kiểm tra dữ liệu giúp hiểu rõ thông điệp có trong dữ liệu. Kết quả của việc kiểm tra dữ liệu đảm bảo dữ liệu đầy đủ và đáp ứng các điều kiện để phân tích thống kê.

2.3.4. Phân tích thống kê

a. Thống kê mô tả

Phân tích thống kê được thực hiện để phản ánh đặc tính của các loại hình thiên tai xảy ra trên địa bàn huyện Mỹ Xuyên. Phương pháp thống kê mô tả với các hàm toán học như tính giá trị trung bình (Average), tìm giá trị lớn nhất (Max), giá trị nhỏ nhất (Min) và tính các giá trị phần trăm được sử dụng nhằm xác định diễn biến các loại hình thiên tai xảy ra.

b. Kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis

Kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis là phương pháp phân tích phương sai sử dụng hạng của các giá trị quan sát, dùng để so sánh trung bình của tổng thể. Đây là phương pháp được áp dụng trong những trường hợp dữ liệu không có phân phối chuẩn, đặc biệt khi mẫu nghiên cứu nhỏ, bắt buộc phải sử dụng kiểm định phi tham số. Sử dụng để kiểm định sự khác biệt về phân phối giữa ba (hoặc nhiều hơn ba) nhóm không có phương sai tương đương nhau. Trong phạm vi nghiên cứu, phương pháp kiểm định phi tham số Kruskal-Wallis được sử dụng nhằm kiểm định giả thuyết trung bình thiệt hại do thiên tai gây ra có bằng nhau giữa

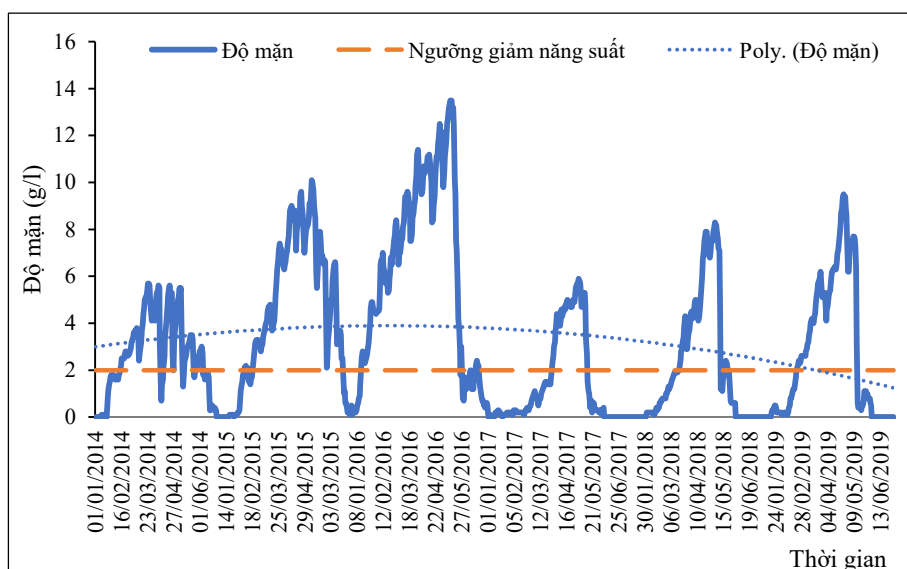
các mô hình canh tác (chuyên lúa, lúa–tôm, chuyên tôm) với mức ý nghĩa 5%. Kết quả phân tích xác định mức độ thiệt hại do thiên tai giữa các loại hình sản xuất khác nhau. Từ đó cung cấp cơ sở cho người dân và chính quyền địa phương trong việc ứng phó và đề xuất các giải pháp (ví dụ như chuyển đổi hệ thống canh tác) để hạn chế thiệt hại do thiên tai.

3. Kết quả và thảo luận

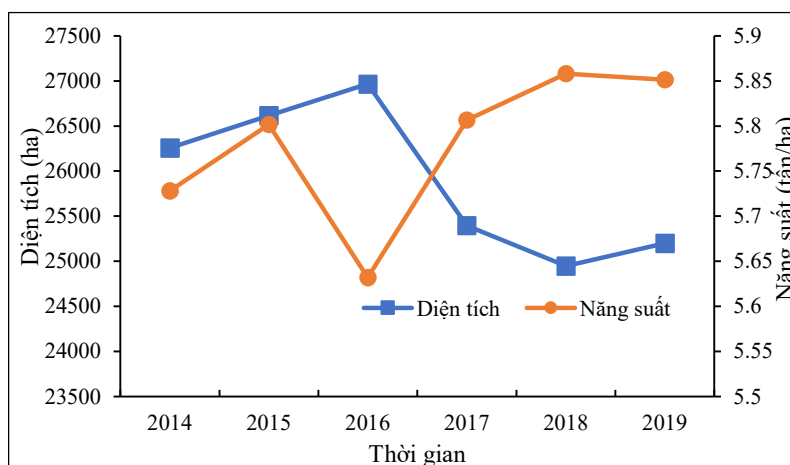
3.1. Các loại thiên tai xảy ra tại vùng nghiên cứu

3.1.1. Xâm nhập mặn

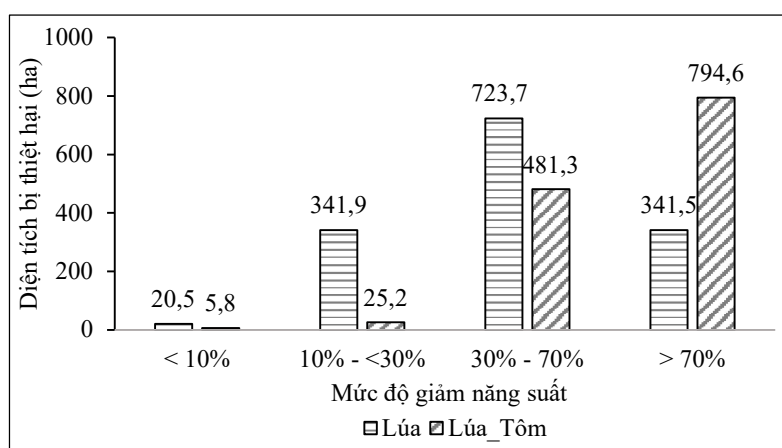
Diễn biến độ mặn lớn nhất theo ngày tại trạm Thạnh Phú từ năm 2014 đến 2019 (Hình 2) cho thấy vùng nghiên cứu bị ảnh hưởng do xâm nhập mặn từ tháng 1 đến tháng 6, trong đó, cao nhất vào giai đoạn tháng 3 đến tháng 4. Nhìn chung, xâm nhập mặn có xu hướng tăng trong giai đoạn từ năm 2014 đến năm 2016, đặc biệt, năm 2016 là năm có độ mặn cao nhất (13,2 g/l) và thời gian xâm nhập mặn liên tục kéo dài (thời gian xâm nhập mặn với độ mặn ≥ 2 g/L kéo dài liên tục từ tháng 1 đến tháng 5). Giai đoạn từ năm 2016 đến năm 2019, xâm nhập mặn có xu hướng giảm và thời gian xâm nhập mặn liên tục (với độ mặn ≥ 2 g/L) cũng ngắn hơn so với giai đoạn trước. Kết quả này phù hợp với diễn biến năng suất lúa trung bình qua các năm tại vùng nghiên cứu (Hình 3). Cụ thể, mặc dù năm 2016 có tổng diện tích lúa gieo trồng cao nhất nhưng lại có năng suất thấp nhất trong giai đoạn 2014–2019 và từ năm 2017–2019, năng suất lúa có cải thiện hơn so với năm 2016. Theo [23] tùy từng giống lúa và giai đoạn phát triển mà có ngưỡng độ mặn ảnh hưởng khác nhau, nhưng nhìn chung với độ mặn từ 2 g/L đã có thể gây ảnh hưởng đến sự phát triển của cây lúa như làm giảm chiều cao cây, số chồi lúa, số hạt chắc trên bông, khối lượng hạt và nếu độ mặn vượt qua giá trị này thì năng suất lúa sẽ giảm mạnh. Mặc dù hoạt động điều tiết các công trình thủy lợi ngăn mặn của địa phương có thể tránh việc dẫn nước mặn tưới trực tiếp vào ruộng lúa; tuy nhiên, thời gian mặn kéo dài với độ mặn cao (> 2 g/L) có thể gây thiếu nước tưới. Theo [24] số lượng chồi và chiều cao cây lúa có thể bị giảm nếu thiếu nước trong quá trình sinh trưởng, đặc biệt, năng suất sẽ giảm rõ rệt nếu thiếu nước trong quá trình làm đồng - trở bông [25]. Do đó, xâm nhập mặn được xem là loại thiên tai xảy ra thường xuyên gây ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất và sinh hoạt của người dân tại khu vực nghiên cứu. Cụ thể, trong giai đoạn 2016–2018 đã có khoảng 2.700 ha mô hình sản xuất lúa, lúa–tôm bị ảnh hưởng do XNM. Trong đó, phần lớn bị thiệt hại ở mức độ cao (giảm năng suất hơn 70%) (Hình 4).



Hình 2. Độ mặn theo ngày tại trạm Thạnh Phú trong giai đoạn từ năm 2014 đến năm 2019.



Hình 3. Năng suất và diện tích lúa tại huyện Mỹ Xuyên trong giai đoạn từ năm 2014 đến năm 2019.



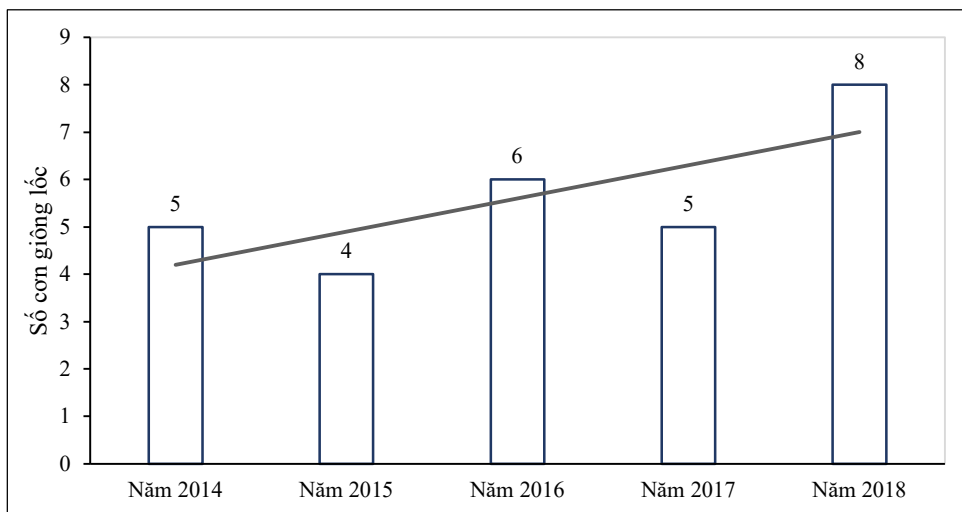
Hình 4. Diện tích lúa thiệt hại trong các hệ thống canh tác từ năm 2016–2018.

3.1.2. Giông lốc

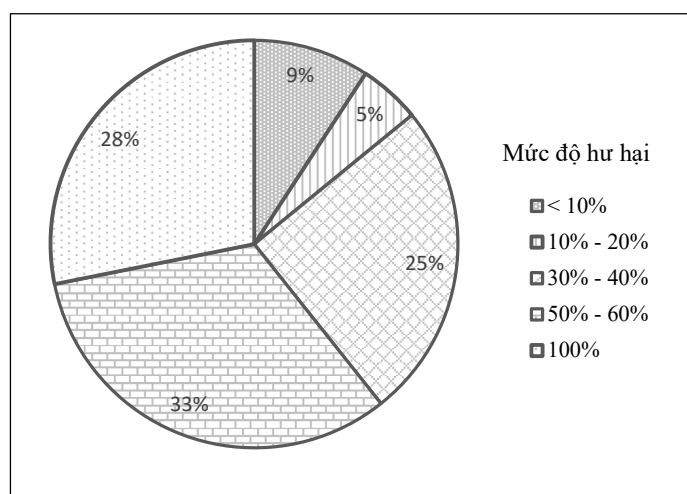
Trong giai đoạn từ năm 2014 đến năm 2018 số cơn giông lốc xuất hiện trên địa bàn huyện Mỹ Xuyên dao động từ 4 đến 8 đợt/năm và nhìn chung có xu hướng ngày càng gia tăng về tần suất xuất hiện (Hình 5). Do giông lốc xảy ra khó dự báo được nên gây khó khăn cho hoạt động ứng phó và gây thiệt hại nặng nề hơn (chủ yếu về nhà cửa) cho các hộ gia đình. Cụ thể, trong giai đoạn 2014–2018, giông lốc làm hư hại nhiều căn nhà của người dân địa phương với các mức độ khác nhau; trong đó, phần lớn số căn nhà bị hư hại ở mức độ 50–60% (593 căn, chiếm 33%), số căn nhà bị sập hoàn toàn cũng chiếm số lượng lớn (513 căn, chiếm 28%) (Hình 6). Phần lớn các nhà hư hại là các nhà thô sơ (không kiên cố) thuộc các hộ nghèo hoặc cận nghèo nên khó khăn trong việc ứng phó và khắc phục.

3.1.3. Bão và áp thấp nhiệt đới

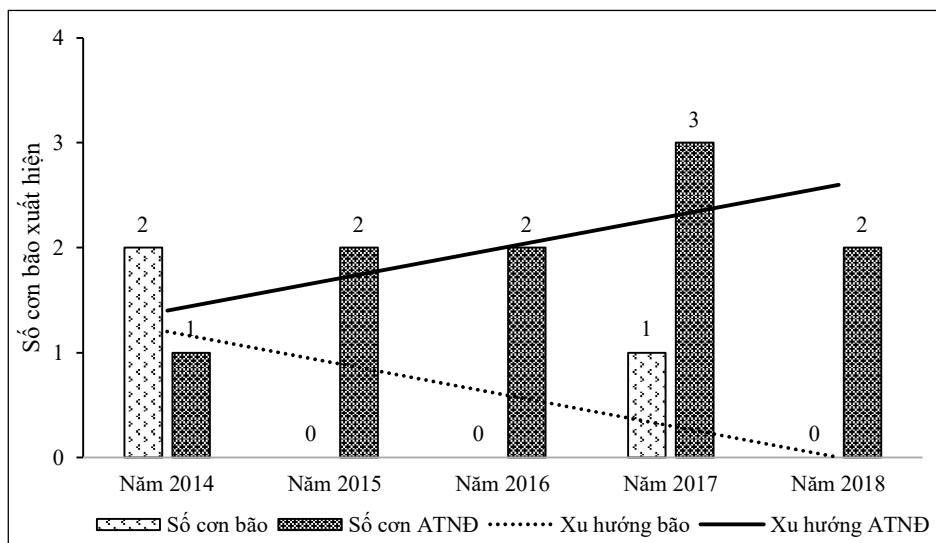
Theo người dân và cán bộ địa phương, bão và ATNĐ thường xuất hiện nhiều vào mùa mưa (khoảng tháng 8 đến tháng 11), với các cấp độ khác nhau sẽ gây mức thiệt hại khác nhau. Nhìn chung, số cơn bão và ATNĐ xuất hiện trên biển Đông và có ảnh hưởng đến địa bàn huyện từ năm 2014–2018 có xu hướng giảm trong khi số đợt ATNĐ có xu hướng tăng (Hình 7). Tuy nhiên, số liệu ghi nhận trong giai đoạn ngắn (5 năm) nên khó phản ánh chính xác xu hướng biến động.



Hình 5. Số con giồng lốc xảy ra từ năm 2014–2018.

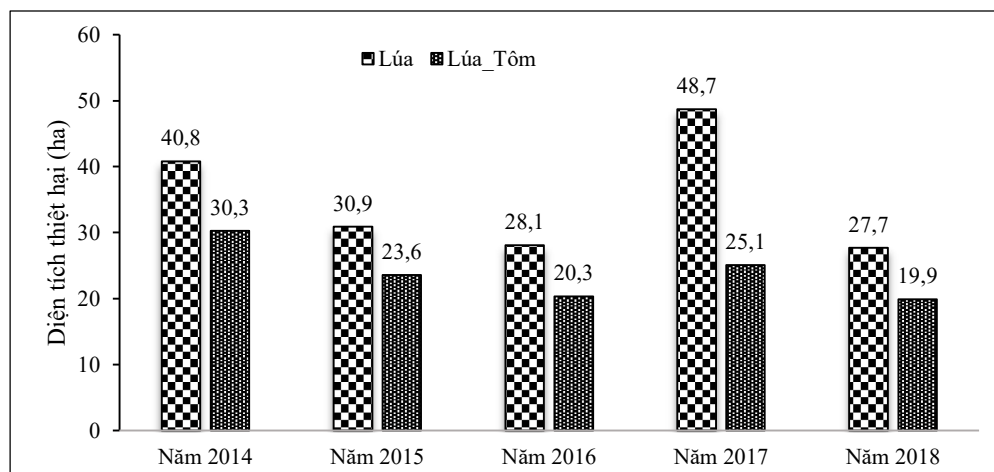


Hình 6. Số căn nhà bị thiệt hại từ năm 2014–2018.



Hình 7. Số cơn bão và ATND xảy ra tại huyện Mỹ Xuyên trong giai đoạn năm 2014–2018.

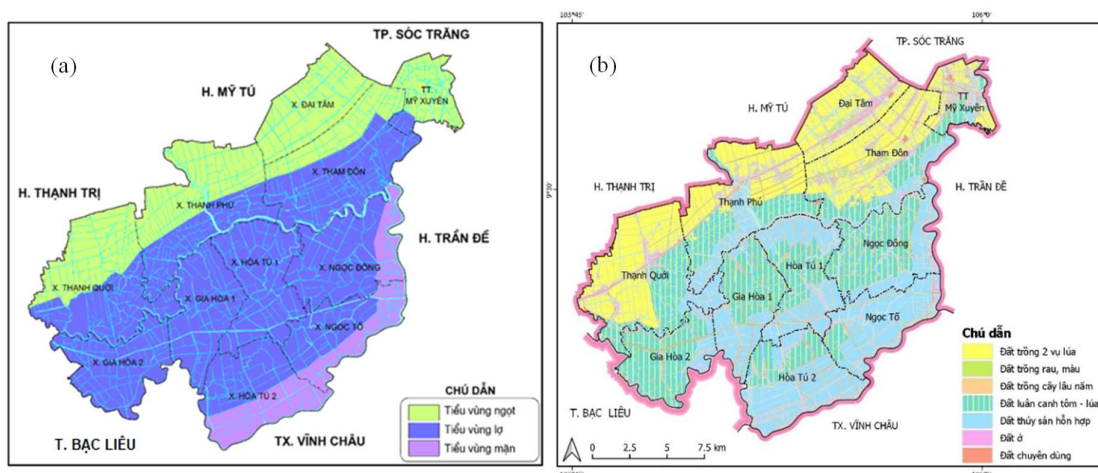
Mặc dù số cơn bão và ATNĐ xảy ra tại vùng nghiên cứu không nhiều nhưng được người dân và cán bộ địa phương xếp vào nhóm gây ảnh hưởng nặng nề do không xuất hiện thường xuyên theo chu kỳ mà xuất hiện bất thường, khó dự đoán. Bên cạnh đó bão, và ATNĐ thường kèm theo mưa lớn và gió mạnh gây ảnh hưởng nặng nề như làm giảm sản lượng nông nghiệp, hỏng các công trình thủy lợi, hư hại nhà cửa của người dân,... Trong những năm gần đây, bão và ATNĐ làm thiệt hại trên nhiều diện tích sản xuất nông nghiệp tại huyện Mỹ Xuyên (Hình 8).



Hình 8. Thống kê thiệt hại do bão và ATNĐ từ năm 2014–2018.

3.2. Tác động của thiên tai đối với các mô hình canh tác tại địa phương

Huyện Mỹ Xuyên có các vùng sinh thái nước ngọt, lợ, mặn với nhiều kiểu sử dụng đất đa dạng, Trong đó, tiểu vùng nước ngọt duy trì hệ thống canh tác chuyên lúa (sản xuất lúa hai vụ/năm), tiểu vùng nước lợ duy trì hệ thống canh tác lúa trên nền tôm (sản xuất một vụ lúa, một hoặc hai vụ tôm/năm) và tiểu vùng nước mặn duy trì hệ thống canh tác chuyên tôm (sản xuất hai hoặc ba vụ tôm/năm) [9] (Hình 9).



Hình 9. Bản đồ phân vùng sinh thái huyện Mỹ Xuyên (a) và Bản đồ sử dụng đất tại huyện Mỹ Xuyên cập nhật năm 2018 (b).

Kết quả khảo sát ý kiến của nông dân cho thấy do XNM xảy ra hàng năm nên được xem là yếu tố chính (chiếm 65%) gây ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp tại địa phương. Kết quả kiểm định phi tham số (*Kruskal Wallis*) về mức độ thiệt hại do xâm nhập mặn gây ra đối

với ba mô hình canh tác chính (chuyên lúa, lúa–tôm, chuyên tôm) cho thấy sự có khác biệt ($p < 0,05$), trong đó mô hình chuyên lúa có mức thiệt hại cao nhất, mô hình lúa–tôm xếp thứ hai và mô hình chuyên tôm ít bị thiệt hại nhất (Bảng 2), cụ thể:

Đối với mô hình chuyên lúa: Vùng nghiên cứu sản xuất hai vụ lúa/năm, bao gồm vụ đông xuân và hè thu. Trong đó, vụ đông xuân thường bắt đầu từ khoảng giữa tháng 11 kéo dài đến tháng 3 và vụ hè thu từ khoảng giữa tháng 4 và kết thúc trong tháng 8. Do đó, về cơ bản có thể tránh được khoảng thời gian xâm nhập mặn cao nhất trong năm (tháng 3 đến tháng 4). Tuy nhiên, trong trường hợp xâm nhập mặn với độ mặn cao liên tục, kéo dài (điển hình như năm 2016) có thể tác động đến cả hai vụ lúa (cuối vụ đông xuân và đầu vụ hè thu) làm giảm năng suất từ 30–70%, mức thiệt hại trung bình là 2,4 triệu đồng/1000 m²/năm.

Đối với mô hình lúa–tôm: Xâm nhập mặn chủ yếu gây thiệt hại đến vụ lúa (vụ đông xuân kéo dài từ tháng 11 đến tháng 3) làm giảm năng suất, mức thiệt hại trung bình 1,03 triệu đồng/1000 m²/năm. Đối với vụ tôm, các vấn đề gây giảm năng suất được xác định không bao gồm xâm nhập mặn mà chủ yếu do kỹ thuật nuôi, chất lượng con giống không đảm bảo, nguồn nước ô nhiễm, nắng nóng tạo điều kiện cho mầm bệnh phát triển.

Đối với mô hình chuyên tôm: Theo kinh nghiệm sản xuất của người dân, hiện tại xâm nhập mặn chưa gây tác động trực tiếp đến việc việc nuôi tôm do độ mặn vẫn nằm trong ngưỡng phù hợp. Các vấn đề chính gây thiệt hại cho việc nuôi tôm chủ yếu do chất lượng con giống không đảm bảo, nguồn nước bị ô nhiễm, thời tiết thất thường tạo điều kiện cho mầm bệnh phát triển.

Bảng 2. Xếp hạng mức độ thiệt hại do xâm nhập mặn với các mô hình sản xuất tại huyện Mỹ Xuyên.

Mô hình canh tác	Số mẫu	Thứ hạng
Chuyên lúa	21	48,52
Lúa - tôm	21	36,48
Chuyên tôm	21	11,00
Tổng	63	

Bão, ATNĐ, giông lốc do không xuất hiện thường xuyên và chỉ xảy ra trong khoảng thời gian ngắn nên chủ yếu gây thiệt hại về nhà cửa, tài sản và con người. Đối với sản xuất nông nghiệp, bão, ATNĐ, giông lốc có thể gây ngã đổ làm giảm năng suất (đối với cây lúa), hư hại các thiết bị trong ao nuôi tôm hoặc kết hợp cùng các yếu tố khác tạo điều kiện thuận lợi cho dịch bệnh phát triển. Do tùy từng cấp độ thiên tai, diện tích bị ảnh hưởng và thời gian sinh trưởng khác nhau mà mức độ thiệt hại khác nhau nên không ước lượng được mức độ thiệt hại cụ thể đối với từng mô hình canh tác trên cùng một đơn vị diện tích. Tuy nhiên, do chi phí đầu tư cao nên các mô hình chuyên tôm, lúa–tôm có khả năng rủi ro cao hơn so với mô hình chuyên lúa (Bảng 3).

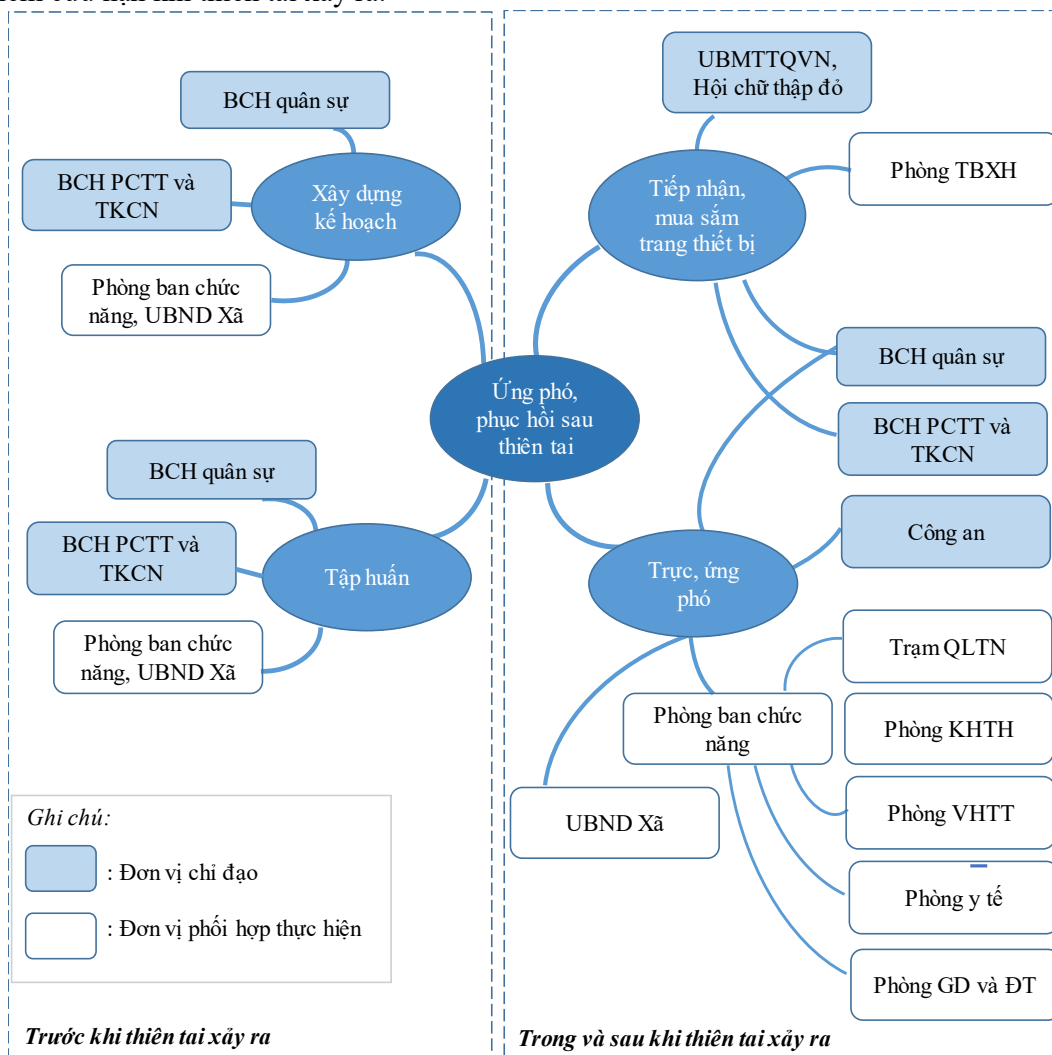
Bảng 3. Chi phí, lợi nhuận đối với các mô hình sản xuất chính tại huyện Mỹ Xuyên.

Mô hình canh tác	Chi phí (triệu đồng)		Lợi nhuận (triệu đồng)	
	Trung bình	stdev	Trung bình	stdev
Chuyên lúa	2,8	0,9	4,0	1,6
Lúa–tôm	10,9	6,0	35,4	17,0
Chuyên tôm	51,2	10,7	44,4	14,6

3.3. Các bên liên quan tham gia trong công tác ứng phó và phục hồi sau thiên tai

3.3.1. Các bên liên quan

Công tác tổ chức thực hiện quản lý rủi ro thiên tai tại huyện Mỹ Xuyên được thể hiện như Hình 10. Theo đó, các nội dung công việc chính bao gồm: (1) Xây dựng kế hoạch ứng phó với thiên tai trên địa bàn huyện; (2) Tổ chức đào tạo, tập huấn, diễn tập ứng phó; (3) Tiếp nhận mua sắm trang thiết bị phục vụ cho việc tìm kiếm cứu nạn; và (4) Thực hiện trực và tìm kiếm cứu nạn khi thiên tai xảy ra.



Hình 10. Tổ chức thực hiện ứng phó và phục hồi sau thiên tai.

Các nội dung công việc cụ thể như sau:

(1) Xây dựng kế hoạch ứng phó với thiên tai trên địa bàn huyện

Bao gồm xây dựng văn bản (phương án ứng phó) và xây dựng hệ thống tổ chức lực lượng tìm kiếm cứu nạn. Được thực hiện bởi các bên liên quan bao gồm: (1) Ban chỉ huy quân sự huyện (BCHQS), (2) Ban chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn huyện (BCH PCTT và TKCN) và (3) Các phòng ban chức năng, xã, thị trấn. Trong đó BCHQS và BCH PCTT và TKCN giữ vai trò chính, các phòng ban chức năng, xã, thị trấn là đơn vị phối hợp thực hiện giúp kiện toàn hệ thống tổ chức lực lượng tìm kiếm cứu nạn theo yêu cầu của BCHQS và BCH PCTT và TKCN.

(2) Tổ chức đào tạo, tập huấn, diễn tập ứng phó

BCHQS và BCH PCTT và TKCN tiếp nhận tài liệu, giáo trình huấn luyện nghiệp vụ về ứng phó sự cố thiên tai và tìm kiếm cứu nạn từ cấp Tỉnh sau đó tổ chức tập huấn lại cho các phòng ban chức năng, xã thị trấn.

(3) Tiếp nhận mua sắm trang thiết bị phục vụ tìm kiếm cứu nạn

Được thực hiện bởi các bên liên quan bao gồm: (1) BCHQS, (2) BCH PCTT và TKCN, (3) Ủy ban mặt trận tổ quốc Việt Nam (UBMTTQVN), Hội chữ thập đỏ, và (4) Phòng thương binh xã hội (Phòng TBXH). Trong đó, BCHQS và BCH PCTT và TKCN chịu trách nhiệm mua sắm trang thiết bị vật tư phục vụ công tác tìm kiếm cứu nạn; UBMTTQVN, Hội chữ thập đỏ tiếp nhận các nguồn đầu tư và hỗ trợ của các tổ chức cá nhân; Phòng TBXH chịu trách nhiệm hỗ trợ trong việc vận động đóng góp các nguồn hỗ trợ công tác ứng phó và phục hồi sau thiên tai.

(4) Thực hiện trực và tìm kiếm cứu nạn trong khi thiên tai xảy ra

Được thực hiện bởi các bên liên quan gồm: (1) BCHQS, (2) BCH PCTT và TKCN và (3) Các phòng ban chức năng, xã và thị trấn. Trong đó, chịu trách nhiệm chính là BCHQS và BCH PCTT và TKCN, các bên liên quan khác chịu trách nhiệm hỗ trợ thực hiện theo yêu cầu. Cụ thể:

Công an huyện: Đảm bảo an ninh trật tự, cứu nạn, cứu hộ, ngăn chặn và xử lý kịp thời những hiện tượng gây rối, cướp đoạt tài sản khi có thiên tai xảy ra.

Phòng kinh tế và hạ tầng huyện: Tuyên truyền và hướng dẫn người dân chằng, chống nhà cửa và cách trú ẩn an toàn tại công trình công cộng kiên cố khi có bão, giông lốc xảy ra trên địa bàn. Kiểm tra an toàn phương tiện giao thông đường thủy (đặc biệt là an toàn cho học sinh khi đi phương tiện qua sông). Đảm bảo giao thông khi thiên tai xảy ra để phục vụ công tác cứu hộ, khắc phục và huy động các phương tiện an toàn ứng cứu khi cần thiết.

Điện lực huyện: Đảm bảo nguồn điện phục vụ trong thời gian thiên tai như khắc phục sự cố điện nhằm phục hồi nguồn điện trong thời gian nhanh nhất và trang bị máy phát điện để phục vụ những nơi trọng yếu khi có thiên tai xảy ra.

Phòng văn hóa và thông tin, đài truyền thanh huyện: Phổ biến kiến thức về PCTT nhằm nâng cao nhận thức và hướng dẫn kỹ năng ứng phó các tình huống thiên tai xảy ra. Cập nhật thông tin từ Đài Khí tượng thủy văn tỉnh sau đó thông báo kịp thời, liên tục trên đài truyền thanh huyện và trạm truyền thanh xã, thị trấn để người dân chủ động phòng, tránh.

Bưu điện và viễn thông huyện: Kiểm tra an toàn hệ thống thông tin liên lạc trong huyện nhằm đảm bảo thông tin xuyên suốt liên tục trong mùa mưa bão.

Phòng Giáo dục và Đào tạo huyện: Phối hợp với phòng kinh tế và hạ tầng huyện và UBND các xã, thị trấn thường xuyên kiểm tra các phương tiện tàu đò đưa rước học sinh qua sông trong, đặc biệt trong mùa mưa bão. Theo dõi diễn biến thiên tai và thông báo cho học sinh biết để có ý thức tự phòng tránh

Phòng Tài chính - Kế hoạch huyện: Hướng dẫn sử dụng kinh phí đúng mục đích và cấp phát kịp thời tiền hỗ trợ khắc phục thiên tai.

Phòng y tế, bệnh viện đa khoa, trung tâm y tế dự phòng huyện: Tăng cường công tác trực ban cấp cứu, chuẩn bị đầy đủ số thuốc, chuyên môn, phương tiện và thiết bị, lương thực cứu thương kịp thời, đảm bảo công tác phòng ngừa và khắc phục hậu quả sau thiên tai.

UBND xã, thị trấn: Xây dựng và tổ chức thực hiện theo kế hoạch PCTT và TKCN với phương châm “4 tại chỗ” (chỉ huy tại chỗ, lực lượng tại chỗ, cơ sở vật chất tại chỗ, hậu cần tại chỗ). Phối hợp với các ngành, cơ quan, tổ chức di dời dân ra khỏi vùng nguy hiểm khi cần thiết. Xác định các khu vực thường xuyên bị ảnh hưởng, đối tượng, số lượng dân cần di dời. Đồng thời, chuẩn bị sẵn sàng về lực lượng, phương tiện, địa điểm sơ tán, di dời dân đến nơi an toàn.

Bên cạnh đó, đối với các loại hình thiên tai xảy ra hàng năm (điển hình như XNM) công tác ứng phó được thực hiện như: (1) Phòng NN và PTNT xây dựng kế hoạch mùa vụ hàng

năm (dựa trên dự báo hạn mặn từ cấp Tỉnh) sau đó thông tin cho UBND Xã phổ biến đến người dân; (2) Trạm quản lý thủy nông (QLTN) đo độ mặn hàng ngày, tiến hành đóng/mở cống ngăn mặn và thông báo cho các bên liên quan khác như: Phòng NN và PTNT, Đài truyền thanh để thông báo kịp thời cho người dân có kế hoạch bơm, trữ nước vào đồng ruộng.

Như vậy, nhìn chung công tác tổ chức ứng phó và phục hồi sau thiên tai tại huyện Mỹ Xuyên chặt chẽ, có sự tham gia của nhiều bên liên quan với chức năng, nhiệm vụ cụ thể có thể hỗ trợ, bổ sung cho nhau; trong đó, BCH PCTT và TKCN và BCHQS giữ vai trò chính. Tuy nhiên, vai trò của người dân (hộ gia đình) chưa được đề cao trong công tác này. Trong khi đó, người dân là người trực tiếp chịu tác động khi có thiên tai xảy ra nên bản thân họ là đối tượng cần được trang bị những kiến thức, kỹ năng và phương án ứng phó cụ thể đối với từng loại thiên tai theo các cấp độ khác nhau.

3.4. Đánh giá công tác thực hiện quy trình quản lý rủi ro thiên tai

Công tác chuẩn bị, ứng phó và phục hồi sau thiên tai tại địa phương được đánh giá dựa trên những nội dung trong chu trình quản lý rủi ro, thiên tai [17]. Theo đó, công tác thực hiện tại huyện Mỹ Xuyên được thể hiện như Bảng 4.

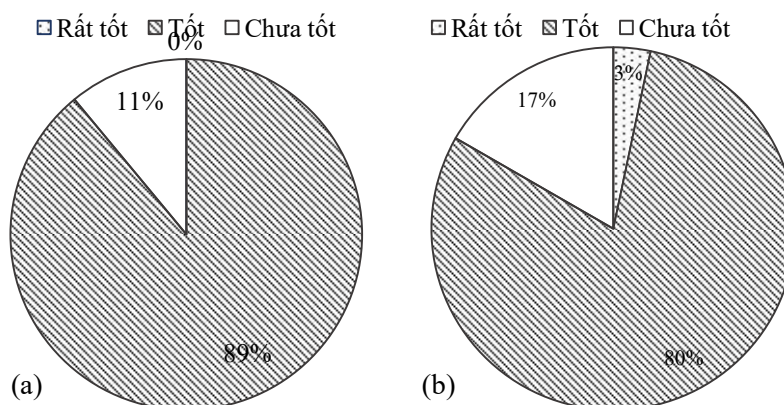
Bảng 4. Thực hiện ứng phó và phục hồi sau thiên tai tại huyện Mỹ Xuyên.

STT	Nội dung	Thực hiện
Phòng ngừa		
1	Căn cứ pháp lý	Luật phòng, chống thiên tai số 33/2013/QH, Luật tổ chức chính quyền địa phương ngày 19/6/2016, Quyết định số 44/2014/QĐ-TTg ngày 15/8/2014 của Thủ tướng Chính phủ quy định chi tiết về cấp độ rủi ro thiên tai, Nghị định 160/2018/NĐ-CP ngày 29/11/2018 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều Luật Phòng, chống thiên tai Phương án 102/PA-PCTT, ngày 21/10/2019 của Ban chỉ huy PCTT và TKCN tỉnh Sóc Trăng về Phương án ứng phó thiên tai theo cấp độ rủi ro thiên tai đối với một số loại hình thường xuyên xuất hiện trên địa bàn tỉnh Sóc Trăng Quyết định số 2242/QĐ - UBND của UBND huyện Mỹ Xuyên ban hành; Quyết định số 02/QĐ - BCH ngày 07/8/2018 “Ban hành Quy chế tổ chức và hoạt động của Ban chỉ huy Phòng, chống thiên tai và Tìm kiếm cứu nạn huyện Mỹ Xuyên”, quyết định số 03/QĐ - BCH ngày 10/8/2018 “Ban hành Quy chế về công tác trực PCTT tại Văn phòng thường trực BCH PCTT&TKCN huyện Mỹ Xuyên”, Công văn số 04/PCTT ngày 10/8/2018 “v/v phân công nhiệm vụ thành viên BCH PCTT&TKCN huyện” của Ban chỉ huy PCTT&TKCN huyện ban hành.
2	Quy hoạch sử dụng đất	Có bản đồ quy hoạch sử dụng đất tại địa phương theo điều kiện riêng tại từng khu vực và hàng năm có lập kế hoạch lịch thời vụ dựa trên dự báo tình hình thiên tai từ cấp tỉnh
3	Biện pháp kỹ thuật	Xe cứu hộ, xe chữa cháy, tàu tìm kiếm cứu nạn, nhà bạt, phao cứu hộ, cưa máy, máy phát điện và các trang thiết bị khác
4	Biện pháp sinh học	Tư vấn cho người dân các giống cây trồng, vật nuôi chống chịu với điều kiện thời tiết, kháng sâu bệnh, tiêm phòng ngừa bệnh cho vật nuôi
5	Chỉ thị tổ chức	UBND huyện chỉ đạo các Phòng ban chức năng thực hiện theo từng lĩnh vực
Khẩn cấp		
1	Quản lý	BCH PCTT và TKCN
2	Hệ thống cảnh báo	Đài phát thanh truyền thanh, bảng thông tin xã, ấp, loa phát thanh xã, ấp, loa phát thanh lưu động, khi thiên tai có chuyển biến xấu cán bộ địa phương đi đến từng hộ dân để thông báo

STT	Nội dung	Thực hiện
3	Các nguồn can thiệp	BCH PCTT và TKCN, BCH QS, các Phòng ban chức năng, xã thị trấn
4	Kế hoạch khẩn cấp	Chủ yếu thực hiện theo phương châm “4 tại chỗ”
5	Tập huấn và đào tạo	Có tổ chức tập huấn cho cán bộ các Phòng ban chức năng, xã, thị trấn
6	Chuẩn bị cho từng cá nhân Chuẩn bị can thiệp	Chủ yếu tuyên truyền thông qua loa, báo đài, băng rol, họp ấp...
1	Cảnh báo sớm	Xác định các loại hình thiên tai thường xuyên xảy ra trên địa bàn huyện Theo dõi thông tin từ cấp Tỉnh Đo độ mặn hàng ngày
2	Chuẩn bị sẵn sàng can thiệp	BCH PCTT và TKCN huyện xây dựng kế hoạch ứng phó theo các cấp độ rủi ro tại địa phương (VD: Phương án số 07/PA - BCH ngày 29/10/2018 về việc ứng phó thiên tai theo cấp độ rủi ro đối với một số thiên tai ở địa phương); BCH QS xây dựng kế hoạch nhân sự hỗ trợ ứng phó khi thiên tai xảy ra Các Phòng ban chức năng, xã, thị trấn, đoàn thể... sẵn sàng hỗ trợ theo phân công của BCH PCTT và TKCN và BCH QS
Can thiệp		
1	Cảnh báo, cứu hộ và hướng dẫn cách can thiệp	Ban chỉ huy PCTT và TKCN huyện tổ chức sơ tán dân, đảm bảo an toàn dân cư theo 2 hình thức sơ tán tại chỗ và sơ tán di dân ra khỏi vùng bị ảnh hưởng khi có thiên tai, xác định các đối tượng dễ bị tổn thương để xây dựng biện pháp ứng phó kịp thời, đảm bảo an ninh trật tự không để xảy ra vụ việc lợi dụng mưa bão trộm cắp tài sản của người dân. Di dời người dân đến trường học, các ủy ban và các công trình kiên cố đảm bảo đầy đủ cho người dân về đồ ăn, nước uống và các nhu cầu yếm phẩm khác.
2	Giảm thiểu hư hại	Xác định các đối tượng dễ bị tổn thương để xây dựng biện pháp ứng phó kịp thời, theo dõi tuyên truyền người dân chằng chống nhà cửa, chuồng trại, hạn chế đến mức thấp nhất thiệt hại
3	Các biện pháp khẩn cấp	Xác định sẵn những nơi trú ẩn an toàn (VD Trường học, cơ quan...) để có thể di dời người dân thuộc vùng nguy hiểm đến
Phục hồi		
1	Tài chính	Quỹ phòng chống thiên tai dựa theo Nghị định số 94/2014/NĐ – CP của Chính phủ quy định về thành lập và quản lý Quỹ phòng, chống thiên tai, Quyết định số 196/QĐ – UBND ngày 17/10/2018 của Chủ tịch UBND tỉnh Sóc Trăng Ban hành quy chế tổ chức và hoạt động của quỹ phòng, chống thiên tai, Quyết định số 1276/QĐ- UBND ngày 29/3/2019 phê duyệt Kế hoạch thu Quỹ Phòng, chống thiên tai trên địa bàn huyện Mỹ Xuyên năm 2019.
2	Bài học kinh nghiệm	Tổ chức hội nghị sơ kết, tổng kết công tác PCTT và TKCN

Nhìn chung, công tác chuẩn bị, ứng phó tại vùng nghiên cứu đang được thực hiện tốt trong điều kiện thiên tai diễn biến ngày càng phức tạp và ảnh hưởng đến đời sống người dân. Kết quả khảo sát cho thấy trên 80% hộ dân đánh giá công tác được thực hiện tốt (Hình 11). Tuy nhiên một số hạn chế còn tồn tại như: Việc ứng phó và phục hồi sau thiên tai chủ yếu dựa vào nguồn lực huy động tại chỗ từ địa phương (theo phương châm “4 tại chỗ”). Việc huy động này giúp phát huy tối đa nguồn lực địa phương, giúp công tác ứng phó nhanh chóng, tiết kiệm thời gian đồng thời hạn chế chi phí điều động từ nơi khác. Tuy nhiên, điều này cũng gây một số hạn chế như: (1) Số lượng trang thiết bị huy động không đủ đáp ứng nhu cầu, (2) Lực lượng thanh niên đăng ký tham gia công tác ứng phó tại địa phương có thể không đảm bảo do nhiều thanh niên đi làm ăn xa (chẳng hạn phong trào di cư lên các thành phố lớn làm việc như hiện nay). Do vậy, công tác này có thể gặp khó khăn và không đảm bảo nguồn nhân lực khi cần. Bên cạnh đó, kế hoạch ứng phó trong các trường hợp khẩn cấp chủ yếu dựa theo phương châm “4 tại chỗ” bao gồm tận dụng các trụ sở cơ quan, trường học... làm địa điểm

trú ẩn và sẵn sàng di dân đến vùng an toàn khi gặp tình huống nguy cấp. Do vậy, trong những tình huống khẩn cấp công tác ứng phó có thể gặp khó khăn, lúng túng do chưa có phương án cụ thể. Ngoài ra, công tác chuẩn bị cho từng cá nhân mặc dù đã được thực hiện bằng việc tuyên truyền qua đài phát thanh, loa, băng rol, họp ấp... nhưng vẫn gặp một số vấn đề như: (1) Số lượng loa ít, (2) Chất lượng loa kém nên người dân nghe không rõ, (3) Một bộ phận người dân chủ quan không để ý đến thông báo của địa phương... Bên cạnh đó, việc phục hồi sau thiên tai còn gặp khó khăn do hạn chế về kinh phí. Cụ thể, mức hỗ trợ hiện tại là 1 triệu đồng/cán nhà bị hư hại, do đó, chỉ mang ý nghĩa động viên tinh thần cho người dân là chính chứ chưa đủ để khắc phục thiệt hại.



Hình 11. Đánh giá của người dân về công tác ứng phó (A) và phục hồi sau thiên tai (B) của chính quyền địa phương.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy trên địa bàn huyện có 3 loại thiên tai thường xuyên xuất hiện gồm: (1) Xâm nhập mặn, (2) giông lốc, (3) bão và ATNĐ. Nhìn chung, các loại hình thiên tai này có xu hướng tăng. Cụ thể XNM tăng về nồng độ mặn và thời gian XNM (với độ mặn > 2g/L); giông lốc, bão và ATNĐ tăng về tần suất xuất hiện. Trong các mô hình sản xuất chính của huyện thì mô hình chuyên lúa được đánh giá chịu thiệt hại nặng nề nhất do tác động của xâm nhập mặn so với mô hình lúa-tôm và chuyên tôm. Trong khi đó, mô hình chuyên tôm và lúa-tôm có khả năng rủi ro cao hơn với bão và ATNĐ.

Công tác tổ chức ứng phó và phục hồi sau thiên tai tại huyện Mỹ Xuyên chặt chẽ, có sự tham gia của nhiều bên liên quan với các chức năng, nhiệm vụ cụ thể có thể hỗ trợ, bổ sung cho nhau; trong đó, BCH PCTT và TKCN và BCHQS giữ vai trò chính. Tuy nhiên, vai trò của người dân (hộ gia đình) chưa được đề cao trong công tác này. Bên cạnh đó, một số điểm còn hạn chế như: (1) Việc huy động nguồn lực tại chỗ của địa phương có thể bị động, không đáp ứng đủ số lượng yêu cầu do thanh niên di cư lên các thành phố lớn làm việc; (2) Chưa có nhiều phương án ứng phó với các tình huống khác nhau nên có khả năng lúng túng xử lý tình huống phát sinh; (3) Một bộ phận người dân chủ quan không để ý đến thông báo của địa phương; và (4) Hạn chế về trang thiết bị (loa, đài tuyên truyền) và kinh phí hỗ trợ người dân phục hồi sau thiên tai.

Nghiên cứu bước đầu khảo sát tổng quan về các loại hình thiên tai chính, mức độ thiệt hại đối với các mô hình sản xuất chính và công tác ứng phó, phục hồi sau thiên tai tại địa phương. Tuy nhiên, các số liệu về điều kiện tự nhiên, các loại hình thiên tai chưa được phân tích trong khoảng thời gian đủ dài. Do đó, đề xuất nghiên cứu tiếp theo thu thập thêm các số liệu điều kiện tự nhiên trong giai đoạn dài hơn nhằm đánh giá chính xác hơn xu hướng biến động. Bên cạnh đó, điều tra kinh tế xã hội chi tiết hơn về chi phí đầu tư, yêu cầu kỹ thuật của các loại hình sản xuất chính tại địa phương, chi phí chuyển đổi giữa các mô hình (nếu xảy

ra) nhằm có đánh giá chi tiết hỗ trợ chính quyền và người dân địa phương trong việc chuyển đổi mô hình phù hợp, hạn chế tác động của thiên tai.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Dự án Hợp tác Kỹ thuật “Tăng cường năng lực Trường Đại học Cần Thơ thành trường xuất sắc về đào tạo, nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ” của Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản (JICA). Tác giả xin cảm ơn ban biên tập và hai phản biện đã góp ý đề bài báo được hoàn thiện hơn.

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. FAO. Impact of natural disasters and crises on food security and agriculture. 2017. <http://www.fao.org/3/I8656EN/i8656en.pdf>. Accessed on August 10, 2019
2. Paprotny, D.; Terefenko, P. New estimates of potential impacts of sea level rise and coastal floods in Poland. *Nat. Hazards* **2017**, 85, 1249–1277.
3. Xian, S.; Yin, J.; Lin, N.; Oppenheimer, M. Influence of risk factors and past events on flood resilience in coastal megacities: Comparative analysis of NYC and Shanghai. *Sci. Total Environ.* **2018**, 610, 1251–1261.
4. Genua-Olmedo, A.; Temmerman, S.; Ibáñez, C.; Alcaraz, C. Evaluating Adaptation Options to Sea Level Rise and Benefits to Agriculture: The Ebro Delta Showcase. *Sci. Total Environ.* **2022**, 806, 150624. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.150624>.
5. Hương, H.T.L.; Hiền, N.X.; Thủy, N.T.; Hằng, V.T.; Công, N.T. Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt khu vực Trung Trung Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 715, 13–26.
6. Hà, H.T.N.; Đại, T.H.; Học, T.Q.; Dũng, B.Q.; Sơn, N.H. Đánh giá rủi ro thiên tai liên quan đến biến đổi khí hậu dựa vào cộng đồng cho các xã ven biển tỉnh Quảng Bình. *Tạp chí Khoa học Biến đổi Khí hậu* **2020**, 16, 83–92.
7. Văn, C.T.; Sơn, N.T.; Tuấn, N.T.; Tiến, N.X. Đánh giá ảnh hưởng của sử dụng đất đến kết quả tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ – Áp dụng tính cho huyện Điện Bàn tỉnh Quảng Nam thuộc hạ du lưu vực sông Thu Bồn. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 643, 40–44.
8. Cát, V.M. Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt sông Dinh. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 717, 1–10.
9. Trần, T.T.T. Nghiên cứu đánh giá mức độ rủi ro lũ lụt tỉnh An Giang trong trường hợp lũ cao và đề xuất các biện pháp quản lý. Luận văn thạc sỹ, Đại học Quốc gia Hà Nội, Việt Nam, 2019.
10. Tín, T.M.; Long, V.V.; Điệp, T.H.; Minh, V.Q. Ứng dụng phân tích đa tiêu chí trong đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đối với sản xuất nông nghiệp ở các tỉnh ven biển đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* **2018**, 54, 202–210.
11. Tỹ, T.V.; Hoài, Đ.T.T.; Minh, H.V.T. Xây dựng bản đồ hạn hán đồng bằng sông Cửu Long bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, Chuyên đề Môi trường và biến đổi khí hậu* **2015**, 226–233.
12. Luật Phòng chống thiên tai số 33/2013/QH13, 2013.

13. Khiêm, N.V.; Hương, H.T.L.; Khiêm, M.V.; Hương, Đ.T.; Chung, N.N. Hiệu quả, đóng góp của ngành công an trong công tác ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 730, 53–67.
14. Tùng, S.T.; Lan, N.H.M.; Nguyễn, N.H.; Hương, Đ.N.T.; Vân, P.Đ.B.; Trang, N.T.T.; Hà, B.T.M. Nhận diện “niềm tin” tại cộng đồng dân cư ven biển khu vực Nam Trung bộ trong ứng phó với thiên tai. *Tap chí Khoa học Đại học Thủ Dầu Một* **2020**, 5(48), 40–49.
15. Thong, T.A.; Romina, R. Integrating farmers’ Adaptive Knowledge into Flood Management and Adaptation policies in the Vietnamese Mekong Delta: A social Learning Perspective. *Global Environ. Change* **2019**, 55, 84–96.
16. Kien, N.T.; Mewett, H.F.; Dharmalingam, A. Social support from bonding and bridging relationships in disaster recovery: Findings from a slow-onset disaster. *International Journal of Disaster Risk Reduction* **2020**, 46, 101501.
17. FOCP. Integrated Risk Management: Its importance in protecting people and their livelihoods. Federal Office for Civil Protection FOCP. 2014, pp. 20.
18. IPCC. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of workinggroup I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007, pp. 996.
19. Luo, T.; Maddocks, A.; Iceland, C.; Ward, P.; Winsemius, H. World’s 15 Countries with the Most People Exposed to River Floods, 2015. Available online: <https://www.wri.org/blog/2015/03/world’s15-countries-most-people-exposed-river-floods>
20. Trung tâm Kỹ thuật Môi trường Sóc Trăng. Nghiên cứu số liệu, hiện tượng nhiều năm về khí tượng thủy hải văn, diễn biến xâm nhập mặn và đánh giá tình hình BĐKH và nước biển dâng tại tỉnh Sóc Trăng, 2010.
21. Vũ, P.T.; Vũ, P.H.; Huy, V.T. Sự thay đổi mô hình cảnh tác theo khả năng thích ứng của người dân tại các huyện ven biển Sóc Trăng và Bạc Liêu. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2013**, 26, 46–54.
22. Ban Chỉ huy Phòng chống Thiên tai và Tìm kiếm Cứu nạn huyện Mỹ Xuyên. Kế hoạch phòng, chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn năm 2016–2020.
23. Nhân, P.P.; Thùy, P.M. Ảnh hưởng mặn và vai trò của Natri silicate trên lúa ở giai đoạn mạ. *Khoa học & Bản tin, Phần B: Khoa học Nông nghiệp, Thủy sản và Công nghệ sinh học* **2011**, 19, 187–196.
24. Doorenbos, J.; Kassam, A.H.; Bentvelsen, C.; Uittenbogaard, G. Yield Response to Water. *Irrig. Agric. Dev.* **1980**, 257–280. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-025675-7.50021-2>.
25. Salemi, H.; Amin, M.; Soom, M.; Lee, T.S. Effects of Deficit Irrigation on Water Productivity and Maize Yields in Arid Regions of Iran. *Pertannika J. Trop. Agric. Sci.* **2011**, 34(2), 207–216.

A study on climate-related disasters risk assessment in My Xuyen District, Soc Trang Province

Vo Thi Phuong Linh¹, Nguyen Hieu Trung², Vo Quoc Thanh^{1*}

¹ College of Environment and Natural Resources, Can Tho University; vtplinh@ctu.edu.vn, quocthanh@ctu.edu.vn

² Research Institute for Climate Change, Can Tho University; nhtrung@ctu.edu.vn

Abstract: The study was conducted to assess the process of coping with and recovering from climate-related disasters (before, during and after the events) in My Xuyen district, Soc Trang province, Vietnam. The data on types of climate-related disasters and damages in the period of 2014 to 2019 was collected from Irrigation Management Station, Department of Agriculture and Rural Development of My Xuyen district. In addition, interviews with farmers and local officials on disaster preparedness, response and recovery have been applied by households and localities. We used a non-parametric test (Kruskal-Wallis) to compare whether or not the difference in the level of damages caused by climate-related disasters is different for different types of land uses. The process of response and recovery after climate-related disasters was discussed in participation workshops with stakeholders from the Steering Committee for Disaster Prevention and Search and Rescue, People's Committees of communes, and the related departments. The results show that 3 popular types of climate-related disasters were found in My Xuyen, consisting of (1) saline intrusion, (2) cyclones, (3) storms and tropical depressions. In general, these types of climate-related disasters tend to increase from 2014 to 2019. Measures have been applied to response to climate-related disasters are adjustment of cropping calendar and operating the system of irrigation works to cope with the salinity intrusion, measure to recover damages. The government applies an approach of 4-on-the-spot motto in disaster prevention and mitigation which are on-the-spot command, on-the-spot forces, on-site supplies and on-site logistics to take advantages of the local resources, organize to save people injured by storms and tropical depression, organize searching for the missing people. In general, the local recovery process is well organized with the participation of several stakeholders and the support of the local people. However, in this process, this study still finds some difficulties such as limits of equipment, budget, and awareness of local people to proactively coping with climate-related disasters.

Keywords: Disaster prevention; Saline intrusion; Disaster mitigation; Mekong Delta; Rice cultivation.

Bài báo khoa học

Đánh giá tác động của địa hình ven bờ tỉnh Khánh Hòa đến phân bố sóng trong bão Damrey bằng mô hình Mike 21SW

Bùi Văn Chanh^{1*}, Nguyễn Đăng Hùng¹

¹ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;
buivanchanh@gmail.com; hungntb@gmail.com

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

Ban Biên tập nhận bài: 02/10/2021; Ngày phản biện xong: 09/11/2021; Ngày đăng bài: 25/1/2022

Tóm tắt: Bão Damrey là cơn bão lịch sử đổ bộ vào tỉnh Khánh Hòa và đã gây thiệt hại rất lớn, đặc biệt là các xã/phường ven biển của huyện Vạn Ninh, thị xã Ninh Hòa và thành phố Nha Trang. Trong đó, sóng trong bão gây ra thiệt hại rất lớn; tuy nhiên địa hình ven bờ tỉnh Khánh Hòa đã tác động đến sự phân bố phức tạp của sóng. Do vậy, mô phỏng chi tiết trường sóng trong bão Damrey có ý nghĩa rất quan trọng trong phòng chống thiên tai, lập quy hoạch và thiết kế các công trình khu nuôi trồng thủy sản của tỉnh Khánh Hòa. Để mô phỏng trường sóng trong bão Damrey, mô hình Mike 21SW được áp dụng thiết lập 03 lưới tính lồng, với độ phân giải chi tiết lưới khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa tới 450 m. Số liệu gió tái phân tích ERA Interim được sử dụng để mô phỏng sóng khu vực nam Biển Đông, số liệu gió các trạm ven bờ và trên biển ở khu vực Nam Trung Bộ được nội suy bằng phương pháp IDW cho khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa. Kết quả mô phỏng độ cao sóng cho thấy, khu vực vịnh Vân Phong từ 0,5–7,0 m, khu vực vịnh Nha Trang từ 0,5–8,0 m, khu vực vịnh Cam Ranh từ 0,3–6,0 m. Sóng lớn nhất ven biển tỉnh Khánh Hòa là ở cửa vịnh Vân Phong, với độ cao từ 9–10 m.

Từ khóa: Mô hình Mike 21SW; Bão Damrey; Sóng biển Khánh Hòa.

1. Mở đầu

Ứng dụng mô hình để nghiên cứu phân bố sóng khá phổ biến, đặc biệt là ứng dụng trong tính toán các thông số sóng để thiết kế cầu cảng, công trình ven biển, tính toán năng lượng sóng, dự báo và làm đầu vào cho các mô hình vận chuyển trầm tích [1]. Mô hình ứng dụng để mô phỏng sóng điển hình trên thế giới như WAM, SWAN, STWAVE, WAVEWATCH III, OVBM, bộ mô hình Mike (Mike 21SW, Mike 21NSW, Mike 21BW); trong đó mô hình WAM và WAVEWATCH III (WW3) sử dụng để mô phỏng sóng ngoài khơi và đang được ứng dụng mô phỏng sóng đại dương; các mô hình như SWAN, TOMAWAC, STWAVE, Mike 21SW được sử dụng mô phỏng sóng ven bờ và vùng nước nông [2–3]. Tuy nhiên, để mô phỏng sóng ven bờ cần phải sử dụng hệ thống ven bờ và kết nối với đầu ra mô hình sóng đại dương, điển hình như kết nối của mô hình WAM, WW3 với SWAN, FEM, OVBM, Mike 21SW [1–2, 4–5].

Các mô hình sóng đại dương với lưới tính thô, phù hợp với các vùng nước sâu, nhưng để mô hình hóa chính xác khu vực ven bờ và vùng nước nông cần sử dụng lưới tính mịn. Mô hình phổ sóng thế hệ thứ ba (SWAN) cho quy mô nhỏ, vùng ven biển có nước nông, đảo, bãi và gió địa phương có khả năng mô phỏng tương tác sóng, khúc xạ và sự vỡ sóng do địa hình; tuy nhiên, hình dạng của quang phổ thường không được tốt, đặc biệt là chu kỳ đỉnh sóng cao. Điều này dẫn đến sự phát triển của mô hình sóng thế hệ thứ ba mới là Mike 21SW có khả

năng mô phỏng tốt cho lưới tính mịn [1]. Mô hình SWAN có độ nhạy cao hơn và Mike 21SW ít nhạy hơn với dữ liệu gió, Mike 21SW tăng thời gian tính toán đáng kể khi tăng dữ liệu gió; tuy nhiên, tăng gió vào trong cả hai mô hình trên đều dẫn đến sự suy giảm của sóng giảm đáng kể [1, 6]. Cả mô hình SWAN và Mike 21SW mô phỏng được nhiều yếu tố tác động đến sóng với nhiều công thức và thông số; mặc dù SWAN tính nhanh hơn, nhưng mô hình Mike 21SW tích hợp được nhiều mô đun và mô phỏng vùng nước nông, khu vực công trình tốt hơn [7]. Một nghiên cứu tương tự được thực hiện bởi Sharifi (2012), trong đó mô hình Mike 21SW so sánh với WW3 và kết quả cho thấy WW3 cho kết quả mô phỏng tin cậy hơn so với Mike 21SW ở vùng nước sâu; trong khi ở khu vực nước nông, Mike 21SW cho kết quả nhất quán hơn [1]. So sánh mô hình Mike 21SW với Mạng thần kinh nhân tạo (ANN) tích hợp với thuật toán lọc Geno–Kalman cho thấy: Mike 21SW mô phỏng rất tốt chiều cao sóng hiệu dụng, hệ số tương quan và hiệu quả cao hơn [8].

Nghiên cứu sóng vịnh Nha Trang được nhiều sự quan tâm hơn so với các khu vực khác của tỉnh Khánh Hòa; tuy nhiên, mới chỉ có nghiên cứu sơ bộ của cơn bão cấp 8 có tên là FAITH đổ bộ vào Nha Trang tháng 12 năm 1998 và cơn bão mạnh ảnh hưởng gián tiếp là THIRTY và HAIYAN [4]. Hầu hết các nghiên cứu tập trung vào phân bố sóng do gió mùa Đông Bắc và Tây Nam trong vịnh Nha Trang [4–5, 9], hoặc mô phỏng sóng do gió mùa làm đầu vào cho mô hình vận chuyển trầm tích và đề xuất giải pháp ổn định bãi biển [10–11]. Nghiên cứu phân bố sóng khu vực vịnh Cam Ranh và Vân Phong khá ít, chủ yếu là mô phỏng sóng để làm đầu vào cho mô hình hải lưu ven bờ và vận chuyển trầm tích do gió mùa hoạt động mạnh [12]. Như vậy, nghiên cứu phân bố sóng chi tiết cho ven bờ tỉnh Khánh Hòa chủ yếu đã thực hiện ở vịnh Nha Trang và đến nay cũng rất ít nghiên cứu phân bố sóng do bão ảnh hưởng trực tiếp đến vịnh Vân Phong, Cam Ranh.

Bão Damrey (bão số 12 năm 2017) là cơn bão có cường độ lịch sử đổ bộ vào tỉnh Khánh Hòa và đã gây thiệt hại rất lớn, đặc biệt là các xã/phường ven biển của huyện Vạn Ninh, thị xã Ninh Hòa, thành phố Nha Trang. Bão làm cho 34 người chết, 4 người mất tích, 993 nhà bị sập hoàn toàn, 97.851 nhà hư hỏng và tốc mái, 1.141 tàu thuyền bị chìm và hư hỏng nặng, 24.320 lồng bè bị mất trắng [13]. Ngoài thiệt hại do gió mạnh, những cơn sóng thiệt hại rất lớn về tàu thuyền và nuôi trồng hải sản cho thấy sức tàn phá của sóng bão; do đó, sử dụng độ cao sóng do bão Damrey để bổ sung kế hoạch phòng chống ứng phó và sử dụng thiết kế các công trình ven biển, quy hoạch vùng nuôi trồng hải sản là rất cần thiết. Tuy nhiên, khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa không có số liệu đo sóng và đến nay chưa có nghiên cứu về phân bố sóng do bão Damrey. Mặc dù đã có một số nghiên cứu về sóng khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa, nhưng mới chỉ đề cập đến các cơn bão ảnh hưởng gián tiếp và sóng do gió mùa Đông Bắc, Tây Nam.

Như vậy, mô phỏng chi tiết sóng ven bờ do bão Damrey để hoàn thiện phương án phòng chống thiên tai, tính toán đặc trưng sóng cho thiết kế công trình, quy hoạch vùng nuôi trồng hải sản, kết nối với mô hình thủy thạch động lực học là rất cần thiết. Hiện nay có nhiều mô hình được sử dụng để nghiên cứu phân bố sóng, với ưu thế về mô phỏng sóng ven bờ và thuận tiện trong ứng dụng, mô hình Mike 21SW được lựa chọn để mô phỏng chi tiết sóng bão Damrey khu vực ven bờ tỉnh Khánh Hòa và trong các vịnh Vân Phong, Nha Trang, Cam Ranh. Để đánh giá tác động của địa hình bờ biển Khánh Hòa đến phân bố sóng bão Damrey, nghiên cứu đã sử dụng 03 hệ thống lưới lồng; trong đó; miền tính lớn nhất là khu vực nam Biển Đông, miền tính nhỏ hơn là vùng biển tỉnh Khánh Hòa và miền tính chi tiết nhất là vịnh Vân Phong, Nha Trang và Cam Ranh.

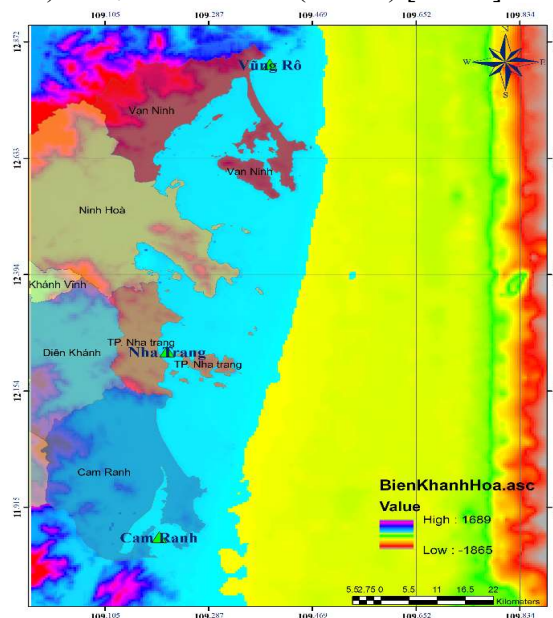
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

Khánh Hòa là một tỉnh thuộc duyên hải Nam Trung Bộ của Việt Nam, phía bắc giáp với tỉnh Phú Yên, phía nam giáp với tỉnh Ninh Thuận, phía tây giáp với tỉnh Đắk Lắk và Lâm

Đông, phía đông giáp với Biển Đông. Đường bờ biển kéo dài từ xã Đại Lãnh tới cuối vịnh Cam Ranh, độ dài tính theo mép nước khoảng 385 km với nhiều cửa lạch, đầm, vịnh và có khoảng 200 đảo. Khánh Hòa có 6 đầm và vịnh lớn, đó là Đại Lãnh, vịnh Vân Phong, Hòn Khói, vịnh Nha Phu, vịnh Nha Trang (Cù Huân) và vịnh Cam Ranh (Hình 1) [14–15].

Thềm lục địa tỉnh Khánh Hòa rất hẹp, địa hình dốc gần bờ; vùng thềm lục địa phản ánh sự tiếp nối của cấu trúc địa hình trên đất liền. Mép thềm lục địa tỉnh Khánh Hòa phổ biến có độ sâu từ 600–1000 m, đường bờ cỏ có độ sâu biến đổi từ 150–200 m, độ dốc thềm lục địa giảm dần từ phía bắc xuống phía nam (Hình 1). Các nhánh núi của dãy Trường Sơn đâm ra biển như dãy Phước Hà Sơn, núi Hòn Khô, dãy Hoàng Ngưu tạo thành các mũi Hòn Thị, Con Rùa, Mũi Đông Ba và hình thành núi ngầm dưới biển mà các đỉnh cao của nó nhô lên khỏi mặt nước hình thành các đảo như Hòn Tre, Hòn Miếu, Hòn Mun. Xen giữa các bãi đảo nổi, đảo ngầm là những vùng trũng tương đối bằng phẳng gọi là các đồng bằng biển, đó chính là đáy các vũng, vịnh như Vân Phong, Nha Trang và Cam Ranh [14–15].



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

2.2. Cơ sở lý thuyết mô hình Mike 21SW

Để áp dụng cho phạm vi không gian nhỏ, phương trình chuyển động cơ bản thường được tạo thành công thức trong hệ tọa độ Đề–các, trong khi đó hệ tọa độ cực được sử dụng cho phạm vi không gian lớn. Phổ sóng biến đổi theo không gian và thời gian và là một hàm của hai tham số pha sóng. Hai tham số pha sóng có thể là véc tơ số của sóng \vec{k} , bao gồm cả độ lớn k và hướng θ . Bên cạnh đó các tham số pha sóng cũng có thể là hướng sóng θ , hoặc là tần số góc tương đối ($\delta = 2\pi fr$), hoặc là tần số góc tuyệt đối ($\omega = 2\pi fa$). Công thức hướng sóng được chọn là θ và tần số góc tương đối là δ . Mật độ hoạt động $N(\delta, \theta)$ và mật độ năng lượng $E(\delta, \theta)$ có mối quan hệ $N = E/\delta$. Đối với lan truyền sóng qua vùng có sự biến đổi chậm của dòng và độ sâu, tần số góc tương đối và tần số góc tuyệt đối có mối quan hệ phân tán tuyến tính [16]:

$$\delta = \sqrt{gk \cdot \tan(kd)} = \omega - \vec{k} \cdot \vec{U} \quad (1)$$

Trong đó g là gia tốc trọng trường, d là độ sâu của nước, \vec{U} là véc tơ vận tốc dòng. Độ lớn của nhóm vận tốc c_g , năng lượng sóng có quan hệ với dòng như sau [16]:

$$c_g = \frac{\partial \delta}{\partial k} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sin(2kd)} \right) \frac{\delta}{k} \quad (2)$$

Pha vận tốc c của sóng có mối quan hệ với dòng như sau: $c = \delta/k$. Phổ tần số được giới hạn trong phạm vi tần số nhỏ nhất (δ_{\min}) và lớn nhất (δ_{\max}). Phần phổ quyết định được định đoạt theo giải pháp phương trình chuyển động, sử dụng phương pháp số cho mật độ hoạt động sóng. Mật độ năng lượng được thể hiện như sau [16]:

$$E(\delta, \theta) = E(\delta_{\max}, \theta) \left(\frac{\delta}{\delta_{\max}} \right)^{-m} \quad (3)$$

Trong đó m là hằng số, trong mô hình này $m = 5$. Tần số định trước lớn nhất được xác định như sau: $\delta_{cut-o} = \min[\delta_{max}, \max(2.5\delta, 4\delta_{PM})]$. Trong đó: δ_{max} là tần số tách rời lớn nhất, được sử dụng trong quyết định mô hình sóng. δ là tần số trung bình tương đối. $\delta_{PM} = g/(28u_{10})$ là tần số đỉnh Pierson Moskowitz cho phát triển sóng đầy đủ, u_{10} là vận tốc gió tại độ cao 10 m so với mặt nước biển.

Trong hệ tọa độ Đề-các theo phương ngang phương trình bảo toàn sóng như sau [16]:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\delta} \quad (4)$$

Trong đó $N(\vec{x}, \delta, \theta, t)$ là mật độ hoạt động; t là thời gian, $\vec{x} = (xy)$ là hệ tọa độ Đề-các, $\vec{v} = (c_x, c_y, c_\delta, c_\theta)$ là vận tốc lan truyền của một nhóm sóng trong không gian 4 chiều \vec{x} , δ và θ , S là giới hạn góc cho phương trình cân bằng năng lượng, ∇ là 4 chiều hoạt động riêng biệt trong không gian \vec{x} , δ và θ . Lan truyền sóng của 4 chiều không gian có như sau [16]:

$$(c_x, c_y) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}_g + \vec{U} \quad (5)$$

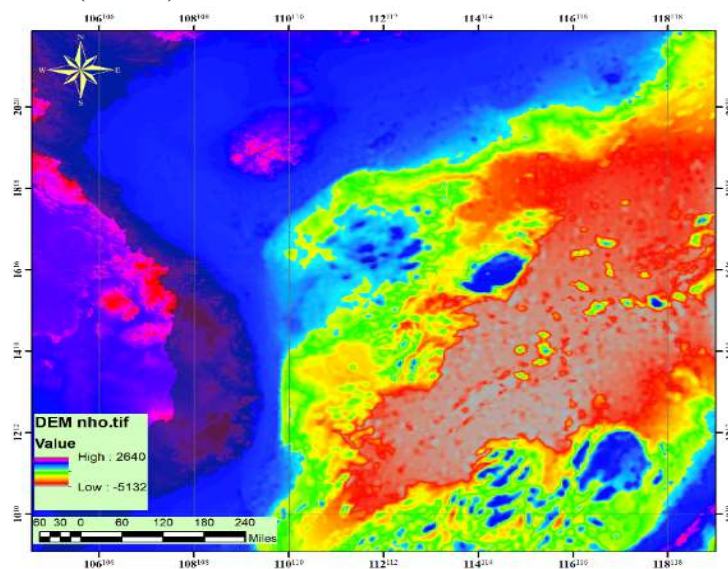
$$c_\delta = \frac{d\delta}{dt} = \frac{\partial \delta}{\partial d} \left[\frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla_{\vec{x}} d \right] - c_g \cdot \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s} \quad (6)$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[\frac{\partial \delta}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial m} \right] \quad (7)$$

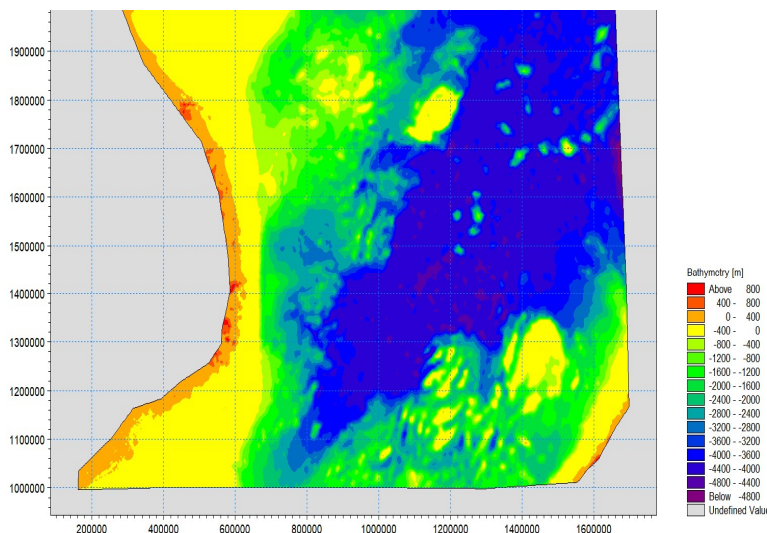
Trong đó s là tọa độ không gian trong hướng sóng θ , m là hệ tọa độ vuông góc với s , $\nabla_{\vec{x}}$ là 2 chiều hoạt động riêng biệt trong không gian \vec{x} .

2.3. Thiết lập mô hình Mike 21SW khu vực nam Biển Đông

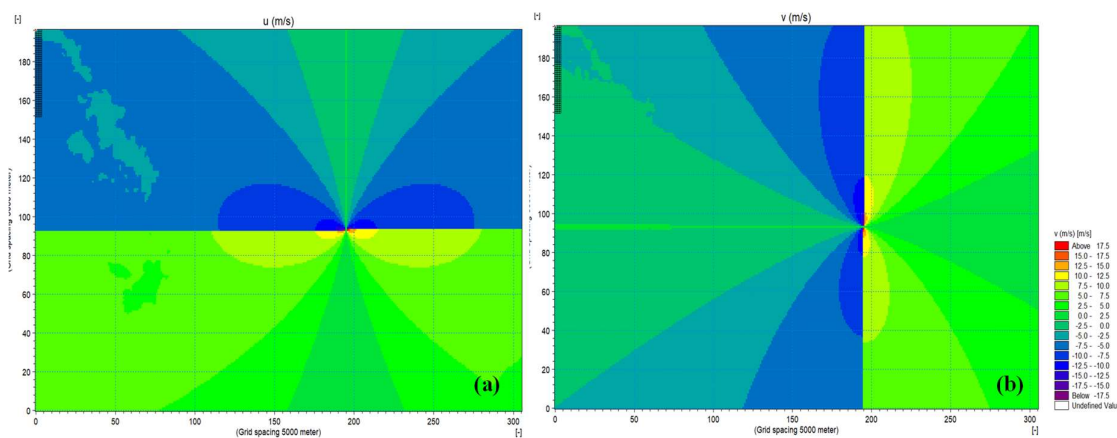
Địa hình đầu vào cho mô hình Mike 21SW khu vực nam Biển Đông được tính toán từ bản đồ DEM độ phân giải 1800 m và miền tính được chia lưới phi cấu trúc (lưới tam giác không đều) với diện tích nút lưới lớn nhất là 50 km², riêng khu vực quần đảo Trường Sa, Hoàng Sa và ven bờ nước ta có địa hình biển đổi mạnh được chia lưới chi tiết hơn với diện tích nút lưới lớn nhất là 5 km²; ô lưới có diện tích nhỏ nhất là 26 m² [17–18] (Hình 2). Miền tính khu vực nam Biển Đông, bao gồm quần đảo Trường Sa, Hoàng Sa và ven bờ được chia thành 64156 nút lưới (Hình 3).



Hình 2. Bản đồ DEM 1800m Biển Đông.



Hình 3. Chia lưới miền tính khu vực nam Biển Đông.



Hình 4. Lốp gió bão Damrey thành phần \vec{u} (a) và \vec{v} (b) ở giữa Biển Đông lúc 7h/3/11 trong Mike 21SW.

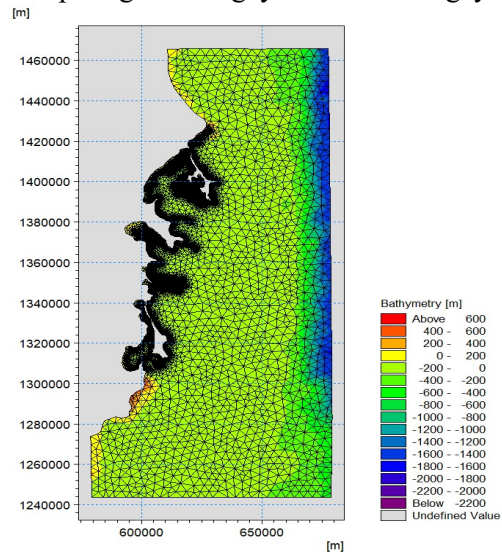
Số liệu gió thành phần theo các lưới ô vuông của bộ số liệu tái phân tích ERA Interim của Trung tâm Dự báo Hạn vừa châu Âu với độ phân giải $0,125^\circ$ và được chuyển đổi, biên tập theo cấu trúc đầu vào của mô hình Mike 21SW [18–19]. Số liệu gió đầu vào là mảng dữ liệu 4 chiều, trong đó có 2 chiều không gian phẳng, 1 chiều gió thành phần (gồm hai hướng thành phần \vec{u} và \vec{v}), 1 chiều thời gian được xác định từ 7h ngày 02 đến 10h ngày 4 tháng 11 năm 2017. Số liệu gió gồm 197 hàng và 306 cột, số lượng nút lưới ô vuông là 60282. Thời gian tính toán được thiết lập 6120 bước, mỗi bước $\Delta t = 30$ giây; các biên phía bắc, phía nam, đất liền Việt Nam và các đảo của Phi-lip-pin được đóng kín. Mô hình Mike 21SW thiết lập cho khu vực nam Biển Đông được thiết lập để mô phỏng và tạo biên đầu vào cho vùng biển tỉnh Khánh Hòa.

2.4. Thiết lập mô hình Mike 21SW vùng biển Khánh Hòa

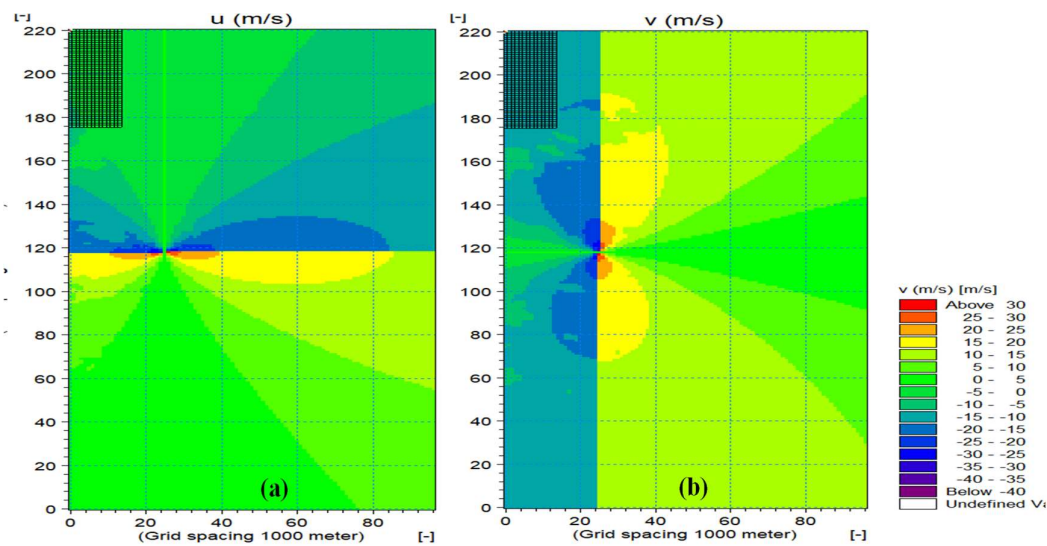
Do ảnh hưởng trực tiếp của cơn bão số 12, nên các tỉnh từ Bình Định đến Khánh Hòa đã có gió giật cấp 11–12, các tỉnh Ninh Thuận, Bình Thuận giật cấp 7 cụ thể như sau: An Nhơn 28 m/s, Quy Nhơn 24 m/s, Tuy Hòa 30 m/s, Ninh Hòa 34 m/s, Nha Trang 33 m/s, Cam Ranh 18 m/s, Phan Rang 17 m/s. Với mức độ biến đổi của gió theo không gian như trên, gió bão

thành phần vùng biển Khánh Hòa nội suy từ số liệu obs typh các trạm bằng phương pháp IDW và được lập trình trên Fortran với độ phân giải 1000 m, trong đó có 221 hàng và 97 cột, số nút lưới là 21437 ô vuông [20–21]. Thời gian mô phỏng từ 7h ngày 02 đến 10h ngày 4 tháng 11 năm 2017, tổng số bước tính là 36720, mỗi bước tính $\Delta t = 5$ giây.

Địa hình vùng biển Khánh Hòa được tính toán từ bản đồ DEM độ phân giải 450 m (Hình 7a); lưới miền tính phi cấu trúc với diện tích ô lưới lớn nhất 10 km², khu vực ven bờ và các đảo được chia chi tiết với ô lưới lớn nhất có diện tích 0,04 km² (40.000 m²), ô lưới có diện tích nhỏ nhất là 26 m²; miền tính sóng ngoài khơi và chi tiết ven bờ tỉnh Khánh Hòa có 55985 nút (Hình 5) [17–18]. Các biên phía bắc, phía nam và phía đông được kết nối với đầu ra mô hình Mike 21SW thiết lập cho khu vực nam Biển Đông ở trên; biên đất liền của tỉnh Khánh Hòa là biên đóng kín. Mô hình Mike 21SW thiết lập cho tỉnh Khánh Hòa trích xuất vùng mô phỏng đầu ra và các biên đầu vào để tiếp tục mô phỏng cho vịnh Vân Phong, Nha Trang và Cam Ranh.



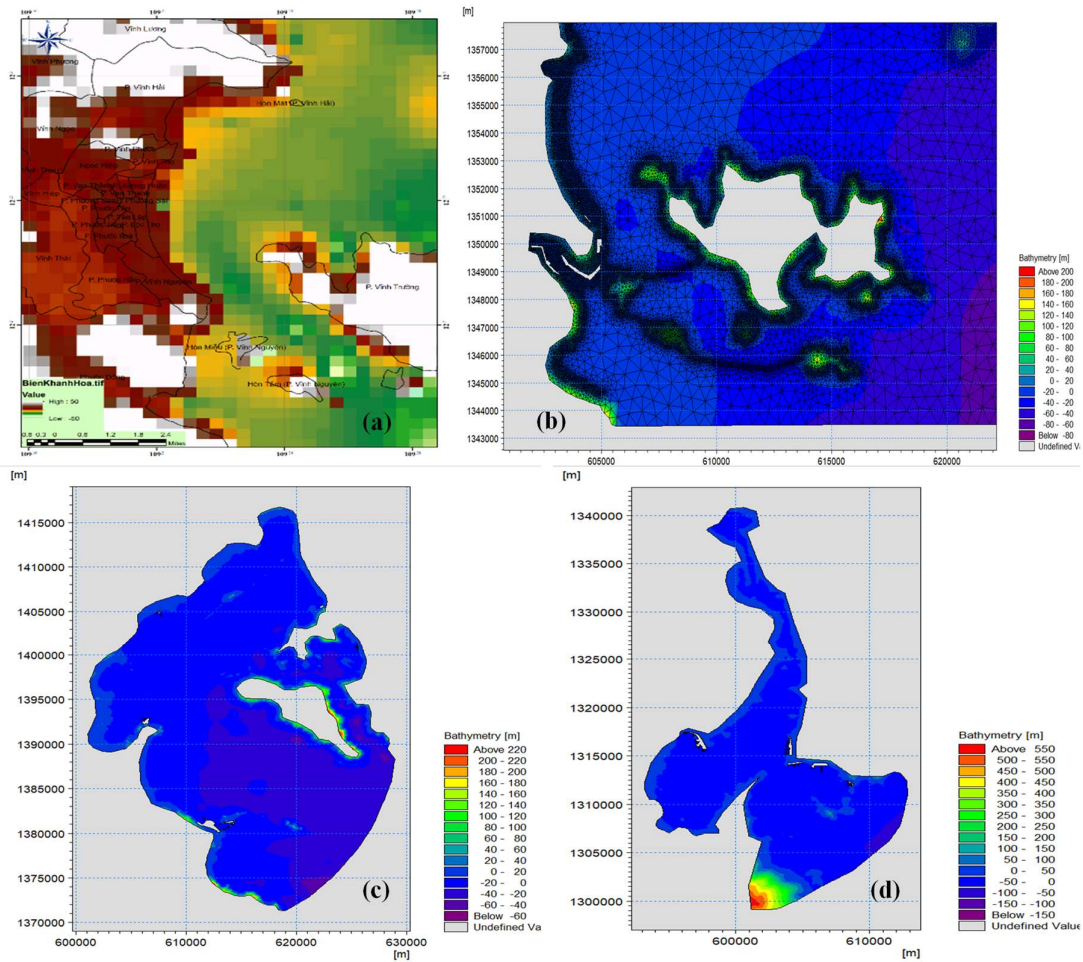
Hình 5. Chia lưới miền tính vùng biển Khánh Hòa.



Hình 6. Lốp gió bão Damrey thành phần \vec{u} (a) và \vec{v} (b) khi đổ bộ vào Khánh Hòa lúc 7h/4/11 trong mô hình Mike 21SW.

2.5. Thiết lập mô hình Mike 21SW các vịnh

Mô hình Mike 21SW thiết lập cho vịnh Nha Trang, Vân Phong, Cam Ranh tương tự như thiết lập cho khu vực nam Biển Đông và vùng biển Khánh Hòa như ở trên. Thời gian mô phỏng từ 7h ngày 02 đến 10h ngày 4 tháng 11 năm 2017, với bước tính $\Delta t = 5$ giây. Số liệu gió đầu vào trên vịnh các vịnh được lấy đồng nhất với số liệu gió quan trắc được tại các trạm quan trắc tự động Ninh Hòa, khí tượng Nha Trang và Cam Ranh. Các vịnh trên có địa hình đáy biển biến đổi phức tạp, có nhiều đảo, công trình tác động đến sóng và hoạt động kinh tế biển phát triển, vùng quốc phòng an ninh quan trọng; do đó, cần được mô phỏng chi tiết hơn các vùng biển khác của tỉnh Khánh Hòa.

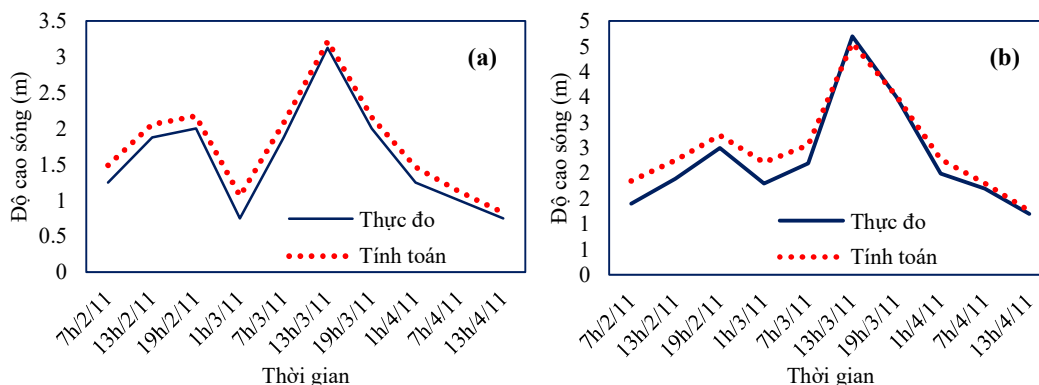


Hình 7. (a) Bản đồ DEM 450 m vịnh Nha Trang; (b) Chia lưới miền tính vịnh Nha Trang; (c) Địa hình miền tính vịnh Vân Phong; (d) Địa hình miền tính vịnh Cam Ranh.

Dữ liệu địa hình các vịnh là bản đồ DEM đáy biển độ phân giải 450 m, bản đồ địa hình tỷ lệ 1/10.000 và số liệu địa hình thực đo tại vịnh Nha Trang [22]. Lưới miền tính phi cấu trúc trên vịnh Nha Trang có diện tích ô lưới lớn nhất là 5000 m², khu vực ven bờ, các đảo và công trình được chia chi tiết với ô lưới lớn nhất là 500 m² (Hình 7b); trên vịnh Vân Phong có diện tích ô lưới lớn nhất là 7000 m², khu vực ven bờ, các đảo và công trình được chia chi tiết với ô lưới lớn nhất là 700 m² (Hình 7c); trên vịnh Cam Ranh có diện tích ô lưới lớn nhất là 6000 m², khu vực ven bờ, các đảo và công trình được chia chi tiết với ô lưới lớn nhất là 600 m² (Hình 7d). Ô lưới nhỏ nhất trong miền tính các vịnh trên có diện tích là 26 m² [18].

2.6. Hiệu chỉnh và kiểm định

Bộ thông số mô hình Mike 21SW sau khi thiết lập được hiệu chỉnh với số liệu tại trạm Khí tượng Hải văn Trường Sa trong trận bão Damrey và kiểm định với số liệu trạm Khí tượng Hải văn Song Tử Tây. Đánh giá chất lượng mô phỏng bằng chỉ tiêu Nash–Sutcliffe với số liệu hiệu chỉnh là 0,90, với số liệu kiểm định là 0,87; chất lượng hiệu chỉnh và kiểm định đều đạt loại tốt (Hình 8a, 8b) [23].



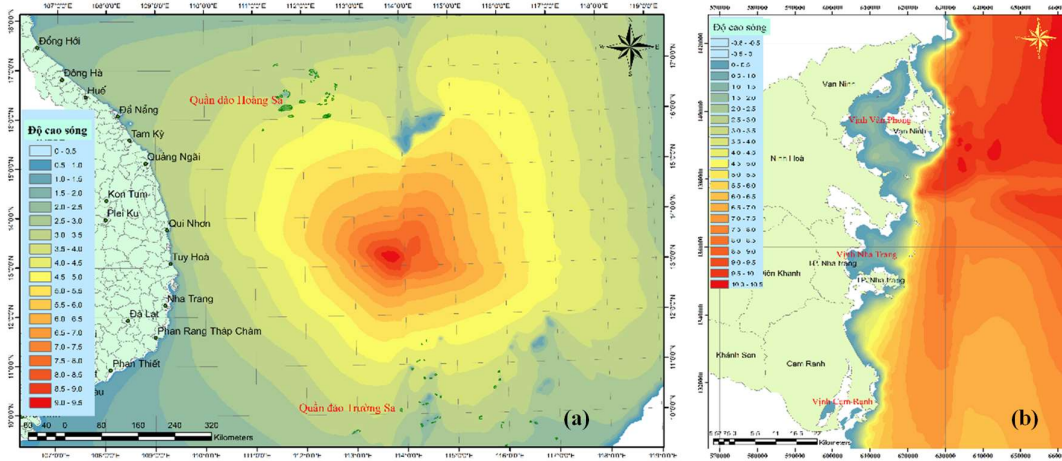
Hình 8. (a) So sánh kết quả tính độ cao sóng từ mô hình Mike 21SW với số liệu quan trắc tại trạm Khí tượng Hải văn Trường Sa trong bão Damrey; (b) So sánh kết quả tính độ cao sóng từ mô hình Mike 21SW với số liệu quan trắc tại trạm Khí tượng Hải văn Song Tử Tây trong bão Damrey.

3. Kết quả và thảo luận

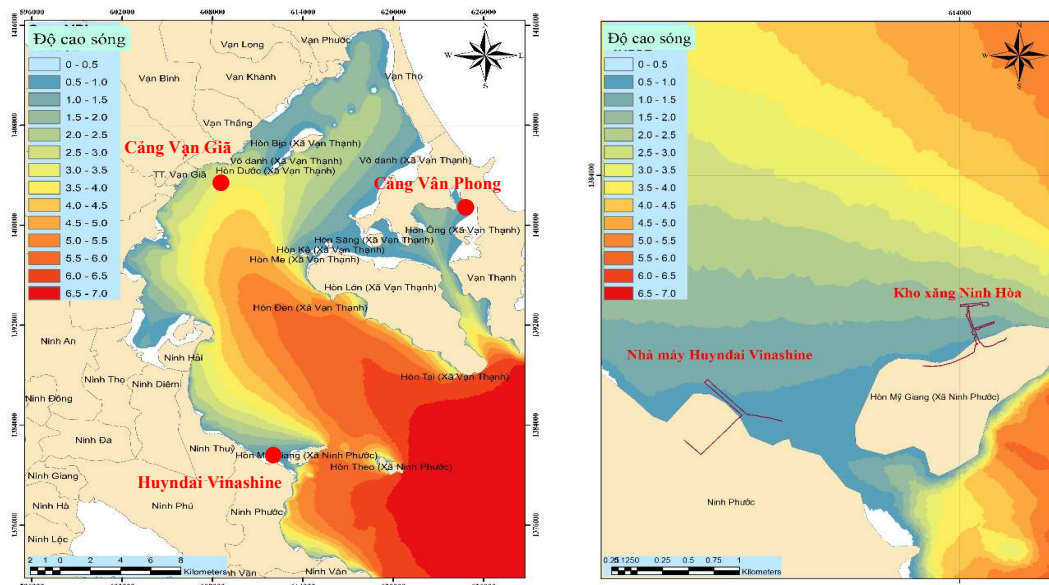
Mô hình Mike 21SW mô phỏng sóng khu vực nam Biển Đông khi bão Damrey đang phát triển và tăng cường độ trước khi đổ bộ vào đất liền, độ cao sóng lớn nhất ở rìa phía tây bắc của tâm bão. Mô hình thiết lập cho khu vực nam Biển Đông mô phỏng quá trình hình thành và phát triển của sóng bão, kết quả đầu ra được sử dụng làm biên cho mô hình được thiết lập cho vùng biển Khánh Hòa. Khi vị trí tâm bão ở khu vực giữa Biển Đông, sóng đang có xu hướng tăng dần với độ cao lớn nhất gần tâm bão từ 9–10 m; độ cao sóng đạt cực đại ngay trước khi đổ bộ vào Ninh Hòa. Do khu vực ngoài vịnh Vân Phong đến Vũng Rô ở gần phía bắc tâm bão nên có độ cao sóng lớn nhất từ 10–11 m; khu vực ngoài vịnh Nha Trang và Cam Ranh ở phía nam tâm bão nên sóng nhỏ hơn, với độ cao sóng lần lượt từ 7–8 m và từ 5–6 m (Hình 11).

Cửa vịnh Vân Phong có độ cao sóng lớn nhất là ngay trước khi bão đổ bộ, tạo ra sóng lớn nhất từ 6–7 m và giảm mạnh khi vào sâu trong vịnh với độ cao sóng từ 1,0–1,5 m, riêng khu vực cảng Vạn Giã từ 2,5–3,5 m (Hình 10). Khu vực nhà máy đóng tàu Hyundai Vinashine và kho xăng Ninh Hòa mặc dù gần cửa vịnh Vân Phong, nhưng do được che chắn bởi đảo Hòn Mỹ Giang nên sóng giảm với độ cao từ 2,0–4,0 m (Hình 11). Khu vực cảng Vân Phong nằm trong luồng nhỏ giữa đảo Hòn Lớn và bán đảo Vạn Thạnh nên sóng giảm mạnh, với độ cao sóng từ 0,5–1,0 m (Hình 12a). Khu vực phía tây Diệp Sơn có độ cao sóng giảm mạnh do sự che chắn của đảo Hòn Bịp và Hòn Dước (Hình 12b).

Do phía bắc vịnh Nha Trang gần tâm bão nên sóng khu vực này là lớn nhất so với các khu vực khác của trong vịnh, độ cao sóng lớn nhất phía bắc vịnh Nha Trang từ 6–8m, khu vực phía tây nam đảo Hòn Tre có độ cao sóng nhỏ nhất do được đảo này che chắn (Hình 14a). Ngoài ra phía tây các đảo Trí Nguyên, Hòn Mun, Hòn Tằm, Hòn Một vừa có sự che chắn của các đảo này và đảo Hòn Tre nên sóng giảm mạnh và có độ cao từ 1–2 m; khu vực cảng Nha Trang và cáp treo Vinpearl Land có độ nằm ở phía tây nam đảo Hòn Tre nên sóng nhỏ hơn các khu vực khác với độ cao sóng từ 1–2 m (Hình 14b). Khu vực Bến Du Thuyền độ sâu giảm và tác động của công trình nên sóng giảm mạnh, với độ cao sóng từ 0,5–1,5 m (Hình 14a).



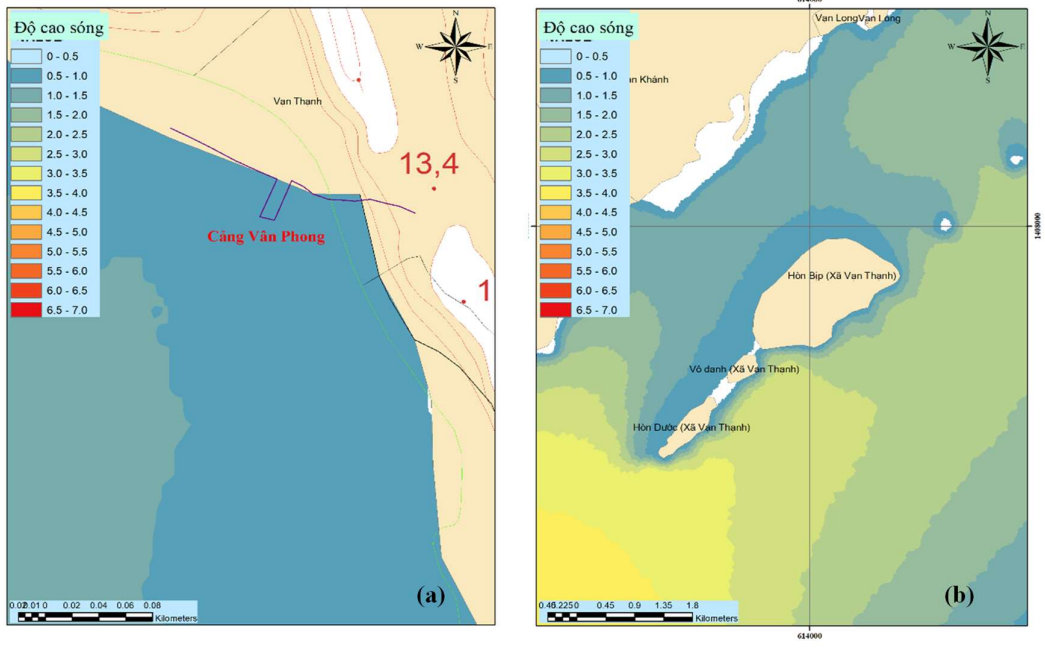
Hình 9. (a) Phân bố độ cao sóng trong bão Damrey trên khu vực giữa Biển Đông lúc 7h/3/11; (b) Phân bố độ cao sóng vùng biển Khánh Hòa thời điểm bão đổ bộ.



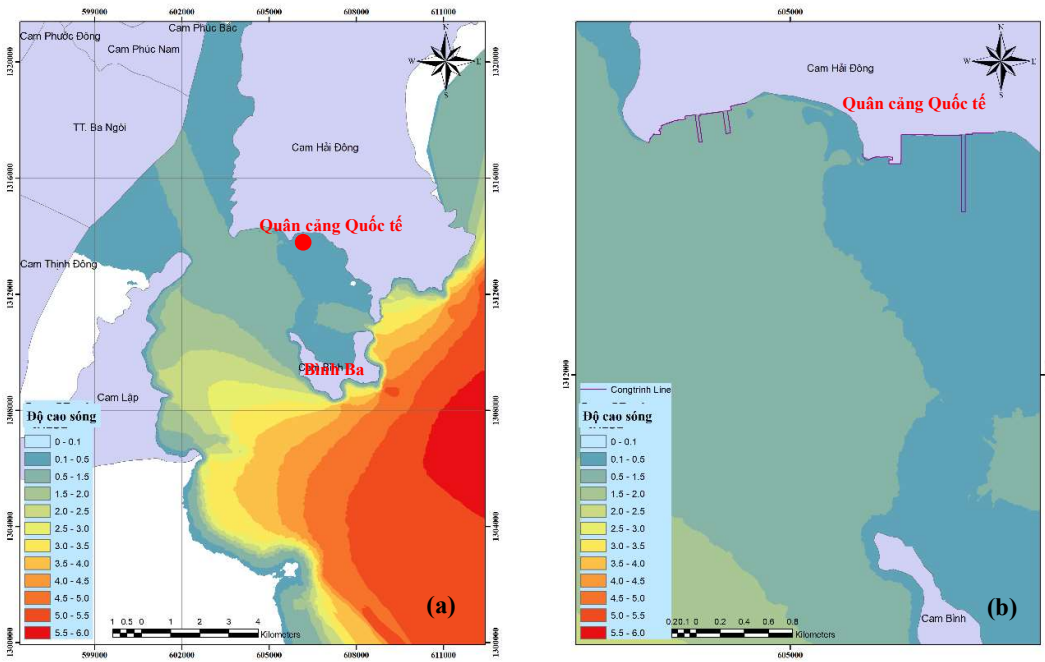
Hình 10. Phân bố độ cao sóng trong bão Damrey vịnh Vinh Phong tại thời điểm bão đổ bộ.

Hình 11. Phân bố độ cao sóng trong bão Damrey cảng Hyundai Vinashine tại thời điểm bão đổ bộ.

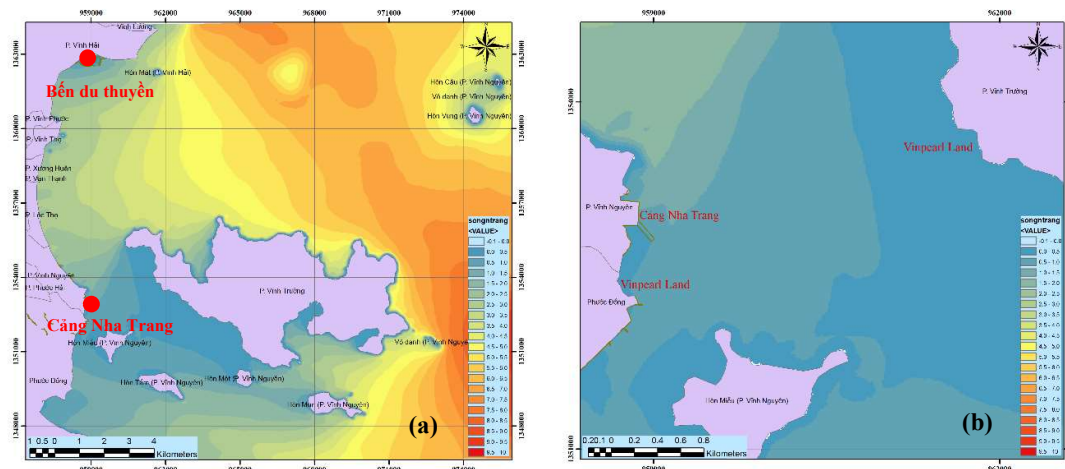
Vịnh Cam Ranh là một vịnh rất kín, với cửa ra nhỏ, phía trước có sự che chắn của đảo Bình Ba nên độ cao sóng giảm rất nhanh. Khu vực ngoài vịnh Cam Ranh có độ cao sóng lớn nhất từ 5–6 m, khu vực Cửa Lớn có độ cao sóng từ 4–5 m, Cửa Nhỏ từ 2–3 m; phía trong vịnh độ cao sóng chỉ từ 0,5–1,0 m (Hình 13a). Khu vực Quân cảng Quốc tế Cam Ranh, có sự che chắn của đảo Bình Ba, nên dù ở gần cửa vịnh Cam Ranh nhưng sóng khá nhỏ so với khu vực cửa ngoài vịnh, với độ cao sóng từ 1–2 m (Hình 13b).



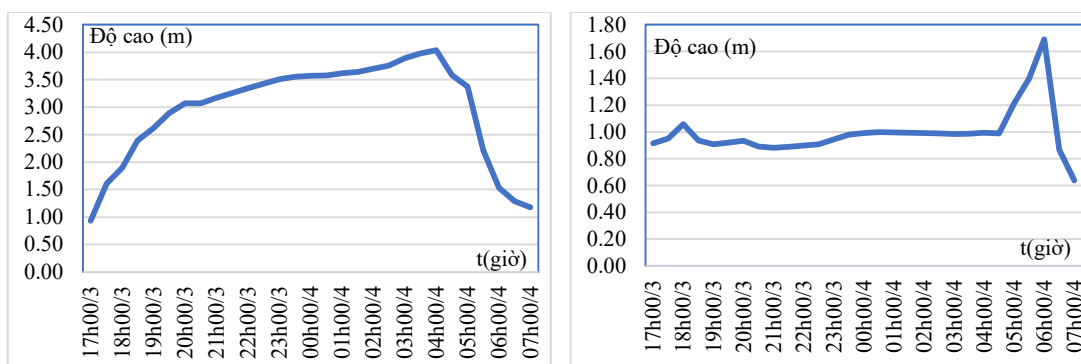
Hình 12. (a) Phân bố sóng bão Damrey cảng Vân Phong tại thời điểm bão đổ bộ; (b) Phân bố sóng bão Damrey đảo Diệp Sơn tại thời điểm bão đổ bộ.



Hình 13. (a) Phân bố sóng bão Damrey vịnh Cam Ranh tại thời điểm bão đổ bộ; (b) Phân bố sóng bão Damrey Quân cảng Quốc tế Cam Ranh tại thời điểm bão đổ bộ.



Hình 14. (a) Phân bố sóng bão Damrey vịnh Nha Trang tại thời điểm bão đổ bộ; (b) Phân bố sóng bão Damrey cảng Nha Trang và Vinpearl tại thời điểm bão đổ bộ.



Hình 15. (a) Diễn biến độ cao sóng khu vực Huynhai Vinashine do ảnh hưởng của bão Damrey; (b) Diễn biến độ cao sóng khu vực cảng Nha Trang do ảnh hưởng của bão Damrey.

Diễn biến sóng tại một số vị trí ven bờ biển Khánh Hòa cho thấy, tại khu vực nhà máy đóng tàu Huynhai Vinashine bắt đầu từ 17h ngày 3 có độ cao sóng tăng dần, độ cao sóng lớn nhất khoảng 4,0m; xuất hiện lúc 4h ngày 4, là thời điểm bão đổ bộ, sau đó độ cao sóng giảm rất nhanh. Trong khi đó tại cảng Nha Trang (cảng Cầu Đá), độ cao sóng dao động từ 0,9m đến 1,1m, tăng nhanh lúc 4h ngày 4, độ cao sóng lớn nhất khoảng 1,7 m, xuất hiện lúc 6h ngày 4, sau đó độ cao sóng giảm nhanh (Hình 15a–15b).

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, mô hình Mike 21SW được thiết lập để tính toán sóng trong bão Damrey đổ bộ vào ven biển Khánh Hòa–Phú Yên tháng 11 năm 2017. Mô hình được thiết lập trên 02 lưới tính, bao gồm lưới tính có độ phân giải thô trên phạm vi Biển Đông và lưới tính chi tiết cho ven biển tỉnh Khánh Hòa. Một số kết quả đạt được có thể được tóm tắt như sau:

- Mô hình đã được kiểm chứng với số liệu quan trắc tại điểm nước sâu, kết quả mô phỏng phù hợp với quan trắc kể cả về xu thế và độ cao sóng.
- Kết quả mô phỏng cho thấy độ cao sóng tương đồng với phân bố gió trong bão Damrey. Địa hình ven bờ, bao gồm các đảo đã làm suy giảm đáng kể độ cao sóng khi lan truyền vào bờ. Nhìn chung, các công trình biển trọng điểm của tỉnh Khánh Hòa được xây dựng ở những nơi được các đảo che chắn nên tác động của sóng bão Damrey là không lớn.
- Mặc dù đảo Hòn Lớn ở cửa vịnh Vân Phong, nhưng do Damrey là cơn bão mạnh và vịnh Vân Phong ở gần phía bắc tâm bão nên độ cao sóng trong vịnh vẫn còn khá lớn. Chính

vì vậy, thiệt hại tới nuôi trồng hải sản trên vịnh là rất lớn, đặc biệt là các lồng bè nuôi trồng hải sản ở khu vực giữa vịnh bị thiệt hại hoàn toàn do sóng lớn.

Trong nghiên cứu này, mô hình Mike 21SW mới được kiểm chứng tại vị trí nước sâu trên lưới tính Biển Đông, việc kiểm chứng mô hình đối với vùng nước nông ven bờ, nơi chế độ sóng phức tạp bị chi phối bởi nhiều yếu tố cần triển khai thực hiện trong nghiên cứu tiếp theo.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dựa trên kết quả nghiên cứu đề tài cấp tỉnh “Điều tra, đánh giá xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp nhằm ổn định các cửa sông và vùng bờ ven biển tỉnh Khánh Hòa”.

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. Thomas, J.; Dwarakish, G.S. International conference on water resources coastal and ocean engineering. *Aquatic Procedia* **2015**, 4, 443–448.
2. Tiến, T.Q.; Khánh, P.N. Kết nối mô hình SWAN với WAM thành hệ thống dự báo sóng biển cho vùng vịnh Bắc Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 646, 48–54.
3. Mackay, E.B.L. Resource Assessment for Wave Energy. *Compr. Renewable Energy* **2012**, 8, 11–77.
4. Hoàn, P.S.; Mậu, L.Đ.; Tuấn, N.V.; Thịnh, N.Đ.; Công, N.C. Nghiên cứu các đặc trưng của trường sóng trong vịnh Nha Trang bằng mô hình Mike 21. *Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển* **2015**, 21, (2), 1–12.
5. Chung, T.V.; Tiến, N.M.; Quang, V.V. Phát triển mô hình sóng – dòng qua cặp mô hình FEM và SWAN tại vịnh Nha Trang. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân* **2020**, 06(43), 52–59.
6. Strauss, D.; Mirferendesk, H.; Tomlinson, R. Comparison of two wave models for Gold Coast – Australia. *J. Coastal Res.* **2007**, 50 (ICS 2007), 312–316.
7. Fonseca, R.B.; Gonçalves, M.; Guedes Soares, C. Comparing the Performance of Spectral Wave Models for Coastal Areas. *J. Coastal Res.* **2007**, 33(2), 331–346.
8. Akdogan, F. Spectral wave analysis of using MIKE 21 SW and artificial neural network (ANN). *Inst. Nat. Applied Sci.* **2015**, pp. 150. <https://tez.yok.gov.tr>.
9. Mỹ, T.V. Nghiên cứu động lực học của sóng sau đới sóng đỏ tại bãi biển Nha Trang. Luận văn thạc sĩ – Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội, 2015.
10. Bình, N.T. Nghiên cứu mô phỏng biến động của mặt cắt nuôi bãi đánh giá khả năng ứng dụng tại khu vực phía bắc vịnh Nha Trang. Luận văn thạc sĩ – Đại học Thủy lợi, 2015.
11. Hữu, V.V.; Cường, N.K.; Ưu, Đ.V.; Huân, N.M.; Việt, N.T. Đặc trưng trường sóng và diễn biến đường bờ bãi tắm khu vực vịnh Nha Trang. *Tạp chí Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2015**, 31(3S), 172–185.
12. Tiến, N.N. Ứng dụng mô hình Mike 21/3FM couple nghiên cứu quá trình vận chuyển trầm tích tại vịnh Cam Ranh. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2014**, 14(3), 229–237.
13. Báo cáo thiệt hại Con bão số 12. Ban chỉ huy Phòng chống thiên tai và Tìm kiếm cứu nạn tỉnh Khánh Hòa, 2017.

14. Hương, N.T. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp tỉnh: Nghiên cứu bổ sung đặc điểm khí hậu thủy văn tỉnh Khánh Hòa. Sở Khoa học Công nghệ tỉnh Khánh Hòa, 2014.
15. Màu, L.Đ. Báo cáo tổng hợp đề tài cấp tỉnh: Đặc điểm khí tượng, hải văn, động lực biển tỉnh Khánh Hòa. Sở Khoa học Công nghệ tỉnh Khánh Hòa, 2019.
16. Mike 21 Spectral Wave Module. Scientific Documentation. DHI, 2014.
17. <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily>.
18. Mike 21 Spectral Waves FM Module. User Guide. DHI, 2014.
19. <https://earthexplorer.usgs.gov>.
20. Báo cáo tình hình gió, mưa, lũ do ảnh hưởng của Bão số 12. Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ, 2017.
21. Implementing Inverse Distance Weighted (IDW). ArcGIS 9.2 Desktop Help. <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2>.
22. Chanh, B.V. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp tỉnh: Điều tra, đánh giá xác định nguyên nhân và đề xuất các giải pháp nhằm ổn định các cửa sông và vùng bờ ven biển tỉnh Khánh Hòa. Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Khánh Hòa, 2021.
23. Moriasi, D.N.; Arnold, J.G.; Liew, M.W. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Am. Soc. Agric. Biolo. Eng.* 2007, 50, 885–900.

Assessing the impact of coastal topography in Khanh Hoa province on wave distribution in Damrey typhoon by Mike model 21SW

Bui Van Chanh^{1*}, Nguyen Dang Hung¹

¹ Southern Central Region Hydro–Meteorology Center, Vietnam Meteorological and Hydrological Administration; buivanchanh@gmail.com; hungntb@gmail.com

Abstract: The Damrey is the strongest typhoon that has ever landed on Khanh Hoa province and caused great damage, especially the coastal communes/wards of Van Ninh district, Ninh Hoa town, and Nha Trang City. In which, waves in storms caused great damage; however, the coastal topography of Khanh Hoa province has affected the complex distribution of waves. Therefore, detailed simulation of the wave in Damrey typhoon is very important in the preparedness natural risk plan, planning and design of aquaculture projects in Khanh Hoa province. To simulate the wave field in storm Damrey, the Mike 21SW model is applied to set up 03 mesh which was interlocked, with a detailed grid resolution of the coastal area of Khanh Hoa province is 450m. ERA Interim reanalyzed wind data are used to simulate waves in the East Sea southern region, wind data from coastal and marine stations in the South Central Region are interpolated by IDW method for coastal areas of Khanh Hoa province. The wave height simulation results show that the area of Van Phong bay is from 0.5 to 7.0 m, the area of Nha Trang bay from 0.5 to 8.0 m, the area of Cam Ranh bay from 0.3 to 6, 0 m. The largest wave in coastal Khanh Hoa province is at the mouth of Van Phong bay, with a height from 9 to 10 m.

Keywords: Mike 21SW model; Damrey typhoon; Wave on nearshore Khanh Hoa.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu công nghệ dự báo mưa AI thí điểm tại TP. Hồ Chí Minh

Phạm Thanh Long¹, Lê Văn Phận², Nguyễn Phương Đông¹, Lê Hồng Dương³, Trần Tuấn Hoàng¹

¹ Phân viện KH Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; longpham.sihymete@gmail.com; hoangkttv@gmail.com; nguyenphuongdongkttv@gmail.com

² ĐH Nông Lâm TPHCM; lvphan@hcmuaf.edu.vn

³ Cục Bảo vệ Môi trường miền Nam; hongduong.tcmt@gmail.com

*Tác giả liên hệ: longpham.sihymete@gmail.com; Tel: +84-905779777

Tóm tắt: Các nước tiên tiến sử dụng AI trong dự báo thời tiết rất phổ biến và ngày càng chính xác hơn. Trong những năm gần đây hệ thống dữ liệu quan trắc cập nhật theo thời gian thực của các đài khí tượng thủy văn đã phát triển rất mạnh mẽ, nguồn dữ liệu lớn và liên tục, đây là thuận lợi rất lớn khi triển khai nghiên cứu về các AI trong dự báo mưa điểm thử nghiệm tại TP. Hồ Chí Minh. Các yếu tố nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, tốc độ gió, khí áp tại điểm quan trắc là dữ liệu đầu vào cho hệ thống dự báo mưa AI. Dựa trên cơ sở các trạm quan trắc thời tiết theo thời gian thực, công nghệ xử lý phần mềm AI trên máy tính rất nhanh, quá trình học dữ liệu và dự báo kết quả mới rất nhanh và thuận lợi. Nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm và dự báo với độ chính xác khá cao. Kết quả dự báo thời điểm trước khi có mưa và kết quả dự báo thời điểm có mưa tại 03 trạm thuduc, quan2, quan9 cho thấy kết quả dự báo chính xác cao nhất với hệ số tương quan lần lượt là 0,93, 0,78 và 0,7.

Từ khóa: Dự báo mưa AI; Dữ liệu lớn; Khoa học dữ liệu; Trí tuệ nhân tạo.

1. Mở đầu

Trên thế giới Google đã triển khai hệ thống dự báo ngập lũ ứng dụng trí tuệ nhân tạo ở Banlades và Ấn độ năm 2018, đây là một hệ thống dữ liệu lớn và hoạt động rất hiệu quả, hệ thống triển khai trên khu vực dân cư gần 200 triệu người và có đến 65% số người nhận được thông tin cảnh báo ngập lũ từ năm 2018 đến năm 2020 trong vòng 48 giờ trước khi xảy ra nguy hiểm [1].

Trong nước hệ thống cảnh báo lũ trực tuyến Sông Vu Gia–Thu Bồn [2] đã triển khai nghiên cứu trực tuyến cập nhật dữ liệu dự báo và chạy mô hình ngập lũ phạm vi rộng lớn tại các tỉnh Quảng Nam và TP. Đà Nẵng, trong nghiên cứu này đã sử dụng dữ liệu thời gian thực nhưng chưa ứng dụng công nghệ AI hỗ trợ cảnh báo nhanh các vùng ngập [2]. Dự báo mưa dùng công nghệ trí tuệ nhân tạo AI tại Việt Nam do nhóm dự án nghiên cứu cảnh báo ngập sử dụng công nghệ AI tại TP.HCM năm 2020–2021 là một bước tiến mới trong tiến bộ khoa học công nghệ ngành Khí tượng thủy văn nước nhà.

Nhu cầu dự báo mưa dùng AI học dữ liệu quan trắc thời gian thực tại điểm nghiên cứu và dự báo thời đoạn ngắn (trước 3h) với độ chính xác cao. Đây là một ứng dụng đi trước một bước khi ngành khí tượng thủy văn chuyển dần các quan trắc thông thường sang quan trắc tự động, dữ liệu theo thời gian thực, các trạm quan trắc ngày càng nhiều, từ đó khả năng ứng dụng phần mềm này ngày càng lớn [3].

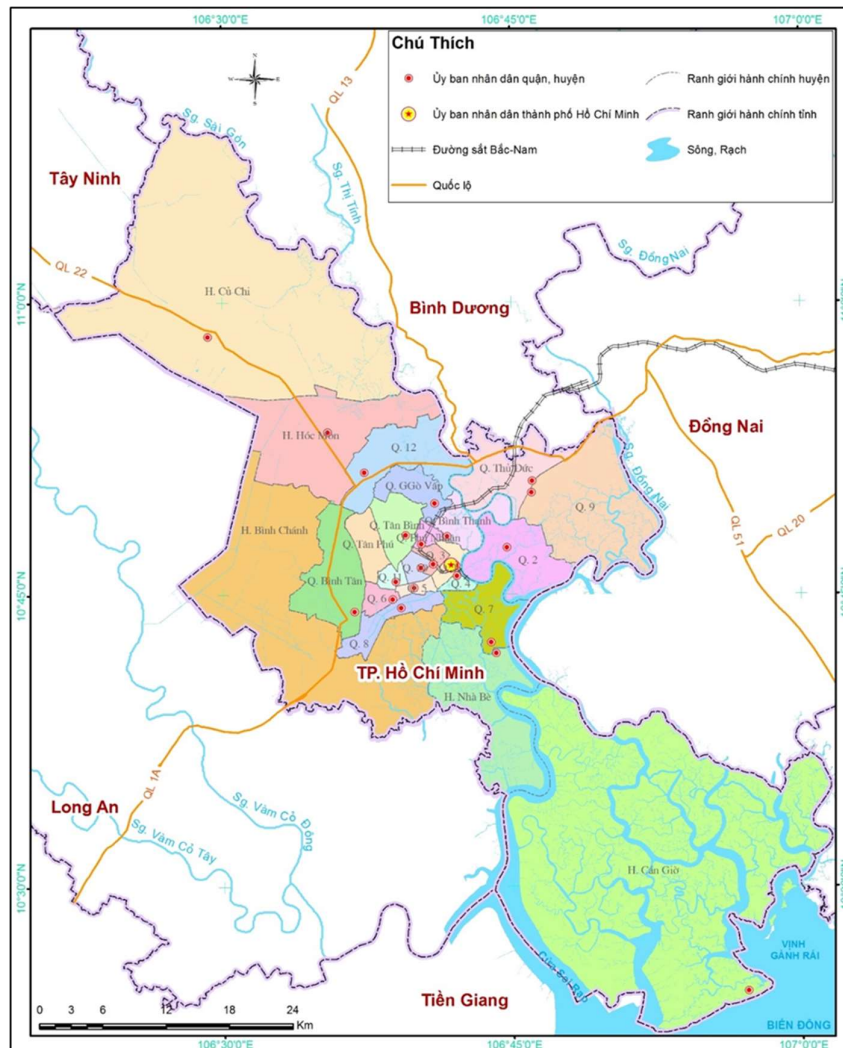
Công nghệ dự báo AI tự thu thập dữ liệu chạy dự báo và kết xuất ra các dữ liệu đầu vào cho các ứng dụng khác từ đó hệ thống có thể phát triển ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực:

cảnh báo ngập, cung cấp tiêu thời tiết nhanh trong phạm vi hẹp, kịp thời cảnh báo các thời tiết cực đoan như gió lốc, mưa lớn, nhiệt cao, triều cường...[4]. Nghiên cứu đã thực hiện nghiên cứu thu thập dữ liệu và chạy thử các mô hình dự báo AI để chọn ra một mô hình tối ưu về độ chính xác và tốc độ xử lý phù hợp với điều kiện các máy móc thiết bị thời điểm hiện tại nghiên cứu [5].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Thành phố Hồ Chí Minh nằm ở phía Tây Nam vùng Đông Nam Bộ. Phía Bắc giáp tỉnh Bình Dương, Tây Bắc giáp tỉnh Tây Ninh, Đông và Đông Bắc giáp tỉnh Đồng Nai, Đông Nam giáp tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu và biển Đông, Tây và Tây Nam giáp tỉnh Long An và Tiền Giang. TP.HCM nằm ở hạ lưu các con sông lớn: sông Đồng Nai, sông Sài Gòn, sông Bé, ven rìa Đồng bằng sông Cửu Long. TP.HCM nằm trong vùng có khí hậu nhiệt đới gió mùa mang tính chất cận xích đạo (Hình 1).



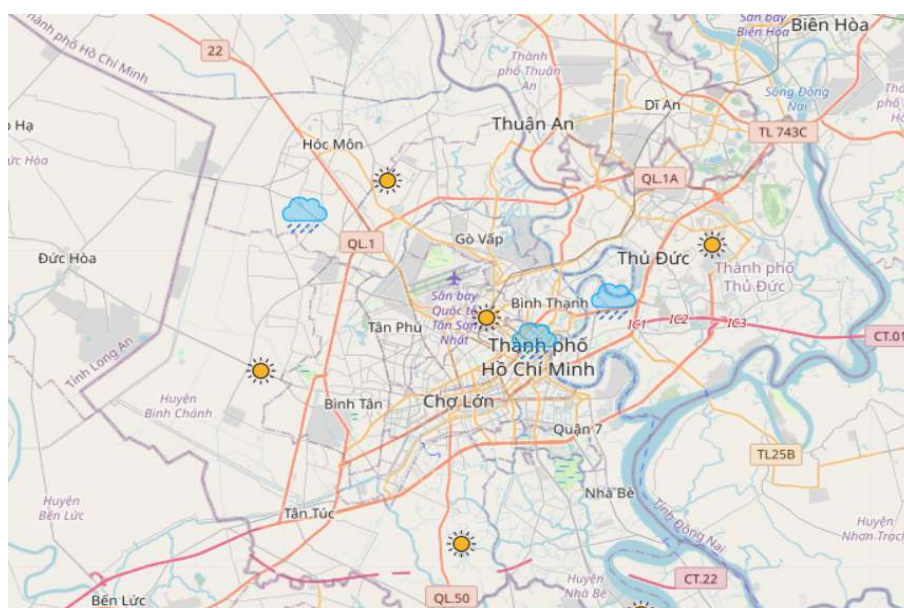
Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

Lượng bức xạ dồi dào, nắng trung bình 6,13 giờ/ngày. Nhiệt độ trung bình toàn năm khoảng 28,4°C. TP.HCM nằm trong khu vực khí hậu nhiệt đới gió mùa. Gió mùa mang một lượng lớn hơi ẩm từ phía Tây và Tây Nam. Với địa hình tự nhiên TP.HCM khá thấp cùng với

các mục đích sử dụng đất khác nhau đã dẫn đến sự phân bố rõ ràng về không gian và lượng mưa, thậm chí là phụ thuộc vào sự khác nhau của các quận nội thành của Thành phố. Tổng lượng mưa TP.HCM dao động từ 1.200–2.100 mm/năm [6–7]. Các trạm đo mưa tự động thuộc quản lý của Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu được sử dụng làm số liệu đầu vào cho nghiên cứu này chi tiết các trạm trình bày trong (Bảng 1, Hình 2).

Bảng 1. Danh sách trạm khí tượng thủy văn TP.HCM.

Mã Trạm	Tên Trạm	Địa danh	Kinh độ	Vĩ độ
01	19 NTMK	19 NTMK	106.699892	10.784652
02	Quận 2	Trần Ngọc Diện–Thảo điền	106.741254	10.806362
03	Quận 9	Đường 182–P.Tăng Nhơn phú A	106.792684	10.836989
04	Bình Chánh	Tinh Lộ 10 Bình Chánh	106.557478	10.768129
05	Nhà Bè	Đường số 3–KCN Hiệp Phước	106.755360	10.634954
06	Hóc Môn	Xuân Thới thượng 7–Hóc Môn	106.580568	10.853719
07	Quận 12	Tân Chánh Hiệp–Q.12	106.623837	10.871452
08	Quận 8	Mễ Cốc–Quận 8	106.632333	10.727641



Hình 2. Bản đồ vị trí các trạm Khí tượng Thủy văn TP.HCM.

2.2. Thuật toán vận dụng

Random forest (RF) Algorithm là thuật toán được các nhà khoa học công bố năm 1999 (L. Breiman) và được sử dụng rộng rãi trong trí tuệ nhân tạo, huấn luyện máy học có hiệu suất cao. Thuật toán được xây dựng trong thư viện scikit-learn của ngôn ngữ lập trình Python [8–10].

Random forest có hai dạng dự báo một là classifier theo dạng phân loại rẽ nhánh, hai là dạng Regression: thuật toán theo dạng hồi qui nơ tron [12–13].

Các bộ dữ liệu học: (*Training set*) là tập hợp mảng số liệu theo bộ:

Tree 1 = [A,B,C,D], Tree 2 = [A,B,D,C]...., và mảng kết quả R = [R₁, R₂...]

Thuật toán cơ bản như sau:

$$I(p, n) = \frac{-p}{p+n} \log_2 \left(\frac{p}{p+n} \right) - \frac{n}{p+n} \log_2 \left(\frac{n}{p+n} \right) \quad (1)$$

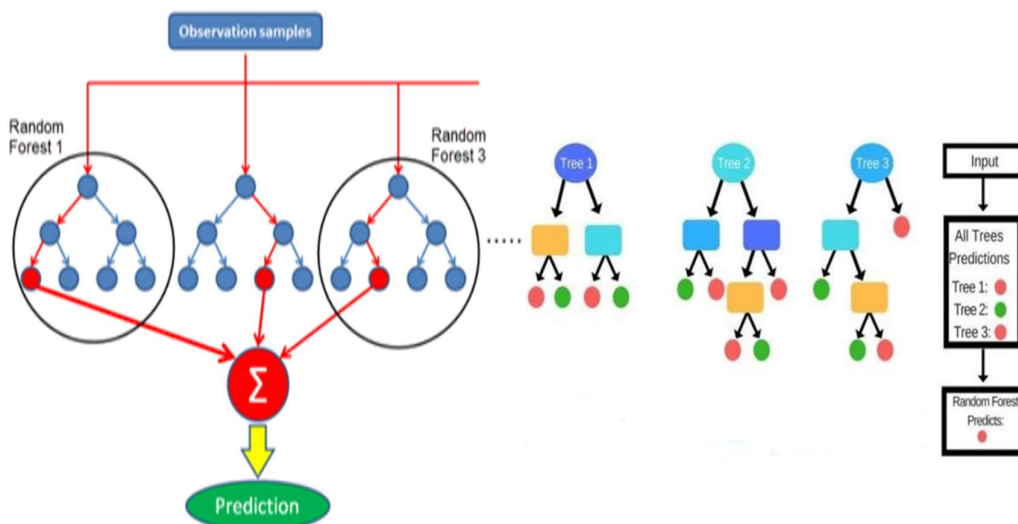
Trong đó $I(p, n)$ gọi là chỉ số thu được; I kết quả chọn (*Information Gain*) giá trị p nhị phân (0,1) và n giá trị nhập thuộc bộ dữ liệu.

Chỉ số Entropy E được tính theo công thức:

$$\text{Entropy } E(A) = \sum_{i=1}^v \frac{p_i + n_i}{p+n} (I(p, n)) \quad (2)$$

Đây là chỉ số tính độ ổn định bộ số liệu. Tính chỉ số $\text{Gain} = I(p, n) - E(A)$.

Mô hình hóa qui trình xử lý thuật toán Random forest được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Các bước học (train) của thuật toán Random forest.

2.3. Các tham số vận dụng Class `sklearn.ensemble.RandomForestRegressor` trong Python

Cú pháp:

```
class sklearn.ensemble.RandomForestRegressor(n_estimators=100, *, criterion='square
d_error', max_depth=None, min_samples_split=2, min_samples_leaf=1, min_weight_fracti
on_leaf=0.0, max_features='auto', max_leaf_nodes=None, min_impurity_decrease=0.0, bo
otstrap=True, oob_score=False, n_jobs=None, random_state=None, verbose=0, warm_start
=False, ccp_alpha=0.0, max_samples=None) [14–15].
```

Một số tham số chính:

- `n_estimators` int, mặc định 100 : tổng số tham số (mỗi tham số tree) trong bộ dataset (forest).

- `criterion` {"squared_error", "mse", "absolute_error", "poisson"}, default="squared_error".

Chức năng để chọn một phương thức tính sai số dạng: Phương sai, sai số tuyệt đối, hay chỉ số poisson, mặc định chọn phương sai "squared_error" [11–12].

- `max_depth`: chỉ số max số nhánh của bộ số liệu, đây là số nguyên, mặc định là None số nguyên int, default = None

- `min_samples_split`: Tham số min của chỉ số làm mẫu phân chia giữa số chọn và số không chọn, mặc định = 2

- `bootstrap`: kiểu bool, mặc định True, nếu chọn true: thì thuật toán lấy một số mẫu để xây dựng model, ngược lại false sẽ dùng toàn bộ dữ liệu để tạo model cho từng nhánh [8].

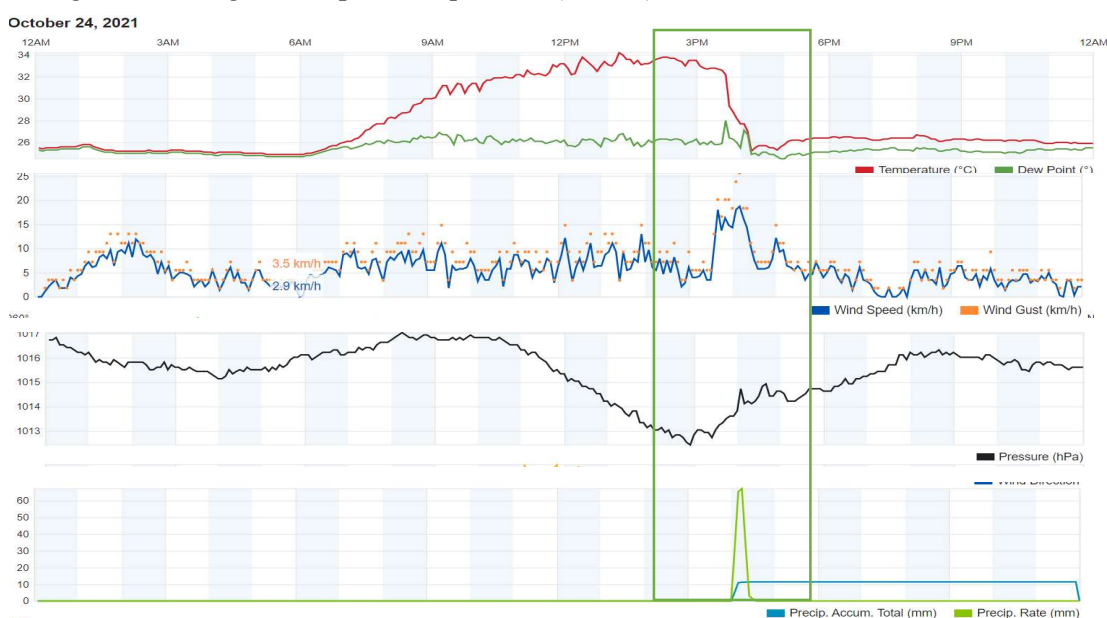
Bảng dataset mẫu được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Dữ liệu mẫu thu thập trạm Tăng Nhơn Phú A-TP. Thủ Đức.

Thời gian	Nhiệt độ (°C)	Độ ẩm	Tốc độ gió	Khí Áp	Mưa (t/f)
25/10/2020 15:35	31.7	70	8.5	29.879	0
25/10/2020 15:25	31.5	70	8.1	29.876	0
25/10/2020 15:15	31.7	69	3.6	29.876	0
25/10/2020 15:05	31.3	70	5.8	29.879	0
25/10/2020 14:55	31	71	2	29.882	0
25/10/2020 14:45	31	72	6.3	29.885	0
25/10/2020 14:35	31	74	2.9	29.885	0
09/10/2021 14:47	25.5	96	3.58	29.675	1
09/10/2021 14:37	26.5	94	7.61	29.686	1
01/10/2021 11:48	27.8	89	2.24	29.819	1
09/10/2021 14:47	25.5	96	3.58	29.675	1
09/10/2021 14:37	26.5	94	7.61	29.686	1

2.4. Dữ liệu tính toán

Qua thực nghiệm nghiên cứu và phỏng vấn các chuyên gia khí tượng có kinh nghiệm nghiên cứu tiến hành chọn bộ số liệu thử nghiệm các yếu tố sau: Nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, tốc độ gió, khí áp và kết quả mưa (Hình 4).

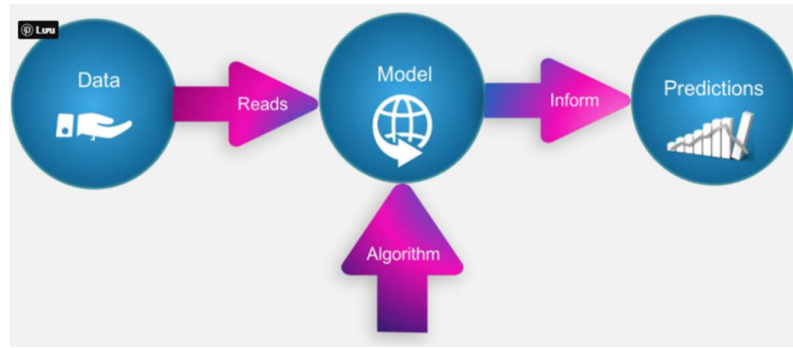


Hình 4. Biểu đồ diễn biến 4 yếu tố trước khi xảy ra sự kiện mưa.

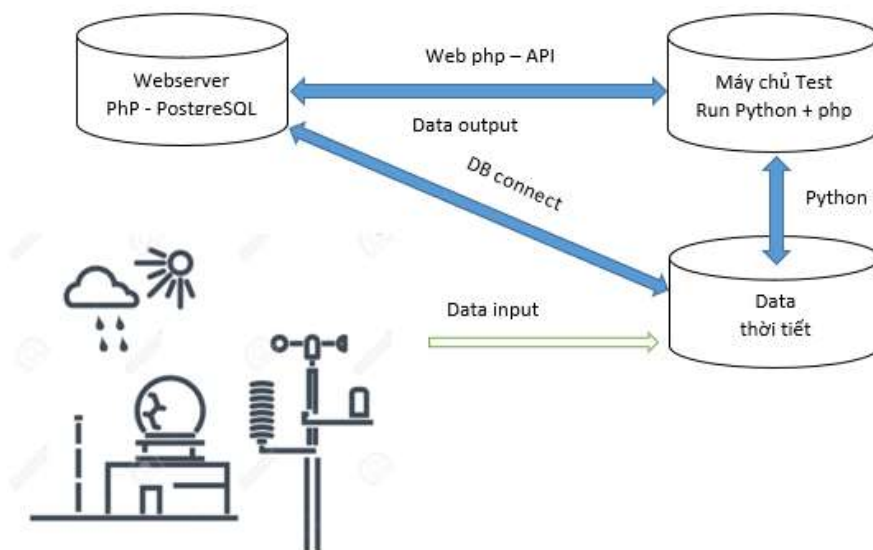
Qua biểu đồ chúng ta so sánh sự biến thiên có xảy ra so với diễn biến bình thường không mưa trong bốn yếu tố được chọn để dự báo mưa.

2.5. Nguyên lý tính toán

Trong sơ đồ nguyên lý (Hình 5), nghiên cứu đã nhận diện các bước thực hiện, một về dữ liệu (data) phải có trước, lịch sử của dữ liệu càng nhiều càng tốt theo cấu trúc nhận dạng các yếu tố cần thiết, hai xây dựng các phương thức biên dịch thành các bảng mẫu so sánh (model) bảng mẫu có cơ chế tìm kiếm so sánh đặc biệt được mã hóa so sánh rất nhanh với dữ liệu đầu vào để trả về kết quả dự báo.

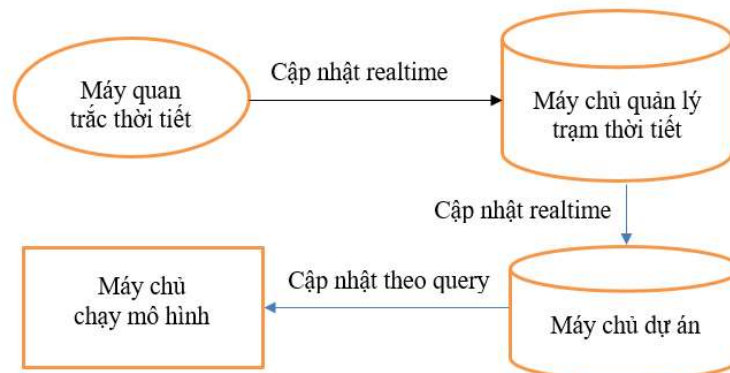


Hình 5. Nguyên lý hoạt động của Machine Learning trong việc dự báo mưa.



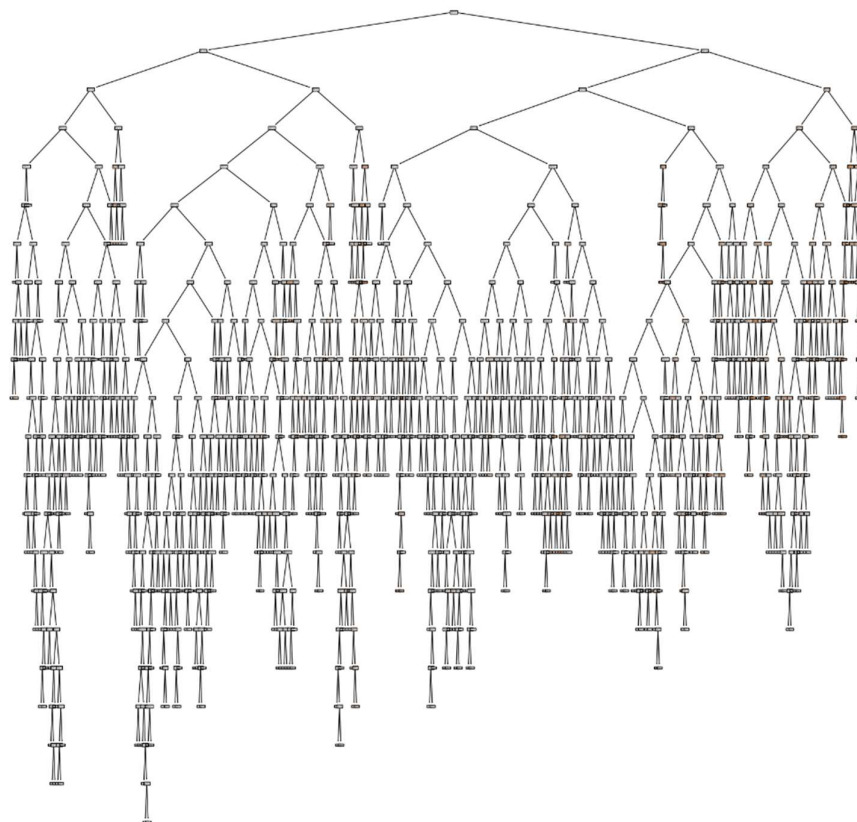
Hình 6. Sơ đồ khối hoạt động của mô hình Machine Learning.

Quy trình vận hành hệ thống dự báo AI: Nghiên cứu tiên hành xây dựng hệ thống kết nối dữ liệu giữa các trạm thời tiết về trung tâm dữ liệu, từ trung tâm dữ liệu kết xuất ra các chuẩn định dạng dùng cho phần mềm học để tạo mô hình và truyền về hệ thống chạy dự báo theo sơ đồ hình 6, mỗi phần mềm có các chuẩn kết nối và truyền dữ liệu khác nhau vì vậy các hệ thống giao tiếp cần đến lập trình để đưa về các định dạng cần thiết phục vụ công tác lưu trữ, kết xuất, dự báo, trả kết quả cho phần mềm kế tiếp hoặc quay lại lưu trữ vào cơ sở dữ liệu.



Hình 7. Quy trình vận hành dữ liệu của hệ thống dự báo AI.

Hệ thống dự báo AI cần phải học dữ liệu liên tục và dự báo liên tục khi có dữ liệu mới phát sinh, đồng thời hệ thống xử lý song song cho nhiều điểm cùng một lúc. Cứ mỗi dòng dữ liệu cập nhật theo đúng thời gian qui định hệ thống sẽ tự kích hoạt ứng dụng dự báo chạy và xuất kết quả ghi vào database của các máy chủ cần nhận dữ liệu dự báo (Hình 7). Tất cả các công đoạn đều theo thời gian thực để đồng bộ dữ liệu giữa các điểm [19–21]. Quy trình xử lý Random forest được mô hình hóa bằng dữ liệu thực (Hình 8).



Hình 8. Mô hình tree được xây dựng khi chạy phần mềm dự báo.

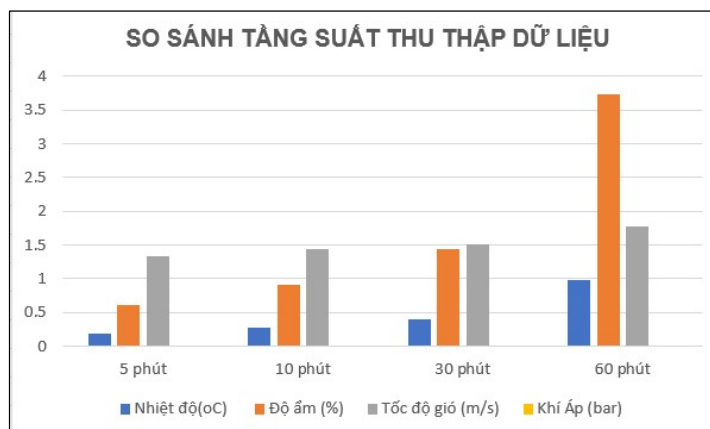
Đây là một cây diễn hình quá trình xử lý 1 node của hệ thống dự báo theo cách random forest, cứ mỗi nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, khí áp nhập vào hệ thống sẽ tra cứu theo mô hình đã biên dịch trước [17–18].

2.6. Tầng suất thu thập dữ liệu

Thống kê dữ liệu trong 2 ngày 23/10/2021 và 24/10/2021 những ngày có mưa tại trạm quan trắc Tầng Nhơn Phú A, tầng suất thấp nhất 5 phút /lần lấy mẫu. Nghiên cứu thống kê tần suất dữ liệu được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Độ biến thiên trung bình giữa hai lần lấy mẫu các yếu tố.

Biến thiên	Nhiệt độ(°C)	Độ ẩm (%)	Tốc độ gió (m/s)	Khí Áp (bar)
5 phút	0.189908	0.60551	1.3321	0.00422
10 phút	0.281985	0.90625	1.4407	0.00502
30 phút	0.409074	1.44444	1.5074	0.00742
60 phút	0.982364	3.73921	1.7844	0.01848



Hình 9. So sánh diễn biến giữa hai lần lấy mẫu các yếu tố.

Qua đồ thị chúng ta nhận thấy tăng suất thu thập dữ liệu 5 phút không khác biệt nhiều so với tăng suất 10 phút, nhưng có khác biệt lớn giữa 30 phút và 60 phút. Theo đồ thị 1 các diễn biến sắp có mưa xảy ra thì các yếu tố có biến thiên khác thường, khác với trung bình thì hệ thống học machine learning mới có thể nhận biết được điểm xuất hiện mưa hoặc không mưa. Tập dữ liệu huấn luyện phải đủ đảm bảo độ nhạy để máy nhận biết có biến thiên, nhưng vừa phải đảm bảo không trung lặp (các dòng dữ liệu giống nhau) nếu độ khác biệt quá nhỏ xem như trùng lặp hệ thống sẽ xử lý rất chậm, tốn phí tài nguyên và thời gian khi chạy mô hình dự báo. Trong thí nghiệm chúng tôi chọn dữ liệu tăng suất 10 phút.

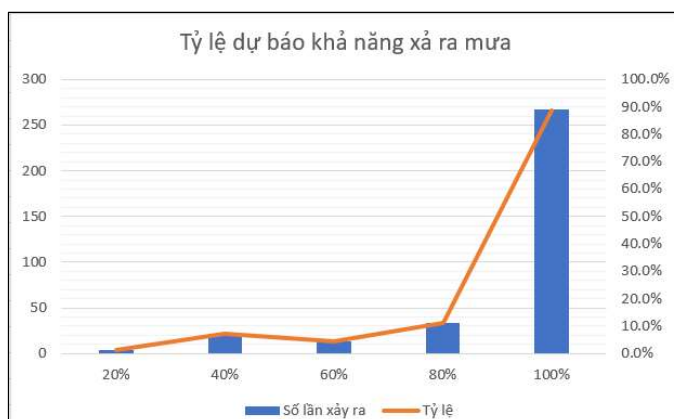
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả kiểm định mô hình dự báo mưa

Qua bảng thống kê kết quả trên chúng tôi nhận thấy: số lần dự báo khả năng mưa dưới 20% thực tế có xảy ra mưa chiếm 1.3%, số lần dự báo trên 60% khả năng mưa chiếm đến hơn 91% số lần xảy ra mưa thực tế, đặc biệt số lần dự báo 100% xảy ra mưa có đến 88.7% tại trạm Quan9 thời gian thực nghiệm từ tháng 10/2020 đến tháng 09/2021.

Bảng 4. Thống kê kết quả dự báo thực tế.

Dự báo khả năng mưa	20%	40%	60%	80%	100%	
Số lần xảy ra	4	22	13	34	267	340
Tỷ lệ	1,3%	7,3%	4,3%	11,3%	88,7%	100%



Hình 10. Kết quả dự báo mưa dùng thuật toán radom forest trong thực tế trạm Quan9.

Hàm để xem accuary (độ chính xác) của model ứng với số k = 5.

In [14]: accuracy = rf_model.score(X_valid,Y_valid); Out [15]: 0.9988913525498891

Bảng 5. Kết quả dự báo thời điểm trước khi có mưa khu vực TP. Thủ Đức.

Trạm	Số lần dự báo	Dự báo đúng	R ²
Thuduc	2509	2238	0,89
Quan2	2509	2388	0,95
Quan9	2539	2501	0,95

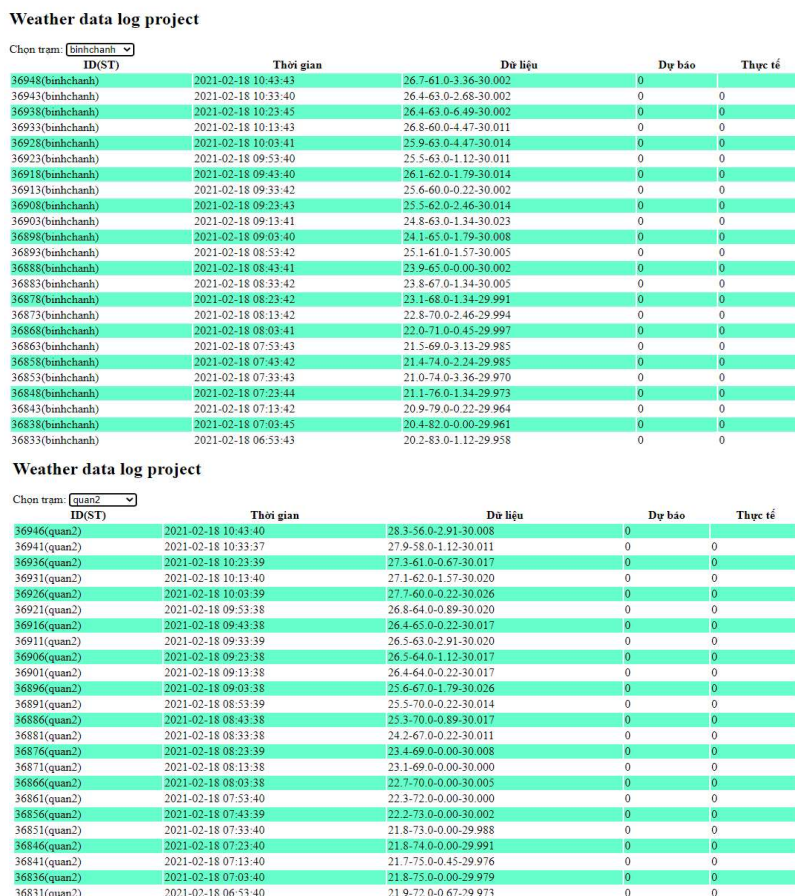
Bảng 6. Kết quả dự báo thời điểm mưa khu vực TP. Thủ Đức.

Trạm	Số lần dự báo mưa	Số lần dự báo mưa đúng	R ²
Thuduc	264	247	0,93
Quan2	118	92	0,78
Quan9	27	19	0,7

Kết quả thể hiện số lần dự báo thời điểm trước khi có mưa và kết quả dự báo thời điểm có mưa cho thấy trạm thuduc, quan2, quan9 có kết quả dự báo chính xác cao nhất với hệ số tương quan lần lượt là 0,93, 0,78 và 0,7.

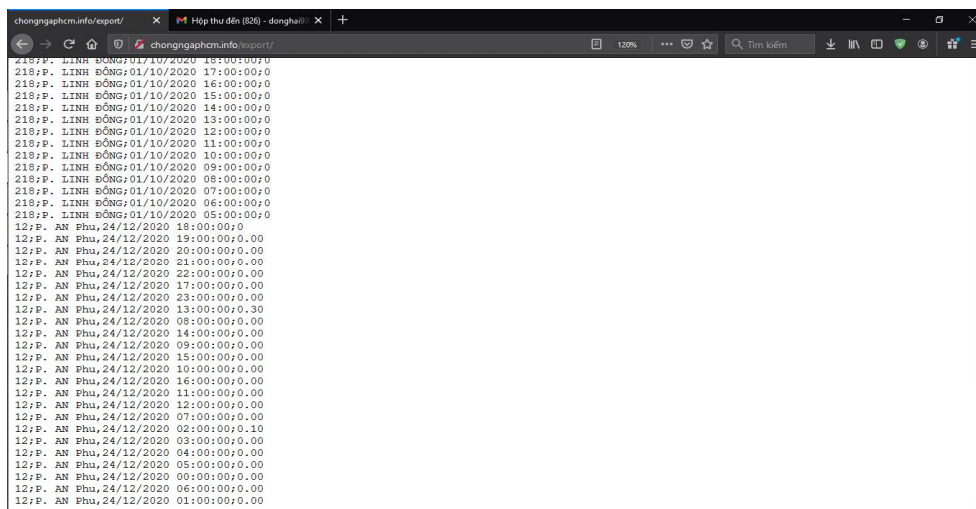
3.2. Kết quả dự báo mưa

Kết quả dự báo mưa tự động được lưu trữ trong máy chủ sau khi Run Python và php được hiển thị dưới dạng dữ liệu số và trên Web server (Hình 11–13).

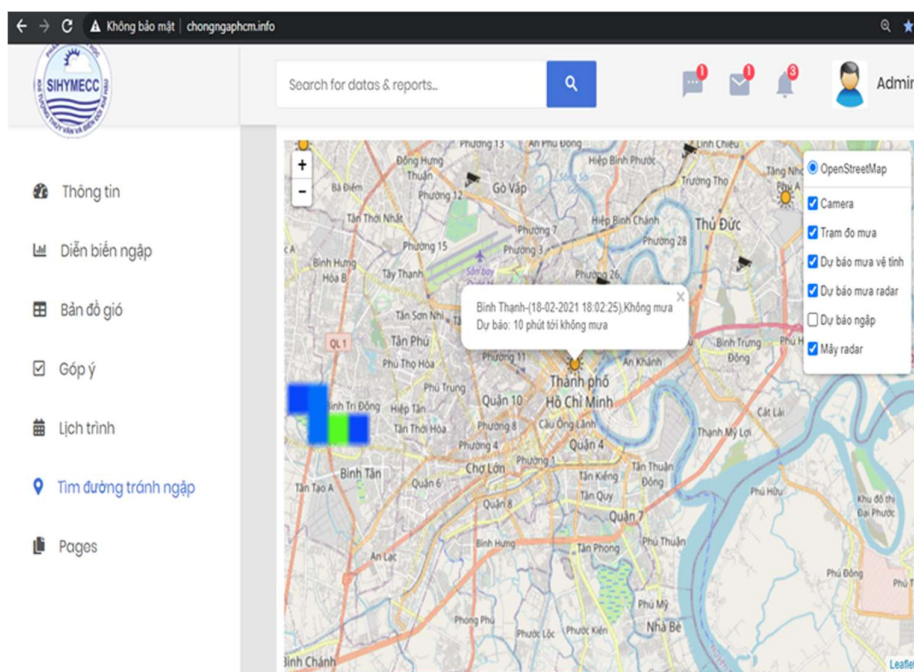


Hình 11. Kết quả dự báo mưa tự động được lưu trữ trên máy chủ sever, với kết quả dự báo và thực tế.

Ghi chú: 0 là không có khả năng mưa, 1 là có khả năng gây mưa



Hình 12. Kết quả dự báo mưa từ các trạm đo mưa.



Hình 13. Kết quả dự báo mưa tự động được hiển thị trên WebGIS.

4. Kết luận

Về việc xây dựng mô hình dự báo mưa đã hoàn thiện phần xây dựng được mô hình dự báo mưa với các bước đầu là thu thập các nguồn số liệu từ các trạm đo mưa tự động, số hóa và xử lý thành công các dữ liệu thời tiết và hiện thị trên công cụ WebGIS của nghiên cứu, tổ chức các buổi hội thảo tham khảo các ý kiến từ các chuyên gia về dự báo mưa, khí tượng, để có thể kết hợp phương pháp dự báo mưa truyền thống với công nghệ trí tuệ nhân tạo AI. Việc dự báo mưa đã cho được kết quả dự báo khá tốt về có mưa hay không mưa thông qua kết quả dự báo mưa tự động được hiện thị trên nền tảng WebGIS, cùng với đó là kết hợp với các trang dự báo uy tín, để tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định kết quả trước khi làm cơ sở đầu vào cho mô hình dự báo ngập. Tuy nhiên, mô hình dự báo mưa tiếp tục được hoàn thiện về dự báo ra giá trị định lượng mưa và không gian mưa ở đâu nhằm đưa ra được đầu vào chính xác cho mô hình dự báo ngập.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được xây dựng dựa trên kết quả nghiên cứu của nhiệm vụ: “Xây dựng mô hình dự báo, cảnh báo và quản lý ngập cho đô thị thông minh tại Thành phố Hồ Chí Minh”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. <https://techcrunch.com/2020/09/01/googles-ai-powered-flood-alerts-now-cover-all-of-india-and-parts-of-bangladesh/> [Accessed: 10 Oct 2021].
2. Loi, N. K., H.T.; Duong, T.Q.; Nguyen, L.D.; Vo, T.Q.N.; Tran, N.T.; Dang, P.D.N.; Nguyen, L.D.; Dang, C.K.; Nguyen, L.K. Development of a Spatial Decision Support System for Real-Time Flood Early Warning in the Vu Gia-Thu Bon River Basin, Quang Nam Province, Vietnam. *Sensors* **2020**, *20*(6), 1667. <https://doi.org/10.3390/s20061667>.
3. Keoduangsine, S.; Robert, R.; Gardner-Stephen, P. A Review of Flood Warning Systems in Developed and Developing Countries. *Commission International Journal of Future Computer and Communication*, 2014.
4. Flood early warning system. Design, implementation and computational modules - International Conference on Computational Science, ICCS, 2011.
5. Hashi, A.O.; Abdirahman, A.A.; Elmi, M.A.; Hashi, S.Z.M.; Rodriguez, O.E.R. A Real-Time Flood Detection System Based on Machine Learning Algorithms with Emphasis on Deep Learning. *Int. J. Eng. Trends Technol.* **2021**, *69*(5), 249–256.
6. Phân Viện Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu các đặc trưng khí tượng thủy văn phục vụ phòng chống ngập úng khu vực TP. HCM, 2008.
7. Phân viện Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Xây dựng, cập nhật kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến 2050 trên địa bàn TPHCM. Dự án Sở TNMT TP.HCM, 2020.
8. <https://www.rxdatscience.com/blog/machine-learning-for-pharma-using-random-forest>.
9. Sejnowski, T.J.; Tài, H.H. Deep Learning - Cuộc Cách Mạng Học Sâu. NXB Công Thương, 2018.
10. Chollet, F. Deep Learning with Python, Public: Manning Publications, 2017.
11. <https://medium.com/machine-learning-researcher/random-forest-algorithm-in-machine-learning-b15906b33157>.
12. Thúc, N.Đ. Trí Tuệ Nhân Tạo Mạng Noron - Phương Pháp Và Ứng Dụng. NXB Giáo Dục, 2002.
13. Keoduangsine, S.; Robert Goodwin, R. An Appropriate Flood Warning System in the Context of Developing Countries. *Int. J. Innovation Manage. Technol.* **2012**, *3*(3), 213–2016.
14. Flood Early Warning System Using Cognitive Artificial Intelligence. The Design of AWLR Sensor, 2018 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), Bandung, Indonesia, 2019.
15. Mohd Sabre, M.S.; Abdullah, S.S.; Amrul Faruq, A. Flood Warning and Monitoring System Utilizing Internet of Things Technology. *Kinetik Game Technology Information System Computer Network Computing Electronics and Control*, 2019.

16. Rodríguez, S.O.; Wang, L.P.; Thraves, L.; Johnston, A.; Onof, C. Surface water flood <https://www.nature.com/articles/s41598-019-56452-5>/Short-term rainfall forecast model based on the improved BP–NN algorithm.
17. Mather, B. Machine Learning in Python: Hands on Machine Learning with Python Tools, Concepts and Techniques. Russell Newton, 2020.
18. Building an Intelligent Hydroinformatics Integration Platform for Regional Flood Inundation Warning Systems. Online available: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/9/htm>.
19. warnings in England: overview, assessment and recommendations based on survey responses and workshops. *J. Flood Risk Manage.* 2015, 11, S211–S221. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12195>.
20. al Makhfi Indar, J. An intelligent Moroccan flood prediction and early warning system. Software Project, 2019.
21. Gastn, C.H. Building RESTful Python Web Services. Packt Publishing Ltd., 2016.

Research on pilot AI rain forecasting technology in Ho Chi Minh City

Pham Thanh Long¹, Le Van Phan², Nguyen Phuong Dong¹, Le Hong Duong³, Tran Tuan Hoang¹

¹ Sub-Institute of Hydrometeorology and Climate Change; longpham.sihymete@gmail.com; hoangkttv@gmail.com; nguyenphuongdongkttv@gmail.com

² Nong Lam University; lvphan@hcmuaf.edu.vn

³ Department of Southern Environmental Protection; hongduong.tcmt@gmail.com

Abstract: AI technology has been applied in weather forecasting in the developed countries are very popular and more accurately. In recent years, the monitoring data system updated in real-time of HydroMet stations has developed very strong, the data sources are large and continuous that is great advantage in AI rain forecast, pilot in Ho Chi Minh City. The factors of air temperature, air humidity, wind speed, barometric pressure at the monitoring point are input data for the AI rain forecasting system. Based on real-time weather monitoring stations, computer-based AI software processing technology is very fast, the process of learning data and forecasting new results is very fast and convenient. We have conducted testing and forecasting with quite high accuracy. The results showing the number of times of forecasting the time before the rain and the forecasting results of the time of rain show that thuduc, quan2, quan9 stations have the highest accurate forecast results with correlation coefficients of 0.93, respectively 0.78 and 0.7.

Keywords: AI rain forecast; Artificial intelligence; Big data; Data science.

Bài báo khoa học

Đánh giá biến động đường bờ biển Thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng bằng phương pháp ảnh viễn thám

Lê Minh Hậu¹, Huỳnh Thị Cẩm Hồng², Trần Tuyết Loan², Đinh Văn Duy^{2*}, Trần Văn Tỷ²

¹ Ban quản lý Dự án 2 tỉnh Sóc Trăng; haum4220004@gstudent.ctu.edu.vn

² Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ; htchong@ctu.edu.vn;
loanb1705837@student.ctu.edu.vn; dvduy@ctu.edu.vn; tvty@ctu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: dvduy@ctu.edu.vn; Tel.: +84-906975999.

Ban Biên tập nhận bài: 02/10/2021; Ngày phản biện xong: 17/11/2021; Ngày đăng bài: 25/01/2022

Tóm tắt: Diễn biến đường bờ biển là nguồn dữ liệu quan trọng để đánh giá mức độ xói lở và bồi tụ của bãi biển. Trong các phương pháp khảo sát diễn biến đường bờ biển, phân tích ảnh viễn thám là một phương pháp giúp thu thập số liệu vị trí đường bờ biển một cách nhanh chóng và hầu như miễn phí. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích ảnh viễn thám để đánh giá biến động đường bờ biển thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng giai đoạn 2006–2020 để tìm ra vận tốc xói lở, bồi tụ đường bờ tại các mặt cắt dọc theo đường bờ biển cũng như tính toán thay đổi thể tích bãi biển (ΔV). Kết quả phân tích cho thấy một phần đường bờ biển khu vực thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng (từ cống số 2 đến cống số 3) bị xói lở nghiêm trọng trong giai đoạn 2006–2020 với bề rộng rùng ngập mặn suy giảm khoảng 70–140 m giai đoạn 2006–2014 và 10–50 m giai đoạn 2014–2020. Vận tốc xói lở đường bờ biển lớn nhất bằng 11,68 m/năm và vận tốc suy giảm thể tích bãi biển tại các mặt cắt dọc theo đường bờ biển khu vực nghiên cứu dao động trong khoảng 3.000–7.000 m³/năm. Các kết quả của nghiên cứu có thể làm cơ sở để các cấp quản lý có giải pháp bảo vệ và phục hồi bãi biển một cách hợp lý.

Từ khóa: Vĩnh Châu Sóc Trăng; Ảnh viễn thám; vận tốc thay đổi đường bờ; thay đổi thể tích bãi biển; mô hình một đường.

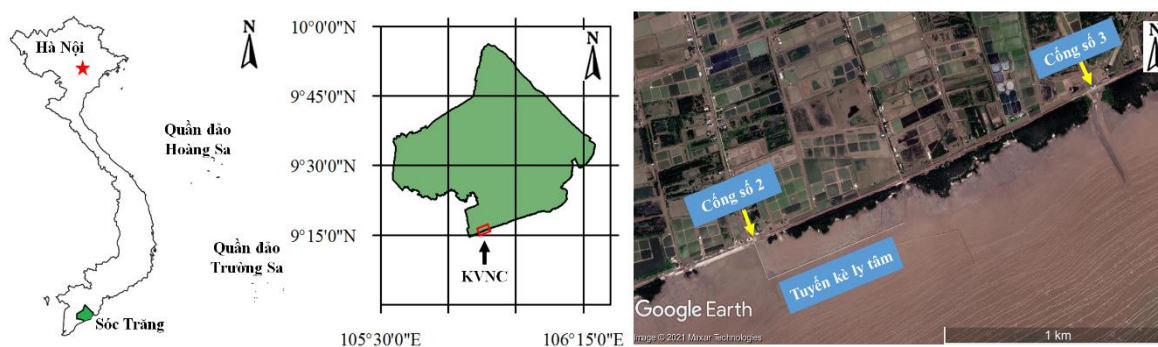
1. Mở đầu

Quan sát biến động đường bờ biển có ý nghĩa quan trọng về mặt kinh tế xã hội trong công tác quản lý đường bờ biển như đề ra các giải pháp chống sạt lở bờ biển hay thiết lập hành lang an toàn cho các công trình xây dựng dọc theo bờ biển [1–2]. Mặc dù khái niệm “đường bờ” được định nghĩa đơn giản là ranh giới giữa vùng đất và vùng nước, việc xác định vị trí đường bờ biển trong thực tế lại rất phức tạp [3] vì vị trí đường bờ biển luôn thay đổi và tạo thành một vùng chuyển tiếp giữa vùng đất và nước biển [4]. Các phương pháp thu thập dữ liệu vị trí đường bờ bao gồm phân tích các bản đồ [5], đo đạc, khảo sát hiện trường [6], sử dụng thiết bị bay không người lái [7] hoặc lắp đặt hệ thống camera quan sát biến động

đường bờ biển một cách liên tục [8]. Các phương pháp này có chung hạn chế về không gian và thời gian. Hơn nữa, chi phí để thực hiện các phương pháp khảo sát đo đạc hiện trường để thu thập dữ liệu trong một thời đoạn dài rất tốn kém. Đối với các nước đang phát triển, nguồn vốn cho việc khảo sát thường rất hạn chế [9], vì vậy, không thể tiến hành khảo sát đường bờ biển trong một khoảng thời gian dài và trên một phạm vi rộng lớn [10]. Vì vậy, cần có một phương pháp hiệu quả về mặt kinh tế trong nghiên cứu bờ biển ở Việt Nam. Một trong các phương pháp giúp quan sát diễn biến đường bờ biển một cách nhanh chóng và tiết kiệm chi phí là phương pháp phân tích ảnh viễn thám với nguồn dữ liệu ảnh có thể tải về miễn phí [11]. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là nhằm ứng dụng công nghệ phân tích ảnh viễn thám trong nghiên cứu biến động vị trí đường bờ biển và tính toán vận tốc xói bồi của bờ biển. Sau đó, thay đổi thể tích bãi biển tại các mặt cắt dọc theo đường bờ biển sẽ được tính toán dựa trên tốc độ xói bồi của bờ biển tại các mặt cắt.

Khu vực nghiên cứu là một phần đường bờ biển thuộc thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng. Tỉnh Sóc Trăng có phần đất liền nằm từ 9°14'N–9°56'N vĩ độ Bắc và 105°34'E–106°18'E kinh độ Đông với đường bờ biển trải dài 72 km. Vùng ven biển tỉnh Sóc Trăng chịu ảnh hưởng của dòng chảy từ sông Hậu, chế độ triều biển Đông và dòng chảy ven bờ [12]. Trong những năm gần đây, hiện tượng xói lở bờ biển trước các tuyến đê ven biển Sóc Trăng ngày càng trở nên nghiêm trọng. Xói lở không chỉ xuất hiện dọc theo các tuyến đê biển mà còn xuất hiện ở cả các đoạn đường bờ biển có rừng ngập mặn [13]. Cụ thể, tại thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng, xói lở bờ biển và mất dần diện tích rừng ngập mặn đang diễn ra nghiêm trọng tại khu vực giáp ranh với tỉnh Bạc Liêu với hiện tượng chủ yếu là hạ thấp bãi trước chân các tuyến đê. Cùng với hiện tượng hạ thấp bãi làm gia tăng độ sâu cột nước trước đê, chiều cao sóng trước đê cũng tăng thêm từ 0,45–0,5 m. Tại các khu vực rừng ngập mặn bị suy thoái, độ sâu xói lở lên đến 1–1,5 m [13].

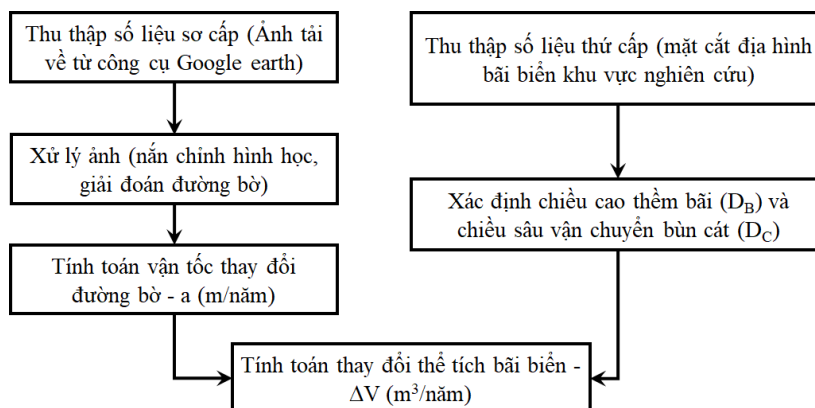
Nghiên cứu này tập trung phân tích diễn biến vị trí một phần đường bờ biển đang bị xói lở nghiêm trọng tại thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng (từ cống số 2 đến cống số 3) trong giai đoạn 2006–2020 (Hình 1) bằng công nghệ phân tích ảnh viễn thám. Từ chuỗi số liệu về vị trí đường bờ qua các năm, vận tốc xói bồi đường bờ biển và vận tốc thay đổi thể tích bãi biển khu vực này sẽ được tính toán dựa vào phương pháp hồi quy tuyến tính và lý thuyết mô hình một đường. Vận tốc xói bồi và thay đổi thể tích bãi biển là các yếu tố đóng vai trò quan trọng và cần được làm rõ để có thể đưa ra được các giải pháp bảo vệ bờ biển một cách căn cơ và bền vững.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được mô tả như trong sơ đồ trên Hình 2. Các ảnh viễn thám tải về bằng công cụ Google earth không cùng khung hình học nên sẽ được nắn chỉnh và tiến hành giải đoán đường bờ. Từ số liệu vị trí đường bờ, vận tốc xói bồi bờ biển sẽ được tính toán dựa vào phương pháp hồi quy tuyến tính. Các giá trị về chiều sâu vận chuyển bùn cát (D_C) và chiều cao thêm bãi (D_B) cũng được tính toán dựa vào các số liệu mặt cắt địa hình bãi biển KVNC được thu thập trong các nghiên cứu trước đây. Từ số liệu vận tốc xói bồi bãi biển, chiều sâu vận chuyển bùn cát (D_C) và chiều cao thêm bãi (D_B), vận tốc thay đổi thể tích bãi biển (ΔV) sẽ được tính toán dựa trên lý thuyết mô hình một đường (*one-line model*). Chi tiết từng bước tính toán sẽ được trình bày trong các bước tiếp theo.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc các bước nghiên cứu.

2.1. Phân tích ảnh viễn thám

Các ảnh chất lượng cao được tải về từ phần mềm Google Earth (ảnh Google Earth) được sử dụng để phân tích diễn biến đường bờ biển khu vực nghiên cứu. Các ảnh Google Earth có độ phân giải 1,0 m và được trình bày trong Bảng 1.

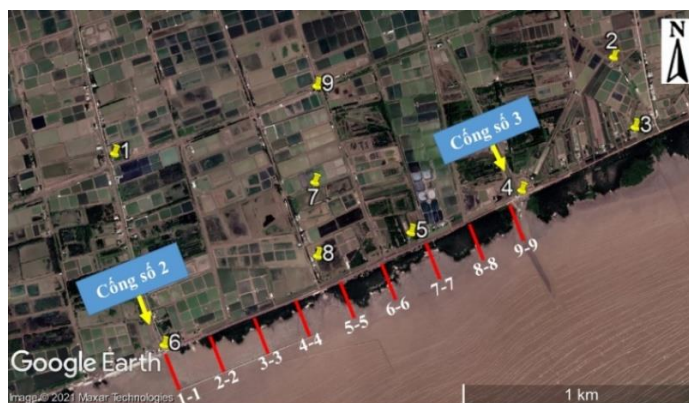
Bảng 1. Số liệu ảnh Google Earth.

Thời gian	Nguồn ảnh	Độ phân giải (m)	Hệ tọa độ
04/12/2006	Maxar Technologies	1,0 m	UTM
08/04/2014	CNES/Airbus	1,0 m	UTM
09/06/2017	CNES/Airbus	1,0 m	UTM
09/03/2018	CNES/Airbus	1,0 m	UTM
15/02/2019	Maxar Technologies	1,0 m	UTM
14/11/2020	Maxar Technologies	1,0 m	UTM

Vì ảnh tải về từ phần mềm Google Earth không cùng khung hình học nên các ảnh này được nắn chỉnh hình học bằng chức năng Registration trong bộ công cụ Map của ENVI trước khi tiến hành phân tích giải đoán đường bờ. Các điểm khống chế được sử dụng để tiến hành nắn chỉnh hình học các ảnh. Sơ đồ các điểm khống chế được trình bày trên Hình 3. Sai số trung bình bình phương (RMSE) được sử dụng để đánh giá độ chính xác của việc nắn chỉnh ảnh theo công thức:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \quad (1)$$

Trong đó y_i là tọa độ điểm khống chế thứ i ; \hat{y}_i là giá trị ước đoán bằng mô hình hồi quy tuyến tính tại điểm khống chế thứ i , và \bar{y} là giá trị trung bình cộng của tất cả các giá trị y_i .



Hình 3. Sơ đồ các điểm không chế mặt đất (GCP).

Phương pháp chiết xuất đường bờ của ảnh Google Earth và sai số của phương pháp này được tham khảo trong nghiên cứu của [14–16]. Nghiên cứu này sử dụng định nghĩa đường bờ là đai rừng ngập mặn nên không xét đến ảnh hưởng của dao động mực nước đến vị trí đường bờ.

2.2. Tính toán vận tốc thay đổi đường bờ

Vận tốc thay đổi đường bờ (shoreline change rate) là một trong các chỉ số được sử dụng phổ biến nhất trong các nghiên cứu về bờ biển [17]. Vận tốc thay đổi đường bờ được định nghĩa là sự thay đổi của vị trí đường bờ tại một mặt cắt vuông góc với đường bờ theo thời gian. Sự thay đổi này có thể là dài hạn (*long-term*) hoặc ngắn hạn (*short-term*). Trong đó, vận tốc thay đổi đường bờ theo thời đoạn dài hạn có thể tính bằng thập kỷ hoặc thế kỷ trong khi vận tốc thay đổi đường bờ ngắn hạn có thể tính bằng sự thay đổi vị trí đường bờ theo mùa hoặc thậm chí theo ngày. Theo [17], một trong các phương pháp phổ biến trong tính toán vận tốc thay đổi đường bờ là phương pháp hồi quy tuyến tính (LR). Đặc điểm của phương pháp này dựa trên nguyên tắc thống kê sử dụng tất cả các điểm dữ liệu có sẵn trong chuỗi dữ liệu về vị trí đường bờ. Trong đó, độ dốc của đường thẳng hồi quy chính là vận tốc thay đổi đường bờ. Công thức của đường thẳng hồi quy được thể hiện như sau:

$$y = a \times t + b \tag{2}$$

Trong đó y (m) là vị trí đường bờ; a là hệ số góc của đường thẳng hồi quy và là tốc độ thay đổi vị trí đường bờ (m/năm); t là thời gian (năm) và b là giao điểm giữa đường thẳng hồi quy và trục tung.

Để có cơ sở đánh giá sự phù hợp của mô hình tuyến tính đối với chuỗi số liệu vị trí đường bờ, hệ số xác định R^2 được tính toán như sau [18]:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} \tag{3}$$

Với SS_{res} và SS_{tot} lần lượt là tổng các độ lệch bình phương phần dư và tổng các độ lệch bình phương toàn bộ, được tính toán như sau:

$$SS_{res} = \sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{4}$$

$$SS_{tot} = \sum_i (y_i - \bar{y})^2 \tag{5}$$

Trong các công thức trên, y_i là vị trí đường bờ năm thứ i , \hat{y}_i là giá trị ước đoán bằng mô hình hồi quy tuyến tính tại năm thứ i , \bar{y} là giá trị trung bình cộng của tất cả các giá trị y_i . Như vậy ta có công thức tính \bar{y} như sau:

$$\bar{y} = \frac{\sum_i y_i}{n} \tag{6}$$

Với n là tổng số lượng vị trí đường bờ thu thập được tại một mặt cắt trong khoảng thời gian từ năm 2006 đến năm 2020.

Trong nghiên cứu này, các mặt cắt được phân đoạn theo khoảng cách 200 m dọc theo đường bờ biển khu vực nghiên cứu từ công số 2 đến công số 3 để tiến hành đo đạc vị trí đường bờ và tính toán vận tốc thay đổi đường bờ như trong Hình 3. Khoảng cách giữa mặt cắt 8-8 và 9-9 là 120 m. Đường bờ biển ngày 04/12/2006 được chọn làm đường cơ sở để tính toán giá trị vận tốc thay đổi đường bờ.

Trong nghiên cứu này, các mặt cắt được phân đoạn theo khoảng cách 200 m dọc theo đường bờ biển khu vực nghiên cứu từ công số 2 đến công số 3 để tiến hành đo đạc vị trí đường bờ và tính toán vận tốc thay đổi đường bờ như trong Hình 3. Khoảng cách giữa mặt cắt 8-8 và 9-9 là 120 m. Đường bờ biển ngày 04/12/2006 được chọn làm đường cơ sở để tính toán giá trị vận tốc thay đổi đường bờ.

2.3. Tính toán vận tốc thay đổi thể tích bãi biển

Vận tốc thay đổi thể tích bãi biển được tính toán từ vận tốc thay đổi đường bờ với giả thiết rằng đường bờ giữ nguyên hình dạng khi dịch chuyển theo phương ngang bờ và phạm vi dịch chuyển theo một chiều sâu không đổi (mô hình một đường) (Hình 4) [19–21]:

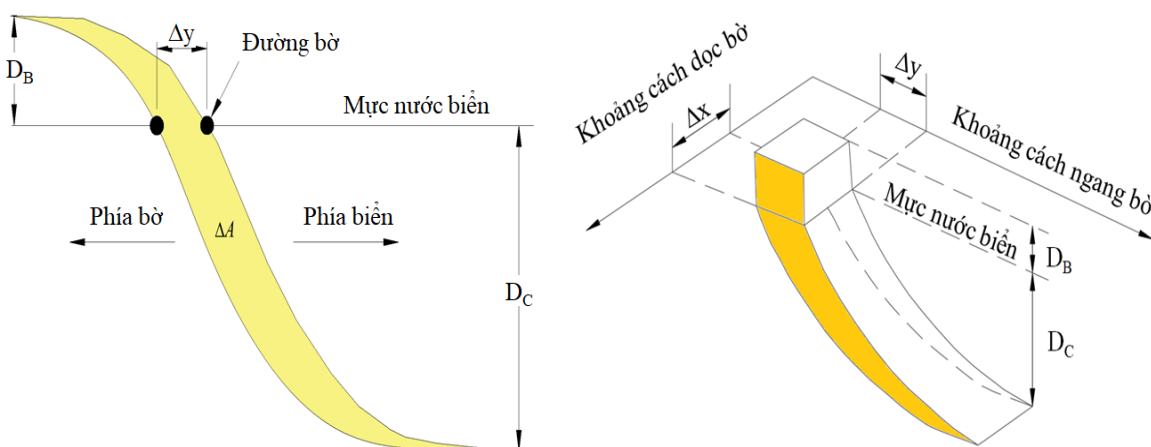
$$D = D_B + D_C \tag{7}$$

Trong đó D_B là chiều cao thêm bãi (m) và D_C là chiều sâu vận chuyển bùn cát tới hạn (m).

Từ các giả thiết trên ta có công thức tính thay đổi thể tích bãi biển giữa hai mặt cắt liên tiếp như sau:

$$\Delta V = D \times \Delta y \times \Delta x \tag{8}$$

Trong đó Δy là giá trị trung bình vận tốc thay đổi đường bờ giữa 2 mặt cắt liên tiếp (m/năm), Δx là khoảng cách giữa 2 mặt cắt liên tiếp (m), t là thời gian (năm), ΔV là vận tốc thay đổi thể tích bãi biển ($m^3/năm$) và $D = D_B + D_C$ (m).



Hình 4. Mô hình tính toán vận tốc thay đổi thể tích bãi biển.

Giá trị vận tốc thay đổi đường bờ tại các mặt cắt từ 1-1 đến 9-9 như trên Hình 3 sẽ được sử dụng để tính toán vận tốc thay đổi thể tích bãi biển (ΔV) trong giai đoạn 2006–2020. Khoảng cách giữa các mặt cắt được chọn là $\Delta x = 200$ m ngoại trừ khoảng cách giữa mặt cắt 8-8 và 9-9 là 120 m. Chiều cao thêm bãi và chiều sâu vận chuyển bùn cát tại khu vực nghiên

cứ được tính toán dựa vào mặt cắt địa hình bãi biển quan trắc qua các năm [22]. Theo nghiên cứu [13], D tại khu vực nghiên cứu có giá trị trong khoảng 3 m.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phân tích ảnh viễn thám

Sai số nắn chỉnh hình học ảnh được trình bày như trong Bảng 2. Có thể nhận thấy sai số nắn chỉnh các ảnh đều nhỏ hơn 1,0 m. Ảnh chụp ngày 14/11/2020 được chọn làm ảnh gốc để nắn chỉnh các ảnh còn lại nên không có sai số nắn chỉnh hình học cho ảnh chụp ngày 14/11/2020. Ảnh chụp năm 2006 cách đây khá lâu nên chỉ tìm được 7 điểm khống chế mặt đất cho ảnh năm 2006.

Bảng 2. Sai số nắn chỉnh hình học ảnh.

Thời gian	Số điểm khống chế mặt đất	RMSE (m)
04/12/2006	7	0,47
08/04/2014	9	0,50
09/06/2017	9	0,61
09/03/2018	9	0,48
15/02/2019	9	0,50
14/11/2020	9	–

3.2. Vận tốc thay đổi vị trí đường bờ biển

Vị trí đường bờ tại các mặt cắt được đo đạc qua các năm để tính toán vận tốc thay đổi đường bờ. Sự thay đổi vị trí đường bờ theo các mặt cắt từ cống số 2 đến cống số 3 trong giai đoạn 2006–2020 được trình bày như trong Bảng 3 và Hình 5. Đường bờ ngày 12/04/2006 được chọn làm đường cơ sở nên vị trí đường bờ tại các mặt cắt trong ngày 12/04/2006 đều bằng 0. Trên Hình 5 chỉ trình bày vị trí đường bờ của các năm 2006, 2014, và 2020 để tiện cho việc quan sát sự thay đổi vị trí đường bờ. Có thể nhận thấy đường bờ biển khu vực nghiên cứu bị xói lở nghiêm trọng từ năm 2006 đến 2020. Cụ thể, bề rộng rừng ngập mặn giảm khoảng 70–140 m trong giai đoạn 2006–2014 và khoảng 10–50 m trong giai đoạn 2014–2020. Kết quả nghiên cứu diễn biến vị trí đường bờ trong nghiên cứu này phù hợp với kết quả trong nghiên cứu [13] với bề rộng xói lở từ 50–100 m. Theo [23], 50–70% năng lượng sóng sẽ bị tiêu tán bởi 20 m rừng phòng hộ đầu tiên với chiều sâu cột nước từ 1,9–2,0 m. Khi độ sâu cột nước tăng lên 2,5 m, cần 40 m rừng ngập mặn để có thể hấp thụ 50% năng lượng sóng. Trước tình trạng xói lở bờ biển đang xảy ra nghiêm trọng do mất dần diện tích rừng ngập mặn, tỉnh Sóc Trăng đang áp dụng thí điểm giải pháp kè giảm sóng và tạo bãi bằng hai hàng cọc ly tâm đặt cách bờ biển khoảng 170 m (Hình 1). Nhóm nghiên cứu đang tiến hành quan trắc số liệu sóng và cao độ bãi biển phía trong kè ly tâm để đánh giá khả năng giảm sóng và tạo bãi của tuyến kè này. Một điểm cần chú ý trên Hình 5 là đường bờ có xu hướng dịch chuyển ngang bờ trong khi vẫn giữ nguyên hình dạng, điều này phù hợp với giả thuyết tính toán của [19–20] trong mô hình tính toán thay đổi thể tích bờ biển.

Bảng 3. Số liệu vị trí đường bờ theo không gian và thời gian với đường bờ năm 2006 là đường cơ sở.

Khoảng cách dọc bờ x (m)	Mặt cắt		Ngày					
			12/04/2006	08/04/2014	09/06/2017	09/03/2018	15/02/2019	14/11/2020
0	1–1	Vị trí	0	–80.24	–94.17	–99.26	–107.09	–115.52
200	2–2	đường	0	–120.07	–134.37	–136.25	–133.99	–155.42

Khoảng cách dọc bờ x (m)	Mặt cắt		Ngày					
			12/04/2006	08/04/2014	09/06/2017	09/03/2018	15/02/2019	14/11/2020
400	3-3	bờ - y	0	-83.04	-93.61	-101.32	-112.56	-130.2
600	4-4	(m)	0	-113.92	-112.88	-120.71	-116.68	-121.62
800	5-5		0	-72.55	-81.78	-89.86	-108.74	-125.35
1000	6-6		0	-138.82	-147.04	-150.33	-151.46	-176.54
1200	7-7		0	-117.14	-124.56	-131.95	-126.64	-135.42
1400	8-8		0	-113.92	-114.13	-115.59	-120.31	-129.11
1520	9-9		0	-154.10	-159.41	-161.36	-151.01	-147.36

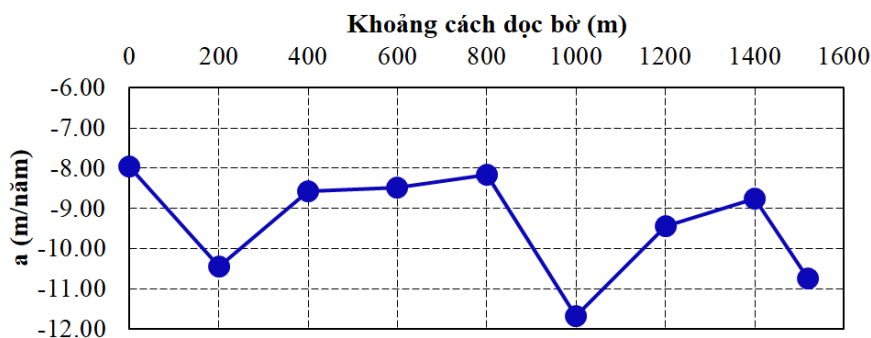
Vận tốc xói bồi tại các mặt cắt dọc theo bờ biển từ cống số 2 đến cống số 3 được trình bày trong Bảng 4 và Hình 6. Có thể nhận thấy bãi biển khu vực nghiên cứu chịu tác động hoàn toàn của xói lở bờ biển với tốc độ xói lớn nhất lên đến 11,68 m/năm tại mặt cắt 6-6 (x = 1.000 m) và tốc độ xói nhỏ nhất bằng 7,95 m/năm tại mặt cắt 1-1 (x = 0). Hệ số xác định (R²) của chuỗi dữ liệu vị trí đường bờ tại các mặt cắt đều lớn hơn hoặc bằng 0,8 chứng tỏ sự phù hợp của việc sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính trong tính toán vận tốc thay đổi vị trí đường bờ tại khu vực nghiên cứu.



Hình 5. Thay đổi vị trí đường bờ.

Bảng 4. Vận tốc xói bồi đường bờ tại các mặt cắt.

Mặt cắt	Khoảng cách dọc bờ x (m)	Vận tốc thay đổi đường bờ a (m/năm)	Hệ số xác định R ²
1-1	0	-7,95	0,98
2-2	200	-10,44	0,94
3-3	400	-8,58	0,98
4-4	600	-8,48	0,86
5-5	800	-8,16	0,97
6-6	1000	-11,68	0,93
7-7	1200	-9,44	0,90
8-8	1400	-8,76	0,89
9-9	1520	-10,75	0,80



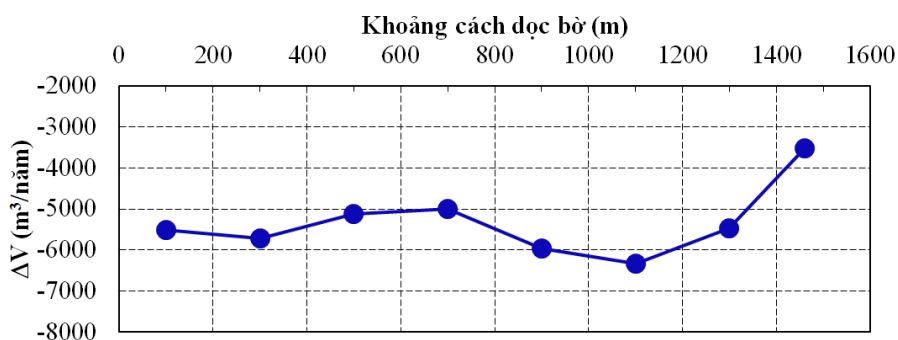
Hình 6. Vận tốc xói bờ tại các mặt cắt.

3.3. Thay đổi thể tích bãi biển

Thay đổi thể tích bãi biển giữa các mặt cắt được trình bày trong Bảng 5 và Hình 7. Giá trị thay đổi thể tích bãi biển giữa các mặt cắt được biểu diễn tại trung điểm giữa 2 mặt cắt liên tiếp. Nhìn chung bãi biển khu vực nghiên cứu chịu tác động của xói lở với thể tích suy giảm trong khoảng từ 3.000 đến 7.000 m³/năm. Giá trị thay đổi thể tích bãi biển tại trí x = 1460 m khá nhỏ so với các vị trí còn lại vì khoảng cách giữa 2 mặt cắt cuối cùng chỉ bằng 120 m trong khi tại các vị trí còn lại khoảng cách giữa 2 mặt cắt liên tiếp đều bằng 200 m. Các kết quả tính toán biến động thể tích bãi biển KVNC có thể được sử dụng để tính toán lưu lượng vận chuyển bùn cát ven bờ. Tuy nhiên, các kết quả trên chỉ phản ánh biến động trung bình của bãi biển theo năm mà chưa chỉ ra được biến động theo mùa vì hạn chế về số liệu ảnh viễn thám. Trong các nghiên cứu tiếp theo, số liệu sóng thực đo và dòng chảy ven bờ sẽ được sử dụng để đánh giá biến động của bãi biển theo mùa và tương quan giữa biến động thể tích bãi biển với các chế độ sóng theo mùa.

Bảng 5. Vận tốc thay đổi thể tích bãi biển giữa các mặt cắt.

Khoảng cách dọc bờ x (m)	Thay đổi thể tích bãi biển ΔV (m ³ /năm)
100	-5.518
300	-5.707
500	-5.119
700	-4.992
900	-5.953
1100	-6.338
1300	-5.460
1460	-3.512



Hình 7. Vận tốc thay đổi thể tích bãi biển giữa các mặt cắt.

4. Kết luận

Ảnh viễn thám và mô hình một đường đã được sử dụng để quan sát diễn biến xói lở một phần đường bờ biển thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng và tính toán tốc độ xói bồi của bãi biển.

Kết quả phân tích cho thấy thấy một phần đường bờ biển khu vực thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng (từ công số 2 đến công số 3) bị xói lở nghiêm trọng trong giai đoạn 2006–2020 với bề rộng rừng ngập mặn suy giảm khoảng 70–140 m giai đoạn 2006–2014 và 10–50 m giai đoạn 2014–2020.

Vận tốc xói lở đường bờ biển lớn nhất bằng 11,68 m/năm.

Sử dụng mô hình một đường, vận tốc suy giảm thể tích bãi biển tại các mặt cắt dọc theo đường bờ biển khu vực nghiên cứu được tính toán dao động trong khoảng 3.000–7.000 m³/năm.

Kết quả trong bài báo này chỉ dựa trên số liệu phân tích ảnh viễn thám giai đoạn 2006–2020 với số liệu ảnh hạn chế (chỉ thu thập được 06 ảnh). Trong các nghiên cứu tiếp theo, số liệu về sóng thực đo, địa hình đáy biển khu vực nghiên cứu sẽ được sử dụng để mô phỏng chế độ dòng chảy và vận chuyển bùn cát ven bờ.

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

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. Lawrence, P.L. Natural hazards of shoreline bluff erosion: A case study of horizon view, Lake Huron. *Geomorphology* **1994**, *10(1–4)*, 65–81.
2. Zuzek, P.J.N.; R.B.; Thieme, S.J.S. Patial and temporal consideration for calculating shoreline change rates in the Great Lakes Basin. In: Byrnes, M.R.; Crowell, M., and Fowler, C. (eds.), *Shoreline Mapping and Change Analysis: Technical Considerations and Management Implications. J. Coastal Res.* **2003**, *SI 38*, 125–146.
3. Gens, R. Remote sensing of coastlines: Detection, extraction and monitoring. *Int. J. Remote Sens.* **2010**, *31(7)*, 1819–1836.
4. Elizabeth, H.B.; Ian, L.T. Shoreline Definition and Detection: A Review. *J. Coastal Res.* **2005**, *2005(214)*, 688–703.
5. Alberico, I.; Cavuoto, G.; Di Fiore, V.; Punzo, M.; Tarallo, D.; Pelosi, N.; Ferraro, L.; Marsella, E. Historical maps and satellite images as tools for shoreline variations and territorial changes assessment: the case study of Volturno Coastal Plain (Southern Italy). *J. Coastal Conserv.* **2018**, *22(5)*, 919–937.
6. Morton, R.A.; Mark, P.L.; Jeffrey, G.P.; Michael, A.C. Monitoring Beach Changes Using GPS Surveying Techniques. *J. Coastal Res.* **1993**, *9(3)*, 702–720.
7. Laporte-Fauret, Q.; Marieu, V.; Castelle, B.; Michalet, R.; Bujan, S.; Rosebery, D. Low-Cost UAV for High-Resolution and Large-Scale Coastal Dune Change Monitoring Using Photogrammetry. *J. Mar. Sci. Eng.* **2019**, *7(3)*, 1–16.

8. Pianca, C., Holman, R., Siegle, E. Shoreline variability from days to decades: Results of long-term video imaging. *J. Geophys. Res. Oceans* **2015**, 120(3), 2159–2178.
9. Anh, T.K.D.; Sierd de, V.; Marcel, J.F.S. The Estimation and Evaluation of Shoreline Locations, Shoreline-Change Rates, and Coastal Volume Changes Derived from Landsat Images. *J. Coastal Res.* **2018**, 35(1), 56–71.
10. Nghĩa, N.V.; Minh, H.V.T.; Luận, T.C.; Tỹ, T.V. Đánh giá hiệu quả giảm sóng của kè Busadco: trường hợp nghiên cứu tại Biển Đông và Biển Tây tỉnh Cà Mau. *Tap chí xây dựng* **2020**, 198–205.
11. Pardo-Pascual, J.E.; Almonacid-Caballer, J.; Ruiz, L.A.; Palomar-Vázquez, J. Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision. *Remote Sens. Environ.* **2012**, 123, 1–11.
12. Thịnh, P.T. Rừng ngập mặn ở Sóc Trăng 1965 – 2007. Vùng Ven biển Tỉnh Sóc Trăng. 2011, pp. 60.
13. Tùng, T.T.; Hiền, L.T.; Cát, V.M.; Đoàn, N.K. Nghiên cứu hiện tượng hạ thấp bãi trước đê, từ K0 đến K1+200, tuyến đê biển Bạc Liêu. *Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2015**, 50, 83–87.
14. Thuận, N.N.; Tỹ, T.V.; Hùng, T.V.; Hồng, H.T.C.; Nhạn, H.N.; Lâm, T.H.; Duy, Đ.V.; Hải, T.K.; Tuấn, T.V.; Quảng, T.M. Đánh giá hiệu quả của các công trình kè giảm sóng tại bờ biển Tây tỉnh Cà Mau. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 732, 93–105.
15. Tiến, N.N.; Cường, Đ.H.; Ưu, Đ.V.; Sáo, N.T.; Tuấn, T.A.; Nam, L.Đ. Phân tích biến động đường bờ khu vực bờ biển cửa sông Hậu bằng tư liệu ảnh viễn thám. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2017**, 17(4), 386–392.
16. Tình, T.V.; Phong, D.H. Sử dụng ảnh viễn thám và GIS nghiên cứu biến động đường bờ biển khu vực mũi Cà Mau. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 12, 35–40.
17. Dolan, R.; Fenster, M.S.; Holme, S.J. Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion. *J. Coastal Res.* **1991**, 7(3), 723–744.
18. Bình P. T. Giới thiệu mô hình hồi quy tuyến tính. In: *Econometrics by Example* **2011**, pp. 36.
19. Rosati, J.D. Concepts in sediment budgets. *J. Coastal Res.* **2005**, 21(2), 307–322.
20. Rosati, J.D.; Kraus, N.C. Formulation of sediment budgets at inlets. *Coastal Eng. Tech. Note* **1999**, IV-15, pp. 20.
21. Larson, M.; Hanson, H.; Kraus., N.C. Analytical Solutions of One-Line Model for Shoreline Change near Coastal Structures. *J. Waterway Port Coastal Ocean Eng.* **1997**, 123(4), 180–191.
22. Sabatier, F.; Stive, M.; Pons, F. Longshore variation of depth of closure on a micro-tidal wave-dominated coast. *Coastal Eng.* **2005**, 4, 2327–2339.
23. McIvor, A., Möller, I., Spencer, T., Spalding, M. Reduction of Wind and Swell Waves by Mangroves. *Nat. Coastal Prot. Ser.* **2012**, 40(1), pp. 27.

Temporal variation of shoreline position in Vinh Chau District, Soc Trang Province using satellite image analysis

Le Minh Hau¹, Huynh Thi Cam Hong², Tran Tuyet Loan², Dinh Van Duy^{2*}, Tran Van Ty²

¹ Project Management Unit 2 of Soc Trang province; haum4220004@gstudent.ctu.edu.vn

² College of Engineering Technology, Can Tho University; htchong@ctu.edu.vn;
loanb1705837@student.ctu.edu.vn; dvduy@ctu.edu.vn; tvty@ctu.edu.vn

Abstract: Shoreline position data plays an important role in assessing the erosion and accretion of beaches. Among the methods for monitoring beach changes, satellite images analysis appears to be a fast and almost free tool. Hence, this study utilizes the satellite image analysis to assess the temporal variation of shoreline positions in Vinh Chau District, Soc Trang Province from 2006 to 2020. Subsequently, the shoreline change rate (a) and beach volume change (ΔV) are quantified based on the shoreline positions at each cross-section along the beach. The results show that the beach section from culvert No.2 to culvert No.3 has been eroded seriously from 2006 to 2020. Specifically, the width of the mangrove forest decreased at the range 70–140 m during the period from 2006 to 2014 and at the range 10–50 m from 2014 to 2020. The maximum shoreline change rate reached 11.68 m/y and the beach volume change varied from 3,000 to 7,000 m³/y. The research provides results that could help policy makers to apply appropriate solution for coastal erosion mitigation and beach restoration.

Keywords: Vinh Chau Soc Trang; Satellite images; Shoreline change rate; Beach volume change; Online model.

Table of content

- 1** Thuong, T.V.; Xuan, C.T.; Hieu, N.T.; Tuan, P.V.; Mon, D. Examining drought intensity in Central Highlands during the 2001–2020 period using daily MODIS time–series imagery. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 733, 1–14.
- 15** Kham, D.V.; Khanh, D.Q. Evaluation of climate characteristics and agro–climatic conditions Ky Anh district, Ha Tinh province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 733, 15–28.
- 29** Dung, L.V.; Tue, N.T.; Hieu, P.V.; Khoa, N.D.; Dung, L.V. Characteristics of selected nutrients in coastal waters from the southern Red River Delta. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 733, 29–38.
- 39** Tam, N.T.; Bao, T.N.Q.; Minh, H.V.T.; Thanh, N.T.; Lien, B.T.B.; Minh, N.D.T. Evaluating the surface water quality affected by activities in Can Tho City. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 733, 39–55.
- 56** Linh, V.T.P.; Trung, N.H.; Thanh, V.Q. A study on climate-related disasters risk assessment in My Xuyen District, Soc Trang Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 733, 56–72.
- 73** Chanh, B.V.; Hung, N.D. Assessing the impact of coastal topography in Khanh Hoa Province on wave distribution in Damrey typhoon by Mike model 21SW. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 733, 73–85.
- 86** Long, P.T.; Phan, L.V.; Dong, N.P.; Duong, L.H.; Hoang, T.T. Research on pilot AI rain forecasting technology in Ho Chi Minh City. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 733, 86–97.
- 98** Hau, L.M.; Hong, H.T.C.; Loan, T.T.; Duy, D.V.; Ty, T.V. Temporal variation of shoreline position in Vinh Chau District, Soc Trang Province using satellite image analysis *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, 733, 98–108.