TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Journal of Hydro - Meteorology

ISSN 2525 - 2208

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

Số 758
02-2024

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: 0243.5624399

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

Giá bán: 40.000 đồng

TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
SỐ 758 - 2/2024

MỤC LỤC

Bài báo khoa học

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Biến thiên theo mùa của sinh vật phù du lớp bề mặt vùng Biển Đông sử dụng mô hình sinh địa hóa độ phân giải cao

Trịnh Bích Ngọc[1*], Võ Diệu Linh[1], Tô Duy Thái[2]

[1] Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; trinh-bich.ngoc@usth.edu.vn; volinh111796@gmail.com

[2] Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; duythaito@gmail.com

*Tác giả liên hệ: trinh-bich.ngoc@usth.edu.vn; Tel.: +84–904903945

Ban Biên tập nhận bài: 8/10/2023; Ngày phản biện xong: 6/11/2023; Ngày đăng bài: 1/2/2024

Tóm tắt: Hệ sinh thái sinh vật phù du - cấp đầu tiên trong lưới thức ăn - đóng vai trò quan trọng trong đa dạng sinh học của vùng Biển Đông. Nghiên cứu mô phỏng sử dụng mô hình kết hợp vật lý/ sinh địa hóa với độ phân giải cao (4 km) áp dụng trên vùng Biển Đông trong các năm 2016/2017 cho thấy biến thiên mạnh theo mùa của nồng độ các chất dinh dưỡng (nitrat, phốt phát, sicilat) và chất diệp lục (Chl-a) lớp bề mặt. Trên phần lớn lưu vực, nồng độ chất dinh dưỡng và chất diệp lục đạt cực đại vào mùa đông và có giá trị thấp nhất vào mùa hè. Tại khu vực nước trồi Nam Việt Nam, nồng độ bề mặt các chất dinh dưỡng và Chl-a cao nhất vào mùa hè và thấp nhất vào mùa đông. Nồng độ nitrat, phốt phát, silicat và Chl-a trung bình lớp bề mặt vùng xa bờ lần lượt là 7,9 mmol/m^3, 0,74 mmol/m^3, 23,7 mmol/m^3, 0,27 mg/m^3 vào tháng 12-1; và 7,2 mmol/m^3, 0,69 mmol/m^3, 21,7 mmol/m^3, 0,1 mg/m^3 vào các tháng 5-6. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy chu kỳ theo mùa tương tự nhau của sinh vật phù du: nồng độ cao vào mùa xuân-hè và nồng độ thấp vào mùa đông.

Từ khóa: Mô phỏng; Mô hình sinh địa hóa; Hệ sinh thái sinh vật phù du; Biển Đông.

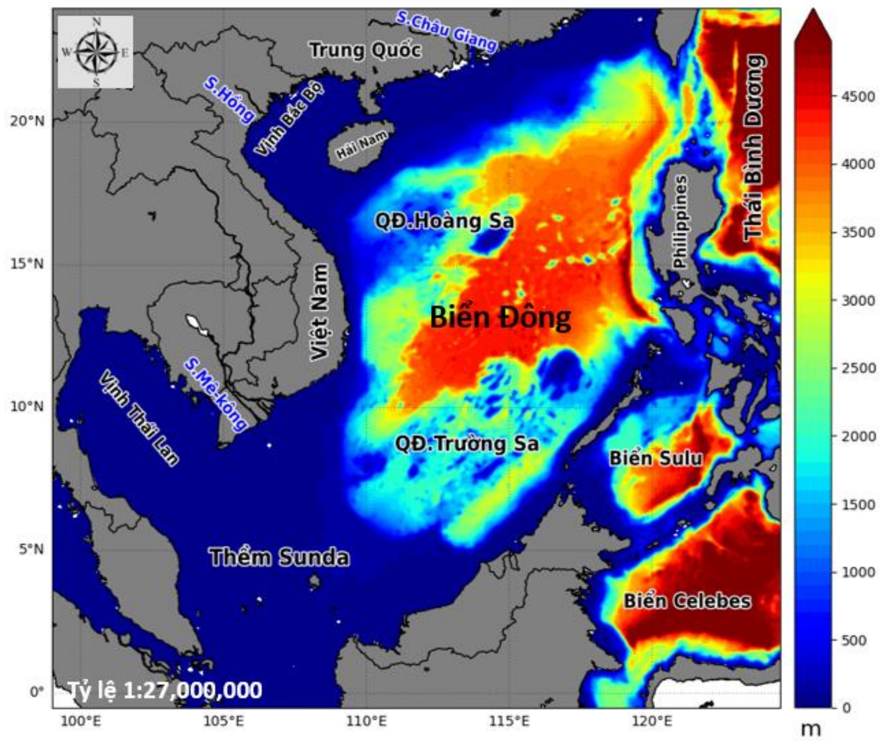
1. Giới thiệu

Biển Đông là vùng biển quan trọng phía Tây Thái Bình Dương dựa trên sự phong phú về đa dạng sinh học cũng như vai trò của nó trong nền kinh tế xã hội của Đông Nam Á. Vùng biển rìa lớn nhất thế giới này là nơi sinh sống của gần 12 nghìn loài sinh vật, từ các rạn san hô, rừng ngập mặn, cỏ biển, cá và thực vật. Các nghiên cứu trước đây cho thấy rằng các tính chất sinh địa hóa và hệ sinh thái ở Biển Đông bị tác động bởi biến thiên khí hậu, lượng nước và dòng chảy của các chất dinh dưỡng từ đất liền và sự xâm nhập của hải lưu Kuroshio [1–4]. Theo nghiên cứu [3], sự xâm nhập của hải lưu Kuroshio vào Biển Đông thông qua eo biển Luzon kiểm soát quá trình nước trồi và cung cấp dinh dưỡng trên diện rộng của lưu vực, do đó kiểm soát quá trình sinh trưởng của thực vật phù du. Các đặc điểm sinh địa hóa của Biển Đông có sự thay đổi mạnh theo mùa. Nghiên cứu [5] cho thấy biến thiên mạnh mẽ do gió mùa của nồng độ chất diệp lục bề mặt (Chl-a) và chất dinh dưỡng của Biển Đông ở các vùng nước trồi. Cụ thể phía tây bắc đảo Luzon vào mùa đông và ngoài khơi bờ biển phía đông nam Việt Nam vào mùa hè ghi nhận nồng độ Chl-a và chất dinh dưỡng tăng cao ở lớp nước bề mặt. Ở các lớp nước sâu hơn, chất dinh dưỡng được đẩy lên lớp nước bề mặt bởi xáo trộn dọc và chuyển động đi lên được tạo ra bởi hệ thống gió mùa và các xoáy trung bình [6]. Nồng độ dinh dưỡng và sản xuất sinh học cao nhất được ghi nhận ở lớp nước xáo trộn trong khoảng thời gian gió mùa đông bắc thổi (tháng 11 đến tháng 3) [7].

Tại Việt Nam, hầu hết các nghiên cứu về sinh địa hóa khu vực Biển Đông đều tập trung vào quan trắc, phân loại hệ sinh thái, đa dạng sinh học và nghề cá ven bờ [8–10]. Các nghiên cứu chủ yếu tiến hành ở các vùng ven biển trong thời gian ngắn trong khi các quan trắc về biến thiên theo chu kỳ mùa và liên mùa của hệ sinh thái sinh vật phù du trên toàn bộ lưu vực của Biển Đông vẫn còn khan hiếm.

Hệ sinh thái biển và các tính chất sinh địa hóa của Biển Đông chịu tác động mạnh của khí hậu và các hoạt động của con người. Trong những thập kỷ và thế kỷ tới, cùng với đại dương toàn cầu, toàn bộ hệ sinh thái biển ngoài khơi và ven biển của Biển Đông sẽ ngày càng bị tác động mạnh mẽ do sự nóng lên của nhiệt độ nước biển, quá trình axit hóa và khử oxy đại dương [11]. Những thay đổi trong hệ sinh thái biển có thể đe dọa sinh kế của lượng lớn người dân tại các khu vực ven Biển Đông - nơi có mật độ dân cư thuộc hàng đông nhất trên thế giới. Vì vậy, việc nghiên cứu hoạt động và sự biến thiên của các sinh vật phù du - bậc đầu tiên trong lưới thức ăn đại dương là rất quan trọng. Hiểu biết về các đặc điểm sinh địa hóa vùng Biển Đông rất cần thiết cho các ngành thủy hải sản, ngư nghiệp và du lịch. Tuy nhiên, các nghiên cứu khoa học vẫn còn hạn chế, do đặc điểm địa hình rộng lớn và thời tiết phức tạp của vùng biển này, làm gia tăng kinh phí khảo sát đo đạc. Trong khi phương pháp đo đạc các thông số sinh địa hóa còn gặp nhiều giới hạn, phương pháp số sử dụng mô hình ba chiều có độ phân giải cao trở thành công cụ thích hợp để nghiên cứu sự biến thiên của các quá trình sinh địa hóa học. Tuy nhiên, các mô hình được sử dụng vẫn còn khá đơn giản với độ phân giải thấp, hầu hết chỉ nghiên cứu về nồng độ chất dinh dưỡng mà chưa tích hợp hệ sinh thái sinh vật phù du.

Nghiên cứu này sử dụng mô hình độ phân giải cao với mục tiêu khảo sát sự biến thiên theo mùa của một số thông số sinh địa hóa Biển Đông như: nồng độ chất dinh dưỡng và chlorophyll-a, nồng độ của một số loài sinh vật phù du ở lớp bề mặt. Đây là lần đầu tiên lưới tính có độ phân giải cao (4 km) được áp dụng trên toàn bộ vùng Biển Đông, với mô hình sinh địa hóa gồm 35 biến trạng thái thể hiện các nguyên tố sinh học/dinh dưỡng và một số loài sinh vật phù du. Nghiên cứu được tiến hành trong giai đoạn từ tháng 5/2016 đến tháng 5/2017, với mục đích góp thêm một phần hiểu biết về biến thiên sinh địa hóa vùng Biển Đông theo mùa.



Hình 1. Trường phân bố độ sâu (m) và lưới tính áp dụng trên khu vực Biển Đông của mô hình kết hợp SYMPHONIE và ECO-3mS.

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Biển Đông trải dài từ kinh tuyến 99° đến 121° Đông và từ đường xích đạo đến vĩ tuyến 23° Bắc (Hình 1). Biển Đông sở hữu địa hình độc đáo với lòng chảo sâu ở trung tâm (độ sâu lên đến 5500 m), bao quanh là các thềm lục địa, các đảo và quần đảo. Hoàn lưu Biển Đông được tạo nên bởi nhiều yếu tố khác nhau: địa hình lưu vực, sự kết nối với Thái Bình Dương và biến thiên của khí quyển [12, 13]. Vào mùa đông, gió mùa đông bắc thổi mạnh tạo ra một vòng hoàn lưu bề mặt trên toàn bộ lưu vực với các dòng xoáy thuận ở cả hai phần phía bắc và phía nam của lưu vực. Vào mùa hè, gió mùa Tây Nam tương đối yếu hơn thổi qua khu vực, dẫn đến cấu trúc một dòng xoáy thuận ở phía bắc và một dòng xoáy ngược ở phía nam [14, 15]. Biển Đông được phân loại là vùng nghèo dinh dưỡng với năng suất sơ cấp thấp [16]. Nitơ là chất dinh dưỡng hạn chế sự phát triển của thực vật phù du trong vùng biển này [17], [18].

2.2. Số liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này, mô hình kết hợp tuần hoàn đại dương ba chiều SYMPHONIE [19, 20] và sinh địa hóa biển ECO-3mS [21] được sử dụng để thực hiện mô phỏng. Các mô hình này được phát triển bởi nhóm các nhà khoa học thuộc viện nghiên cứu LEGOS, Cộng hòa Pháp. Mô hình thủy động lực học 3D SYMPHONIE được mô tả chi tiết trong nghiên cứu của nhóm tác giả Tô Duy Thái và Bùi Hồng Long [22]. Mô phỏng vật lý được thực hiện cho khoảng thời gian 10 năm, từ 01/01/2009 đến 31/12/2018. Mô phỏng sinh địa hóa được thực hiện cho khoảng thời gian từ 01/05/2016 - 30/04/2017.

2.3. Giới thiệu mô hình Eco3M-S

Mô hình sinh địa hóa biển Eco3M-S là một mô hình đa thông số dinh dưỡng và đa sinh vật phù du mô phỏng động lực học của các chu trình phân tách sinh địa hóa của một số nguyên tố sinh học (cacbon, nitơ, phốt pho, silic và oxy) và của các nhóm sinh vật phù du. Cấu trúc mô hình sử dụng trong nghiên cứu này tương tự như mô hình hệ sinh thái sinh vật phù du mà Herrmann và các cộng sự [23–25], Ulses và các cộng sự [26, 27] đã mô tả và sử dụng. Mô hình bao gồm 7 ngăn với tổng số 35 biến trạng thái, liên kết với nhau như trong sơ đồ khối ở Hình 2.

+ 1 ngăn thực vật phù du bao gồm 3 loại được phân loại theo kích thước (thực vật phù du pico (0,7-2 µm), thực vật phù du nano (2-20µm) và thực vật phù du micro (20-200 µm)).

+ 1 ngăn động vật phù du gồm 3 loại được phân loại theo kích thước (động vật phù du nano (5-20 µm), động vật phù du micro (20-200 µm) và động vật phù du mezo (> 200 µm)).

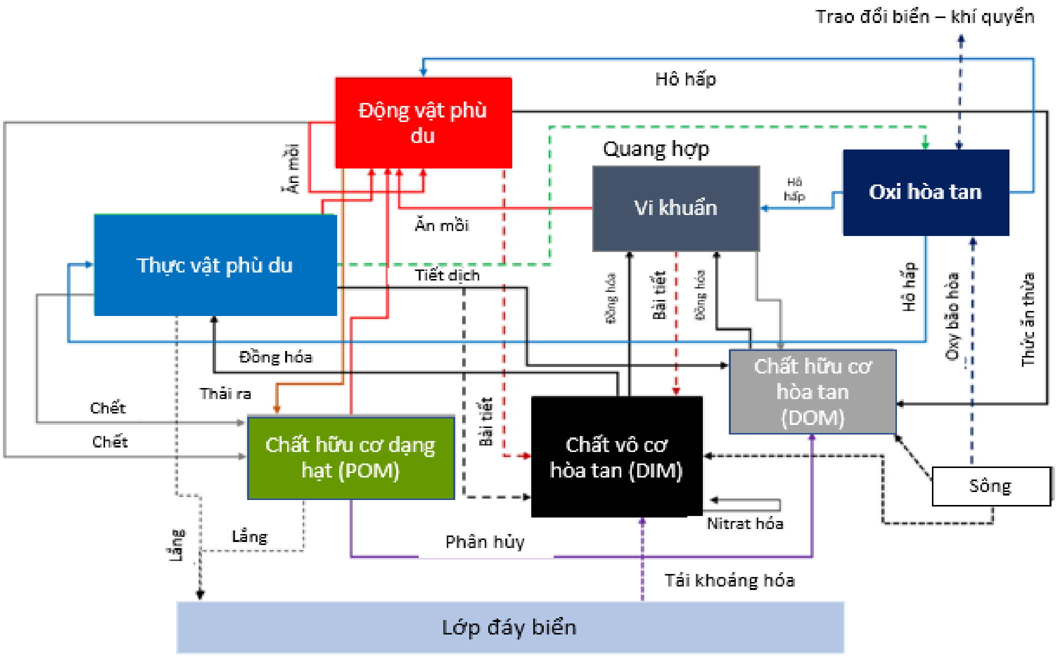
+ 1 ngăn dành cho vi khuẩn (bacteria).

+ 4 ngăn tương ứng dành cho chất hữu cơ hòa tan (DOM), chất hữu cơ dạng hạt (POM), chất dinh dưỡng vô cơ (DIM, nitrat, amoni, photphat và silicat) và oxy hòa tan.

2.4. Thiết lập mô hình

Lưới tính cho mô hình được xây dựng bao phủ toàn bộ vùng Biển Đông (từ kinh độ 99° Đông đến 124° Đông, và từ vĩ độ -0.6° Bắc đến 24° Bắc, Hình 1). Trong nghiên cứu này, lưới vuông (regular grid) được sử dụng với độ phân giải 4 km theo phương ngang, độ sâu lớp nước được thiết lập 50 lớp. Dữ liệu trường phân bố độ sâu được xây dựng bởi Piton và các cộng sự [29]. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên mở cho các thông số nhiệt độ, độ muối, dòng chảy, mực nước biển, nồng độ các chất dinh dưỡng và sinh vật phù du được sử dụng từ dữ liệu trung bình ngày, độ phân giải 1/12° của Copernicus CMEMS (http://marine.copernicus.eu).

Đầu ra của mô hình thủy động lực học SYMPHONIE được sử dụng làm điều kiện biên cho mô hình sinh địa hóa. Sự di chuyển và khuếch tán của các biến số sinh hóa theo phương ngang được tính toán bằng cách sử dụng lược đồ QUICKEST [30]. Đối với mô phỏng sinh địa hóa, nhóm nghiên cứu sử dụng cấu hình tương tự như mô phỏng thủy động lực học (Hình 1). Lực khí áp bề mặt được tính toán từ công thức [31], sử dụng dữ liệu ECMWF 1/8° tần suất 3 giờ cho điều kiện bề mặt.



Hình 2. Sơ đồ khối của mô hình sinh địa hóa Eco3M-S [28].

Điều kiện ban đầu và điều kiện biên mở cho các chất dinh dưỡng (nitrat, photphat, silicat, amoni, oxy) và cho thực vật phù du (cacbon và chất diệp lục) được trích xuất từ bộ dữ liệu hàng ngày của Copernicus BIOMER4V2R1 (sau đây được gọi là Bio-Copernicus). Để đơn giản hóa các mô phỏng được trình bày ở đây, nhóm nghiên cứu bỏ qua các dòng đầu vào của các chất hữu cơ và vô cơ từ khí quyển, cũng như sự đóng góp của các chất dinh dưỡng và các chất hữu cơ sinh ra từ quá trình hình thành và tái tạo trầm tích dưới đáy biển.

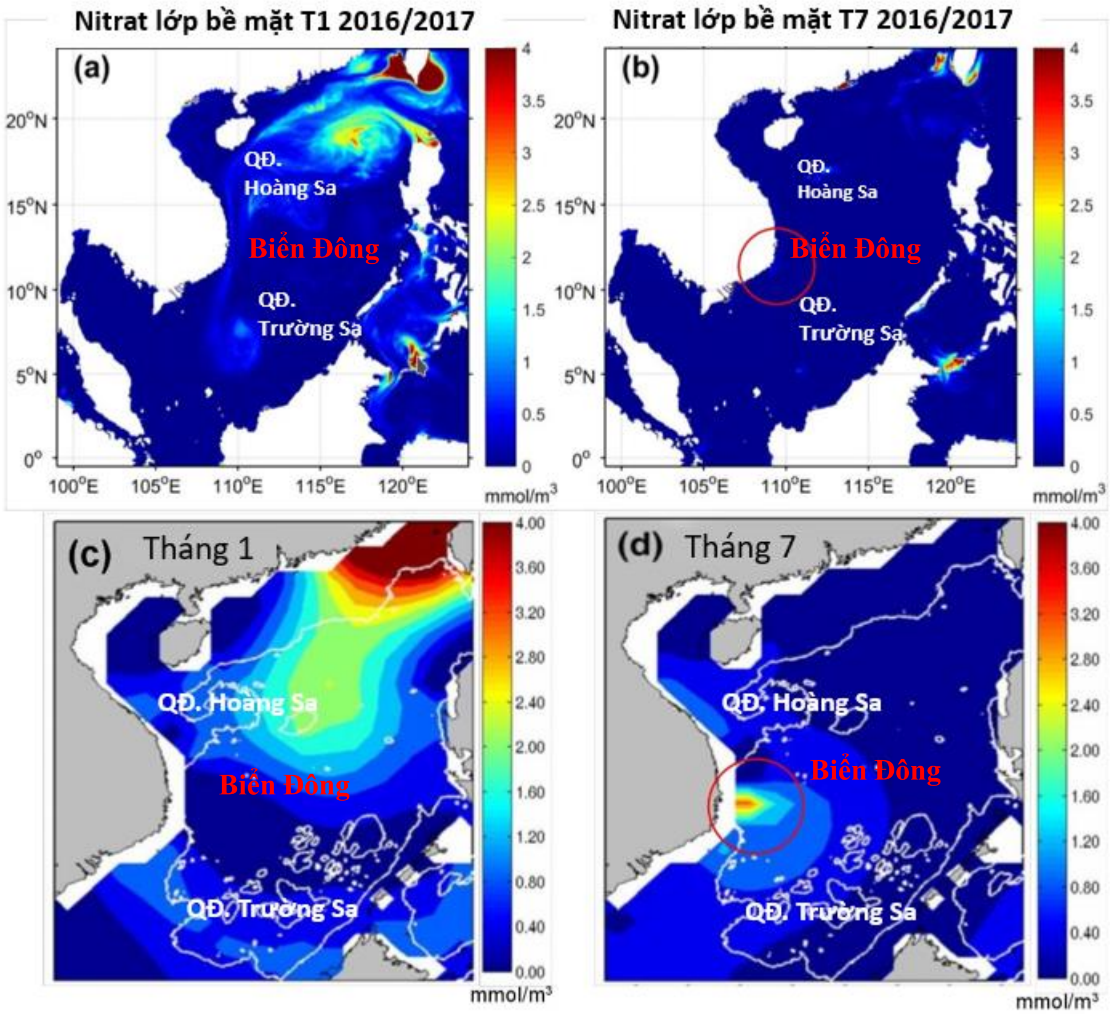
3. Kết quả và thảo luận

Để đánh giá hiệu suất của mô hình sinh địa hóa, nghiên cứu so sánh kết quả đầu ra của mô phỏng với các quan sát thu được từ dữ liệu vệ tinh và kết quả quan trắc. Trong khuôn khổ bài báo, nhóm nghiên cứu trình bày một số kết quả mô phỏng ban đầu của mô hình sinh địa hóa trong khoảng thời gian 1 năm từ tháng 5/2016 đến tháng 5/2017 trên khu vực ngoài khơi Biển Đông. Các kết quả mô phỏng vùng ven bờ sẽ được trình bày trong một nghiên cứu khác.

3.1. Chất dinh dưỡng và Chlorophyll-a lớp bề mặt

Theo [32, 33], khu vực Biển Đông ghi nhận tỷ lệ nitrat/photphat nhỏ hơn tỷ lệ Redfield (9:16), trong đó nitrat là chất dinh dưỡng hạn chế sự tăng trưởng của thực vật phù du hơn là photphat. Nghiên cứu kiểm tra sự phân bố theo mùa của nitrat bề mặt trên lưu vực Biển Đông bằng cách so sánh kết quả được mô hình hóa với bộ dữ liệu World Ocean Atlas WOA V2 2013 vào mùa hè và mùa đông (Hình 3).

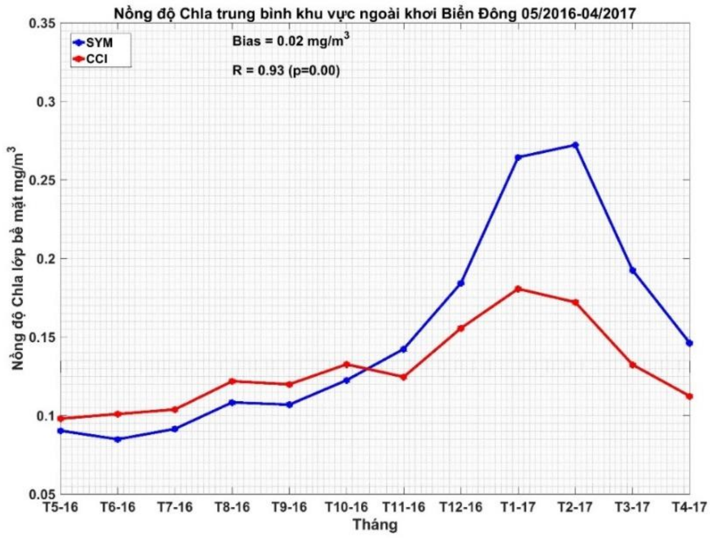
Kết quả mô phỏng cho thấy sự phân bố của nồng độ nitrat lớp bề mặt từ mô hình tương tự với dữ liệu quan trắc WOA13. Vào mùa đông, nồng độ nitrat cao có thể nhìn thấy trên lưu vực phía bắc. Vào mùa hè, dữ liệu quan sát cho thấy nồng độ nitrat bề mặt cao nhất trong vùng nước trồi Nam Việt Nam (3 mmol/m^3, Hình 3d). Nồng độ nitrat thu được từ kết quả mô phỏng mạnh hơn trong vùng nước trồi Nam Việt Nam (vòng tròn màu đỏ, Hình 3b) so với các khu vực khác vào mùa hè, nhưng thấp hơn 1 bậc độ lớn (0,25 mmol/m^3) so với tập dữ liệu WOA13. Cũng vào mùa hè, kết quả mô phỏng thu được nồng độ nitrat cao xung quanh eo biển Đài Loan nhưng không quan sát thấy trong dữ liệu quan trắc. Nồng độ nitrat bề mặt của mô phỏng thấp hơn trong cả mùa đông và mùa hè so với WOA13. Điều này có thể được giải thích do mô hình còn thiếu dữ liệu nguồn dinh dưỡng đầu vào từ các con sông lớn và sự tiêu thụ nhanh chóng các chất dinh dưỡng của các sinh vật phù du.



Hình 3. Nồng độ nitrat lớp bề mặt (đơn vị: mmol/m^3) vào mùa đông (tháng 1) và mùa hè (tháng 7) thu được từ mô hình ECO-3mS (a,b) và từ dữ liệu quan trắc WOA13 (c,d [8]).

Để đánh giá nồng độ Chl-a lớp bề mặt, nhóm nghiên cứu sử dụng dữ liệu Chl-a lớp bề mặt từ dự án Sáng kiến Biến đổi Khí hậu (CCI) về quang học đại dương của Cơ quan Vũ trụ Châu Âu ESA. Giá trị trung bình hàng tháng của nồng độ Chl-a bề mặt từ mô hình và dữ liệu quan trắc cho thấy một chu kỳ hàng năm tương tự nhau, với mối tương quan có ý nghĩa cao ($R = 0,93$, $p < 0,01$) và độ chệch 0,02 mg/m^3 (Hình 4). Nồng độ Chl-a bề mặt đạt giá trị nhỏ nhất vào mùa hè (mô phỏng 0,085 mg/m^3 vào tháng 6; CCI 0,098 mg/m^3 vào tháng 5) và tối đa vào mùa đông (mô phỏng 0,27 mg/m^3 vào tháng 2; CCI 0,18 mg/m^3 vào tháng 1). Mô hình mô phỏng Chl-a thấp hơn trong mùa hè và cao hơn vào mùa đông (sự khác biệt mạnh nhất được quan sát thấy vào tháng Giêng và tháng Hai), so với các quan sát vệ tinh.

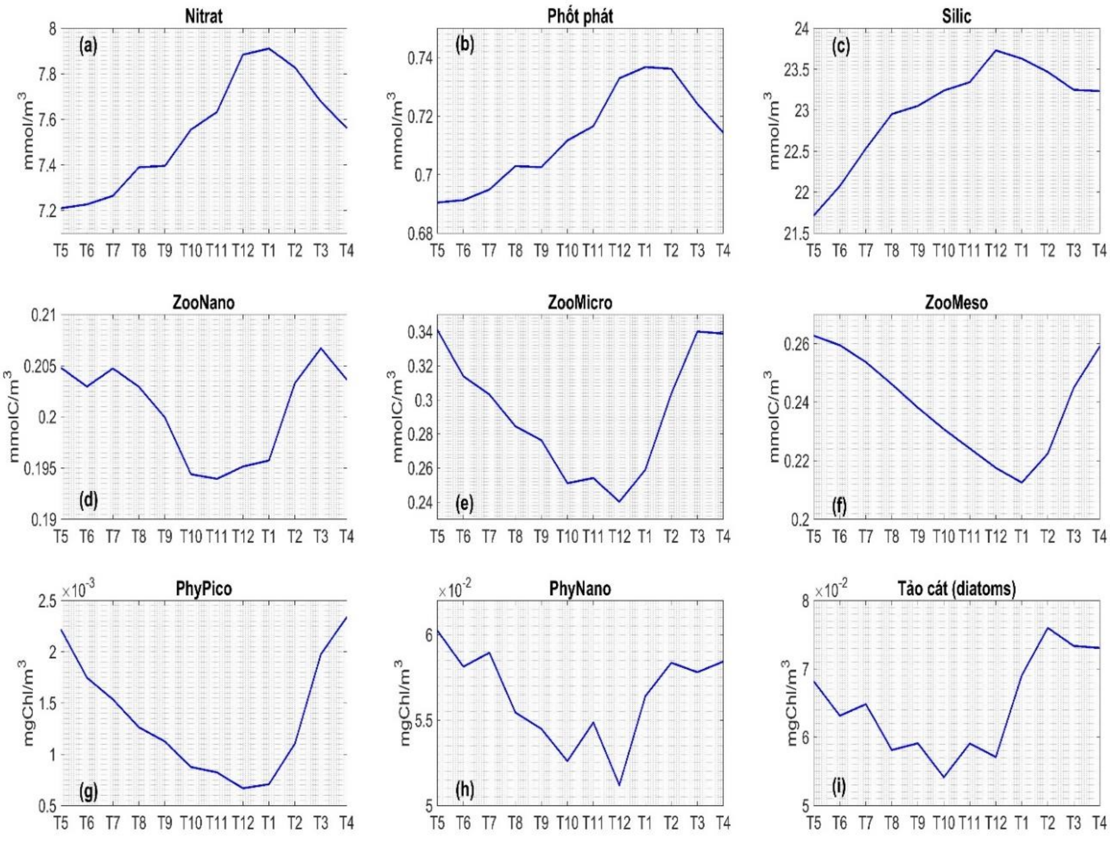
Biến thiên theo mùa của nồng độ Chl-a bề mặt thu được từ mô hình tương đồng với nghiên cứu mô phỏng [34]. Cụ thể, các tác giả tính toán nồng độ Ch-a trung bình trên toàn lưu vực đạt giá trị cực đại vào tháng 12 (0,27 mg/m^3) và thấp nhất vào tháng 7 (0,1 mg/m^3).



Hình 4. So sánh biến thiên theo mùa giai đoạn từ tháng 5/2016 đến tháng 4/2017 của nồng độ Chl-a lớp bề mặt giữa kết quả mô phỏng (đường màu xanh) và dữ liệu CCI (đường màu đỏ).

3.2. Biến thiên theo mùa của nồng độ chất dinh dưỡng, zooplankton và phytoplankton

Trong phần này, bài báo trình bày các kết quả ban đầu về chu kỳ theo mùa của các sinh vật phù du và các chất dinh dưỡng thu được từ mô phỏng giai đoạn 2016-2017. Hình 5 trình bày chu kỳ trung bình hàng tháng trong năm của các chất dinh dưỡng và 3 loại kích thước động vật phù du và thực vật phù du tính trung bình trên lớp nước 0-200 m của khu vực ngoài khơi Biển Đông (độ sâu > 200 m).



Hình 5. Chu kỳ theo mùa của các chất dinh dưỡng (*nitrat, photphat, silicat*), động vật phù du (*nano-, micro-, meso- zooplankton*), thực vật phù du (*pico-, nano-, diatoms- phytoplankton*) tính trung bình cho lớp nước 0-200m khu vực ngoài khơi Biển Đông (độ sâu >200m), trong khoảng thời gian 5/2016 - 4/2017. Đơn vị: mmol/m^3.

Ở vùng biển khơi, các chất dinh dưỡng bị hạn chế vào mùa hè, và dồi dào hơn vào mùa đông (Hình 5a-5c). Nitrat, chất dinh dưỡng chính hạn chế sự tăng trưởng của thực vật phù du ở Biển Đông, đạt mức tối đa vào tháng Giêng (7,9 mmol/m^3) và thấp nhất vào tháng Năm (7,2 mmol/m^3). Kết quả này tương đồng với nghiên cứu dựa trên dữ liệu vệ tinh và dữ liệu [35] khi cho thấy nồng độ nitrat lớp bề mặt vùng Biển Đông khá thấp (dưới 10 mmol/m^3) vào cả mùa đông và mùa hè. Nồng độ phốt phát mô phỏng trong lớp bề mặt (từ 200 m trở lên) cho thấy một chu kỳ theo mùa tương tự, với đỉnh cao nhất vào tháng Giêng (0,74 mmol/m^3) và giá trị thấp nhất vào tháng Năm (0,69 mmol/m^3). Nồng độ silicat cũng có biến thiên theo mùa tương tự với nồng độ cao nhất vào tháng 12 (23,7 mmol/m^3) và giá trị thấp nhất vào tháng 5 (21,7 mmol/m^3).

Các sinh vật phù du có chu kỳ theo mùa tương tự nhau: nồng độ cao vào mùa xuân-hè và nồng độ thấp vào mùa đông (Hình 5d-5i). Liên quan đến động vật phù du, các sinh vật phù du nano-, micro-, meso-zooplankton đạt cực đại lần lượt là 0,21 mmolC/m^3 (tháng 3), 0,34 mmolC/m^3 (tháng 3-tháng 5), 0,26 mmolC/m^3 (tháng 4 và 5). Nồng độ thấp nhất của động vật phù du được tìm thấy vào tháng 11 (0,19 mmolC/m^3), tháng 12 (0,24 mmolC/m^3), tháng 1 (0,21 mmolC/m^3) tương ứng đối với nano-, micro-, meso-zooplankton.

Nghiên cứu thu được cùng một biến thiên theo mùa đối với thực vật phù du: nồng độ pico-, nano-, diatom (tảo cát) thấp nhất thu được lần lượt vào tháng 12 (0,7 10^{-3} mgChl/m^3), tháng 12 (5,1 10-2 mgChl/m^3) và tháng 10 (5,4 10- 2 mgChl/m^3). Số lượng các sinh vật này tăng vào mùa xuân và đạt mức tối đa vào tháng 4 (2,3 10^{-3} mgChl/m^3), tháng 5 (6, 02 10-2 mgChl/m^3), tháng 2 (7,6 10-2 mgChl/m^3). Kết quả mô phỏng chu kỳ theo mùa của sinh vật phù du tương tự với kết quả nghiên cứu [36, 37] với nồng độ động vật phù du (mesozooplankton) thấp nhất 0,25 mmol/m^3 vào mùa đông và cao nhất 1,67 mmol/m^3 vào mùa xuân hè.

4. Kết luận

Mô phỏng sơ bộ sử dụng mô hình kết hợp vật lý/sinh địa hóa độ phân giải cao (SYMPHONIE/ Eco3M-S) đã được tiến hành với mục đích nghiên cứu các đặc điểm sinh địa hóa của Biển Đông trong giai đoạn từ tháng 5 năm 2016 đến cuối tháng 4 năm 2017. Mặc dù so sánh với các dữ liệu quan trắc được trình bày ở đây cho thấy rằng mô hình sinh hóa vẫn cần được cải thiện, cần nhấn mạnh rằng mô phỏng này là kết quả của một quá trình hiệu chỉnh đáng kể mô hình sinh địa hóa độ phân giải cao lần đầu tiên được áp dụng cho khu vực Biển Đông. So với những mô phỏng ban đầu của nhóm nghiên cứu, những sai lệch và điểm yếu đã được giảm đáng kể.

Điều kiện gió mùa và thuỷ động lực ảnh hưởng mạnh đến hệ sinh thái Biển Đông. Trước hết, nghiên cứu đánh giá hiệu suất của mô hình sinh địa hóa qua so sánh kết quả của mô hình với các dữ liệu vệ tinh cũng như dữ liệu quan trắc. Sự phân bố của nồng độ nitrat bề mặt theo không gian thể hiện chu kỳ theo mùa tương tự như chu kỳ thu được từ bộ dữ liệu khí hậu WOA13. Nồng độ nitrat cao được quan sát thấy vào mùa đông, mạnh nhất ở eo biển Đài Loan sau đó lan rộng hơn trong lưu vực. Vào mùa hè, nồng độ nitrat bề mặt trong mô hình trên khu vực nước trồi Nam Việt Nam thấp hơn nhiều so với dữ liệu quan trắc. Nồng độ Chl-a lớp bề mặt từ mô phỏng cho thấy biến thiên theo mùa tương tự với tập dữ liệu vệ tinh CCI khu vực biển khơi: nồng độ Chl-a trên bề mặt cao vào mùa đông và thấp vào mùa hè. Kết quả này khẳng định quan sát [38] khi họ chỉ ra rằng sự hấp thụ chất dinh dưỡng và chất diệp lục được tăng cường trong các xoáy thuận. Nói cách khác, xoáy thuận theo chu kỳ mùa đông là nguồn dinh dưỡng và Chl-a quan trọng trong lưu vực. Vào mùa hè, áp lực gió cuộn tròn tạo ra một vùng nước trồi mạnh ở bờ biển phía Nam Việt Nam, lớp nước biển lạnh và giàu dinh dưỡng từ các tầng nước sâu di chuyển lên mặt biển. Hiện tượng này tạo ra nồng độ Chl-a cao trên bề mặt, tạo điều kiện cho sự sinh sôi của sinh vật phù du.

Từ nghiên cứu sơ bộ này, các công việc tiếp theo sẽ được tiến hành để cải thiện mô hình sinh địa hóa. Các mô phỏng trong giai đoạn dài hơn sẽ được thực hiện để cải thiện hiệu suất của mô hình khi so sánh với dữ liệu quan trắc tương ứng. Với mô hình vật lý/ sinh địa hóa được hiệu chỉnh tốt, nhóm nghiên cứu sẽ tiến hành các bước tiếp theo với các nghiên cứu sâu hơn về sự vận chuyển chất dinh dưỡng, ảnh hưởng của thủy triều, ảnh hưởng của các hoàn lưu đối với hệ sinh thái phù du, từ chu kỳ mùa đến quy mô liên mùa.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội trong đề tài mã số USTH.YOUTH.GED.01/23. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học phòng thí nghiệm LEGOS (Toulouse, CH Pháp) đã hỗ trợ hướng dẫn sử dụng mô hình trong quá trình thực hiện nghiên cứu. Nhóm tác giả xin chân thành cám ơn hai phản biện với những đóng góp ý kiến quý báu, giúp 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. Liu, K.K.; Chao, S.Y.; Shaw, P.T.; Gong, G.C.; Chen, C.C.; Tang, T.Y. Monsoon-forced chlorophyll distribution and primary production in the South China Sea: observations and a numerical study. *Deep Sea Res. Part I* **2002**, *49(8)*, 1387–1412.
2. Liu, G.; Chai, F. Seasonal and interannual variability of primary and export production in the South China Sea: a three-dimensional physical - biogeochemical model study. *ICES J. Mar. Sci.* **2009**, *66*, 420–431.
3. Liu, K.K.; Kang, C.K.; Kobari, T.; Liu, H.; Rabouille, C.; Fennel, K. Biogeochemistry and ecosystems of continental margins in the western North Pacific Ocean and their interactions and responses to external forcing - an overview and synthesis. *Biogeosci.* **2014**, *11(23)*, 7061–7075.
4. Zhang, W.Z.; Wang, H.; Chai, F.; Qiu, G. Physical drivers of chlorophyll variability in the open South China Sea. *J. Geophys. Res. Oceans*. **2016**, *121*, 7123–7140.
5. Yu, Y.; Xing, X.; Liu, H.; Yuan, Y.; Wang, Y.; Chai, F. The variability of chlorophyll–a and its relationship with dynamic factors in the basin of the South China Sea. *J. Mar. Syst*. **2019**, *200*, 103230.
6. Hu, Z.; Tan, Y.; Song, X.; Zhou, L.; Lian, X.; Huang, L.; He, Y. Influence of mesoscale eddies on primary production in the South China Sea during spring inter-monsoon period. *Acta Oceanolog. Sin*. **2014**, *33(3)*, 118–128.
7. Chen, Y.L.L. Spatial and seasonal variations of nitrate-based new production and primary production in the South China Sea. *Deep Sea Res. Part I* **2005**, *52(2)*, 319–340.
8. Truong, S.H.T.; Nguyen, T.V. Đa dạng sinh học động vật phù du vùng biển ven bờ bán đảo Sơn Trà, Đà Nẵng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển* **2018**, *18(4A)*, 59–71.
9. An, N.T.; Thu, P.M. Biogeochemical Variability of Vietnamese Coastal Waters Influenced by Natural and Antropogenic Processes. *Asian J. Water Environ. Pollut*. **2007**, *4*, 37–46.
10. Minh, N.H.; Hào, V.M; Quảng, N.V.; Thược, P. Thực vật nổi (Phytoplankton) vùng biển phía Tây vịnh Bắc bộ và phụ cận. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2011**, *11(4)*, 57–73.
11. Gruber, N. Warming up, turning sour, losing breath: ocean biogeochemistry under global change. *Philos. T. R. Soc. A*. **2011**, *369*, 1980–1996.
12. Metzger, E.J; Hurlburt, H.E. Coupled dynamics of the South China Sea, the Sulu Sea, and the Pacific Ocean. *J. Geophys. Res*. **1996**, *101(C5)*, 12331–12352.
13. Gan, J.; H. Li.; Curchitser, E.N.; Haidvogel, D.B. Modeling South China Sea

circulation: Response to seasonal forcing regimes. *J. Geophys. Res*. **2006**, *111*, C06034.
14. Qu, T. Upper-layer circulation in the South China Sea. *J. Phys. Oceanogr*. **2000**, *30*, 1450–1460.
15. Gan, J.; Liu, Z.; Hui, C. A three-layer alternating spinning circulation in the South China Sea. *J. Phys. Oceanogr*. **2016**, *46(8),* 2309–2315.
16. Pauly, D.; Christensen, V. Stratified models of large marine ecosystems: a general approach and an application to the South China Sea. Large marine ecosystems: stress, mitigation and sustainability. *AAAS Press*. **1993**, 148–174.
17. Wu, J.; Chung, S.W.; Wen, L.S.; Liu, K.K.; Chen, Y.L.L.; Chen, H.Y.; Karl, D.M. Dissolved inorganic phosphorus, dissolved iron, and Trichodesmium in the oligotrophic South China Sea. *Global Biogeochem. Cycles*. **2003**, *17(1)*, 1–8.
18. Chen, Y.L.L.; Chen, H.Y.; Karl, D.M.; Takahashi, M. Nitrogen modulates phytoplankton growth in spring in the South China Sea. *Cont. Shelf Res*. **2004**, *24(4–5)*, 527–541.
19. Marsaleix, P.; Auclair, F.; Floor, J.W.; Herrmann, M.J.; Estournel, C.; Pairaud, I.; Ulses, C. Energy conservation issues in sigma-coordinate free-surface ocean models. *Ocean Modell.* **2008**, *20*, 61–89.
20. Marsaleix, P.; Michaud, H.; Estournel, C. 3D phase-resolved wave modelling with a non–hydrostatic ocean circulation model. *Ocean Modell*. **2019**, *136*, 28–50.
21. Auger, P.A.; Diaz, F.; Ulses, C.; Estournel, C.; Neveux, J.; Joux, F.; Pujo-Pay, M.; Naudin, J.J. Functioning of the planktonic ecosystem on the Gulf of Lions shelf (NW Mediterranean) during spring and its impact on the carbon deposition: A field data and 3–D modelling combined approach. *Biogeosci*. **2011**, *8(11)*, 3231–3261.
22. Thái, T.D.; Long, B.H. Nghiên cứu, ứng dụng mô hình Symphonie tính toán các quá trình thủy động lực trên Biển Đông. *Tạp chí khoa học và công nghệ biển* **2019**, *19(4A)*, 1–15.
23. Herrmann, M.; Diaz, F.; Estournel, C.; Marsaleix, P.; Ulses, C. Impact of atmospheric and oceanic interannual variability on the Northwestern Mediterranean Sea pelagic planktonic ecosystem and associated carbon cycle. *J. Geophys. Res. Oceans*. **2013**, *118*, 5792–5813.
24. Herrmann, M.; Estournel, C.; Adloff, F.; Diaz, F. Impact of climate change on the northwestern Mediterranean Sea pelagic planktonic ecosystem and associated carbon cycle. *J. Geophys. Res*. **2014**, *119*, 5815–5836.
25. Herrmann, M.; Auger, P.A.; Ulses, C.; Estournel, C. Long-term monitoring of ocean deep convection using multisensors altimetry and ocean color satellite data. *J. Geophys. Res. Oceans* **2007**, *122(2)*, 1457–1475.
26. Ulses, C.; Auger, P.A.; Soetaert, K.; Marsaleix, P.; Diaz, F.; Coppola, L.; Herrmann, M.J.; Kessouri, F.; Estournel, C. Budget of organic carbon in the North-Western Mediterranean Open Sea over the period 2004-2008 using 3D coupled physical biogeochemical modeling. *J. Geophys. Res. Oceans* **2016**, *121*, 7026–7055.
27. Ulses, C.; Estournel, C.; Fourrier, M.; Coppola, L.; Kessouri, F.; Lefèvre D.; and Marsaleix, P. Oxygen budget for the North-Western Mediterranean deep convection region. *Biogeosiences Discussion* **2021**, *18,* 937–960.
28. Kessouri, F. Cycles biogéochimiques de la Mer Méditerranée: Processus et bilans. PhD thesis. Université de Toulouse 3, 2015.
29. Piton, V.; Herrmann, M.; Lyard, F.; Marsaleix, P.; Duhaut, T.; Allain, D.; Ouillon, S. Sensitivity study on the main tidal constituents of the Gulf of Tonkin by using the frequency-domain tidal solver in T-UGOm. *Geosci. Model Dev*. **2020**, *13,* 1583–1607.
30. Leonard, B.P. A stable and accurate convection modelling procedure based on

quadratic upstream interpolation. *Comput. Meth. Appl. Mech. Eng*. **1979**, *19*, 59.

31. Large W.; Yeager S. Diurnal to decadal global forcing for ocean and sea-ice models: The data sets and flux climatologies, UCAR/NCAR, 2004.
32. Wu, J.; Chung, S.W.; Wen, L.S.; Liu, K.K.; Chen, Y.L.L.; Chen, H.Y.; Karl, D.M. Dissolved inorganic phosphorus, dissolved iron, and Trichodesmium in the oligotrophic South China Sea. *Global Biogeochem. Cycles*. **2003**, *17(1)*, 1008.
33. Chen, Y.L.L.; Chen, H.Y.; Karl, D.M.; Takahashi, M. Nitrogen modulates phytoplankton growth in spring in the South China Sea. *Cont. Shelf Res*. **2004**, *24*, 527–541.
34. Lu, Z.; Gan, J.; Dai, M.; Zhao, X.; Hui, C.R. Nutrient transport and dynamics in the South China Sea: A modeling study. *Prog. Oceanogr*. **2020**, *183*, 102308.
35. Du, C.; He, R.; Liu, Z.; Huang, T.; Wang, L.; Yuan, Z.; Dai, M. Climatology of nutrient distributions in the South China Sea based on a large data set derived from a new algorithm. *Prog. Oceanogr*. **2021**, *195*, 102586.
36. Goldblatt, R.H.; Mackas, D.L.; Lewis, A.G. Mesozooplankton community characteristics in the NE subarctic Pacific. *Deep Sea Res II*. **1999**, *46*, 2619–2644.
37. Harrison, P.J. Station Papa Time Series: Insights into Ecosystem Dynamics. *J. Oceanogr. Brazilian* **2002**, *58*, 259–264.
38. Xiu, P.; Chai, F. Modeled biogeochemical responses to mesoscale eddies in the South China Sea. *J. Geophys. Res*. **2011**, *116(C10)*, C10006.

The seasonal cycle of the plankton over the East Vietnam Sea using a high-resolution biogeochemical model

Trinh Bich Ngoc[1*], Vo Dieu Linh[1], To Duy Thai[2]

[1] University of Science and Technology of Hanoi, Vietnam Academy of Science and Technology; trinh-bich.ngoc@usth.edu.vn; volinh111796@gmail.com

[2] Insitute of Oceanography, Vietnam Academy of Science and Technology; duythaito@gmail.com

Abstract: The East Vietnam Sea is an important region of the Western Pacific by its abundant biodiversity. The plankton plays an essential role in the biological variability of the region. Simulated results from a coupled hydrodynamical/biogeochemical model with 4km of horizontal resolution - applied over the East Vietnam Sea for a one-year case study 2016/2017 - show a strong seasonal variation of surface concentration in nutrient (nitrate, phosphate, silicate) and in chlorophyll-a over the offshore zone. Maximum concentrations in nutrient and chlorophyll are observed in winter and the minimum value are found in summer in most part of the basin. At the Southern Vietnam Upwelling zone, the nutrient and chlorophyll concentrations become highest in summer and lowest in winter. Averaged surface concentrations of nitrate, phosphate, sicilate and Chl-a for the whole basin are respectively 7.9 mmol/m^3, 0.74 mmol/m^3, 23.7 mmol/m^3, 0.27 mg/m^3 in December - January and 7.2 mmol/m^3, 0.69 mmol/m^3, 21.7 mmol/m^3, 0.1 mg/m^3 in May-June. We obtain similar annual cycles of planktonic species: their concentrations reach maximum values in spring-summer and minumum values in winter.

Keywords: Simulation; Biogeochemical model; Planktonic ecosystem; East Vietnam Sea.

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Vai trò của hoàn lưu nước và dòng chảy xoáy lên biến động nước trồi Nam Trung Bộ Việt Nam

Tô Duy Thái[1]*, Trịnh Bích Ngọc[2], Bùi Hồng Long[3]

[1]Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; duythaito@gmail.com;

[2]Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; trinh-bich.ngoc@usth.edu.vn;

[3]Hội Khoa học Kỹ thuật biển Việt Nam; buihonglongion@gmail.com

*Tác giả liên hệ: duythaito@gmail.com; Tel.: +84–934072641

Ban Biên tập nhận bài: 8/10/2023; Ngày phản biện xong: 6/11/2023; Ngày đăng bài: 1/2/2024

Tóm tắt: Để đánh giá vai trò của hoàn lưu nước, dòng chảy xoáy và biến thiên nội tại đại dương (OIV, phần biến thiên không thể đoán trước được do chuyển động đa quy mô của dòng chảy xoáy) từ các cấu trúc quy mô vừa đến nhỏ ảnh hưởng lên biến động nước trồi Nam Trung Bộ Việt Nam, nghiên cứu này sử dụng mô hình SYMPHONIE thủy động lực 3D độ phân giải cao (1 km gần bờ, tăng tuyến tính đến 4,5 km ngoài khơi, 50 lớp độ sâu "tựa sigma biến mất"), đồng thời thực hiện tổ hợp 10 mô phỏng với các điều kiện đầu xáo trộn quy mô nhỏ của biên bên trong khi giữ nguyên các điều kiện đầu biên mặt của lực khí quyển. Kết quả cho biết cường độ nước trồi ở khu vực ngoài khơi phát triển cực đại khi cùng tồn tại hoàn lưu nước xoáy thuận và curl ứng suất gió xoáy thuận. Bên cạn đó, OIV đóng vai trò thứ cấp trong sự biến động của nước trồi ven bờ phía nam và ngoài khơi, nhưng lại đóng góp lớn vào sự bất ổn định của nước trồi ở khu vực ven bờ phía bắc.

Từ khóa: Mô hình thủy động lực 3D; Hoàn lưu nước; Dòng chảy xoáy; Nước trồi; Nam Trung Bộ Việt Nam.

---

1. Giới thiệu

Ở vùng Biển Đông, đặc biệt vùng ven bờ Nam Trung Bộ (NTB) Việt Nam, hiện tượng nước trồi thường xuất hiện từ tháng 6 đến tháng 8 hàng năm vào thời kỳ mùa gió mùa Tây Nam hoạt động mạnh và được quan tâm nghiên cứu từ những thập niên 60 của thế kỷ trước [1]. Hiện tượng nước trồi NTB đóng vai trò quan trọng trong các quá trình thủy động lực học nói chung và hệ sinh thái biển nói riêng tại Việt Nam và đã được nghiên cứu rộng rãi bởi cộng đồng khoa học trên thế giới [2–5]. Các nghiên cứu về nước trồi ngoài khơi Việt Nam và vùng lân cận đã được công bố khá nhiều, cũng tồn tại các quan điểm mới và các cách tiếp cận khác nhau, chủ yếu các nghiên cứu thông qua quan trắc ảnh vệ tinh và mô hình hóa.

Trong một nghiên cứu quan trắc ảnh vệ tinh để giám sát tiến trình của nước trồi dọc theo bờ tây Biển Đông trong mùa hè 1996-1997 [6], sử dụng dữ liệu viễn thám nhiệt độ bề mặt nước biển (SST) độ phân giải cao (AVHRR), dữ liệu hồng ngoại, đã xác định được cường độ của nước trồi bằng tổng thông lượng nhiệt mất đi trong vùng nước lạnh dị thường. Nguyên nhân hình thành vùng nước lạnh dị thường này do ứng suất gió và gió ven bờ gây ra vận chuyển Ekman mạnh đẩy khối nước lạnh ở dưới tầng sâu lên tầng mặt. Nghiên cứu khác [7] đã đánh giá sự biến động liên mùa của nước trồi mùa hè trong khu vực gần bờ và ngoài khơi Việt Nam, sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh cho biết rằng gió mùa tây nam hình thành một hoàn lưu nước xoáy nghịch (*anticyclonic eddy*) di chuyển theo hướng đông nam ra phía ngoài khơi Biển Đông trong tháng 7-8. Nguyên nhân xuất hiện dòng xoáy nghịch mạnh này chính bởi yếu tố địa hình dãy núi Trường Sơn, lái hướng gió song song với khu vực NTB Việt Nam, làm tăng cường lượng gió tới khu vực này. Nước trồi vì thế được hình thành một cách nhanh chóng do sự tăng cường vận chuyển Ekman.

Vai trò của các dòng chảy xoáy trong nhiệt động lực học và sinh - địa - hóa là quan trọng vì chúng xuất hiện khắp nơi trên Biển Đông [8]. Các dòng xoáy kích thước trung bình từ hàng chục đến hàng trăm km và tồn tại từ vài tuần kéo dài đến vài tháng, có nhiều năng lượng hơn so với dòng xoáy kích thước trung bình [9, 10]. Chúng thường được hình thành bởi sự bất ổn của áp khuynh/áp hướng (barotropic/baroclinic) khí quyển trong hoàn lưu kích thước trung bình [11, 12]. Các dòng xoáy xuất hiện nhiều ở khu vực trung tâm Biển Đông, đặc biệt khu vực phía Tây Biển Đông với bán kính trung bình khoảng 130km và thời gian tồn tại khoảng 9 tuần [13]. Càng gần bờ Việt Nam, xuất hiện nhiều dòng xoáy có quy mô từ trung bình đến cận trung bình và nhỏ. Nguyên nhân gây ra các dòng xoáy này là gió mùa tây nam thổi ổn định kết hợp với biến đổi địa hình bờ và địa hình đáy phức tạp tại khu vực này [14, 15].

Các hệ thống xoáy quy mô vừa và cận vừa hoạt động rất phức tạp, tạo điều kiện thuận lợi cho các cấu trúc dòng chảy cấp độ nhỏ hình thành với kích thước từ 1-20 km [16–18] và chúng tác động lên sự biến động nước trồi ở khu vực này. Do những thách thức trong cả mô hình số và quan trắc ở quy mô này, các nghiên cứu về động lực học ở quy mô vừa và nhỏ còn rất hạn chế. Tuy nhiên, nghiên cứu [18] đã sử dụng mô hình số có độ phân giải cao (~2,2 km) và cho thấy rằng các xoáy quy mô cận trung bình (*submesoscale*) phát triển về phía đông nam liên quan đến dòng xiết mạnh về phía đông vào mùa hè [19]. Chính vì vậy, sự biến động của nước trồi ở khu vực này chịu ảnh hưởng đáng kể bởi sự biến thiên nội tại đại dương (OIV, phần biến thiên không thể đoán trước được do dòng chảy xoáy quy mô vừa), và các cấu trúc xoáy từ quy mô vừa đến quy mô cận trung bình là các nguồn chính của OIV [20–24]. Chỉ một số nghiên cứu bước đầu đánh tác động của OIV đối với sự thay đổi của hoàn lưu nước trên Biển Đông bao gồm cả vùng biển NTB Việt Nam. Nghiên cứu [25] đã chỉ ra xoáy thuận và xoáy nghịch thúc đẩy hoàn lưu mùa hè ở Nam Biển Đông có sự biến đổi mạnh do sự phân tách của gió hướng đông dọc bờ miền Trung Việt Nam mà chúng được cho là do OIV. Nghiên cứu khác [26], đã đưa ra đánh giá bước đầu về tác động của OIV trong các mô phỏng của họ, OIV liên quan đến 20% sự biến động hàng năm của dòng chảy xiết hướng đông. Tuy nhiên, với độ phân giải thô của mô hình thấp (1/4°), họ không thể tái tạo triệt để các chế độ động lực đa quy mô và các xoáy hoạt động trong Biển Đông. Nghiên cứu [27] đã tiết lộ vai trò quan trọng của OIV trong sự biến động hàng năm của vùng nước trồi mạnh NTB dựa trên mô phỏng độ nhạy có độ phân giải 1/12°. Họ chỉ ra rằng tác động của OIV có liên quan đến ảnh hưởng của dòng xoáy đến các cấu trúc quy mô vừa lan truyền một cách hỗn loạn ở khu vực ngoài khơi. Tuy nhiên nghiên cứu trên thiếu đi đánh giá biến động của các dòng chảy xoáy ở phía Tây Biển Đông, đặc biệt vai trò của hoàn lưu nước và curl dòng chảy lên sự biến động của nước trồi. Do đó, những nghiên cứu này không thể hoàn toàn nắm bắt được các cấu trúc từ quy mô vừa đến quy mô nhỏ và động lực học phi địa chuyển (*non-geostrophic dynamics*) để đánh giá những đóng góp của chúng vào sự biến động của hiện tượng nước trồi.

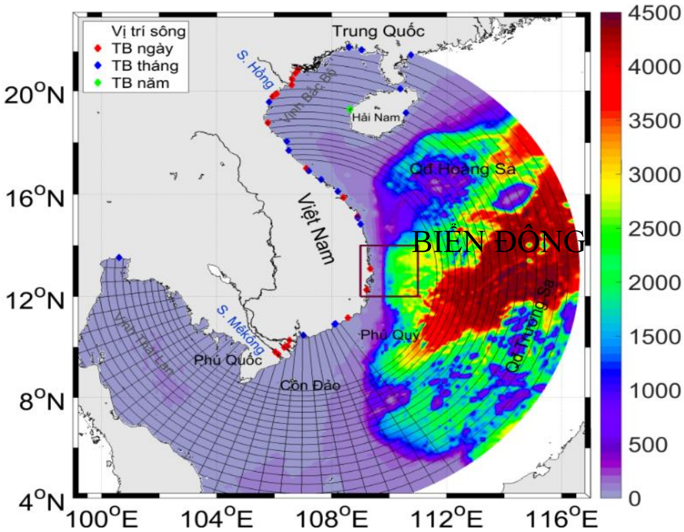
Tại Việt Nam, các công trình nghiên cứu từ thập niên 90 được thực hiện thông qua các chương trình nghiên cứu biển cấp nhà nước, đã làm rõ vai trò của yếu tố địa hình và trường gió mùa Tây Nam trong việc hình thành hiện tượng nước trồi NTB [28–30]. Giải đoạn 2000-2010, điển hình thông qua các dự án hợp tác quốc tế với CHLB Đức, đã xác định hệ thống dòng chảy hai lớp thay đổi theo mùa trong khu vực NTB và nước trồi hoạt động mạnh từ tháng 6-8 [5, 31–33]. Những năm gần đây, các nghiên cứu Việt Nam đã làm rõ hơn những biến động của nước trồi ở quy mô liên mùa với vai trò của hoàn lưu xoáy cục bộ ở cấu trúc quy mô nhỏ có tính chất hỗn loạn bước đầu được đánh giá [24, 27, 34]. Điểm chung của các nghiên cứu trên đều chỉ ra các nguyên nhân và cơ chế chính hình thành vùng nước trồi này liên quan đến gió dọc bờ và ứng suất gió trên mặt biển thổi ổn định vào mùa hè, gây ra vận chuyển Ekman mạnh đẩy khối nước lạnh ở dưới tầng sâu lên tầng mặt, tuy nhiên các vẫn chưa làm rõ được sự ảnh hưởng của hoàn lưu đại dương, dòng chảy xoáy và biến thiên nội tại đại dương (OIV) lên biến động nội mùa của nước trồi NTB.

Trong nghiên cứu này ứng dụng mô hình SYMPHONIE, đã được phát triển và thiết lập cấu hình dành riêng cho chế độ động lực khu vực Biển Đông và vùng ven bờ Việt Nam [24, 35–36]. Kết quả mô hình giúp làm rõ hiện trạng và biến động của các dòng chảy xoáy ở phía Biển Đông vào mùa hè và tác động của chúng lên hiện tượng nước trồi NTB Việt Nam.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Sử dụng số liệu trích xuất từ mô hình SYMPHONIE

Mô hình SYMPHONIE sử dụng lưới đơn cực cong trực giao với phần cực ảo lấy vùng nghiên cứu làm trung tâm [36]. Độ phân giải theo phương ngang khoảng 1km trên hầu hết đường bờ biển và giảm tuyến tính ra xa bờ với độ phân giải tại biên mở là khoảng 4,5km (Hình 1). Ưu điểm của lưới cong trực giao là độ phân giải cao nhất tập trung ở vùng ven bờ (bao phủ khu vực nghiên cứu), nơi bị ảnh hưởng bởi địa hình nông và các yếu tố địa phương bất ổn định, trong khi đó ở khu vực biển sâu ngoài khơi độ phân giải giảm do các chế độ động lực có tính ổn định và sự phân tầng rõ ràng hơn. Điều này giảm thời gian tính toán so với lưới vuông và lưới tam giác [36]. Theo độ sâu, mô hình sử dụng 50 lớp nước hệ tọa độ "tựa sigma biến mất" (*vanishing quasi-sigma*) nhằm loại bỏ hạn chế của lớp sigma [36]. Với số lớp lưới sigma không đổi, chúng sẽ càng dày hơn khi độ sâu nhỏ hơn bởi khoảng cách giữa các lớp phụ thuộc vào độ sâu tại từng điểm lưới đó. Vấn đề lý giải tại sao tại vùng thềm lục địa đứt gãy hoặc rìa núi ngầm, hoặc nơi có biến động độ sâu lớn sẽ dẫn đến sai số của phương trình khếch tán thẳng đứng, ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng. Do vậy, việc sử dụng lưới tựa sigma biến mất (kết hợp giữa hệ tọa độ sigma và theo đẳng độ sâu) sẽ làm lược trừ một phần số lớp sigma tại điểm lưới có độ sâu biến đổi đột ngột [36]. Với điều kiện này, hoàn toàn cho phép mô hình mô phỏng và tính toán các quá trình vật lý như hoàn lưu nước trong khu vực Biển Đông và ven bờ Việt Nam từ qui mô vừa đến qui mô nhỏ, đáp ứng mục tiêu của nghiên cứu.

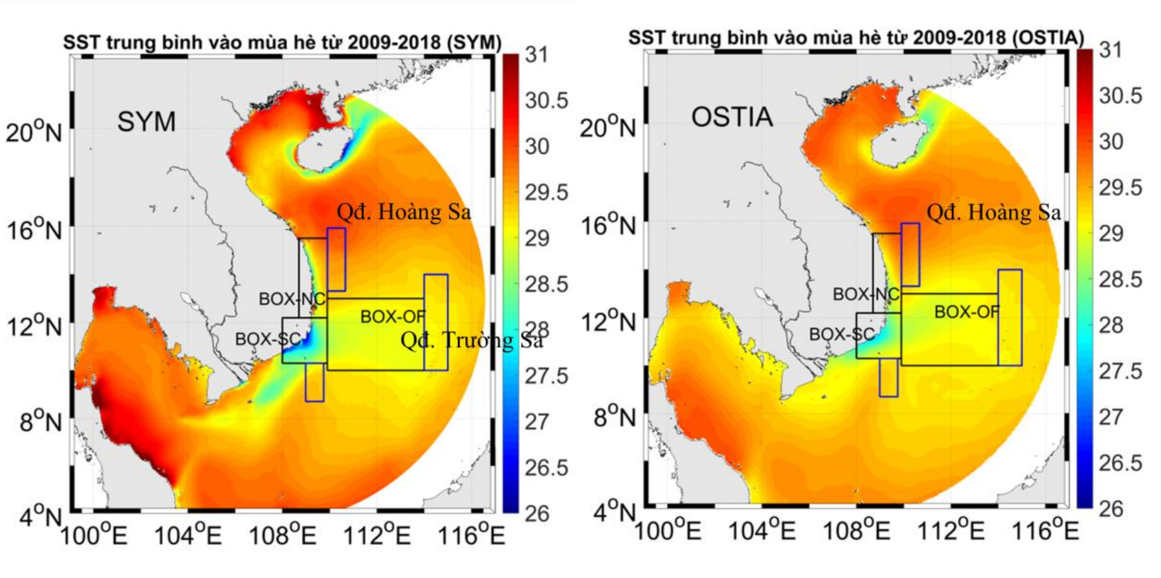


Hình 1. Đặc điểm của lưới cong trực giao (lưới đen) và độ sâu (màu, m, GEBCO_2021, độ phân giải ~ 1km) được sử dụng trên miền tính toán của SYMPHONIE và vị trí lưu lượng sông với dữ liệu hàng ngày (màu đỏ), hàng tháng (màu xanh lam), hàng năm (xanh lục). Hình chữ nhật màu nâu sẫm thể hiện vị trí của các vùng nghiên cứu trọng điểm. Số liệu trích xuất dạng trung bình ngày của: Nhiệt độ, các thành phần của vận tốc dòng chảy, gió và ứng suất gió.

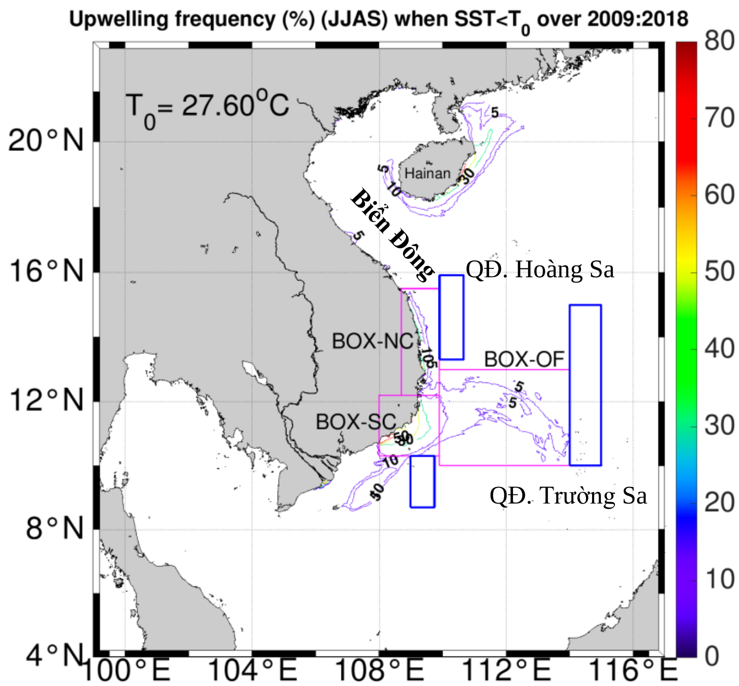
2.2. Phương pháp tính toán chỉ số nước trồi

Hình 2 trình bày phân bố SST_{JJAS} trung bình theo ngày theo chuỗi thời gian từ tháng 6-9 (JJAS) của các năm 2009-2018 giữa mô hình (trái) và ảnh vệ tinh (phải). Kết quả cho thấy SST trung bình phân bố ở khu vực NTB khá tương đồng giữa mô hình và ảnh vệ tinh. Đặc biệt khu vực nước lạnh nhất tập trung ở vùng có tọa độ khoảng 109°E - 11,5°N, một ít nước lạnh phân bố ở phía bắc và phía đông.

Dựa vào kết quả trên, nghiên cứu này chia khu vực trên thành 03 phân vùng nước trồi có những đặc điểm khác nhau về phân bố SST_{JJAS} đó là vùng BOX-NC (vùng ven bờ phía bắc có kinh độ từ 108,7-109,9°E; vĩ độ từ 12,2-15,5°N), vùng BOX-SC (vùng phía nam của nước trồi ven bờ có kinh độ từ 108-109,9°E, vĩ độ từ 10,3-12,2°N), và vùng BOX-OF (vùng nước trồi ngoài khơi có kinh độ từ 109,9-114°E, vĩ độ từ 10-13°N).



Hình 2. Phân bố SST_{JJAS} trung bình ngày từ tháng 6-9 từ năm 2009:2018 của mô phỏng (trái) và dữ liệu ảnh viễn thám OSTIA/GHRSST (phải).



Hình 3. Phân bố tần suất (%) nước trồi xuất hiện từ tháng 6-9 trên trong khoảng thời gian từ 2009-2018 theo ngưỡng nhiệt độ T_0 = 27,6°C. Khu vực thường xuyên có hiện tượng nước trồi xảy ra (hình chữ nhật tím, box N) và các vùng tham chiếu nhiệt độ tương ứng (hình chữ nhật xanh dương).

Để kiểm tra cường độ của nước trồi cho mỗi vùng trên, nghiên cứu này tính toán chỉ số nước trồi theo ngày ($UId_{boxN}(t)$) [27] như sau:

$$\mathrm{UId_{boxN}(t)} = \frac{\iint_{\mathrm{x,y \in boxN khi SST_{(x,y,t)} < T_0}}^{\mathrm{JJAS}} \left(\mathrm{T_{ref} - SST_{(x,y,t)}}\right) \mathrm{dx.dy}}{\iint_{\mathrm{x,y \in boxN}}^{\mathrm{JJAS}} \mathrm{dx.dy}} \quad (1)$$

Trong đó T_{ref} là SST trung bình tham chiếu tương ứng cho từng khu vực ngoài các vùng đã được phân ở trên (Hình 2) từ tháng 6-9 (JJAS) trong chu kỳ năm 2009:2018. $SST_{(x,y,t)}$ là nhiệt độ bề mặt biển tương ứng với điểm lưới của từng phân vùng theo thời gian từ tháng 6-9. dx.dy là diện tích (m^2) theo ô lưới của từng phân vùng nước trồi.

Để xác định T_0 nghiên cứu này thực hiện tính toán tần suất xuất hiện của nước trồi theo các kịch bản T_0 từ 26-28^oC để chọn ra tần suất nước trồi xuất hiện gần như toàn bộ diện tích các vùng đã chọn trước. Từ kết quả phân tích chọn ra được T_o = 27,6^oC là phù hợp nhất (Hình 3).

2.3. Phương pháp tính toán chỉ số biến thiên nội tại đại dương (OIV)

Kết quả mô phỏng biến động hàng năm của nước trồi từ 2009-2018 cho thấy năm 2018 có cường độ nước trồi mạnh nhất [24]. Do vậy, chọn năm 2018 để nghiên cứu biến thiên nội tại đại dương ảnh hưởng đến nước trồi giúp kết quả phần nào được làm rõ hơn. Nghiên

cứu này thực hiện tập hợp các mô phỏng với điều kiện ban đầu ngày 1/1/2017 để mô hình đạt ổn định (loại bỏ "*spin up*"), thay đổi các điều kiện ban đầu của biên bên (các thành phần của dòng chảy, nhiệt độ, độ muối, và độ cao bề mặt biển), và giữ nguyên các điều kiện biên mặt (các thành phần lực của khí quyển).

Để thiết lập điều kiện đầu của biên bên cho các mô phỏng mới, nghiên cứu này tách các thành phần quy mô nhỏ bao gồm: dòng chảy, nhiệt độ, độ muối và độ cao bề mặt biển lần lượt từ cho ngày đầu tiên (ngày 1 tháng 1) từ năm 2009 đến 2018. Sau đó cộng với các thành phần quy mô lớn của ngày 1/1/2017 để thu được 10 trạng thái khác nhau của điều kiện đầu xáo trộn theo công thức sau:

$$\mathrm{X(x,y,i)_{InitalCondition}} = \mathrm{X(x,y,2017)_{Largescale}} + \mathrm{X(x,y,i)_{Smallscale}} \quad (2)$$

$$\mathrm{X(x,y,2017)_{Largescale}} = \overline{\mathrm{X(x,y,2017)}}_{\mathrm{trungbìnhbánkính100km}} \quad (3)$$

$$\mathrm{X(x,y,i)_{Smallscale}} = \overline{\mathrm{X(x,y,i)}}_{\mathrm{trungbìnhbánkính100km}} - \mathrm{X(x,y,i)_{Largescale}} \quad (4)$$

Trong đó $\mathrm{X(x,y,i)_{InitalCondition}}$ là điều kiện ban đầu mới của các thành phần u, v, T, S, SSH theo từng năm i (từ 2009:2018); $\mathrm{X(x,y,i)_{Largescale}}$ là quy mô lớn của các thành phần u, v, T, S, SSH được tính trung bình với bán kính 100 km cho mỗi điểm lưới tương ứng với các năm, và $\mathrm{X(x,y,i)_{Smallscale}}$ là quy mô nhỏ của các thành phần đó theo các năm. Kết quả của tập hợp 10 mô phỏng được đặt tên theo số thứ tự từ 09-18 tương ứng với các điều kiện ban đầu xáo trộn của các thành phần quy mô nhỏ từ năm 2009-2018.

Để định lượng sự đóng góp nội tại vào tổng biến thiên theo thời gian của nước trồi, nghiên cứu này sử dụng chỉ số VI theo công thức sau:

$$\mathrm{VI(t)} = \frac{\sigma_i(\mathrm{UId(t,i)})}{\sqrt{m_i(\sigma_t(\mathrm{UId(t,i)})^2)}} \quad (5)$$

Trong đó σ_i là độ lệch chuẩn của tập hợp biến động chỉ số nước trồi theo ngày $\mathrm{UId(t,i)}$ ở 10 trạng thái điều kiện đầu xáo trộn hỗn loạn. σ_t là độ lệch chuẩn của biến động nước trồi $\mathrm{UId(t,i)}$ từ tháng 6-9 trong 10 trạng thái kể trên và m_i là giá trị trung bình của tập hợp này.

VI là tỉ lệ giữa biến thiên nội tại theo thời gian hàng ngày với sự biến đổi của chúng trong giai đoạn từ tháng 6-9. Như vậy, VI là tỉ số giữa các biên thiên nội tại phụ thuộc (trên tử số) và độc lập (dưới mẫu số) theo thời gian. Giá trị trung bình theo thời gian và bình phương trung bình theo thời gian là $\mathrm{VI_t} = m_t(\mathrm{VI(t)})$ và $\mathrm{VI_t^2} = m_t(\mathrm{VI(t)^2})$. Giả sử $m_t(\mathrm{UId(t,i)})$ giống hệt nhau giữa các kịch bản, thì $\mathrm{VI_t^2}$ là phần của tổng phương sai được giải thích bởi biến động nội tại đại dương, phần còn lại $1 - \mathrm{VI}_t^2$ là phương sai cưỡng bức [37]. Giá trị của VI_t^2 từ 0-1, và giá trị VI(t) có thể vượt quá 1 trong các thời điểm cụ thể.

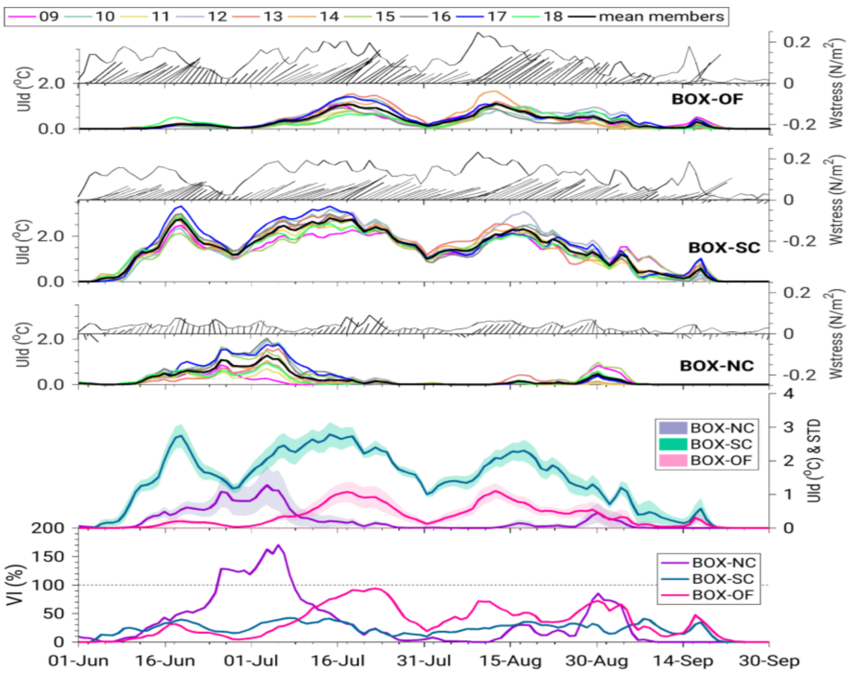
2.4. Phương pháp tính curl đối với ứng suất gió và dòng chảy xoáy

$$\mathrm{Curl}(x, y, t) = \frac{\int_{t \text{ in JJAS}} \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right) dt}{\mathrm{ND}_{\mathrm{JJAS}}} \tag{6}$$

Trong đó Curl (hay còn gọi là Rot) là toán tử vecto mô tả độ xoáy của ứng suất gió và dòng chảy; u và v là các thành phần theo hướng đông và bắc; x và y là kích thước của lưới tính trong mô hình; t là thời gian theo ngày từ tháng 6-9 (JJAS). $\mathrm{ND}_{\mathrm{JJAS}}$ là số ngày từ tháng 6-9.

3. Kết quả và thảo luận

Thông qua chỉ số VI (Hình 4), phân vùng nước trồi phía nam BOX-SC (đường xanh lam) có biến thiên nội tại đại dương OIV ổn định nhất và vai trò của chúng đến biến động nước trồi là không đáng kể. OIV biến đổi trong khoảng dưới 10% ở thời kỳ không xuất hiện nước trồi và dưới 40% ở cả 3 đỉnh của nước trồi trong các tháng 6, 7 và 8. Trong khi đó, vai trò của OIV thể hiện rõ nhất ở phân vùng ven bờ phía bắc BOX-NC trong khoảng thời gian cuối tháng 6 đến đầu tháng 7 với chỉ số VI cao nhất vượt 170% (đường màu tím, Hình 4). Đối với vùng ngoài khơi BOX-OF, ảnh hưởng của OIV đến biến động nước trồi chủ yếu ở khoảng thời gian 2 đỉnh UId, VI chạm ngưỡng 100% ở đỉnh nước trồi tháng 7 và giảm xuống khoảng 70% tại đỉnh nước trồi tháng 8. Như vậy biến thiên nội tại đại dương liên quan đến quá trình phát triển và suy tàn của nước trồi, vai trò không thể hiện nhiều ở BOX-SC, tăng dần lên sự ảnh hưởng đến nước trồi tại vùng BOX-OF, và đặc biệt đóng vai trò quan trọng đến sự biến động nước trồi tại vùng ven bờ phía bắc BOX-NC.



Hình 4. Chuỗi thời gian theo ngày (UId, °C) của tập hợp 10 mô phỏng nước trồi và ứng suất gió (Wstress, hướng và độ lớn, N/m²) trong các vùng BOX-OF (hàng 1-2), BOX-SC (hàng 3-4), BOX-NC (hàng 5-6). Giá trị trung bình của UId ± độ lệch chuẩn (hàng 7). Biến thiên nội tại theo ngày VI(UId) của nước trồi tương ứng với 3 khu vực trên (hàng 8).

Để làm rõ hơn tại sao biến thiên nội tại đại dương đóng vai trò khác nhau giữa các phân vùng nước trồi, nghiên cứu này tiến hành tính toán chỉ số tương quan của chuỗi thời gian UId và các thành phần ứng suất gió (Bảng 1).

Bảng 1. Sự tương quan giữa chuỗi thời gian của trung bình tập hợp 10 mô phỏng chỉ số nước trồi UId (ºC) với các thành phần của ứng suất gió (kinh tuyến U, vĩ tuyến V, và độ lớn) đối với từng phân vùng nước trồi từ tháng 6-9.

UId tại các vùng nước trồi	**BoxOF**			**BoxSC**			**BoxNC**		
Các thành phần ứng suất gió	U	V	Độ lớn	U	V	Độ lớn	U	V	Độ lớn
Tương quan ($p<0,01$)	0,62	0,62	0,65	0,6	0,71	0,64	--	0,37	--

Dựa vào kết quả trên Bảng 1, gió đóng vai trò chính ở 2 vùng nước trồi phía nam BOX-SC và ngoài khơi BOX-OF với chỉ số tương quan thuận (có ý nghĩa trên 99% với $p < 0,01$) đều lớn hơn 0,6. Riêng vùng ven bờ phía bắc BOX-NC không có sự tương quan đến gió, điều này có thể lý giải cho sự bất ổn của OIV (phần biến thiên không thể đoán trước được do dòng chảy xoáy quy mô vừa) ảnh hưởng đến biến động nước trồi tại khu vực này.

3.2. Hoàn lưu nước và curl của dòng chảy xoáy

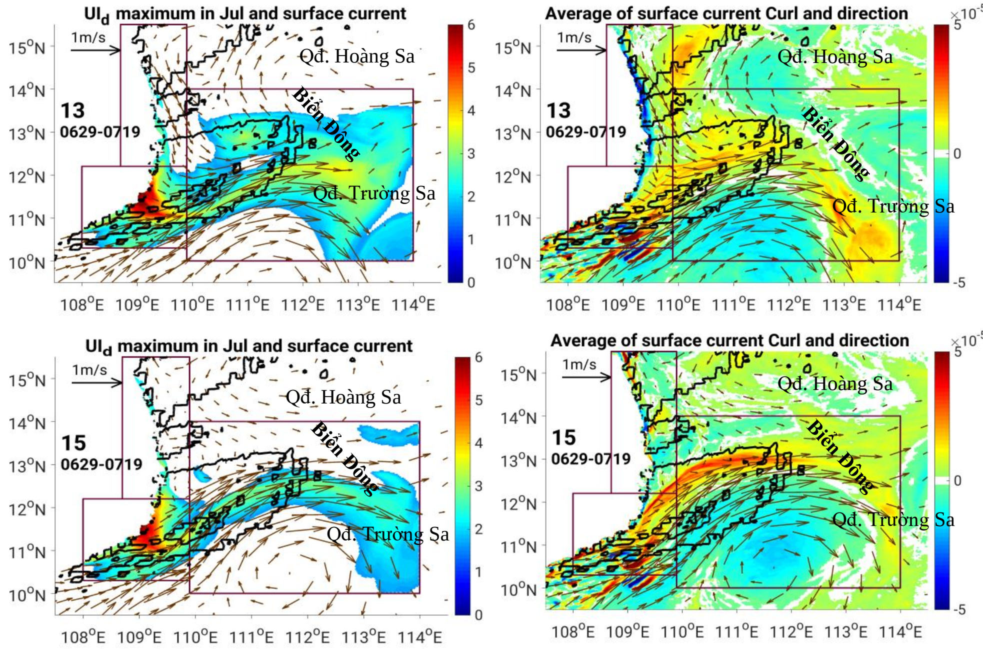
Một yếu tố có sự tác động khá lớn đến sự biến động nước trồi đó chính là hoàn lưu nước hay còn được gọi là các dòng hải lưu xảy ra vào thời kỳ xuất hiện nước trồi [23, 24]. Để phân tích chi tiết mức độ ảnh hưởng của yếu tố này, nghiên cứu này tiến hành phân tích các thành phần của dòng chảy (thần phần theo kinh tuyến V, vĩ tuyến U, độ lớn của dòng chảy), cũng như các thành phần xoáy curl của dòng chảy (xoáy thuân, xoáy nghịch và độ lớn của curl dòng chảy) trong tất cả tập hợp 10 mô phỏng. Bởi vì giữ nguyên điều kiện ban đầu về lực khí quyển cho tất cả các mô phỏng, do đó sự khác nhau về chỉ số nước trồi UId giữa các mô phỏng sẽ liên quan đến các thành phần của dòng chảy khi đã được thay đổi điều kiện ban đầu xáo trộn của biên bên (xem Mục 2.3).

Đối với khu vực ven bờ phía nam BOX-SC, chỉ số nước trồi có hệ số tương quan thuận cao với trường gió và sự ổn định của OIV đã được chứng minh ở phần trên với chỉ số VI đều dưới ngưỡng 40% (xem Mục 3.1). Ngoài ra, kết quả phân bố theo phương ngang trong tập hợp 10 mô phỏng đều cho thấy sự tương đồng về biến động theo không gian của nước trồi. Điều này tái khẳng định vai trò của gió và IOV đối với biến động nước trồi ở khu vực này.

Đối với khu vực ngoài khơi BOX-OF, chuỗi biến động chỉ số UId theo thời gian của tập hợp 10 mô phỏng (Hình 4), trong đó mô phỏng số 13 (đường màu đỏ cam) và mô phỏng số 15 (đường màu xanh lục nhạt) đều có quá trình phát triển nước trồi bắt đầu từ ngày 29/6, sau đó cùng đạt đỉnh ngày 19/7. Tuy nhiên có sự đối lập khi UId của mô phỏng số 13 đạt giá trị cực đại còn UId của mô phỏng số 15 đạt cực tiểu. Tiếp tục theo dõi sự đối lập tương tự xảy ra trong tháng 8, UId của mô phỏng số 14 (màu nâu) đạt giá trị cực đại và UId của mô phỏng số 16 (màu xám tro) đại giá trị cực tiểu. Do đó, nghiên cứu này trích xuất kết quả của các số mô phỏng để quan sát sự phân bố theo không gian của nước trồi cũng như sơ đồ phần bố của trường ứng suất gió, dòng chảy và curl dòng chảy xoáy.

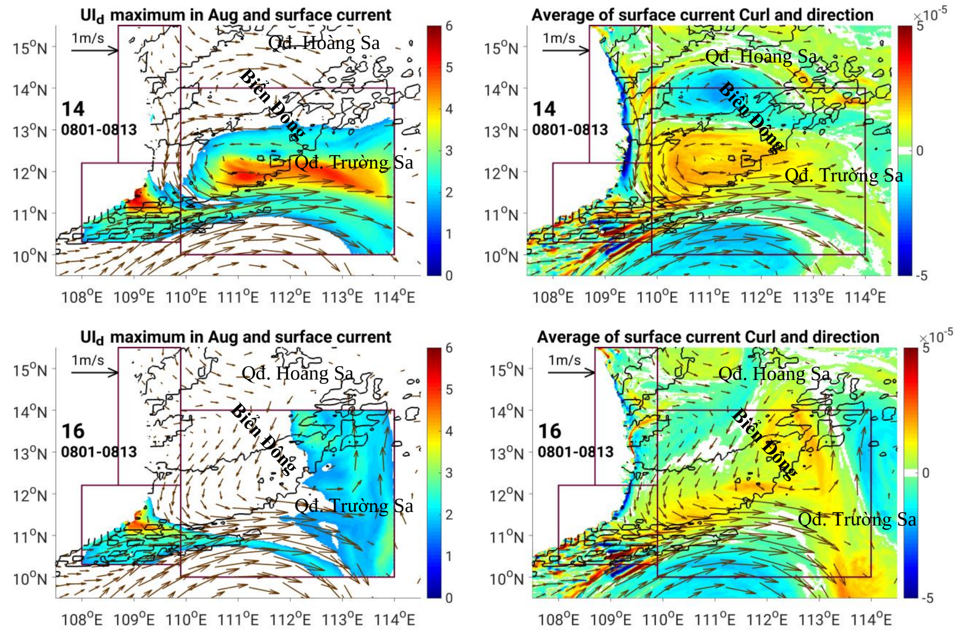
Quan sát trường dòng chảy tầng mặt tại vào đỉnh nước trồi tháng 7. Hình 5 cho biết có sự biến đổi rõ nét của các thành phần dòng chảy ở khu vực BOX-OF giữa mô phỏng số 13 và số 15. Như vậy so sánh 2 mô phỏng số 13 và 15 giúp tìm ra nguyên nhân tại sao có sự khác nhau của tiến trình phát triển nước trồi trong khi điều kiện về khí tượng được giữ nguyên không đổi.

Trong cả 2 mô phỏng số 13 và 15, nước trồi đều xuất hiện tại vùng có curl ứng suất gió dương (xoáy thuận của ứng suất gió, đường đồng mức màu đen tại 3×10^{-7} $N.m^{-3}$, Hình 5). Tuy nhiên có sự khác biệt giữa 2 số mô phỏng về diện tích chỉ số nước trồi. Số mô phỏng 13 có chỉ số nước trồi lớn nhất trong tập hợp 10 số mô phỏng, ngược lại số 15 là một trong những mô phỏng có chỉ số nước trồi thấp nhất (hàng 1-6, Hình 4).



Hình 5. Chỉ số nước trồi cực đại trong tháng 7 (điều kiện năm 2013, 2015) và trung bình theo tiến trình phát triển của nước trồi từ 29/6-19/7 đối với Curl ứng suất gió (đường đồng mức đen tại 3×10^{-7} N.m^{-3}), curl dòng chảy (đơn vị m.s^{-2}, thang màu) và dòng chảy tầng mặt (mũi tên đen).

Nhìn kỹ hơn có thể thấy sự khác biệt giữa curl dòng chảy của mô phỏng số 13 và 15 là vị trí xoáy nghịch (*anticyclonic eddy*) của số 15 có vĩ độ từ 10-12,5^{o}N, kinh độ từ 110-113^{o}E, trong khi vị trí xoáy nghịch của số 13 có vĩ độ từ 10-12^{o}N, kinh độ từ 110-112,5^{o}E. Có nghĩa rằng diện tích xoáy nghịch của số 15 lớn hơn và có vị trí theo vĩ độ cao hơn so với số 13. Điều này cho biết nước trồi không xuất hiện tại các xoáy nghịch của dòng chảy. Như vậy phân tích các giá trị trung bình theo tiến trình phát triển của nước trồi từ ngày 29/6-19/7 thì có thể thấy được sự ảnh hưởng chủ đạo của curl ứng suất gió dương (xoáy thuận của ứng suất gió) giúp hình thành nước trồi và thành phần curl dòng chảy âm (xoáy nghịch của dòng chảy) triệt tiêu nước trồi.



Hình 6. Chỉ số nước trồi cực đại trong tháng và trung bình theo tiến trình phát triển của nước trồi từ 30/7-11/8 (điều kiện năm 2014) và từ 1/8-13/8 (điều kiện năm 2016) đối với Curl ứng suất gió (đường đồng mức đen tại 3×10^{-7} N.m^{-3}), curl dòng chảy (đơn vị m.s^{-2}, thang màu), và dòng chảy tầng mặt (mũi tên đen).

Phân tích vai trò của hoàn lưu nước trong tháng 8 (Hình 6) cho thấy sự khác nhau trong suốt quá trình hình thành nước trồi ở khu vực ngoài khơi BOX-OF giữa số mô phỏng 14 (diện tích phân bố nước trồi cực đại) và số 16 (diện tích nước trồi cực tiểu). Trước tiên chúng ta thấy gần như không có sự xuất hiện của nước trồi ở vùng BOX-OF, nơi mà khu vực curl ứng suất gió xoáy thuận tồn tại tại số mô phỏng 16. Thay vào đó nước trồi xuất hiện tại nơi có luồng dòng chảy mạnh nhất hướng từ bờ ra ngoài khơi. Mặt khác, khi quan sát vị trí của curl dòng chảy dương (xoáy thuận của dòng chảy) thì vị trí của chúng đều trùng khớp với vị trí của xoáy thuận ứng suất gió. Tuy nhiên, sự khác biệt ở chỗ số mô phỏng 14 có hệ thống 3 xoáy nằm đan xen nhau với 2 xoáy thuận ở phía bắc (nhỏ hơn) và phía nam (lớn hơn) kẹp giữa 1 xoáy nghịch ở trung tâm (Hình 6). Số mô phỏng 16 cũng có hình thái gần như tương tự nhưng xoáy nghịch của dòng chảy ở phía bắc thì không tồn tại, do vậy vùng xoáy thuận có cường độ nhỏ hơn xoáy thuận của số mô phỏng 14. Đặc trưng các xoáy thuận của dòng chảy chính là hệ thống dòng phân kỳ, là điều kiện hình thành lý thuyết nước trồi cổ điển ngoài khơi, do vậy số mô phỏng 14 có dòng phân kỳ lớn hơn làm cho cường độ nước trồi cũng lớn hơn.

Nhìn chung vào thời kỳ nước trồi đạt đỉnh trong tháng 8, hệ thống luồng dòng chảy mạnh từ bờ hướng ra ngoài khơi kéo theo khối nước lạnh ở vùng BOX-SC ra đến vùng BOX-OF. Tại vùng BOX-OF, hiện tượng lưỡng cực kép, so le giữa các xoáy thuận - nghịch của dòng chảy làm tăng diện tích của dòng chảy xoáy thuận, kết hợp với khu vực có sự tồn tại của ứng suất gió xoáy thuận dẫn đến thúc đẩy sự phát triển và phân bố của nước trồi. Sự khác biệt giữa đỉnh nước trồi của tháng 7 và 8 đó là mức độ chi phối của dòng chảy mạnh hơn so với yếu tố curl ứng suất gió.

4. Kết luận

- Khu vực ven bờ phía nam và ngoài khơi có hệ số tương quan thuận cao giữa chuỗi biến động của ứng suất gió và chỉ số nước trồi. Không có sự tương quan ở khu vực ven bờ phía bắc.
- VI có tính ổn định cao vào khoảng thời gian nước trồi đạt đỉnh ở khu vực ven bờ phía nam và ngoài khơi, cho thấy OIV đóng vai trò thứ cấp trong sự biến động của nước trồi ở hai khu vực này. Ngoài ra, VI bất ổn ở khu vực ven bờ phía bắc cho biết OIV trong hoàn lưu cấu trúc nhỏ đóng góp lớn đến biến động nước trồi ở khu vực này.
- Ở khu vực ngoài khơi, cường độ của nước trồi phát triển cực đại khi cùng tồn tại hoàn lưu nước xoáy thuận (dòng phân kỳ) và curl ứng suất gió xoáy thuận.
- Nghiên cứu cần mở rộng phân tích biến động nước trồi trong khoảng thời gian dài hơn, qua đó đóng góp cơ sở khoa học cho việc phát triển mô hình dự báo nước trồi trong tương lai.

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

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của nhiệm vụ cơ sở cho cán bộ trẻ Viện Hải dương học (mã số TXKHTE.17/23-23-01); và nhiệm vụ hợp tác quốc tế giữa VAST và IRD (mã số QTFR02.02/23-24). Nhóm tác giả cũng xin được chân thành cảm ơn các nhà khoa học phòng thí nghiệm LEGOS (*Toulouse*, CH Pháp) đã hỗ trợ hướng dẫn sử dụng mô hình trong quá trình thực hiện nghiên cứu. Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn các ý kiến đóng góp quý báu của các phản biện, góp phần giúp nhóm tác giả hoàn thiện công trình công bố của mình.

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. Wyrtki, K. Physical oceanography of the South East Asian Waters. *Naga Rep.* **1961**, *2*.
2. Tang, D.; Kawamura, H.; Van Dien, T.; Lee, M. Offshore phytoplankton biomass increase and its oceanographic causes in the South China Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2004**, *268*, 31–41.
3. Ning, X.; Chai, F.; Xue, H.; Cai, Y.; Liu, C.; Shi, J. Physical-biological oceanographic coupling influencing phytoplankton and primary production in the South China Sea. *J. Geophys. Res. C Ocean.* **2004**, *109(10)*, 1–20.
4. Wu, C.R.; Chang, C.W.J. Interannual variability of the South China Sea in a data assimilation model. *Geophys. Res. Lett.* **2005**, *32(17)*, 1–4.
5. Hein, H. Vietnam upwelling - Analysis of the upwelling and related processes in the coastal area off South Vietnam. PhD thesis at the Department Geowissenschaften der Universität Hamburgauf Grund der Gutachten von 2008, pp. 165.
6. Kuo, N.; Zheng, Q.; Ho, C.R. Satellite Observation of Upwelling along the Western Coast of the South China Sea. *Remote Sens. Environ.* **2000**, *74(3)*, 463–470.
7. Xie, S.P.; Xie, Q.; Wang, D. Summer Upwelling in the South China Sea and its Role in Regional Climate Variations. *J. Geophys. Res.* **2003**, *108*, 1–37.
8. Guo, M.; Chai, F.; Xiu, P.; Li, S.; Rao, S. Impacts of mesoscale eddies in the South China Sea on biogeochemical cycles. *Ocean Dyn.* **2015**, *65(9–10)*, 1335–1352.
9. Richardson, P.L. Eddy kinetic energy in the North Atlantic from surface drifters. *J. Geophys. Res.* **1983**, *88(C7)*, 4355.
10. Chelton, D.B.; Schlax, M.G.; Samelson, R.M.; de Szoeke, R.A. Global observations of large oceanic eddies. *Geophys. Res. Lett.*, **2007**, *34(15)*, 15606.
11. Holland, W.R. The Role of Mesoscale Eddies in the General Circulation of the Ocean—Numerical Experiments Using a Wind-Driven Quasi-Geostrophic Model. *J. Phys. Oceanogr.* **1978**, *8(3)*, 363–392.
12. Chen, S.; Qiu, B. Seasonal variability of the South Equatorial Countercurrent. *J. Geophys. Res. Ocean.* **2004**, *109(C8)*, 8003.
13. Chen, G.; Hou, Y.; Chu, X. Mesoscale eddies in the South China Sea: Mean properties, spatiotemporal variability, and impact on thermohaline structure. *J. Geophys. Res. Ocean.* **2011**, *116(C6)*, 6018.
14. Hwang, C.; Chen, S.A. Fourier and wavelet analyses of TOPEX/Poseidon-derived sea level anomaly over the South China Sea: A contribution to the South China Sea Monsoon Experiment. *J. Geophys. Res.* **2000**, *105(C12)*, 28785.
15. Chen, G.; Hou, Y.; Zhang, Q.; Chu, X. The eddy pair off eastern Vietnam: Interannual variability and impact on thermohaline structure. *Cont. Shelf Res.* **2010**, *30(7)*, 715–723.
16. Wang, G. Mesoscale eddies in the South China Sea observed with altimeter data. *Geophys. Res. Lett.* **2003**, *30(21)*, 2121.
17. Hu, J.Y.; Wang, H.X. Progress on upwelling studies in the China seas. *Rev. Geophys.* **2016**, *(54)*, 653–673.
18. Lin, H.; Liu, Z.; Hu, J.; Menemenlis, D.; Huang, Y. Characterizing meso- to submesoscale features in the South China Sea. *Prog. Oceanogr.* **2020**, *188*, 102420.
19. Shaw, P.-T.; and Chao, S.-Y. Surface circulation in the South China Sea. *Deep Sea Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.* **1994**, *41(11–12*), 1663–1683.
20. Sérazin, G.; Penduff, T.; Grégorio, S.; Barnier, B.; Molines, J.M.; Terray, L. Intrinsic variability of sea level from global ocean simulations: Spatiotemporal scales. *J. Clim.* **2015**, *28(10)*, 4279–4292.

21. Sérazin, G.; Meyssignac, B.; Penduff, T.; Terray, L.; Barnier, B.; Molines, J.M. Quantifying uncertainties on regional sea level change induced by multidecadal intrinsic oceanic variability. *Geophys. Res. Lett.* **2016**, *43(15)*, 8151–8159.
22. Waldman, R.; Somot, S.; Herrmann, M.; Sevault, F.; Isachsen, P.E. On the chaotic variability of deep convection in the mediterranean sea. *Geophys. Res. Lett.* **2018**, *45(5)*, 2433–2443.
23. Da, N.D.; Herrmann, M.; Morrow, R.; Niño, F.; Huan, N.M.; Trinh, N.Q. Contributions of wind, ocean intrinsic variability, and ENSO to the interannual variability of the South Vietnam upwelling: A modeling study. *J. Geophys. Res. Ocean.* **2019**, *124(9)*, 6545–6574.
24. To Duy, T.; Herrmann, M.; Estournel, C.; Marsaleix, P.; Duhaut, T.; Bui Hong, L.; Trinh Bich, N. The role of wind, mesoscale dynamics, and coastal circulation in the interannual variability of the South Vietnam Upwelling, South China Sea – answers from a high-resolution ocean model. *Ocean Sci.* **2022**, *18(4)*, 1131–1161.
25. Gan, J.; Qu, T. Coastal jet separation and associated flow variability in the southwest South China Sea. *Deep Sea Res. Part I Oceanogr. Res.* **2008**, *55(1)*, 1–19.
26. Li, Y.; Han, W.; Wilkin, J.L.; Zhang, W.G.; Arango, H.; Zavala-Garay, J.; Levin, J.; Castruccio, F.S. Interannual variability of the surface summertime eastward jet in the South China Sea. *J. Geophys. Res. Ocean.* **2014**, *119(10)*, 7205–7228.
27. Da, N.D.; Herrmann, M.; Morrow, R.; Niño, F.; Huan, N.M.; Trinh, N.Q. Contributions of wind, ocean intrinsic variability, and enso to the interannual variability of the south vietnam upwelling: a modeling study. *J. Geophys. Res. Ocean.* **2019**, *124(9)*, 6545–6574.
28. Lanh, V.V. Thermohaline structure and water masses of South China Sea. *Collect. Mar. Res. Work.* **1995**, *IV*, 25–35.
29. Bài, L.V.; Lành, V.V. Đặc điểm phân bố và cấu trúc nhiệt muối vùng nước trồi mạnh. Tuyển tập nghiên cứu vùng nước trồi mạnh Nam Trung Bộ. NXB Khoa học Kỹ thuật 1997, tr. 39–48.
30. Lành, V.V.; Sơn, T.P.H. Sự hình thành và xu thế chuyển động của các khối nước trung gian cực trị độ mặn trong Biển Đông. *Tạp chí các Khoa học về Trái đất* **1999**, *21(3)*, 228–237.
31. Long, B.H.; Lâm, N.N.; Pohlmann, T. Một số kết quả nghiên cứu về nước trồi Nam Trung Bộ của đề tài hợp tác giữa Việt Nam và CHLB Đức theo nghị định thư, giai đoạn 2003 – 2006. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Quốc gia "Biển Đông-2007" 2007, 3–14.
32. Long, B.H. Hiện tượng nước trồi trong vùng biển Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 2009.
33. Dippner, J.W.; Nguyen, K.V.; Hein, H.; Ohde, T.; Loick, N. Monsoon-induced upwelling off the Vietnamese coast. *Ocean Dyn.* **2007**, *57(1)*, 46–62.
34. Ngo, M.H.; Hsin, Y.C. Impacts of wind and current on the interannual variation of the summertime upwelling off southern vietnam in the South China Sea. *J. Geophys. Res. Ocean.* **2021**, *126(6)*, e2020JC016892.
35. Thai, T.D.; Herrmann, M.; Dahaut, T. Hydrodynamical variability in the east sea and south central Vietnam upwelling area from a 3D numerical model. *J. Mar. Sci. Technol.* **2017**, *17(4A)*, 1–13.
36. Thai, T.D.; Long, B.H. Study and application of symphonie model to compute the hydrodynamic processes in the East Sea. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2019**, *19(4A)*, 1–15.
37. Sérazin, G.; Jaymond, A.; Leroux, S.; Penduff, T.; Bessières, L.; Llovel, W.; Barnier, B.; Molines, J.M.; Terray, L. A global probabilistic study of the ocean heat

content low-frequency variability: Atmospheric forcing versus oceanic chaos. *Geophys. Res. Lett.* **2017**, *44(11)*, 5580–5589.

The role of ocean circulation and eddies on the variability of South Central Vietnam upwelling

To Duy Thai[1]*, Trinh Bich Ngoc[2], Bui Hong Long[3]

[1] Insitute of Oceanography, Vietnam Academy of Science and Technology; duythaito@gmail.com
[2] University of Science and Technology of Hanoi, Vietnam Academy of Science and Technology; trinh-bich.ngoc@usth.edu.vn
[3]Vietnam Marine Science and Technology Association; buihonglongion@gmail.com

Abstract: To evaluate the role of ocean circulation, ocean eddies, and intrinsic oceanic variability (OIV, unpredictable variations caused by the motion of multiscale eddies) at the meso to submeso-scales structures on the variability of South Central Vietnam upwelling, this study used a high-resolution 3D hydrodynamic model SYMPHONIE (with a resolution of 1km near the coast, linearly increasing to 4.5 km offshore, with 50 depth layers using “vanishing quasi-sigma” coordinates), and simultaneously performed an ensemble 10 simulations with small-scale disturbance initial conditions of the lateral boundary while keeping the surface atmospheric forcing conditions. The results show that the upwelling intensity in the offshore area develops at its maximum when cyclonic circulation and cyclonic wind stress curl coexist. Besides that, OIV plays a secondary role in the upwelling variability along the southern and offshore areas, but makes a major contribution to the instability of upwelling in the northern coastal area.

Keywords: 3D hydrodynamic model; Ocean circulation; Ocean eddies; Upwelling; South Central Vietnam.

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Nghiên cứu xây dựng tập Atlat địa lý Thái Nguyên nhằm hỗ trợ việc dạy học địa lý tại các trường học ở tỉnh Thái Nguyên

Nguyễn Thị Liễu[1]*, Nguyễn Đăng Tiến[2], Trần Đức Văn[3], Lê Thị Quý[4], Nguyễn Thị Thu Hiền[5]

[1] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; lieuminh2011@gmail.com
[2] Trường Đại học Sao Đỏ; dangtien.dhsd@gmail.com
[3] Đại học Sư phạm Thái Nguyên; vantd@tnue.edu.vn
[4] Trường THPT Chuyên Thái Nguyên; quychuyentn@gmail.com
[5] Trường Đại học Sư Phạm Hà Nội; hienntt@hnue.edu.vn

*Tác giả liên hệ: lieuminh2011@gmail.com; Tel: +84–989316846

Ban Biên tập nhận bài: 8/10/2023; Ngày phản biện xong: 9/11/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2024

Tóm tắt: Nghiên cứu thành lập tập Atlat dạy học địa lý tỉnh Thái Nguyên có ý nghĩa quan trọng trong việc cung cấp kiến thức địa lý một cách trực quan nhất phục vụ quá trình dạy học Địa lý ở nhà trường phổ thông trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên. Bằng các phương pháp sử dụng trong thành tập Atlat địa lý, hệ thống các bản đồ đã được biên tập đầy đủ về mặt nội dung, hình ảnh đa dạng, có tính thẩm mỹ cao, có 16 bản đồ thành phần bao gồm các kiến thức liên quan đến địa lý tự nhiên và địa lý kinh tế - xã hội, từ đó học sinh có thể dễ dàng tiếp cận nguồn kiến thức địa lý của tỉnh Thái Nguyên một cách hiệu quả nhất, có những hiểu biết và đánh giá đúng về tiềm năng các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và thực trạng kinh tế - xã hội của địa phương mình, qua đó giúp các em định hướng nghề nghiệp, lao động sản xuất, góp phần xây dựng quê hương giàu đẹp.

Từ khóa: Atlat địa lý; Thái Nguyên; Địa lý địa phương.

1. Mở đầu

Atlat Địa lý từ lâu được xem là tài liệu rất quan trọng và hữu ích cho các em học sinh ở nhà trường phổ thông. Nhờ sự đa dạng trong cách thức trình bày thông qua hệ thống các bản đồ, hình vẽ, bảng biểu, tranh ảnh theo hướng trực quan sinh động, học sinh có thể khai thác nguồn kiến thức địa lý một cách hứng thú dưới sự hướng dẫn khoa học của giáo viên, từ đó giúp các em lĩnh hội kiến thức địa lý dễ dàng và hiệu quả nhất mà không phải ghi nhớ một cách máy móc theo lối học truyền thống trước đây.

Thực tế hiện nay tại các nhà trường phổ thông, việc dạy học địa lý vẫn chủ yếu theo cách học truyền thống, giáo viên đóng vai trò làm trung tâm và giảng dạy các kiến thức địa lý cho các em học sinh theo cách thụ động, ít sử dụng Atlat trong quá trình dạy học, việc chuyển tải kiến thức từ sách giáo khoa phổ biến theo kênh chữ, chưa coi trọng tầm quan trọng của tập Atlat địa lý khiến người học chưa biết hoặc chưa có phương pháp khai thác nguồn kiến thức này tối ưu, dẫn tới hiệu quả dạy học địa lý ở nhà trường phổ thông chưa cao.

Tập Atlat địa lý kết hợp với Sách giáo khoa địa lý cung cấp nguồn kiến thức đa dạng, hệ thống hóa các kiến thức, hỗ trợ đắc lực cho việc đổi mới phương pháp dạy học địa lý ở nhà trường phổ thông. Atlat Địa lý như cuốn sách thứ hai giúp các em học sinh tiện lợi trong khai thác nguồn thông một cách tổng hợp, logic phục vụ quá trình học tập một cách khoa học. Do đó, Atlat địa lý là cuốn tài liệu không thể thiếu trong giảng dạy và học tập địa lý ở nhà trường phổ thông trong bối cản đổi mới phương pháp dạy học hiện nay.

Trong quá trình nghiên cứu tổng quan, nhóm nghiên cứu nhận thấy hiện nay hầu hết các Atlat địa lý trên thế giới và trong nước đã được xây dựng từ lâu để phục vụ các mục đích và nhu cầu khác nhau của đời sống. Tuy nhiên, để xây dựng một tập Atlat địa lý bao gồm đầy đủ các khía cạnh về địa lý tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và địa lý kinh tế - xã hội cho lĩnh vực dạy học địa lý địa phương vẫn đang còn là vấn đề thiếu hụt. Đặc biệt, tại Việt Nam công tác giảng dạy đối với bộ môn địa lý địa phương được phân bổ trong cả chương trình THCS và THPT đang thiếu hệ thống tập Atlat địa lý để hỗ trợ việc dạy học môn địa lý khiến giáo viên gặp rất nhiều khó khăn trong việc chuyển tải kiến thức chuyên môn thành những thông tin cô đọng, súc tích và biên tập bài giảng nhằm đáp ứng mục tiêu đổi mới phương pháp dạy học địa lý trong nhà trường phổ thông khi giảng dạy các vấn đề địa lý địa phương. Dưới đây là một số tổng quan về nghiên cứu mà nhóm tác giả đã thực hiện phục vụ mục đích của nghiên cứu này:

Ngiên cứu [1] về "Tầm quan trọng của bản đồ và kĩ năng sử dụng bản đồ như là công cụ quan trọng nhất của nhà địa lý". Bản đồ giúp học sinh tiếp cận các ý tưởng địa lý và phát triển tư duy không gian. Đa phần học sinh học tốt nhất khi họ được truy cập dữ liệu và thông tin được trình bày trực quan. Theo nghiên cứu [2] về "Tầm quan trọng của Atlat địa lý thế giới trong quá trình dạy học" khi tiến hành khảo sát hơn 600 giáo viên địa lý với câu hỏi về tập bản đồ thế giới áp dụng trong trường học, một phần không thể thiếu của giáo dục địa lý. Nghiên cứu đã chỉ ra tầm quan trọng và tần suất sử dụng tập bản đồ, xác định các tập bản đồ trong trường học được sử dụng thường xuyên nhất và xác định loại nhiệm vụ được giải quyết bằng tập bản đồ và các thiết bị hỗ trợ giảng dạy bổ sung được sử dụng trong quá trình dạy học. Nghiên cứu cũng chỉ ra những giáo viên có kinh nghiệm là những người thường xuyên sử dụng bản đồ trong dạy học hơn là giáo viên ít kinh nghiệm. Bản đồ là công cụ dạy học hữu ích và mang lại nhiêu thành tựu trong việc chuyển tải kiến thức đến người học.

Nghiên cứu [3] cho rằng: Atlat điện tử là sáng kiến đổi mới trong dạy học địa lý ở nhà trường phổ thông và bản đồ điện tử là cần thiết trong học tập địa lý của giáo viên và học sinh tại nhà trường phổ thông. Việc sử dụng tập bản đồ điện tử trong trường học giúp nâng cao đáng kể khía cạnh hoạt động đào tạo, học sinh tiếp thu các phương pháp làm việc mới trong đó có những đặc điểm của phương pháp khoa học hiện đại về địa lý. Trong nghiên cứu [4] cũng đưa ra cái nhìn tổng quan về địa lý ở trường trung học, đặc biệt tập trung vào vị trí của nó trong chương trình giảng dạy ở nhà trường, trình độ của giáo viên địa lý, phương pháp sư phạm, thiết bị dạy học thông qua hệ thống hình ảnh như bản đồ đóng vai trò quan trọng.

Bên cạnh đó, nghiên cứu [5] đã nghiên cứu về việc thúc đẩy một khuôn khổ để mô tả chương trình giảng dạy địa lý trường học trên toàn thế giới. Tác giả đã so sánh chương trình giảng dạy khác nhau trên khắp thế giới. Thông qua việc các tài liệu giáo trình và phỏng vấn các nhà nghiên cứu chương trình địa lý để đánh giá chương trình địa lý phù hợp để giảng dạy, phương pháp giảng dạy, tiếp cận và thậm chí cả chuyên môn của giáo viên của 55 quốc gia. Một nghiên cứu khác [6] về "Đánh giá kỹ thuật sử dụng bản đồ trong dạy học ở nhà trường phổ thông ở Nigeria" có chỉ ra cách thức đánh giá giúp học sinh cải thiện được cách hiệu chỉnh phác thảo bản đồ trong quá trình học tập. Nghiên cứu [7] về "Dạy học địa lý qua hệ thống thông tin địa lý (GIS)". Nghiên cứu cho rằng giáo viên địa lý có thể phát triển tài liệu hoặc xử lý dữ liệu nhất định bằng nhiều kỹ thuật khác nhau (ảnh vệ tinh, ảnh không gian) khi sử dụng GIS. Bằng cách này, giáo viên đã phát triển được nguồn dữ liệu và thông tin cho học sinh của mình, đồng thời giúp sinh viên sử dụng thiết bị hữu ích trong quá trình giáo dục lâu dài. Nghiên cứu [8] về "Giáo dục qua bản đồ" cho thấy trẻ em ngày nay giỏi xác định vị trí các châu lục, người học có thể phát triển được tư duy về hình ảnh về thế giới.

Trong nghiên cứu [9] cho kết quả là hệ thống giáo dục hiện nay đã thay đổi, nội dung giáo dục được cập nhật, cách tiếp cận mới, công nghệ GIS trong trường học đã xuất hiện. Nghiên cứu nêu ra tầm quan trọng của công nghệ máy tính trong hệ thống giáo dục, bao gồm tính hiệu quả và sự cần thiết của việc sử dụng công nghệ thông tin địa lý và chứng minh sự liên quan của việc sử dụng công nghệ thông tin địa lý trong dạy học địa lý. Theo nghiên cứu

[10], việc ứng dụng công nghệ không gian địa lý vào chương trình dạy học đã hỗ trợ cải thiện kiến thực và kỹ năng cơ bản của học sinh. Tuy nhiên, nhà trường vẫn còn thiếu cơ sở vật chất như trang bị phần mềm GIS trong phòng thí nghiệm máy tính và giáo viên địa lý vẫn còn ít kinh nghiệm trong khả năng sử dụng công nghệ này. Vì vậy, việc ứng dụng còn gặp nhiều khó khăn.

Ở Việt Nam, “Tập bản đồ thế giới và các châu lục” [11] đã trải qua nhiều lần chỉnh sửa và tái bản. Nội dung tập bản đồ được xây dựng phù hợp với nội dung Địa lý lớp 7, lớp 11. Tập bản đồ cung cấp những bản đồ tự nhiên của thế giới và các châu lục. Một ấn phẩm nổi tiếng khác phải kể đến đó là “Tập Atlat địa lý Việt Nam” là tài liệu không thể thiếu trong dạy học địa lý ở nhà trường phổ thông [12]. Toàn tập Atlat bao gồm 24 trang với 3 phần: (1) Phần mở đầu gồm 3 trang trình bày các kí hiệu chung, hành chính; (2) Phần tự nhiên gồm 7 trang đề cập đến hình thể, địa chất khoáng sản, khí hậu, đất thực vật và động vật, các miền tự nhiên; (3) Phần dân cư, kinh tế gồm 13 trang trình bày về dân số, dân tộc, nông nghiệp chung, nông nghiệp ngành, lâm nghiệp và ngư nghiệp, công nghiệp chung, công nghiệp ngành, giao thông, thương mại, du lịch, vùng kinh tế Bắc Bộ, vùng kinh tế Bắc Trung Bộ, vùng kinh tế Nam Trung Bộ, vùng kinh tế Nam Bộ.

Theo nghiên cứu [13], vấn đề khai thác kiến thức trong Atlas địa lý Việt Nam phục vụ giảng dạy và học tập ở lớp 12 cho rằng việc sử dụng bản đồ giáo khoa nói chung và sử dụng Atlat nói riêng là sử dụng kiến thức bản đồ, trên tinh thần đổi mới phương pháp dạy học theo hướng tích cực hiện nay, việc hướng dẫn học sinh biết sử dụng Atlat địa lý để khai thác kiến thức là vấn đề cấp thiết. Năm 2022, nghiên cứu [14] trong khuôn khổ đề tài cấp thành phố Hà Nội với tiêu đề “Nghiên cứu xây dựng và sử dụng các bản đồ giáo khoa của thành phố Hà Nội trong dạy học địa lý địa phương ở trường phổ thông theo định hướng phát triển năng lực người học”. Trong đề tài này, nhóm tác giả đã phân chia các cấp học và xây dựng các Atlat tương ứng cho từng cấp: tiểu học, trung học cơ sở, trung học phổ thông với tổng cộng 21 bản đồ cho các cấp học từ tiểu học, trung học cơ sở và Trung học phổ thông.

Cũng năm 2022, tác giả [15] đã thực hiện nghiên cứu về “Hành trang kiến thức bản đồ của học sinh lớp 6, trung học cơ sở trong chương trình địa lý định hướng phát triển năng lực học sinh - thực trạng và giải pháp”. Trong đó tác giả nghiên cứu kiến thức bản đồ của các lớp 6 và phân tích, đánh giá các ưu, nhược điểm của 06 bài đầu trong chương bản đồ của lớp 6 cũ, đồng thời đi sâu nghiên cứu cấu trúc kiến thức bản đồ trong 05 bài đầu của Chương trình Địa lý 6 mới; nghiên cứu các khái niệm và cách sắp xếp thứ tự trước sau để thấy mức độ hợp lý và chưa hợp lý; đồng thời kiến nghị sửa đổi các khái niệm sai như “Bản đồ hành chính Việt Nam”, cách biểu hiện sai trên bản đồ hành chính và bản đồ Việt Nam trong Đông Nam Á; cách diễn giải kiến thức biến dạng trên bản đồ cho hợp lý hơn, giúp học sinh nắm chắc kiến thức “gốc”, hình thành hệ thống kiến thức bản đồ chuẩn mực, phục vụ tốt chương trình cải cách giáo dục.

Nghiên cứu [16] về việc “Bổ sung một số kỹ thuật giảng dạy trong chương trình địa lý lớp 12 được phát triển thông qua Atlas Địa lý Việt Nam” như phân tích, tổng hợp các đặc điểm địa lý trên bản đồ, thiết lập mối quan hệ không gian của các đối tượng địa lý, so sánh các đối tượng địa lý, suy luận và giải thích các vấn đề không gian địa lý. Hiện nay rất nhiều tỉnh, thành đã biên soạn được tài liệu địa lý địa phương như Hà Nội, Hà Tây, Hải Dương, Quảng Ninh, Thái Nguyên… Đây là một cố gắng rất lớn của các Sở Giáo dục và Đào tạo. Dạy học các chương trình địa lý nói chung và chương trình địa lý địa phương nói riêng nếu chỉ có tài liệu giáo khoa thì chưa đạt hiệu quả cao, mà cần phải có đầy đủ các thể loại bản đồ giáo khoa để sử dụng phối hợp với tài liệu viết thì việc hình thành kiến thức địa lý địa phương mới hoàn chỉnh [17].

Năm 2021, Ủy ban nhân dân Tỉnh Thái Nguyên phối hợp với Sở Giáo dục và Đào tạo tỉnh Thái Nguyên đề xuất việc xây dựng nội dung chương trình giáo dục địa lý địa phương ở cấp THPT. Tài liệu thí điểm chương trình Giáo dục địa lý địa phương mới nhất, áp dụng với chương trình lớp 10 đã được hoàn thành vào năm 2021 [18]. Trên cơ sở đó, ngày 23 tháng 3 năm 2021, UBND tỉnh Thái Nguyên ban hành Quyết định số 839/QĐ-UBND về "Khung chương trình giáo dục địa phương cấp Trung học sở và Trung học phổ thông tỉnh Thái Nguyên" với mục tiêu cung cấp cho học sinh những nội dung cơ bản về văn hóa, lịch sử, kinh tế, xã hội, môi trường và hướng nghiệp của tỉnh Thái Nguyên; Hình thành và phát triển các phẩm chất chủ yếu, các năng lực cốt lõi và năng lực đặc thù trong chương trình giáo dục phổ thông tổng thể, giúp học sinh có khả năng tự định hướng nghề nghiệp, thích ứng cuộc sống; Gắn giáo dục trong nhà trường với cộng đồng địa phương; gắn kiến thức đã học với những vấn đề đặt ra của tỉnh Thái Nguyên và cộng đồng nơi học sinh đang sinh sống [19].

Năm 2022, Ủy ban nhân dân tỉnh Thái Nguyên ban hành "Báo cáo quy hoạch tỉnh Thái Nguyên thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050", trong đó có nhiều các bản đồ về tự nhiên và kinh tế - xã hội tỉnh Thái Nguyên, đây được xem là nguồn tài liệu quan trọng cho nhóm nghiên cứu trong việc kế thừa nguồn dữ liệu để thành lập hệ thống bản đồ trong tập Atlat địa lý tỉnh Thái Nguyên [20].

Về nguồn dữ liệu hiện nay cho việc khai thác để thành lập tập Atlat địa lý nói chung và Atlat địa lý địa phương nói riêng đó là Việt Nam đã xây dựng hệ thống Cổng dữ liệu quốc gia nhằm cung cấp tất cả các thông tin, số liệu cơ bản liên quan đến tất cả các lĩnh vực (kinh tế, xã hội, tài nguyên, môi trường). Các nguồn dữ liệu này được thiết kế dưới các định dạng bảng biểu excel, csv nên rất dễ dàng để kết nối với cơ sở dữ liệu không gian quốc gia [21]. Bên cạnh đó, Tổng cục thống kê Việt Nam cung cấp và lưu trữ, quản lý các số liệu thống kê với đa dạng các nội dung, bao gồm: (1) Các số liệu về tự nhiên như nhiệt độ, lượng mưa, mực nước các sông. v.v; (2) Các số liệu về dân cư - lao động ; (3) Các số liệu kinh tế - xã hội (các ngành nông nghiệp, công nghiệp, giao thông, thương mại, giáo dục,...[22]. Tại mỗi địa phương các số liệu về tự nhiên, kinh tế, xã hội và môi trường thường xuyên được cập nhật và tập hợp trong "Niên giám thống kê" của cấp tỉnh và cấp huyện. Đây là cơ sở dữ liệu chính thống, đáng tin cậy, được thống kê bởi các ban ngành của địa phương.

2. Dữ liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu về đại bàn nghiên cứu

Thái Nguyên là một tỉnh thuộc vùng Trung du và Miền núi phía Bắc, tiếp giáp với thủ đô Hà Nội và là tỉnh nằm trong Vùng Thủ đô. Thái Nguyên có nhiều tiềm năng, lợi thế để đảm nhiệm vai trò là một trung tâm kinh tế - xã hội lớn của vùng Trung du và Miền núi phía Bắc. Tỉnh Thái Nguyên có vị trí rất thuận lợi về giao thông: Từ trung tâm thành phố Thái Nguyên đi sân bay quốc tế Nội Bài 50 km; cách biên giới Trung Quốc (theo hướng Lào Cai khoảng 215 km, Lạng Sơn khoảng 170 km, Cao Bằng khoảng 200 km); cách trung tâm Hà Nội 75 km; cách cảng Hải Phòng 200 km và Quảng Ninh 180 km. Thái Nguyên là điểm giao cắt của các tuyến quốc lộ: QL3 nối Hà Nội - Bắc Kạn - cửa khẩu Việt - Trung; kết nối với cao tốc Hà Nội - Lào Cai; QL1B nối Lạng Sơn - cửa khẩu Việt - Trung; QL37 nối Quảng Ninh - Bắc Giang - Thái Nguyên - Tuyên Quang - Phú Thọ - Sơn La. Thái Nguyên là một trong những trung tâm kinh tế, văn hóa, xã hội của vùng Trung du và Miền núi phía Bắc và là cửa ngõ giao lưu kinh tế, văn hóa - xã hội giữa vùng Trung du và Miền núi phía Bắc với vùng Đồng bằng sông Hồng; là đầu mối giao thông nối thủ đô Hà Nội với các tỉnh Trung du và Miền núi phía Bắc, có vị trí quan trọng về quốc phòng - an ninh, là "lá chắn" bảo vệ cho thủ đô Hà Nội. Trước đây và hiện nay, tỉnh Thái Nguyên là một trung tâm đào tạo lớn quốc gia; có bệnh viện Trung ương Thái Nguyên, đồng thời cũng là trung tâm công nghiệp cơ khí luyện kim lớn của cả nước [20].

2.2. Dữ liệu sử dụng

Thành lập tập Atlat địa lý bao gồm dữ liệu địa lý tự nhiên và địa lý kinh tế - xã hội được nhóm tác giả nghiên cứu và sử dụng các số liệu đầu vào như sau:

- Dữ liệu địa lý tự nhiên: địa hình, khí hậu, đất đai, sông ngòi, khoáng sản, rừng, sinh vật. Các dữ liệu này được thu thập từ các sở ngành và cục thống kê tỉnh Thai Nguyên.
- Dữ liệu địa lý kinh tế - xã hội: dân cư và nguồn lao động, đô thị, công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải, du lịch, thương mại, y tế - giáo dục. Các dữ liệu này được thu thập từ các sở ngành và cục thống kê tỉnh Thai Nguyên.

Các dữ liệu cho thành thành lập tập Atlat địa lý tỉnh Thái Nguyên cơ bản được cập nhật đến năm 2020.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp kế thừa, thu thập tài liệu: Phương pháp này được sử dụng trong nghiên cứu ngay từ giai đoạn đầu của quy trình thực hiện, trên cơ sở các tài liệu thu thập được, nhóm nghiên cứu đã tiến hành phân tích tổng hợp những đối tượng có thể kế thừa và các dữ liệu xem xét để biên tập mới. Những dữ liệu kế thừa chủ yếu liên quan đến các yếu tố nền địa lý như lớp dữ liệu về thủy văn, giao thông, địa hình…. Tuy nhiên, các lớp thông tin này hiện được biên tập để phục vụ mục đích xây dựng Atlat dạy học, phù hợp với chương trình giáo dục phổ thông 2018, trực quan hóa các số liệu về tự nhiên và kinh tế - xã hội thông qua các biểu đồ, sơ đồ, mô hình minh họa để cung cấp phương tiện dạy học một cách trực quan nhất cho các em học sinh và cho giáo viên trong quá trình dạy học.
- Phương pháp điều tra, khảo sát thu thập số liệu: Phương pháp này được sử dụng để tiến hành thu thập các số liệu, tài liệu từ các sở ban ngành nhằm cung cấp nguồn cơ sở dữ liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội của tỉnh Thái Nguyên phục vụ cho việc thành lập các bản đồ phục vụ quá trình dạy học địa lý địa phương tại tỉnh Thái Nguyên.
- Phương pháp phân tích, tổng hợp tài liệu: Các số liệu, tài liệu sau khi thu thập được nhóm nghiên cứu phân tích và tổng hợp lại theo mục đích sử dụng để phục vụ xây dựng tập Atlat tự nhiên và kinh tế- xã hội tỉnh Thái Nguyên.
- Phương pháp hệ thống thông tin địa lý GIS: Phương pháp GIS là phương pháp có thể hiện thị nhiều loại dữ liệu khác nhau trên một bản đồ, cung cấp thông tin rõ hơn về các mô hình không gian. Bằng việc sử dụng GIS hệ thống thông tin dữ liệu có thể được hiển thị để nhận diện, so sánh, đối chiếu. Việc đưa thông tin vào GIS gọi là thu thập dữ liệu. Dữ liệu được định dạng kỹ thuật số, giống như hầu hết các bảng và hình ảnh vệ tinh chụp lại được tải lên GIS một cách đơn giản, tuy nhiên trước đó bản đồ phải được quét hoặc chuyển đổi sang định dạng kỹ thuật số. Hai định dạng tệp GIS là Raster và Vector. Định dạng Raster là lưới ô hoặc pixel, các định dạng Raster rất hữu ích để lưu trữ dữ liệu GIS với các đường biên giới chắc chắn. Trong nghiên cứu, phương pháp này được nhóm tác giả sử dụng trong việc xây dựng cơ sở dữ liệu và đưa các dữ liệu thành bản đồ để thành lập hệ thống tập Atlat phục vụ dạy học địa lý ở nhà trường phổ thông tỉnh Thái Nguyên.

3. Kết quả và thảo luận

Từ các phương pháp nghiên cứu được đề cập ở trên, nhóm nghiên cứu thực hiện các bước để tiến hành biên tập hệ thống bản đồ Atlat địa lý tỉnh Thái Nguyên, bao gồm 16 bản đồ chính từ địa lý tự nhiên và địa lý kinh tế - xã hội nhằm phục vụ mục đích dạy và học địa lý ở nhà trường phổ thông như sau: Bản đồ hành chính, Bản đồ địa hình, Bản đồ khí hậu (mưa, nhiệt độ), Bản đồ tài nguyên rừng, Bản đồ hiện trạng sử dụng đất, Bản đồ khoáng sản, Bản đồ sinh vật, Bản đồ dân cư và nguồn lao động, Bản đồ đô thị, Bản đồ hiện trạng nông nghiệp, Bản đồ hiện trạng công nghiệp, Bản đồ hiện trạng giao thông vận tải, Bản đồ du lịch, Bản đồ thương mại, Bản đồ y tế giáo dục.

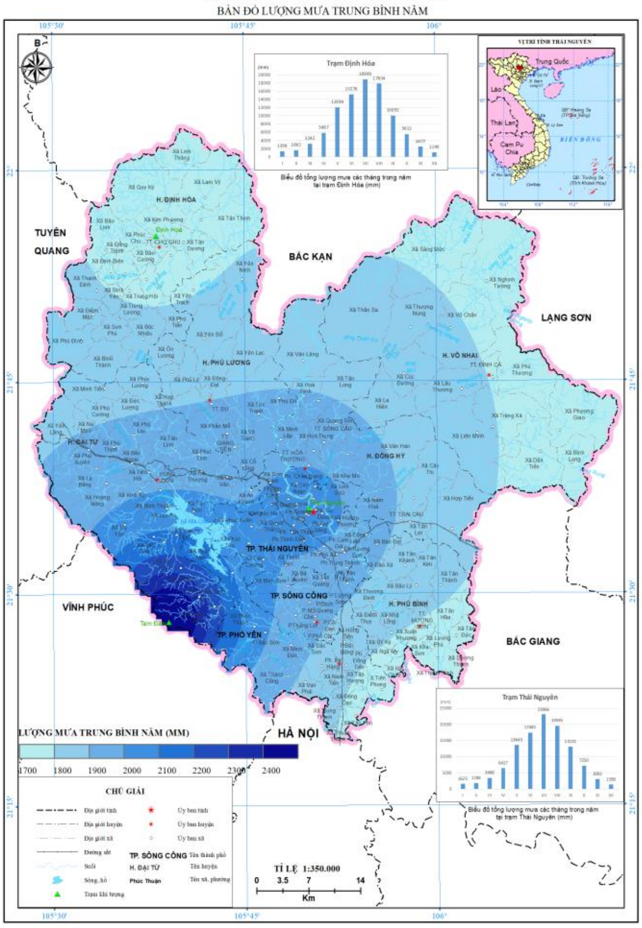
BẢN ĐỒ HÀNH CHÍNH TỈNH THÁI NGUYÊN

TT	ĐƠN VỊ HÀNH CHÍNH	DIỆN TÍCH (Km²)	DÂN SỐ 2021 (Người)
1	TP. Thái Nguyên	222.93	362,921
2	TP. Sông Công	97.31	72,593
3	TP. Phổ Yên	258	197,538
4	H. Đại Từ	569.03	174,603
5	H. Định Hóa	513.77	90,825
6	H. Đồng Hỷ	431.73	93,415
7	H. Phú Bình	241.39	163,833
8	H. Phú Lương	349.8	104,508
9	H. Võ Nhai	838.39	69,342
	Toàn tỉnh	3522.77	1,329,578

BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỈNH THÁI NGUYÊN

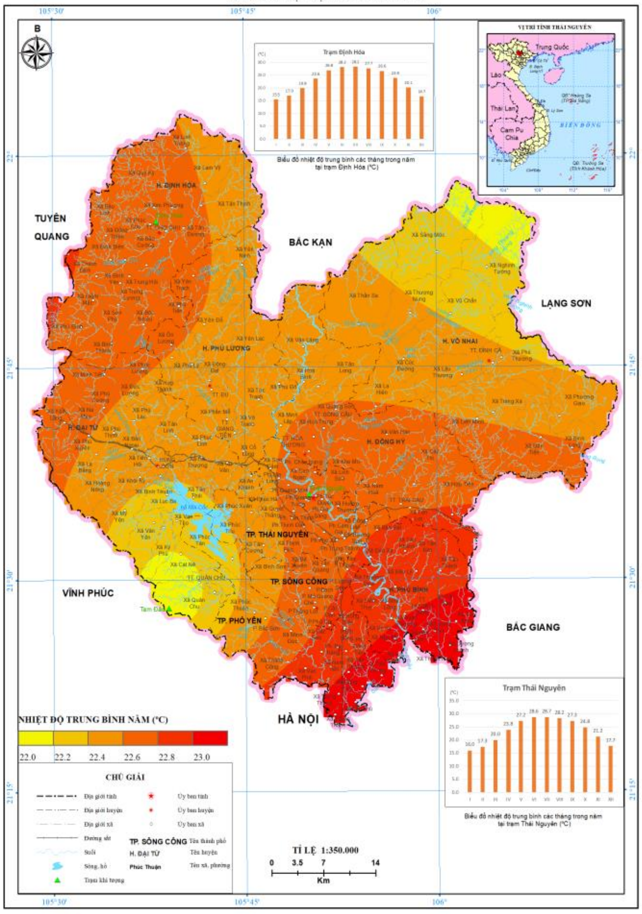
BẢN ĐỒ KHÍ HẬU TỈNH THÁI NGUYÊN

BẢN ĐỒ LƯỢNG MƯA TRUNG BÌNH NĂM



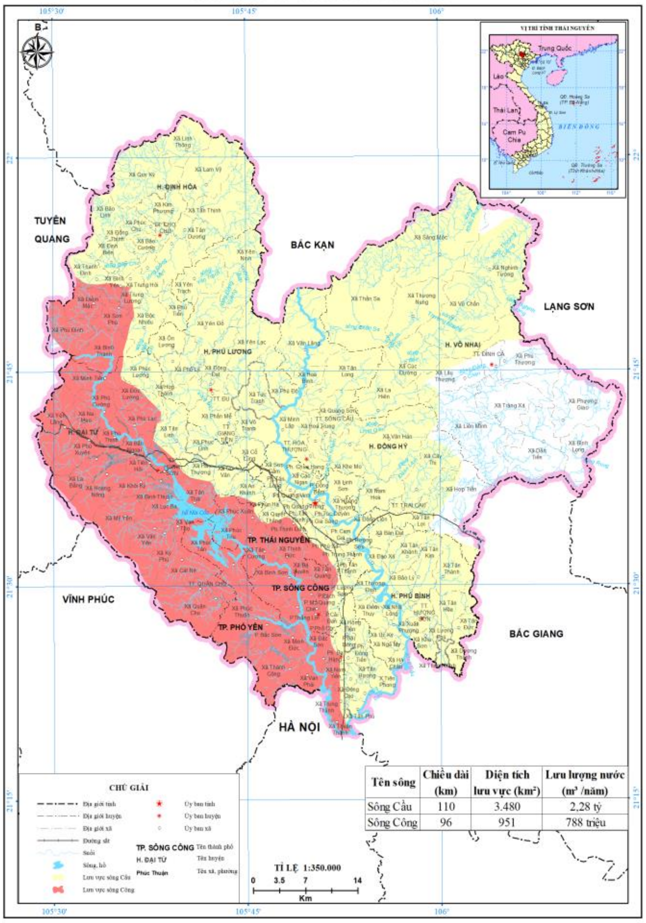
BẢN ĐỒ KHÍ HẬU TỈNH THÁI NGUYÊN

BẢN ĐỒ NHIỆT ĐỘ TRUNG BÌNH NĂM



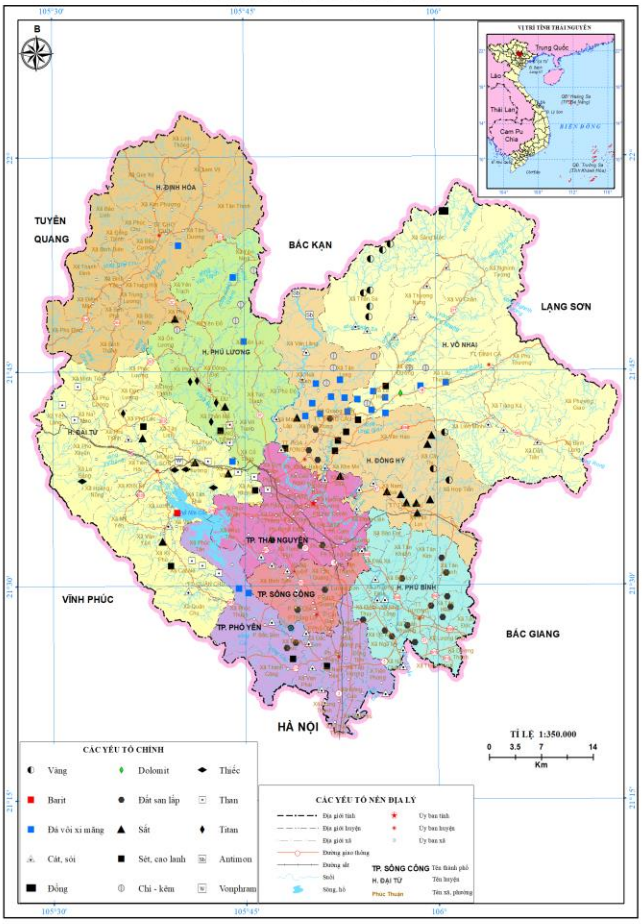
BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG SỬ DỤNG ĐẤT TỈNH THÁI NGUYÊN

BẢN ĐỒ SÔNG NGÒI TỈNH THÁI NGUYÊN

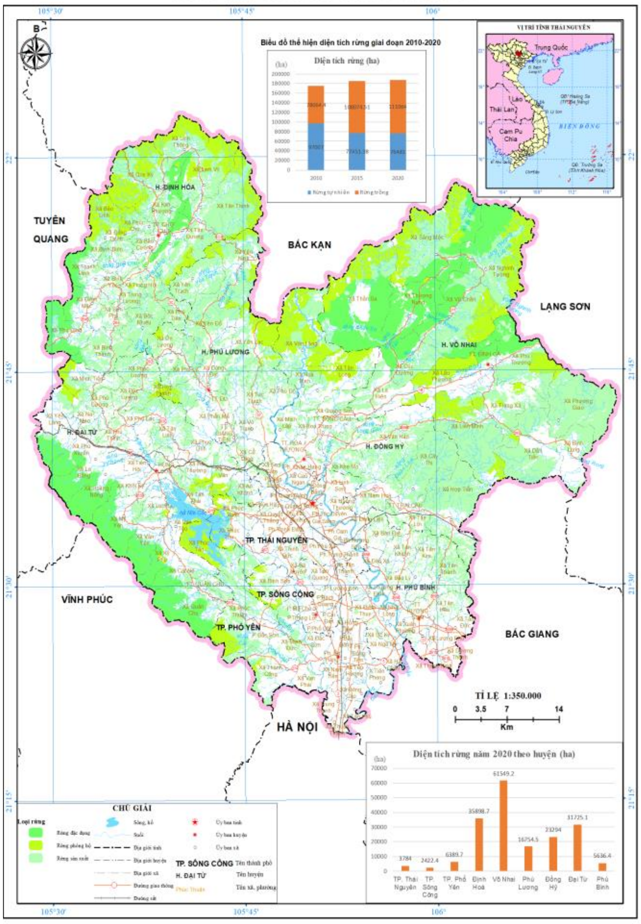


Tên sông	Chiều dài (km)	Diện tích lưu vực (km²)	Lưu lượng nước (m³ /năm)
Sông Cầu	110	3.480	2,28 tỷ
Sông Công	96	951	788 triệu

BẢN ĐỒ KHOÁNG SẢN TỈNH THÁI NGUYÊN

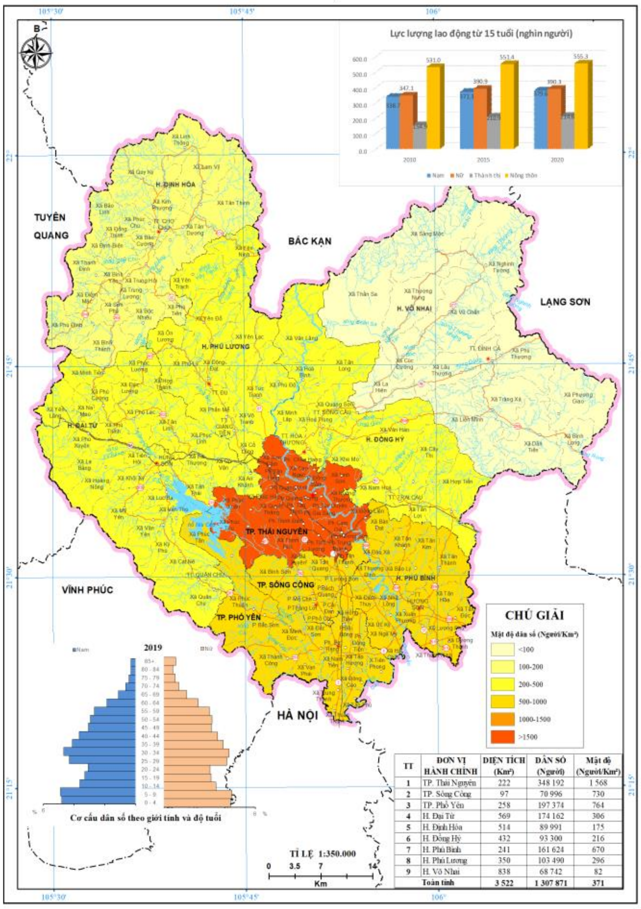


BẢN ĐỒ TÀI NGUYÊN RỪNG TỈNH THÁI NGUYÊN



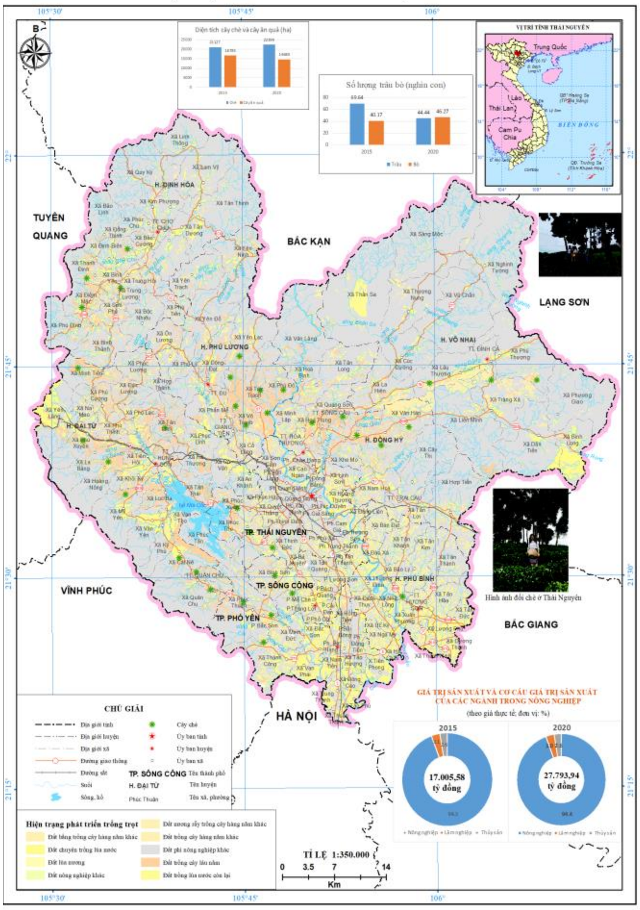
BẢN ĐỒ TÀI NGUYÊN SINH VẬT TỈNH THÁI NGUYÊN

BẢN ĐỒ DÂN CƯ VÀ LAO ĐỘNG TỈNH THÁI NGUYÊN



BẢN ĐỒ ĐÔ THỊ TỈNH THÁI NGUYÊN

BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG PHÁT TRIỂN NÔNG NGHIỆP TỈNH THÁI NGUYÊN

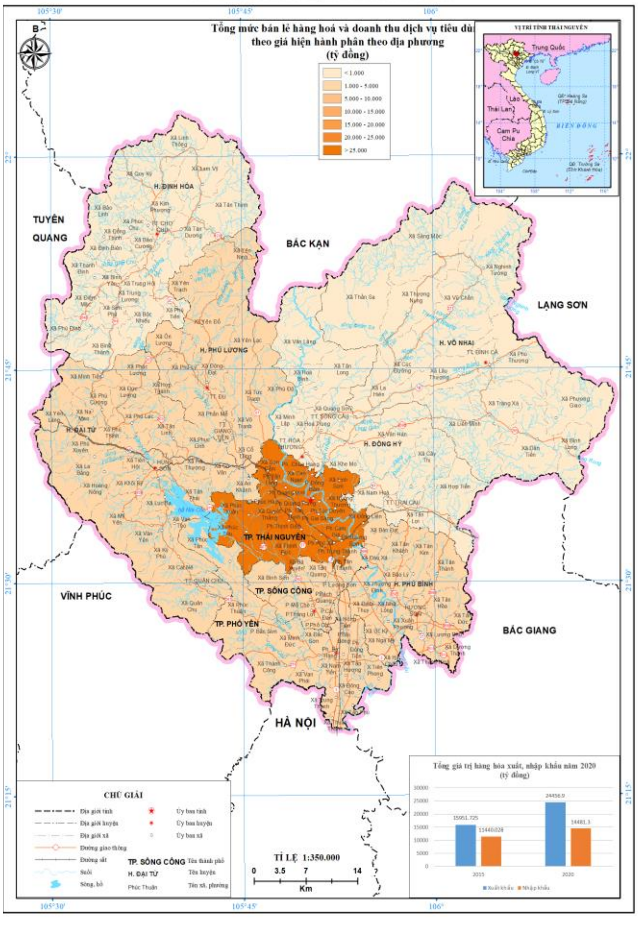


BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG PHÁT TRIỂN CÔNG NGHIỆP TỈNH THÁI NGUYÊN

BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG GIAO THÔNG VẬN TẢI TỈNH THÁI NGUYÊN

BẢN ĐỒ DU LỊCH TỈNH THÁI NGUYÊN

BẢN ĐỒ THƯƠNG MẠI TỈNH THÁI NGUYÊN



BẢN ĐỒ Y TẾ, GIÁO DỤC TỈNH THÁI NGUYÊN

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả đó là đã thược hiện biên tập được hệ thống tập Atlat địa lí phục vụ mục đích dạy học ở nhà trường phổ thông trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu còn góp phần mang lại những ý nghĩa về mặt kinh tế, xã hội và môi trường đó là: (1) Về mặt kinh tế, góp phần tạo ra lợi ích kinh tế khi được chuẩn hóa về mục đích sử dụng, được sự ủng hộ của các đơn vị quản lý trong tỉnh để mang ra thị trường; (2) Về mặt xã hội, giúp nâng cao kiến thức địa lý địa phương cho đối tượng dạy và học trong nhà trường phổ thông, từ đó nâng cao kiến thức cộng đồng về lĩnh vực địa lý địa phương; (3) Về mặt môi trường, kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả chủ yếu tác động đến môi trường dạy học ở nhà trường phổ thông, qua đó giúp học sinh nắm bắt được thực trạng các điều kiện tự nhiên và kinh tế - xã hội của địa phương mình, từ đó có ý thức hơn trong việc bảo vệ môi trường, thêm yêu quê hương và tích cực tham gia công tác bảo vệ môi trường.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.T.L., L.T.Q.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.T.L., N. Đ.T.; Xử lý số liệu: N.T.T.H.; Thành lập bản đồ: N.T.L., N.Đ.T., T.Đ.V.; Phân tích kết quả: N.T.L., T.Đ.V; Viết bản thảo bài báo: N.T.L., L.T.Q., T.Đ.V.; Chỉnh sửa bài báo: N.T.L.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp tỉnh, mã số ĐT/XH/18/2021.

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. Parker, M. Map Addict. The importance of maps and map skills. 2009.
2. Beitlova, M. The Importance of School World Atlases According to Czech Geography Teachers, 2021.
3. Damekova, S.K. Electronic School Atlas as an Innovative Means of Development of Geographic Education in Kazakhstan Schools, 2016.
4. Alam, S. An overview of geography teaching in secondary schools of India, 2021.
5. Chang, C.H.; Kidman, G.; Wi, A.; Singh, S.A.; Mitchell, J. Advancing a framework to describe school geography curricula around the world. *Int. Res. Geogr. Educ* **2019**, *21(2)*, 55–72.
6. Ugodulunwa, C. Use of Portfolio Assessment Technique in Teaching Map Sketching and Location in Secondary School Geography in Jos, Nigeria, 2015.
7. Dölek, İ. Preparation of Geography Teaching Materials through the Utilization of Geographic Information Systems (GIS) Software, 2011.
8. Hennerdal, P. Education through Maps, 2015.
9. Demeuov, A. Use of GIS technology in geographical education, 2021.
10. Ridha, S.; Kamil, P.A. The problems of teaching geospatial technology in developing countries: concepts, curriculum and implementation in Indonesia. *J. Geogr.* **2021**, *120(2)*, 72–82.
11. Thao, N.Q. Tập bản đồ thế giới và Châu lục, tái bản năm 2020. NXB Giáo dục, 2020.
12. Tam, N.Đ.; Thao, N.Q. Atlat địa lý Việt Nam, NXB Giáo dục, 2019.
13. Loan, L.T.; Tiến, N.V.; Dốc, L.Q. Vấn đề khai thác kiến thức trong Atlas địa lí Việt Nam phục vụ giảng dạy và học tập ở lớp 12. *Tạp chí khoa học ĐHSP Hà Nội* **2007**.
14. Hoàn, K.V. Nghiên cứu xây dựng và sử dụng các bản đồ giáo khoa của thành phố Hà Nội trong dạy học địa lý địa phương ở trường phổ thông theo định hướng phát triển năng lực người học, 2022.
15. Dốc, L.Q. Hành trang kiến thức bản đồ của học sinh lớp 6, trung học cơ sở trong chương trình địa lí định hướng phát triển năng lực học sinh - thực trạng và giải pháp, 2022.
16. Linh, N.T. Developing spatial thinking skills in teaching geography for the 12th grades students by using geography Atlas for Vietnam. *HNUE J. Sci.* **2020,** *64(12)*, 112–118. https://vjol.info.vn/index.php/DHSP-GD/article/view/47240.
17. Vân, H.T. Thiết kế và biên tập Atlat địa lí tỉnh Thái Nguyên dùng để dạy học địa lí địa phương, 2009.
18. Hưng, N.V. Khung chương trình chi tiết tài liệu giáo dục địa phương lớp 10. UBND tỉnh Thái Nguyên, 2021.
19. Quyết định số 839/QĐ-UBND về Khung chương trình giáo dục đị phương cấp Trung học sở và Trung học phổ thông tỉnh Thái Nguyên ngày 23 tháng 3 năm 2021.

20. Ủy ban nhân dân tỉnh Thái Nguyên. Báo cáo quy hoạch tỉnh Thái Nguyên thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, 2022.
21. Trực tuyến: https://data.gov.vn.
22. Trực tuyến: https://www.gso.gov.vn.

Research to establish the geographic Atlas in teaching in teaching to support geography teaching at schools in Thai Nguyen province

Nguyen Thị Lieu[1]*, Nguyen Dang Tien[2], Tran Duc Van[3], Le Thi Quy[4], Nguyen Thi Thu Hien[5]

[1] Institute of Hydrology and Meteorology Science and Climate Change (IMHEN); lieuminh2011@gmail.com
[2] Saodo University; dangtien.dhsd@gmail.com
[3] Thai Nguyen University of Education; vantd@tnue.edu.vn
[4] Thai Nguyen Specialized Higt School; quychuyentn@gmail.com
[5] Hanoi National University of Education; hienntt@hnue.edu.vn

Abstract: Research to establish the Geographic Atlas plays an important role in geography teaching. It provides geographical knowledge in the most intuitive way to serve Geography teaching in high schools in Thai Nguyen province. By using the methods to create the Geographic Atlas, the map system has been fully developed in terms of content, diverse images, and aesthetics, including 16 component maps associated with natural geography and socio-economic geography knowledge. Students can easily access geographical knowledge in the most effective way from the established map system. From that, students have a correct understanding and assessment of the potential of natural conditions, natural resources, and the socio-economic situation in their locality, thereby helping students orient careers and productive labor, contributing to building a rich and beautiful homeland.

Keywords: Geographic Atlas; Thai Nguyen; Local geography.

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Nâng cao hiệu quả đánh giá phú dưỡng nước hồ Thác Bà sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel-3B và Co-kriging

Nguyễn Thiên Phương Thảo[1], Phạm Quang Vinh[2]*, Nguyễn Trung Hậu[1], Trần Thị Hiền[3], Nguyễn Thị Thu Hà[1]*

[1] Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; nguyenthienphuongthao_t57@hus.edu.vn; nguyentrunghau_t64@hus.edu.vn; hantt_kdc@vnu.edu.vn

[2] Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; pqvinh@ig.vast.vn

[3] Khoa Địa tin học, Đại học Thành Công, Đài Loan; p66127059@gs.ncku.edu.tw

*Tác giả liên hệ: pqvinh@ig.vast.vn; hantt_kdc@vnu.edu.vn; Tel.: +84–2435587062

Ban Biên tập nhận bài: 9/10/2023; Ngày phản biện xong: 10/11/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2024

Tóm tắt: Mô hình hóa chính xác sự phân bố trong không gian của chỉ số dinh dưỡng TSI (*trophic state index*) là một bước quan trọng trong đánh giá hiện trạng phú dưỡng nước hồ, giúp kiểm soát ô nhiễm hiệu quả. Nghiên cứu này nhằm xác định phương pháp phân tích không gian và dữ liệu hỗ trợ để tăng cường độ chính xác trong mô hình hóa sự phân bố trong không gian của TSI, từ đó tối ưu hóa việc đánh giá hiện trạng phú dưỡng hồ Thác Bà. Dựa vào số liệu đo hàm lượng cholorophyll-a (Chla), độ trong của nước (SD) tại 50 điểm trên hồ và ảnh vệ tinh Sentinel-3B (S3B) chụp đồng thời vào ngày 16/12/2022, chúng tôi đã xác định được hai thông số α và β từ ảnh có tương quan cao với TSI thực tế (r = 0,79 và 0,70) dùng để cải thiện độ chính xác của mô hình co-kriging trong ước tính TSI trên không gian mặt hồ (R^2 từ 0,43 thành 0,83; RMSE từ 1,69 thành 1,23). Kết quả cho thấy nước hồ Thác Bà đang ở mức dinh dưỡng trung bình chuyển sang phú dưỡng và có sự thay đổi theo không gian phụ thuộc vào các hoạt động nhân sinh trên và ven hồ. Thông qua nghiên cứu, ảnh S3B được minh chứng có tiềm năng cao trong việc đánh giá chất lượng nước ở các hồ chứa có diện tích lớn như hồ Thác Bà.

Từ khóa: Mô hình hóa; Phú dưỡng; Hồ Thác Bà; Sentinel-3B; TSI.

1. Giới thiệu

Hiện tượng phú dưỡng được coi là một vấn đề ô nhiễm phổ biến với các hồ và hồ chứa từ giữa thế kỷ 20. Các cuộc điều tra cho thấy 54% các hồ nước ở châu Á xuất hiện hiện tượng phú dưỡng, ở châu Âu là 53%, Bắc Mỹ là 48%, Nam Mỹ là 41% và ở châu Phi là 28% [1]. Hiện tượng này bắt nguồn từ sự dư thừa các chất dinh dưỡng do các nguồn chất thải từ xung quanh hồ dẫn đến sự phát triển quá mức của các loại tảo, rong rêu, vi tảo… làm mất cân bằng sinh học nước, thậm chí làm cho hệ sinh thái trong hồ bị nhiễm độc gây ra hiện tượng cá chết hàng loạt. Thêm vào đó, hiện tượng phú dưỡng kéo theo quá trình lắng đọng trầm tích và các chất ô nhiễm trong hồ làm cho hồ nông dần theo thời gian, thay đổi màu của nước, làm cho nước có mùi hôi thối, khiến hệ thống hồ không thể thực hiện được các chức năng của mình, đồng thời cũng gây ô nhiễm nguồn nước ngầm. Do vậy, để có thể kịp thời bảo vệ hệ sinh thái các hồ, việc đánh giá, giám sát và dự báo nhanh biến động chất lượng nước, đặc biệt là sự phú dưỡng của nước hồ là vô cùng cần thiết, có ý nghĩa đặc biệt trong việc quản lý môi trường hồ và hồ chứa.

Trên thế giới, trạng thái dinh dưỡng của hồ đã được xác định bằng cách sử dụng các chỉ số khác nhau [2–3], phổ biến nhất trong số đó là chỉ số trạng thái dinh dưỡng TSI (*trophic state index*), được phát triển bởi Carlson [4] do các thông số để tính toán TSI tương đối dễ xác định và phản ánh đầy đủ các khía cạnh đa dạng về mức độ phú dưỡng của hồ [5]. TSI do Carlson đề xuất được tính toán từ một hoặc ba thông số chính, gồm hàm lượng Chlorophyll-a (Chla), tổng phốt pho (TP) và độ sâu Secchi (SD). Thông thường, giá trị TSI nằm trong khoảng từ 0 đến 100 và có thể được phân loại thành bốn cấp độ dinh dưỡng là: nghèo dinh dưỡng, dinh dưỡng trung bình, phú dưỡng và siêu phú dưỡng [6].

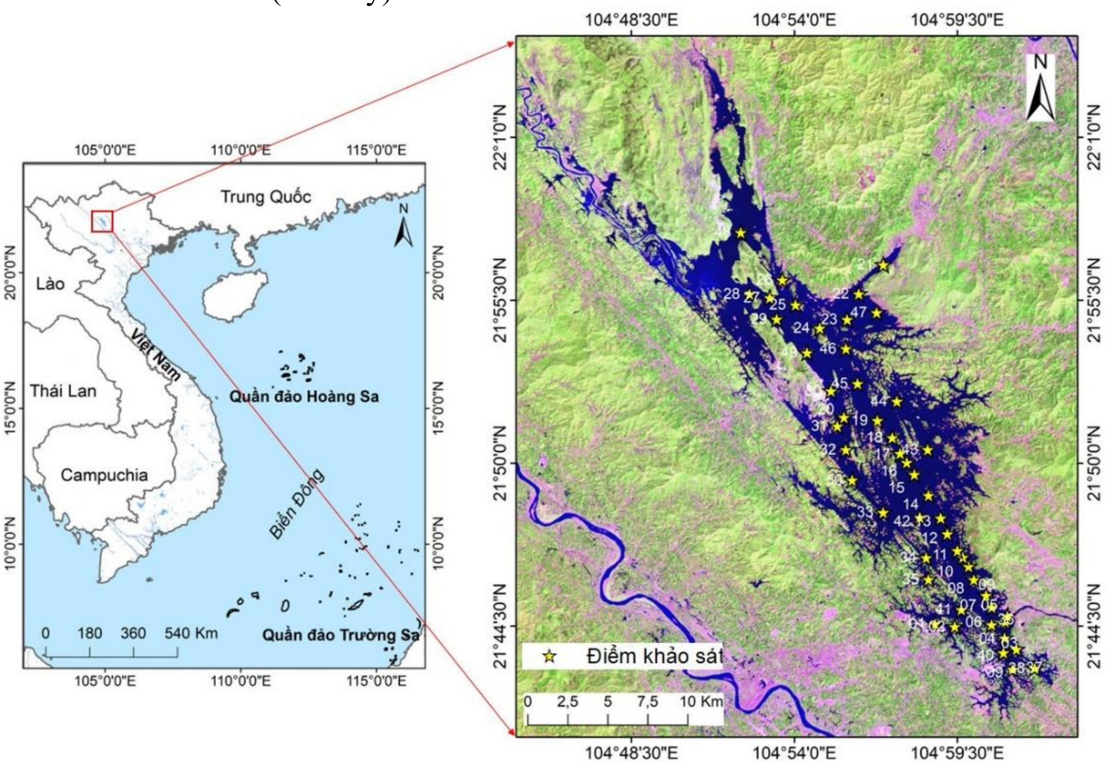
Hồ Thác Bà - một trong ba hồ nước nhân tạo lớn nhất Việt Nam, được hình thành trong quá trình xây dựng Nhà máy thủy điện Thác Bà, tỉnh Yên Bái. Hồ Thác Bà đóng một vai trò quan trọng trong đời sống kinh tế, xã hội của tỉnh Yên Bái nói riêng và đồng bằng Bắc Bộ nói chung. Bên cạnh việc đóng góp một tỷ lệ rất lớn vào tổng lượng điện quốc gia thì hồ Thác Bà còn là nguồn cấp nước chính cho các hoạt động nuôi trồng thủy sản, sản xuất nông nghiệp, công nghiệp và tưới tiêu của vùng. Đặc biệt, đối với tỉnh Yên Bái, hồ Thác Bà còn là nguồn cung cấp nước sinh hoạt quan trọng cho người dân địa phương. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, việc khai thác đất rừng đầu nguồn, nuôi trồng thủy sản trong lòng hồ, khai thác khoáng sản trong lưu vực đã có những tác động trực tiếp và gián tiếp đến chất lượng môi trường nước hồ [7]. Một vài nghiên cứu gần đây cho thấy, tần suất xuất hiện nở hoa của vi khuẩn lam tại các hồ chứa nước của Việt Nam rất cao [8]. Chính vì vậy, việc kiểm soát và giám sát suy thoái chất lượng nước hồ đang là một vấn đề cấp thiết được đặt ra nhằm bảo vệ môi trường, đảm bảo an ninh nguồn nước cấp cho sinh hoạt và nuôi trồng thủy sản.

Với diện tích mặt nước rộng (khoảng 234 km^2) [9], độ sâu tối đa tương đối lớn (trung bình là 42 m) [10], việc quan trắc và giám sát mức độ phú dưỡng của hồ thường xuyên bằng phương pháp truyền thống gây tốn kém rất lớn về thời gian và kinh phí cho việc đo đạc, thu thập và phân tích mẫu. Thực tế rất nhiều vùng nước của hồ rất khó tiếp cận để tiến hành các đo đạc cần thiết. Trong khi đó, trên thế giới, việc sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh để đánh giá và theo dõi mức độ phú dưỡng của hồ là một trong những ứng dụng khả thi và đầy hứa hẹn [11–12] giúp vượt qua những thách thức của phương pháp khảo sát truyền thống. Cùng với sự phát triển của công nghệ vũ trụ, công nghệ vệ tinh, chu kỳ của vệ tinh miễn phí như Sentinel 3 (bao gồm cả Sentinel 3A và Sentinel 3B) có thể giám sát hàng ngày đã tạo ra cơ hội tuyệt vời để giám sát các quá trình thủy sinh, giúp cho việc giám sát phú dưỡng trở nên thuận lợi hơn. Tận dụng kinh nghiệm của thế giới và hiệu quả của công nghệ địa không gian trong giám sát tài nguyên môi trường, nghiên cứu này nhằm tìm kiếm giải pháp giúp đánh giá một cách đầy đủ nhất hiện trạng phú dưỡng nước hồ Thác Bà tại thời điểm khảo sát ngày 16/12/2022 trong bối cảnh có số lượng điểm quan trắc trên hồ giới hạn (50 điểm). Để thực hiện điều đó, nghiên cứu hướng đến xác định được các thông số bổ trợ từ ảnh vệ tinh S3B chụp mặt hồ cùng ngày khảo sát để nâng cao độ chính xác của việc ước tính chỉ số TSI trong không gian của mô hình co-kriging. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp các thông tin và bằng chứng khoa học cần thiết cho việc giám sát nhanh hiện trạng phú dưỡng, quản lý môi trường nước và hệ sinh thái hồ Thác Bà hiệu quả.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp đo đạc và xác định các thông số

Quá trình thu thập mẫu nước và đo SD ở các điểm khảo sát được tiến hành vào ngày 16/12/2022 bằng ca-nô. Tổng số 50 số liệu đo từ các điểm khảo sát trên hồ (thời gian đo từ 7:30 đến 16:30, phân bố như trong Hình 1) được thu thập cùng ngày với vệ tinh S3B chụp ảnh vùng nghiên cứu. Trong đó, SD được đo bằng đĩa Secchi (Model 58-B10) có đường kính 20 cm của hãng Wlidco (Hoa Kỳ) theo phương pháp Lind [13]. Tại mỗi điểm đo, mẫu nước được thu thập trên mặt nước (0-30 cm) và được phân tích để xác định Chla bằng phương pháp đo phổ theo TCVN 6662:2000 [14] sử dụng máy quang phổ tử ngoại khả kiến UV-VIS Hach DR6000 (Hoa Kỳ).



Hình 1. Vị trí hồ Thác Bà và vị trí các điểm lấy mẫu.

2.2. Phương pháp đánh giá mức độ phú dưỡng

Mức độ phú dưỡng của hồ được đánh giá dựa vào chỉ số TSI. Giá trị TSI được xác định là giá trị trung bình cộng của các chỉ số đơn tính toán từ Chla (TSI_{Chla}) và SD (TSI_{SD}) theo công thức được đơn giản hóa bởi [6] như sau:

$$TSI_{Chla} = 9{,}81 \times \ln(Chla) + 30{,}6 \quad (1)$$

$$TSI_{SD} = 60 - 14{,}4 \times \ln(SD) \quad (2)$$

$$TSI = (TSI_{Chla} + TSI_{SD})/2 \quad (3)$$

Trong đó đơn vị của Chla là µg/L, SD là m, và TSI_{Chla}, TSI_{SD}, TSI là các đại lượng không thứ nguyên. Dựa vào giá trị TSI, trạng thái phú dưỡng của hồ được chia thành 4 mức: 1) nghèo dinh dưỡng (oligotrophy, TSI < 30); 2) dinh dưỡng trung bình (mesotrophy, TSI = 30 đến 50); 3) phú dưỡng (eutrophy, TSI = 50 đến 70); 4) siêu phú dưỡng (hypereutrophy, TSI > 70).

2.3. Phương pháp xử lý ảnh vệ tinh

Vệ tinh S3B là một vệ tinh quan sát Trái Đất thuộc Chương trình Copernicus của Cơ quan không gian Châu Âu (ESA), được phóng lên quỹ đạo ngày 16/02/2018. Vệ tinh S3B được trang bị bốn cảm biến, bao gồm *Ocean and Land Color Instrument (OLCI), Sea and Land Surface Temperature Radiometer (SLSTR), Synthetic Aperture Radar Altimeter (SRAL)* và *Microwave Radiometer (MWR)*. Cảm biến OLCI của S3B có nhiệm vụ giám sát môi trường biển, đại dương và đất liền với khả năng thu nhận ảnh đa phổ lên tới 21 kênh phổ trong dải từ 400 nm đến 1020 nm và độ phân giải không gian là 300 m. Đặc trưng kênh phổ của ảnh vệ tinh S3B OLCI được thể hiện chi tiết trong Bảng 1 cho thấy các kênh phổ của ảnh rất thuận lợi cho việc giám sát chất lượng nước các hồ nội địa so với các ảnh vệ tinh quang học màu đại dương khác như MERIS [15–16].

Nghiên cứu này sử dụng ảnh vệ tinh S3B OLCI Level-2 chụp tại hồ Thác Bà vào ngày 16/12/2022 (có mã số: S3B_OL_2_WFR_20221216T025220_

20221216T025520_20221216T044921_0179_074_032_2520_MAR_O_NR_003) tải miễn phí từ trang web của ESA (https://scihub.copernicus.eu/dhus/). Dữ liệu ảnh tải về đã được hiệu chỉnh bức xạ và hiệu chỉnh khí quyển để đưa dữ liệu về giá trị phản xạ tại mặt đất nên chỉ cần hiệu chỉnh tọa độ về hệ quy chiếu WGS84 để chiết tách thông số phổ phản xạ tại 50 điểm khảo sát bằng các công cụ trong phần mềm SNAP (*Sentinel Application Platform*). Dữ liệu này sau đó được phân tích để xác định thông số tương quan cao với giá trị TSI thực tế để làm biến số cho phép phân tích không gian co-kriging.

Bảng 1. Các thông số dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-3B OLCI.

Kênh phổ	Bước sóng trung tâm (nm)	Độ rộng kênh phổ (nm)	Độ phân giải không gian (m)	Kênh phổ	Bước sóng trung tâm (nm)	Độ rộng kênh phổ (nm)	Độ phân giải không gian (m)
Oa01	400	15	300	Oa12	753.75	7.5	300
Oa02	412.5	10	300	Oa13	761.25	2.5	300
Oa03	442.5	10	300	Oa14	764.375	3.75	300
Oa04	490	10	300	Oa15	767.5	2.5	300
Oa05	510	10	300	Oa16	778.75	15	300
Oa06	560	10	300	Oa17	865	20	300
Oa07	620	10	300	Oa18	885	10	300
Oa08	665	10	300	Oa19	900	10	300
Oa09	673.75	7.5	300	Oa20	940	20	300
Oa10	681.25	7.5	300	Oa21	1020	40	300
Oa11	708.75	10	300				

2.4. Thông số bổ trợ từ dữ liệu ảnh Sentinel-3B

Để tìm kiếm thông số có thể giúp nâng cao hiệu quả mô hình hóa không gian của chỉ số TSI, thuật toán thực nghiệm dùng để tính toán Chla và SD được phát triển bởi [17] được sử dụng trong nghiên cứu này bởi hai lý do: 1) Hồ Alqueva (Tây Ban Nha) có giá trị Chla và SD đo đạc thực tế giống như giá trị đo đạc của hai thông số này trong nước hồ Thác Bà. 2) Cả hai hồ chứa đều có diện tích mặt nước lớn nên phù hợp để sử dụng ảnh vệ tinh có độ phân giải trung bình như S3B vào theo dõi, đánh giá chất lượng nước hồ. Điều này chứng tỏ sự tương đồng về trạng thái phú dưỡng, đặc tính quang học và cả điều kiện tự nhiên của hai hồ. Vì thế, các thuật toán tính toán Chla và SD của nước hồ Alqueva (Tây Ban Nha) từ ảnh S3B có thể có tương quan cao với giá trị TSI thực tế đo được ở hồ Thác Bà khi áp dụng vào ảnh S3B chụp mặt nước hồ này. Các thuật toán tính toán Chla và SD trong nước Alqueva (Tây Ban Nha) theo [17] được thể hiện như sau:

$$\alpha = \text{Chla} = 5276{,}8 * \left(\frac{\text{B6} * \text{B11}}{\text{B8}}\right)^2 - 275{,}56 * \left(\frac{\text{B6} * \text{B11}}{\text{B8}}\right) + 7{,}2325 \quad (4)$$

$$\beta = \text{SD} = 3{,}619 * \frac{\text{B10}}{\text{B4}} - 2{,}223 * \frac{\text{B16}}{\text{B4}} + 0{,}246 \quad (5)$$

Trong đó Chla có đơn vị là µg/L và SD có đơn vị là m; B4, B6, B8, B10, B11, B16 ứng với giá trị phổ phản xạ thu được từ ảnh S3B OLCI Level 2 tại điểm khảo sát ở các kênh phổ số 4, 6, 8, 10, 11 và 16.

2.5. Phương pháp phân tích thống kê và lập sơ đồ

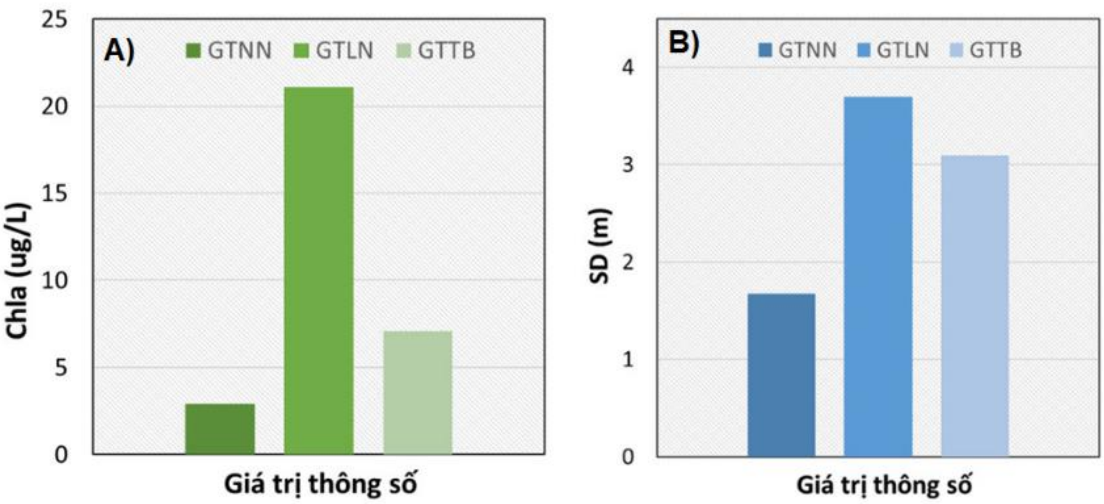
Phương pháp địa thống kê đa biến co-kriging được lựa chọn để thành lập sơ đồ phân bố TSI phục vụ cho đánh giá hiện trạng phú dưỡng nước hồ Thác Bà trong nghiên cứu này. Co-kriging là kỹ thuật địa thống kê nhằm mục đích nội suy để lập bản đồ phân bố một thông số dựa trên sự ước tính giá trị của thông số đó ở các điểm không được đo đạc sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính đa biến. Đây là phương pháp lấy trung bình theo trọng số tuyến tính, tương tự như các phương pháp nội suy khác; tuy nhiên, trọng số của chúng không chỉ phụ thuộc vào khoảng cách mà còn phụ thuộc vào hướng của dữ liệu lân cận đến vị trí không được lấy mẫu [18]. Khác với kriging chỉ sử dụng một biến duy nhất, co-kriging sử dụng các biến phụ trợ và xem xét thông tin tương quan giữa các biến để nâng cao hiệu quả của phép ước tính trong không gian.

Trong nghiên cứu này, việc lựa chọn các biến trong mô hình co-kriging phải đảm bảo hệ số tương quan với giá trị TSI thực tế có ý nghĩa (hệ số tương quan lớn hơn 0,70), kết quả ước tính phải có độ chính xác cao (hệ số xác định - $R^2 > 0,70$; sai số toàn phương trung bình - RMSE ≤ 5%). Khi đạt được yêu cầu này, sơ đồ phân bố giá trị TSI được thành lập sử dụng công cụ phân tích địa thống kê trong phần mềm ArcGIS 10.5. Ngoài ra, các phân tích thống kê cơ bản như xác định giá trị lớn nhất (GTLN), giá trị nhỏ nhất (GTNN) giá trị trung bình (GTTB) và biểu đồ hộp của dữ liệu thu được từ đợt khảo sát cũng được thực hiện sử dụng phần mềm IBM SPSS 26.

3. Kết quả và thảo luận

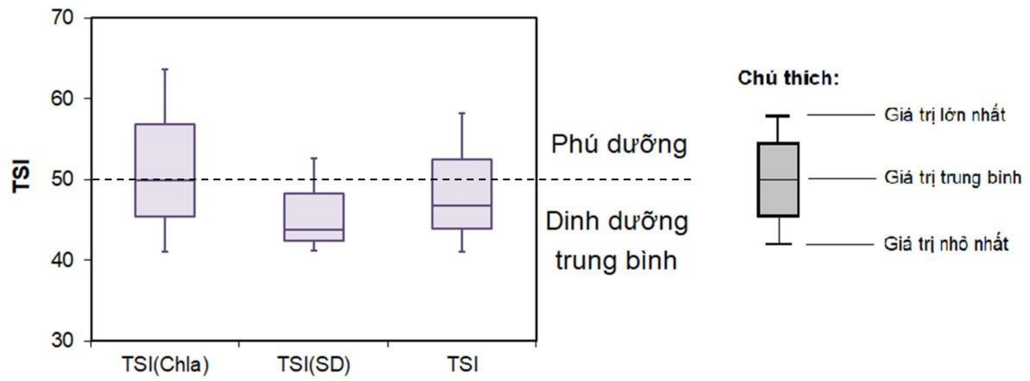
3.1. Hiện trạng phú dưỡng của nước hồ ở các điểm đo thực tế

Hình 2 biểu diễn thông số thống kê giá trị hàm lượng Chla và SD trong nước hồ Thác Bà tại 50 điểm đo trong ngày 16/12/2022. Theo đó, hàm lượng Chla trong nước hồ dao động từ 2,9 µg/L đến 29,1 µg/L, với giá trị trung bình là 7,11 µg/L. Kết quả đo đạc SD cũng tương đối phù hợp với kết quả xác định Chla, nước hồ có độ trong dao động từ 1,67 m đến 3,7 m, giá trị trung bình đạt 3,09 m. So với các hồ và hồ chứa khác của nước ta như hồ Suối Hai (Hà Nội, SD = 0,46-1,20 m [19]), hồ Đan Kia (Lâm Đồng, SD = 0,2-0,3 m [20]) hay hồ Trị An (Đồng Nai, SD = 20,28-164,9 cm [21]), nước hồ Thác Bà có độ trong cao hơn rất nhiều. So với các kết quả đo năm 2018 trong nghiên cứu [7] (Chla dao động từ 14 đến 19,5 µg/L vào tháng 4/2018 và từ 15 đến 40 µg/L vào tháng 8/2018; SD dao động từ 1,5-2,8 m và 1,4-2,3 m vào tháng 4/2018 và tháng 8/2018) thì giá trị Chla nhỏ hơn và SD có giá trị cao hơn trong đợt khảo sát lần này. Kết quả đo trong nghiên cứu này và trong [7] cho thấy rõ xu hướng theo mùa của các thông số dinh dưỡng trong môi trường nước. Cụ thể, vào tháng 12, khi nhiệt độ và ánh sáng mặt trời thấp hơn các tháng khác trong năm, quá trình quang hợp của tảo giảm xuống, dẫn đến sự suy giảm của Chla trong nước. Tương tự, tại thời điểm tháng 12 cũng là mùa khô ở Yên Bái, việc vận chuyển của các sông suối trong hồ thấp hơn tháng 4 và tháng 8, các chất dinh dưỡng và phù sa lơ lửng mang vào hồ ít, làm gia tăng độ trong của nước hồ.

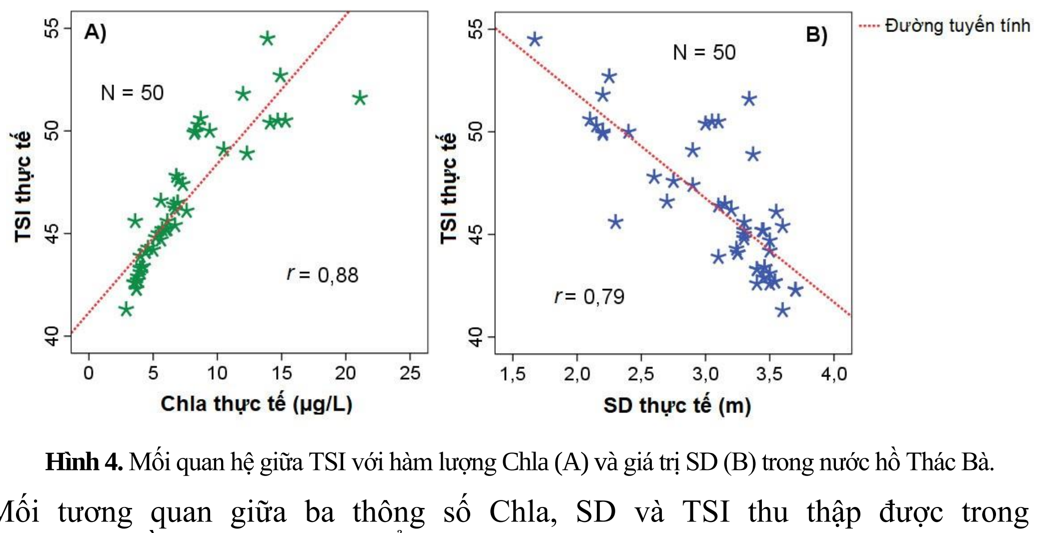


Hình 2. Biến thiên hàm lượng Chlorophyll-a (Chla) (A) và độ trong (SD) (B) của nước hồ Thác Bà trong ngày 16/12/2022.

Kết quả tính toán TSI dựa trên hàm lượng Chla và SD từ 50 điểm đo trong ngày 16/12/2022 được thể hiện trong Hình 3. Theo đó, độ lệch giữa các giá trị trung bình của TSI_{Chla} và TSI_{SD} dao động khoảng 6 trong khi độ lệch giữa giá trị lớn nhất của TSI_{Chla} và TSI_{SD} trong đợt khảo sát có thể lên tới 11. Cụ thể, TSI_{Chla} trong ngày 16/12/2022 dao động từ 41,0 đến 63,7 với giá trị trung bình là 50. TSI_{SD} dao động trong khoảng từ 41,2 đến 52,6 với giá trị trung bình là 43,7. Điều này cho thấy, tầm ảnh hưởng quan trọng của sinh khối tảo trong việc làm gia tăng mức độ dinh dưỡng của nước hồ Thác Bà. Kết quả tính toán TSI từ 2 thông số TSI_{Chla} và TSI_{SD} thể hiện rõ mức độ dinh dưỡng của hồ, cụ thể là hồ đang ở mức dinh dưỡng trung bình (*mesotrophy*) với giá trị TSI trung bình là 46,8 dựa theo thang phân loại [6]. Tuy nhiên, tại một số lớn điểm lấy mẫu đã có giá trị TSI > 50 cho thấy mức độ phú dưỡng đã xuất hiện trên hồ Thác Bà. Với nhận định đợt khảo sát trùng với thời điểm nước hồ có mức dinh dưỡng thấp nhất trong năm và dựa theo kết quả nghiên cứu trước đó [7] thì có thể dự báo rằng nước hồ đang ở mức phú dưỡng quanh năm. Điều này thể hiện chất lượng nước hồ đang có nguy cơ bị ô nhiễm, gây ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh và đặc biệt là khả năng cấp nước sinh hoạt của hồ. Thông tin về sự thay đổi trong không gian của chỉ số TSI trong thời điểm này có giá trị quan trọng vì giúp chúng ta hiểu rõ mức giá trị thấp nhất của TSI trong nước hồ và nơi phân bố của các giá trị này, từ đó có những chính sách kiểm soát ô nhiễm có hiệu quả.



Hình 3. Biến thiên các chỉ số dinh dưỡng của hồ Thác Bà trong đợt khảo sát ngày 16/12/2022.

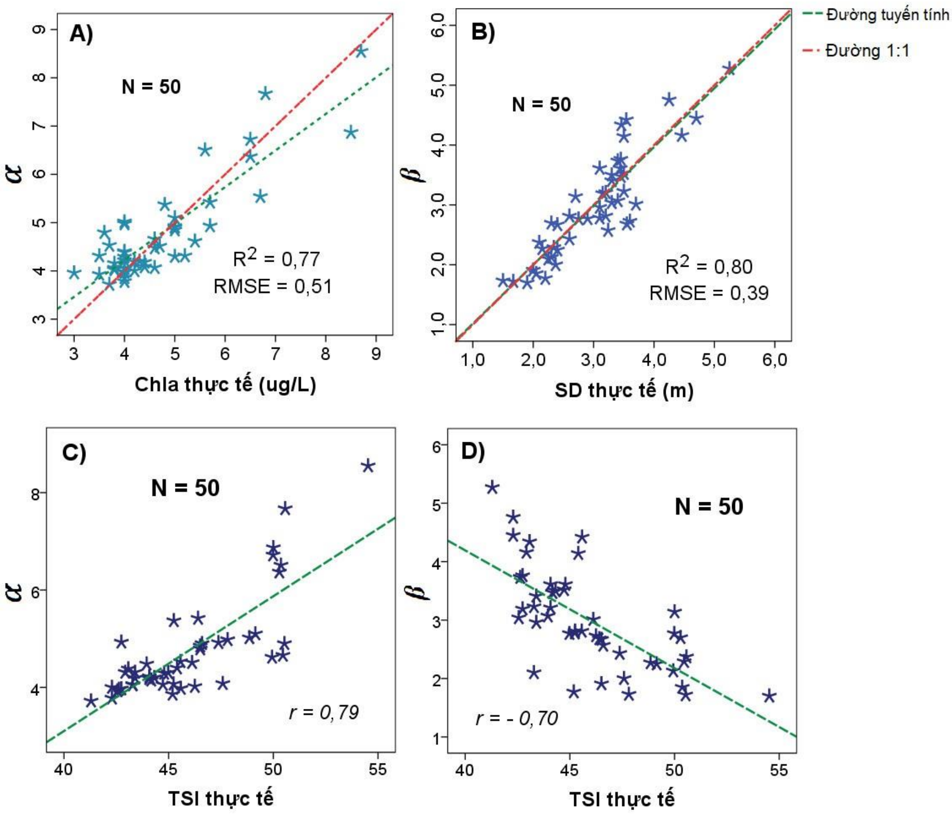


Hình 4. Mối quan hệ giữa TSI với hàm lượng Chla (A) và giá trị SD (B) trong nước hồ Thác Bà.

Mối tương quan giữa ba thông số Chla, SD và TSI thu thập được trong ngày 16/12/2022 tại hồ Thác Bà được thể hiện trong Hình 4. Theo đó, TSI tương quan cao với SD (r = 0,79) và rất cao với Chla (r = 0,88), điều này một lần nữa khẳng định mật độ tảo là yếu tố chính chi phối sự thay đổi của mức độ dinh dưỡng nước hồ. Đồng thời, sự tương quan này cho thấy việc sử dụng SD và Chla như là các biến phụ trợ trong mô hình co-kriging trong lập sơ đồ phân bố chỉ số TSI thực tế trong nước hồ Thác Bà theo không gian là hoàn toàn phù hợp.

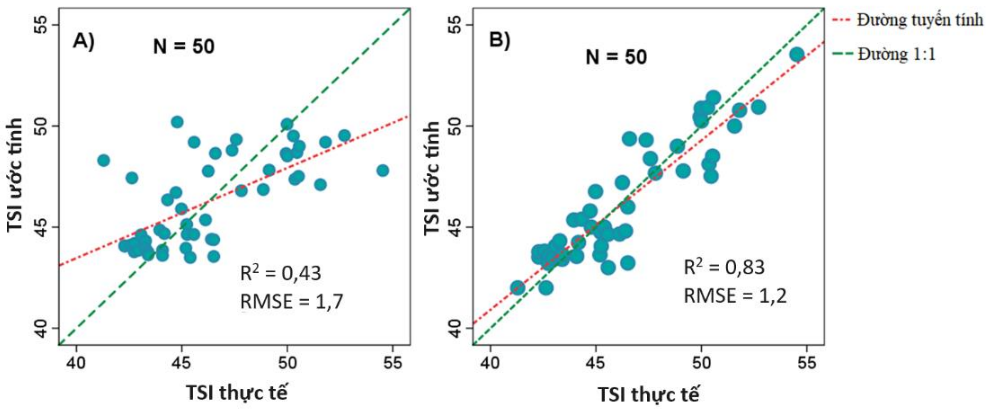
3.2. Các thông số ảnh phù hợp cho mô hình hóa phân bố TSI

Việc sử dụng các thông tin từ ảnh vệ tinh như các thông số bổ trợ cho việc mô hình hóa không gian đã được sử dụng trong một số nghiên cứu trước đó [22–23]. Ưu điểm của phương pháp này là tận dụng mối tương quan giữa các thông số ảnh và thông số cần khảo sát để ước tính các giá trị thông số cần khảo sát tại những điểm không khảo sát. Vì đặc trưng của ảnh vệ tinh là cung cấp thông tin liên tục trong không gian dưới dạng điểm ảnh (*pixel*) nên cung cấp thông tin phủ kín bề mặt cho vùng nghiên cứu. Trong khi đó, nếu chỉ sử dụng các thông tin khảo sát thì số lượng các thông tin đầu vào để mô hình hóa rất giới hạn do số lượng điểm khảo sát không lớn (bởi phụ thuộc vào kinh phí, thời gian, nhân lực và quy mô khảo sát) dẫn đến kết quả ước tính ở những điểm không khảo sát có sai số lớn hoặc bị bỏ lỡ mất những thay đổi ở quy mô nhỏ, đặc biệt là những biến động có tính chất nhỏ nhưng quan trọng (ví dụ như các điểm ô nhiễm). Trong nghiên cứu này, nếu sử dụng kết quả đo thực tế ở 50 điểm trên toàn mặt hồ Thác Bà (diện tích 234 km^2), thì ước tính khoảng 4,7 km^2 mới có một thông tin đầu vào cho mô hình. Trong khi đó, nếu sử dụng thông tin từ ảnh S3B đo cùng ngày thì số lượng thông tin đầu vào cho mô hình có thể lên đến 988 điểm bởi thực tế có 988 pixel ảnh phủ trên mặt hồ đạt chất lượng cho tính toán các thông số α và β. Giá trị TSI ước tính ở những điểm không khảo sát trên toàn bộ mặt hồ Thác Bà vì thế sẽ được dựa trên thông tin của 50 điểm khảo sát và 938 điểm ảnh còn lại.



Hình 5. Mối tương quan giữa giá trị Chla thực tế và α (A); SD thực tế và β (50) thu được từ 50 điểm ảnh tương ứng với các điểm khảo sát thực tế. Tương quan cao giữa TSI thực tế và hai thông số này (C-D) cho thấy sự phù hợp của thông số này để làm thông tin bổ trợ cho mô hình hóa không gian của giá trị TSI.

Vì giá trị TSI thực tế được tính toán từ Chla và SD thực tế theo hàm logarit tuyến tính [4] như thể hiện trong các phương trình (1), (2), (3) nên theo lý thuyết giá trị này thường có tương quan cao với Chla và SD (minh chứng bởi Hình 4). Hai thông số α và β từ ảnh S3B thực tế là giá trị Chla và SD trong nước hồ Thác Bà vào ngày khảo sát (16/12/2022) được tính toán từ ảnh và hai thông số này có tương quan cao với giá trị Chla (r = 0,88) và SD (r = 0,89) thực tế như trong hình 5A và 5B. Chính vì thế, hai thông số này cũng tương quan cao với giá trị TSI thực tế (Hình 5C và 5D). Kết quả này cho thấy α và β hoàn toàn phù hợp dùng làm thông tin bổ trợ để mô hình hóa sự phân bố theo không gian của TSI trong nước hồ, sự thay đổi của chúng trong 938 pixel còn lại giúp cho việc ước tính giá trị TSI ở những điểm không khảo sát này chính xác hơn.



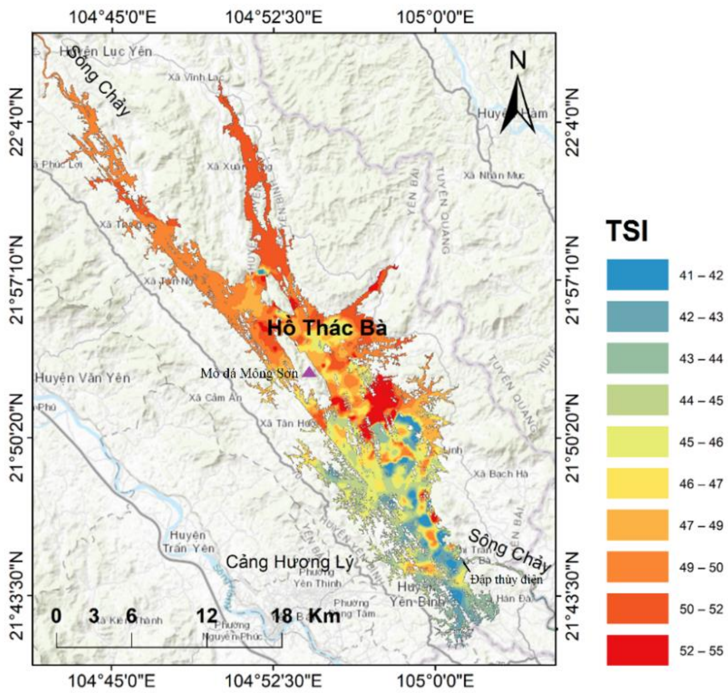
Hình 6. So sánh kết quả ước tính của mô hình Co-kriging khi sử dụng các số liệu đo thực tế (TSI, Chla, SD thực tế) (A) và khi sử dụng các biến số α, β từ ảnh S3B và TSI thực tế (B).

Hình 6A diễn tả kết quả mô hình hóa không gian sự phân bố của TSI trong nước hồ Thác Bà khi không có thông tin bổ trợ, nghĩa là chỉ sử dụng sự tương quan của chỉ số TSI thực tế với Chla và SD thực tế tại điểm đo. Kết quả cho thấy ước tính của mô hình phân bố TSI có sai số lớn (R^2 = 0,43; RMSE = 1,7), dự đoán giá trị TSI ở các điểm không khảo sát có thể không biến thiên đồng đều với thực tế. Do đó, kết quả mô hình hóa sự phân bố không gian TSI từ mô hình này là không thể chấp nhận. Nói cách khác, nếu chỉ sử dụng các thông số đo thực tế tại 50 điểm đo, chúng ta chỉ có thể đánh giá hiện trạng phú dưỡng nước hồ ở 50 điểm khảo sát này mà không thể đưa ra nhận định chính xác về sự thay đổi của hiện trạng phú dưỡng nước hồ theo không gian.

Hình 6B biểu diễn sự thay đổi của kết quả mô hình khi sử dụng kết hợp thông tin từ ảnh S3B, cụ thể là sử dụng giá trị α và β từ ảnh như hai biến đầu vào cho mô hình co-kriging ước tính phân bố của TSI. Kết quả cho thấy hệ số xác định R^2 (độ chính xác) của mô hình đã tăng lên đáng kể: từ R^2 = 0,43 lên đến R^2 = 0,84. Sai số của giá trị TSI ước tính trung bình trong không gian cũng giảm xuống còn 1,3. Điều này khẳng định rõ sự hiệu quả của việc sử dụng thông tin bổ trợ từ ảnh S3B trong đánh giá hiện trạng phú dưỡng nước hồ.

3.3. Phân bố không gian của TSI trong nước hồ Thác Bà

Kết quả TSI được mô hình hóa sử dụng sự tương quan giữa các giá trị chỉ số α và β từ ảnh S3B và các điểm đo thực tế được thể hiện trong Hình 7. Theo đó, giá trị TSI trong khoảng 45-55 gần như bao phủ toàn bộ mặt hồ. Theo thang phân loại [6], nước hồ Thác Bà đang ở mức dinh dưỡng trung bình đến phú dưỡng. Các khu vực có giá trị TSI thấp (41-45) thường phân bố ở gần đập thủy điện - đây là khu vực nước lặng, độ sâu lớn và là nơi ít chịu ảnh hưởng nhất từ các hoạt động nhân sinh và hoạt động khai thác du lịch tàu bè. Các khu vực có TSI cao hơn phân bố trải dài từ thượng nguồn nơi có nước dòng sông Chảy và các nhánh sông đổ vào đến giữa lòng hồ. Đặc biệt khu vực trung tâm hồ có giá trị TSI cao nhất (52-55) - đây là nơi có hoạt động khai thác đá của mỏ khai thác đá Mông Sơn và gần khu vực cảng, nhà hàng tàu bè. Với mức dinh dưỡng như hiện nay, tình trạng phú dưỡng của hồ Thác Bà là hoàn toàn có thể kiểm soát được nếu như có những giải pháp quản lý môi trường hồ hiệu quả. Ngược lại, nếu không có những biện pháp khắc phục, hiện tượng phú dưỡng sẽ tiếp tục tăng mạnh, đặc biệt là khi các hoạt động du lịch và nuôi trồng thủy sản đang có chiều hướng tăng lên.



Hình 7. Phân bố TSI của nước hồ Thác Bà trong đợt khảo sát ngày 16/12/2022.

4. Kết luận

Mô hình hóa chính xác và chi tiết sự phân bố trong không gian của giá trị TSI là một bước quan trọng trong đánh giá hiện trạng phú dưỡng nước hồ, giúp dự đoán nguyên nhân và kiểm soát ô nhiễm hiệu quả. Nghiên cứu này sử dụng các thông tin bổ trợ từ ảnh S3B để nâng cao độ chính xác và chi tiết sự phân bố trong không gian của giá trị TSI trong nước hồ Thác Bà. Kết quả nghiên cứu cho thấy hai thông số α và β tương ứng với giá trị Chla và SD tính toán từ ảnh S3B theo thuật toán đề xuất bởi [17] phù hợp để sử dụng là thông tin bổ trợ cho mục đích nghiên cứu, giúp nâng cao độ chính xác của mô hình co-kriging ước tính phân bố của TSI. Hiệu quả của thông tin bổ trợ từ ảnh S3B thể hiện rõ qua sự thay đổi của giá trị R^2 trong mô hình co-kriging, thay đổi từ 0,43 lên 0,84 khi dùng thông tin bổ trợ. Kết quả mô hình hóa TSI cho thấy nước hồ Thác Bà trong thời điểm khảo sát ngày 16/12/2022 đang ở mức dinh dưỡng trung bình đến phú dưỡng (TSI = 41-55). Vùng nước hồ xung quanh các nhánh sông, mỏ khai thác đá Mông Sơn và gần khu vực cảng nhà hàng tàu bè có giá trị TSI cao hơn các vùng nước hồ khác. Nghiên cứu cũng minh chứng cho việc sử dụng kết hợp dữ liệu ảnh vệ tinh và mô hình địa thống kê co-kriging là một phương pháp hiệu quả để đánh giá nhanh sự phân bố trong không gian của các thông số chất lượng nước một thủy vực khi số lượng các điểm khảo sát có giới hạn. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học về tình trạng phú dưỡng, từ đó đề xuất các giải pháp kỹ thuật cho việc theo dõi, giám sát và quản lý hiệu quả nguồn nước hồ Thác Bà.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.T.P.T., N.T.T.H., P.Q.V.; Xử lý số liệu: N.T.P.T., N.T.H., T.T.H.; Lấy mẫu: N.T.P.T., N.T.H., N.T.T.H., P.Q.V., T.T.H.; Viết bản thảo bài báo: N.T.P.T., P.Q.V., N.T.T.H.; Chỉnh sửa bài báo: N.T.P.T., N.T.T.H., P.Q.V.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam thông qua đề tài hỗ trợ NCVCC có mã số: NVCC10.02/23-23. Tập thể tác giả bài báo xin trân trọng cảm ơn sự tài trợ của ESA đã cung cấp ảnh Sentinel cho 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. Galvez-Cloutier, R.; Sanchez, M. Trophic Status Evaluation for 154 Lakes in Quebec, Canada: Monitoring and Recommendations. *Water Qual. Res. J.* **2007**, *42(4),* 252–268.
2. Vollenweider, R.A.; Giovanardi, F.; Montanari, G.; Rinaldi, A. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environ: Official J. Int. Soc. Environ. Sports* **1998**, *9(3),* 329–357.
3. Vollenweider, R.A.; Kerekes, J. Eutrophication of waters-monitoring, assessment and control OECD. Paris, 1982, pp. 154.
4. Carlson, R.E. A trophic state index for lakes 1. *Limnol. Oceanogr.* **1977**, *22(2),* 361–369.
5. Cheng, K.S.; Lei, T.C. Reservoir trophic state evaluation using Landsat TM images 1. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **2001**, *37(5),* 1321–1334.
6. Carlson, R.E.; Simpson, J. A coordinator's guide to volunteer lake monitoring methods. North American Lake Management Society, 1996, pp. 96.
7. Vinh, P.Q.; Ha, N.T.T.; Binh, N.T.; Thang, N.N.; Oanh, L.T.; Thao, N.T.P. Developing algorithm for estimating chlorophyll-a concentration in the Thac Ba Reservoir surface water using Landsat 8 Imagery. *VN J. Earth Sci.* **2019**, *41*, 10–20.
8. Kim, Đ.Đ.; Thủy, D.T.; Liên, N.T.T.; Sơn, Đ.T.; Quỳnh, L.T.P.; Chi, Đ.H.L. Vi khuẩn lam độc nước ngọt. Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 2014, tr. 326.
9. Hieu, V.H.; Quynh, L.T.P.; Josette, G.; Etcheber, H.; Thuy, D.T.; Cuong, H.T. Preliminary observation of particulate organic carbon (POC) contents in water environment of the downstream of Red River system. *VN J. Earth Sci.* **2012**, *34(1),* 65–69.
10. Dũng, T.N.K.; Nhã, C.C.P. Đánh giá hiện trạng, dự báo diễn biến bùn cát hồ chứa Thác Bà. Kỷ yếu Hội thảo khoa học lần thứ 9 - Viện khí tượng Thủy văn 2013, 380–385.
11. Membrillo-Abad, A.S.; Torres-Vera, M.A.; Alcocer, J.; Prol-Ledesma, R.M.; Oseguera, L.A.; Ruiz-Armenta, J.R. Trophic State Index estimation from remote sensing of lake Chapala, México. *Revista mexicana de ciencias geológicas* **2016**, *33(2)*, 183–191.
12. Fuller, L.M.; Jodoin, R.S. Estimation of a Trophic State Index for selected inland lakes in Michigan, 1999–2013 (No. 2016-5023). US Geological Survey, 2016.
13. Lind, O.T. Handbook of common methods in limnology. The CV Mosley Company, 1979.
14. TCVN 6662:2000 (ISO 10260:1992) về Chất lượng nước - Đo thông số sinh hóa - Phương pháp đo phổ xác định nồng độ Clorophyl-a.
15. Lyu, H.; Yang, Z.; Shi, L.; Li, Y.; Guo, H.; Zhong, S.; ... Li, Y. A novel algorithm to estimate phytoplankton carbon concentration in inland lakes using Sentinel-3 OLCI images. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* **2020**, *58(9),* 6512–6523.
16. Xu, J.; Bian, Y.; Lyu, H.; Miao, S.; Li, Y.; Liu, H.; Xu, J. Estimation of particulate backscattering coefficient in turbid inland water using Sentinel 3A-OLCI image. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* **2021**, *14*, 8577–8593.
17. Rodrigues, G.; Potes, M.; Penha, A.M.; Costa, M.J.; Morais, M.M. The use of Sentinel-3/OLCI for monitoring the water quality and optical water types in the largest Portuguese reservoir. *Remote Sens.* **2022**, *14(9),* 2172.
18. Journel, A.G.; Journel, A.G. Fundamentals of geostatistics in five lessons (Vol. 8). Washington, DC: American Geophysical Union. 1989.

19. Linh, N.T.; Ha, N.T.T.; Thao, N.T.P.; Pham, Q.V. Assessing trophic status of suoi hai reservoir using carlson's trophic state index. *VN J. Earth Sci.* **2021**, *43(4),* 509–523.
20. Tĩnh, T.T.; Đoàn, N.H.; Bùi, N.L.H.; Nguyễn, T.T.T. Đánh giá mức độ ảnh hưởng của các nguồn nước chảy vào hồ Đan Kia và áp dụng mô hình AQUATOX quản lý chất lượng nước hồ. *Tạp chí sinh học* **2016**, *38(1),* 61–69.
21. Yến, T.T.H.; Lượm, T.L. Đánh giá hiện trạng phú dưỡng và yếu tố môi trường chi phối quần xã tảo lục ở hồ Trị An. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* **2019**, *17(8),* 645–664.
22. Ha, N.T.T.; Koike, K.; Nhuan, M.T. Improved accuracy of chlorophyll-a concentration estimates from MODIS imagery using a two-band ratio algorithm and geostatistics: As applied to the monitoring of eutrophication processes over Tien Yen Bay (Northern Vietnam). *Remote Sens.* **2013**, *6(1),* 421–442.
23. Usowicz, B.; Lipiec, J.; Łukowski, M.; Słomiński, J. Improvement of spatial interpolation of precipitation distribution using cokriging incorporating rain-gauge and satellite (SMOS) soil moisture data. *Remote Sens.* **2021**, *13(5),* 1039.

Improved assessment of eutrophication in Thac Ba Reservoir using Sentinel-3B image and Co-kriging

Nguyen Thien Phuong Thao[1], Pham Quang Vinh[2]*, Nguyen Trung Hau[1], Tran Thi Hien[3], Nguyen Thi Thu Ha[1]*

[1] Faculty of Geology, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi; nguyenthienphuongthao_t57@hus.edu.vn; nguyentrunghau_t64@hus.edu.vn; hantt_kdc@vnu.edu.vn
[2] Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology; pqvinh@ig.vast.vn
[3] Department of Geomatics, Cheng Kung University, Taiwan; p66127059@gs.ncku.edu.tw

Abstract: Accurately modeling the spatial distribution of the trophic state index (TSI) is a critical task for assessing the current state of eutrophication in reservoir water, enabling the proficient management of pollution. This study aims to determine the geospatial analysis method and auxiliry data to improve accuracy in modelling spatial distribution of TSI, thereby helping to optimize assessent of eutrophication in Thac Ba Reservoir. Basing on in situ dataset of Chlorophyll-a (Chla) concentration, water transparency (SD) obtained from 50 point in the reservoir and Sentinel-3B (S3B) images taken simultaneously on December 16, 2022, we have determined two parameters α and β from S3B image that are highly correlated with in situ TSI (r = 0.79 and 0.70) and contribute to enhancing the accuracy of the co-kriging model in estimating TSI in reservoir suface water (R^2 is from 0.43 to 0.83; RMSE is from 1.69 to 1.23). The result shows that the estimated TSI values confirm the transition of the reservoir's trophic state from mesotrophic to eutrophic and exhibit spatial heterogeneity, depending on human activities in and around the reservoir regions. These research outcomes underscore the effectiveness of S3B satellite imagery as a valuable tool for assessing water quality in large reservoir, such as Thac Ba Reservoir.

Keywords: Mapping; Eutrophication; Thac Ba Reservoir; Sentinel-3B; TSI.

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Đánh giá nhận thức của người dân về sạt lở bờ sông liên quan đến tác động của hoạt động khai thác cát tại Đồng bằng sông Cửu Long

Nguyễn Thị Hương[1], Nguyễn Đức Thiện[1*], Trần Đức Dũng[1,2], Cấn Thu Văn[3], Châu Nguyễn Xuân Quang[1,4]

[1] Viện Môi trường và Tài nguyên - Đại học Quốc gia TP.HCM (IER–VNUHCM); huongnguyen300397@gmail.com; thienduc295@gmail.com; dungtranducvn@yahoo.com; cnxquang@hcmier.edu.vn

[2] Trung tâm Quản lý nước và Biến đổi khí hậu - Viện Môi Trường và Tài Nguyên (WACC–IER), Đại học Quốc gia TP.HCM; dungtranducvn@yahoo.com

[3] Trường Đại học Tài Nguyên và Môi Trường TP. HCM; ctvan@hcmunre.edu.vn

[4] Phòng Thủy văn và Tài Nguyên Nước, Viện Môi Trường và Tài Nguyên - Đại học Quốc gia TP.HCM (IER–VNUHCM); cnxquang@hcmier.edu.vn

*Tác giả liên hệ: thienduc295@gmail.com; Tel.: +84–374199991

Ban Biên tập nhận bài: 6/10/2023; Ngày phản biện xong: 20/11/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2024

Tóm tắt: Nhu cầu khai thác cát lòng sông vượt quá khả năng bồi đắp tự nhiên là một trong những nguyên nhân chính gây sạt lở bờ sông và ảnh hưởng xấu đến môi trường ở Việt Nam, đặc biệt ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Tuy nhiên, nhận thức của người dân về việc khai thác cát dẫn đến sạt lở bờ sông còn hạn chế. Mục tiêu nghiên cứu nhằm làm rõ nhận thức của người dân địa phương về các vấn đề môi trường và sạt lở bờ sông do hoạt động khai thác cát gây ra tại ĐBSCL. Nghiên cứu điều tra khảo sát xã hội qua bảng hỏi cho 104 người dân tại Cần Thơ và An Giang trong năm 2022 và 2023. Kết quả cho thấy người dân nhận thức được các tác động môi trường do khai thác cát, nhưng chỉ 40% người dân được hỏi hiểu rõ sạt lở bờ sông có liên quan đến hoạt động khai thác cát. Trong đó, chỉ 16,3% (17/104 người) hiểu cơ chế vật lý của việc khai thác cát dẫn đến sạt lở bờ sông. Kết quả cũng cho thấy những hộ dân bị ảnh hưởng trực tiếp bởi các vụ sạt lở hiểu rõ hơn về cơ chế ảnh hưởng. Nghiên cứu cho thấy nhu cầu cần thiết cho việc nâng cao nhận thức của người dân địa phương về tác động của khai thác cát liên quan đến sạt lở bờ sông.

Từ khóa: Khai thác cát; Sạt lở bờ sông; Nhận thức; Môi trường; ĐBSCL.

1. Mở đầu

Khai thác cát lòng sông là một trong những vấn đề môi trường đáng báo động trên quy mô toàn cầu [1]. Để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế - xã hội, cát trở thành vật liệu không thể thiếu trong nhiều mục đích sử dụng khác nhau, đặc biệt quan trọng trong quá trình tạo xi măng, nhựa đường và thủy tinh, dẫn đến nhu cầu khai thác cát ngày càng tăng [2]. Kết quả là nhiều dòng sông, lưu vực sông lớn trên thế giới bị khai thác mạnh mẽ với khối lượng lên tới 50 tỷ tấn cát, sỏi mỗi năm, dự kiến sẽ tăng lên 82 tỷ tấn vào năm 2060 [1]. Dù đóng góp vào phát triển kinh tế [3], khai thác cát đã và đang gây ra những tác động xấu đến môi trường khi góp phần gây ô nhiễm nguồn nước, đất ở các dòng sông và khu dân cư do rò rỉ một lượng lớn chất thải và kim loại nặng đe dọa hệ sinh thái sông [4]. Không chỉ gây ô nhiễm, khai thác cát còn lấy đi lượng lớn trầm tích của lòng sông, làm tồi tệ hơn tình trạng sạt lở bờ sông gây thiệt hại về tài sản và ảnh hưởng đến sinh kế của người dân. Phải đối mặt với vấn đề trên, tuy nhiên, người dân địa phương chưa nhận thức được các tác động môi trường do khai thác cát, điều này đã cản trở việc thực hiện các biện pháp về bảo vệ và giảm thiểu tác động do khai thác cát gây ra. Vấn đề khai thác cát sông đe dọa đến sự ổn định bờ sông và sinh kế của người dân đã và đang là thực trạng tại nhiều nơi ở Việt Nam, đặc biệt là khu vực ĐBSCL, nơi có hai nhánh sông chính (sông Tiền và sông Hậu) đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển kinh tế và ổn định sinh kế người dân. Khu vực ĐBSCL đang đối mặt với vấn đề thâm hụt tài nguyên cát nghiêm trọng do nhu cầu hiện tại cho xây dựng cơ sở hạ tầng trong nước và lượng lớn cát xuất khẩu trước đây [5]. Không những suy giảm lượng cát đang có, ĐBSCL còn bị suy giảm lượng cát chảy về hằng năm khi nghiên cứu cho thấy lượng trầm tích của ĐBSCL bị thâm hụt khoảng 25 triệu tấn/năm do hoạt động khai thác cát và bị giữ lại bởi các nhà máy thủy điện trên thượng nguồn [6]. Lượng lớn cát dưới lòng sông bị hao hụt hằng năm gây ảnh hưởng xấu đến địa hình và chế độ thủy văn, mà tác động dễ nhận thấy nhất là sạt lở bờ sông. Theo tổng cục phòng chống thiên tai thuộc Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, tính đến năm 2021, có 621 điểm xói mòn dọc theo bờ sông Mê Công ở đồng bằng sông Cửu Long với tổng chiều dài 610 km [7].

Trong những thập kỷ qua, tác động môi trường của việc khai thác cát từ sông là vấn đề đáng quan ngại trên thế giới, nhiều nghiên cứu đã tập trung thực hiện vấn đề này [5, 8–14]. Bằng phương pháp điều tra khảo sát, nghiên cứu [14] đã chỉ ra rằng khai thác cát làm mất đi nguồn sinh kế chính của người dân (mất đất canh tác), tạo ra các hố do khai thác cát bị bỏ hoang, làm phát sinh các chất gây ô nhiễm, đặc biệt là tạo điều kiện cho muỗi truyền bệnh sốt rét gây ảnh hưởng đến sức khỏe người dân. Một nghiên cứu khác [15] tại LuKu, bắc miền trung Nigeria đã thực hiện cuộc khảo sát và phân tích mẫu đất trong phòng thí nghiệm, kết quả cho thấy khai thác cát khiến cảnh quan bị phá hủy, đất canh tác bị thu hẹp, sạt lở bờ sông, ô nhiễm nguồn nước và nồng độ các chất chỉ thị của nguồn nước đều vượt ngưỡng cho phép gây ảnh hưởng xấu cho thực và động vật. Nghiên cứu [16] đã khảo sát tác động của việc khai thác cát ở khu vực Manipur trên sông Imphal cho thấy khai thác cát mặc dù gây tác động tiêu cực đến môi trường nhưng mang lại thu nhập cho người lao động và phát triển kinh tế. Nghiên cứu [17] đã phỏng vấn những người dân địa phương ở Bangladesh, nghiên cứu cho thấy khai thác cát và sỏi là mối quan tâm đối với những người có tài sản gần sông, và cũng là nguyên nhân gây ra sạt lở bờ sông. Bên cạnh đó việc kinh doanh và bán cát đã gây ra thiệt hại đáng kể cho các con đường và gây xung đột giữa cư dân địa phương. Nghiên cứu [18] đã khảo sát và phỏng vấn những thợ mỏ về hoạt động khai thác cát ở Nolokla, kết quả cho thấy có sự tích cực về mặt kinh tế, làm tăng thu nhập cho các thợ mỏ, dù họ thừa nhận hoạt động này có tác động làm suy thoái đất, giảm nguồn nước, ô nhiễm môi trường.

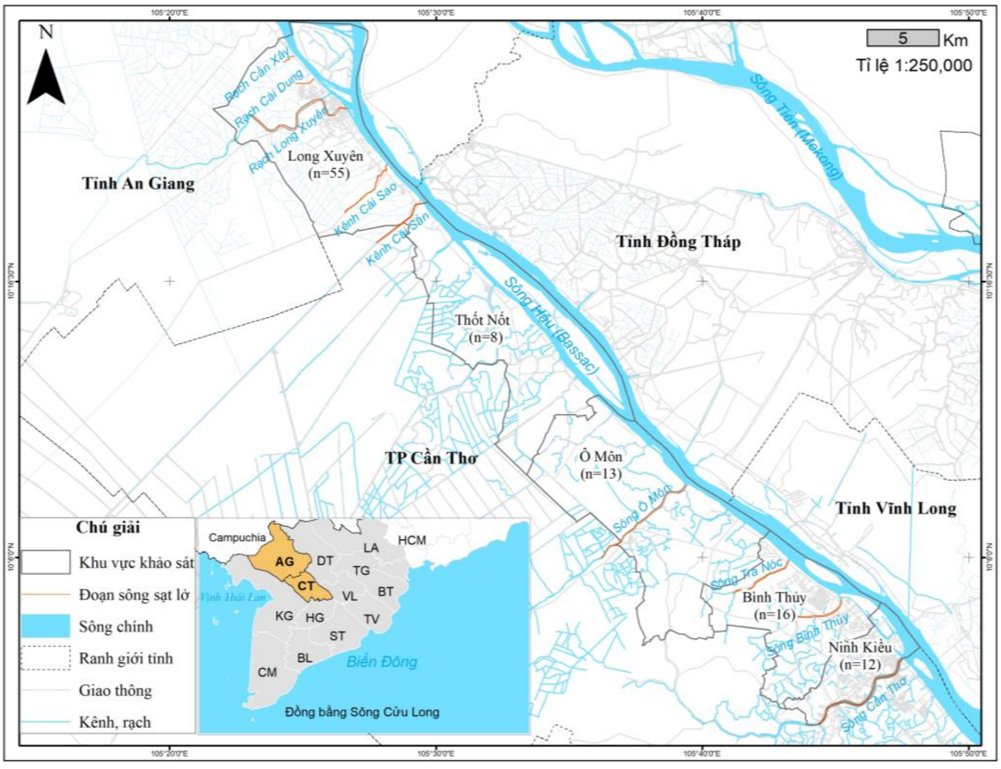
Tại ĐBSCL, việc khai thác cát quá mức và không bền vững từ các sông (sông Hậu, sông Tiền,…) là trọng tâm nghiên cứu gần đây [19–23]. Một số báo cáo cho rằng một trong những nguyên nhân làm tăng tốc độ sạt lở bờ sông và sạt lở đất là do khai thác cát, được thực hiện để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về vật liệu xây dựng [24] và cho mục đích thương mại [25]. Nghiên cứu [5] ước tính rằng tối thiểu 34 Mm^3 được khai thác hàng năm, chủ yếu là cát (90%) và 10% là sỏi, đá cuội. Nghiên cứu [20] ứng dụng công nghệ viễn thám - GIS và thực hiện khảo sát 90 điểm tại khu vực nghiên cứu đã cho thấy diện tích sạt lở lên tới 14.685 ha, chủ yếu tại tỉnh An Giang và Đồng Tháp lần lượt là 3.147 ha (21,43%) và 3.788 ha (25,79%). Nghiên cứu [26] sử dụng phương pháp đo đạc thực địa, điều tra xã hội qua bảng hỏi với người dân và chính quyền tại các khu vực sạt lở và đã xác định có 4 nguyên nhân chính gây sạt lở bờ sông là: (1) giao thông đường thủy, (2) sóng và thủy triều, (3) nạo vét lòng sông và (4) xây đắp nền đường có địa chất yếu và nguyên nhân phụ: (5) lượng phù sa từ thượng nguồn giảm, (6) khai thác cát, (7) mực nước ngầm giảm và (8) sụt lún. Gần đây nhất, nghiên cứu [27] đã phỏng vấn trực tiếp với 218 người dân tỉnh Đồng Tháp và An Giang nhằm định lượng mức độ tổn thương của người dân do sạt lở bờ sông, kết quả cho thấy hơn 70% tổng số hộ thuộc nhóm dễ bị sạt lở bờ sông nhưng chỉ 28% có khả năng ứng phó với những hậu quả.

Cho đến nay đã có nhiều nghiên cứu trong nước và ngoài nước điều tra nhận thức của người dân đối với hoạt động khai thác cát [18, 27, 28]. Nhìn chung, các nghiên cứu đánh giá nhận thức của người dân về sạt lở bờ sông do khai thác cát còn hạn chế so với những nghiên cứu tập trung vào tác động môi trường của việc khai thác cát. Thêm vào đó, người dân chưa hiểu rõ về khai thác cát dẫn đến sạt lở và nhận thức của họ cũng chưa được phân tích cụ thể một cách khoa học. Mặc dù đã có một số bài báo phỏng vấn người dân cho thấy sự bất an của họ về hoạt động khai thác cát sông gây sạt lở, tuy nhiên mối liên hệ với các hoạt động khai thác cát chưa được nêu rõ ràng [29]. Vì vậy, mục đích nghiên cứu của nhóm tác giả nhằm (1) làm rõ nhận thức của người dân địa phương về khai thác cát gây ra các vấn đề môi trường và (2) đánh giá nhận thức về các hoạt động khai thác cát dẫn đến sạt lở bờ sông đang diễn ra tại An Giang và Cần Thơ (những điểm nóng về vấn đề khai thác cát và sạt lở của ĐBSCL. Khai thác cát rất quan trọng trong phát triển kinh tế cho ĐBSCL, nhưng sức khỏe và phúc lợi của người dân tại các khu vực chịu ảnh hưởng trực tiếp của hoạt động khai thác cũng quan trọng. Nghiên cứu này dự định cung cấp cho chính quyền địa phương, các nhà quản lý ra quyết định toàn diện hơn về ý nghĩa phát triển bền vững trong khai thác cát và từ đó thực hiện các chiến lược quản lý khai thác cát hiệu quả hơn.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Tỉnh An Giang và thành phố Cần Thơ nằm dọc theo sông Hậu là nơi hoạt động khai thác cát lòng sông diễn ra mạnh mẽ do nhu cầu sử dụng cát phục vụ cho các dự án xây dựng cơ sở hạ tầng [30]. Tình trạng sạt lở bờ sông tại đây ngày càng báo động bởi những thay đổi về hình thái, lòng dẫn của sông do các đập thủy điện ở thượng nguồn giữ lại phần lớn lượng trầm tích của ĐBSCL và hoạt động khai thác lấy đi lượng cát lòng sông trên các con sông chính. Kết quả là ngân hàng cát của ĐBSCL đã cho thấy lượng trầm tích bị thâm hụt lên tới 25 triệu tấn/năm [31]. Nghiên cứu [32] cho thấy phù sa tại ĐBSCL giảm 74,1% bởi các công trình thủy điện trên thượng nguồn sông Mê Công và khai thác cát ảnh hưởng 14,8% xói lở bờ sông hằng năm (còn lại là do thiếu hụt phù sa thượng nguồn).



Hình 1. Bản đồ điều tra khảo sát xã hội về khai thác cát và sạt lở bờ sông tại An Giang và Cần Thơ.

Nghiên cứu điều tra khảo sát xã hội từ ngày 24/6/2022 đến ngày 29/6/2022 và từ ngày 5/10/2023 đến ngày 10/10/2023 tại bốn huyện Thốt Nốt, Ninh Kiều, Bình Thủy và Ô Môn thuộc thành phố Cần Thơ và khu vực thành phố Long Xuyên thuộc tỉnh An Giang. Năm địa điểm được lựa chọn khảo sát nằm ven bờ sông Hậu là những khu vực có hoạt động khai thác cát diễn ra mạnh mẽ và tình trạng sạt lở bờ sông ngày càng nghiêm trọng (Hình 1).

2.2. Thu thập, xử lý tổng hợp tài liệu

Nghiên cứu thực hiện thu thập, đánh giá các tài liệu trên hệ thống "google scholar", các trang web, các báo cáo của tỉnh về vấn đề khai thác cát, sạt lở bờ sông,.. Tất cả các nghiên cứu, bài viết có liên quan về nhận thức của người dân đối với hoạt động khai thác cát cũng như các nghiên cứu có liên quan giữa vấn đề khai thác cát và sạt lở bờ sông được tìm thấy trong quá trình tìm kiếm tài liệu đều được sàng lọc ban đầu trước khi được chọn để đọc chi tiết. Dựa trên việc tìm kiếm tài liệu, nhóm tác giả đã so sánh kết quả nghiên cứu của mình với thông tin đã được công bố.

2.3. Phương pháp GIS

Phần mềm ArcGIS phiên bản 10.8 được sử dụng trong nghiên cứu để lưu trữ thông tin địa lý và hỗ trợ xây dựng bản đồ khu vực nghiên cứu.

2.4. Điều tra khảo sát, phỏng vấn hộ dân

Để nghiên cứu và làm rõ sự nhận thức của người dân về tình hình cũng như mối liên hệ về tác động giữa khai thác cát và sạt lở bờ sông, một bảng hỏi được thiết kế dựa trên đánh giá tổng quan tài liệu. Bảng hỏi gồm 4 phần: (1) Thông tin chung (Tên, tuổi, giới tính, nghề nghiệp, trình độ học vấn, thời gian sinh sống tại khu vực); (2) Vai trò của dòng sông (vai trò, mục đích sử dụng và những thay đổi môi trường trong thời gian gần đây); (3) Quan sát hoạt động khai thác cát (Tần suất, thời gian khai thác, tàu, xe vận chuyển cát); và (4) Nhận thức của người dân về khai thác cát (tốt hay xấu, tác động liên quan, việc khai thác cát có bất hợp pháp không, giải pháp). Người được phỏng vấn sẽ trả lời hàng loạt câu hỏi trắc nghiệm về các khía cạnh ý kiến cá nhân của họ đối với hoạt động khai thác cát, các giải pháp, kinh nghiệm mà họ đã trải qua.

Điều tra khảo sát xã hội qua bảng hỏi được thực hiện vào tháng 6/2022 và tháng 10/2023. Qua đó, nghiên cứu lựa chọn lấy kết quả bảng hỏi của 34 hộ dân (năm 2022) và 70 hộ dân (năm 2023) phần lớn đã sinh sống ven sông lâu đời trên 10 năm và có khả năng mô tả các hoạt động khai thác cát và sạt lở tại khu vực sinh sống. Cụ thể là (1) các hộ dân chịu ảnh hưởng, chưa được chính quyền địa phương hỗ trợ di dời và (2) các hộ sinh sống gần khu vực bị sạt lở bờ sông hằng năm của thành phố Cần Thơ (Thốt Nốt, Ninh Kiều, Bình Thủy và Ô Môn) và tỉnh An Giang (Thành phố Long Xuyên). Mỗi cuộc phỏng vấn kéo dài khoảng 30 phút để thu thập những thông tin quan trọng và có ý nghĩa cho quá trình phân tích dữ liệu. Đây là nghiên cứu định tính, nên việc thu thập thông tin ngừng khi lượng thông tin bão hòa để có thể trả lời các mục tiêu và các câu hỏi nghiên cứu. Thông thường, các nghiên cứu trước đây thường thực hiện khảo sát 30 phiếu phỏng vấn ở mỗi địa điểm lấy ý kiến khảo sát nhằm đảm bảo con số tối thiểu để phân tích thống kê [33].

2.5. Phương pháp xử lý và phân tích dữ liệu

Dữ liệu sau khi thu thập được từ điều tra khảo sát xã hội, các cuộc phỏng vấn với người dân được chỉnh lý đồng nhất tiếp đó các dữ liệu này được xử lý bằng phần mềm Stagraphics và Microsoft Excel. Đây là hai phần mềm thường được sử dụng cho mục đích thống kê, phân tích đặc trưng các mẫu và đã được nhiều nghiên cứu sử dụng [34]. Phương pháp thống kê - mô tả được sử dụng để phân tích các số liệu sơ cấp từ kết quả điều tra phỏng vấn. Kết quả sau khi xử lý sẽ được thể hiện dưới dạng biểu đồ, bảng biểu, hình ảnh,...phục vụ mục đích nghiên cứu.

3. Kết quả

3.1. Đặc điểm chung của người được phỏng vấn

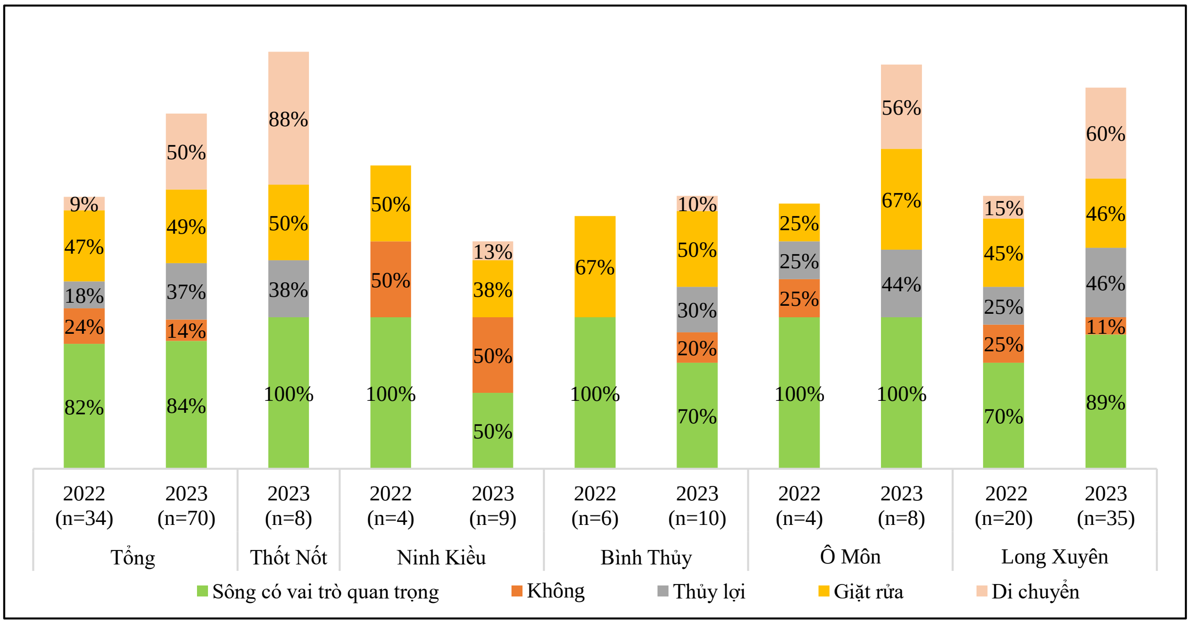
Kết quả thống kê khảo sát 70 người dân vào năm 2023 tại các địa điểm được khảo sát của thành phố Cần Thơ và thành phố Long Xuyên về thông tin của của người được phỏng vấn (tên, giới tính, tuổi, nghề nghiệp, khu vực sinh sống) cho thấy sự tương đồng về đặc điểm giới tính của chủ hộ, độ tuổi. Xét về độ tuổi, số người dân được phỏng vấn trên 60 tuổi chiếm 13%, phần lớn số hộ được phỏng vấn ở độ tuổi 30-60 (87%). Độ tuổi trung bình của toàn bộ người dân được phỏng vấn tương đối cao (50 tuổi), với tỉ lệ giới tính 57% nam, 43% nữ). Những người được phỏng vấn có trình độ học vấn còn khá thấp với khoảng 34% có trình độ tiểu học; 46% có trình độ trung học cơ sở; khoảng 16% với trình độ trung học phổ thông và 4% có trình độ cao đẳng, đại học. Về nghề nghiệp chính, có 33 người được phỏng vấn (chiếm 49%) cho biết công việc của họ làm thuê/dịch vụ, 21 người là nông dân (chiếm 31%) và 16 người làm công việc nội trợ chiếm 21% (Bảng 1). Kết quả thống kê của 34 người dân vào năm 2022 cũng có một số điểm tương đồng như có 35% người dân được phỏng vấn trên 60 tuổi, hơn một nửa số hộ được phỏng vấn ở độ tuổi 30-60 (65%). Độ tuổi trung bình của toàn bộ người dân được phỏng vấn tương đối cao (54 tuổi), với tỉ lệ giới tính bằng nhau (50% nam, 50% nữ). Bên cạnh đó là thời gian sinh sống của các hộ dân trên 10 năm chiếm tỉ lệ khá lớn (93%), điều này làm tăng độ tin cậy cho những thông tin mà người dân cung cấp.

Bảng 1. Đặc điểm chung của người dân được phỏng vấn năm 2023 và 2022 (Đơn vị: %).

Đặc điểm (2023)	**Thốt Nốt (n=8)**	**Ninh Kiều (n=8)**	**Bình Thủy (n=10)**	**Ô Môn (n=9)**	**Long Xuyên (n=35)**	**Tổng (n=70)**
Giới tính						
Nam	63	50	50	67	57	57
Nữ	38	50	50	33	43	43
Tuổi trung bình	44	55	53	48	49	50
30-60	100	88	90	89	83	87
>60	0	13	10	11	17	13
Trình độ học vấn						
Tiểu học	38	38	30	67	26	34
THCS	25	38	70	22	51	46
THPT	38	13	0	11	17	16
CĐ-ĐH	0	13	0	0	6	4
Nghề nghiệp						
Nông dân	25	29	22	33	34	31
Làm thuê/Dịch vụ	38	57	56	44	49	49
Nội trợ	38	14	22	22	17	21
Đặc điểm (2022)		**Ninh Kiều (n=4)**	**Bình Thủy (n=6)**	**Ô Môn (n=4)**	**Long Xuyên (n=20)**	**Tổng (n=34)**
Giới tính						
Nam		25	83	100	35	50
Nữ		75	17	0	65	50
Tuổi trung bình		46	51	53	57	54
30-60		75	67	75	60	65
>60		25	33	25	40	35

3.2. Vai trò của dòng sông đối với người dân

Kết quả thống kê số liệu năm 2022 và năm 2023 cho thấy đa số người dân đều nhận định rằng sông có vai trò quan trọng trong cuộc sống hằng ngày của họ (82% năm 2022 và 84% năm 2023). Điều này cũng đã được nghiên cứu [35] chỉ ra rằng kênh, sông có vai trò quan trọng đối với sự phát triển kinh tế của ĐBSCL như khai thác nguồn lợi thủy sản, kết nối kinh tế nông nghiệp giữa trong và ngoài ĐBSCL, mở rộng giao thông đường thủy, hạn chế tình trạng đất phèn và nhiễm mặn. Tuy có sự khác biệt trong câu trả lời của người dân tại các khu vực nghiên cứu về mục đích sử dụng nhưng điểm chung đều sử dụng cho mục đích giặt rửa. Khu vực Bình Thủy sử dụng nhiều nhất chiếm 67% năm 2022 và 50% năm 2023. Tại Ô Môn, người dân sử dụng dòng sông cho mục đích giặt rửa có xu hướng tăng, tăng từ 25% (năm 2022) lên 67% (năm 2023). Tại khu vực Long Xuyên nhận định của người dân qua hai năm không có sự chênh lệch đáng kể, khoảng 45% nhận định sử dụng sông để giặt rửa. Nhìn chung qua số liệu thống kê của năm 2022 và năm 2023, ý kiến của người dân về sử dụng sông cho giặt rửa là tương đương nhau, chiếm khoảng 47%. Tại Thốt Nốt, Bình Thủy, Ô Môn, Long Xuyên đa số người được phỏng vấn tại các khu vực này sống chủ yếu bằng nghề nông nên có xu hướng gia tăng về sử dụng sông trong thủy lợi, sử dụng nước sông để tưới tiêu. Số liệu thống kê năm 2023 cũng cho thấy, có tới 88% ý kiến người dân tại Thốt Nốt sử dụng sông trong việc di chuyển, tiếp đến là Long Xuyên chiếm 60%, Ô Môn chiếm tỉ lệ 56%, tại khu vực Ninh Kiều và Bình Thủy chiếm tỉ lệ thấp hơn (khoảng 10%) (Hình 2).

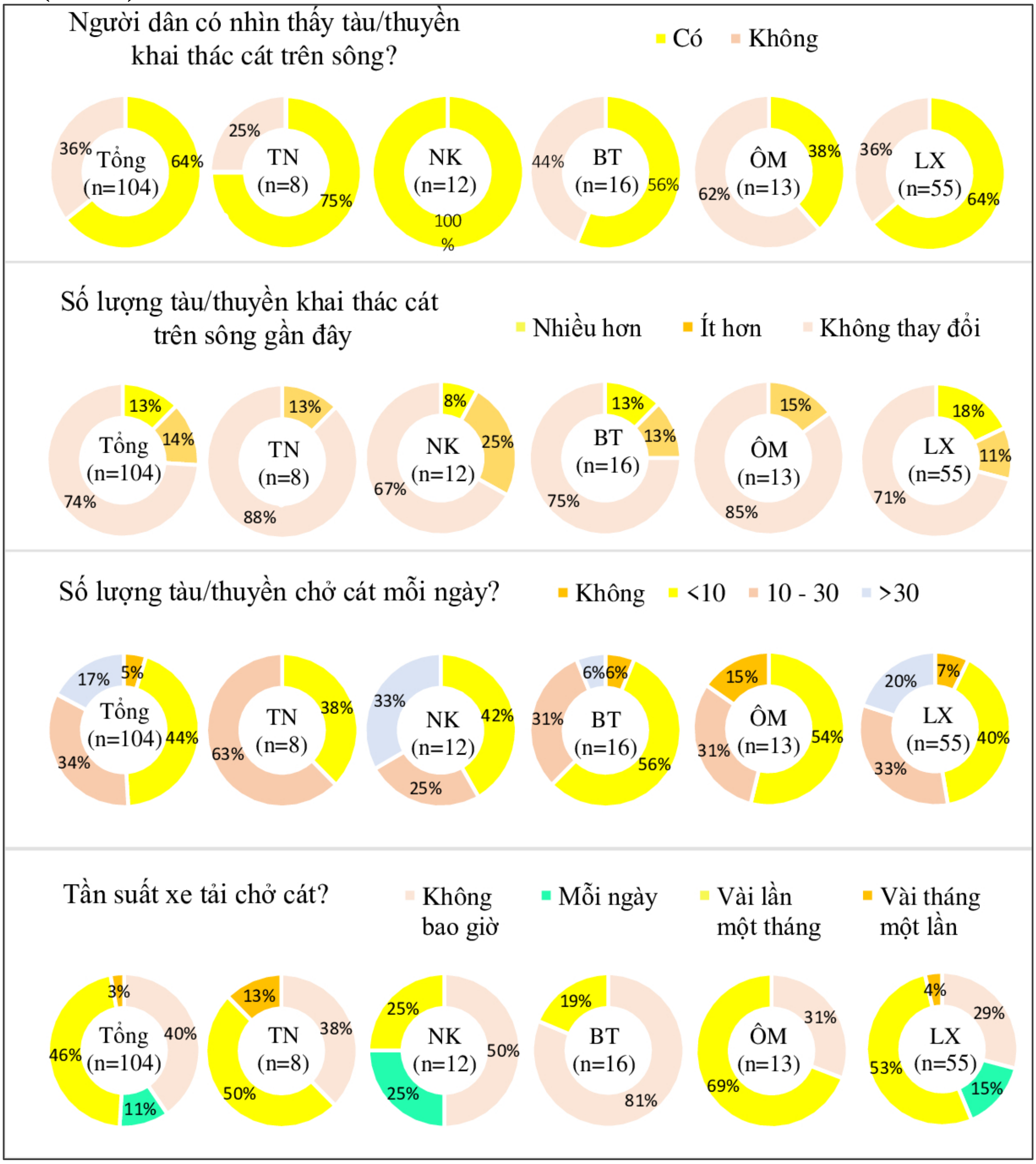


Hình 2. Kết quả khảo sát người dân về tầm quan trọng và mục đích sử dụng dòng sông.

3.3. Quan sát của người dân về thực trạng khai thác cát

Kết quả đánh giá quan sát của người dân (thời gian và tần suất của thuyền khai thác, thuyền vận chuyển và xe tải vận chuyển) cho thấy phần lớn người dân cho biết quá trình khai thác cát đã và đang diễn ra hơn 10 năm (76%). Tuy nhiên, để có thể thấy hoạt động này thì phải tùy vào địa điểm khai thác và vị trí nơi ở của người dân, kết quả khảo sát chỉ ra rằng 100% người dân tại khu vực Ninh Kiều, 75% tại Thốt Nốt, 64% tại Long Xuyên, 56% tại Bình Thủy và 38% tại Ô Môn thấy tàu thuyền khai thác mỗi ngày, những người dân còn lại cho biết họ chưa từng thấy tàu/thuyền khai thác cát trên sông. Những người dân thấy tàu, thuyền khai thác cát trên sông là những người dân sinh sống ở khu vực sát sông và những khu vực khảo sát thuộc mạng lưới giao thông thủy lớn của ĐBSCL vì vậy người dân tại đây có thể quan sát được tàu thuyền thường xuyên hơn. Trên 70% người dân tại năm khu vực khảo sát nhận định số lượng tàu thuyền khai thác cát trên sông trong những năm gần đây có xu hướng không thay đổi. Khu vực Thốt Nốt chiếm tỉ lệ cao nhất (88%), tiếp đến là khu vực Ô Môn (85%), Bình Thủy (75%), Long Xuyên (71%) và Ninh Kiều (67%). Có khoảng 13% người dân trên tổng số được khảo sát cho biết hoạt động này có chiều hướng gia tăng. Tuy nhiên cũng có một số ý kiến người dân (chiếm 14%) cho biết hoạt động này gây ảnh hưởng xấu đến môi trường và là một trong những nguyên nhân dẫn đến sạt lở bờ sông nên bị cấm và có xu hướng giảm. Đa số người dân đều quan sát thấy thuyền vận chuyển cát hằng ngày (số ít chọn "không" tại Long Xuyên với 7% và tại Bình Thủy 6% do người dân sinh sống tại khu vực sạt lở nghiêm trọng, nơi nghiêm cấm tàu thuyền chạy qua). Đối với xe tải chở cát chỉ có khoảng 25% người dân tại Ninh Kiều và 15% tại Long Xuyên thấy xe tải chở cát mỗi ngày. Phần lớn những người thấy xe chở cát với tần suất vài lần trong một tháng (69% tại Ô

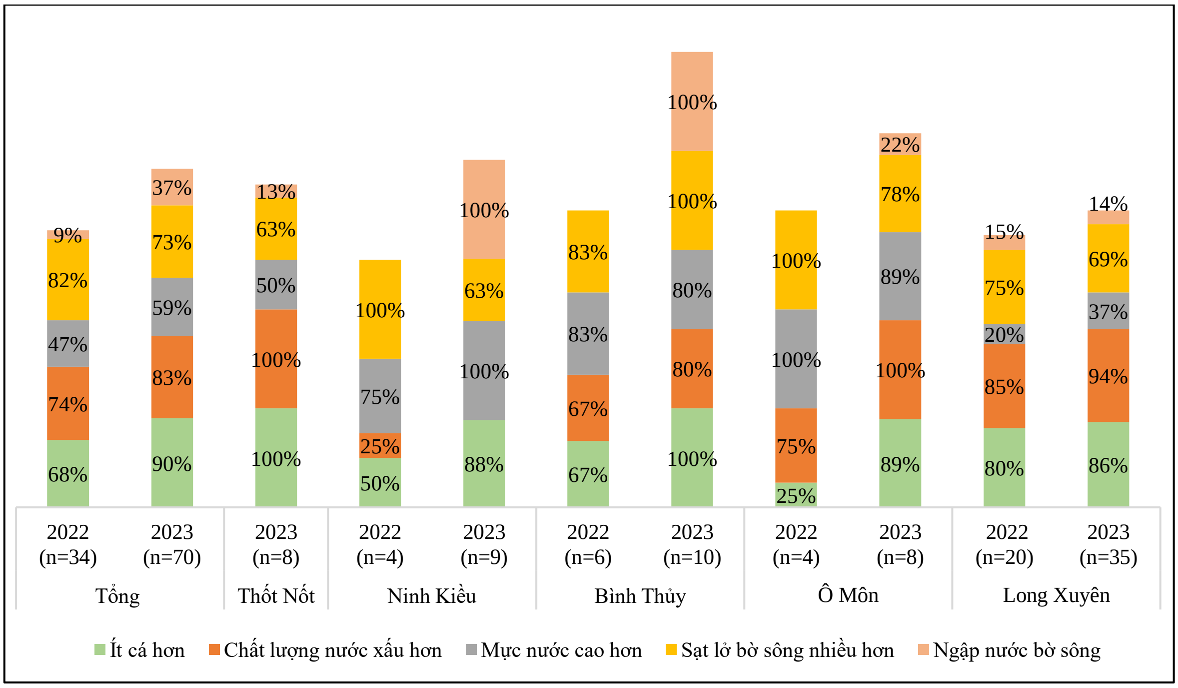
Môn, 53% tại Long Xuyên, 50% tại Thốt Nốt, 25% tại Ninh Kiều và 19% tại Bình Thủy). Chỉ có 13% người dân tại Thốt Nốt và 4% người dân tại Long Xuyên nhận thấy cứ vài tháng thì mới thấy xe tải chở cát xuất hiện một lần. Số còn lại trả lời "Không" do những chỗ họ ở đang bị sạt lở nghiêm trọng nên địa phương đã nghiêm cấm các phương tiện chạy qua, một số cho biết do họ sinh sống trong khu vực các tuyến đường rất nhỏ nên sẽ không thấy xe chở cát (Hình 3).



Hình 3. Kết quả quan sát của người dân về các hoạt động liên quan đến khai thác cát.

3.4. Nhận thức của người dân về các vấn đề môi trường gần đây

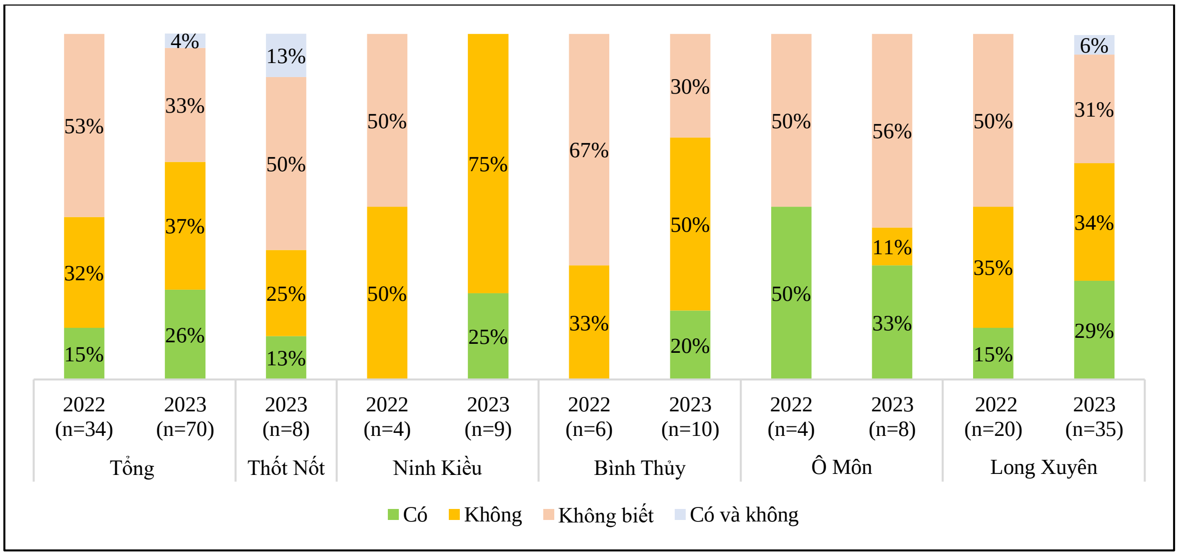
Năm vấn đề được dùng để đánh giá sự quan sát của người dân tại các khu vực khảo sát là những hiện tượng quen thuộc ở An Giang và Cần Thơ. Hai khu vực này cũng như vùng ĐBSCL đã, đang và sẽ chịu ảnh hưởng nặng nề về sự thay đổi môi trường nước như sạt lở bờ sông, khai thác cát, xây dựng các nhà máy thủy điện làm mực nước thay đổi, sinh hoạt vứt rác bừa bãi của người dân, sự biến đổi khí hậu cũng đã làm cho chất lượng nước thay đổi (Hình 4). Kết quả thống kê cho thấy tại tất cả khu vực đều nhận định rằng xói lở bờ sông ngày càng gia tăng với mức độ trung bình cao chiếm 82% năm 2022 và 73% năm 2023. Điều này có độ tin cậy cao bởi theo nghiên cứu [20] cho thấy tình hình sạt lở tỉnh An Giang diễn ra rất nhanh, nhất là năm 2000-2005 với tốc độ sạt lở trung bình 319ha/năm và năm 2014-2017 với 28 ha/năm; khu vực thành phố Cần Thơ, tình hình sạt lở diễn ra nhanh nhất năm 2000-2005 với 105 ha/năm và năm 2009-2014 với 49 ha/năm. Có thể thấy kéo theo hệ lụy của sạt lở ngày càng gia tăng và chất lượng nước càng xấu đi thì lượng cá, động vật cũng có xu hướng giảm. Sạt lở ngày càng nhiều cũng là nguyên nhân khiến chất lượng nước dòng sông ngày càng kém (74% năm 2022 và 83% năm 2023). 100% người dân tại Ninh Kiều và Bình Thủy được phỏng vấn vào năm 2023 cho biết ngập nước bờ sông ngày càng gia tăng, hiện tượng này thường xảy ra vào tháng 8, tháng 9, khi kết hợp với mùa mưa khiến ngập lụt ảnh hưởng đến cuộc sống của người dân. Một số người dân cho biết mặc dù họ đã nâng nền nhà lên cao hơn trước rất nhiều nhưng nước vẫn ngập vào tận nhà khiến việc sinh hoạt trở nên khó khăn. Kết quả cũng chỉ ra rằng tại khu vực Cần Thơ số người dân nhận định mực nước cao hơn chiếm tỉ lệ lớn hơn ở Long Xuyên (Hình 4).



Hình 4. Kết quả nhận thức của người dân về các vấn đề môi trường xảy ra gần đây.

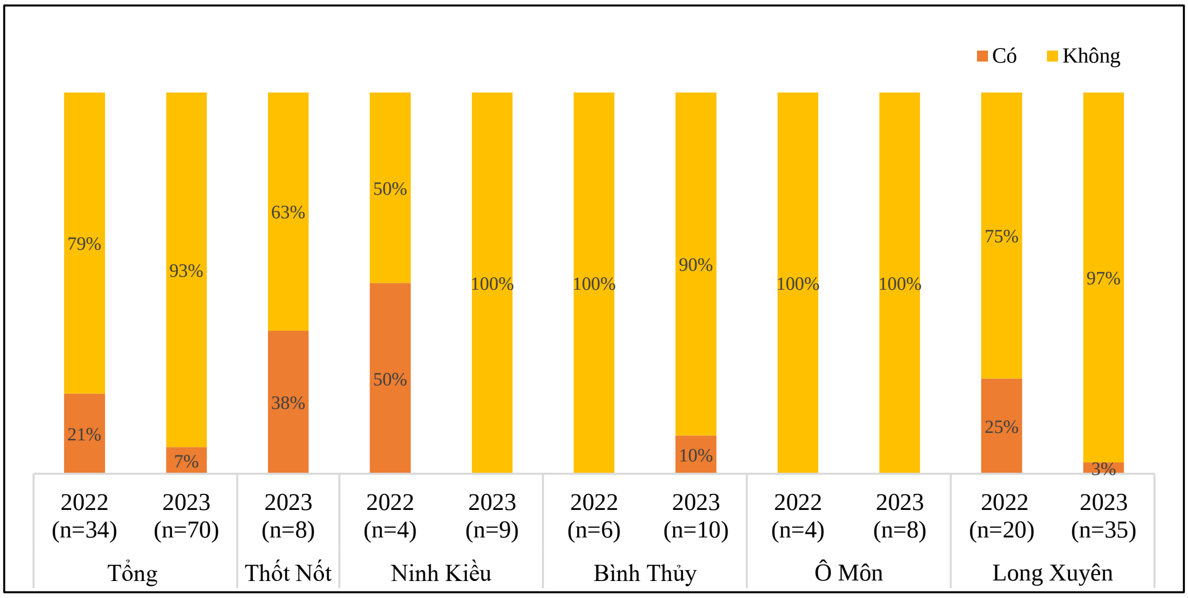
3.5. Nhận thức người dân về khai thác cát là tốt hay xấu

Qua kết quả thống kê về nhận thức của người dân cho thấy có tới hơn 50% ý kiến người dân tại tất cả khu vực khảo sát năm 2022 và hơn 30% năm 2023 đều chọn không biết vì lưỡng lự trong quyết định khai thác cát lòng sông có lợi hay hay không. Có sự khác biệt giữa ý kiến người dân qua 2 năm khảo sát. Tại khu vực Ninh Kiều, số liệu thống kê năm 2022 cho thấy có 50% ý kiến người dân nhận định việc khai thác cát là không tốt và không có người dân nào nhận định về lợi ích của khai thác cát. Tuy nhiên năm 2023, có 25% số người được khảo sát cho rằng việc khai thác cát mang lại tiền, việc làm hoặc cung cấp cát cho xây dựng, và có tới 75% người dân biết về tác động tiêu cực do khai thác cát gây nên. Khu vực Ô Môn tỉ lệ người dân nhận định việc khai thác cát là tốt chiếm tỉ lệ cao nhất tại tất cả các khu vực khảo sát (50% năm 2022 và 33% vào năm 2023) và có trên 50% người dân không biết hoạt động này có lợi hay không vì đa số những người này không quan tâm đến hoạt động này. Đáng chú ý chỉ có 13% ý kiến người dân tại Thốt Nốt và 6% người dân tại Long Xuyên nhận định việc khai thác cát vừa mang lại lợi ích như cung cấp vật liệu cho xây dựng, nhưng nó cũng mang đến những tác động tiêu cực, ảnh hưởng xấu đến môi trường, gây ô nhiễm nguồn nước và kéo theo tình trạng sạt lở bờ sông.



Hình 5. Kết quả nhận thức của người dân về khai thác cát có tốt hay không.

Kết quả thống kê về giải quyết, khắc phục vấn đề do khai thác cát gây ra cho thấy đa số người dân tại các khu vực khảo sát chưa từng nỗ lực khắc phục vấn đề liên quan do hoạt động khai thác cát (79% năm 2022 và 93% năm 2023) (Hình 6). Số liệu khảo sát tại khu vực Ninh Kiều (50% người dân năm 2022), tại Thốt Nốt (38% năm 2023), Long Xuyên (25% năm 2022 và 3% năm 2023) và tại khu vực Bình Thủy (10% năm 2023) cho thấy người dân khắc phục tình trạng khai thác cát bằng cách trồng cây để giữ đất, cùng nhau góp vốn để làm đường ổn định, báo cáo lên chính quyền để giảm thiểu khai thác, vận chuyển cát hay đóng những cọc gỗ gần khu vực nhà ở để ngăn chặn tàu thuyền khai thác cát.



Hình 6. Kết quả nỗ lực của người dân trong việc khắc phục vấn đề do khai thác cát gây ra.

Theo nhận thức của người dân thì hoạt động khai thác cát gây ảnh hưởng sạt lở bờ sông chiếm tỉ lệ cao nhất 40%. Thiệt hại về giao thông, cầu, công trình chiếm 35% và gây mất đất 30% (Bảng 2). Cả ba tác động này đều liên quan đến sạt lở bờ sông, nhóm nghiên cứu cho rằng người dân nhận thức được các tác động xấu của khai thác cát khi được hỏi rõ ràng nhưng đa số chưa đưa ra được lời giải thích cụ thể. Có 87 người được phỏng vấn trên tổng số 104 cho rằng sạt lở là do sóng đánh mạnh gây ra bởi sự di chuyển của tàu thuyền và mưa lớn, chỉ có 17 người (6 người năm 2022 và 11 người năm 2023) hiểu cơ chế vật lý của hoạt động khai thác cát gây sạt lở bờ sông (Bảng 2).

Bảng 2. Kết quả nhận thức của người dân về sự ảnh hưởng môi trường liên quan khai thác cát (Đơn vị: %).

Ảnh hưởng	Thốt Nốt	Ninh Kiều		Bình Thủy		Ô Môn		Long Xuyên		Tổng (n=104)
	2023 (n=8)	2022 (n=4)	2023 (n=9)	2022 (n=6)	2023 (n=10)	2022 (n=4)	2023 (n=8)	2022 (n=20)	2023 (n=35)	
Ồn hơn	25	25	13	17	10	25	11	10	6	10
Sạt lở hơn	75	50	75	33	80	50	67	40	63	40
Ít cá/tôm hơn	38	25	88	0	90	25	11	15	23	15
Mất đất	63	50	75	33	40	25	56	30	51	30
Hư hỏng đường, cầu, công trình	63	50	100	33	80	25	67	35	60	35

4. Thảo luận

Tại đồng bằng sông Cửu Long, sạt lở bờ sông là vấn đề môi trường nghiêm trọng xảy ra thường xuyên dọc theo sông Hậu do chịu ảnh hưởng của các hoạt động khai thác cát lòng sông tràn lan trong khu vực. Tuy nhiên, rất ít nghiên cứu cung cấp hiểu biết sâu sắc về nhận thức của người dân địa phương về khai thác cát và tác động của nó. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành phỏng vấn với 34 người dân (năm 2022) và 70 người dân (năm 2023) dọc sông Hậu để đánh giá nhận thức của họ về hoạt động khai thác cát liên quan tới sạt lở bờ sông ở ĐBSCL. Nghiên cứu phân loại những người trả lời thành ba nhóm: (1) Những người bị ảnh hưởng nặng nề bởi sạt lở, (2) những người sống gần khu vực bị ảnh hưởng nhưng nhận thức không chắc chắn và (3) những người sống tại khu vực có bờ kè không biết những rủi ro trong tương lai.

(1) Những người dân bị ảnh hưởng trực tiếp bởi sạt lở bờ sông nhìn chung nhận thức được những rủi ro và vấn đề do khai thác cát gây ra. Một số người được hỏi tích cực tìm cách tìm hiểu nguyên nhân bằng cách xem tin tức và đọc báo hoặc sách, những người được hỏi này cảm thấy rằng khai thác cát là nguyên nhân chính dẫn đến sạt lở bờ sông, điều này cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của truyền thông trong việc nâng cao kiến thức địa phương. Với sự mất ổn định bờ sông, những người này đã phải đưa ra quyết định khó khăn là di dời đến một địa điểm ổn định hơn hoặc có nguy cơ gặp sạt lở tiếp, mặc dù được chính quyền hỗ trợ tài chính nhưng những người được hỏi không có ý định tái định cư do chi phí cao và tốn công sức. Điều này tương tự như với nghiên cứu [36] về việc tái định cư do lũ lụt ở trung tây Hoa Kỳ. Mặt khác một số người lại cho rằng khoản đền bù là không đủ và tìm kiếm nơi khác là bất tiện.

(2) Những người sống gần khu vực sạt lở nhưng không bị ảnh hưởng trực tiếp, dường như họ chưa rõ nguyên nhân và cơ chế liên quan đến việc khai thác cát. Nhiều người cho rằng nguyên nhân chính gây sạt lở bờ là do quá trình tự nhiên hoặc sóng mạnh do tàu thuyền đi qua tạo ra. So với những người bị ảnh hưởng trực tiếp do sạt lở bờ, nhóm người này tỏ ra không mấy quan tâm đến nguyên nhân gây ra. Do đó, những người này nhìn chung ủng hộ hoạt động khai thác cát nhiều hơn. Điều này có thể gây bất lợi về lâu dài vì việc thiếu nhận thức có thể dẫn đến kết quả tồi tệ hơn [37].

(3) Những người dân sống trong khu vực được bảo vệ bằng kè bê tông dường như không hề quan tâm đến tình trạng sạt lở bờ mà thường tiếp tục xây nhà và sinh sống gần bờ. Tuy nhiên, điều này rất nguy hiểm vì trong tương lai có thể xảy ra bất cứ vụ sạt lở nào và có thể gây ra tổn thất lớn hơn [38]. Đã có nhiều dự án kè được thực hiện nhưng kém chất lượng gây thiệt hại lớn về tài sản và ngân sách [39, 40].

Nhìn chung, sạt lở bờ sông, thiệt hại cơ sở hạ tầng và mất đất là ba tác động thường gặp của việc khai thác cát. Những người được phỏng vấn ở Ninh Kiều là những người nhận thức rõ nhất điều này. Tuy nhiên, nhóm nghiên cứu nhận thấy những người không bị ảnh hưởng trực tiếp bởi những tác động tiêu cực này thường không bị ảnh hưởng bởi hoạt động khai thác cát. Kết quả nghiên cứu cho thấy hầu hết mọi người đều nhận thức được tác động tiêu cực của việc khai thác cát đối với sạt lở bờ sông nhưng rất ít người được hỏi có thể giải thích rõ việc khai thác cát dẫn đến sạt lở/sập bờ sông như thế nào. Chỉ có 17 trong số 104 người được hỏi (16,3%) hiểu được cơ chế vật lý mà việc khai thác cát góp phần gây sạt lở bờ sông.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã điều tra xã hội học qua bảng hỏi với 34 người dân năm 2022 và 70 người dân năm 2023 sinh sống dọc theo tuyến sông Hậu thuộc thành phố Cần Thơ tỉnh Cần Thơ và thành phố Long Xuyên, tỉnh An Giang. Nghiên cứu thực hiện nhằm đánh giá nhận thức của người dân về hoạt động khai thác cát và nhận thức về tác động của khai thác cát dẫn đến sạt lở bờ sông. Nghiên cứu cho thấy hai kết quả cụ thể sau:

Thứ nhất, người dân nhận thức được hoạt động của khai thác cát đã diễn ra rất lâu và bị mâu thuẫn bởi hai mặt của nó, có lợi cho kinh tế nhưng gây ra những vấn đề môi trường. Hơn 75% người dân được khảo sát nhận định hoạt động khai thác cát đã và đang tồn tại trước đây 10 năm. Có tới 40% người dân tại các khu vực phỏng vấn không thể ra quyết định khai thác cát là tốt hay xấu. Tuy nhiên, họ hiểu hoạt động khai thác cát đã gây ra nhiều vấn đề môi trường, có tới 76% người dân nhận định về sạt lở bờ sông ngày càng gia tăng và 80% cho rằng chất lượng nước kém hơn trước.

Thứ hai, rất ít người dân hiểu rõ khai thác cát làm hao hụt lòng sông, suy yếu bờ sông dẫn đến sạt lở. Chỉ 40% người dân nhận định rằng sạt lở bờ sông liên quan đến hoạt động khai thác cát, trong đó chỉ có 17/104 người hiểu rõ cơ chế vật lý của việc khai thác cát đối với sự sạt lở bờ sông, phần còn lại chủ yếu họ chỉ biết qua truyền miệng. Phần lớn tới 87 người được phỏng vấn cho rằng sạt lở bờ sông là do tác động sóng đánh của sự di chuyển tàu/ thuyền hoặc cho mưa lớn.

Nghiên cứu còn những hạn chế về vị trí - đối tượng phỏng vấn và nhận thức của người dân chưa nắm rõ tác động khai thác cát dẫn đến sạt lở bờ sông. (1) Chưa đánh giá hết được nhận thức của người dân tại những khu vực cồn sạt lở nặng nề bởi vị trí gần khu vực khai thác cát lòng sông và chịu tác động chảy mạnh của dòng chính. Bởi các nguyên nhân: Khó tiếp cận do dân cư tại đây di dời và chuyển đến thường xuyên dẫn đến nhiều đối tượng phỏng vấn không rõ tình hình, không đáp ứng được yêu cầu của bảng hỏi; (2) Nhận thức của một số người dân qua kết quả từ bảng phỏng vấn chưa phản ánh được hết tình hình khai thác cát và sạt lở tại khu vực bởi nhiều yếu tố khách quan, có thể kể đến: vị trí khai thác cát chủ yếu xa bờ, nhận thức chủ quan do được bờ kè bê tông bảo vệ, chỉ nhận thức nguyên nhân tức thời gây sạt lở do tác động sóng đánh và mưa lớn.

Nhằm nâng cao nhận thức của người dân hướng tới hiểu rõ hơn khai thác cát dẫn đến sạt lở bờ sông, nghiên cứu đề xuất hai giải pháp cụ thể: (1) Giải pháp nhóm giải pháp công trình gia cố phần bờ sông bao gồm xây dựng bờ kè, đê ngầm phá sóng bằng cây tre/tràm, trồng cây ven sông, đóng cọc; (2) Giải pháp về quản lý hoạt động khai thác cát lòng sông được phổ biến tới người dân địa phương, tăng sự tham gia của người dân trong việc quyết định khai thác khoáng sản tại địa phương, chú trọng di dời các hộ dân chịu ảnh hưởng của sạt lở bờ sông, tổ chức tập huấn và tuyên truyền nâng cao nhận thức cán bộ, công chức và người dân về vấn đề này.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.T.H., T.Đ.D., C.T.V., C.N.X.Q.; Xử lý số liệu: N.T.H., N.Đ.T.; Viết bản thảo bài báo: N.T.H.; N.Đ.T.; Góp ý bài báo: T.Đ.D., C.T.V., C.N.X.Q., N.Đ.T.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được Đại học Quốc Gia TP.HCM hỗ trợ kinh phí thu thập dữ liệu năm 2023 theo đề tài mã số B2021-24-01. Dữ liệu năm 2022 được sự hỗ trợ của Nghiên cứu khai thác cát do Dự án Trường Đại học Kỹ Thuật Nanyang, Singapore phối hợp thực hiện cùng Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM, và Trường Đại học Tài Nguyên và Môi Trường TP.HCM. Nhóm nghiên cứu cũng cảm ơn các đồng nghiệp tại các đơn vị nghiên cứu đã tham gia thảo luận và những người dân đã tham gia trả lời phỏng vấn.

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. Fritts, R. The world needs to get serious about managing sand, UN report says. *Science* 2019.
2. Ashraf, M.A.; Maah, M.J.; Yusoff, I.; Wajid, A.; Mahmood, K. Sand mining effects, causes and concerns: A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia. *Sci. Res. Essays* **2011**, *6*, 1216–1231.
3. Sreebha, S.; Padmalal, D. Environmental impact assessment of sand mining from the small catchment rivers in the southwestern coast of India: a case study. *Environ. Manage.* **2011**, *47*, 130–140.
4. Kondolf, G.M. Profile: Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environ. Manage.* **1997**, *21*, 533–551.
5. Bravard, J.P.; Goichot, M.; Gaillot, S. Geography of sand and gravel mining in the Lower Mekong River. First survey and impact assessment. *EchoGéo* 2013.
6. WWF. Hội thảo khởi động triển khai xây dựng ngân hàng cát và kế hoạch duy trì ổn đinh hình thái sông ở đồng bằng Sông Cửu Long, 2022.
7. Tuyển, L.Đ. Đồng bằng sông Cửu Long phải trả giá đắt từ khai thác cát. 2023. Trực tuyến: https://www.mekongeye.com/2023/05/01/mekong-delta-sand-mining.
8. Best, J.; Hackney, C.; Darby, S.; Parsons, D.; Leyland, J.; Aalto, R. et al. River bank instability induced by unsustainable sand mining in the Mekong River. Proceedings of the AGU Fall Meeting, 2019.
9. Brunier, G.; Anthony, E.J.; Goichot, M.; Provansal, M.; Dussouillez, P. Recent morphological changes in the Mekong and Bassac river channels, Mekong delta: The marked impact of river-bed mining and implications for delta destabilisation. *Geomorphology* **2014**, *224*, 177–191.
10. Hackney, C.R.; Darby, S.E.; Parsons, D.R.; Leyland, J.; Best, J.L.; Aalto, R. et al. River bank instability from unsustainable sand mining in the lower Mekong River. *Nat. Sustainability* **2020**, *3*, 217–225.
11. Hoành, T.P.; Hùng, P.T. Mối quan hệ giữa khai thác cát với biến động bờ sông Tiền tại tỉnh Đồng Tháp. 2016.
12. Jordan, C.; Tiede, J.; Lojek, O.; Visscher, J.; Apel, H.; Nguyen, H.Q. et al. Sand mining in the Mekong Delta revisited-current scales of local sediment deficits. *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 17823.
13. Koehnken, L.; Rintoul, M. Impacts of sand mining on ecosystem structure, process and biodiversity in rivers. World Wildlife Fund International, 2018.
14. Musah, J.A.; Barkarson, B.H. Assessment of sociological and ecological impacts of sand and gravel mining: A case study of East Gonja district (Ghana) and Gunnarsholt (Iceland). Final Project, Land Restoration Training Programme, Keldnaholt, 2009, pp. 112.
15. Ako, T.; Onoduku, U.; Oke, S.; Essien, B.; Idris, F.; Umar, A. et al. Environmental effects of sand and gravel mining on land and soil in Luku, Minna, Niger State, North Central Nigeria, 2014.
16. Devi, M.A.; Rongmei, L. Impacts of sand and gravel quarrying on the stream channel and surrounding environment. *Asia Pac. J. Energy Environ.* **2017**, *4*, 7–12.
17. Khan, S.; Sugie, A. Sand mining and its social impacts on local society in rural Bangladesh: A case study of a village in Tangail district. *J. Urban Reg. Stud. Contemp. India* **2015**, *2*, 1–11.
18. Ratang, S. Public Perception toward the Impact of People Activities in Sand and Stone Mining on Economy and Environment in Nulokla Village Jayapura. *J. Educ. Vocational Res.* **2017**, *8*, 45–48.

19. Anthony, E.J.; Brunier, G.; Besset, M.; Goichot, M.; Dussouillez, P.; Nguyen, V.L. Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Sci. Rep.* 2015, *5*, 14745.
20. Điệp, N.T.H.; Minh, V.Q.; Trường, P.N.; Thành, L.; Vinh, T. Diễn tiến tình hình sạt lở ven bờ sông Tiền và sông Hậu, vùng Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2019**, *55*, 125–133.
21. Đặng, L.D. Nghiên cứu ảnh hưởng của khai thác cát đến sạt lở bờ sông Hậu, khu vực quận Thốt Nốt-thành phố Cần Thơ và đề xuất giải pháp phòng chống. Luận văn thạc sĩ Chuyên ngành Công trình thủy, 2013, tr. 60-58-40.
22. Vũ, T.T. Nghiên cứu sạt lở bờ sông do ảnh hưởng của các hoạt động khai thác cát trên Sông Hậu đoạn đi qua thành phố Long Xuyên và lựa chọn giải pháp bảo vệ, phòng chống sạt lở. Luận văn thạc sĩ chuyên ngành kỹ thuật xây dựng công trình thủy, 2015, tr. 60-58-40.
23. Hoài, H.C.; Bảy, N.T.; Khôi, Đ.N.; Nga, T.N.Q. Phân tích nguyên nhân gây gia tăng xói lở bờ sông ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *703*, 42–50.
24. Thao, N.D.; Takagi, H.; Esteban, M. Coastal disasters and climate change in Vietnam: Engineering and planning perspectives. Elsevier, 2014.
25. Kondolf, G.M.; Schmitt, R.J.; Carling, P.; Darby, S.; Arias, M.; Bizzi, S. et al. Changing sediment budget of the Mekong: Cumulative threats and management strategies for a large river basin. *Sci. Total Environ.* **2018**, *625*, 114–134.
26. Hiệp, H.V.; Trí, H.H.; Công, N.T.; Truyền, N.G. Nghiên cứu nguyên nhân sạt lở bờ sông: trường hợp nghiên cứu tỉnh Trà Vinh.
27. Tri, V.P.D.; Trung, P.K.; Trong, T.M.; Parsons, D.R.; Darby, S.E. Assessing social vulnerability to riverbank erosion across the Vietnamese Mekong Delta. *Int. J. River Basin Manage.* **2022**, 1–12.
28. Hammond, E.A. Effect of public perceptions on support/opposition of frac sand mining development. *Extr. Ind. Soc.* **2019**, *6*, 471–479.
29. Báo Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. Báo cáo số 3655/BC-BNN-TCTL về tình hình sạt lở bờ sông Vàm Nao, huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang, 2017.
30. Quyết định ban hành Kế hoạch thực hiện Chương trình hành động số 09-CTr/TU ngày 29/10/2021 của Tỉnh ủy về phát triển kết cấu hạ tầng, tạo quỹ đất để thu hút đầu tư các dự án, công trình trọng điểm trên địa bàn tỉnh An Giang giai đoạn 2021 - 2025.
31. Koehnken, L.; Rintoul, M. Tác động của khai thác cát đến cấu trúc, quá trình hệ sinh thái và đa dạng sinh học ở các dòng sông. WWF, 2018.
32. Binh, D.V.; Kantoush, S.; Sumi, T. Changes to long-term discharge and sediment loads in the Vietnamese Mekong Delta caused by upstream dams. *Geomorphology* **2020**, *353*, 107011.
33. Marshall, B.; Cardon, P.; Poddar, A.; Fontenot, R. Does sample size matter in qualitative research?: A review of qualitative interviews in IS research. *J. Comput. Inf. Syst.* **2013**, *54*, 11–22.
34. Phùng, N.K. Phương pháp xử lý số liệu thống kê trong môi trường, 2014.
35. Nguyên, N.T.; Tân, B.H. Vai trò của hệ thống kênh đào đối với sự phát triển kinh tế nông nghiệp ở đồng bằng sông Cửu Long nửa đầu thế kỷ XIX. *TNU J. Sci. Technol.* **2022**, *227*, 33–40.
36. Pinter, N.; Rees, J.C. Assessing managed flood retreat and community relocation in the Midwest USA. *Nat. Hazards* **2021**, *107*, 497–518.
37. Purnomo, M.; Utomo, M.R.; Pertiwi, V.I.A.; Laili, F.; Pariasa, I.I.; Riyanto, S. et al. Resistance to mining and adaptation of Indonesia farmer's household to economic vulnerability of small scale sand mining activities. *Local Environ.* **2021**, *26*, 1498–1511.

38. Suppasri, A.; Shuto, N.; Imamura, F.; Koshimura, S.; Mas, E.; Yalciner, A.C. Lessons learned from the 2011 Great East Japan tsunami: performance of tsunami countermeasures, coastal buildings, and tsunami evacuation in Japan. *Pure Appl. Geophys.* **2013**, *170*, 993–1018.
39. Khôi, N. 2021. Trực tuyến: https://nongnghiephuucovn.vn/du-an-ke-bien-nhat-le-bi-song-danh-sap-de-doa-an-toan-nghi-van-ve-chat-luong-thi-cong.
40. Trực tuyến: https://viva24h.vn/dbscl-tai-dien-tinh-trang-sat-lo-kinh-hoang/news-191-15-7caf9ef331e88e7c4301f46e82281c99.

Assessing people's awareness of riverbank erosion related to the impact of sand mining activities in the Mekong Delta

Nguyen Thi Huong[1], Nguyen Duc Thien[1*], Tran Duc Dung[1,2], Can Thu Van[3], Chau Nguyen Xuan Quang[1,4]

[1] Institute for Environment and Resources - Vietnam National University Ho Chi Minh city (IER–VNUHCM); huongnguyen300397@gmail.com; thienduc295@gmail.com; dungtranducvn@yahoo.com; cnxquang@hcmier.edu.vn
[2] Center of Water Management and Climate Change - Institute for Environment and Resources (WACC–IER), Vietnam National University Ho Chi Minh city; dungtranducvn@yahoo.com
[3] Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment; ctvan@hcmunre.edu.vn
[4] Department of Hydrology and Water Resources, Institute for Environment and Resources - Vietnam National University Ho Chi Minh City (IER–VNUHCM); cnxquang@hcmier.edu.vn

Abstract: The excessive demand for exploiting riverbed sand, surpassing the natural accretion capacity, stands as a primary catalyst for riverbank erosion and adverse environmental effects in Vietnam, particularly in the Vietnamese Mekong Delta region. Despite its significant role in environmental degradation, public awareness regarding the link between sand mining activities and riverbank erosion remains limited. This research aims to elucidate the awareness levels of local communities concerning environmental issues arising from sand mining activities in the Vietnamese Mekong Delta. Conducting a social survey via questionnaires among 104 participants in Can Tho and An Giang in 2022 and 2023, the findings reveal that while respondents generally acknowledge the environmental impacts associated with sand mining, only 40% clearly understand the direct correlation between sand mining activities and riverbank erosion. The results also show that direct affected-households better understand the riverbank erosion mechanism due to sand mining. The study's outcomes emphasize the urgent need for educational initiatives to foster a deeper understanding among the local populace regarding the repercussions of sand mining activities on the delicate equilibrium of river ecosystems.

Keywords: Sand mining; River erosion; Awareness; Environment; Vietnamese Mekong Delta.

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Thực trạng và giải pháp trong phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo khí tượng thủy văn

Nguyễn Thị Thu Loan[1]*, Vũ Đức Long[1], Trần Quang Năng[1]

[1] Vụ Quản lý dự báo KTTV, Tổng cục KTTV; loanthunguyen268@gmail.com; longkttv@gmail.com; trannang030984@gmail.com

*Tác giả liên hệ: loanthunguyen268@gmail.com; Tel: +84–976632198

Ban Biên tập nhận bài: 10/10/2023; Ngày phản biện xong: 28/11/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2024

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, công tác dự báo, cảnh báo của Tổng cục Khí tượng Thủy văn (KTTV) đã đạt được nhiều bước tiến lớn và đáp ứng một phần nhu cầu ngày càng cao của xã hội. Tuy nhiên, với tình trạng biến đổi khí hậu diễn ra nhanh chóng, sự thay đổi của công nghệ dự báo, cảnh báo KTTV và nhu cầu của các lĩnh vực kinh tế - xã hội đã đặt ra những yêu cầu mới về tổ chức hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV phù hợp với tình hình thực tế. Bài báo sử dụng các phương pháp thống kê, phân tích, tổng hợp và tham khảo ý kiến chuyên gia để phân tích hiện trạng và vấn đề trong phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV, từ đó đề xuất một số giải pháp phân cấp nhằm nâng cao hiệu quả của hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng cho các nhà quản lý tổ chức phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV, nhằm nâng cao tính hiệu quả và phát huy được vị thế, vai trò của ngành KTTV trong thời kỳ mới.

Từ khóa: Dự báo; Cảnh báo KTTV; Phân cấp dự báo.

1. Mở đầu

Thông tin dự báo, cảnh báo KTTV đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển kinh tế-xã hội, bảo đảm quốc phòng và an ninh, đặc biệt là trong công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai gây ra. Theo sự tiến bộ nhanh chóng của xã hội và sự phát triển mạnh mẽ, cùng với sự nhảy vọt của nền khoa học công nghệ, thông tin dự báo, cảnh báo KTTV ngày càng thu hút sự quan tâm, với yêu cầu thông tin ngày càng đa dạng và chi tiết. Vì vậy, các quốc gia trên thế giới đều đặc biệt quan tâm đến đầu tư và phát triển hoạt động KTTV nói chung, và dự báo, cảnh báo KTTV nói riêng. Tuy nhiên, tùy thuộc vào vị trí địa lý, khí hậu, chế độ chính trị, cũng như mục tiêu và yêu cầu cụ thể của từng quốc gia, hoạt động dự báo KTTV (bao gồm khí tượng, thủy văn và hải văn) có thể thuộc quản lý của một tổ chức chung hoặc phân tách ở các tổ chức khác nhau. Cấu trúc tổ chức KTTV ở các quốc gia trên thế giới đa dạng, phản ánh sự đa dạng trong quản lý thông tin KTTV cũng như khả năng ứng phó với tình huống thiên tai khẩn cấp.

Tại Trung Quốc, KTTV được quản lý bởi hai cơ quan riêng biệt là Tổng cục Khí tượng Trung Quốc và Bộ Tài nguyên nước Trung Quốc. Tổng cục Khí tượng Trung Quốc (CMA) thuộc quản lý của Quốc vụ viện và có cấu trúc ngang Bộ, hỗ trợ chính quyền tại các cấp hành chính. Các địa phương tổ chức cơ quan khí tượng theo mô hình quản lý kép, phân thành 3 cấp tương ứng với 3 cấp quản lý hành chính tỉnh, huyện, xã, có sự kết hợp giữa cơ quan khí tượng và chính quyền địa phương. Chính quyền địa phương chịu trách nhiệm quản lý và phát triển ngành khí tượng theo luật. Bộ Tài nguyên nước thực hiện nhiệm vụ thăm dò, quan trắc, và bảo vệ tài nguyên nước, cùng với cảnh báo và phòng chống lũ lụt. Hệ thống quan trắc thủy văn được đầu tư trên 07 lưu vực sông lớn, trong khi chính quyền địa phương đảm bảo trạm quan trắc cho các sông nhỏ. Mỗi tỉnh có Cục thủy lợi và Trung tâm dự báo, cảnh báo thiên tai được phép phát bản tin dự báo [1].

Tại Nhật Bản, Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA) là cơ quan quốc gia về KTTV, thuộc quản lý của nhà nước và không cung cấp dịch vụ thương mại KTTV. Hệ thống tổ chức của JMA tại địa phương tương ứng với cấp hành chính, bao gồm 6 Đài khu vực và 47 Đài khí tượng tỉnh. Ngoài ra, JMA đảm nhận trách nhiệm phục vụ hàng không với 4 Trung tâm khí tượng hàng không và 55 chi nhánh tại các sân bay, cùng 4 Trung tâm biển. Đài khí tượng tỉnh phục vụ cho tỉnh và dự báo, cảnh báo tuỳ thuộc vào quy mô hiện tượng. JMA chịu trách nhiệm cung cấp dịch vụ dự báo lũ, lụt, có sự phối hợp chặt chẽ với cơ quan chính quyền trung ương và địa phương. Các dịch vụ này bao gồm cảnh báo và tư vấn cho 407 sông trên toàn quốc, với hệ thống dự báo lũ lụt cho 289 sông được JMA và Cục quản lý nước và thiên tai (MLIT) phối hợp quản lý, còn 118 sông được JMA và các văn phòng kỹ thuật dân dụng của chính quyền tỉnh quản lý [2].

Tại Hàn Quốc, dự báo, cảnh báo khí tượng được thực hiện ở hai cấp: cấp trên do Cục Dự báo thực hiện, chủ yếu tập trung vào bản tin dự báo bão; cấp dưới được thực hiện bởi 07 Văn phòng khí tượng khu vực và 02 Chi nhánh Văn phòng khí tượng. Đối với dự báo lũ, có 04 Văn phòng quản lý lũ thực hiện theo lưu vực sông khác nhau, bao gồm Văn phòng quản lý lũ sông Hàn, Imjin, Geum và Yeongsan, Nakdong. Mỗi Văn phòng quản lý lũ có trách nhiệm dự báo, quan trắc thủy văn và quản lý thông tin liên quan đến lũ cho các lưu vực sông khác nhau ở khu vực miền trung, nam, đông nam và tây nam Hàn Quốc [3].

Ở Việt Nam, hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV bao gồm hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường; các đơn vị dự báo, cảnh báo theo chức năng nhiệm vụ (thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường và các Bộ, ngành khác) và các tổ chức được cấp có thẩm quyền cấp giấy phép hoạt động.

Đối với hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia: Từ sau khi đất nước thống nhất, mô hình tổ chức hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV vẫn chủ yếu được phân làm 03 cấp: (1) cấp trung ương (Trung tâm dự báo KTTV trung ương) có trách nhiệm dự báo KTTV cho cả nước; (2) Cấp khu vực bao gồm 09 Đài KTTV khu vực thực hiện tiếp nhận, tổng hợp các số liệu và sản phẩm dự báo KTTV liên quan để dự báo cho khu vực và cung cấp các sản phẩm này cho các Đài KTTV tỉnh; (3) Cấp tỉnh (54 Đài KTTV tỉnh) thực hiện dự báo KTTV trong phạm vi tỉnh, trên cơ sở bổ sung các bản tin dự báo nền của Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương và bản tin dự báo của Đài KTTV khu vực.

Từ cuối năm 2017, hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia đã triển khai thực hiện theo 02 cấp: trung ương và địa phương. Cấp trung ương tập trung cung cấp tin thời tiết cho Ban chỉ đạo quốc gia về phòng, chống thiên tai, cơ quan thông tin đại chúng, các bộ, ngành,.... Cấp địa phương, bao gồm Đài KTTV khu vực và Đài KTTV tỉnh, chịu trách nhiệm dự báo, cảnh báo KTTV tại địa bàn, cung cấp thông tin chi tiết cho Tỉnh ủy và Ủy ban Nhân dân tỉnh, Ban Chỉ huy phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn địa phương [4, 5].

Bên cạnh hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, nhiều tổ chức thực hiện hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV với mục đích chuyên ngành hoặc riêng. Hoạt động dự báo, cảnh báo khí tượng liên quan đến hoạt động bay thuộc quản lý và thực hiện của Bộ Giao thông Vận tải. Các tổ chức khác như Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam thực hiện dự báo mặn, nguồn nước, lũ, và sạt lở Đồng bằng sông Cửu Long theo phân công của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn [6].

Theo quy định của Luật KTTV, Luật Tài nguyên nước, Luật Thủy lợi và Nghị định của Chính phủ về quản lý an toàn đập, hồ chứa nước, chủ sở hữu và các tổ chức liên quan phải thực hiện quan trắc KTTV, tính toán, dự báo lượng nước đến hồ, và cung cấp thông tin cho cơ quan quản lý nhà nước. Đặc biệt, các hồ chứa thủy lợi và thủy điện có dung tích từ ba triệu mét khối trở lên cần tuân thủ quy trình vận hành liên hồ chứa trên các lưu vực sông ảnh hưởng đến lũ, ngập lụt vùng hạ du. Tất cả đối tượng tham gia công tác dự báo, cảnh báo KTTV đều phải tuân thủ quy trình và quy định chuyên ngành do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành, được thực hiện theo thẩm quyền của các cấp có thẩm quyền trong ngành. [7–10].

Bên cạnh đó, còn có sự tham gia của các cơ quan, tổ chức đã được Bộ Tài nguyên và Môi trường cấp giấy phép hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV theo quy định tại Luật KTTV và các văn bản hướng dẫn thi hành Luật thực hiện cung cấp các sản phẩm dự báo, cảnh báo KTTV trên phạm vi cả nước cho các mục đích riêng của các đối tượng sử dụng [7, 9, 11]. Đây là các đối tượng tham gia thực hiện dự báo, cảnh báo KTTV theo hình thức xã hội hóa, thương mại hóa hoạt động KTTV và chịu sự quản lý trực tiếp của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Với sự phát triển nhanh chóng của kinh tế - xã hội Việt Nam, nhu cầu thông tin về dự báo, cảnh báo KTTV ngày càng tăng cao từ cộng đồng và các lĩnh vực như nông nghiệp, giao thông, công nghiệp, nuôi trồng thủy sản, du lịch. Yêu cầu về thông tin dự báo, cảnh báo KTTV trong công tác phòng chống thiên tai cũng ngày càng sớm hơn, chi tiết hơn đến từng cấp huyện, xã. Trong các giai đoạn chuẩn bị kế hoạch, ứng cứu, và phục hồi sau thiên tai, thông tin từ ngành KTTV đóng vai trò quan trọng. Luật KTTV đã quy định rõ vai trò của ngành này, bao gồm trách nhiệm cung cấp thông tin thiên tai cho các cơ quan và địa phương liên quan, đồng thời, bản tin dự báo, cảnh báo của hệ thống dự báo quốc gia là nguồn thông tin chính thức trong các hoạt động phòng, chống thiên tai tại Việt Nam [7].

Thứ hai, biến đổi khí hậu đã và đang làm thay đổi khí hậu thời tiết theo hướng phức tạp, khó lường, cùng với sự dâng cao của nước biển chắc chắn sẽ gây ra những tác động to lớn và nghiêm trọng đến sự phát triển kinh tế - xã hội của nước ta vốn phụ thuộc nhiều vào thiên nhiên. Không chỉ những lĩnh vực dễ bị tổn thương và chịu tác động mạnh mẽ nhất của BĐKH như: nông nghiệp, an ninh lương thực, tài nguyên nước, rừng, đa dạng sinh học, quy hoạch các khu dân cư mà hầu như toàn bộ nền kinh tế của đất nước cũng sẽ phải chịu những ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp do những hậu quả của BĐKH gây ra.

Thứ ba, công nghệ dự báo KTTV đã trải qua bốn kỷ nguyên phát triển trong hơn một trăm năm. Kỷ nguyên đầu tiên (1919-1939) sử dụng số liệu quan trắc và kỹ thuật dự báo ngoại suy, tuyến tính. Kỷ nguyên thứ hai (1939-1956) đánh dấu sự gia tăng hiểu biết của nhân loại về vật lý khí quyển và sự hỗ trợ của máy tính. Kỷ nguyên thứ ba (1956-1985) chứng kiến sự xuất hiện của mô hình số trị và thiết bị quan trắc từ xa như vệ tinh. Kỷ nguyên thứ tư (1985-2018) đặc trưng bởi sự phát triển đột phá về công nghệ dự báo số và công quan trắc thế hệ mới.

Kỷ nguyên thứ năm được dự báo sẽ diễn ra trong khoảng 30 năm tới, từ năm 2019 đến năm 2050, được gọi là kỷ nguyên dự báo của các hệ thống thông minh [12]. Dung lượng dữ liệu quan trắc và dự báo trong lĩnh vực khoa học Trái Đất đã có sự gia tăng theo cấp số mũ [13]. Tính đến nay, dữ liệu về ra đa và vệ tinh thời tiết cũng đã tăng theo cấp số nhân. Tuy nhiên, mô hình điện toán đám mây đã không đáp ứng được yêu cầu về kiểm soát và xử lý chất lượng dữ liệu [14]. Do đó, để đảm bảo chất lượng và kiểm soát dữ liệu, phương pháp điện toán đám mây và điện toán biên (*edge*) đã được ứng dụng, giúp ra đa thời tiết trở thành một thiết bị biên với khả năng tính toán và lưu trữ [15].

Trong lĩnh vực dự báo, cảnh báo KTTV, sự ứng dụng của trí tuệ nhân tạo (AI) và các công nghệ khoa học dữ liệu, đặc biệt là học máy và khai thác dữ liệu, đã đưa ra cải tiến đáng kể về độ chính xác và làm thu hẹp khoảng cách giữa dự báo mô hình số và dự báo nghiệp vụ. Việc sử dụng các thuật toán Học máy (*Machine Learning* - *ML*) và Học sâu (*Deep Learning* - *DL*) là một quá trình lựa chọn phù hợp cho từng dạng bài toán dự báo KTTV cụ thể [16].

Để tăng cường chất lượng trong công tác dự báo và cảnh báo KTTV, nhiều quốc gia trên thế giới đã chuyển đổi sang tiếp cận liên ngành, đặc biệt là trong lĩnh vực công nghệ thông tin và dữ liệu lớn. Các hệ thống này không chỉ giúp truy cập nhanh chóng đến nguồn dữ liệu đa dạng mà còn cung cấp thông tin kịp thời về nguy cơ và hệ quả khác nhau trong quá trình dự báo, cảnh báo KTTV. Điều này giúp giảm thiểu rủi ro bỏ sót trong quá trình giám sát dự báo [17].

Hiện nay, công nghệ dự báo chi tiết cho thời tiết điểm đã được nâng lên đến thời hạn 10 ngày với chất lượng tốt hơn nhiều trước đây, tuy nhiên dự báo một số yếu tố như lượng mưa còn rất hạn chế [18]. Khi bước vào kỷ nguyên dự báo thời tiết thứ năm, các kỹ thuật, công cụ hiện nay đã cho phép thực hiện nhiều sự tổng hợp, phân tích dự báo quy mô lớn, do đó Tổ chức Khí tượng thế giới (WMO) đã thúc đẩy các quốc gia chuyển dịch sang phát triển phương pháp dự báo dựa trên tác động.

Kỷ nguyên chuyển sang dự báo thời tiết dựa trên tác động là một phần quan trọng trong sự tiến bộ của khoa học KTTV. Dự báo thời tiết dựa trên tác động đặt dấu ấn sâu sắc trong việc ứng dụng khoa học và công nghệ để cải thiện khả năng dự báo thời tiết và giảm thiểu thiệt hại do thời tiết gây ra. Dự báo dựa trên tác động giúp các cấp lãnh đạo và nhà chức trách bảo vệ cộng đồng tốt hơn, nhất là trong quá trình chuẩn bị, lên kế hoạch, quản lý rủi ro thiên tai và ứng phó khi tình huống xảy ra [17]. Những năm gần đây, tầm quan trọng của việc đưa ra quyết định dựa trên dự báo tác động thời tiết, nhất là bão, lũ, ô nhiễm không khí đối với các hoạt động xã hội cũng tăng lên đáng kể tỉ lệ thuận với sự gia tăng dân số, quá trình đô thị hóa và sự phát triển kinh tế ở khu vực duyên hải ven biển [19]. Đây là một phần quan trọng của nỗ lực của các nhà khoa học và các quốc gia để dự báo và hiểu mô hình thay đổi KTTV trong tương lai. Hiện nay, WMO đã kêu gọi các quốc gia thành viên chuyển đổi sang dự báo dựa trên tác động (IBF). WMO đã xây dựng các tài liệu hướng dẫn triển khai dự báo dựa trên tác động. IBF được WMO đánh giá là một xu hướng dự báo quan trọng và tất yếu trong tương lai [20].

Cuối cùng là sự phát triển mạnh mẽ của Cách mạng công nghiệp 4.0, trí tuệ nhân tạo,...ngày càng lớn thì yêu cầu hiện đại hóa ngành KTTV, bảo đảm công tác dự báo, cảnh báo KTTV nâng cao độ tin cậy, tính kịp thời và đầy đủ nội dung là yêu cầu cấp thiết. Theo các chuyên gia trên thế giới, chuyển đổi số của ngành KTTV có tiềm năng, dư địa rất lớn, chỉ sau lĩnh vực quân sự. Chính vì vậy, hiện đại hóa công nghệ dự báo và truyền, phát tin dự báo KTTV cũng là một trong những nhiệm vụ hàng đầu của ngành KTTV hiện nay, đặc biệt là ứng dụng công nghệ 4.0 [21].

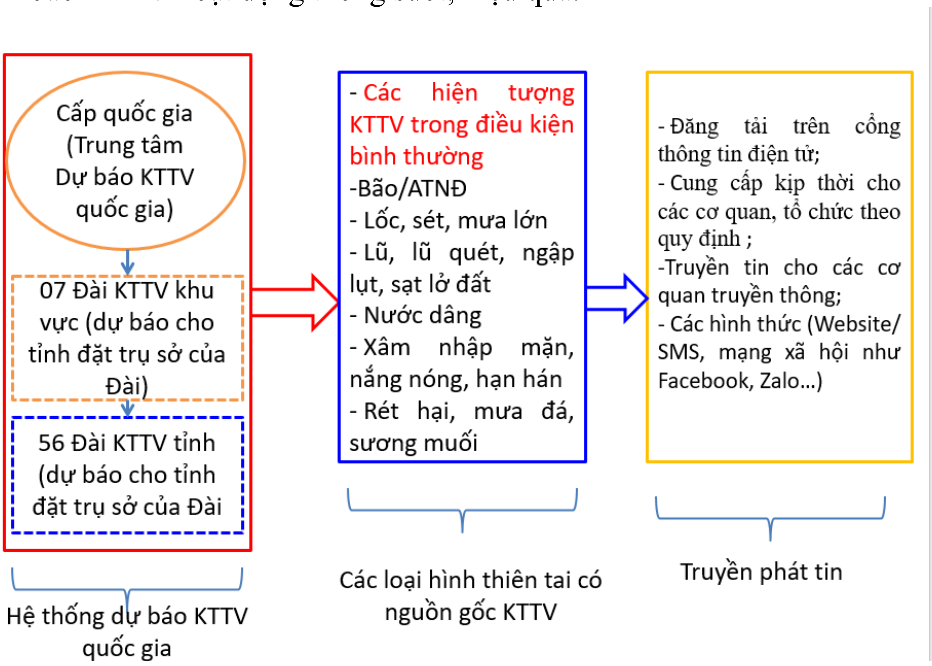
Như vậy, từ tổng quan trên có thể thấy, các cơ quan Chính phủ ở các quốc gia phát triển thường trực tiếp quản lý lĩnh vực KTTV và cung cấp dịch vụ này miễn phí. Trong khi đó, ở các quốc gia đang phát triển, cơ cấu tổ chức KTTV đòi hỏi sự hợp tác giữa nhiều cơ quan khác nhau, bao gồm cả quản lý môi trường, thủy văn và khí tượng. Sự khác nhau trong cơ cấu tổ chức KTTV của mỗi quốc gia phản ánh sự linh hoạt và đáp ứng đa dạng của từng quốc gia đối với thách thức KTTV, tùy thuộc vào tình hình cụ thể và nguồn lực có sẵn, bao gồm cả trình độ và khả năng ứng dụng công nghệ dự báo, cảnh báo KTTV. Mỗi mô hình tổ chức có mặt mạnh và điểm yếu riêng. Xu hướng chung trên thế giới là thực hiện chia sẻ và tích hợp thông tin giữa các lĩnh vực chuyên môn khác nhau để huy động tối đa hóa nguồn vốn đầu tư, nhưng thực tế thực hiện điều này rất khó khăn và đòi hỏi thời gian.

Những thách thức từ BĐKH cùng với sự thay đổi và phát triển của công nghệ dự báo KTTV, đặc biệt là ứng dụng trí tuệ nhân tạo và khoa học dữ liệu đã đặt ra bài toán cần thay đổi cách tiếp cận trong phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV. Việc ứng dụng tiến bộ công nghệ để cung cấp thông tin chi tiết và kịp thời ở quy mô địa phương, từ cấp huyện đến cấp xã, là nhu cầu của thực tế khách quan. Xu hướng sử dụng thông tin ở địa phương và các bộ, ngành trong thực hiện dự báo dựa trên tác động để đáp ứng yêu cầu cụ thể của địa phương đang trở thành một xu thế phục vụ của ngành KTTV trên toàn cầu. Việc đẩy mạnh phân cấp, phân quyền, và tăng cường năng lực cho các cơ quan KTTV cấp tỉnh sẽ nâng cao vai trò và vị thế của Đài KTTV tỉnh trong phục vụ KTTV địa phương, điều này cũng phù hợp với Chiến lược phát triển Ngành KTTV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 [22, 23].

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu tập trung vào việc phân cấp hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, đặc biệt là trong bối cảnh có nhiều yếu tố tác động đến các hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV. Nghiên cứu tập trung vào việc phân tích, đánh giá hiện trạng của hệ thống phân cấp dự báo, cảnh báo khí tượng, thủy văn, hải văn từ cấp quốc gia, cấp khu vực và cấp tỉnh ở thời điểm hiện tại. Từ các kết quả thu được, nghiên cứu đề xuất một số giải pháp nhằm tối ưu hóa công tác quản lý nhà nước về dự báo, cảnh báo KTTV, đảm bảo hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV hoạt động thông suốt, hiệu quả.



Hình 1. Sơ đồ tổ chức hiện tại của hệ thống dư báo, cảnh báo KTTV quốc gia, trong đó các đơn vị dự báo đều thực hiện bản tin theo quy định được phân cấp và truyền phát đến các đơn vị thu nhận theo quy định.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chuyên gia

Hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV ngày càng trở nên quan trọng trong bối cảnh thách thức của biến đổi khí hậu và yêu cầu ngày càng cao từ xã hội. Đối mặt với sự phức tạp của tình hình thiên tai, việc đánh giá thực trạng phương án phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV là không thể thiếu. Trong quá trình này, vai trò của chuyên gia đóng một phần quan trọng trong việc định hình và đảm bảo chất lượng của nghiên cứu. Chuyên gia KTTV có kiến thức sâu rộng và kinh nghiệm thực tế, đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp thông tin tham khảo và ý kiến chuyên sâu về hiện trạng cũng như những thách thức đặt ra trong hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV. Ý kiến của chuyên gia giúp đảm bảo tính khoa học và thực tế của phương pháp nghiên cứu, đồng thời giúp xác định rõ các yếu tố quyết định trong quá trình phân cấp hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV. Để lấy ý kiến của chuyên gia, nhóm nghiên cứu đã áp dụng quy trình tham vấn kỹ thuật cao, bao gồm các phiếu khảo sát, phỏng vấn chuyên sâu và hội thảo khoa học. Những buổi hội thảo khoa học được tổ chức bằng hình thức trực tiếp và trực tuyến để chia sẻ thông tin, đánh giá ý kiến và thảo luận về các khía cạnh cụ thể của hoạt động phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV. Các kết quả tham vấn được phân tích, tổng hợp để đánh giá được thực trạng, thách thức và đưa ra các giải pháp phù hợp.

2.2.2. Phương pháp phân tích, tổng hợp các tài liệu tham khảo

a) Thu thập tài liệu, bao gồm các văn bản pháp luật hiện hành, đặc biệt là quy trình, quy định, phân cấp trách nghiệm, tài liệu hướng dẫn nghiệp vụ dự báo, cảnh báo KTTV; phân tích chức năng, nhiệm vụ của các đơn vị thực hiện dự báo, cảnh báo để đánh giá cơ cấu tổ chức và sự phối hợp trong thực hiện nghiệp vụ của các đơn vị liên quan đến hoạt động KTTV.

b) Tổng hợp các thông tin và dữ liệu thu thập được về việc đánh giá hiện trạng của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV từ các nguồn khác nhau như tham vấn chuyên gia, phiếu khảo sát, hội thảo khoa học. Kết quả thu được dùng để phân tích những ưu điểm và hạn chế trong việc vận hành của hệ thống phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV hiện nay.

c) Dựa trên kết quả phân tích, nhóm nghiên cứu đề xuất các phương án cụ thể để tối ưu hóa hoạt động quản lý dự báo, cảnh báo KTTV trên phạm vi toàn quốc, đảm bảo tính thiết thực và hiệu quả của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV trong việc đối mặt với các thách thức ngày càng phức tạp của biến đổi khí hậu và yêu cầu ngày càng cao của xã hội.

3. Kết quả đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp

3.1. Thực trạng kết quả phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia

3.1.1. Kết quả đạt được

Với việc tổ chức phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV trong hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia như hiện nay, có thể thấy rõ những ưu điểm của hệ thống này. Trước hết, cấp Trung ương sẽ chịu trách nhiệm tập trung vào các sự kiện thời tiết quy mô lớn, đưa ra bản tin nhận định tổng quan về tình hình KTTV, biến đổi khí hậu và dự báo, cảnh báo thiên tai nguy hiểm, có phạm vi ảnh hưởng liên khu vực, liên quốc gia, đặc biệt là bão, lũ lớn, …Cấp tỉnh tập trung vào chi tiết hóa thông tin cho địa phương, có khả năng phản ứng linh hoạt, nhanh chóng đối với từng tình huống cụ thể trên khu vực của mình. Mặt khác, các đơn vị dự báo cấp tỉnh có sự hiểu biết sâu rộng về đặc điểm địa lý, xã hội, kinh tế cũng như nhu cầu và đòi hỏi thực tế của cộng đồng, từ đó đưa ra các bản tin và khuyến cáo phù hợp cho địa phương. Trong công tác phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn ở địa phương, hệ thống phân cấp cho phép cấp tỉnh trở thành đầu mối quan trọng trong việc phục vụ Ban Chỉ huy Phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn địa phương. Thông tin dự báo, cảnh báo từ cấp tỉnh có thể được truyền đạt một cách nhanh chóng và chính xác đến Ban Chỉ huy để hỗ trợ quyết định và triển khai kịp thời các biện pháp phòng chống. Bên cạnh việc phục vụ dự báo, cảnh báo cho địa phương, cấp tỉnh còn tham gia vào các chương trình đào tạo nhằm mục đích tăng cường sự hiểu biết về biến đổi khí hậu, rủi ro thiên tai và cách ứng phó, giúp cộng đồng chủ động hơn trong các tình huống thiên tai khẩn cấp.

Hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia với mô hình tổ chức gồm 03 cấp và nguồn nhân lực gần 3000 cán bộ, công chức, viên chức, đã đóng góp tích cực vào công tác điều hành chính sách và phát triển kinh tế - xã hội. Trong những năm gần đây, năng lực của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia đã tiến sát vị trí hàng đầu trong khu vực ASEAN, được WMO đánh giá cao. Tổng cục KTTV của Việt Nam được chọn làm Trung tâm dự báo hỗ trợ khu vực Đông Nam Á về các hiện tượng thời tiết nguy hiểm. Năm 2022, WMO tiếp tục chọn Việt Nam làm Trung tâm dự báo hỗ trợ lũ, lũ quét cho khu vực ASEAN.

3.1.2. Tồn tại, hạn chế

Khó khăn và hạn chế lớn nhất đối với mô hình phân cấp hiện nay ở Việt Nam đó là công tác quản lý nhà nước về hoạt động KTTV không được đảm bảo thống nhất trên phạm vi cả nước. Thực tiễn cho thấy, đối với các công trình hồ chứa, việc khai thác và vận hành hồ đều có ảnh hưởng không nhỏ đến dự báo lũ vùng hạ du cũng như có tác động lớn đến dân sinh kinh tế vùng hạ du khi công trình xả lũ. Theo quy định của Luật KTTV, Luật Tài nguyên nước, Luật Thủy lợi, Nghị định của Chính phủ về quản lý an toàn đập, hồ chứa nước thì các chủ sở hữu, tổ chức quản lý trực tiếp, chủ đầu tư hoặc tổ chức, cá nhân khai thác hồ chứa phải thực hiện quan trắc KTTV và thực hiện tính toán, dự báo lượng nước đến hồ, khả năng gia tăng mực nước hồ và cung cấp các thông tin về cơ quan quản lý nhà nước ở địa phương và Trung ương. Hiện hoạt động dự báo, cảnh báo tại các hồ chứa chưa được quy định cụ thể phải tuân theo quy trình, quy định nào và do đơn vị nào tổ chức quản lý. Do đó, để đảm bảo thống nhất hoạt động dự báo, cảnh báo trên phạm vi cả nước, với bất kỳ mô hình phân cấp nào thì hoạt động dự báo, cảnh báo của hồ chứa cũng cần thiết phải thực hiện theo quy định chung và chịu sự giám sát của cơ quan quản lý KTTV quốc gia. Còn đối với các hoạt động dự báo chuyên ngành, muốn kết hợp được với dự báo, cảnh báo KTTV phục vụ phòng chống thiên tai và phát triển kinh tế - xã hội nói chung do Bộ Tài nguyên và Môi trường quản lý thì ngành KTTV cần phải đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng của KTTV quốc gia cùng với số liệu và sản phẩm (hệ thống cơ bản), đồng thời phải thiết lập hệ thống tổ chức bộ máy, nhân lực xuyên suốt, thống nhất từ Trung ương đến địa phương. Bởi tính chất, đặc điểm đặc thù cơ bản của hoạt động KTTV là phục vụ thời tiết, khí hậu, thủy văn, hải văn rộng rãi cho cộng đồng và phổ biến tới công chúng nhằm đáp ứng các yêu cầu đối với nhà nước để bảo vệ cuộc sống và tài sản của nhân dân, phục vụ lợi ích công cộng, bảo vệ môi trường và làm nghĩa vụ quốc tế theo Công ước với WMO và các hiệp định quốc tế khác liên quan. Còn dự báo phục vụ chuyên dùng là những dịch vụ nhằm đáp ứng các yêu cầu riêng của người sử dụng, đặc biệt của các cá nhân hoặc lĩnh vực sử dụng có những yêu cầu riêng biệt.

Đối với hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, công tác phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV đã được triển khai thực hiện nhưng còn lộ một số bất cập. Trong lĩnh vực dự báo khí tượng, việc phân cấp dự báo chi tiết hóa ở các địa phương về bản chất chủ tập trung ở việc đưa ra dự báo chi tiết hơn ở các điểm, chưa tổ chức được công tác dự báo dựa trên tác động một cách thực chất. Trình độ công nghệ, năng lực dự báo của dự báo viên ở các cấp tỉnh còn chưa cao. Có sự chồng chéo trong việc ban hành bản tin dự báo, cảnh báo ở một số loại hình thiên tai xảy ra trên quy mô nhỏ, thời gian ngắn như dông, lốc, sét.

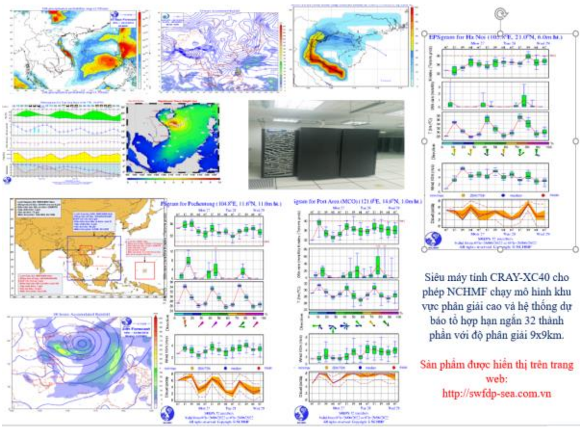
Trong lĩnh vực dự báo thủy văn, nhiều lưu vực sông chưa có công nghệ dự báo, cảnh báo đồng bộ, chưa có hệ thống công nghệ giám sát, hỗ trợ dự báo hoàn chỉnh. Sự phát triển mạnh mẽ của các hồ chứa thủy điện, thủy lợi trên các lưu vực sông đã làm thay đổi chế độ dòng chảy, gây ra rất nhiều khó khăn cho công tác dự báo, cảnh báo thủy văn và công tác dự báo phục vụ quy trình vận hành liên hồ chứa. Trong thời gian qua, Tổng cục KTTV đã triển khai kế hoạch dự báo sông theo lưu vực, tuy nhiên việc thực hiện trong nghiệp vụ còn gặp rất nhiều khó khăn do cơ sở hạ tầng kỹ thuật cơ bản chưa đáp ứng đầy đủ năng lực tính toán vận hành mô hình, công nghệ dự báo, cảnh báo thủy văn.

Trong lĩnh vực hải văn, mô hình dự báo sóng hiện chỉ thực sự được vận hành ở cấp Trung ương, có độ phân giải thấp và chỉ sử dụng một nguồn dữ liệu khí tượng, thiếu cập nhật số liệu địa hình và chưa có hệ thống hiển thị sản phẩm dự báo. Sự phụ thuộc vào một mô hình dự báo trong nghiệp vụ thường xuyên bị động và không đồng nhất, đặc biệt là trong trường hợp thời tiết nguy hiểm như bão. Dự báo nước dâng do bão còn hạn chế về độ chi tiết và thời gian. Công tác cứu hộ, cứu nạn đòi hỏi thông tin dự báo thời gian thực, nhưng chất lượng dự báo trên khu vực biển gần bờ còn hạn chế, đặc biệt là về dòng chảy biển. Sự cố và tai nạn trên biển thường xuyên xảy ra do thiếu thông tin dự báo độ tin cậy và chi tiết, đặc biệt là về gió, sóng, và dòng chảy tại khu vực biển gần bờ.

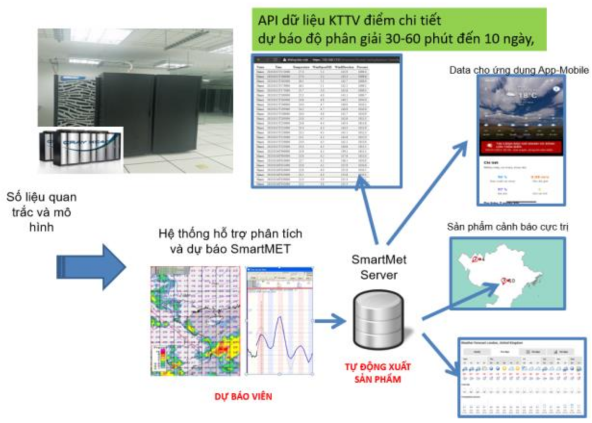
3.2. Một số giải pháp về phân cấp dự báo, cảnh báo KTTV tại hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia

3.2.1. Dự báo khí tượng

Hiện nay, xu hướng phát triển công nghệ dự báo khí tượng đã có rất nhiều tiến bộ. Hệ thống mô hình dự báo số hiện đại bao gồm các mô hình toàn cầu, mô hình khu vực phân giải cao, hệ thống siêu máy tính có khả năng thực hiện đồng hóa số liệu quan trắc địa phương đã có thể đưa ra dự báo chi tiết đến bất kỳ vị trí nào trên toàn quốc trong thời hạn 10 ngày (Hình 2a) với độ tin cậy cao. Bên cạnh đó, Tổng cục KTTV đã được đầu tư hệ thống dự báo thông minh Smartmet có thể cho phép dự báo viên hiệu chỉnh thời tiết tại một địa điểm bất kỳ và tự động đưa lên các nền tảng ứng dụng khác nhau (Hình 2b). Do đó, công tác dự báo khí tượng về cơ bản chỉ cần 01 cấp là cấp Trung ương chịu trách nhiệm dự báo, cảnh báo khí tượng cho tất cả các Đài KTTV khu vực, các Đài KTTV tỉnh. Tuy nhiên, khi công nghệ dự báo phát triển, xu hướng dự báo cũng đang chuyển dịch sang dự báo tác động thì các cơ quan dự báo, cảnh báo KTTV ở địa phương lại vô cùng quan trọng và cần thiết. Bởi khi đó, thay vì chỉ cung cấp thông tin về các điều kiện thời tiết đơn thuần thì cơ quan dự báo KTTV tại địa phương sẽ thực hiện dự báo các tác động tiềm ẩn của các hiện tượng thời tiết, thiên tai đối với các hoạt động của con người, đến cơ sở hạ tầng, nền kinh tế - xã hội tại địa điểm, khu vực dự báo. Trong khi đó, các thông tin đầu vào để đảm bảo dự báo tác động này Các thông tin dự báo này chắc chắn sẽ đảm bảo sát thực hơn so với cơ quan dự báo trung ương. Bên cạnh đó, với sự hỗ trợ của các công nghệ dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo, siêu máy tính, mô hình phân giải cao, khi kết hợp với các dữ liệu dự báo tác động như độ phơi lộ, thông tin kinh tế - xã hội ở địa phương sẽ đưa thông tin dự báo đến sát với người dân và các cấp chính quyền địa phương hơn. Đây là các thông tin thực sự rất hữu ích không chỉ đối với các nhà quản lý, các cấp chính quyền mà còn hữu ích đối với từng người dân nhằm thúc đẩy các hành động ứng phó sớm, làm giảm thiệt hại do thiên tai gây ra.



Hình 2a. Công nghệ dự báo thời tiết số (NWP) của Tổng cục KTTV.



Hình 2b. Hệ thống hiển thị và phân tích khí tượng thông minh - SmartMet.

Có thể nói, dự báo tác động còn rất mới, không chỉ ở Việt Nam mà trên thế giới, do đó các thách thức về dự báo tác động là không ít. Để thực hiện được dự báo tác động đảm bảo độ tin cậy và hiệu quả, bên cạnh việc nâng cao năng lực dự báo thì việc thu thập và chia sẻ các dữ liệu về kinh tế - xã hội, dân cư, y tế, giao thông vận tải… thời gian thực là vô cùng cần thiết. Do đó, cần tiếp tục đẩy mạnh thực hiện phân cấp dự báo khí tượng theo mô hình: trung ương và địa phương, trong đó trọng tâm là các Đài KTTV tỉnh để nâng cao hiệu quả phục vụ, đảm bảo sát thực tiễn và có tính khả thi cao. Về bản chất, sự phân cấp này không làm thay đổi chức năng, nhiệm vụ hay quy mô tổ chức ở các Đài KTTV khu vực, Đài KTTV tỉnh mà sự phân cấp này sẽ chú trọng và phát huy được vai trò của các Đài KTTV cấp tỉnh phục vụ tốt hơn trong thời gian tới (Hình 3).

b) Dự báo thủy văn

Những năm gần đây, do tác động của biến đổi khí hậu và sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ, nhiều thiên tai thủy văn xảy ra với cường độ và diễn biến phức tạp, yêu cầu cung cấp thông tin phục vụ phòng chống thiên tai của các cấp, các ngành cũng đòi hỏi ngày càng cao. Đặc biệt, với sự phát triển mạnh mẽ của các hồ chứa thủy điện, thủy lợi đã làm thay đổi chế độ dòng chảy trên các lưu vực sông, nhất là sự điều tiết liên hồ chứa. Bên cạnh đó, đặc điểm địa hình và diễn biến thủy văn trên mỗi lưu vực sông là khác nhau, do đó, việc dự báo, cảnh báo diễn biến thủy văn trên mỗi lưu vực sông là khác nhau. Ngoài ra, các quá trình thủy văn gây ra lũ lụt là liên tục và có mối liên hệ với nhau trong phạm vi một lưu vực sông. Vì vậy, để đảm bảo không bị chồng chéo, phù hợp với yêu cầu cung cấp thông tin phục vụ phòng chống thiên tai các cấp cũng như đảm bảo có sự kết nối, chia sẻ thông tin kịp thời và thống nhất giữa trung ương và địa phương trên toàn lưu vực sông, việc phân cấp công tác dự báo, cảnh báo thủy văn cũng cần có sự đổi mới theo hướng tổ chức các tổ/nhóm dự báo cho từng lưu vực sông. Khi đó, các Đài KTTV tỉnh chủ trì thực hiện công tác dự báo, cảnh báo đối với các lưu vực sông nội tỉnh; Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia và các Đài KTTV khu vực chủ trì thực hiện công tác dự báo, cảnh báo đối với các lưu vực sông liên tỉnh, xuyên biên giới.

Như vậy, đề xuất quan điểm trong việc phân cấp dự báo, cảnh báo thủy văn hiện nay cần được thực hiện như sau: Xây dựng mô hình tổ chức công tác dự báo, cảnh báo thủy văn tập trung theo các lưu vực sông, có sự tham gia, phối hợp, phân công trách nhiệm và thống nhất thông tin giữa các cấp từ trung ương đến địa phương trên toàn lưu vực sông.

Thực hiện phân cấp công tác dự báo, cảnh báo thủy văn đảm bảo không bị chồng chéo, phù hợp với yêu cầu cung cấp thông tin phục vụ phòng, chống thiên tai các cấp. Trong đó: Các Đài KTTV (KTTV) tỉnh chủ trì thực hiện công tác dự báo, cảnh báo đối với các lưu vực sông nội tỉnh; Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia và các Đài KTTV khu vực chủ trì thực hiện công tác dự báo, cảnh báo đối với các lưu vực sông liên tỉnh, xuyên biên giới, tương tự như tổ chức mô hình của khí tượng (Hình 3).

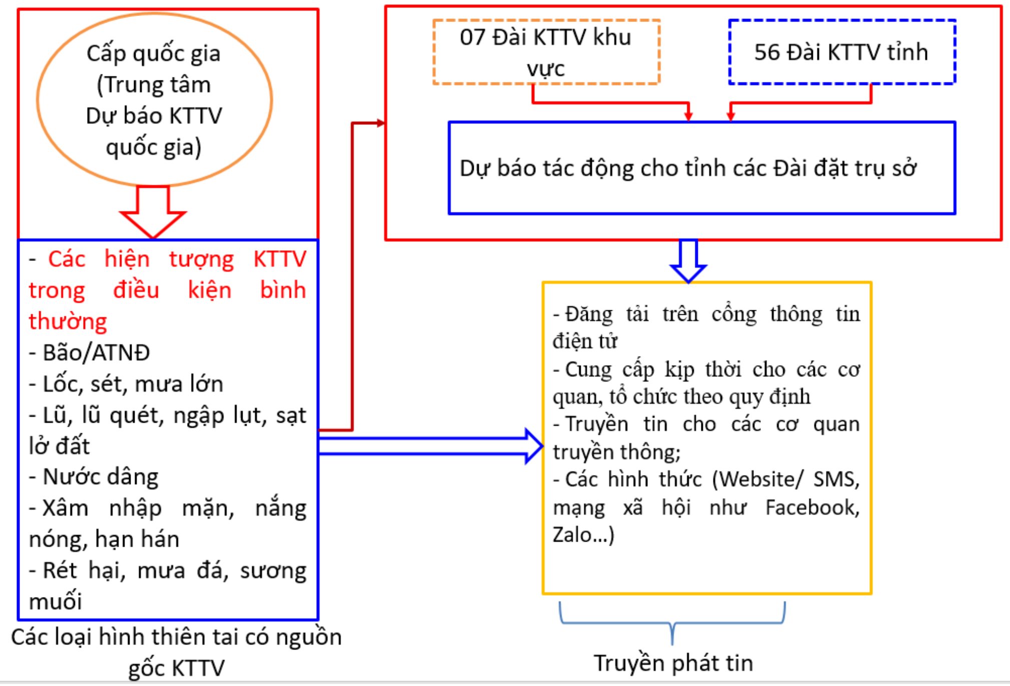
Đẩy mạnh việc ứng dụng khoa học công nghệ hiện đại và công nghệ số trong dự báo, cảnh báo thủy văn; hướng đến xây dựng mô hình tính toán dự báo, cảnh báo cho toàn lưu vực, chia sẻ cơ sở dữ liệu, mô hình, kết quả dự báo dùng chung cho các cấp, có tích hợp các mô hình điều tiết liên hồ chứa và thông tin kinh tế - xã hội.

Tăng cường năng lực về cơ sở hạ tầng kỹ thuật, đảm bảo đáp ứng yêu cầu vận hành mô hình, công nghệ dự báo, cảnh báo thời gian thực của các loại mô hình khác nhau. Tăng cường nâng lực để các dự báo viên làm chủ được mô hình, công nghệ dự báo, cảnh báo, đặc biệt là các mô hình, công nghệ mã nguồn mở; có sự luân chuyển dự báo viên giữa các lưu vực sông nhằm nâng cao năng lực và tăng cường phối hợp trong các tình huống thiên tai khẩn cấp.

c) Dự báo hải văn

Việt Nam có đường bờ biển dài với vùng biển chủ quyền rộng lớn nên công tác dự báo biển có vai trò rất quan trọng, góp phần chủ động phòng, chống, giảm nhẹ rủi ro thiên tai trên biển, đảm bảo sinh kế của người dân vùng ven biển một cách bền vững và góp phần phát triển kinh tế biển xanh. Vì vậy, về cơ bản, công tác dự báo biển vẫn chủ yếu do cấp trung ương (Trung tâm dự báo KTTV quốc gia) thực hiện.

Trong những năm gần đây, công tác dự báo, cảnh báo biển đã có những bước tiến mới, thực hiện dự báo, cảnh báo cho tất cả các yếu tố hải văn theo quy định, cụ thể gồm: thủy triều, sóng biển, dòng chảy biển, nước dâng do bão và do gió mùa. Ngoài ra, thời hạn dự báo biển cũng đã được tăng lên như: Sóng biển, dòng chảy biển dự báo đến 10 ngày, nước dâng do bão và gió mùa dự báo trước 3 ngày, thủy triều và cảnh báo triều cường được thực hiện chi tiết trên các trạm khí tượng hải văn ven biển, hải đảo và các vị trí trọng điểm (cửa sông, cảng, khu kinh tế trọng điểm ven biển). Những thông tin dự báo sớm đã được gửi tới Ban chỉ đạo quốc gia về phòng, chống thiên tai và các bộ, ngành, địa phương để có sự phối hợp, chỉ đạo kịp thời; đồng thời những thông tin này cũng rất hữu ích giúp chính quyền và ngư dân các địa phương ven biển trong việc chủ động theo dõi, ứng phó và đảm bảo an toàn trong hoạt động đánh bắt, nuôi trồng thủy hải sản, đảm bảo phát triển kinh tế và góp phần bảo vệ chủ quyền quốc gia trên biển. Để đảm bảo đáp ứng yêu cầu công tác dự báo biển, nhất là dự báo phục vụ cho các ngành, nghề khai thác biển như: đánh bắt hải sản, dầu khí, năng lượng tái tạo biển,... hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia cũng đã thực hiện phân cấp thêm cho các Đài KTTV khu vực có biển tham gia công tác dự báo tại các vùng biển thuộc phạm vi quản lý (Hình 3).



Hình 3. Đề xuất sơ đồ tổ chức của hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia, trong đó các Đài KTTV tỉnh sẽ tập trung dự báo dựa trên tác động

Tuy nhiên, trong bối cảnh biến đổi khí hậu, nhiều hiện tượng hải văn nguy hiểm hiện vẫn chưa xác định được nguyên nhân, hệ thống quan trắc trên biển thưa, thiết bị quan trắc chưa hiện đại, năng lực tính toán nhất là dự báo chi tiết cho các khu vực trọng điểm còn hạn chế,… do đó việc phân cấp dự báo biển cho các Đài KTTV tỉnh cần phải có thời gian để triển khai thực hiện khi các giải pháp nâng cao chất lượng dự báo biển được triển khai đồng bộ, hiệu quả.

4. Kết luận và kiến nghị

Thứ nhất, công tác quản lý nhà nước đối với hoạt động dự báo, cảnh báo KTTV chưa được đảm bảo thống nhất trên phạm vi cả nước, đặc biệt là trong công tác dự báo tại các hồ chứa và dự báo chuyên ngành. Trong khi đó, quy định về hoạt động dự báo, cảnh báo tại các hồ chứa chưa rõ ràng và chưa được quy định cụ thể. Do vậy cần thiết lập quy trình và quy định cụ thể về hoạt động dự báo, cảnh báo tại các hồ chứa, đảm bảo tuân thủ theo quy định chung và được giám sát chặt chẽ từ cơ quan quản lý KTTV quốc gia.

Thứ hai, trong lĩnh vực dự báo, cảnh báo khí tượng, hải văn, sự tiến bộ nhanh chóng của công nghệ quan trắc và dự báo trong kỷ nguyên số, dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo,... cũng như tính chất liên thông về không gian của hai lĩnh vực này đã đặt ra yêu cầu cần đẩy mạnh vai trò của Trung Tâm Dự báo KTTV quốc gia trong việc cung cấp toàn bộ thông tin dự báo, cảnh báo khí tượng, hải văn chi tiết trên toàn quốc.

Mô hình dự báo thời tiết ngày nay đang chuyển từ dự báo đơn thuần sang dự báo dựa trên tác động, tập trung vào ảnh hưởng của thời tiết và thiên tai đối với con người và xã hội đặt ra yêu cầu đẩy mạnh vai trò của các Đài KTTV tỉnh trong công tác dự báo dựa trên tác động và thu thập, chia sẻ dữ liệu thời gian thực giữa cơ quan khí tượng với các bộ, ngành và địa phương để cung cấp thông tin dự báo theo nhu cầu thực tế của địa phương.

Thứ ba, trong lĩnh vực dự báo, cảnh báo thủy văn, với sự gia tăng phức tạp của thiên tai thủy văn và biến đổi chế độ dòng chảy do các dự án thủy điện, thủy lợi, việc cung cấp thông tin dự báo chi tiết và cập nhật đến từng lưu vực sông trở nên ngày càng quan trọng.

Trong thời gian tới, phải đẩy mạnh tổ chức các nhóm dự báo cho từng lưu vực sông, đẩy mạnh vai trò chủ đạo của Đài KTTV tỉnh trong việc thực hiện dự báo, cảnh báo đối với lưu vực sông nội tỉnh là cấp thiết. Việc phân cấp này không chỉ tăng cường khả năng dự báo sát thực tế mà còn giúp duy trì sự kết nối giữa các cấp dự báo, từ trung ương đến địa phương, thông qua việc chia sẻ thông tin giữa Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia và Đài KTTV tỉnh. Mặt khác, cần phát triển, hoàn thiện hệ thống công nghệ dự báo, cảnh báo thủy văn dùng chung cho các lưu vực sông (công nghệ cảnh báo sớm đa thiên tai, dự báo tác động, ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế - xã hội…) có tính liên thông, đồng bộ từ Trung ương đến địa phương.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.Đ.L., T.Q.N.; Xử lý số liệu: N.T.T.L.; Viết bản thảo bài báo: V.Đ.L., N.T.T.L.; Chỉnh sửa bài báo: T.Q.N.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của nhiệm vụ: "Nghiên cứu cơ sở lý luận và thực tiễn đề xuất hoàn thiện các quy định pháp luật về dự báo, cảnh báo KTTV phục vụ quản lý nhà nước", mã số: TNMT.01.28 thuộc Chương trình khoa học và công nghệ trọng điểm cấp bộ "Nghiên cứu cơ sở lý luận và thực tiễn phục vụ xây dựng, hoàn thiện chính sách, pháp luật về tài nguyên và môi trường giai đoạn 2021-2025", mã số chương trình: TNMT.01/21-25.

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. Trực tuyến: https://www.cma.gov.cn.
2. Trực tuyến: https://www.jma.go.jp/jma/en/Background/organization.html
3. Trực tuyến: https://www.kma.go.kr/eng/aboutkma/organization.jsp.
4. Quyết định số 1970/QĐ-TTg ngày 23 tháng 11 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ quy định Chiến lược phát triển Ngành KTTV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
5. Quyết định số 427/QĐ-TCKTTV ngày 27 tháng 12 năm 2022 của Tổng cục KTTV ban hành Kế hoạch phát triển công tác dự báo, cảnh báo thủy văn.
6. Trực tuyến: https://www.siwwrr.org.vn
7. Luật KTTV số 90/2015/QH13.
8. Luật Tài nguyên nước số 17/2012/QH13.
9. Luật Thủy lợi số 08/2017/QH14.
10. Nghị định số 114/2018/NĐ-CP ngày 04/9/2018 của Chính phủ về quản lý an toàn đập, hồ chứa.
11. Nghị định số 48/2020/NĐ-CP ngày 15/4/2020 sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 38/2016/NĐ-CP ngày 15/5/2016 của Chính phủ quy định một số điều của Luật KTTV.
12. Gilbert Brunet: Advancing Weather and Climate Forecasting for Our Changing World. Bulletin of the American Meteorological Society 104 DOI:10.1175/BAMS-D-21-0262.1
13. Sugumaran, R.; Burnett, J.; Armstrong, M.P. Using a cloud computing environment to process large 3D spa- tial datasets. In H. Karimi, ed., Big Data: Techniques and Technologies in Geoinformatics, CRC Press, Boca Raton, FL, 2014, pp. 53–65.
14. Zhangwei, W.; Hao, C.; Han, W. Research on improving detection capability of small and medium scales based on dual polarization weather radar. Proceeding of the 2019 international conference on meteorology observations (ICMO), 2019, pp. 1–7.

15. Ramamurthy, M. Geoscience cyberinfrastructure in the cloud: Data-proximate computing to address big data and open science challenges. Proceeding of the 2017 IEEE 13th international conference on e-science (e-science), 2017, pp. 444–445.
16. Chen, R.; Zhang, W.; Wang, X. Machine learning in tropical cyclone forecast modeling: A review. *Atmosphere* **2020**, *11*, 676. https://doi.org/10.3390/atmos11070676.
17. Trực tuyến: http://vnmha.gov.vn/chi-dao-dieu-hanh-103/du-bao-dua-tren-tac-dong-phuc-vu-phat-trien-ben-vung-14267.html
18. Majumdar, S.J.; Coauthors. Multiscale forecasting of high-impact weather: Current status and future challenges. *Bull. Amer. Meteor. Soc*. **2021**, *102*, E635–E659, https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0111.1.
19. Balmaseda, M.; Coauthors. NOAA-DOE Precipitation Processes and Predictability Workshop report. NOAA Tech. Rep. OAR CPO-9, 2020, pp. 48.
20. WMO. Guidelines on Multi-Hazard Impact-Based Forecast and Warning Services - Part II: Putting Multi-Hazard IBFWS into Practice. 2021.
21. Trực tuyến: https://monre.gov.vn/Pages/ung-dung-khi-tue-nhan-tao-trong-hoat-dong-tac-nghiep-ve-khi-tuong-thuy-van.aspx
22. Chỉ thị số 10-CT/TW của Ban Bí thư về tăng cường sự lãnh đạo của Đảng đối với công tác KTTV đáp ứng yêu cầu xây dựng và bảo vệ Tổ quốc.
23. Quyết định số 1970/QĐ-TTg ngày 23 tháng 11 năm 2021 của Thủ tướng Chính phủ quy định Chiến lược phát triển Ngành KTTV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

The current status and solutions in the hierarchical classification of meteorological-hydrological forecasting and warning activities

Nguyen Thi Thu Loan[1*], Vu Duc Long[1], Tran Quang Nang[1]

[1] Department of Hydro-Meteorological Forecasting Management, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; loanthunguyen268@gmail.com; longkttv@gmail.com; trannang030984@gmail.com

Abstract: In recent years, the forecasting and warning efforts of the Vietnam Meteorological and Hydrological Administration (VNMHA) have made significant progress, partially meeting the growing societal demands. However, with the rapidly changing climate and advancements in meteorological technology, along with the evolving needs of various economic and social sectors, new requirements for organizing forecasting and warning activities in line with the actual situation have emerged. This article employs statistical methods, analysis, synthesis, and expert opinions to analyze the current situation and issues in the hierarchical structure of meteorological forecasting and warning operations. Subsequently, it proposes several hierarchical solutions to enhance the effectiveness of meteorological forecasting and warning activities. The research results provide an important foundation for hierarchical organizational management of forecasting and warning activities, aiming to improve efficiency and leverage the position and role of the meteorological sector in this new era.

Keywords: Management of Hydro-Meteorological; Hierarchical forecasting.

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Ứng dụng mô hình AERMOD mô phỏng sự lan truyền các chất ô nhiễm không khí từ khu công nghiệp Phú Tài tỉnh Bình Định

Đậu Văn Hùng[1]*, Phạm Thanh Long[1] , Lê Hoàng Nghiêm[2]

[1] Phân viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; vanhung0494@gmail.com; longpham.syhimete@gmail.com
[2] Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh; hoangnghiem@hcmure.edu.vn

*Tác giả liên hệ: vanhung0494@gmail.com; Tel.: +84–974437773

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2023; Ngày phản biện xong: 1/12/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2024

Tóm tắt: Từ nhiều năm nay, người dân sinh sống trên địa bàn phường Trần Quang Diệu không chỉ chịu đựng ô nhiễm khí thải mà còn bị ô nhiễm tiếng ồn, khói bụi do hoạt động của các doanh nghiệp trong KCN Phú Tài. Bài báo trình bày kết quả ứng dụng mô hình Aermod mô phỏng sự lan truyền các chất ô nhiễm không khí từ khu công nghiệp Phú Tài tỉnh Bình Định. Phương pháp chính sử dụng trong báo cáo là phương pháp mô hình hoá. Sau khi thiết lập mô hình dựa trên kịch bản hiện trạng năm 2022 và thông qua các thông số đánh giá kiểm định mô hình, tiến hành mô phỏng theo bốn kịch bản tính toán: kịch bản hiện trạng (KB1), kịch bản lấp đầy (KB2), kịch bản chưa lấp đầy (KB3), kịch bản sự cố (KB4). Nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng lan truyền các chất ô nhiễm không khí gồm bụi TSP, CO, SO_2, NO_2 và so sánh kết quả này với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh QCVN 05:2023/BTNMT, kết quả mô phỏng cho thấy ở KB1 nồng độ các chất ô nhiễm đều thấp hơn so với ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT. Ở KB2, nồng độ các chất bụi TSP, CO thấp hơn so với ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT, tuy nhiên nồng độ các chất SO_2 và NO_2 đều vượt so với QCVN 05:2023/BTNMT tính theo trung bình 1 giờ, 24 giờ và trung bình năm.

Từ khóa: AERMOD; Mô phỏng sự lan truyền các chất ô nhiễm; Bình Định.

1. Giới thiệu

Ở Việt Nam, việc sử dụng mô hình hoá trong một số đề tài và các dự án đánh giá tác động môi trường về thực hiện đánh giá ô nhiễm không khí từ khu công nghiệp đã góp phần dự báo được tác động về không gian, thời gian của chất ô nhiễm trong không khí, góp phần bảo vệ môi trường và phát triển bền vững khu công nghiệp. Hiện nay đứng trước tình hình ô nhiễm không khí xảy ra ngày một nghiem trọng, không chỉ có ở khu vực đô thị và còn xay ra tại các khu công nghiệp trên cả nước. Đã có rất nhiều nghiên cứu về ứng dụng mô hình hoá trong nghiên cứu ô nhiễm không khí từ khu công nghiệp và đô thị nhằm phân vùng đánh giá mức độ ảnh hưởng của không khí khi bị ô nhiễm. Các nghiên cứu trong nước về ô nhiễm không khí từ khu công nghiệp đa phần chỉ tập trung vào việc mô phỏng hiện trạng và kèm theo kịch bản sự cố môi trường, mà chưa có nhiều kịch bản đánh giá chi tiết đến nguồn thải và biến đổi khí hậu. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm giải quyết những hạn chế còn tồng đọng trong công tác đánh giá tải lượng ô nhiễm trong các khu công nghiệp vừa và lớn về quy mô diện tích cũng như lưu lượng xả thải, thông qua 04 kịch bản đánh giá bao gồm: kịch bản phát thải hiện trạng, kịch bản hệ thống xử lý khí thải bị quá tả (lấp đầy) và kịch bản chưa lấp đầy, cuối cùng là kịch bản sự cố khi hệ thống xử lý khí thải không hoạt động. Đó cũng chính là tính mới trong nghiên cứu lần này của nhóm tác giả. Trước hiện trạng thực tế ô nhiễm môi trường tại Khu công nghiệp (KCN) Phú Tài, phường Trần Quang Diệu, thành phố Quy Nhơn (Bình Định) đã tồn tại từ lâu, ảnh hưởng nghiêm trọng đến cuộc sống người dân. Nghiên cứu "Ứng dụng mô hình Aermod mô phỏng sự lan truyền các chất ô nhiễm không khí từ khu công nghiệp Phú Tài tỉnh Bình Định" là cấp thiết nghiên cứu.

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Khu công nghiệp Phú Tài thuộc phường Trần Quang Diệu và phường Bùi Thị Xuân, thành phố Quy Nhơn, nằm trên giao tuyến Quốc lộ 1A và Quốc lộ 19; cách cảng biển Quy Nhơn 12 km; cách sân bay Phù Cát 20 km; cách ga đường sắt Diêu Trì 2 km [1]. Từ nhiều năm nay, người dân sinh sống trên địa bàn phường Trần Quang Diệu không chỉ chịu đựng ô nhiễm khí thải mà còn bị ô nhiễm tiếng ồn, khói bụi do hoạt động của các doanh nghiệp trong KCN Phú Tài. Người dân cũng đã nhiều lần gửi đơn kiến nghị lên các cấp chính quyền địa phương. Phản ánh của người dân phường Trần Quang Diệu cũng phù hợp với kết quả kiểm tra công tác bảo vệ môi trường mới đây của Ban Quản lý Khu Kinh tế tỉnh Bình Định. Kết quả kiểm tra cho thấy, tại KCN Phú Tài có nhiều doanh nghiệp vi phạm các quy định về bảo vệ môi trường [2]. Hình 1 mô tả vị trí khu vực nghiên cứu.

Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

2.2. Số liệu sử dụng

Số liệu khí tượng được xây dựng trong mô hình TAMP, bảng tổng hợp số liệu khí tượng là dữ liệu đầu vào cho mô hình AERMOD bao gồm như bảng 1.

Bảng 1. Bảng tổng hợp dữ liệu đầu vào trong mô hình khí tượng [3,4].

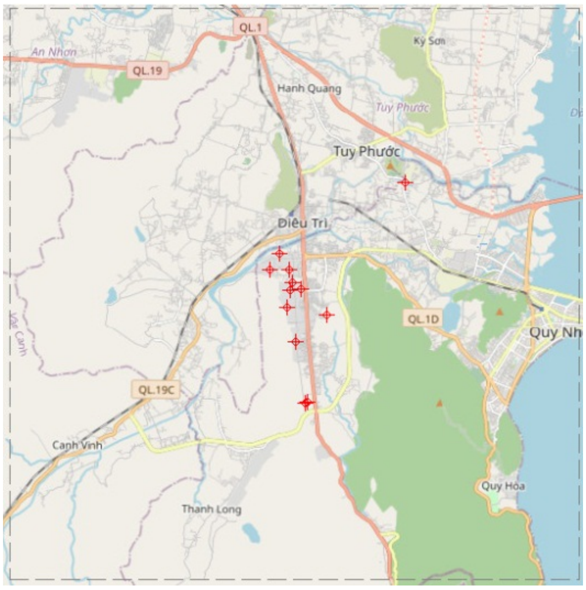
STT	Tên	STT	Tên
1	Năm	11	Chiều cao của lớp biên tạo ra
2	Tháng	12	Độ dài Monin-Obukhov
3	Ngày	13	Bề mặt dài gồ ghề
4	Số thứ tự ngày trong 1 năm	14	Tỷ lệ Bowen
5	Giờ (24/01)	15	Hệ số albedo
6	Bức Xạ Nhiệt	16	Tốc độ gió
7	Vận tốc bề mặt	17	Hướng gió (độ) tương ứng với tốc độ gió
8	Vận tốc đối lưu	18	Chiều cao của gió (m)
9	Nhiệt độ (K)	19	Nhiệt độ thế thẳng đứng trong lớp 500m trên lớp biên
10	Chiều cao của lớp biên đối lưu	20	Chiều cao của nhiệt độ (m)

Bên cạnh đó để phục vụ xây dựng tập số liệu trên cần có thêm các số liệu khí tượng như bảng 2.

Bảng 2. Bảng tổng hợp số liệu khí tượng đầu vào khác [5,6].

STT	Tên	STT	Tên
1	Năm	6	Giá trị 1 nếu là mức độ cao nhất, giá trị 0 hướng gió cho mức hiện hành
2	Tháng	7	Tốc độ gió cho mức hiện hành
3	Ngày	8	Nhiệt độ ở mức hiện tại (K)
4	Giờ	9	Độ lệch chuẩn của hướng gió
5	Chiều cao đo (m)	10	Độ lệch chuẩn của tốc độ

Dữ liệu nguồn thải bao gồm dữ liệu về vị trí, tọa độ các ống khói, thông số các nồng độ, vận tốc và tải lượng các chất có trong nguồn thải, lưu lượng thải. Dữ liệu địa hình là bản đồ địa hình DEM tại khu vực nghiên cứu có độ phân giải là 1km. Dữ liệu nguồn thải trong mô hình là từng ống khói của từng công ty trong KCN Phú Tài (Hình 2).



Hình 2. Vị trí các ống khói của các công ty trong khu công nghiệp Phú Thái.

Theo hiện trạng các công ty trong khu CN Phú Tài thống kê đến năm 2022, bao gồm 12 công ty, mỗi công ty sẽ có lò hơi khác nhau. Nhiên liệu đốt là than đá, gỗ phế phẩm và trấu. Các công ty trong khu CN Phú Tài khi đi vào hoạt động sẽ có 12 ống thải, trong đó 05 ống thải có khí thải từ hoạt động sản xuất gỗ, 01 khí thải của hoạt động sản xuất gạch men.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thu thập, thống kê, phân tích tổng hợp và kế thừa: Tổng hợp tài liệu, đánh giá tổng quan các nghiên cứu liên quan trong nước và trên thế giới. Xuất phát từ thực trạng ô nhiễm không khí tại các đô thị lớn trên thế giới và trong nước, đặc biệt khu vực tập trung các khu CN lớn, nhiệm vụ nghiên cứu tiến hành điều tra, phân tích, tổng hợp và đánh giá tình hình nghiên cứu ô nhiễm không khí khu vực các khu CN, những bất cập về kỹ thuật, về quản lý nhằm chỉ ra được các mặt hạn chế của các giải pháp "cứng", qua đó đề xuất phương án quản lý "mềm" hiệu quả cả về mặt quản lý lẫn phục vụ cho các lĩnh vực quy hoạch đô thị [7,8].

Phương pháp đo đạc, lấy mẫu hiện trường: phục vụ kiểm định mô hình từ dữ liệu hiện trạng tại KCN, bao gồm số liệu lưu lượng thải, nồng độ các chất tại thời điểm quan trắc [9].

Phương pháp mô hình mô phỏng: Nghiên cứu sẽ sử dụng bộ mô hình Aermod nhằm thiết lập mô hình, xây dựng bản đồ phân vùng chất lượng không khí. Sử dụng mô hình/bộ công cụ để tính toán diễn biến phân bố chất lượng môi trường không khí khu vực khu công nghiệp Phú Tài tỉnh Bình Định [10,11].

Ứng dụng hệ thông tin địa lý (GIS): GIS phát triển trên cơ sở kế thừa của ngành bản đồ học (*Catorgraphy*), công cụ tính toán tự động tin học (*inform atic*). Kết quả tính toán ứng với các giải pháp khác nhau từ nghiên cứu này sẽ được phân tích và biên tập thành các bản đồ số, bản đồ hình ảnh, điều này sẽ giúp cho kết quả được trình bày rõ ràng, khoa học và dễ hiểu cho người theo dõi [12,13].

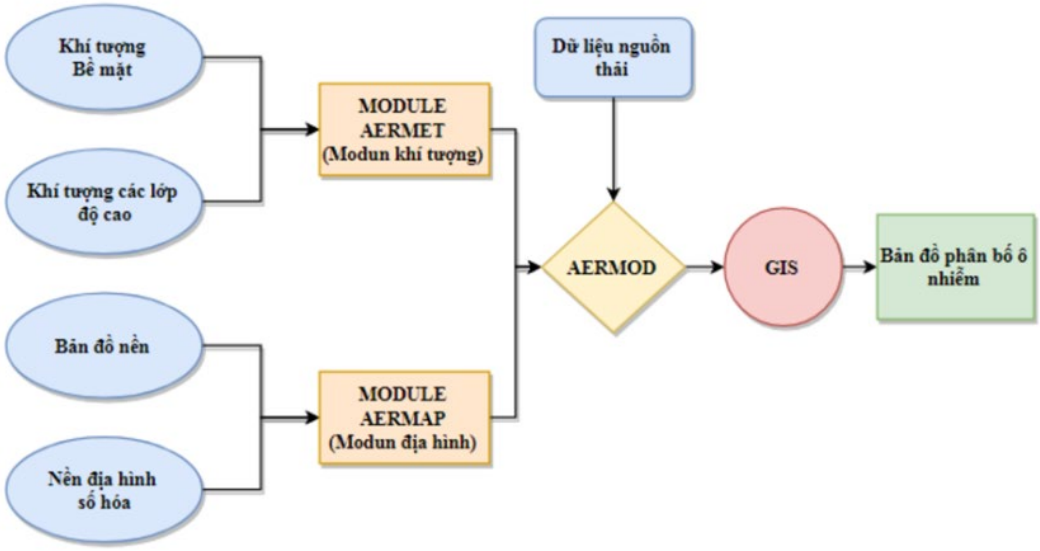
Thôn tin các kịch bản mô phỏng:

Kịch bản 1 (KB1): Kịch bản hiện trạng 2022 (khi dự án có xử lý khí thải). Nghĩa là 100% các hệ thống xử lý khí thải của các ống thải sẽ vận hành theo đúng các thống số kỹ thuật thiết kế.

Kịch bản 2 (KB3): Tỷ lệ lấp đầy bình quân ở KCN Phú Tài hiện nay vào khoảng 85%.

Kịch bản 3 (KB3): Tỷ lệ chưa lấp đầy bình quân ở KCN Phú Tài hiện nay vào khoảng 50%.

Kịch bản 4 (KB4): Kịch bản sự cố (khi dự án không có xử lý khí thải. Nghĩa là toàn bộ hệ thống xử lý khí thải tất cả các ống thải của nhà máy không vận hành, toàn bộ các chất ô nhiễm sẽ phát tán ra môi trường mà không qua xử lý.



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu [14].

2.4. Các thông số đánh giá

Các thông số đánh giá mô hình được trình bày ở bảng 3 [15,16].

Bảng 3. Các thông số đánh giá mô hình.

Chỉ số	Công thức tính	Giá trị	Ý nghĩa
ME	$ME = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Pi - Oi)$	- ∞ → + ∞ Tốt = 0	Sai số mô phỏng trung bình bằng bao nhiêu?
R	$R = \frac{\sum_{i=1}^{N}(Oi - O)(Pi - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(Oi - O)^2 * \sum_{i=1}^{N}(Pi - P)^2}}$	0 → 1 Tốt = 1	Tương quan giữa giá trị mô phỏng và quan trắc
FB	$FB = \frac{(P - O)}{0.5x(P + O)}$	0 → 1 Tốt = 0	Đánh giá mức độ đồng thuận giữa trung bình mô phỏng và quan trắc
S	$S = \left\lvert\frac{(P - O)}{O}\right\rvert * 100\%$		Phần trăm chênh lệch giữa hai giá trị trung bình

Các Quy chuẩn đánh giá kết quả mô hình được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Giá trị giới hạn các thông số cơ bản trong không khí xung quanh (QCVN 05:2023/BTNMT).

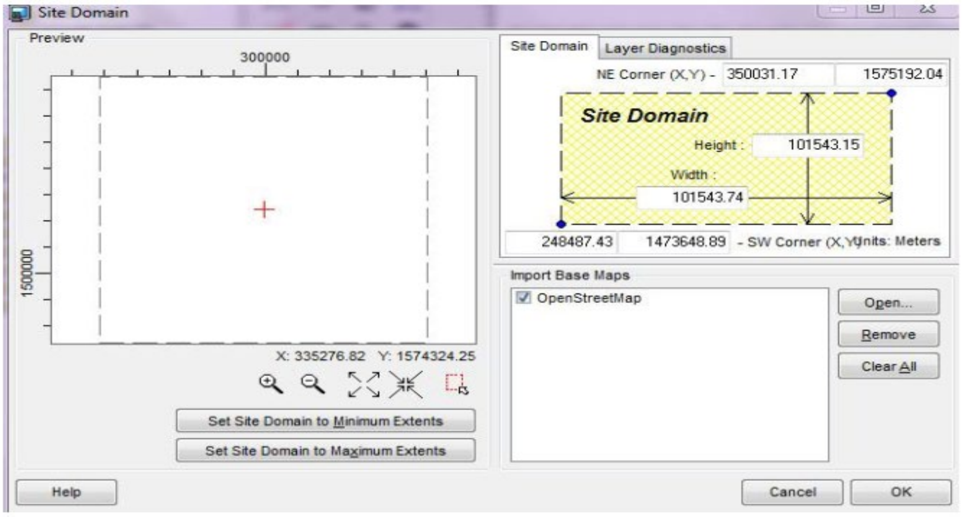
STT	Thông số	Đơn vị	QCVN 05:2023/BTNMT TB 1h	TB 8h	TB 24h	TB năm	Kết quả đo môi trường nền trung bình 1 giờ
1	TSP	$\mu g/m^3$	300	-	200	100	121
2	CO	$\mu g/m^3$	30.000	10.000	-	-	<6000
3	SO_2	$\mu g/m^3$	350	-	125	50	61
4	NO_2	$\mu g/m^3$	200	-	100	40	44

Ghi chú: “-“: không có và không quy định.

2.5. Thiết lập mô hình

Dữ liệu đầu vào cho mô hình TAPM gồm: Dữ liệu địa hình; Dữ liệu khí tượng quan trắc toàn cầu cho thời gian mô phỏng; Dữ liệu tọa độ không gian vị trí mô phỏng và kích thước các ô lưới mô phỏng do người sử dụng khai báo. Trong nghiên cứu này thiết lập mô phỏng với 3 ô lưới lồng với kích thước từng ô lưới như sau: Miền tính D1: 750km × 750km (25 ô × 25 ô với kích thước mỗi ô nhỏ là 30km × 30km); Miền tính D2: 250km × 250km (25 ô × 25 ô với kích thước mỗi ô nhỏ là 10km × 10km); Miền tính D3: 75km × 75km (25 ô × 25 ô với kích thước mỗi ô nhỏ là 3km × 3km). Đây là miền tính trong cùng, bao gồm cả khu vực nghiên cứu là KCN Phú Tài [17,18].

Mô hình AERMOD mô phỏng ô nhiễm không khí theo US EPA thì mô phỏng liên tục 1 năm là đủ cơ sở khoa học đánh giá có bị ô nhiễm hay không. Kết quả chạy mô hình AERMOD sau đây cho tất cả 24h trong ngày, 365 ngày trong năm [19,20].



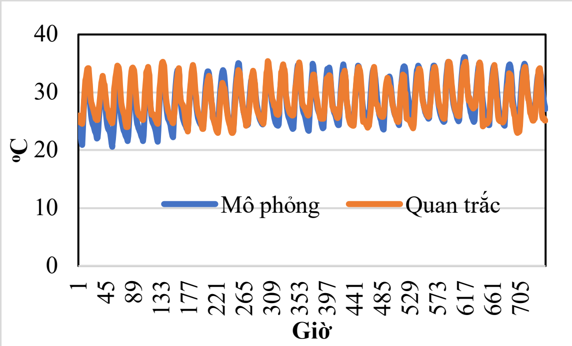
Hình 4. Các thiết lập về miền tính khu vực mô phỏng.

3. Kết quả và thảo luận

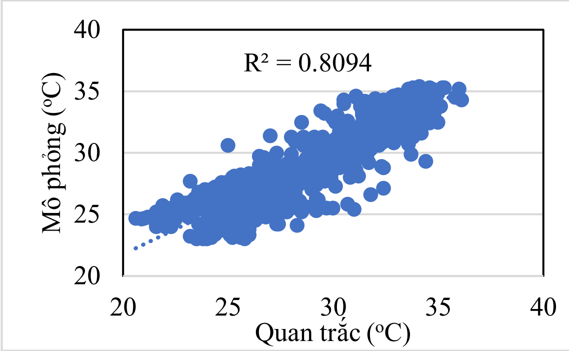
3.1. Kết quả kiểm định mô hình

Do nghiên cứu dựa vào tình hình thực tế tại KCN Phú Tài không có số liệu lan truyền ô nhiễm không khí. Do đó, nghiên cứu này chỉ tiến hành hiệu chỉnh kiểm định số liệu khí tượng mà không hiệu chỉnh kiểm định số liệu mô phỏng lan truyền ô nhiễm không khí.

Kết quả nhiệt độ từ mô hình TAPM và kết quả nhiệt độ đo đạc tại trạm Quy Nhơn vào khoảng thời gian từ ngày 01/03/2022 đến ngày 31/03/2022 là tương đồng nhau (hình 5). Các số liệu từ kết quả mô phỏng của mô hình được so sánh với số liệu đo đạc thực tế tại trạm Quy Nhơn vào các ngày mô phỏng với hệ số tương quan khá cao R^2 = 0,80 cho thấy mô hình TAPM mô phỏng rất tốt nhiệt độ ngày và đêm trong khu vực nghiên cứu (Hình 6). Kết quả mô phỏng nhiệt độ cao nhất vào thời gian từ 12h đến 17h giao động trong khoảng 33°C ÷ 36°C, đây cũng là khoảng thời gian có nhiệt độ cao nhất tại trạm Quy Nhơn.

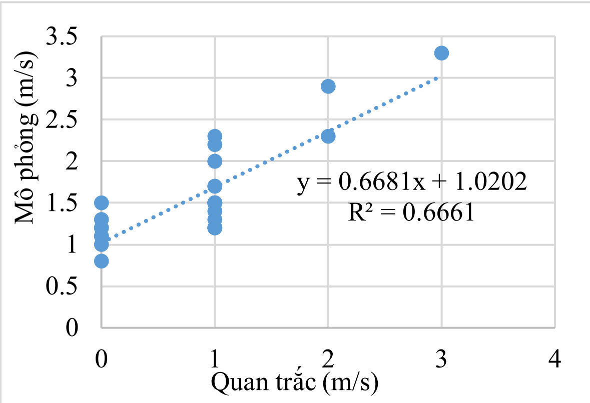


Hình 5. Kết quả so sánh nhiệt độ giữa mô phỏng và quan trắc trong tháng 03/2022 tại trạm Quy Nhơn.

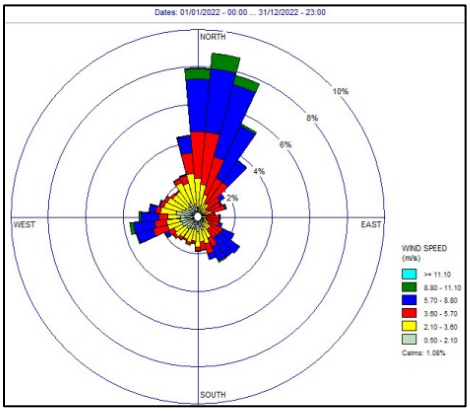


Hình 6. Tương quan nhiệt độ từ mô phỏng và quan trắc thực tế trong tháng 03/2022 tại Trạm Quy Nhơn.

Kết quả mô phỏng từ mô hình TAPM về vận tốc gió từ ngày 1-7/3/2022 được đánh giá qua hệ số tương quan $R^2 = 0,66$ (Hình 7). Vận tốc gió lớn nhất mô phỏng được vào các khoảng thời gian từ 13 giờ và 19 giờ, điều đó có nghĩa là vận tốc gió lớn nhất tương ứng với thời điểm mặt đất bị đốt nóng mạnh nhất làm cho khí quyển bị xáo trộn (*unstable*) nhất.



Hình 7. Tương quan vận tốc gió từ mô phỏng và quan trắc thực tế từ 1-7/3/2022 tại Trạm Quy Nhơn.



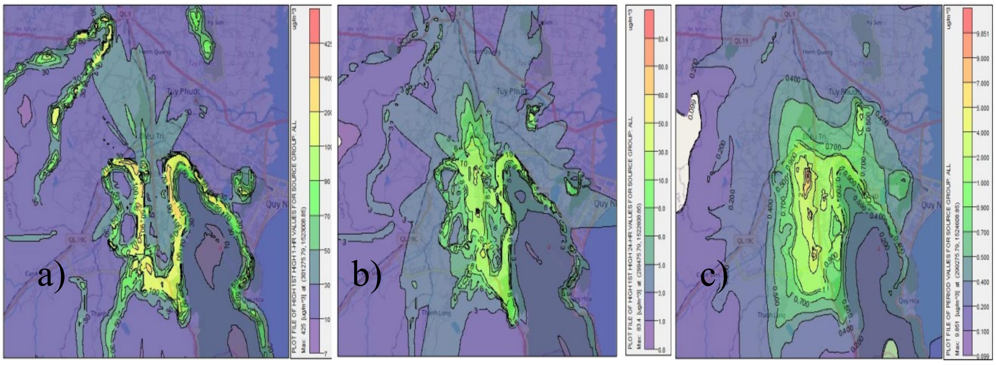
Hình 8. Biểu đồ hoa gió tại khu vực nghiên cứu.

Biểu đồ hoa gió năm 2022 tại khu vực mô phỏng (hình 8) cho thấy 03 hướng gió chính trong năm tại khu vực nghiên cứu đó là hướng Đông Bắc, Tây Nam và Đông Nam. Tốc độ gió mô phỏng được thay đổi trong khoảng 0,5-11,1 m/s. Tần suất gió với vận tốc dao động từ 0,5-2,1 m/s chiếm 44,8%, 2,1-3,6% m/s chiếm 22,5 và 3,6-5,7 m/s chiếm 27%, còn lại gió với vận tốc 5,7-8,8 m/s chiếm dưới 10%.

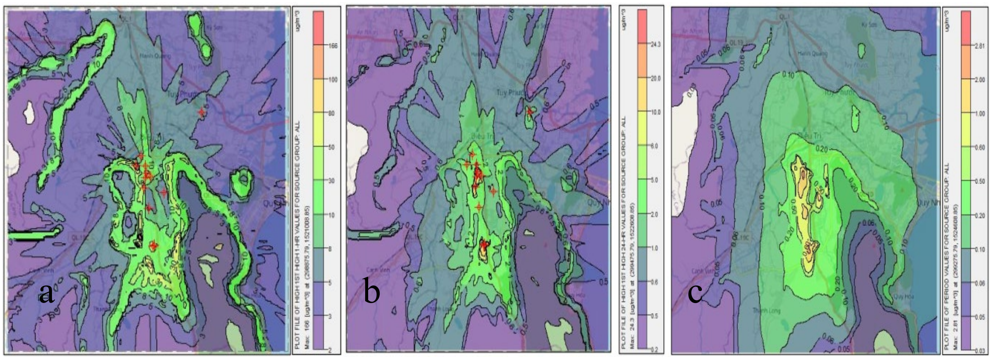
3.2. Kết quả mô phỏng bốn kịch bản tính toán

3.2.1. Kết quả mô phỏng kịch bản hiện trạng năm 2022 (KB1)

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ bụi TSP trung bình 1 giờ cao nhất tại vị trí cách ống thoát khí 1200m về phía Đông Bắc của nhà máy, mô phỏng được là là 60,3µg/m^3 (nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ 1 giờ cao nhất là 260,3 µg/m^3, thấp hơn so với quy chuẩn cho phép QCVN 05:2023/BTNMT là 300 µg/m^3). Nồng độ trung bình 24 giờ cao nhất tại vị trí cách ống thoát khí 500m về phía Đông của nhà máy, mô phỏng được là 83,4 µg/m^3 thấp hơn so với giá trị của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình 24 giờ là 200 µg/m^3. Nồng độ trung bình năm có giá trị cao nhất là 9,851 µg/m^3 và cách ống thải 950m về phí Tây Bắc của nhà máy. Nồng độ trung bình năm thấp hơn so với giá trị của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình năm cho phép 100 µg/m^3 (Hình 9).

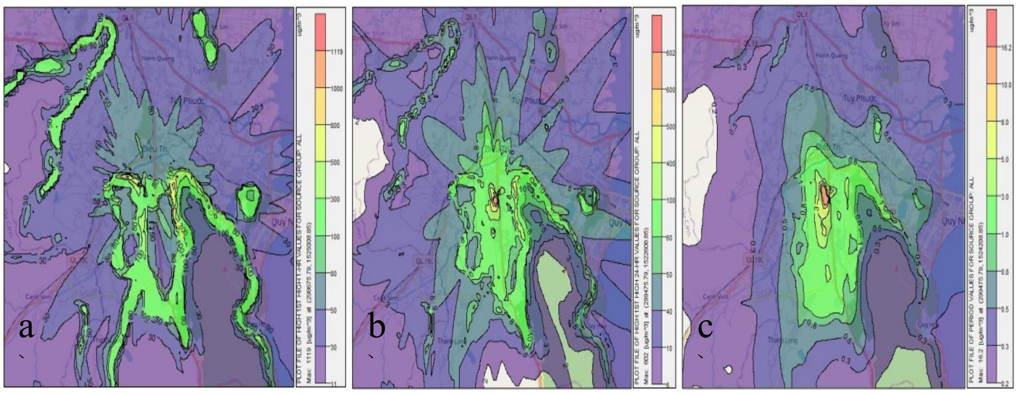


Hình 9. Bản đồ lan truyền bụi TSP trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB1.



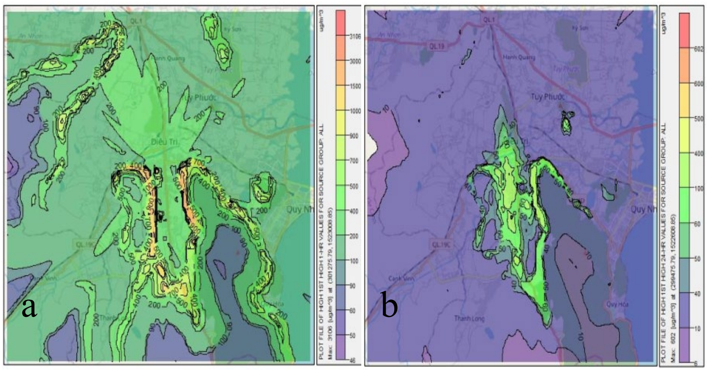
Hình 10. Bản đồ lan truyền SO_2 trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB1.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ SO_2 trung bình 1 giờ cao nhất đạt 166 µg/m^3 khu vực có giá trị nồng độ SO_2 cao nhất kéo dài 3.500m tính từ vị trí ống thải về hướng Đông Bắc của nhà máy, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ SO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 236 µg/m^3, thấp hơn so với quy chuẩn cho phép QCVN 05:2023/BTNMT là 350 µg/m^3. Trong 24 giờ và trung bình năm cao nhất lần lượt là 24,3 µg/m^3 và 2,81 µg/m^3, hướng lan truyền chính là hướng Đông Bắc và Tây Bắc của nhà máy, giá trị nồng độ SO_2 từ kết quả mô phỏng thấp hơn so với giá trị của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình 24 giờ và trung bình năm cho phép lần lượt là 125 µg/m^3 và 50 µg/m^3 (Hình 10).



Hình 11. Bản đồ lan truyền NO_2 trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB1.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ NO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 133 µg/m^3. Kết quả nồng độ trung bình 1 giờ cao nhất kéo dài 2.000m tính từ nhà máy về phía Bắc, Đông Bắc. Nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ NO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 177 µg/m^3, thấp hơn so với quy chuẩn cho phép QCVN 05:2023/BTNMT là 200 µg/m^3. Trong 24 giờ và trung bình năm lần lượt là 98,1 µg/m^3 và 16,2 µg/m^3, với hướng lan truyền chính là hướng Đông Bắc và Tây Bắc, kết quả mô phỏng được thấp hơn so với giá trị của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình 24 giờ và trung bình năm cho phép lần lượt là 100 µg/m^3 và 40 µg/m^3 (Hình 11).



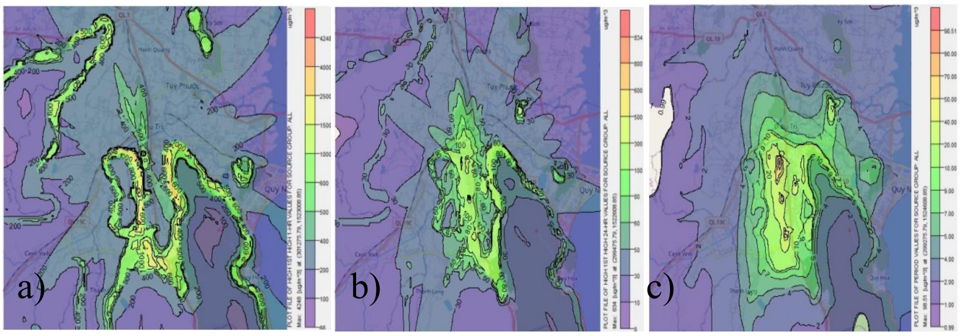
Hình 12. Bản đồ lan truyền CO trong a) 1 giờ b) 8 giờ cho nhà máy theo KB1.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ CO trung bình 1 giờ và 8 giờ cao nhất trong năm lần lượt là 3.000 $\mu g/m^3$ và 600 $\mu g/m^3$. Nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ CO trung bình 1 giờ cao nhất là < 6.000 $\mu g/m^3$, thấp hơn rất nhiều so với quy chuẩn cho phép QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 30.000 $\mu g/m^3$ và trung bình 8 giờ là 10.000 $\mu g/m^3$ (hình 12).

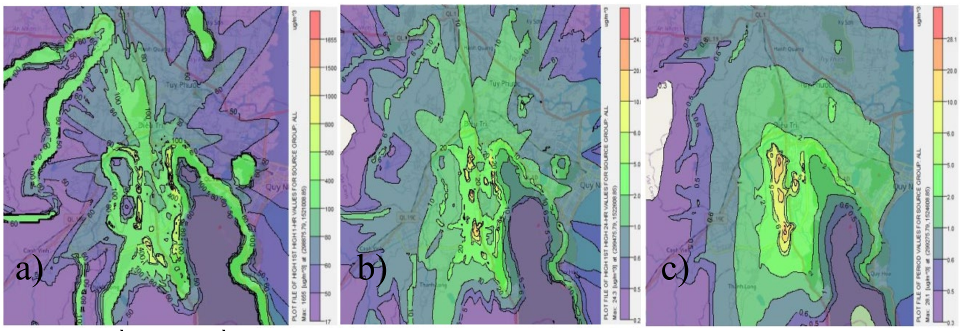
Trong trường hợp nhà máy vận hành sản xuất với hệ thống xử lý khí thải hoạt động bình thường (KB1) thì tất cả các chỉ tiêu TSP, CO, NO_2, SO_2 đều thấp hơn ngưỡng cho phép đối với QCVN 05:2023/BTNMT về chất lượng không khí xung quanh.

3.2.2. Kết quả mô phỏng kịch bản lấp đầy (KB2)

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ bụi TSP trung bình 1 giờ cao nhất đạt 1500 $\mu g/m^3$, hướng lan truyền chính là hướng Đông Bắc của nhà máy, chùm ô nhiễm kéo dài 2.700m về phía Đông Bắc của nhà máy, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ trung bình 1 giờ cao nhất là 2701 $\mu g/m^3$, cao hơn so với ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 300 $\mu g/m^3$). Nồng độ bụi TSP trung bình 24 giờ cao nhất và trung bình năm mô phỏng được lần lượt là 185 $\mu g/m^3$ và 20.1 $\mu g/m^3$ với hướng lan truyền chính là hướng Đông Bắc và Tây Bắc, kết quả mô phỏng thấp hơn so với QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ và trung bình năm là 200 $\mu g/m^3$ và 100 $\mu g/m^3$ (Hình 13).

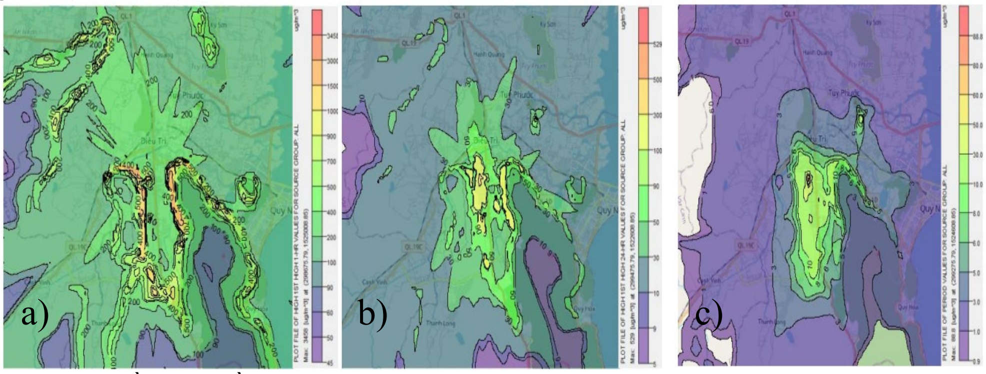


Hình 13. Bản đồ lan truyền bụi TSP trong: a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB2.



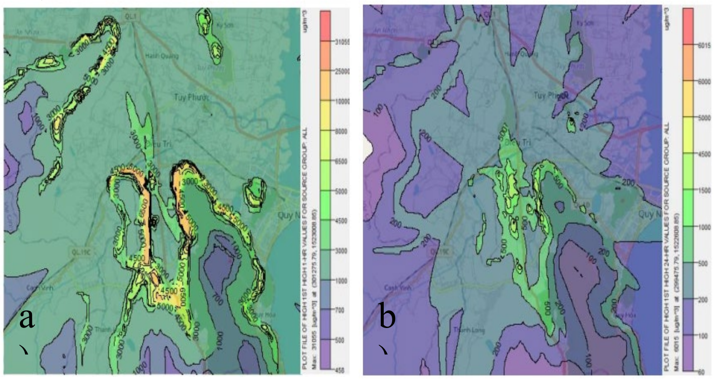
Hình 14. Bản đồ lan truyền SO_2 trong: a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB2.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ SO_2 trung bình 1 giờ cao nhất đạt 400 μg/m^3, khu vực này cách nhà máy 1.300 m về hướng Bắc, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ SO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 800.6 μg/m^3, cao hơn 2,1 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 1 giờ là 350 μg/m^3. Trung bình 24 giờ cao nhất đạt 24,3 μg/m^3, nằm bên trong KCN về hướng Đông, thấp hơn 5 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ là 125 μg/m^3. Ngoài ra có thể thấy được khu vực có nồng độ SO_2 trung bình 24 giờ mô phỏng được thấp hơn ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT có bán kính lên đến 3.700 m theo hướng Đông Bắc. Trung bình năm cao nhất đạt 28,1 μg/m^3, nằm bên trong KCN, kết quả mô phỏng thấp hơn 1,8 lần so với giá trị cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình trung bình năm là 50 μg/m^3 (Hình 14).



Hình 15. Bản đồ lan truyền NO_2 trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB2.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ NO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 1364 μg/m^3, khu vực này nằm xung quanh KCN, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ NO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 1.538 μg/m^3, cao hơn 7,2 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 200 μg/m^3. Trung bình 24 giờ cao nhất đạt 381 μg/m^3 và nằm bên trong khuôn viên các nhà máy về hướng Đông, cao hơn 3,8 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ là 100 μg/m^3. Ngoài ra có thể thấy được khu vực có nồng độ NO_2 trung bình 24 giờ mô phỏng được cao hơn ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT kéo dài đến 3.400m theo hướng Đông Bắc. Trung bình năm đạt 55,9 μg/m^3 và nằm bên trong khuôn viên nhà máy, kết quả mô phỏng cao hơn 1,4 lần so với giá trị của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình trung bình năm cho phép là 40 μg/m^3 (Hình 15).

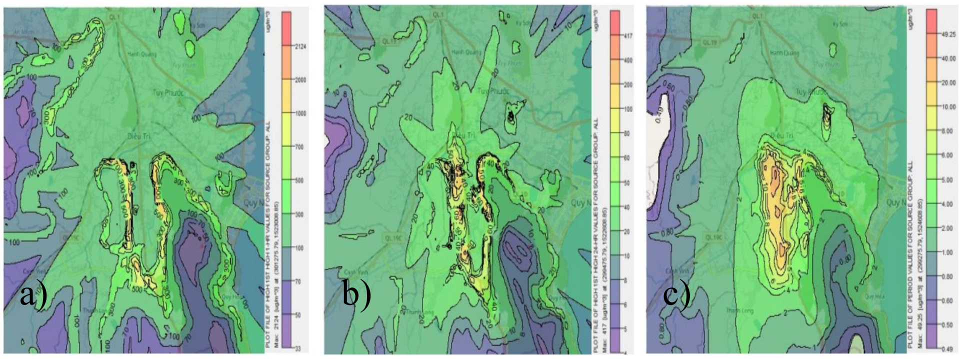


Hình 16. Bản đồ lan truyền CO trong a) 1 giờ b) 8 giờ cho nhà máy theo KB2

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ CO trung bình 1 giờ cao nhất là 10.554 μg/m^3, khu vực này cách nhà máy 1.900 m về hướng Đông Bắc, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ CO trung bình 1 giờ cao nhất là < 16.554 μg/m^3, thấp hơn so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 30.000 μg/m^3. Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ CO trung bình 8 giờ cao nhất trong năm đạt 1.397 μg/m^3. Thấp hơn rất nhiều so với quy chuẩn cho phép QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 8 giờ là 10.000 μg/m^3 (Hình 16).

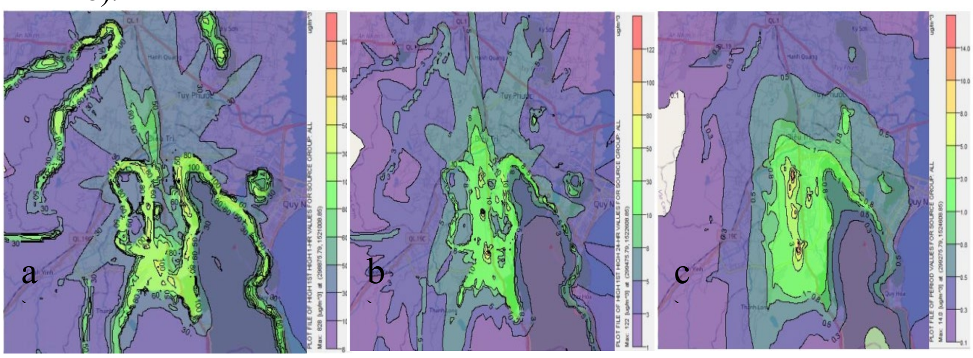
3.2.3. Kết quả mô phỏng kịch bản chưa lấp đầy (KB3)

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ bụi TSP trung bình 1 giờ cao nhất đạt 1250 $\mu g/m^3$, hướng lan truyền chính là hướng Đông Bắc của nhà máy, chùm ô nhiễm kéo dài 2.700m về phía Đông Bắc của nhà máy, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ trung bình 1 giờ cao nhất là 1371 $\mu g/m^3$, cao hơn so với ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 300 $\mu g/m^3$). Nồng độ bụi TSP trung bình 24 giờ cao nhất và trung bình năm mô phỏng được lần lượt là 49,1 $\mu g/m^3$ và 6,98 $\mu g/m^3$ với hướng lan truyền chính là hướng Đông Bắc và Tây Bắc, kết quả mô phỏng thấp hơn so với QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ và trung bình năm là 200 $\mu g/m^3$ và 100 $\mu g/m^3$ (Hình 17).

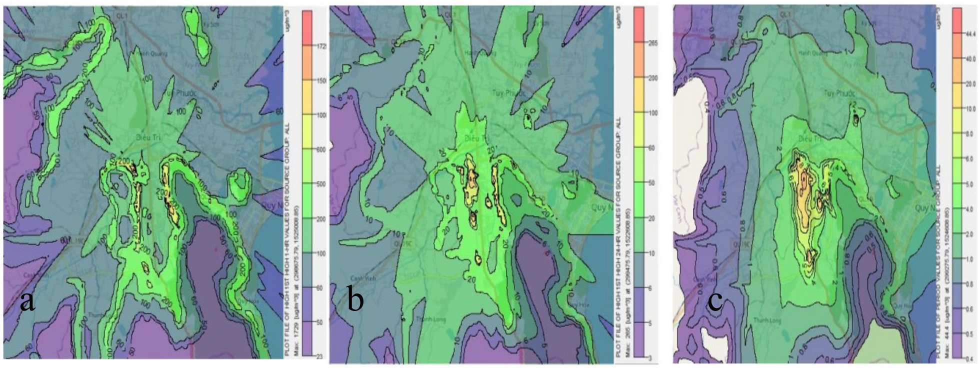


Hình 17. Bản đồ lan truyền bụi TSP trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB3.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ SO_2 trung bình 1 giờ cao nhất đạt 700 $\mu g/m_3$, khu vực này cách các nhà máy 1.300m về hướng Bắc, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ SO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 836 $\mu g/m^3$, cao hơn 2,6 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 1 giờ là 350 $\mu g/m^3$. Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ SO_2 trung bình 24 giờ cao nhất đạt 83 $\mu g/m^3$, nằm bên trong khuôn viên nhà máy về hướng Đông, thấp hơn 1,2 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ là 125 $\mu g/m^3$. Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ SO_2 trung bình năm cao nhất đạt 14,2 $\mu g/m^3$, nằm bên trong trung tâm KCN, kết quả mô phỏng thấp hơn 2,5 lần so với giá trị cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình năm là 50 $\mu g/m^3$ (Hình 18).

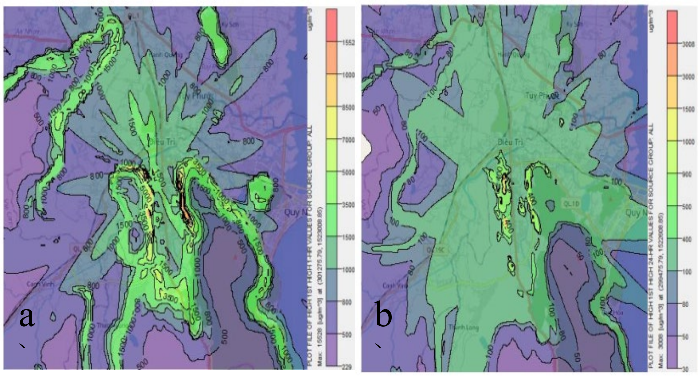


Hình 18. Bản đồ lan truyền SO_2 trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB3.



Hình 19. Bản đồ lan truyền NO_2 trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB3.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ NO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 1194 µg/m^3, khu vực này cách các công ty, nhà máy 1.700 m về hướng Đông Bắc, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ NO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 1.238 µg/m^3, cao hơn 6,2 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 200 µg/m^3. Trung bình 24 giờ cao nhất đạt 265 µg/m^3 và nằm bên trong khuôn viên nhà máy về hướng Đông, cao hơn 2,6 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ là 100 µg/m^3. Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ NO_2 trung bình năm đạt 44,4 µg/m^3 và nằm bên trong khuôn viên các công ty và nhà máy, kết quả mô phỏng cao hơn 1,1 lần so với giá trị của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình trung bình năm cho phép là 40 µg/m^3 (Hình 19).



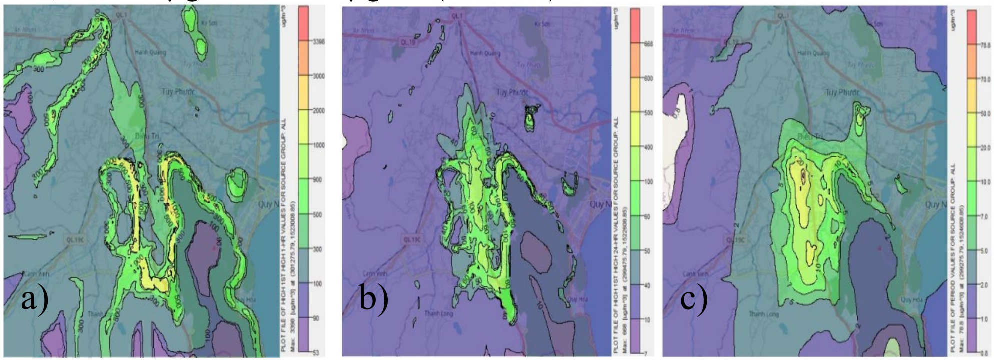
Hình 20. Bản đồ lan truyền CO trong a) 1 giờ b) 8 giờ cho nhà máy theo KB3.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ CO trung bình 1 giờ cao nhất là 10.221 µg/m^3, khu vực này cách nhà máy 2.100m về hướng Đông Bắc, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ CO trung bình 1 giờ cao nhất là < 18.221 µg/m^3, thấp hơn so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 30.000 µg/m^3. Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ CO trung bình 8 giờ cao nhất trong năm đạt 11.495µg/m^3. Cao hơn khoảng 1,1 lần so với quy chuẩn cho phép QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 10.000 µg/m^3 (Hình 20).

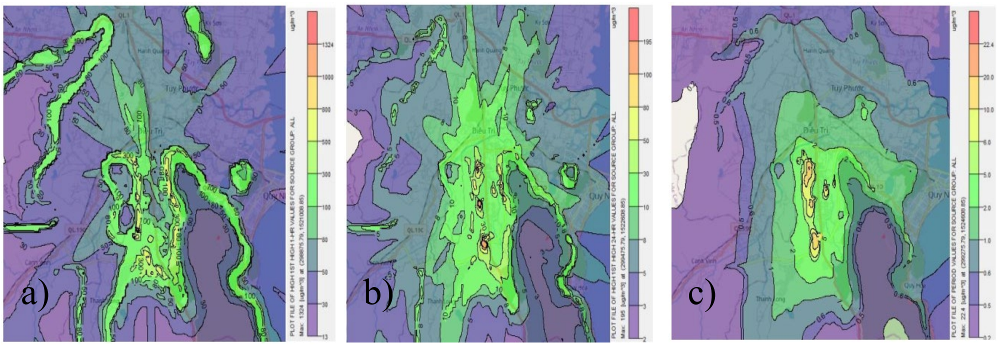
3.2.4. Kết quả mô phỏng kịch bản sự cố (KB4)

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ bụi TSP trung bình 1 giờ cao nhất đạt 3.000 µg/m^3, hướng lan truyền chính là hướng Đông Bắc của nhà máy, chùm ô nhiễm kéo dài 8.100m về phía Đông Bắc của nhà máy, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ trung bình 1 giờ cao nhất là 3.271 µg/m^3, cao hơn rất nhiều so với ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 300 µg/m^3). Nồng độ bụi TSP trung bình 24 giờ cao nhất và trung bình năm mô phỏng được lần lượt là 600,1 µg/m^3 và 70,98 µg/m^3 với hướng lan truyền chính là hướng Đông Bắc và Tây Bắc, kết quả mô phỏng thấp hơn so với QCVN

05:2023/BTNMT cao hơn với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ và thấp hơn trung bình năm lần lượt là 200 µg/m^3 và 100 µg/m^3 (Hình 21).

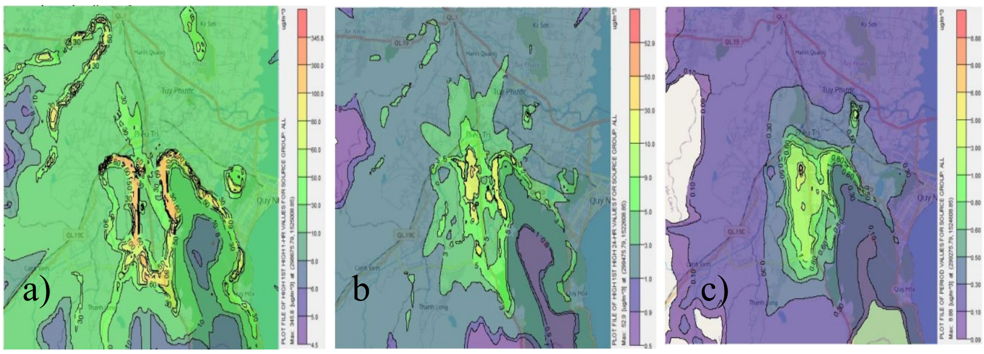


Hình 21. Bản đồ lan truyền bụi TSP trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB4.



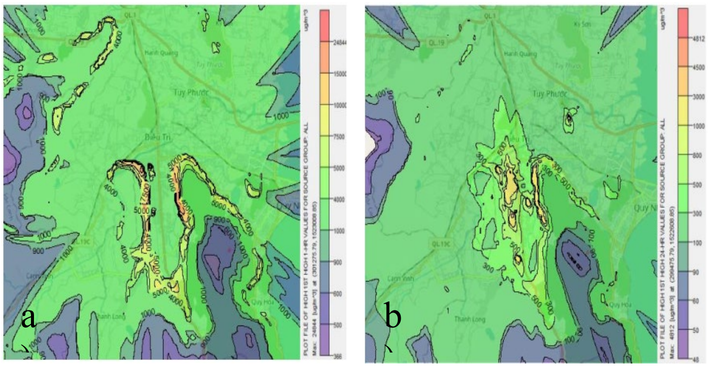
Hình 22. Bản đồ lan truyền SO_2 trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB4.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ SO_2 trung bình 1 giờ cao nhất đạt 1.175 µg/m^3, khu vực này cách nhà máy 2.500m về hướng Bắc, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ SO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 1.324 µg/m^3, cao hơn 4,2 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 1 giờ là 350 µg/m^3. Trung bình 24 giờ cao nhất đạt 173 µg/m^3, nằm bên trong khuôn viên nhà máy về hướng Đông, cao hơn 1,2 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ là 125 µg/m^3. Trung bình năm cao nhất đạt 22,9 µg/m^3, nằm bên trong trung tâm khu CN ở các công ty, nhà máy, kết quả mô phỏng thấp hơn 2,2 lần so với giá trị cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình trung bình năm là 50 µg/m^3 (Hình 22).



Hình 23. Bản đồ lan truyền NO_2 trong a) 1 giờ b) 24 giờ c) trung bình năm cho nhà máy theo KB4.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ NO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 345 µg/m^3, khu vực này cách nhà máy 1.700m về hướng Đông Bắc, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ NO_2 trung bình 1 giờ cao nhất là 365,8 µg/m^3, cao hơn 1,8 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 200 µg/m^3. Trung bình 24 giờ cao nhất đạt 51,2 µg/m3 và nằm bên trong khuôn viên nhà máy về hướng Đông, thấp hơn 2,1 lần so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT với ngưỡng cho phép trung bình 24 giờ là 100 μg/m^3. Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ NO_2 trung bình năm đạt 5,9 μg/m^3 và nằm bên trong khuôn viên nhà máy, kết quả mô phỏng thấp hơn 7,4 lần so với giá trị của QCVN 05:2023/BTNMT cho trung bình trung bình năm cho phép là 40 μg/m^3 (Hình 23).



Hình 24. Bản đồ lan truyền CO trong a) 1 giờ b) 8 giờ cho nhà máy theo KB4.

Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ CO trung bình 1 giờ cao nhất là 16.554 μg/m^3, khu vực này cách nhà máy 2.100m về hướng Đông Bắc, nếu cộng thêm với nồng độ nền thì tổng nồng độ CO trung bình 1 giờ cao nhất là < 24.124 μg/m^3, thấp hơn so với quy chuẩn QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 30.000 μg/m^3. Kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ CO trung bình 8 giờ cao nhất trong năm đạt 3.397 μg/m^3. Thấp hơn rất nhiều so với quy chuẩn cho phép QCVN 05:2023/BTNMT trung bình 1 giờ là 10.000 μg/m^3 (Hình 24).

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu sử dụng hệ mô hình khí tượng TAPM (của Úc) và ô nhiễm không khí AERMOD (của Cục Bảo Vệ Môi Trường Mỹ) phục vụ mô phỏng lan truyền các chất ô nhiễm không khí cho 4 kịch bản phát thải cho KCN Phú Tài: Kịch bản hiện trạng năm 2022 (KB1): Nghĩa là 100% các hệ thống xử lý khí thải của các ống thải sẽ vận hành theo đúng các thống số kỹ thuật thiết kế; Kịch bản 2 (KB2): Tỷ lệ lấp đầy bình quân ở KCN Phú Tài hiện nay vào khoảng 85%; Kịch bản 3 (KB3): Tỷ lệ chưa lấp đầy bình quân ở KCN Phú Tài hiện nay vào khoảng 50%; Kịch bản 4 (KB4): Kịch bản sự cố (khi dự án không có xử lý khí thải. Nghĩa là toàn bộ hệ thống xử lý khí thải tất cả các ống thải của nhà máy không vận hành, toàn bộ các chất ô nhiễm sẽ phát tán ra môi trường mà không qua xử lý.

Nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng lan truyền các chất ô nhiễm không khí gồm Bụi TSP, CO, SO_2, NO_2 và so sánh kết quả này với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh QCVN 05:2023/BTNMT, kết quả mô phỏng cho thấy ở kịch bản 1 tất cả nồng độ các chất ô nhiễm đều thấp hơn so với ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT. Ở kịch bản 2, nồng độ các chất TSP, CO thấp hơn so với ngưỡng cho phép của quy chuẩn, tuy nhiên nồng độ các chất SO_2 và NO_2 đều vượt so với quy chuẩn tính theo trung bình 1 giờ, 24 giờ và trung bình năm. Ở kịch bản 3, nồng độ các chất TSP và SO_2 thấp hơn so với ngưỡng cho phép của quy chuẩn, tuy nhiên nồng độ các chất CO và NO_2 đều vượt so với quy chuẩn. Ở kịch bản 4, tất cả nồng độ các chất ô nhiễm đều cao hơn quy chuẩn với nồng độ trung bình 1 giờ, nhưng lại thấp hơn so với ngưỡng cho phép của QCVN 05:2023/BTNMT với nồng độ trung bình 24 giờ và trung bình năm.

Kiến nghị nhà máy xây dựng và vận hành các hệ thống xử lý khí thải ở cả 2 ống thải theo như thiết kế, có phương án xử lý kịp thời khi hệ thống xử lý khí thải gặp sự cố nhằm giảm thiểu tác động xấu đến môi trường không khí xung quanh.

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

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của luận văn thạc sỹ: "Ứng dụng mô hình Aermod mô phỏng sự lan truyền các chất ô nhiễm không khí từ khu công nghiệp Phú Tài tỉnh Bình Định".

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. Tổng quan khu công nghiệp Phú Tài, Báo Tài nguyên và môi trường tỉnh Bình Định, 2019.
2. Xử lý ô nhiễm môi trường tại KCN Phú Tài (Bình Định): Cần một giải pháp căn cơ, Báo Dân tộc và phát triển, tỉnh Bình Định, 2020.
3. Cimorelli, A.J.; Perry, S.G.; Venkatram, A.; Weil, J.C.; Paine, R.J.; Wilson, R.B.; Lee, R.F.; Peters, W.D.; Brode, R.W. AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization. *J. Appl. Meteorol. Climatol*. **2005**, *44(5)*, 682–693.
4. Danish, F. Application of GIS in Visualization and Assessment of Ambient Air Quality for SO_2 in Lima Ohio. Thesis Master of Art Degree in Geography and Planning, The University of Toledo, 2013.
5. Kesarkar, A.P.; Dalvi, M.; Kaginalkar, A.; Ojha, A. Coupling of the weather research and forecasting model with AERMOD for pollutant dispersion modeling. A case study for PM_{10} dispersion over Pune, India. *Atmos. Environ.* **2007**, *41(9)*, 1976–1988.
6. Kakosimos, K.E.; Assael, M.J.; Katsarou, A.S. Application and evaluation of AERMOD on the assessment of particulate matter pollution caused by industrial activities in the Greater Thessaloniki area. *Environ. Technol*. **2011**, *32(6)*, 593–608.
7. Ma, J.; Yi, H.; Tang, X.; Zhang, Y.; Xiang, Y.; Pu, L. Application of AERMOD on near future air quality simulation under the latest national emission control policy of China: a case study on an industrial city. *J. Environ. Sci*. **2013**, *25(8),* 1608–1617.
8. Perry, S.G.; Cimorelli, A.J.; Paine, R.J.; Brode, R.W.; Weil, J.C.; Venkatram, A.; Wilson, R.B.; Lee, R.F.; Peters, W.D. AERMOD: A dispersion model for industrial source applications. Part II: Model performance against 17 field study databases. *J. Appl. Meteorol. Climatol*. **2005**, *44 (5)*, 694–708.
9. Rzeszutek, M. Assessment of the AERMOD dispersion model over complex terrain with different types of meteorological data: Tracy Power Plant experiment, 2017.
10. Seangkiatiyuth, K.; Surapipith, V.; Tantrakarnapa, K.; Lothongkum, A.W. Application of the AERMOD modeling system for environmental impact assessment of NO_2 emissions from a cement complex. *J. Environ. Sci*. **2011**, *23(6)*, 931–940.
11. Vishwa H.S., Varandan. Performance study of AERMOD under Indian condition, 2014.
12. Anh, P.T. và cs. Mô phỏng ô nhiễm không khí từ nguồn thải công nghiệp tại khu vực có địa hình đồi núi. Kỷ yếu hội nghị môi trường toàn quốc lần thứ III 2010, tr. 314–322.
13. Bằng, H.Q. Ứng dụng mô hình khí tượng TAMP tại khu vực Thị Vải năm 2014. Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia, 2014.
14. Hân, N. Thực trạng và giải pháp bảo vệ môi trường ở các khu công nghiệp. *Tạp chí cộng sản* **2021**.
15. Hiếu, H.T.N. và cs. Xây dựng hệ thống tích hợp đánh giá ô nhiễm không khí do các phương tiện giao thông đường bộ tại Huế. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam* **2011**, *49(5C)*, 333–342.
16. Long, B.T. và cs. Xây dựng mô hình giám sát chất lượng không khí cho các nhà máy công nghiệp - nhà máy xi măng Lukcs, Thừa Thiên Huế làm ví dụ nghiên cứu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2008** , *573*, 35–44.

17. Long, B.T.; Hiếu, H.T.N.; Hà, L.T.Q. Mô phỏng ô nhiễm không khí từ nguồn thải công nghiệp tại khu vực có địa hình đồi núi – Trường hợp nhà máy xi măng Bỉm Sơn, Thanh Hóa. Báo cáo nghiên cứu nghiên cứu, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 2010.
18. Ngân, N.T.; Nghiêm, L.H. So sánh hai mô hình ISCST3 VÀ AERMOD trong việc mô phỏng sự khuếch tán chất ô nhiễm không khí: nghiên cứu tại Khu công nghiệp Hiệp Phước. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, *Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu*, **2017**, 190–199.
19. Nghiêm, L.H. Áp dụng công cụ mô hình để đánh giá mức độ ô nhiễm không khí cho Khu Công nghiệp Nhơn Trạch. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường* **2012**, *24(158),* 37–39.
20. Thăng, Đ.X. Giáo trình ô nhiễm môi trường không khí. Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 2007, tr. 15–35.

Applying the AERMOD model to simulate the spread of air pollutants from Phu Tai industrial park, Binh Dinh

Dau Van Hung[1]*, Le Hoang Nghiem[1], Pham Thanh Long[2]

[1] Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment; vanhung0494@gmail.com; hoangnghiem@hcmure.edu.vn
[2] Sub-Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; longpham.syhimete@gmail.com

Abstract: For many years now, people living in Tran Quang Dieu ward have not only suffered from exhaust pollution but also from noise and dust pollution due to the activities of businesses in Phu Tai Industrial Park. This article presents the results of applying the Aermod model to simulate the spread of air pollutants from Phu Tai industrial park, Binh Dinh province. The main method used in the report is the modeling method. After establishing the model based on the current situation scenario in 2022 and passing the model evaluation and testing parameters, simulations were conducted according to four calculation scenarios: current status scenario (KB1), backfill scenario (KB2), unfilled scenario (KB3), incident scenario (KB4). The study conducted a simulation of the spread of air pollutants including dust TSP, CO, SO_2, NO_2 and compared these results with the National Technical Regulation on ambient air quality QCVN 05:2023/BTNMT, simulation results show that in KB1 the concentration of pollutants is lower than the allowable threshold of QCVN 05:2023/BTNMT. In KB2, the concentration of TSP and CO dust is lower than the allowable threshold of QCVN 05:2023/BTNMT, however the concentration of SO_2 and NO_2 exceeds QCVN 05:2023/BTNMT on average by 1 hourly, 24-hour and annual average.

Keywords: AERMOD; Simulate the spread of pollutants; Binh Dinh province.

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Nghiên cứu, chế tạo thử nghiệm modem LPWAN ứng dụng trong truyền dữ liệu trạm khí tượng tự động thuộc Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Nguyên

Vũ Văn Sáng[1]*

[1] Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn quốc gia; sangvu2210@gmail.com

*Tác giả liên hệ: sangvu2210@gmail.com; Tel.: +84–796188866

Ban Biên tập nhận bài: 5/10/2023; Ngày phản biện xong: 30/11/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2024

Tóm tắt: Hiện nay, các thiết bị đo và truyền số liệu tự động trên mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn hầu như phụ thuộc nhiều vào thiết bị ngoại nhập, việc nghiên cứu, chế tạo, tiến tới làm chủ công nghệ sản xuất thiết bị truyền dữ liệu tự động khí tượng thủy văn là rất cần thiết. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm modem LPWAN ứng dụng trong truyền dự liệu các trạm đo mưa tự động theo công nghệ truyền tin không dây năng lượng thấp (LORA/LPWAN) đang trở nên phổ biến và ngày càng được ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực như viễn thông, truyền tin, trao đổi thông tin số liệu, trong đó có số liệu khí tượng thủy văn. Dựa trên nghiên cứu lý thuyết về nguyên lý hoạt động mô đun LORA và thuật toán điều khiển kết hợp với các hoạt động thiết kế, chế tạo điện tử, nghiên cứu đã sản xuất thành công thiết bị modem LPWAN có khả năng liên lạc vô tuyến truyền dữ liệu các trạm đo khu vực Tây Nguyên, khoảng cách liên lạc tối thiểu trong địa hình khu vực Tây Nguyên là 15 km, tần suất ít nhất 10 phút 1 lần (tùy theo cài đặt), băng tần 920 MHz đến 923 MHz, đáp ứng quy chuẩn quốc gia QCVN 122:2020/BTTTT.

Từ khóa: Công nghệ truyền tin không dây năng lượng thấp LPWAN; Công nghệ truyền tin bằng công nghệ LORA.

1. Mở đầu

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật điện tử, viễn thông và công nghệ thông tin, các thiết bị phục vụ quan trắc, giám sát và truyền dữ liệu các yếu tố khí tượng thủy văn ngày một trở nên hiện đại, cho phép thực hiện quan trắc liên tục, có độ chính xác rất cao, tự động truyền dữ liệu theo thời gian thực, góp phần nâng cao chất lượng dữ liệu phục vụ công tác giám sát, dự báo, cảnh báo khí tượng thủy văn [1].

Thực hiện Chương trình khoa học và công nghệ: Nghiên cứu ứng dụng công nghệ trong xây dựng, phát triển Chính phủ số và Chuyển đổi số ngành tài nguyên và môi trường giai đoạn 2021 - 2025, của Bộ Tài nguyên và Môi trường, đồng thời nhằm góp phần hiện đại hóa ngành khí tượng thủy văn, nâng cao năng lực cho hệ thống quan trắc và truyền dữ liệu hỗ trợ dự báo và cảnh báo thiên tai, trong những năm qua mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn đang dần thay thế các thiết bị quan trắc thủ công bằng các thiết bị quan trắc hiện đại và truyền dữ liệu tự động, tự động quan trắc thông qua các dự án đầu tư của Nhà nước, các khoản viện trợ ODA. Tuy nhiên, các dự án hầu hết đều đầu tư qua hình thức mua sắm thiết bị của một số hãng chuyên sản xuất thiết bị đo khí tượng thủy văn ở nước ngoài do trong nước hiện tại chưa có hãng nào chế tạo hay lắp ráp [2]. Việc phụ thuộc vào thiết bị ngoại nhập, với chi phí mua sắm cao, nên hầu như các trạm không được đầu tư thiết bị truyền dữ liệu dự phòng, dẫn tới quan trắc bị gián đoạn nếu thiết bị gặp sự cố hoặc trong thời gian bảo trì, bảo dưỡng.

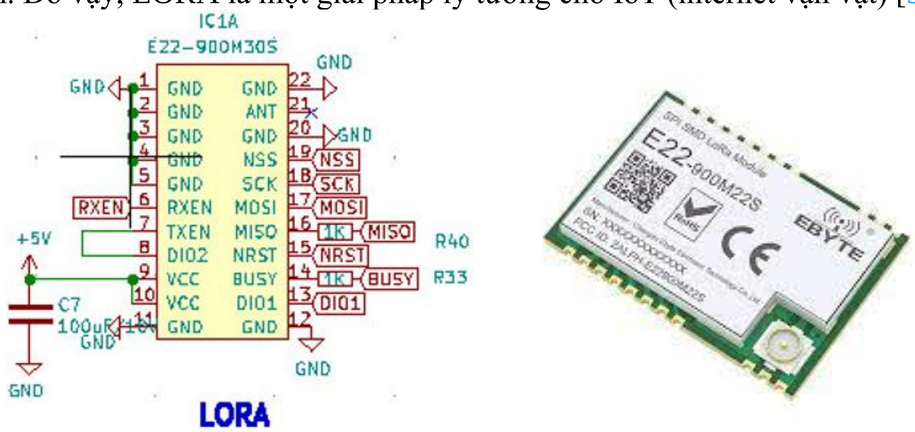
Những năm gần đây, các nghiên cứu, chế tạo modem truyền dữ liệu trong đó có truyền dữ liệu liên quan đến lĩnh vực thời tiết ở nước ta cũng đã bắt đầu xuất hiện. Tuy nhiên, phần đa các nghiên cứu, chế tạo tập trung vào sản xuất các thiết bị phụ trợ như mô đun hỗ trợ các trạm quan trắc tự động [3], mô đun chuyển đổi dữ liệu quan trắc thủ công sang tự động truyền dữ liệu [4]. Hiện vẫn chưa có nhiều các nghiên cứu, chế tạo các thiết bị truyền dữ liệu hiện đại, sử dụng công nghệ cao, ví dụ như công nghệ truyền tin không dây năng lượng thấp (LORA/LPWAN).

Để góp phần giảm sự phụ thuộc vào công nghệ quan trắc đặc biệt là các mô đun truyền dữ liệu của nước ngoài, thông qua hoạt động nghiên cứu nguyên lý công nghệ truyền tin không dây, tính năng và các thuật toán của bộ modem LPWAN, nhóm nghiên cứu đã phối hợp với Công ty Cổ phần Phát triển Hạ tầng và Đầu tư Công nghệ Châu Long chế tạo thành công thiết bị modem truyền dữ liệu quan trắc tại các trạm đo mưa tự động. Thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và hiện trường tại một số trạm thuộc Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Nguyên, bước đầu cho kết quả thiết bị hoạt động ổn định, đảm bảo yêu cầu mục tiêu nghiên cứu chế tạo modem thiết bị sử dụng công nghệ LORA.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu công nghệ sử dụng mô đun LORA

Công nghệ LORA: (*Long Range Radio* - Truyền không dây tầm xa) là một giao thức không dây mới được thiết kế để truyền thông tầm xa, năng lượng thấp. Giao thức phù hợp với các thiết bị thông minh hiện có và liên minh LORA đang hoạt động đảm bảo khả năng tương tác giữa nhiều mạng trên toàn quốc. Dải tần LORA sử dụng ít bị nhiễu điện từ, do đó tín hiệu có thể kéo dài một khoảng cách xa, thậm chí đi qua các toà nhà, với rất ít năng lượng, phù hợp với các thiết bị IoT với dung lượng pin thấp. Do vậy, LORA thành các thiết bị rẻ hơn rất khả quan. Mỗi trạm gốc (*Gateway*) LORA có thể xử lý hàng triệu node, cùng với thực tế là các tín hiệu có thể kéo dài khoảng cách, nên là cần ít cơ sở hạ tầng mạng hơn, do đó việc xây dựng mạng LORA rẻ hơn. Các mạng LoRa có thể được đặt cùng với các thiết bị liên lạc khác, như các tháp điện thoại di động, tiết kiệm được chi phí đầu tư xây dựng; đồng thời với các tính năng khác của LORA sử dụng thuật toán tốc độ dữ liệu thích ứng để giúp tối đa hóa tuổi thọ pin và tiết kiệm tối đa năng lượng mạng của thiết bị; các giao thức của nó bao gồm nhiều lớp mã hóa, ở cấp độ mạng, ứng dụng và thiết bị, cho phép liên lạc an toàn; tính hai chiều của giao thức hỗ trợ các thông điệp quảng bá, cho phép chức năng cập nhật phần mềm. Do vậy, LORA là một giải pháp lý tưởng cho IoT (internet vạn vật) [5].



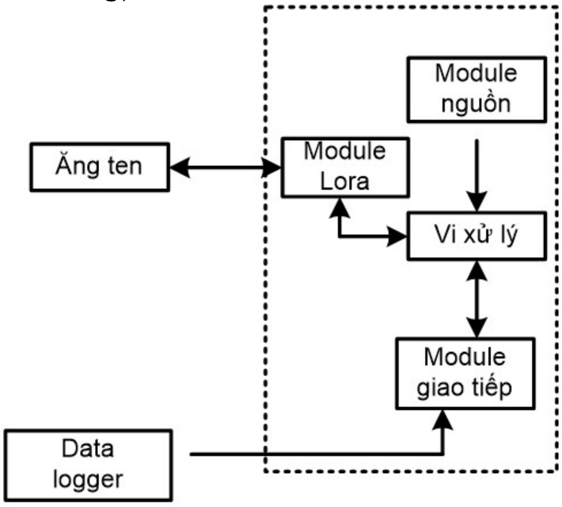
Hình 1. Sơ đồ nguyên lý mô đun vi xử lý thu phát sóng LORA thực tế.

2.2. Nguyên lý cơ bản của công nghệ LORA

Nguyên lý hoạt động của LORA: LORA sử dụng kỹ thuật điều chế gọi là Chirp Spread Spectrum (CSS), nguyên lý này là dữ liệu sẽ được chia nhỏ bằng các xung cao tần để tạo ra tín hiệu có dãy tần số cao hơn tần số của dữ liệu gốc; sau đó tín hiệu cao tần này tiếp tục được mã hoá theo các chuỗi trước khi truyền ra ăng ten để gửi dữ liệu; nguyên lý này giúp hạn chế độ phức tạp và có độ chính xác cần thiết của mạch thiết bị nhận để có thể giải mã và điều chế lại dữ liệu; hơn nữa LORA không cần công suất phát lớn mà vẫn có thể truyền xa vì tín hiệu LORA có thể được nhận ở khoảng cách xa ngay cả độ mạnh tín hiệu thấp hơn cả nhiễu môi trường xung quanh; có phạm vi rất rộng tương tự như được cung cấp bởi mạng băng tần hẹp, độ bền cao và chống lại nhiễu và suy hao tín hiệu trọng quá trình truyền tín thấp, toàn bộ khu vừa hoặc thành phố đó được bảo chỉ bởi một trạm gốc (*Gateway*) [6].

2.3. Sơ đồ khối thiết bị modem LPWAN.

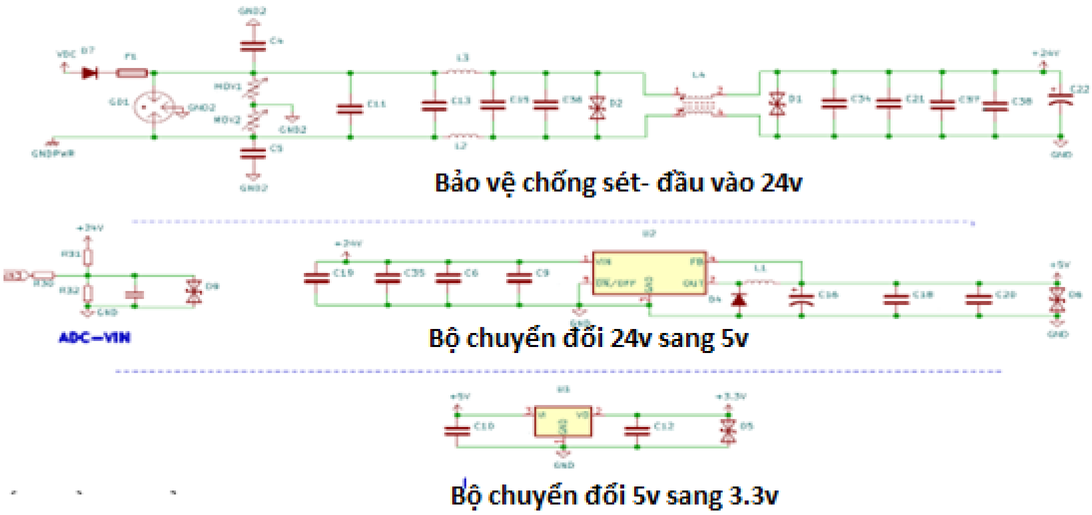
Thiết bị Modem LPWAN truyền dữ liệu bao gồm hai bộ phận chính: (1) Khối xử lý điều khiển gồm các mô đun: Mô đun nguồn, mô đun LORA, vi xử lý, mô đun giao tiếp được kết nối với Datalogger của thiết bị quan trắc (đo mưa tự động) và Ăng ten định hướng được kết nối với bộ khuếch đại tín hiệu tạp âm thấp (*LNA-Low-noise amplifier*) và bộ xử lý tín hiệu (*DSP - Digital Signal Processing*) [7, 8].



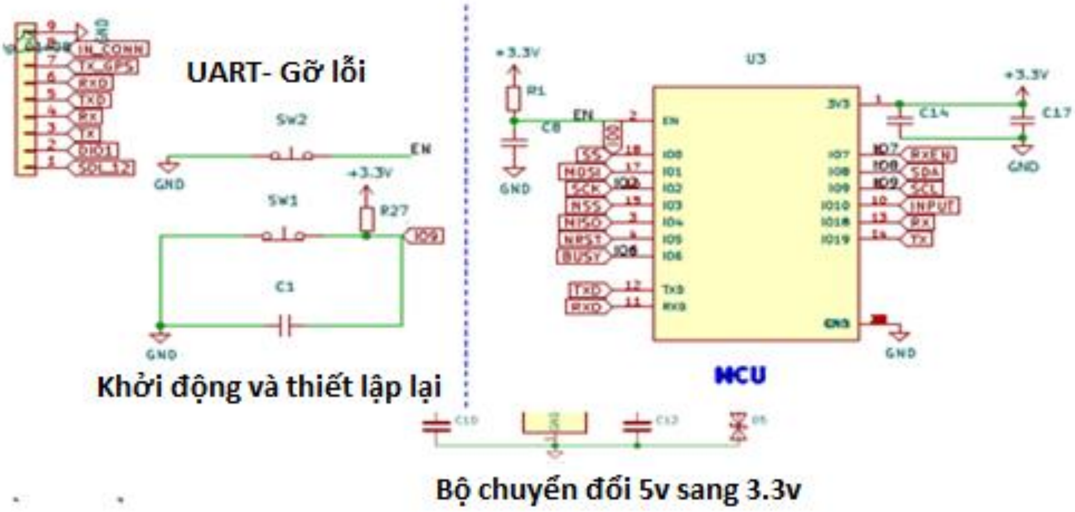
Hình 2. Sơ đồ khối của thiết bị Modem LPWAN.

2.4. Sơ đồ mạch nguyên lý khối nguồn modem LPWAN

Đối với khối nguồn điện được sử dụng trong mô đun mạch, thiết bị sử dụng nguồn điện một chiều 24V, trong đó có chống đấu ngược nguồn điện, chống sét cho nguồn điện, biến áp 5V và biến áp 3V3 (Hình 3-4) [9, 10].

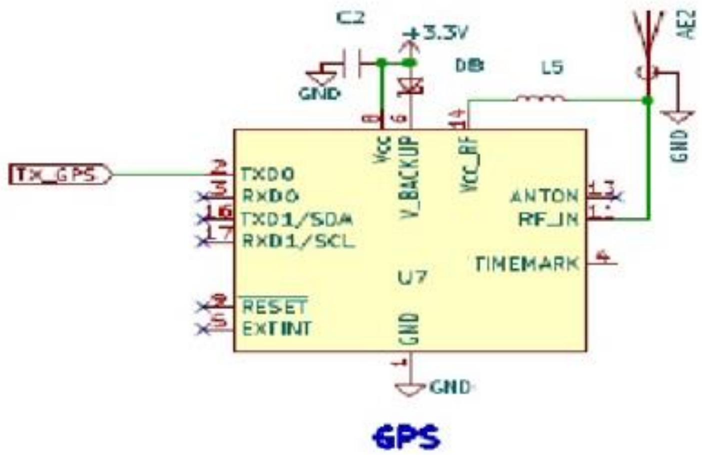


Hình 3. Sơ đồ nguyên lý mạch khối nguồn điện.



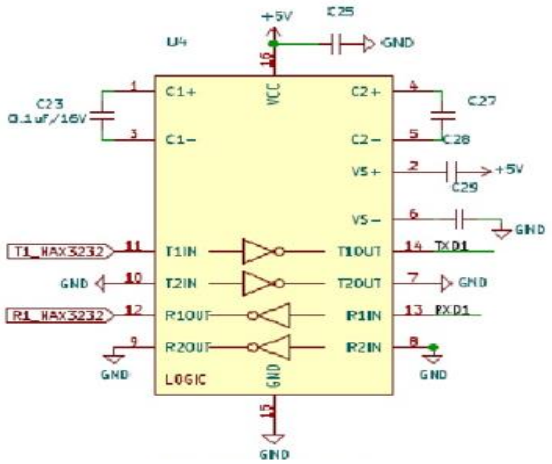
Hình 4. Sơ đồ nguyên lý mạch khối điều khiển [11, 12].

Để điều khiển cho mạch thiết bị sử dụng chip ESP32-C3 (Hình 5) [13, 14].



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý khối GPS.

Phương thức hoạt động: Ăng-ten từ bộ thu trung tâm nhận được tín hiệu vô tuyến quá trình giải mã tín hiệu sẽ được thực hiện tại module thu phát vô tuyến, MCU (vi điều khiển) sẽ giao tiếp điều khiển lấy dữ liệu từ đó và chuyển về cho máy tính xử lý dữ liệu thông qua giao tiếp RS 232 (Hình 6) [20].



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý mạch khối giao tiếp RS232.

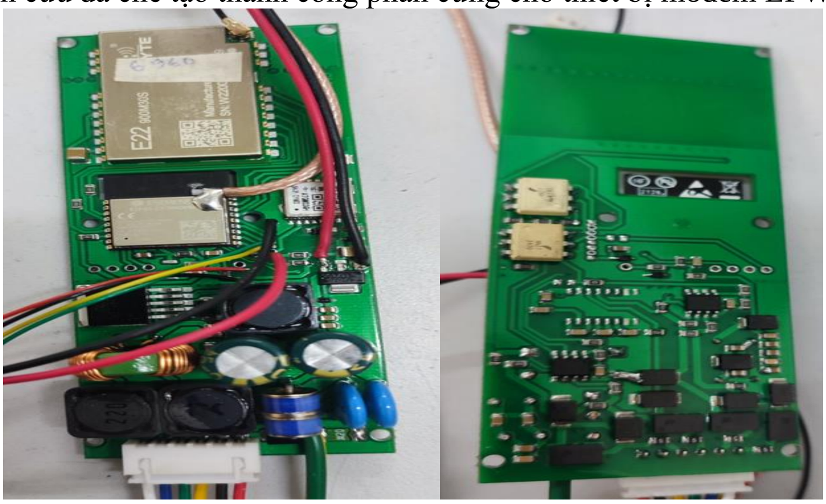
2.5. Hệ thống nhúng và thiết kế mô phỏng mạch 3D

Hệ thống nhúng (*Embedded system*) là một thuật ngữ để chỉ một hệ thống có khả năng tự trị được nhúng vào trong một môi trường hay một hệ thống mẹ. Đó là các hệ thống tích hợp cả phần cứng và phần mềm phục vụ các bài toán chuyên dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp, tự động hoá điều khiển, quan trắc và truyền tin. Đặc điểm của các hệ thống nhúng là hoạt động ổn định và có tính năng tự động hoá cao. Hệ thống nhúng thường được thiết kế để thực hiện một chức năng chuyên biệt nào đó [16]. Trên cơ sở mô hình hoạt động của thiết bị phần cứng của thiết bị LPWAN được thiết kế theo hệ thống nhúng gồm: phần cứng (gồm các bộ phận chip vi xử lý, các linh kiện điện tử, mạch kết nối connector…), phần mềm tính toán và điều khiển (được thiết kế trên ngôn ngữ lập trình C^{++}) (Hình 7).

Hình 7. Mô phỏng 3D mạch in trước khi hàn linh kiện điện tử (mặt trước và mặt sau).

2.6. Phần cứng của thiết bị modem LPWAN

Dựa trên thiết kế hệ thống nhúng và sơ nguyên lý mạch thiết bị, sử dụng các linh kiện điện tử, nghiên cứu đã chế tạo thành công phần cứng cho thiết bị modem LPWAN (Hình 8).



Hình 8. Hình ảnh thực tế của bo mạch bộ vi xử lý trung tâm (mặt trước và mặt sau).

Đối với sản phẩm ăng ten định hướng được chế tạo độ tăng ích cao, tầm liên lạc với các thiết bị LPWAN xa hàng km [17, 18].

Thông số kỹ thuật: Frequency range (dải tần số): 920-923 Mhz (hoặc thiết kế ở tần số phù hợp theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia của Bộ TTTT về mạng diện rộng công suất thấp LPWAN); Antenna type (loại ăng ten): helicoidal (xoắn ốc); Impedance (trở kháng): 50 Ω, nominal (trên danh nghĩa); Gain (nhận được): 10 dBi; Beam width (chiều rộng chùm tia) (-3 dB): 44°, nominal (trên danh nghĩa); Polarization (phân cực): Circular (tròn); Kích thước: 450 × 450 × 960 mm.

Hình 9. Ăng ten định hướng của trạm mặt đất.

IP "*Ingress Protection*" hoặc "*International Protection*" là tên một hệ thống xếp loại cho biết khả năng bảo vệ linh kiện của các thiết bị điện tử [19, 20].

Hình 10. (a) Hình ảnh thực tế thiết bị modem LPWAN đặt trong hộp bảo vệ thiết bị theo tiêu chuẩn IP; (b) Hình ảnh toàn bộ modem LPWAN và ăng ten thực tế được lắp đặt tại trạm đo mưa tự động Krông Á, Đắk Lắk.

3. Kết quả thử nghiệm thiết bị modem LPWAN

3.1. Kết quả áp dụng thử nghiệm modem LPWAN bổ sung tại Hà Nội

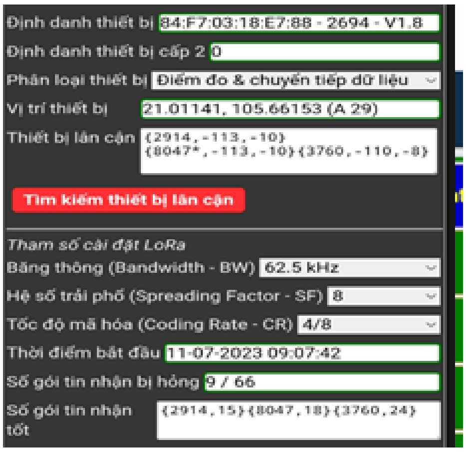
Để đánh giá hoạt động của thiết bị Modem LPWAN truyền số liệu, nhóm nghiên cứu đã tiến hành áp dụng thử nghiệm để kiểm tra thiết bị tại Hà Nội.

Vị trí 1: số 8 phố Pháo Đài Láng, Láng Thượng, Đống Đa, Hà Nội. ID: 3760, ID: 2914

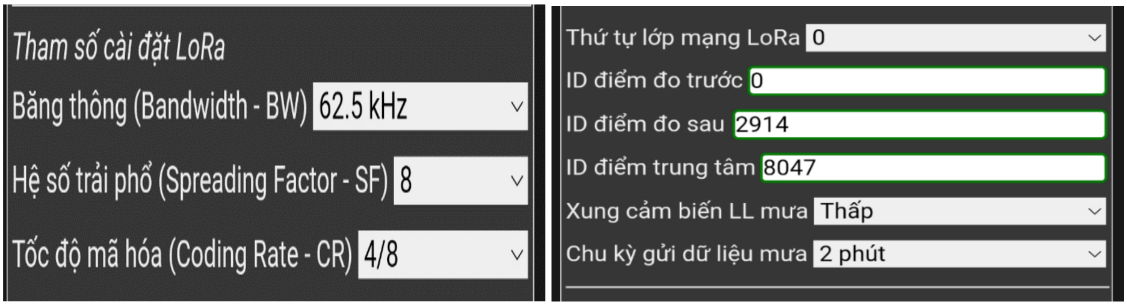
Vị trí 2: cầu vượt sông Đáy, Quốc Oai, Hà Nội có địa chỉ ID: 2694

Vị trí 3: thiết bị LORA Trung tâm có địa chỉID: 8047

Thông tin trên thiết tại đê cầu vượt sông Đáy:

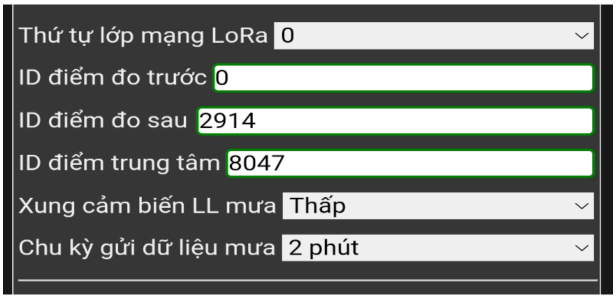


Hình 11. Cài đặt cấu hình thông tin trên thiết tại đê cầu vượt sông Đáy.



(a) (b)

Hình 12. (a) Các tham số cài đặt LORA; (b) Cài đặt cấu hình thông tin trên thiết tại đê cầu vượt sông Đáy

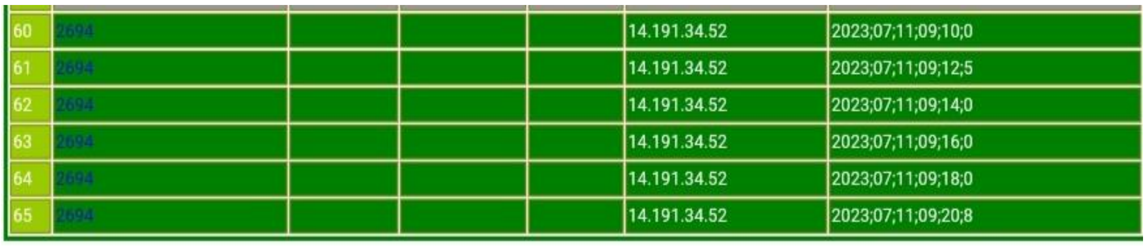


Hình 13. Cài đặt chuyển tiếp tín hiệu.

Tín hiệu từ thiết bị được lắp trên Đê sông Đáy (ID2694) được chuyển về Láng Thượng (ID điểm đo sau 2914) và từ Láng Thượng chuyển tiếp về Công ty Cổ phần Châu Long (ID điểm trung tâm 8047). Chu kỳ gửi dữ liệu 2 phút/1 lần.

Kết quả: Tất cả các trạm đều đang được cài đặt chu kỳ gửi tín hiệu 2 phút/1lần. Sau mỗi 2 phút tín hiệu các trạm đều được gửi về trung tâm (http://lora.eweather.gov.vn/lr).

Để chủ động trong việc thử nghiệm, nhóm thực hiện nối dây tín hiệu đo mưa vào 1 nút nhấn, số lần nhấn của nút nhấn thực tế chính là số lần gàu đo mưa lật (Hình 14).



60	2694				14.191.34.52	2023;07;11;09;10;0
61	2694				14.191.34.52	2023;07;11;09;12;5
62	2694				14.191.34.52	2023;07;11;09;14;0
63	2694				14.191.34.52	2023;07;11;09;16;0
64	2694				14.191.34.52	2023;07;11;09;18;0
65	2694				14.191.34.52	2023;07;11;09;20;8

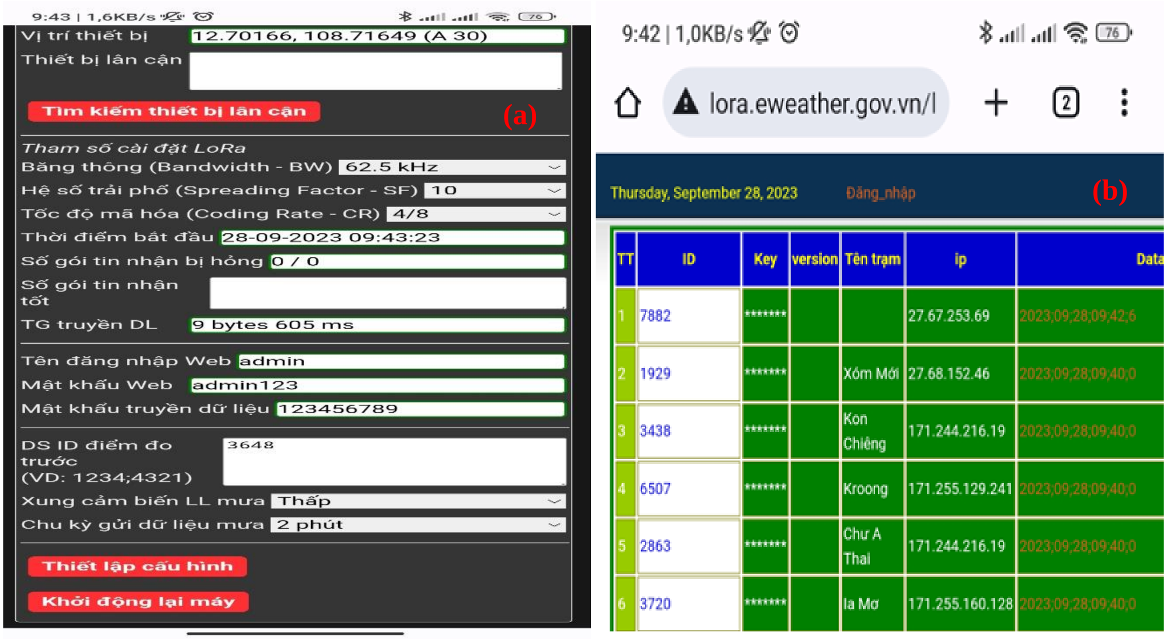
Hình 14. Kết quả hiển thị về số lần lật gàu (8 lần) điểm đê sông Đáy truyền về.

Trong khoảng thời gian từ 09h10 tới 09h20 ngày 11-7-2023 tín hiệu được truyền về trung tâm đều đặn 2 phút/1lần. Trong khoảng thời gian 9h10 đến 9h12 nhóm nghiên cứu đã thực hiện nhấn nút 5 lần và trong khoảng thời gian 9h18 đến 9h20 nhóm tác giả đã thực hiện nhấn nút 8 lần.

Kết quả nhận được hiển thị tại http://lora.eweather.gov.vn/lr đúng với số lần nhóm nhấn nút, thiết bị truyền dữ liệu tốt, đáp ứng mục tiêu hoạt động của thiết bị.

3.2. Kết quả thử nghiệm tại trạm đo mưa tự động Krông Á- Đắk Lắk (ID: 7882)

Thiết bị được lắp đặt tại trạm đo mưa tự động Krông Á- Đắk Lắk ngày 28-9-2023. Tại hiện trường, kết quả thử nghiệm sau khi cấu hình cài đặt thiết bị và truyền dữ liệu về http://lora.eweather.gov.vn/lr thiết bị truyền dữ liệu tốt, đáp ứng mục tiêu hoạt động của thiết bị. Thiết bị modem LPWAN tại trạm Krông Á có địa chỉ ID được mặc định cấu hình sẵn từ khi chế tạo có địa chỉ ID: 7782, bộ modem LPWAN này có wifi, có định vị tọa độ điểm trạm được kết nối với Ăng ten định hướng và được kết nối trực tiếp vào datalogger của thiết bị đo mưa tự động để truyền dữ liệu theo thời gian được cấu hình trên thiết bị modem LPWAN phù hợp với yêu cầu phục vụ chuyên môn nghiệp vụ.



Hình 15. Kết quả thử nghiệm tại trạm đo mưa tự động Krông Á- Đăk Lăk.

4. Kết luận

Hiện nay, các nghiên cứu chế tạo hệ thống quan trắc và truyền số liệu đều có đặc điểm giống nhau là thời gian thực, thông tin dữ liệu được truyền tải để phục vụ công tác dự báo, cảnh báo để đưa ra các giải pháp ứng phó với thiên tai. Hệ thống này bao gồm hai bộ phận chính: Modem LPWAN gồm mô đun mạch xử lý được cấu hình, lập trình điều khiển truyền dữ liệu theo thời gian thực và bộ phận ăng ten định hướng đều được lắp đặt trên cột đo mưa tự động kết nối với datalogger của trạm đo mưa tự động

Với mục tiêu đưa thông tin dữ liệu kịp thời chuẩn bị công tác ứng phó, giải pháp nghiên cứu ứng dụng công nghệ truyền tin không dây năng lượng thấp (LORA/LPWAN) với ưu thế phủ sóng rộng, băng thông thấp, sử dụng ít năng lượng, hỗ trợ đa kết nối và thiết bị hoạt động ở dải tần không cần đăng ký xin cấp phép tần số đang trở nên phổ biến và ứng dụng nhiều trong các lĩnh vực viễn thông, truyền tin, trao đổi thông tin số liệu để kết nối thiết bị quan trắc là một giải pháp truyền dữ liệu dự phòng hữu hiệu, đặc biệt là truyền dữ liệu trạm đo tự động tại khu vực quan trắc có sóng viễn thông yếu, chấp chờ không ổn định để cung cấp thông tin cảnh báo theo thời gian thực. Với việc làm chủ được công nghệ chế tạo và lập trình điều khiển modem LPWAN trong tương lai có thể nhân rộng mô hình truyền dữ liêu không dây bằng công nghệ LORA, đặc biệt đây là giải pháp có tính khả thi cao trong truyền dữ liệu khi áp dụng đối với khu vực mà sóng viễn thông yếu, chập chờn.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.V.S.; Thu thập, xử lý số liệu: V.V.S.; Phân tích kết quả: V.V.S.; Viết bản thảo bài báo: V.V.S.; Chỉnh sửa bài báo: V.V.S.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả cảm ơn đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ "Nghiên cứu công nghệ LORA để thiết kế xây dựng mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn cho khu vực Tây nguyên" mã số: TNMT.2022.04.12, thuộc Chương trình khoa học và công nghệ trọng điểm cấp Bộ "Nghiên cứu ứng dụng công nghệ trong xây dựng, phát triển Chính phủ số và Chuyển đổi số ngành tài nguyên và môi trường giai đoạn 2021 - 2025", mã chương trình TNMT.04/21-25 đã tài trợ cho nghiên cứu này và Công ty Cổ phần Phát triển Hạ tầng và Đầu tư Công nghệ Châu Long đã hỗ trợ công nghệ chế tạo thiết bị.

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. Hashim, Y.; Idzha, A.H.B.M.; Jabbar, W.A. The design and implementation of a wireless flood monitoring system. *J. Telecommun. Electron. Comput. Eng.* **2021**, *10(3–2)*, 7–11.
2. Anh, T.N.; Dũng, L.D.; Minh, L.D.; Quang, T.V.; Bình, H.T.; Bình, P.D.; Nguyên, N.V.; Luân, N.P. Đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ Radar quan trắc lưu lượng nước tự động tại một số các trạm thủy văn hạng I khu vực Tây Bắc và Việt Bắc. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, *729*, 91–101. Doi:10.36335/VNJHM.2021(729).91-101.
3. Thái, T.H. Nghiên cứu, thiết kế, chế tao module phục vụ đo lường giám sát trong trạm khí tượng tự động. Viện Nghiên cứu điện tử, tin học và tự động hóa. Báo cáo Tổng kết đề tài, 2009.
4. Khánh, D.V.; Quang, H.V. Nghiên cứu, xây dựng giải pháp tự động hóa quản lý hoạt động nghiệp vụ trạm khí tượng thủy văn và truyền tin theo thời gian thực từ các trạm khí tượng thủy văn truyền thống. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, *683*, 44–51.
5. Trực tuyến: https://viettuans.vn/cong-nghe-lora-la-gi.
6. Trực tuyến: https://itgtechnology.vn/lora-la-gi/.
7. Trực tuyến: https://rfd.gov.vn/UserControls/Publishing/News/BinhLuan/pFormPrint.aspx?UrlListProcess=/content/tintuc/Lists/News&ListId=&SiteId=&ItemID=2590&SiteRootID=&isEn=False.
8. Trực tuyến: https://www.mokosmart.com/vi/best-lorawan-module/
9. Trực tuyến: https://toc.123docz.net/document/2471490-so-do-khoi-tong-quat-nguyen-ly-hoat-dong-cua-mach-nguon.htm.
10. Trực tuyến: https://khoahoc.vietjack.com/question/255859/ve-so-do-khoi-chuc-nang-cua-mach-mot-chieu-va-neu-nhiem-vu-cua.
11. Trực tuyến: https://khoahoc.vietjack.com/question/255926/ve-so-do-va-giai-thich-nguyen-li-mach-dieu-khien-tin-hieu
12. Trực tuyến: https://dcn.caothang.edu.vn/images/files/tbd_chuong2.pdf.
13. Trực tuyến: https://linhkienthuduc.com/ic-esp32-c3-chip-truyen-nhan-wifi-ble-gia-re-esp32-c3fn4.
14. Trực tuyến: https://dientunhattung.com/product/esp32-32s-c3-nodemcu-kit-wifi-ai-thinker/.
15. Trực tuyến: https://bkaii.com.vn/tin-nganh-2/139-tong-quan-ve-giao-tiep-rs232.

16. Yaghmour, K. Building Embedded Linux Systems, 2006.
17. Báo cáo tổng kết đề tài VT-CN.04/17-20. Nghiên cứu tiếp cận công nghệ sử dụng khinh khí cầu thả ở tầng bình lưu tích hợp công nghệ trạm thu phát thông tin để giám sát, dẫn đường tìm kiếm cứu hộ và đo đạc thông số vật lý môi trường tầng khí quyển. đề tài thuộc chương trình KHCN Vũ trụ giai đoạn 2016-2020, cơ quan chủ trì Trung tâm Tin học và Tính toán, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2020.
18. Báo cáo tổng kết đề tài VT-CN.02/18-20. Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo mẫu tên lửa nghiên cứu (Sounding Rocket) đưa thiết bị khoa học để thử nghiệm thu thập dữ liệu khí quyển tầng cao" đề tài thuộc chương trình KHCN Vũ trụ giai đoạn 2016-2020. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Bộ Quốc phòng.
19. IP Rating Chart. https://www.dsmt.com/resources/ip-rating-chart/.
20. Trực tuyến: https://givasolar.com/tim-hieu-ve-chi-so-ip-chong-bui-chong-nuoc/.

Research and trial manufacturing of LPWAN modems for application in data transmission of automatic meteorological stations of the regional hydro-meteorological central highlands observatory

Vu Van Sang[1]*

[1] National Centre for Hydro-Meteorological Network (NCN); sangvu2210@gmail.com

Abstract: Currently, automatic measuring and data transmission devices on the hydro-meteorological monitoring network depend on imported equipment, therefore, it is very necessary to research and manufacture and advance to master the technology of producing automatic hydro-meteorological data transmission equipment. This article presents the results of research, manufacturing, and testing of LPWAN modems applied in data transmission of Automatic rain gauge stations using low power wireless communication technology (LORA/LPWAN) which is becoming popular and increasingly being applied in fields such as telecommunications, information transmission, and data exchange, including hydrometeorological data. Based on theoretical research on LORA module operating principles and control algorithms combined with electronic design and manufacturing activities, the research has successfully produced an LPWAN modem device capable of radio communication to transmit data to measuring stations in the Central Highlands region. The minimum communication distance in the terrain of the Central Highlands region is 15km, with low frequency at least every 10 minutes (depending on settings), frequency band 920 MHz to 923 MHz, meets national technical regulation QCVN 122:2020/BTTTT.122:2020/BTTTT.

Keywords: LPWAN Low-power wide-area network technology; Communication technology using LORA technology.

Table of content