

TẠP CHÍ

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Vietnam Journal of Hydro - Meteorology

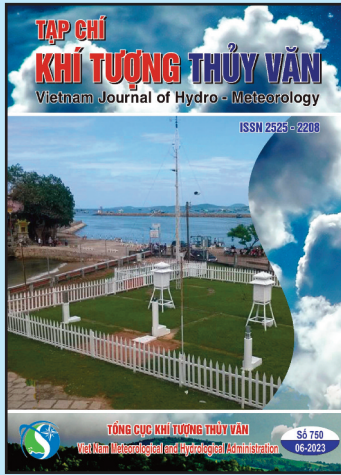
ISSN 2525 - 2208



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

Số 750

06-2023



Q. TỔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Đoàn Quang Trí

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

Giấy phép xuất bản

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

Tòa soạn

Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội
Điện thoại: 024.39364963
Email: tapchikttv@gmail.com

Chế bản và In tại:

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

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

Giá bán: 40.000 đồng

TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

SỐ 750 - 6/2023

MỤC LỤC

Bài báo khoa học

- 1 Trương Văn Anh, Bùi Thị Bích Ngọc, Lê Thị Thường, Nguyễn Tiên Quang:** Nghiên cứu đánh giá nhu cầu nước vùng đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế xã hội
- 13 Đoàn Thu Hà, Nguyễn Trung Hiếu, Hoàng Văn Duy:** Nước thấm thêm sông – Giải pháp nguồn nước cho xã đảo Minh Châu, Ba Vì Hà Nội
- 24 Lê Ngọc Tuấn:** Đánh giá tình hình phát sinh nước thải khu vực nội vi vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030
- 37 Nguyễn Thị Tuyết Nam, Trần Phước Tân, Nguyễn Hoàng Gia Huy, Nguyễn Thị Hoa:** Đánh giá giá trị Nitơ Đioxit (NO_2) đối lưu tại Việt Nam giai đoạn 2010–2020
- 49 Lê Ngọc Tuấn:** Đánh giá tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu – Nghiên cứu điển hình tại tỉnh Tây Ninh
- 66 Trần Đình Bảo, Đỗ Văn Triều, Nguyễn Đình An, Hoàng Văn Vân, Bùi Xuân Điện, Hoàng Đình Nam:** Mô phỏng hiện tượng đá bay trong quá trình nổ mìn khai thác mỏ bằng phương pháp động lực hạt mịn (SPH) trên phần mềm LS-Dyna, lấy ví dụ từ mỏ đá vôi Mông Sơn (Yên Bái)
- 79 Đoàn Quang Trí, Phạm Văn Hùng:** Phân bố không gian của các sóng triều chính khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam
- 93 Lê Lan Anh, Nguyễn Linh Trang, Lê Anh Trung, Chu Thị Thu Hường:** Nghiên cứu sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong các thời kỳ ENSO

Bài báo khoa học

Nghiên cứu đánh giá nhu cầu nước vùng đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế xã hội

Trương Văn Anh^{1*}, Bùi Thị Bích Ngọc¹, Lê Thị Thường¹, Nguyễn Tiến Quang¹

¹ Trường đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; tvanh@hunre.edu.vn;
bichngoc209hunre@gmail.com; ltthuong.kttv@hunre.edu.vn; ntquang@hunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: tvanh@hunre.edu.vn; Tel: +84-981479299

Ban Biên tập nhận bài: 05/4/2023; Ngày phản biện xong: 6/5/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Vùng đồng bằng các lưu vực sông thường là các khu vực trù phú về tài nguyên đất và nước nên đã trở thành các vùng kinh tế xã hội trọng điểm của các quốc gia trên khắp thế giới. Ở các khu vực này, quá trình phát triển đã làm thay đổi và gia tăng đáng kể nhu cầu sử dụng nước, lương thực và năng lượng, tạo áp lực cho công tác quy hoạch và quản lý bền vững nguồn tài nguyên thiên nhiên hữu hạn này. Thêm vào đó, dưới tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH), nguồn nước sẵn có được dự tính là có những thay đổi bất thường theo cả không gian và thời gian. Do đó việc tính toán, đánh giá nhu cầu sử dụng nước của các ngành dùng nước trong một hệ thống sẽ giúp cho các nhà quản lý có cái nhìn tổng quát về các yêu cầu sử dụng nước ở hiện trạng và trong tương lai nhằm làm cơ sở cho công tác quy hoạch và quản lý nguồn tài nguyên nước hiệu quả và bền vững hơn trong tương lai. Nghiên cứu này sử dụng số liệu chi tiết hóa kịch bản BĐKH của mô hình dự báo toàn cầu MPI-ESM-MR, MPI-ESM-LR, HadGEM2-ES và NorESM1-M về đến 13 phân khu sử dụng nước vùng đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) của các yếu tố lượng mưa, nhiệt độ, kết hợp với các dữ liệu, số liệu thống kê về dân số, nông nghiệp, công nghiệp, thủy sản, chăn nuôi của các tỉnh trong khu vực phục vụ tính toán nhu cầu của các ngành dùng nước trong giai đoạn hiện trạng và dự báo năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050. Kết quả tính toán cho thấy tổng nhu cầu sử dụng nước toàn vùng ĐBSH năm 2020 là xấp xỉ 13,118 tỷ m³, năm 2030 là xấp xỉ 14,523 tỷ m³, đến năm 2050 là vào khoảng 14,307 tỷ m³. Nhu cầu sử dụng nước trong tương lai có xu hướng giảm do giảm mạnh diện tích canh tác nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản.

Từ khóa: Nhu cầu nước; Ngành sử dụng nước; ĐBSH; BĐKH; phát triển KTXH.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, nền kinh tế - xã hội nước ta đã có những bước phát triển nhanh chóng dẫn đến nhu cầu sử dụng tài nguyên thiên nhiên nói chung và tài nguyên nước nói riêng đều gia tăng, gây áp lực lớn đối với công tác quản lý tổng hợp nguồn tài nguyên thiên nhiên của các lưu vực sông trên toàn lãnh thổ [1]. Bên cạnh đó, biến đổi khí hậu (BĐKH) và các cực đoan khí hậu đã tạo ra các ảnh hưởng lớn lên nguồn nước sẵn có đòi hỏi phải có những cập nhật thường xuyên về nguồn cung cho các nhu cầu sử dụng nước [2-3]. Ngoài ra các hoạt động của con người trên lưu vực cũng gây nên tác động tiêu cực làm suy giảm nguồn nước và chất lượng nước của hệ thống sông và trong các phân khu sử dụng nước [4]. Xây dựng hồ chứa nước ở thượng nguồn là một trong những giải pháp quan trọng nhằm điều tiết lại nguồn nước theo cả không gian và thời gian phục vụ cho việc khai thác lợi dụng tổng hợp nguồn nước đáp ứng cùng lúc nhiều mục tiêu như cấp nước, phát điện, phòng

lũ và bảo vệ môi trường...[5–7]. Tuy nhiên, do yêu cầu dùng nước của các ngành thường mâu thuẫn nhau nên việc vận hành phân bổ nguồn nước đảm bảo lợi ích hài hòa giữa các ngành và an toàn cho hạ du cả mùa lũ lẫn mùa kiệt là một yêu cầu khó đáp ứng. Đối với bài toán cấp nước hạ du trong mùa kiệt, tình trạng thiếu nước cho sản xuất và dân sinh cũng như các nhu cầu dùng nước khác trong những năm gần đây ngày càng bộc lộ những mâu thuẫn với các ngành dùng nước khác như phát điện, phòng lũ, đặc biệt ở các vùng như đồng bằng sông Hồng, nơi nhu cầu thủy điện phải đáp ứng được khoảng trên dưới 35% tổng nhu cầu điện quốc gia. Do vậy, nhằm đưa ra cái nhìn tổng quan về nhu cầu khai thác, sử dụng tài nguyên nước, hỗ trợ ra quyết định cho các cấp quản lý trong phân bổ nguồn tài nguyên nước, cần thiết nghiên cứu tính toán nhu cầu cho các ngành dùng nước trong bối cảnh hiện tại và tương lai dưới tác động của nhiều các yếu tố tác động khác nhau bao gồm cả BĐKH, các hoạt động phát triển KTXH và sự can thiệp của cộng đồng vào nguồn nước.

Trong báo cáo kỹ thuật của Ủy ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) đã đưa ra nhận định về tổng lượng mưa có xu hướng gia tăng trên toàn cầu từ nay đến cuối thế kỷ, tuy nhiên nhiều vùng trên trái đất bao gồm khu vực Địa Trung Hải và Nam Phi lại có nguy cơ bị ảnh hưởng nặng nề do lượng mưa giảm và bốc hơi nước tăng. Ở Việt Nam, kịch bản BĐKH và nước biển dâng năm 2020 cho thấy lượng mưa năm và lượng mưa mùa được dự tính đều có xu hướng tăng trên hầu hết các vùng miền trong cả nước tuy nhiên số ngày nắng nóng cũng gia tăng dẫn đến các thời đoạn hạn cũng sẽ có nguy cơ tăng, ảnh hưởng đến việc đáp ứng yêu cầu sử dụng nước của các ngành từ nay cho đến cuối thế kỷ [8].

Vùng đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) gồm 11 tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương (Hà Nội, Quảng Ninh, Hải Phòng, Bắc Ninh, Hưng Yên, Hải Dương, Vĩnh Phúc, Hà Nam, Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình), với diện tích tự nhiên 2.127.785 ha (chiếm 6,42% diện tích tự nhiên cả nước) [4]. Đây là vùng phát triển kinh tế xã hội trong điểm của cả nước do vậy quy hoạch phát triển vùng cần gắn kết chặt chẽ với quy hoạch và quản lý các nguồn tài nguyên thiên nhiên phục vụ cho phát triển bền vững trong đó có nguồn tài nguyên nước. Dân số vùng ĐBSH cao nhất cả nước, đến hết năm 2020 có 22.543.607 người (chiếm 23,4% dân số cả nước); mật độ dân số là 1.091 người/km², cao hơn trung bình cả nước 3,66 lần (cả nước: 297 người/km²) [4]. ĐBSH có điều kiện tự nhiên và tài nguyên thiên nhiên đa dạng, có cả miền núi, trung du và đồng bằng châu thổ là điều kiện cơ bản để phát triển nền sản xuất hàng hóa nông - lâm - ngư nghiệp, công nghiệp toàn diện. Do vậy, nhu cầu sử dụng nước vùng ĐBSH là rất lớn, cần có những đánh giá, tính toán chi tiết về yêu cầu sử dụng nước của các ngành dùng nước trong hệ thống nhằm hỗ trợ cho công tác quy hoạch phân bổ hợp lý nguồn tài nguyên phục vụ phát triển bền vững cả vùng.

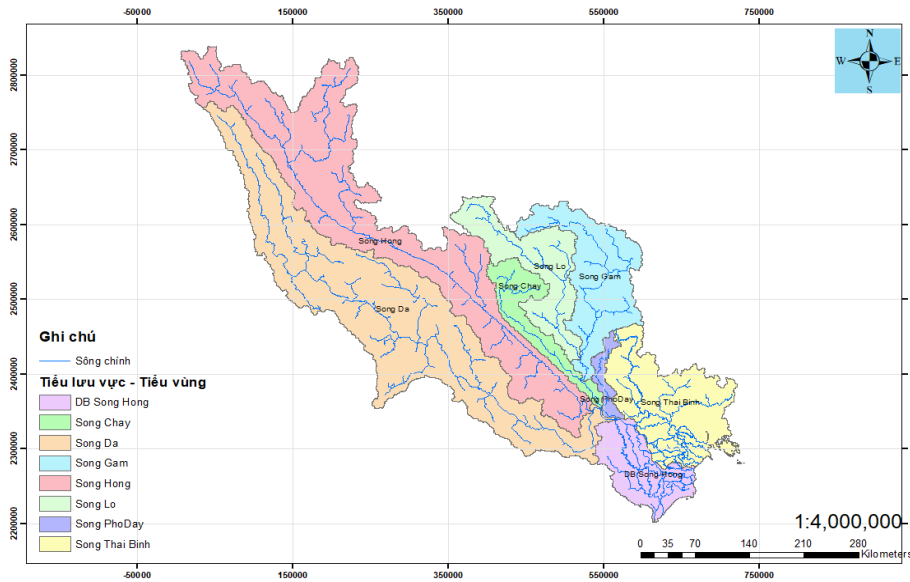
Đề chủ động trong việc quản lý nguồn nước, công tác lập quy hoạch lưu vực sông Hồng đã và đang được thực hiện căn cứ vào các văn bản pháp luật, nghị định [9–11], trong đó nhấn mạnh việc quản lý, điều hòa, phân bổ nguồn nước góp phần bảo đảm an ninh nguồn nước cho các mục đích khai thác, sử dụng và các mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội trên lưu vực sông. Từ đó, các công trình nghiên cứu tính toán nhu cầu sử dụng nước vùng đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh BĐKH cũng đang được thực hiện cho một số khu vực hoặc toàn lưu vực sông [12–13] đã được tích hợp trong các công tác quy hoạch và quản lý lưu vực sông ở bước tiếp theo. Tuy nhiên các nghiên cứu này thường sử dụng các kịch bản BĐKH và kế hoạch phát triển KTXH được ban hành trước năm 2020 trong khi xu hướng phát triển KTXH và chất lượng cuộc sống có tốc độ tăng nhanh. Chính vì vậy mà nhu cầu sử dụng nước đang được đánh giá tương đối thấp so với thực tế, điều này dẫn đến việc xây dựng các phương án phân bổ chưa hợp lý giữa các ngành dùng nước trong cùng hệ thống. Năm 2021, một nghiên cứu về nhu cầu nước trong tương lai của các vùng miền trong cả nước đã ước tính tổng nhu cầu nước vùng đồng bằng sông Hồng trong giai đoạn hiện tại là xấp xỉ 14 tỷ m³/ năm [15] tuy nhiên chưa thể hiện được nhu cầu riêng rẽ của từng phân khu sử dụng nước theo hệ thống công trình khai thác tài nguyên nước.

Trong nghiên cứu này, nhu cầu nước sẽ được tính toán cho các phân khu sử dụng nước trên toàn vùng trong giai đoạn hiện trạng (2020) và dự báo nhu cầu nước trong tương lai (giai đoạn 2030-2050) có kể đến sự tác động của BĐKH và định hướng phát triển KTXH của toàn vùng, trong đó các đối tượng sử dụng nước khác nhau trong từng phân khu bao gồm ngành nông nghiệp, công nghiệp, thủy sản, sinh hoạt được xem xét.

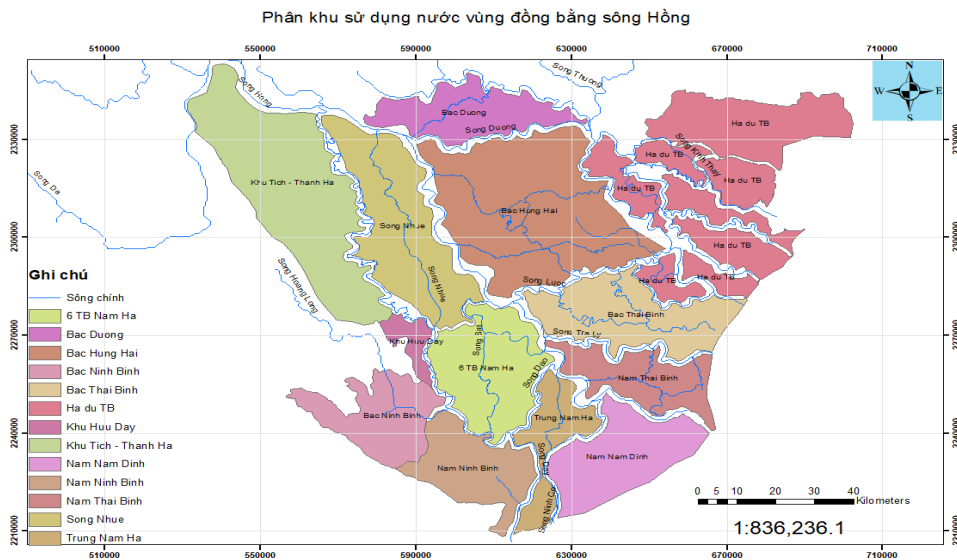
2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Hồng - Thái Bình là lưu vực sông liên quốc gia lớn thứ 2 ở Việt Nam. Diện tích toàn lưu vực là 169.000 km² chảy qua 3 nước: Trung Quốc, Lào và Việt Nam, trong đó phần lưu vực phía Trung Quốc có diện tích khoảng 81.200 km², chiếm 48% tổng diện tích toàn lưu vực; phía Lào có diện tích chỉ khoảng 1.100 km², chiếm 0.7% tổng diện tích toàn lưu vực và phía Việt Nam có diện tích khoảng 86.680 km², chiếm 51,3% tổng diện tích toàn lưu vực.



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Hồng - Thái Bình.



Hình 2. Bản đồ phân khu sử dụng nước vùng đồng bằng sông Hồng.

Trên toàn vùng, hệ thống các công trình khai thác tài nguyên nước đã được xây dựng tương đối đầy đủ đáp ứng các yêu cầu sử dụng nước trong phát triển năng lượng và cũng như đảm bảo an ninh lương thực quốc gia. Các hệ thống này lấy nước từ dòng chính và phân chia vào các tiểu vùng theo mạng lưới sông kênh đan xen dày đặc. Dựa trên hệ thống các công trình đầu mối, nghiên cứu này chia toàn vùng đồng bằng sông Hồng thành 13 phân khu sử dụng nước chính như thể hiện ở hình 2. Chi tiết đặc điểm các phân khu sử dụng nước được thống kê ở bảng 1.

Bảng 1. Thống kê các phân khu sử dụng nước vùng đồng bằng sông Hồng.

STT	Phân khu sử dụng nước	Diện tích (ha)	Công trình lấy nước chính trên hệ thống
1	Hạ Du Thái Bình	198758	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống sông chính
2	6 TB Nam Hà	84886	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống
3	Trung Nam Hà	38499	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống
4	Sông Nhuệ	109723	Công Liên Mạc
5	Nam Ninh Bình	62248	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống
6	Khu Tích - Thanh Hà	163122	Công Cẩm Đình Công Lương Phú
7	Nam Nam Định	76817	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống
8	Bắc Ninh Bình	61076	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống
9	Khu Hữu Đáy	12740	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống
10	Bắc Hưng Hải	186691	Công Xuân Quan
11	Bắc Thái Bình	84235	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống
12	Nam Thái Bình	53238	Nhiều công lấy nước dọc hệ thống
13	Bắc Đuống	59298	Công Long Từ

2.2. Cơ sở dữ liệu và phương pháp tính toán nhu cầu sử dụng nước

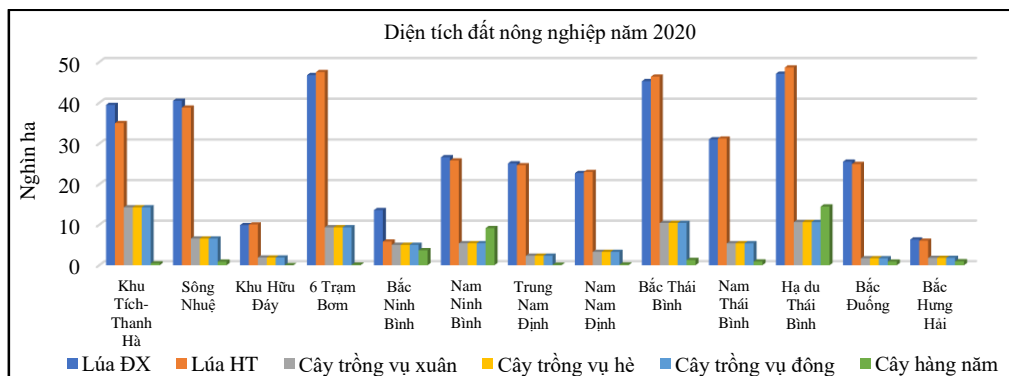
2.2.1. Thu thập dữ liệu

Quá trình nghiên cứu đã tiến hành thu thập, xử lý nhiều loại dữ liệu bao gồm:

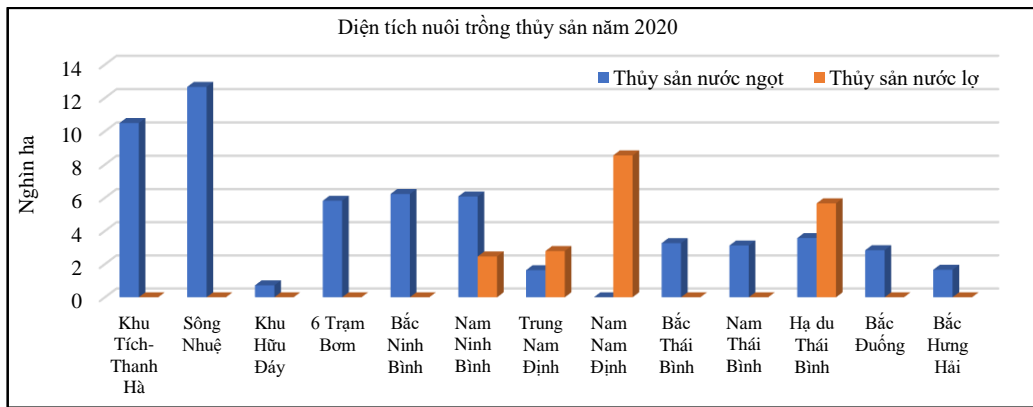
- Kịch bản ĐKKH RCP8.5 được trích xuất từ mô hình MPI-ESM-MR, MPI-ESM-LR, HadGEM2-ES và NorESM1-M giai đoạn nền 1986–2005 và giai đoạn 2020–2090 được chi tiết hóa đến 13 phân khu sử dụng nước. Kịch bản này đã được so sánh với số liệu kịch bản ĐKKH được ban hành bởi Bộ Tài nguyên môi trường [8] cho kết quả tương đương. Lý do phải chi tiết hóa các kịch bản ĐKKH từ mô hình khu vực là nhằm xác định được lượng mưa và nhiệt độ theo ngày để phục vụ tính toán nhu cầu sử dụng nước trong nông nghiệp và dữ liệu này chưa được cung cấp chi tiết từ kịch bản ĐKKH được ban hành.

- Phân khu sử dụng nước: tiến hành tính toán nhu cầu sử dụng nước với 13 phân khu theo thống kê ở Bảng 1.

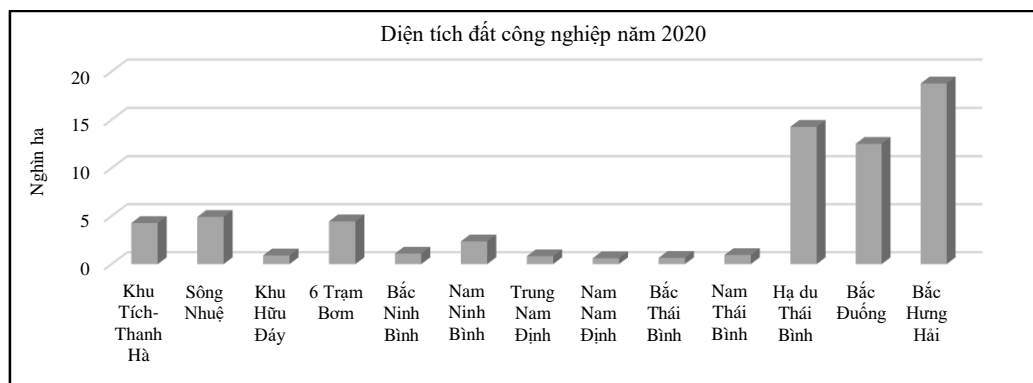
- Niên giám thống kê năm 2020 các tỉnh trong khu vực: tổng hợp số liệu về dân số, trồng trọt, chăn nuôi, KCN, diện tích nuôi trồng thủy sản cho các phân khu sử dụng nước (Hình 3-7).



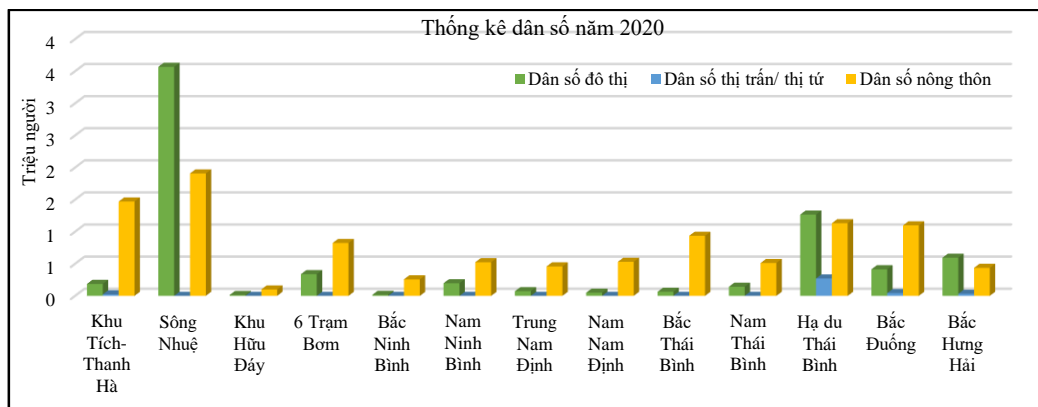
Hình 3. Thống kê diện tích đất nông nghiệp ĐBSH năm 2020.



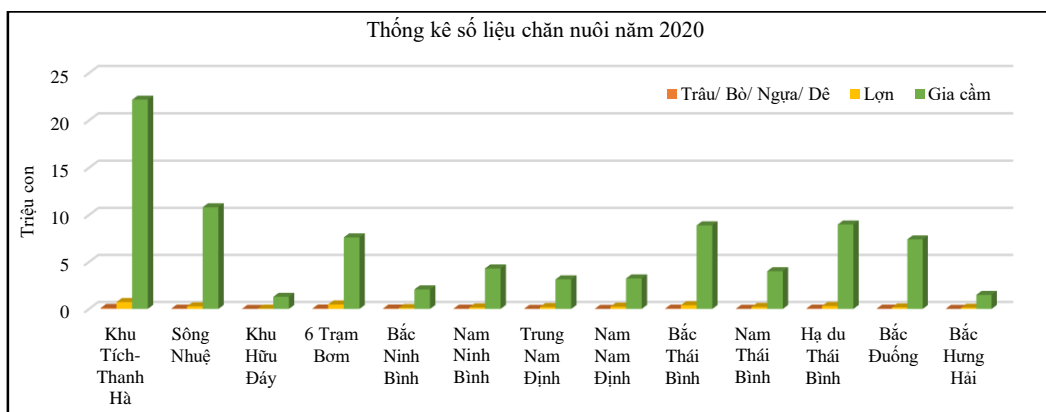
Hình 4. Diện tích nuôi trồng thủy sản ĐBSH năm 2020.



Hình 5. Diện tích đất công nghiệp ĐBSH năm 2020.



Hình 6. Thống kê dân số ĐBSH năm 2020.



Hình 7. Thống kê số liệu chăn nuôi ĐBSH năm 2020.

- Báo cáo, kế hoạch phát triển của các tỉnh: số liệu dự báo về dân số, diện tích trồng trọt, chăn nuôi, ken, diện tích nuôi trồng thủy sản năm 2030, tầm nhìn đến 2050 như được thống kê ở Bảng 2.

Bảng 2. Tỷ lệ % diện tích các ngành dùng nước năm 2030, 2050 so với năm 2020 trong các phân khu sử dụng nước vùng ĐBSH.

Tổng hợp theo 13 phân khu sử dụng nước	Tỷ lệ %(2030/2020)			Tỷ lệ % (2050/2030)		
	Nông nghiệp	Công nghiệp	Thủy sản	Nông nghiệp	Công nghiệp	Thủy sản
KV 6 Trạm bơm	0,7	1,23	1,1	0,7	1,3	1,1
Bắc Đuống	0,5	1,07	0,9	0,5	1,3	0,9
Bắc Hưng Hải	0,8	1,05	0,8	0,8	1,3	0,8
Bắc Thái Bình	0,7	2,52	0,8	0,7	1,3	0,8
Hạ du Thái Bình	0,8	1,18	0,9	0,8	1,3	0,6
Hữu Đáy	0,4	1,65	0,5	0,4	1,3	0,5
Tích - Thanh Hà	1,4	1,07	1,2	1,4	1,3	1,2
Nam Nam Định	0,7	1,52	1,0	0,7	1,3	1,0
Nam Ninh Bình	0,9	1,15	0,8	0,9	1,3	0,8
Nam Thái Bình	0,6	1,79	0,6	0,6	1,3	0,6
Sông Nhuệ	0,6	1,18	1,3	0,6	1,3	1,3
Trung Nam Hà	0,8	1,58	0,8	0,8	1,3	0,8
Bắc Ninh Bình	0,9	1,15	0,8	0,9	1,3	0,8

2.2.2. Cơ sở và phương pháp tính toán nhu cầu nước cho các ngành

a) Tính toán nhu cầu nước cho nông nghiệp (trồng trọt) bao gồm các bước sau:

- Thu thập số liệu và thông tin: số giờ nắng, bốc hơi, kích bản BĐKH cho yếu tố nhiệt độ, lượng mưa. Ở đây chúng tôi sử dụng số liệu trung bình hóa của 4 mô hình khí hậu toàn cầu MPI-ESM-MR, MPI-ESM-LR, HadGEM2-ES và NorESM1-M sau khi chi tiết hóa cho dữ liệu về nhiệt độ và lượng mưa, số giờ nắng được lấy trung bình trong giai đoạn 2010 - 2020.

- Dữ liệu về diện tích đất canh tác và đất trồng trọt dựa trên các tài liệu tham khảo hiện có.

- Nhu cầu nước cho cây trồng (CWR) được tính toán bằng phần mềm CROPWAT version 8.0. Đây là phần mềm do Cục phát triển Đất và Nước thuộc tổ chức Nông Lương của Liên hợp quốc (FAO) xây dựng để tính nhu cầu tưới và kế hoạch tưới tại mặt ruộng cho các loại cây trồng trong các điều kiện khác nhau. Theo đó, nhu cầu nước tưới tại mặt ruộng được tính toán như sau:

$$Irr = \sum_i Irr_i \times A_i \tag{1}$$

Trong đó Irr_i là nhu cầu dùng nước của loại cây trồng i ; A_i là diện tích cây trồng i trong phân khu sử dụng nước tương ứng.

Lượng nước lấy vào hệ thống sẽ có tổn thất trước khi đưa đến các tiểu vùng sử dụng nước do quá trình vận chuyển nước trong mạng lưới kênh đã xuống cấp. Do đó hệ số tổn thất sẽ lấy bằng 0.4 tổng nhu cầu nước của tiểu vùng.

b) Sinh hoạt, du lịch và dịch vụ y tế: nhu cầu nước được tính trên đầu người căn cứ theo Quy chuẩn xây dựng Việt Nam của Bộ Xây dựng năm 2008 và quyết định số 1929/QĐ-TTg ngày 20/11/2009 (Định hướng phát triển cấp nước đô thị và khu công nghiệp Việt Nam đến năm 2025 và tầm nhìn đến năm 2050); Theo đó, nhu cầu nước của từng khu vực được xem xét như sau: (1) Đối với đô thị lớn: $0.12m^3/người.ngày.đêm$; (2) Đối với thị trấn, thị tứ: $0.1m^3/người.ngày.đêm$; (3) Đối với khu vực nông thôn: $0.08m^3/người.ngày.đêm$;

c) Chăn nuôi gia súc và gia cầm: Căn cứ theo TCVN 4454-1987 của Bộ Xây dựng, tiêu chuẩn dùng nước cho chăn nuôi, phân loại đối tượng vật nuôi theo bảng 3.

Bảng 3. Nhu cầu nước trong chăn nuôi.

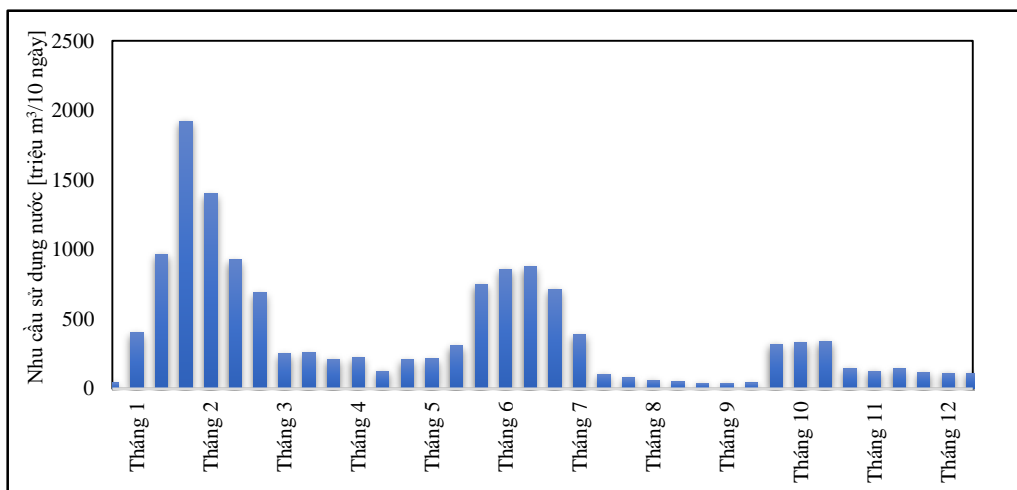
Trâu	Bò	Tiêu Chuẩn Cấp Nước (m ³ /con/ngày.đêm)			
		Lợn	Gia cầm	Ngựa	Dê
0,08	0,08	0,015	0,002	0,05	0,01

d) Công nghiệp: Việc tính toán nhu cầu dùng nước, nước thất thoát, nước cho nhà máy xử lý của các KCN được tính toán trên cơ sở Tiêu chuẩn TCXDVN 33-2006 “Cấp nước - mạng lưới đường ống và công trình - Tiêu chuẩn thiết kế”. Theo đó, nhu cầu nước được tính bình quân cho 1ha đất công nghiệp là 40 m³/ha/ngày.đêm.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tính toán nhu cầu sử dụng nước thống kê khu vực ĐBSH giai đoạn hiện trạng

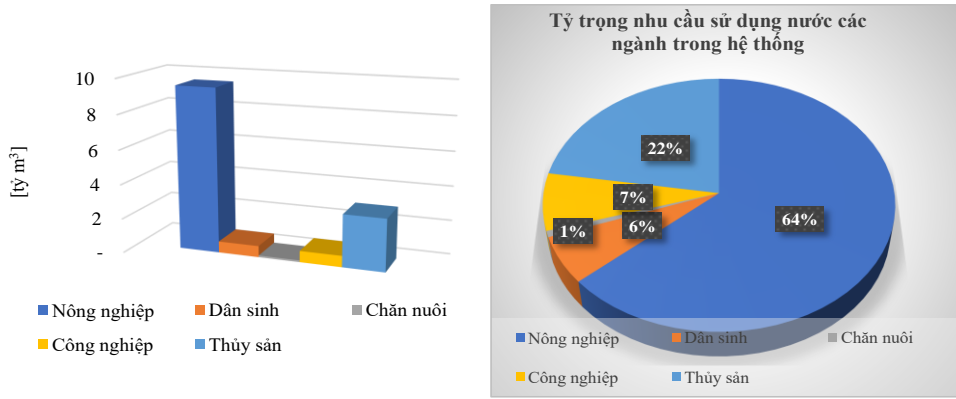
Tổng nhu cầu sử dụng nước trong các phân khu sử dụng nước khu vực ĐBSH trong điều kiện hiện trạng (giai đoạn 2020) vào khoảng 13,118 tỷ m³/ năm tuy nhiên phân bố không đồng đều theo thời gian. Vào thời kỳ mùa kiệt, vụ đông xuân có yêu cầu sử dụng nước khá cao. Vụ mùa bắt đầu từ cuối tháng 5 và đầu tháng 6 trên hầu hết các vùng cũng gây ra một thời kỳ có yêu cầu nước lớn. Tuy nhiên nó diễn ra vào đầu mùa mưa nên thời kỳ này, yêu cầu nước không cao như thời kỳ trước. Tiếp đến, giai đoạn từ tháng 10 - tháng 12 là một vụ nuôi trồng thủy sản, cũng tạo ra một thời đoạn có yêu cầu sử dụng nước cao (**Hình 8**).



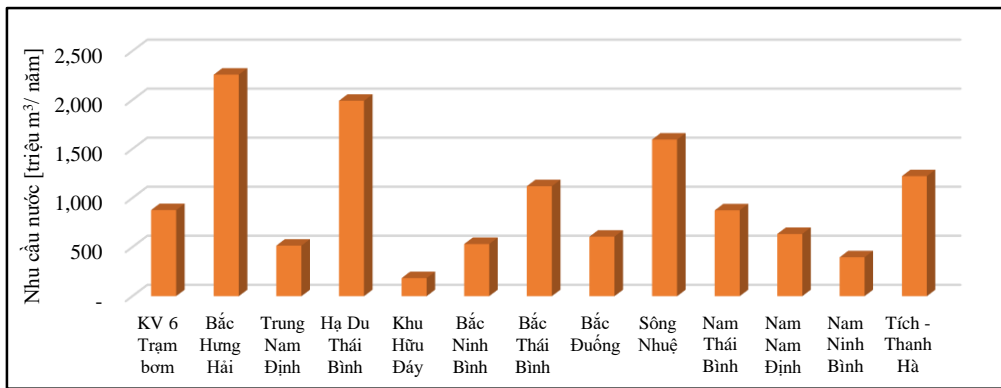
Hình 8. Nhu cầu sử dụng nước trong năm vùng đồng bằng sông Hồng trong giai đoạn hiện tại.

Bên cạnh đó, nhu cầu sử dụng nước của các đối tượng trong các phân khu sử dụng nước dao động khá lớn từ khu vực này sang khu vực khác do quy mô của từng đối tượng. Ngành nông nghiệp vẫn là ngành có nhu cầu sử dụng nước chiếm tỷ trọng cao, nhu cầu nước ngành này năm 2020 chiếm trên 64% tổng nhu cầu nước toàn vùng. Nuôi trồng thủy sản chiếm tỷ trọng lớn thứ 2, khoảng trên 22%. Ngành công nghiệp chiếm 7% và nước phục vụ sinh hoạt chiếm 6%. Ngành sử dụng nước ít nhất là chăn nuôi, chiếm 1% tổng nhu cầu nước toàn vùng (**Hình 9**).

Nhu cầu sử dụng nước giữa các phân khu sử dụng nước cũng khác nhau, cao nhất là khu vực Bắc Hưng Hải, Hạ du Thái Bình và sông Nhuệ chiếm tương ứng 18%, 16% và 12% tổng nhu cầu nước toàn vùng; thấp nhất là khu vực hữu Đáy và Nam Ninh Bình, chiếm tương ứng 1% và 3% tổng nhu cầu nước toàn vùng. Các khu vực khác nằm ở hạ du sông Hồng có nhu cầu nước tương đối lớn như Bắc Thái Bình, Nam Thái Bình, KV 6 trạm bơm với tỷ trọng trên 7% tổng nhu cầu nước toàn vùng cũng sẽ có nguy cơ gặp khó khăn trong quá trình khai thác nguồn nước (**Hình 10**).



Hình 9. Nhu cầu sử dụng nước tổng hợp theo ngành vùng đồng bằng sông Hồng giai đoạn 2020.

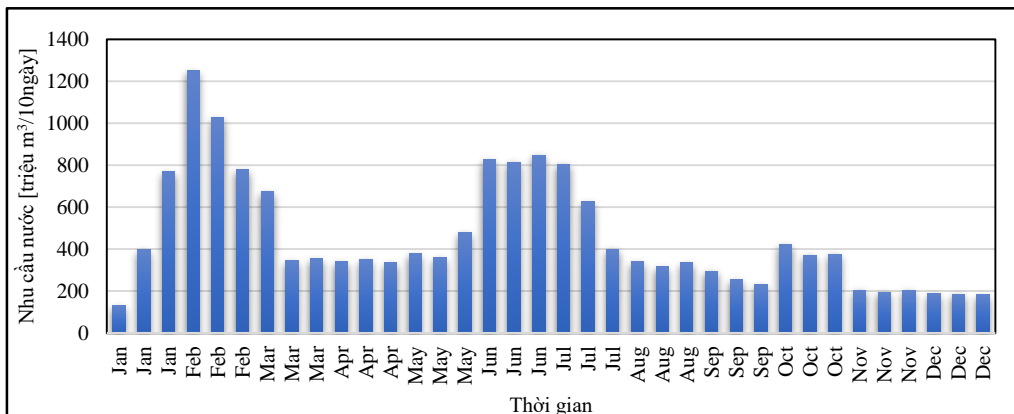


Hình 10. Nhu cầu dùng nước của các phân khu sử dụng nước vùng đồng bằng giai đoạn 2020.

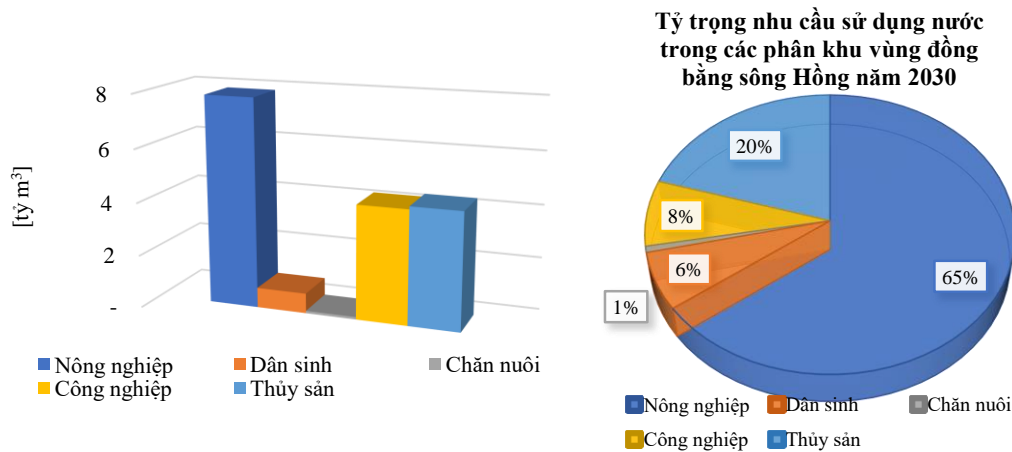
3.2. Kết quả tính toán dự báo nhu cầu sử dụng nước khu vực ĐBSH năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050

Kết quả tính toán dự báo nhu cầu sử dụng nước khu vực ĐBSH đến năm 2030 có xu hướng tăng so với giai đoạn 2020, cụ thể như sau:

Tổng nhu cầu nước cho các ngành năm 2030 là 14,523 tỷ m³, trong đó nước cho nông nghiệp 9,50 tỷ m³ chiếm 64%; nhu cầu cho công nghiệp 1,105 tỷ m³ chiếm 8%; nhu cầu nước cho thủy sản 2,94 tỷ m³ chiếm 20%; nhu cầu cho sinh hoạt 0,785 tỷ m³ chiếm 5%; nhu cầu nước cho chăn nuôi 101 triệu m³ chiếm 1%. Như vậy, so với năm 2020, nhu cầu sử dụng phục vụ thủy sản có xu hướng giảm, nông nghiệp tăng không phải do diện tích canh tác tăng mà do hệ số hiệu quả của kênh mương kém. Theo thống kê, nhu cầu nước cao nhất vào tháng II, VI, X đặc biệt vào chính vụ Đông Xuân và vụ Hè Thu nhu cầu nước lên đến 3.06 tỷ m³ (tháng II), 2,49 tỷ m³ (tháng VI) (Hình 11).

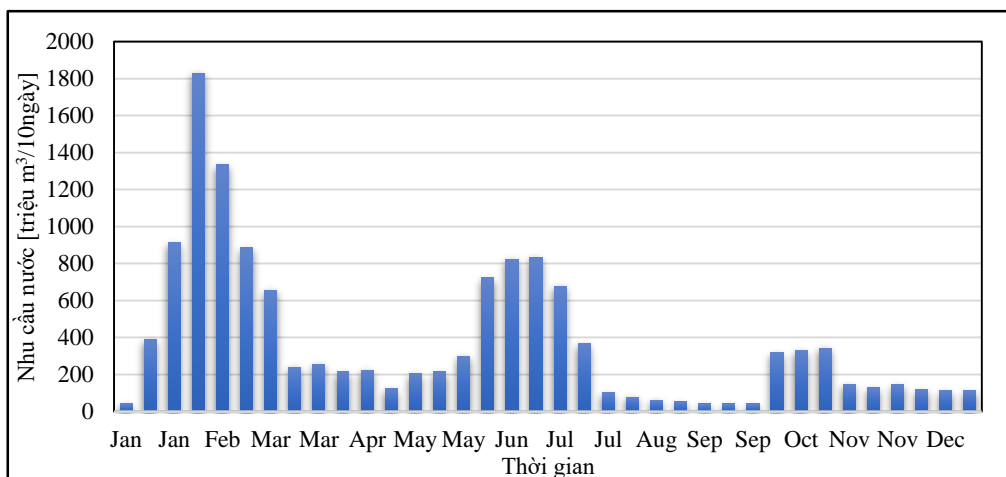


Hình 11. Nhu cầu sử dụng nước năm 2030 khu vực ĐBSH.

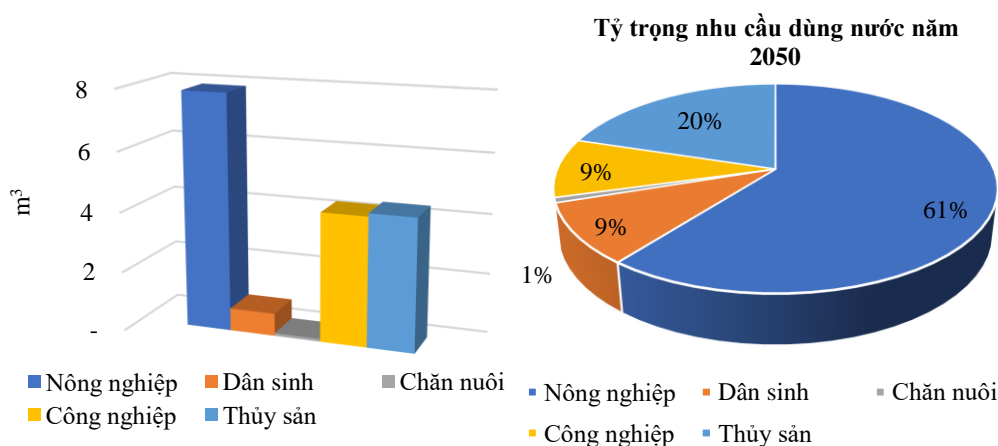


Hình 12. Nhu cầu sử dụng nước năm 2030 tổng hợp theo ngành khu vực ĐBSH.

Đến năm 2050, tổng nhu cầu sử dụng nước vùng ĐBSH giảm nhẹ, còn 14,308 triệu m³. Nhu cầu nước thống kê theo ngành phản ánh xu hướng chuyển dịch cơ cấu kinh tế, cụ thể tăng nhu cầu nước phục vụ cho thủy sản, công nghiệp, giảm nhu cầu nước phục vụ cho nông nghiệp, cấp sinh hoạt. Tuy nhiên về tổng lượng nước cho nông nghiệp vẫn chiếm tỷ trọng lớn nhất 66% (8,67 tỷ m³), tiếp theo là thủy sản với 17% (2,89 tỷ m³), công nghiệp chiếm 8% (1,31 tỷ m³), nước cấp sinh hoạt với 8% (1,34 tỷ m³), và thấp nhất là nhu cầu cho chăn nuôi với 0,8% (110,91 triệu m³) (**Hình 13**).



Hình 13. Nhu cầu sử dụng nước năm 2050 khu vực ĐBSH.



Hình 14. Nhu cầu sử dụng nước năm 2050 tổng hợp theo ngành khu vực ĐBSH.

Như vậy, so với năm 2020, tổng nhu cầu sử dụng nước năm 2030, 2050 có xu hướng giảm do quá trình đẩy mạnh phát triển kinh tế trong vùng. Tuy nhiên, khi xét đến nhu cầu riêng cho từng ngành dùng nước cho thấy giai đoạn 2030-2050 nhu cầu cho nông nghiệp, sinh hoạt có xu hướng tăng, trong khi nhu cầu cho thủy sản, công nghiệp giảm so với giai đoạn trước đó. Điều này phản ánh định hướng phát triển kinh tế xã hội của khu vực ĐBSH trong tương lai.

Bảng 4. Tổng hợp nhu cầu nước theo ngành khu vực ĐBSH giai đoạn hiện và dự báo năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Ngành	Nhu cầu sử dụng nước (triệu m ³)		
	2020	2030	2050
Nông nghiệp	8.331	9.418	8.666
Dân sinh	785	951	1.335
Chăn nuôi	101	104	111
Công nghiệp	959	1.105	1.309
Thủy sản	2.942	2.945	2.886
Tổng cộng	13.118	14.523	14.308

4. Kết luận

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu tổng quan về khu vực nghiên cứu và phương pháp tính toán nhu cầu sử dụng nước ĐBSH trong bối cảnh BĐKH năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050. Kịch bản RCP8.5 được sử dụng trong nghiên cứu này do sự chênh lệch giữa 2 kịch bản RCP 4.5 và 8.5 đến giữa thế kỷ là không lớn.

Kết quả nghiên cứu cho thấy hiện nay tổng lượng nước khu vực ĐBSH được sử dụng cho các ngành kinh tế chính gồm: Cấp nước sinh hoạt (đô thị và nông thôn), cấp nước cho sản xuất công nghiệp, cấp nước cho tưới nông nghiệp, nước cho nuôi trồng thủy sản. Nhu cầu sử dụng nước trong tương lai có xu hướng, tuy nhiên ứng với từng giai đoạn và kế hoạch phát triển KTXH thì nhu cầu sử dụng nước cũng thay đổi theo. Cụ thể như sau:

Tổng nhu cầu sử dụng nước khu vực ĐBSH năm 2020 là xấp xỉ 13,118 tỷ m³, năm 2030 là xấp xỉ 14,523 tỷ m³, đến năm 2050 là vào khoảng 14,307 tỷ m³.

Với định hướng phát triển kinh tế xã hội của khu vực ĐBSH giai đoạn 2030-2050 đẩy mạnh phát triển nuôi trồng thủy sản và công nghiệp sản xuất, do vậy so với giai đoạn 2020-2030 nhu cầu nước cho nông nghiệp, thủy sản có xu hướng giảm, trong khi nhu cầu cho sinh hoạt và công nghiệp tăng.

Với dự báo nhu cầu sử dụng nước ngày càng tăng kết hợp quá trình BĐKH với những kịch bản bất lợi (nhiệt độ có xu thế tăng, lượng mưa giảm, nước biển dâng) đặt ra những thách thức trong công tác quản lý, phân bổ, sử dụng bền vững nguồn tài nguyên nước trước tình trạng hạn hán, xâm nhập mặn, thiếu hụt nguồn nước trong tương lai.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.V.A., B.T.B.N.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.V.A., B.T.B.N.; Thu thập, phân tích, tính toán xử lý số liệu; Viết bản thảo bài báo: B.T.B.N., T.V.A.; Chỉnh sửa bài báo: B.T.B.N., T.V.A.

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành dựa trên kết quả nghiên cứu đề tài cấp bộ “Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) để diễn toán dòng chảy phục vụ phân bổ nguồn nước trên lưu vực sông, thử nghiệm ở lưu vực sông Hồng”, mã số TNMT.2021.04.05.

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. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng. 2016.
2. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường. Biến đổi khí hậu và tác động ở Việt Nam. 2010.
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Hồng - Thái bình. 2013.
4. Tổng cục thống kê. Niên giám thống kê tỉnh các tỉnh, 2020.
5. Cường, H.V. Nghiên cứu đánh giá xu thế diễn biến, tác động hạn hán, xâm nhập mặn đối với sự phát triển kinh tế xã hội vùng đồng bằng sông Hồng - Thái bình và đề xuất các giải pháp ứng phó. Đề tài cấp Bộ, Mã số: KC.08.05/16-20, 2018.
6. NXB Tài nguyên. Tích hợp vấn đề biến đổi khí hậu vào quy hoạch phát triển kinh tế - xã hội qua đánh giá môi trường chiến lược. Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 2016.
7. Tổng cục thống kê. Dự báo dân số Việt Nam giai đoạn 2019–2069. 2021
8. Thuận, H.T.; Đại, H.V. Đánh giá nhu cầu dùng nước của tỉnh Bình Thuận dưới tác động của biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 638, 18–22.
9. Hòa, B.T.T.; Khiêm, Đ.V.; Hà, N.T.T. Tính toán sử dụng nước phục vụ bài toán phân bổ tài nguyên nước bằng mô hình tối ưu hóa động tại hệ thống Núi Cốc. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2012**, 39, 76–81.
10. Khiêm, Đ.V. Phương pháp luận đo lường giá trị tài nguyên nước tưới. *Tạp chí Thủy lợi và Môi trường* **2006**, 15.
11. Khiêm, Đ.V.; Hoà, B.T.T.; Ngân, Đ.T. Tính toán cầu và giá trị kinh tế của nước tưới. *Tạp chí Thủy lợi và Môi trường* **2009**, 26, 55–60.
12. Khiêm, Đ.V.; Hương, N.T. Áp dụng phương pháp CVM để ước lượng WTP của các hộ gia đình cho sử dụng nước sinh hoạt nông thôn ở Lưu vực sông Hồng. *Tạp chí Thủy lợi và Môi trường* **2012**, 32, 123–126.
13. Xuân, T.T. Đặc điểm thủy văn và nguồn nước sông Việt Nam, 2007.
14. Anh, T.V.; Thanh, N.N.; Hue, H.T.; Quang, Đ.V.; Duong, N.Đ.; Tu, B.A.; Luan, V.N. Định giá tài nguyên nước đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 729, 51–62.
15. 2030 Water Resources Group. Việt Nam: Khuôn khổ kinh tế về nước để đánh giá các thách thức của ngành nước. *Géopolitique des ressources minières en Asie du Sud-Est* **2017**, 189–236. <http://dx.doi.org/10.2307/j.ctt1f116fp.9>.
16. Grafton, R.Q.; Garrick, D.E.; Horne, J. Water Misallocation: Governance Challenges and Responses, 2017, pp. 1–51. Online available: https://www.researchgate.net/publication/331297130_Water_Misallocation_Governance_Challenges_and_Responses.
17. Butterworth, J.; Warner, J.; Moriarty, P.; Smits, S.; Batchelor, C. Finding practical approaches to integrated water resources management. *Water Altern.* **2010**, 3(1), 68–81.
18. Allan, J.A. Virtual water: a long term solution for water short Middle Eastern economies?. *London Sch. Orient. African Stud. Univ. London* **1997**, 9, 24–29. Online available: <http://www.ciaonet.org/wps/aln02/>.
19. Anand, P.B. Scarcity, entitlements and the economics of water in developing countries. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2007
20. Inglezakis, V.J.; Pouloupoulos, S.G.; Arkhangelsky, E.; Zorpas, A.A.; Menegaki, A.N. Chapter 3 - Aquatic environment. *Environ. Dev.* **2016**, 137–212.
21. Narasimhan, S. Water pricing: potential and problems. *Int. J. Agric. Econ. Manag.* **2016**, 6(1), 5–8.
22. Briscoe, J. Water as an economic good: the idea and what it means in practice. *World Congr. Int. Comm. Irrig. Drain.* **1996**, 9, 177–202.

Estimating the water demand on the Red River Delta in the context of climate change and social economic development

Truong Van Anh^{1*}, Bui Thi Bich Ngoc¹, Le Thi Thuong¹, Nguyen Tien Quang¹

¹ Hanoi University of Natural Resources and Environment, tvanh@hunre.edu.vn; bichngoc209hunre@gmail.com; ltthuong.kttv@hunre.edu.vn; ntquang@hunre.edu.vn

Abstract: Since ancient times, river basins are often rich in land and water resources, so they have become key socio-economic regions of countries around the world. In these areas, the development of economic and social sectors has significantly changed and increased the demand for water throughout the region, putting pressure on sustainable planning and management of water resources. this limited natural resource. In addition, under the impact of climate change (CC), available water resources are expected to have abnormal changes. Therefore, the calculation and assessment of water use needs of water-using industries will help managers have an overview of the current situation and future water use requirements to serve as a basis for the water industry. Planning and management of water resources is a key factor for sustainable socio-economic development of the whole region. This study uses the detailed climate change scenario data of the global forecasting model MPI-ESM-MR, MPI-ESM-LR, HadGEM2-ES và NorESM1-M for up to 13 water use subdivisions in the Red River Delta (Red River Delta) of quantitative factors. Rain, temperature, combined with data, statistics on population, agriculture, industry, fisheries, livestock of provinces in the region to serve to calculate the demand of water-using industries in the period. status quo and forecast in 2030, with a vision to 2050. Calculation results show that the total water demand of the whole Red River Delta in 2020 is approximately 13.118 billion m³, in 2030 is approximately 14,523 billion m³, by 2050 it will be about 14,307 billion m³. Water demand in the future tends to decrease. However, compared with the period of 2020-2030, the water demand for the period of 2030-2050 for agriculture and aquaculture tends to decrease, while the demand for domestic use and industry increases.

Keywords: Water demand; Industry using water; Red River Delta; Climate change scenario.

Bài báo khoa học

Nước thấm thêm sông – Giải pháp nguồn nước cho xã đảo Minh Châu, Ba Vì Hà Nội

Đoàn Thu Hà^{1*}, Nguyễn Trung Hiếu¹, Hoàng Văn Duy²

¹ Trường Đại học Thủy lợi; thuha_ctn@tlu.edu.vn; trunghieu.ma@hotmail.com

² Viện Khoa học Tài nguyên nước; duyhoangdctv@gmail.com

*Tác giả liên hệ: thuha_ctn@tlu.edu.vn; Tel.: +84-948172299

Ban Biên tập nhận bài: 4/3/2023; Ngày phản biện xong: 6/5/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Xã đảo Minh Châu, huyện Ba Vì, TP Hà Nội hiện chưa có hệ thống cấp nước tập trung, người dân đang sử dụng nguồn nước dưới đất chất lượng kém khai thác từ các giếng khoan gia đình. Các giải pháp cấp nước đã nghiên cứu đều không khả thi do chi phí khai thác nước lớn và yêu cầu xây dựng phức tạp. Giải pháp khai thác nước thấm từ sông (RBF) đã được đề xuất và nghiên cứu cho xã đảo Minh Châu. Kết quả cho thấy giải pháp RBF là giải pháp nguồn nước hợp lý. Phương pháp mô hình dòng chảy (Modflow) được sử dụng để mô phỏng tính toán lưu lượng nước thấm, cho thấy sử dụng giếng RBF có thể khai thác với lưu lượng trên 500 m³/ngày cho một giếng thấm. Bài báo giới thiệu cơ sở khoa học để xác định vị trí xây dựng giếng RBF và tính toán lưu lượng khai thác.

Từ khóa: RBF; Nước dưới đất; Nước thấm từ sông; Lưu lượng nước thấm; Modflow.

1. Đặt vấn đề

Xã Minh Châu thuộc huyện Ba Vì, cách trung tâm huyện 2 km, là xã duy nhất của Thành phố Hà Nội được gọi là xã đảo, nằm ở bãi giữa Sông Hồng. Toàn xã nằm trên con bãi rộng gần 3 km, dài 11 km. Xã có diện tích tự nhiên là 547,3 ha. Dân số gần 7000 người.

Hiện nay xã Minh Châu chưa có hệ thống cấp nước sinh hoạt tập trung. Người dân hiện đang sử dụng nước hai nguồn nước chính là nước giếng khoan hộ gia đình và nước mưa. Một số hộ ven sông Hồng sử dụng máy bơm chìm bơm nước trực tiếp từ sông Hồng. Kết quả phân tích chất lượng nước ngầm từ một số giếng khoan hộ gia đình trên đảo cho thấy nước ngầm khai thác trực tiếp tại xã đảo có hàm lượng sắt, asen và ammoni cao. Cần thiết phải xây dựng hệ thống cấp nước tập trung cấp nước cho sinh hoạt và sản xuất cho xã đảo Minh Châu.

Phương án cấp nước cho xã đảo Minh Châu gần đây đã được đề xuất với dự án dẫn nước từ thị trấn Tây Đằng bằng đường ống ngầm qua sông Hồng, tuy nhiên giải pháp chưa được thực hiện vì yêu cầu kinh phí cao và pháp lý phức tạp. Việc xây dựng công trình thu nước trực tiếp từ nguồn nước mặt sông Hồng để cấp nước cho xã đảo cũng không phải là giải pháp khả thi với yêu cầu chi phí xây dựng lớn. Chi phí xử lý nước mặt cao với chất lượng nước sông Hồng ở khu vực có độ đục cao và hàm lượng chất ô nhiễm lớn.

Công nghệ khai thác nước thấm từ sông (*RBF - Riverbank filtration*) đã được sử dụng phổ biến ở Châu Âu từ gần 100 năm, như Thụy Sĩ có gần 80% nước uống được lấy từ các giếng RBF, 50% ở Pháp, 48% ở Hà Lan, 40% ở Hungary, và 16% ở Đức [1]. Ở Đức, các giếng RBF cung cấp 75% lượng nước sử dụng cho thành phố Berlin [2]. RBF cũng đã được áp dụng gần nửa thế kỷ ở Mỹ, như ở bang Ohio, Kentucky, Indiana, Illinois [3]. Các quốc gia khác như Ấn Độ [4], ở Hàn Quốc và Trung Quốc [5] cũng đã áp dụng giải pháp RBF trong khai thác nguồn nước.

Ở Việt Nam, hiện nay cũng có một số công trình khai thác nước dưới đất được xây dựng ở ven sông cho lưu lượng khai thác lớn nhờ nguồn bổ cập nước mặt từ sông như: ở Lâm Thao tỉnh Phú Thọ, thị xã Phúc Yên, thành phố Tuyên Quang,... Tại Hà Nội, các nhà máy nước có bãi giếng xây dựng ven sông Hồng cho lưu lượng khai thác nước lớn như ở nhà máy nước Yên Phụ, Đồn Thủy, Gia Lâm, Lương Yên,... [6].

Nhiều nghiên cứu về khai thác nước ngầm từ sông đã được thực hiện bởi các chuyên gia [4, 7, 8], chứng minh hiệu quả việc sử dụng tầng thấm lọc ven sông, cho phép khai thác một lượng nước ngầm từ sông lớn, chất lượng nước được đánh giá tốt, ổn định, nhờ tầng thấm lọc ven sông.

Hiện nay chưa có các nghiên cứu đánh giá hiệu quả, tiềm năng và khả năng áp dụng công nghệ RBF phục vụ cấp nước ở Việt Nam. Tuy nhiên có một số nghiên cứu về đánh giá khả năng khai thác nước dưới đất vùng thành phố Hà Nội có đề cập đến việc xây dựng các giếng khai thác ở ven sông Hồng cho khả năng khai thác lượng nước lớn nhờ việc bổ cập nước ngầm từ sông [9–10], đặc biệt đối với những vùng có các cửa sổ địa chất thủy văn giữa các tầng chứa nước. Khai thác nước ngầm ven sông cho tốc độ hạ thấp mực nước nhỏ hơn so với khai thác xa sông với khả năng lún nền đất nhỏ hơn [10]. Các nhà nghiên cứu cũng đã phân tích quan hệ thủy lực giữa nước dưới đất trong các trầm tích đệ tứ với nước sông Hồng ở Đồng bằng Bắc Bộ, đã phân tích về các dạng cửa sổ địa chất thủy văn và 4 kiểu quan hệ thủy lực giữa nước sông và nước dưới đất [11–12] và giải pháp đề xuất nhằm nâng cao trữ lượng khai thác nước dưới đất ở Đồng bằng Bắc Bộ, vùng ven sông Hồng cũng đã được thực hiện [13]. Trong nghiên cứu điều tra đánh giá tài nguyên nước vùng Thủ Đô [14], tác giả cũng đề cập đến khả năng khai thác nước vùng Hà Nội, có sự bổ cập nước mặt từ sông Hồng. Mối liên hệ thủy lực giữa mực nước sông và các giếng khai thác nước ngầm khu vực gần sông tại một số vùng ở Hà Nội cũng đã được thực hiện trong nghiên cứu mô hình vận chuyển vật chất trong tầng chứa nước áp dụng cho khu vực phía Nam thành phố Hà Nội và quan hệ thủy lực giữa sông Hồng và nước dưới đất khu vực bãi giếng Nam Dư, Hà Nội [15–17].

Trong phạm vi bài báo này, tác giả tập trung nghiên cứu khả năng khai thác nước ngầm từ sông phục vụ cấp nước cho xã đảo Minh Châu, Ba Vì, Hà Nội, đi kèm nóng về cấp nước hiện nay của thành phố Hà Nội. Phương pháp mô hình dòng chảy (*Modflow*) được sử dụng để mô phỏng tính toán lưu lượng nước ngầm.

2. Phương pháp nghiên cứu

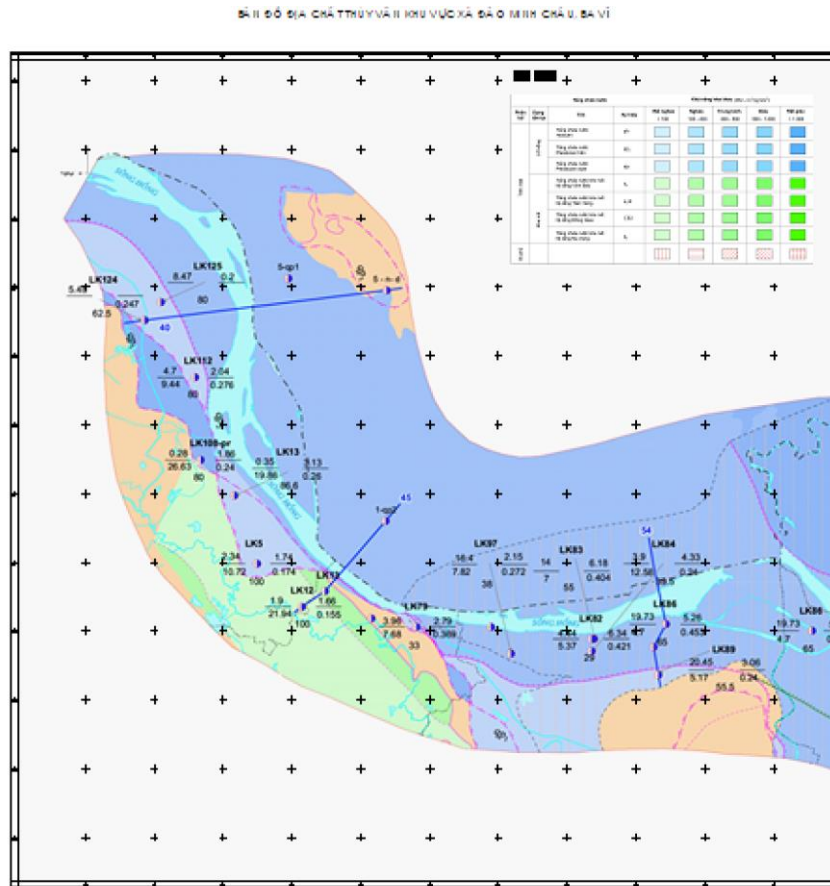
2.1. Địa chất thủy văn khu vực nghiên cứu

Khu vực xã đảo Minh Châu, Ba Vì tồn tại ba tầng chứa nước lỗ hổng từ trên xuống gồm: trên cùng là tầng chứa nước Holocene (qh), tiếp đến là tầng chứa nước Pleistocene giữa (qp2) và tầng chứa nước Pleistocene dưới (qp1). Bản đồ địa chất thủy văn khu vực xã đảo Minh Châu Ba Vì được thể hiện trên Hình 1–2.

Mặt cắt địa chất thủy văn (ĐCTV) ngang sông Hồng tại xã Minh Châu, Ba Vì, TP Hà Nội được thành lập từ thông tin của các giếng khoan ở bờ sông theo tuyến ngang sông cùng với thông tin về mặt cắt dòng sông Hồng trùng với tuyến các giếng khoan và các thông tin về địa chất thủy văn, thủy văn dòng chảy liên quan.

Trên mặt cắt cho thấy đặc điểm địa chất thủy văn khu vực ven sông Hồng tại xã Minh Châu, Ba Vì có tầng cát thấm nước nằm ngay trên bề mặt, thành phần gồm trên cùng là lớp cát hạt trung dày 15 m, bên dưới là lớp cát thô lẫn sạn sỏi. Cả 2 lớp vật liệu này đều có khả năng chứa nước và thấm nước rất tốt. Dòng sông Hồng chảy cắt sâu vào lớp cát hạt trung ở độ sâu từ 8–12 m. Như vậy nước sông Hồng quan hệ thủy lực trực tiếp với nước ngầm trong tầng chứa nước trên cùng trong mặt cắt địa chất thủy văn.

Từ mặt cắt địa chất thủy văn khu vực bờ sông xã Minh Châu cho thấy: Tại đây đáy sông Hồng nằm trực tiếp trong lớp cát hạt trung của tầng chứa nước, vì vậy khả năng thấm từ sông vào tầng chứa là rất cao.



Hình 1.1 Bản đồ địa chất thủy văn khu vực xã đảo Minh Châu, Ba Vì.



Hình Error! No text of specified style in document.. Khu vực nghiên cứu tại xã đảo Minh Châu, Ba Vì, Hà Nội.

Từ những phân tích, đánh giá theo cấu trúc địa chất thủy văn, kết quả quan trắc động thái nước dưới đất và nước sông và kết quả phân tích mẫu nước giếng khoan, có thể xác định tầng chứa nước ngầm có khả năng nhận nước thấm từ sông khá tốt. Địa điểm xã Minh Châu, huyện Ba Vì, TP. Hà Nội khả thi đối với nghiên cứu áp dụng công nghệ khai thác nước ngầm từ sông.

Kết quả nghiên cứu ban đầu cho thấy:

+ Điều kiện địa tầng và tầng chứa nước ngầm có khả năng nhận nước thấm từ sông khá tốt; khả thi đối với nghiên cứu về khai thác nước. thấm lọc từ sông.

+ Kết quả phân tích các mẫu nước giếng khoan nước ngầm tại các hộ gia đình trong xã đảo Minh Châu cho thấy hàm lượng Fe, NH₄, As cao.

+ Minh Châu là một xã đảo trên sông Hồng, chưa có hệ thống cấp nước, cần nghiên cứu tìm kiếm nguồn nước và giải pháp cấp nước.

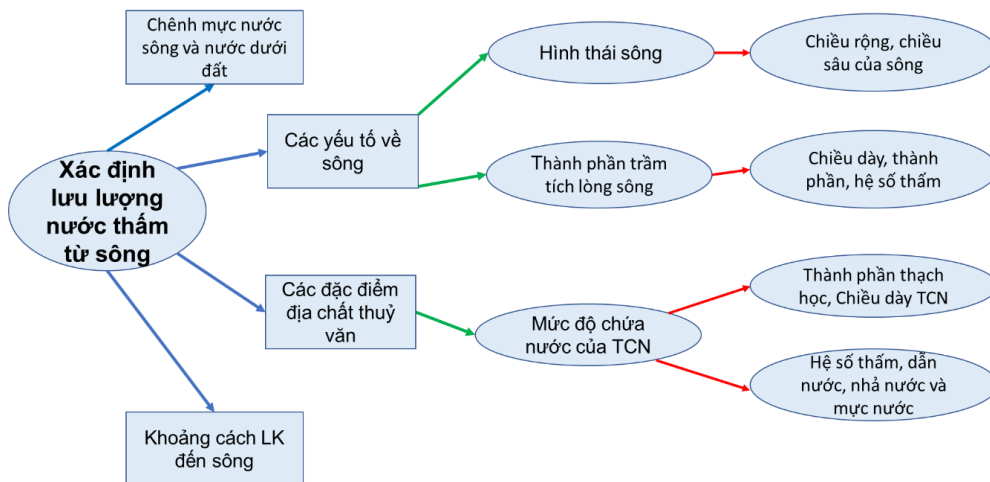
Từ những phân tích trên, khu vực xã Minh Châu, huyện Ba Vì, thành phố Hà Nội có đủ điều kiện để áp dụng công nghệ khai thác nước thấm từ sông, và được lựa chọn là khu vực nghiên cứu.

Tại địa bàn xã Minh Châu, huyện Ba Vì, thành phố Hà Nội hiện người dân đã khoan nhiều giếng nhỏ khai thác nước phục vụ sinh hoạt. Các giếng này đều lấy nước trong tầng cát tiếp xúc trực tiếp với nước sông Hồng, khả năng nước thấm từ sông vào tầng chứa nước là khá cao. Một số giếng khoan người dân xã Minh Châu đang sử dụng có các chỉ tiêu sắt, amoni, asen cao hơn tiêu chuẩn cho phép.

2.2. Cơ sở khoa học xác định vị trí và lưu lượng nước thấm từ sông

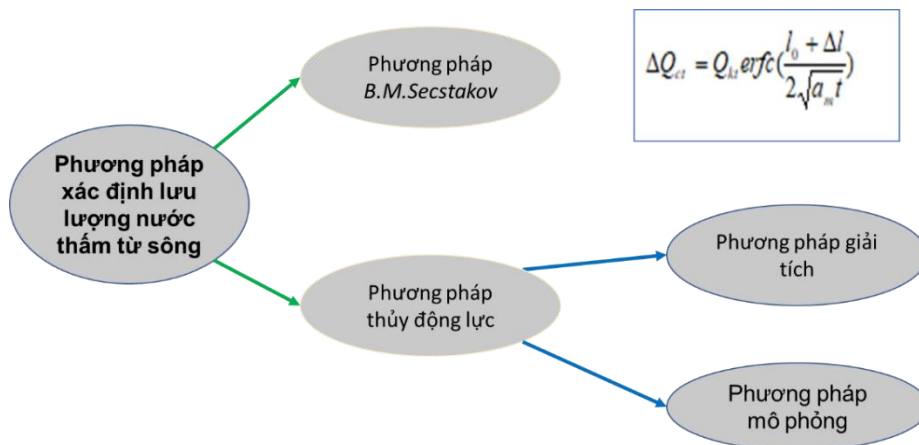
2.2.1. Cơ sở xác định lưu lượng khai thác nước thấm

Cơ sở xác định lưu lượng khai thác nước thấm được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Cơ sở xác định lưu lượng khai thác nước thấm.

Cơ sở khoa học của phương pháp [18] dựa trên xác định mối quan hệ thủy lực giữa nước sông và NĐĐ hoặc sức cản thấm ở đới ven lòng sông (Hình 4).



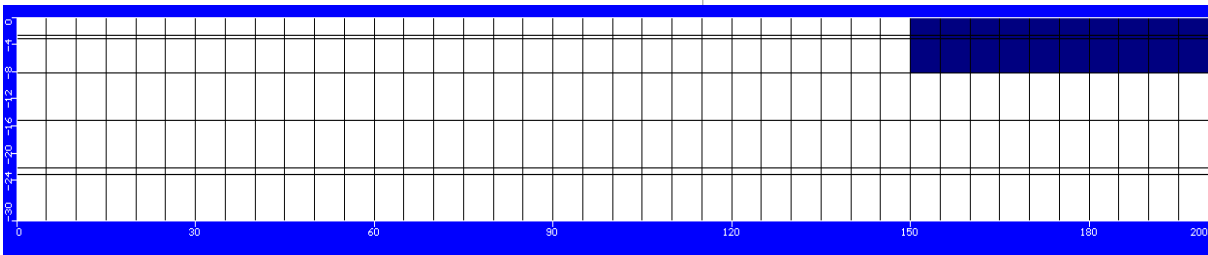
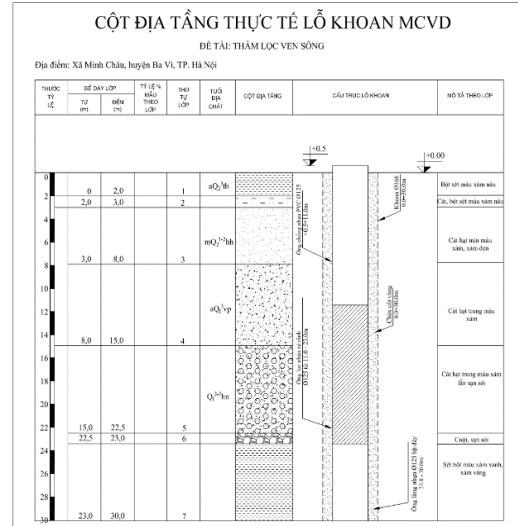
Hình 4. Cơ sở khoa học phương pháp xác định lưu lượng nước thấm từ sông.

Phương pháp mô hình dòng chảy (*Modflow*) được sử dụng mô phỏng tính toán lưu lượng nước thấm trong nghiên cứu.

2.2. Mô hình hóa để tính toán trên mô hình

Với mục đích xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống các tầng chứa nước cũng như thấm nước yếu bao gồm miền cấp, miền vận động và miền thoát của nước dưới đất. Để điều kiện để chỉnh lý chính xác mô hình và tính toán trữ lượng khai thác nước dưới đất trong trầm tích đệ tứ đối ven sông Hồng, tác giả xây dựng mô hình dòng chảy nước dưới đất trong môi trường 7 lớp như sau:

- Lớp 1: Lớp thấm nước yếu bề mặt (LCNBM)
- Lớp 2: Cát lẫn bột màu xám, xám nâu (Tầng chứa nước qh)
- Lớp 3: Cát hạt mịn màu xám; (Tầng chứa nước qh)
- Lớp 4: Cát hạt trung xám vàng, xám trắng; (Tầng chứa nước qp2)
- Lớp 5: Cát lẫn sạn, sỏi nhỏ; xám trắng (Tầng chứa nước qp2)
- Lớp 6: Cuội, sạn xám trắng (Tầng chứa nước qp1)
- Lớp 7: Bột, sét đen, xám đen.



Hình 5. Mặt cắt qua lỗ khoan Minh Châu.

2.3. Xây dựng và cập nhật dữ liệu đầu vào trên mô hình

a) Dữ liệu về địa hình

Dữ liệu địa hình sử dụng bản đồ địa hình được số hóa và gán các thông tin trên cơ sở nền bản đồ địa hình của các tỉnh do Tổng Cục địa chính xuất bản tỷ lệ 1:10.000. Trên đó có các thông tin chi tiết các yếu tố địa hình, ranh giới hành chính, địa danh các khu vực dân cư chính. Ngoài ra tọa độ độ cao của các công trình thăm dò giai đoạn trước và các lỗ khoan quan trắc trên mạng lưới quan trắc quốc gia và địa phương. Đối với địa hình đáy lòng sông Hồng được số hóa từ kết quả đo mặt cắt đáy sông Hồng do Đoàn khảo sát thủy văn Sông Hồng - Thái Bình thực hiện năm 2000 bao gồm 95 mặt cắt (từ mặt cắt số 39 khu vực xã Bồ Sao huyện Vĩnh Tường tỉnh Vĩnh Phúc đến mặt cắt số 133 khu vực trạm thủy văn Hưng Yên).

b) Dữ liệu địa chất - địa chất thủy văn

- Trên cơ sở sơ đồ và các mặt cắt được thành lập, tác giả phân chia ranh giới thiết lập mô hình, xác định ranh giới các điều kiện biên cho các tầng chứa nước.

- Thành lập bản đồ đẳng đáy của các tầng chứa nước và thấm nước yếu. Các bản đồ này được thành lập trên cơ sở phân tầng địa chất - địa chất thủy văn của hầu hết các lỗ khoan thi công có trên vùng nghiên cứu. Gồm có bản đồ đẳng đáy lớp 1, 2, 3, 4 và 5, 6, 7 từ các bản đồ đẳng đáy mô hình số nội suy bản đồ đẳng dày cho 6 lớp (lớp 1, 2, 3 và 4, 5, 6) của mô hình.

- Phân vùng hệ số thấm của các tầng chứa nước và các lớp ngăn cách hay thấm nước yếu từ số liệu thực tế bơm thí nghiệm của các lỗ khoan vùng nghiên. Gồm 7 bản đồ phân vùng hệ số thấm của các lớp 1, 2, 3, 4 và 5,6,7.

- Hệ số nhả nước được nghiên cứu để xây dựng bản đồ mô phỏng hệ số nhả nước S_s , S_y của các lớp chứa nước trong mô hình như sau. Bản đồ phân vùng hệ số nhả nước trọng lực đối với lớp 2 (tầng chứa nước qh) và độ nhả nước đàn hồi được thành lập đối với lớp 4 (tầng chứa nước qp).

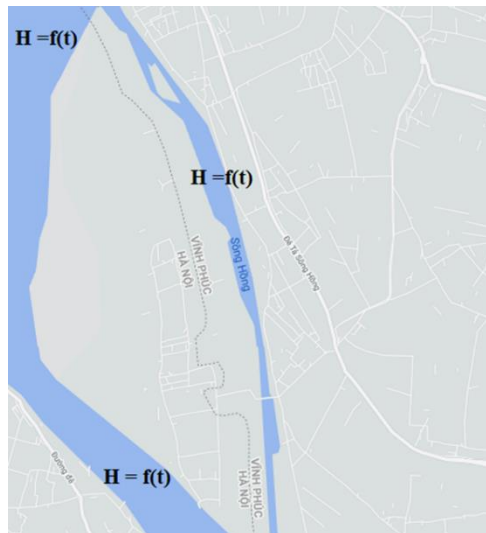
c) Dữ liệu về lưu lượng bơm hút nước thí nghiệm

Trên cơ sở các tài liệu về lưu lượng bơm thí nghiệm nước dưới đất trên vùng lập mô hình, tác giả đã mô hình hoá hiện trạng khai thác nước dưới đất trong mô hình đúng với điều kiện thực tế cả trên bình đồ và mặt cắt. Lưu lượng hút nước $Q = 350 \text{ m}^3/\text{ngày}$.

d) Biên và điều kiện biên của mô hình:

Vùng thiết lập mô hình mô phỏng hệ thống 3 tầng chứa nước lỗ hồng qh và qp2, qp1 và khoảng chứa nước trong phức hệ chứa nước khe nứt lỗ hồng Neogen.

Biên và điều kiện biên của các lớp trong mô hình đều được phân tích, mô tả chi tiết trên bình đồ và trên mặt cắt.



Hình 6. Diện tích xây dựng mô hình và các điều kiện biên tầng chứa nước qh, qp2, qp1.

e) Điều kiện mực nước ban đầu và hệ thống lỗ khoan quan sát để chỉnh lý mô hình:

Để giúp cho việc giải các bài toán chỉnh lý trên mô hình được chính xác cần thiết phải xác định điều kiện mực nước ban đầu và mực nước tại các điểm quan sát để so sánh và chỉnh lý mô hình.

f) Lưới sai phân và bước thời gian chỉnh lý trên mô hình:

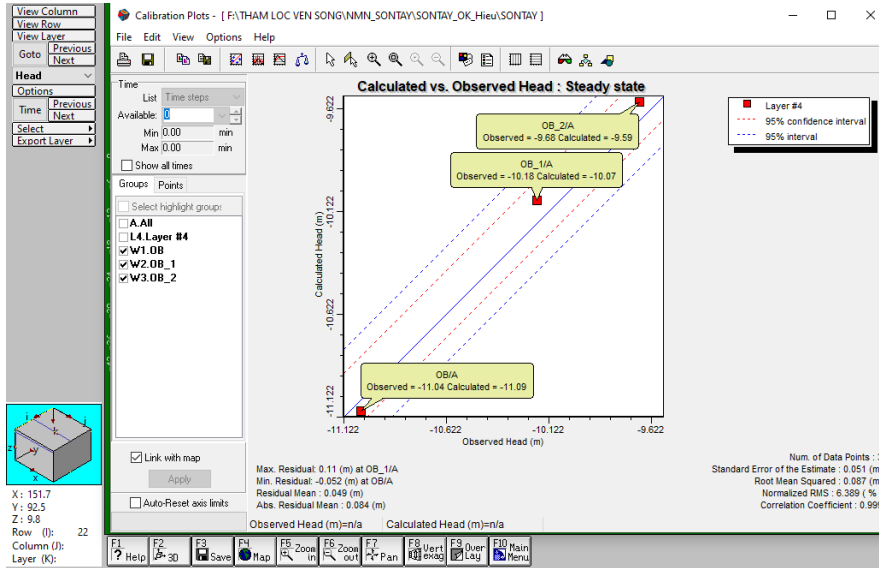
Để phục vụ công tác tính toán giá trị cung cấp thấm của nước sông Hồng cho nước dưới đất phục vụ xác định quan hệ thủy lực giữa sông Hồng với nước dưới đất trong các trầm tích đệ tứ cũng như việc xây dựng các giải pháp, mô hình khai thác hợp lý, bền vững ven sông Hồng, tác giả tiến hành mô hình hoá cho toàn bộ khu vực nghiên cứu xã Minh Châu, huyện Ba Vì. Bước lưới sai phân được xác lập để tính toán trên mô hình số gồm 40 hàng và 40 cột với khoảng cách ô lưới $5 \times 5 \text{ m}$.

Bước thời gian để tính toán và chỉnh lý trên mô hình được chia theo phút (theo tài liệu bơm chum hút nước thí nghiệm).

- Giải bài toán chỉnh lý ổn định với mục đích sơ bộ kiểm tra lại các thông số ĐCTV và các điều kiện biên (chủ yếu là các điều kiện không biến đổi theo thời gian như giá trị sức cản thấm của biên) của mô hình, đánh giá điều kiện cung cấp và thoát của tầng chứa nước. Bài toán kết thúc khi mực nước ban đầu trên mô hình đã được xác lập và bài toán chỉnh lý kết

thúc khi ta lập lại được động thái mực nước theo thời gian với sai số giữa mực nước thực tế và mô hình tại các lỗ khoan quan sát khi bơm thí nghiệm để đạt giá trị cho phép.

- Sai số trung bình (*Residual Mean*) = 0,049 m.
- Sai số tuyệt đối trung bình (*Absolute Residual Mean*) = 0,084 m.
- Sai số thông kê tiêu chuẩn (*Standard Error of the Estimate*) = 0,051m.
- Sai số trung bình quân phương (*Root Mean Squared*) = 0,087m.
- Sai số quân phương tiêu chuẩn (*Normalized Root Mean Squared*) = 6,38%.
- Hệ số tương quan (*Correlation Coefficient*) = 0,99.



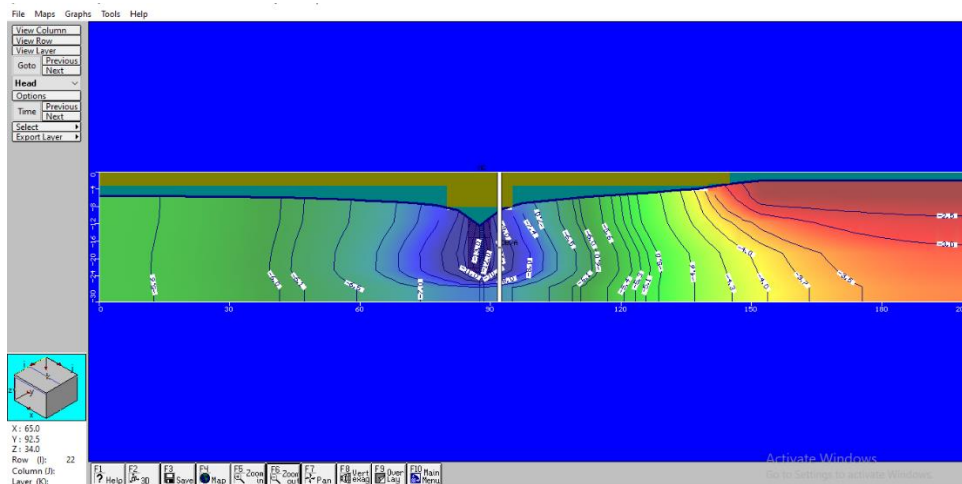
Hình 7. Đồ thị tương quan giữa kết quả tính toán của mô hình với giá trị đo thực tế tại lỗ khoan quan sát bài toán chỉnh lý ổn định.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả mô phỏng mô hình và đánh giá lưu lượng nước thấm từ sông

3.1.1. Theo kết quả bơm thí nghiệm cách sông 60 m

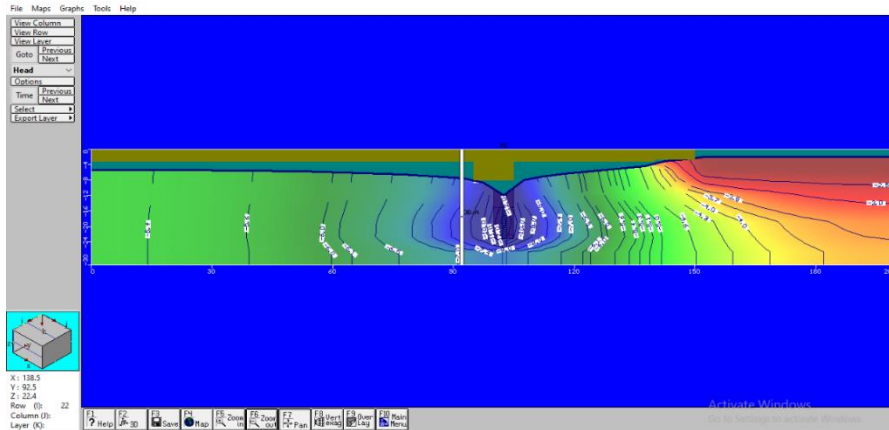
Từ kết quả bơm hút nước thí nghiệm, đo chênh mực nước sông Hồng và nước dưới đất, khoảng cách đến sông. Sau khi đưa kết quả bơm hút nước thí nghiệm với $Q = 350 \text{ m}^3/\text{ngày}$ và mực nước động quan trắc lúc bơm thí nghiệm $H_d = 12,7 \text{ m}$. Kết quả mô phỏng phù hợp với thực tế ngoài hiện trường.



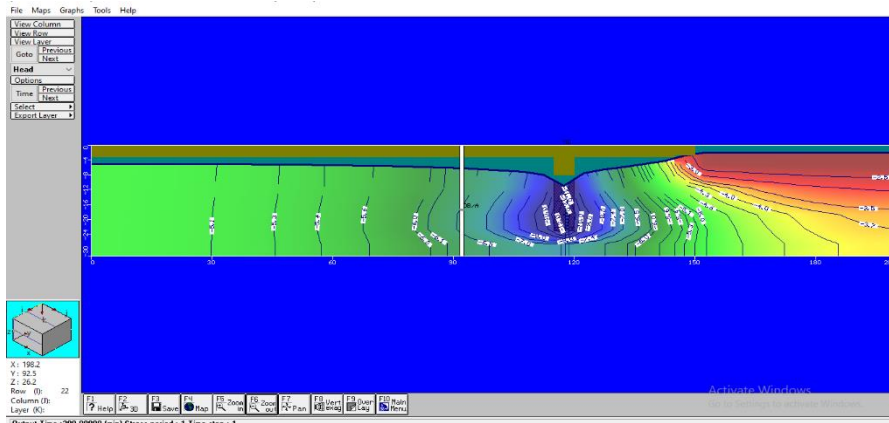
Hình 8. Kết quả mực nước động hạ thấp sau khi hiệu chỉnh các thông số.

3.1.2. Mô phỏng các kịch bản di chuyển lỗ khoan đến sông theo các khoảng cách

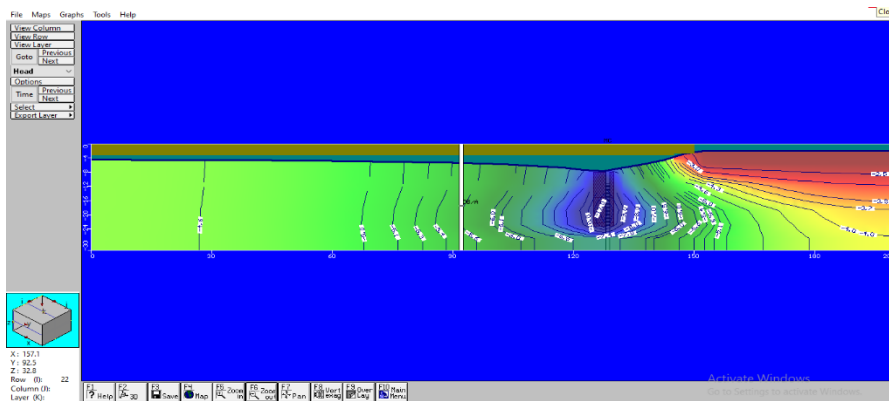
- Tiến hành mô phỏng khi giữ nguyên lưu lượng và di chuyển lỗ khoan ra gần sông:



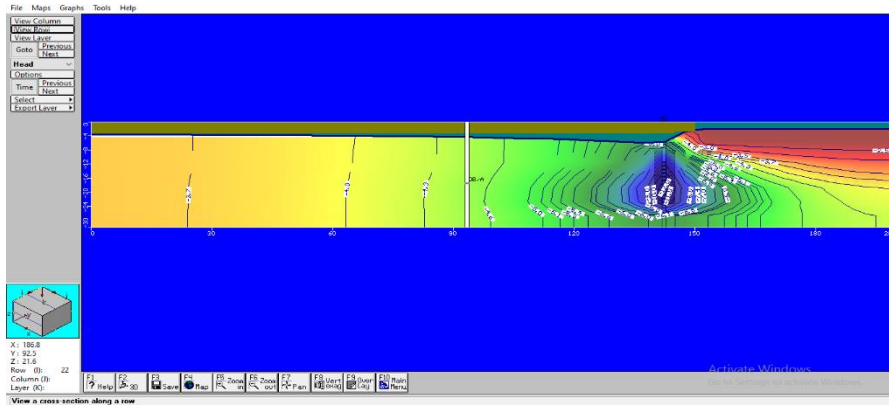
Hình 9. Lỗ khoan cách sông 50 m.



Hình 10. Lỗ khoan cách sông 40 m.



Hình 11. Lỗ khoan cách sông 20 m.

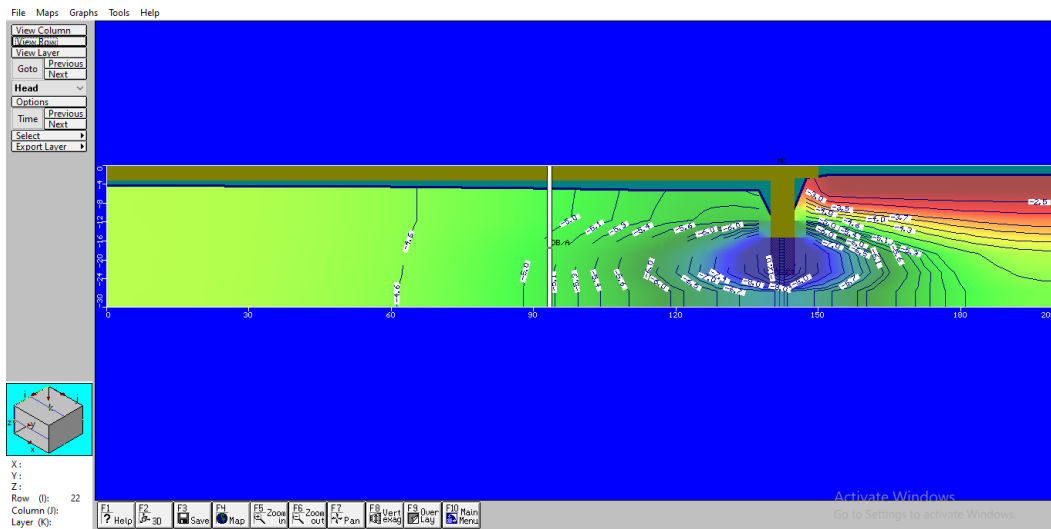


Hình 12. Lỗ khoan cách sông 10 m.

Khi giữ lưu lượng hút nước $Q = 350 \text{ m}^3/\text{ngày}$ và mô phỏng dịch chuyển lỗ khoan ra gần sông, thì mực nước động hạ thấp xuống đã giảm dần.

Từ những kết quả mô phỏng cho thấy cần dịch chuyển lỗ khoan ra gần sông và cách sông khoảng 8–10 m để khai thác.

3.1.3. Theo kết quả mô phỏng giếng khai thác với $Q = 650 \text{ m}^3/\text{ngày}$ đêm



Hình 13. Kết quả mô phỏng cho thấy cần khi chuyển lỗ khoan ra gần sông và cách sông khoảng 8–10 m và tăng lưu lượng khai thác lên là $Q=650 \text{ m}^3/\text{ngày}$ thì mực nước động $H_d = 12,5 \text{ m}$.

Theo kết quả mô phỏng các kịch bản và dịch chuyển các lỗ khoan ra gần sông và giữ mực nước động ($H_d = 12,5 \text{ m}$) cho thấy rằng lưu lượng khai thác lỗ khoan gần sông đã tăng lên từ $350 \text{ m}^3/\text{ngày}$ lên $650 \text{ m}^3/\text{ngày}$. Như vậy, các lỗ khoan khai thác nước thấm ven sông Hồng thuộc khu vực xã đảo Minh Châu - Ba Vì có thể cho lưu lượng khai thác trên $500 \text{ m}^3/\text{ngày}$. Khoảng cách từ sông đến lỗ khoan khai thác là khoảng từ 8–10 m, cũng là khoảng cách đủ xa để lọc các chất ô nhiễm có thể có trong nước sông.

4. Kết luận

Nội dung bài báo đã trình bày được về sự cần thiết nghiên cứu giải pháp khai thác nguồn nước thấm phục vụ cấp nước cho xã đảo Minh Châu, phương pháp xác định lưu lượng khai thác nước thấm. Mô hình Modflow đã được sử dụng trong mô phỏng dòng chảy nước nước đất, xác định lưu lượng khai thác nước thấm, độ hạ thấp mực nước với các vị trí khai thác nước thấm ứng với các khoảng cách từ sông tới giếng khác nhau. Kết quả cho thấy càng gần sông, lượng nước khai thác càng lớn, cũng chứng minh khả năng khai thác nước thấm càng

cao. Các lỗ khoan với lưu lượng trên 500 m³/ngày có thể áp dụng trong khai thác nước ngầm phục vụ cấp nước cho xã đảo Minh Châu, Ba Vì Hà Nội.

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

Lời cảm ơn: Bài báo này được hoàn thành trong khuôn khổ thực hiện Đề tài nghiên cứu theo Nghị định thư giữa Bộ Khoa học Công nghệ Việt Nam và Bộ Nghiên cứu và giáo dục Cộng hòa liên bang Đức, mã số đề tài 60.GER-19: “Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ khai thác nước ngầm từ sông ở Việt Nam phục vụ sinh hoạt và sản xuất”.

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. Tufenkji, N.; Ryan, J.N.; Elimelech, M. Peer reviewed: the promise of bank filtration. Eds: ACS Publications, 2002.
2. Schubert, J. Hydraulic aspects of riverbank filtration—field studies. *J. Hydrol.* **2002**, 266(3-4), 145–161.
3. Ray, C.; Grischek, T.; Schubert, J.; Wang, J.Z.; Speth, T.F. A perspective of riverbank filtration. *J. Am. Water Works Assoc.* **2002**, 94(4), 149–160.
4. Sandhu, C.; Grischek, T.; Kumar, P.; Ray, C. Potential for riverbank filtration in India. *Clean Technol. Environ. Policy* **2011**, 13(2), 295–316.
5. Ray, C. Worldwide potential of riverbank filtration. *Clean Technol. Environ. Policy* **2008**, 10(3), 223–225.
6. Dẫn, N.V. Xây dựng công trình khai thác ngầm là giải pháp tốt để bổ sung nhân tạo cho nước dưới đất. Trang thông tin điện tử Trung tâm quy hoạch và điều tra tài nguyên nước quốc gia, 2018.
7. Doussan, C.; Ledoux, E.; Detay, M. River-groundwater exchanges, bank filtration, and groundwater quality: Ammonium behavior. *J. Environ. Quality* **1998**, 27(6), 1418–1427.
8. Ghodeif, K.; Grischek, T.; Bartak, R.; Wahaab, R.; Herlitzius, J. Potential of river bank filtration (RBF) in Egypt. *Environ. Earth Sci.* **2016**, 75(8), 671.
9. Dẫn, N.V. Trữ lượng nước dưới đất vùng Hà Nội và định hướng điều tra, đánh giá khai thác sử dụng. *VN J. Earth Sci.* **2010**, 32(2), 165–171.
10. Dẫn, N.V. Khả năng xây dựng các bãi giếng khai thác nước dưới đất công suất lớn cung cấp cho Thủ đô Hà Nội. *Tạp chí Khí tượng thủy văn* **2012**, 620, 1–5.
11. Dẫn, N.V. Quan hệ thủy lực giữa nước dưới đất trong các trầm tích Đệ tứ với nước sông Hồng ở Đồng bằng Bắc Bộ. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường* **2013**, 5, 25–32.
12. Lân, N.M. Nghiên cứu mối quan hệ giữa nước sông và nước dưới đất, đề xuất hệ phương pháp xác định trữ lượng khai thác nước dưới đất vùng ven sông Hồng từ thị xã Sơn Tây đến Hưng Yên. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia, 2012, tr. 203.
13. Lân, N.M.; Quyền, P.B.; Dũng, Đ.V.; Đào, P.A.; Dẫn, N.V. Giải pháp nâng cao trữ lượng khai thác nước dưới đất vùng ven sông Hồng ở Đồng bằng Bắc Bộ. *Bản B của Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam* **2015**, 1(1), 36–42.
14. Nhân, P.Q.; Thảo, N.B.; Thủy, N.T.T.; Chuyên, N.T.; Long, N.T. Xây dựng thí nghiệm cột thấm xác định các thông số di chuyển vật chất trong tầng chứa nước Pleistocen và Holocen vùng Hà Nội.
15. Phúc, Đ.Đ.; Thảo, N.B.; Nghị, Đ.H. Đổi mới phương pháp đánh giá trữ lượng nước dưới đất ở Việt Nam. 2018.

16. Minh, T. Báo cáo thăm dò nước dưới đất vùng Hà Nội mở rộng. Lưu trữ Địa chất, 1993.
17. Nguyen, T.H.; Doan, T.H.; Hoang, V.D.; Tong, T.T. Riverbank Filtration—A Potential Water Source Exploitation for the Red River Delta Region. *Inżynieria Mineralna* **2021**, 2(1), 53–64.

Riverbank filtration – Water source solution for Minh Chau Island commune, Ba Vi Hanoi

Doan Thu Ha^{1*}, Nguyen Trung Hieu¹, Hoang Van Duy²

¹ Thuyloi University; thuha_ctn@tlu.edu.vn; trunghieu.ma@hotmail.com

² Institute of Water Resources Science; duyhoangdctv@gmail.com

Abstract: Minh Chau Island commune, Ba Vi Hanoi currently does not have a centralized water supply system. People are using poor quality underground water from household wells. The studied water supply solutions are not feasible due to the high cost of water exploitation and complicated construction. Research results have proved that the solution of riverbank filtration is a reasonable water source solution. Flow modeling method (Modflow) is used to simulate and calculate the infiltration water flow in the study, showing that it is possible to exploit with a flow rate of over 500 m³/day for an infiltration well. The scientific basis for determining the well location and flow is also introduced in the article.

Keywords: RBF; Riverbank filtration; Seepage flow; Modflow.

Bài báo khoa học

Đánh giá tình hình phát sinh nước thải khu vực nội vi vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030

Lê Ngọc Tuấn^{1*}

¹ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh;
lntuan@hcmus.edu.vn

*Tác giả liên hệ: lntuan@hcmus.edu.vn; Tel.: +84-908391379

Ban Biên tập nhận bài: 12/4/2023; Ngày phản biện xong: 15/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Tải lượng các chất ô nhiễm TSS, BOD, COD, tổng Nitơ (TN) và tổng Photpho (TP) trong nước thải sinh hoạt - dịch vụ (SH-DV), nuôi trồng thủy sản (NTTS), tiểu thủ công nghiệp (TTCN), chăn nuôi (ChN) và du lịch phát sinh tại vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh (Tp. HCM) được xem xét, dự báo đến năm 2030 với 3 kịch bản xử lý nước thải (XLNT) khác nhau. Trong nghiên cứu này, các phương pháp điều tra, khảo sát, lấy mẫu và kỹ thuật GIS được sử dụng nhằm mục tiêu xác định loại nguồn thải, nguồn tiếp nhận nước thải, khu vực và thời điểm xả thải đáng quan tâm trong năm. Kết quả cho thấy NTTS hiện phát sinh tải lượng ô nhiễm lớn nhất trong phạm vi nghiên cứu, chiếm 90-92,5% (tính theo các thông số ô nhiễm nêu trên); tiếp đến là SH-DV và chăn nuôi. Nguồn tiếp nhận chủ yếu bao gồm sông Soài Rạp (74,5%), Lòng Tàu (15,4%) và Đòng Tranh (6,6%). Dự báo đến năm 2030, tải lượng ô nhiễm gia tăng 2,2 lần (tính theo COD) nếu không cải thiện tình hình XLNT. Tình trạng này sẽ được cải thiện đáng kể khi các quy chuẩn xả thải được thực thi hiệu quả hoặc đáp ứng tối đa. Kết quả nghiên cứu đóng góp cơ sở dữ liệu hữu ích cho công tác kiểm soát ô nhiễm, bảo vệ môi trường và hoạch định chính sách phát triển tại địa phương.

Từ khóa: Nước Thải; Tải Lượng Ô Nhiễm; Vùng Bờ; Xử lý nước thải.

1. Mở đầu

Nước mặt là tài nguyên quý giá, gắn bó mật thiết với sự phát triển kinh tế - xã hội (KT-XH). Tuy nhiên, quá trình khai thác, sử dụng chưa hợp lý đã tạo nhiều thách thức đối với chất lượng nước (CLN), trong đó, nước thải là tác nhân quan trọng, đáng quan tâm, đòi hỏi việc quản lý nguồn thải và kiểm soát ô nhiễm cần được ưu tiên và vận hành hiệu quả. Theo đó, định vị nguồn phát sinh, loại hình phát thải, xác định tải lượng và thông số ô nhiễm đáng quan tâm... là những hoạt động tiên quyết [1-8].

Tải lượng ô nhiễm là khối lượng chất ô nhiễm trong nước thải (hoặc nguồn tiếp nhận) ở một thời đoạn, được xác định thông qua hệ số phát thải [9-10], hoặc dựa trên đặc trưng nước thải của từng loại nguồn thải [11], hoặc tích số giữa nồng độ trung bình của chất ô nhiễm và lưu lượng nước thải [12-13]. Vùng bờ TpHCM bao gồm toàn bộ diện tích đất liền của huyện Cần Giờ và vùng biển ven bờ có ranh giới ngoài cách mép bờ 06 hải lý (khoảng 11 km) từ vịnh Gành Rái đến cửa Soài Rạp, có vai trò đặc biệt quan trọng đối với sự phát triển của thành phố. Tuy nhiên, nguồn nước nơi đây đang đối mặt với nhiều rủi ro, nguy cơ ô nhiễm do các hoạt động dân sinh, kinh tế hiện hữu cũng như quy hoạch phát triển trong tương lai.

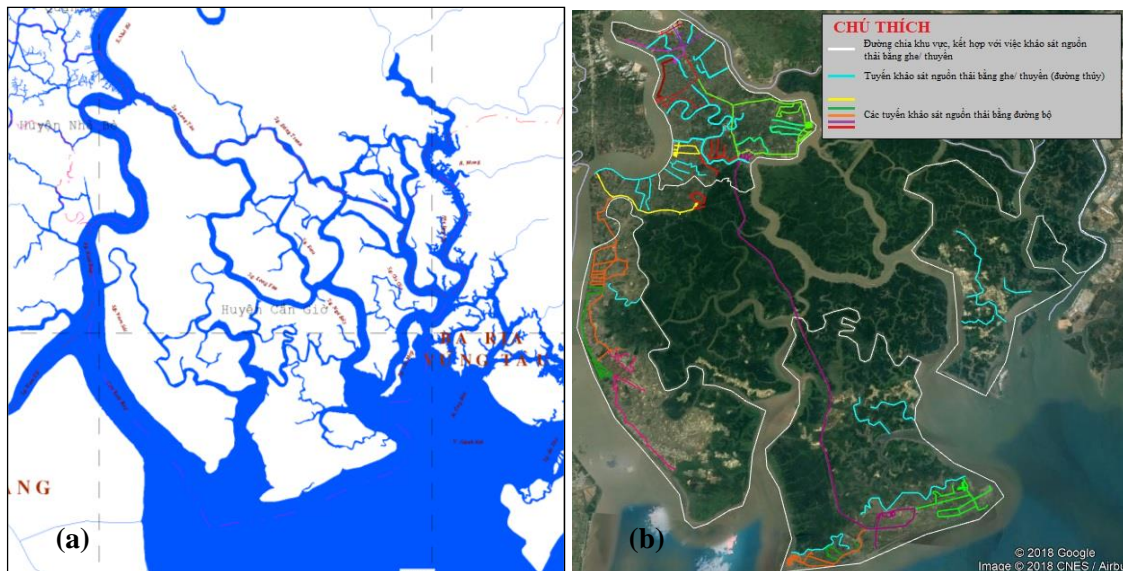
Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá tình hình phát sinh, xử lý nước thải (XLNT) và dự báo tải lượng ô nhiễm trong nước thải khu vực nội vi vùng bờ TpHCM đến năm 2030, xác

định các (loại) nguồn thải, thời điểm, khu vực phát thải và các nguồn nước tiếp nhận đáng quan tâm. Kết quả nghiên cứu kỳ vọng đóng góp cơ sở cho việc hoạch định và thực thi các chính sách, phương cách quản lý môi trường nước mặt vùng bờ phù hợp, dài hạn và hệ thống.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Lưu vực Sài Gòn - Đồng Nai là lưu vực chính thuộc vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai (HTSDN), bao gồm sông Sài Gòn (sau hồ Dầu Tiếng, từ Thủ Dầu Một) nhập lưu sông Đồng Nai (sau hồ Trị An, từ Biên Hoà) tại nam Cát Lái tạo thành sông Nhà Bè. Từ cuối Phú Xuân, huyện Nhà Bè, dòng chính chia ra sông Lòng Tàu phía tả ngạn và sông Soài Rạp phía hữu ngạn, nhận nước sông Vàm Cỏ trước khi đổ ra vịnh Đồng Tranh. Đổ vào vịnh Đồng Tranh còn có sông Đồng Tranh -nối liền các sông rạch nhỏ ở phần tây huyện Cần Giò. Sông Lòng Tàu cùng với các sông Gò Gia, sông Thị Vải, sông Thêu, sông Cái Mép (ở phía đông huyện Cần Giò và các huyện Nhơn Trạch, Long Thành - tỉnh Đồng Nai, huyện Tân Thành - tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu) đổ ra vịnh Gành Rái. Phạm vi tính toán phát thải phục vụ mô phỏng chất lượng nước mặt lục địa là tiểu lưu vực Nhà Bè - huyện Cần Giò, Tp. HCM (thuộc vùng hạ lưu HTSDN) (Hình 1).



Hình 1: Phạm vi nghiên cứu: (a) Hệ thống nguồn tiếp nhận nước thải nội vi vùng bờ TpHCM, (b) Phân tuyến khảo sát đặc điểm dân sinh, kinh tế, môi trường và nguồn thải.

2.2. Phương pháp khảo sát hiện trường, lấy mẫu và phân tích mẫu

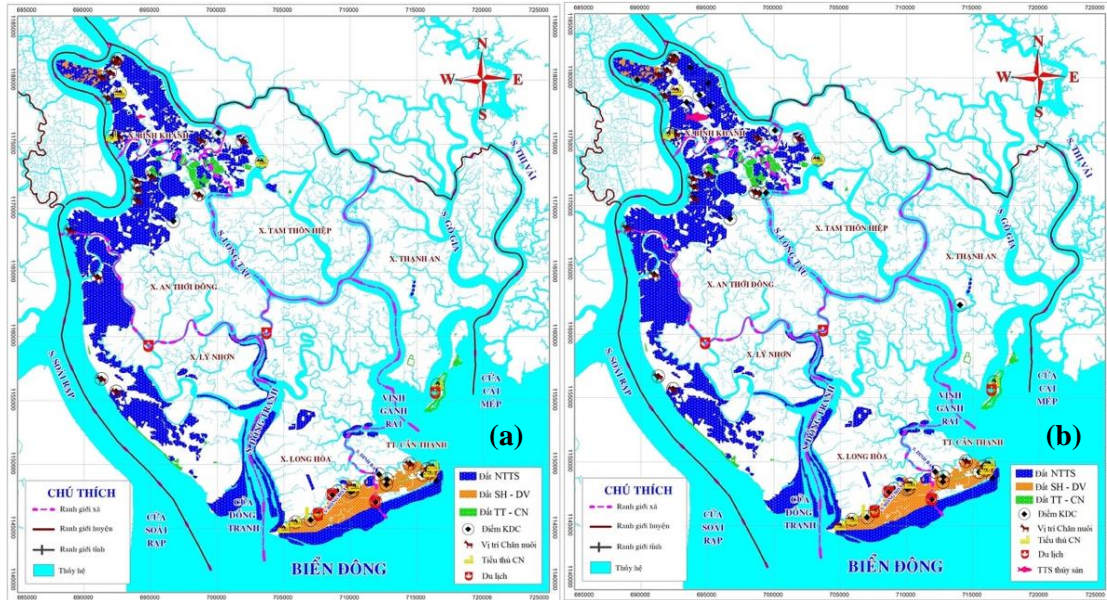
- Khảo sát nguồn tiếp nhận: Thu thập bản đồ hành chính, địa hình và thủy hệ vùng bờ Tp. HCM. Tổng hợp thông tin, dữ liệu về đặc điểm tự nhiên của các sông, cửa sông, các vịnh, vùng biển ven bờ và hiện trạng môi trường xung quanh nguồn tiếp nhận (Hình 1a).

- Khảo sát nguồn thải: Tiếp cận các loại nguồn thải chủ yếu trong phạm vi vùng bờ gồm sinh hoạt - dịch vụ (SH-DV), nuôi trồng thủy sản (NTTS), tiểu thủ công nghiệp (TTCN), chăn nuôi và du lịch (Hình 1b). Thu thập các thông tin, dữ liệu về quy mô, phạm vi, các loại hình xả nước thải và các tác động có liên quan của những đối tượng thải trên 5 m³/ngày và các khu dân cư (KDC) diện tích trên 5 ha... làm cơ sở tính toán tải lượng ô nhiễm trong nước thải (Hình 2).

- Lấy mẫu: Trên cơ sở cân nhắc tính kế thừa (nồng độ đặc trưng của NTSH, chăn nuôi heo, chế biến thủy sản (CBTS)), tính đại diện, đặc điểm hiện trường, an toàn cho nhân sự, thiết bị, phương tiện... Trong nghiên cứu này, nước thải phát sinh từ hoạt động nuôi tôm (10

mẫu - cuối vụ nuôi) và dịch vụ ven biển (10 mẫu) được lấy đảm bảo tuân thủ TCVN 5999:1995 (ISO 5667/10: 1992).

- Phân tích mẫu: Các thông số BOD, COD, Tổng Nito (TN), Tổng Phospho (TP) và TSS lần lượt được phân tích đáp ứng TCVN 6001-1:2008, SMEWW 5220C:2012, SMEWW 4500N C:2012, SMEWW 4500P B&E:2012 và TCVN 6625:2000.



Hình 2. Phân bố các nguồn thải chính khu vực nội vi vùng bờ TpHCM: (a) Hiện trạng, (b) Năm 2030.

2.3. Phương pháp và cơ sở tính toán tải lượng ô nhiễm trong nước thải

- Công thức tính toán: $L = C \times Q$. Trong đó, L là tải lượng chất ô nhiễm trong nước thải (kg/ngày hoặc tấn/năm); C là nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải (mg/L); Q là lưu lượng nước thải (m³/ngày).

- Cơ sở tính toán: Hiện trạng KT-XH liên quan đến các nguồn thải kể trên được thu thập từ số liệu thống kê. Kịch bản phát triển giai đoạn 2021-2030 được xây dựng trên cơ sở các quy hoạch, kế hoạch phát triển KT-XH huyện Cần Giờ, tổng thể Tp. HCM cũng như các ngành, lĩnh vực liên quan. Cơ sở tính toán tải lượng ô nhiễm nội vi vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 được tóm tắt ở Bảng 1.

- Kịch bản phát thải: (KB1) Phát thải cao - XLNT trong tương lai không thay đổi so với hiện trạng; (KB2) Phát thải trung bình - XLNT đáp ứng các quy chuẩn xả thải tương ứng và mục tiêu CLN của nguồn tiếp nhận; (KB3) Phát thải thấp - XLNT đáp ứng tối đa (đạt mức cao nhất) các quy chuẩn xả thải tương ứng nhằm tối ưu hoá chất lượng nước thải sau xử lý, tạo động lực quản lý môi trường tại địa phương, hướng đến mục tiêu phát triển bền vững.

- Các quy chuẩn tham chiếu: QCVN 11:2015/BTNMT về nước thải CBTS; QCVN 14:2015/BTNMT về NTSH; QCVN 40:2011/BTNMT về nước thải công nghiệp; QCVN 62:2016/BTNMT về nước thải chăn nuôi; QCVN 02-19:2014/BNNPTNT về cơ sở nuôi tôm nước lợ; QCVN 01-79:2011/BNNPTNT về cơ sở chăn nuôi gia súc, gia cầm.

Bảng 1. Cơ sở tính toán tải lượng ô nhiễm từ các nguồn thải chính.

Nguồn thải	Số lượng, Diện tích	Vị trí xả thải	Cấp nước và Xả thải	Nồng độ nước thải
1. Sinh hoạt - Dịch vụ	- Số liệu thống kê dân số huyện Cần Giờ.	- Hiện trạng và quy hoạch các KDC tập trung và tự phát.	- Chỉ tiêu cấp nước sinh hoạt đô thị và nông thôn đến 2030 lần lượt là 150 và 100 L/người.ngày [14]; cho hoạt động thương mại - dịch vụ (trừ du lịch) tính bằng 10%.	- Cần Giờ không có hệ thống XLNT tập trung, các hộ dân sử dụng bể tự hoại và tiêu thoát tự nhiên vào sông rạch.
	- Dân số năm 2025, 2030: báo cáo Điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng huyện Cần Giờ - TP.HCM [14].	- Hệ thống công thoát và kênh rạch tiếp nhận nước		- Kế thừa đặc trưng về nồng độ NTSH.

Nguồn thải	Số lượng, Diện tích	Vị trí xả thải	Cấp nước và Xả thải	Nồng độ nước thải
		thải của từng xã [14, 15].	lượng nước cấp sinh hoạt [16]. - Lượng nước thải tương đương nước cấp.	
2. Nuôi trồng thủy sản	<ul style="list-style-type: none"> - Khoảng 80% diện tích NTTS được dùng để nuôi tôm, còn lại là nhuyễn thể (nghêu, hào, sò huyết, ốc hương) và các loài khác (cá dứa, cá bớp, cua, cá chêm...) - Diện tích nuôi tôm: phân theo loại hình (công nghiệp - bán công nghiệp (CN-BCN); quảng canh cải tiến (QCCT)) và phân theo tháng [17]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dữ liệu khu vực nuôi tôm hiện trạng kết hợp với quy hoạch phát triển thủy sản Tp. HCM. 	<ul style="list-style-type: none"> - Độ sâu trung bình của ao nuôi CN-BCN và QCCT lần lượt là 1,3m và 1m. Thời gian trung bình mỗi vụ tương ứng 3 tháng và 4 tháng. - Thay nước ao nuôi: bắt đầu từ tháng thứ 2 sau khi thả giống; 20% thể tích/lần; 02 lần/tháng (vào 2 đợt triều cường hàng tháng). - Lưu lượng nước thải: căn cứ diện tích, thời gian nuôi và thay nước. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kết quả phân tích mẫu đại diện.
3. Tiêu thụ công nghiệp	<ul style="list-style-type: none"> - Hiện trạng và tái cơ cấu số lượng, diện tích cơ sở CBTS đến năm 2025 [18]. - Tốc độ phát triển TTCN ở Cần Giờ giai đoạn 2015-2020 là 10,6%/năm, giả định đồng thời là tốc độ phát triển đến 2030. 	<ul style="list-style-type: none"> - Các nguồn thải từ hoạt động CBTS chủ yếu xen cài trong khác KDC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cơ sở CBTS có quy mô nhỏ, nhu cầu sử dụng nước khoảng 2 m³/ngày. - Chi tiêu cấp nước cho nhà máy CBTS thuộc TT. Thủy sản Bình Khánh là 70 m³/ha.ngày (2025), nước thải bằng 90% nước cấp [19]. - Tốc độ gia tăng lưu lượng nước thải giả định tương đương tốc độ phát triển TTCN ở Cần Giờ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Các cơ sở TTCN (phần lớn là cơ sở chế biến tôm) quy mô hộ gia đình, công nghệ thủ công, chưa trang bị hệ thống XLNT. - Kế thừa đặc trưng về nồng độ nước thải CBTS [20].
4. Chăn nuôi	<ul style="list-style-type: none"> - Hiện trạng số lượng vật nuôi tại Cần Giờ phân theo xã/thị trấn. - Số lượng vật nuôi đến năm 2025 [18], giả định tốc độ tăng trưởng giai đoạn 2020-2030 tương tự 2011-2020 (6,5%/năm). 	<ul style="list-style-type: none"> - Hiện trạng chăn nuôi và quy hoạch sử dụng đất nông nghiệp huyện Cần Giờ. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chăn nuôi heo có nhu cầu sử dụng nước cao, khoảng 14,6 m³/con.năm - đồng thời là đối tượng được tiếp cận đánh giá mức độ phát thải trong nghiên cứu này. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trên địa bàn huyện hiện có 152 hộ chăn nuôi với hơn 60% số hộ có chuồng trại hợp vệ sinh. - Kế thừa đặc trưng về nồng độ nước thải chăn nuôi heo.
5. Du lịch	<ul style="list-style-type: none"> - Số liệu thống kê du khách tham quan và lưu trú giai đoạn 2016-2020. - Ước tính số lượng du khách đến 2030 dựa trên tốc độ gia tăng bình quân và định hướng phát triển ngành du lịch. 	<ul style="list-style-type: none"> - Các khu du lịch nằm trong các khu quy hoạch, do đó, vị trí xả thải được xác định cùng với điểm thải của các KDC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chi tiêu cấp nước cho khách lưu trú và khách tham quan lần lượt bằng 100% và 20% tiêu chuẩn nước cấp cho dân cư đô thị. - Lượng nước thải tương đương nước cấp. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kết quả phân tích mẫu đại diện.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Lưu lượng nước thải phát sinh tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030

Kết quả ước tính lưu lượng nước thải phát sinh tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030 được trình bày ở Bảng 2 hiện khoảng 53,9 triệu m³/năm, tăng lần lượt 2 lần và 2,48 lần vào năm 2025 và 2030 do sự thay đổi về quy mô, loại hình NTTS cũng như quy hoạch gia tăng đáng kể dân số tại huyện Cần Giờ từ năm 2025. Cụ thể như sau:

- Sinh hoạt - dịch vụ: lưu lượng nước thải hiện khoảng 12.414 m³/ngày - tương đương 4,53 triệu m³/năm, lần lượt tăng 3,6 và 5,6 lần vào năm 2025 và 2030 theo quy hoạch dân cư huyện Cần Giờ. Trong đó, khu vực thành thị phát thải gấp 1,4 lần khu vực nông thôn và dự kiến gấp 4,8 lần từ năm 2025. Chủ yếu tại các khu vực: ấp Đồng Tranh, Hòa Hiệp, KP. Giồng Ao, Miếu Ba (cụm Long Hòa - Cần Thạnh), ấp Thạnh Bình (xã Thạnh An), ấp An Đông (xã An Thới Đông), ấp An Hòa, An Phước (xã Tam Thôn Hiệp), ấp Bình Phước, Bình Trung, Bình An (xã Bình Khánh)... Từ năm 2025, dự báo lưu lượng nước thải tăng cao tại Khu đô thị lấn biển Long Hòa - Cần Thạnh, các khu du lịch sinh thái - nhà vườn như Sadeco, trung tâm dân cư huyện Cần Giờ...

- Du lịch: hiện phát thải khoảng 57,8 nghìn m³/năm, tập trung vào các thời điểm hoạt động du lịch sôi nổi (các tháng đầu năm và các tháng hè), chủ yếu tại khu vực Cần Thạnh - Long Hòa. Với định hướng phát triển Khu du lịch biển vào năm 2025, lượng nước thải dự báo gia tăng lần lượt 3,1 lần và 4 lần vào năm 2025 và 2030.

- Tiểu thủ công nghiệp (chế biến thủy sản): quy hoạch phát triển TTCN nói chung và sự hình thành Trung tâm thủy sản thành phố vào năm 2025 giải thích cho sự gia tăng lưu lượng nước thải: từ khoảng 45,2 nghìn m³/năm (hiện trạng) lên 758,5 nghìn m³/năm và 1,26 triệu m³/năm tương ứng với năm 2025 và 2030.

- Chăn nuôi (heo): số lượng đàn heo quy hoạch đến năm 2025 không có chuyển biến đáng kể so với hiện tại (từ 9.600 lên 10.000 con), theo đó, lưu lượng nước thải phát sinh dao động từ 140-146 nghìn m³/năm.

- Nuôi trồng thủy sản (nuôi tôm): là hoạt động phát thải chủ yếu, chiếm hơn 90% lượng nước thải hiện nay tại khu vực nghiên cứu (và khoảng 80% vào năm 2030), tương đương 49 triệu m³/ năm, phần lớn tại các xã Bình Khánh, An Thới Đông và Lý Nhơn. Lưu lượng nước thải ước tính gia tăng 2,17 lần vào năm 2030 cùng với sự thay đổi đáng quan tâm về khu vực canh tác - tập trung chủ yếu tại xã Lý Nhơn.

Bảng 2. Ước tính lưu lượng nước thải (nghìn m³) tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030.

Thời gian	Sinh hoạt - dịch vụ	Du lịch	Tiểu thủ công nghiệp	Chăn nuôi	Nuôi trồng thủy sản	Tổng
Hiện trạng	4.531	57	45	140	49.087	53.865
Năm 2025	16.482	176	758	146	90.708	108.288
Năm 2030	25.359	228	1.255	146	106.356	133.371

3.2. Tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030 phân theo nguồn phát sinh

Hình 3-4 trình bày kết quả tính toán từ mô hình phân bố tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030. Bảng 3 cho thấy NTTS, SH-DV và chăn nuôi là các nguồn thải chính. Trong đó:

- NTTS: lĩnh vực phát thải chủ yếu tại khu vực nghiên cứu (Hình 3). Tải lượng TSS, BOD, COD, TN, TP hiện chiếm 90-92,5% tổng tải lượng ô nhiễm của các thông số tương ứng, đồng thời duy trì ở mức cao đến năm 2030 (dao động từ 79-87% - KB1) với sự gia tăng đáng kể giá trị (gấp 2,2 lần tính theo COD). Do đó, nhằm hài hòa mục tiêu phát triển KT-XH và bảo vệ chất lượng nước mặt vùng bờ Tp. HCM, cần ưu tiên kiểm soát tốt tình hình phát thải từ hoạt động NTTS.

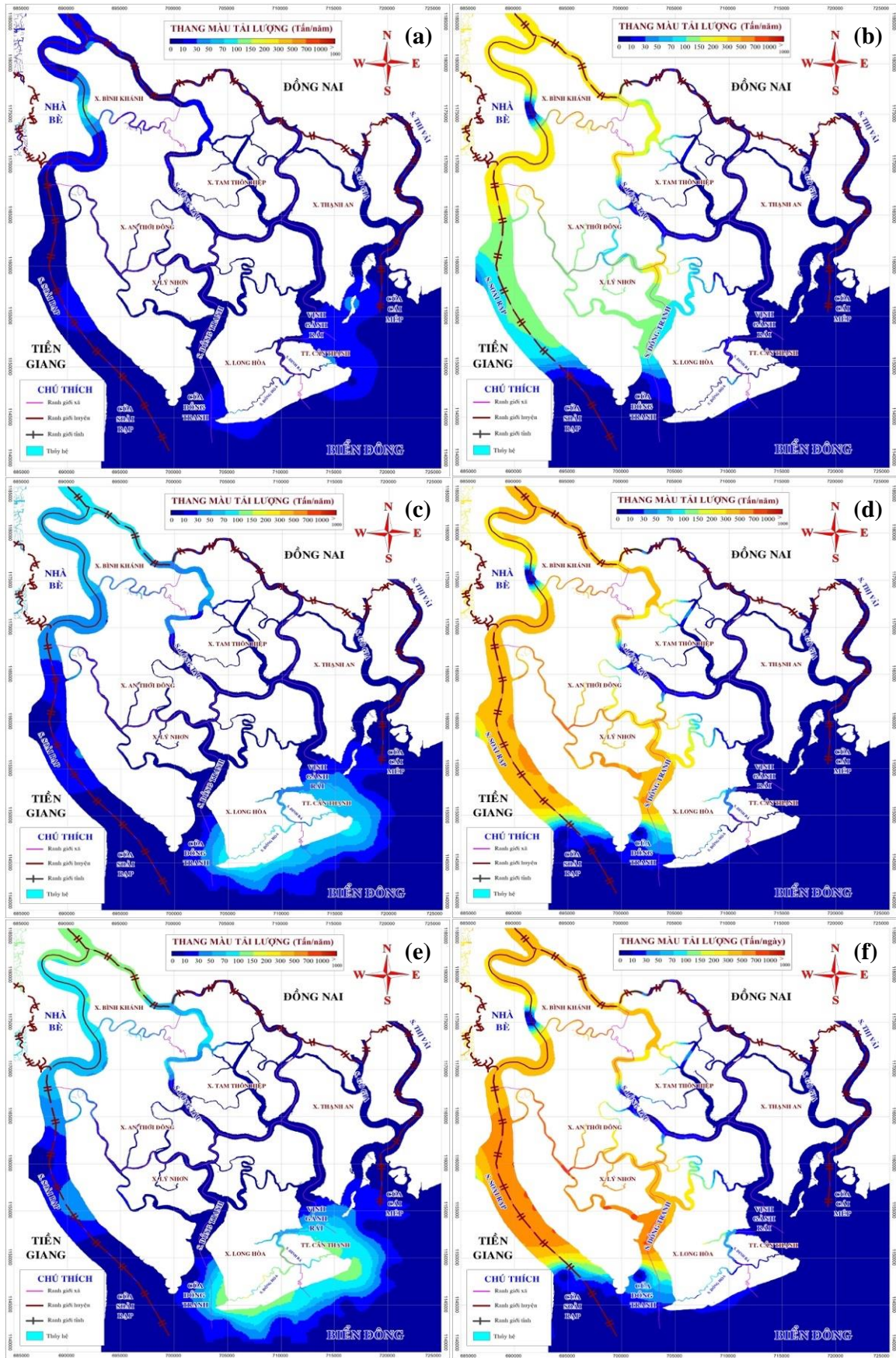
- SH-DV: là nguồn thải có tỷ lệ tải lượng ô nhiễm xếp thứ 2 trong phạm vi nghiên cứu, hiện dao động từ 4-6,2%, tăng lên 9,8-14,8% vào năm 2030 (KB1) tương đương 2,4 lần so với hiện trạng do sự gia tăng dân số đáng kể vào năm 2025 và 2030 (lần lượt đạt 300.000 và 314.000 người).

- Chăn nuôi: tải lượng TSS, BOD, COD, TN và TP hiện dao động từ 1,6-3,8%.

- Du lịch và TTCN: có tỉ lệ phát thải không đáng kể so với các nguồn khác tại vùng bờ.

Bảng 3. Tải lượng ô nhiễm (tấn) tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 phân theo loại nguồn thải.

Thời gian	Nguồn thải	TSS		BOD		COD		TN		TP	
		L	%	L	%	L	%	L	%	L	%
Hiện trạng	SH-DV	466,7	5,5	353,4	4,0	919,8	6,2	81,6	5,3	74,3	5,6
	Du lịch	22,1	0,3	16,8	0,2	43,6	0,3	3,9	0,3	3,5	0,3
	TTCN	6,6	0,1	7,2	0,1	10,4	0,1	8,9	0,6	1,1	0,1
	ChN	210,2	2,5	336,4	3,8	504,6	3,4	56,1	3,7	21,0	1,6
	NTTS	7.854,0	91,8	8.099,5	91,9	13.253,7	90,0	1.374,5	90,1	1.227,2	92,5
	TỔNG	8.559,7		8.813,3		14.732,1		1.524,9		1.327,1	
Năm 2025-KB1	SH-DV	1.697,6	10,2	1.285,6	7,7	3.345,8	11,7	296,7	9,7	270,3	10,4
	Du lịch	67,3	0,4	51,0	0,3	132,6	0,5	11,8	0,4	10,7	0,4
	TTCN	110,0	0,7	121,4	0,7	174,4	0,6	149,4	4,9	18,2	0,7
	ChN	219,0	1,3	350,4	2,1	525,6	1,8	58,4	1,9	21,9	0,8
	NTTS	14.513,3	87,4	14.966,9	89,2	24.491,3	85,4	2.539,8	83,1	2.267,7	87,6
	TỔNG	16.607,2		16.775,2		28.669,7		3.056,1		2.588,8	
Năm 2025-KB2	SH-DV	1.648,2	15,1	824,1	15,1	2.472,2	15,1	164,8	8,0	164,8	22,5
	Du lịch	65,3	0,6	32,7	0,6	98,0	0,6	6,5	0,3	6,5	0,9
	TTCN	75,8	0,7	37,9	0,7	113,8	0,7	45,5	2,2	15,2	2,1
	ChN	21,9	0,2	14,6	0,3	43,8	0,3	21,9	1,1	0,9	0,1
	NTTS	9.070,8	83,4	4.535,4	83,3	13.606,3	83,3	1.814,2	88,4	544,3	74,4
	TỔNG	10.882,1		5.444,7		16.334,1		2.052,9		731,6	
Năm 2025-KB3	SH-DV	824,1	15,1	494,4	15,1	1.236,1	15,1	82,4	4,2	98,9	20,9
	Du lịch	32,7	0,6	19,6	0,6	49,0	0,6	3,3	0,2	3,9	0,8
	TTCN	37,9	0,7	22,8	0,7	56,9	0,7	22,8	1,2	7,6	1,6
	ChN	21,9	0,4	5,8	0,2	43,8	0,5	21,9	1,1	0,9	0,2
	NTTS	4.535,4	83,2	2.721,3	83,4	6.803,1	83,1	1.814,2	93,3	362,8	76,5
	TỔNG	5.452,0		3.263,9		8.188,9		1.944,5		474,1	
Năm 2030-KB1	SH-DV	2.612,0	13,0	1.978,0	9,8	5.147,8	14,8	456,5	12,2	415,9	13,2
	Du lịch	87,2	0,4	66,1	0,3	171,9	0,5	15,2	0,4	13,9	0,4
	TTCN	182,0	0,9	200,8	1,0	288,7	0,8	247,3	6,6	30,1	1,0
	ChN	219,0	1,1	350,4	1,7	525,6	1,5	58,4	1,6	21,9	0,7
	NTTS	17.017,0	84,6	17.548,7	87,1	28.716,1	82,4	2.978,0	79,3	2.658,9	84,7
	TỔNG	20.117,2		20.144,0		34.850,2		3.755,4		3.140,7	
Năm 2030-KB2	SH-DV	2.535,9	18,9	1.267,9	18,9	3.803,8	18,9	253,6	10,2	253,6	27,4
	Du lịch	84,7	0,6	42,4	0,6	127,1	0,6	8,5	0,3	8,5	0,9
	TTCN	125,5	0,9	62,8	0,9	188,3	0,9	75,3	3,0	25,1	2,7
	ChN	21,9	0,2	14,6	0,2	43,8	0,2	21,9	0,9	0,9	0,1
	NTTS	10.635,6	79,3	5.317,8	79,3	15.953,4	79,3	2.127,1	85,6	638,1	68,9
	TỔNG	13.403,6		6.705,5		20.116,4		2.486,4		926,2	
Năm 2030-KB3	SH-DV	1.267,9	18,9	760,8	18,9	1.901,9	18,9	126,8	5,5	152,2	25,5
	Du lịch	42,4	0,6	25,4	0,6	63,5	0,6	4,2	0,2	5,1	0,9
	TTCN	62,8	0,9	37,7	0,9	94,1	0,9	37,7	1,6	12,6	2,1
	ChN	7,3	0,1	5,8	0,1	14,6	0,1	7,3	0,3	0,6	0,1
	NTTS	5.317,8	79,4	3.190,7	79,4	7.976,7	79,4	2.127,1	92,4	425,4	71,4
	TỔNG	6.698,2		4.020,4		10.050,9		2.303,1		595,8	



Hình 3. Phân bố tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 (KB1) trong mỗi quan hệ với sự gia tăng số lượng [a-c] và thay đổi vị trí nguồn thải [d-f]: (a) COD/SH-DV/Hiện trạng; (b) COD/SH-DV/2025; (c) COD/SH-DV/2030; (d) TSS/NTTS/Hiện trạng; (e) TSS/NTTS/2025; (f) TSS/NTTS/2030.

3.3. Tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 phân theo nguồn tiếp nhận

Tải lượng ô nhiễm xả thải vào các nguồn tiếp nhận hiện phân bố như sau: sông Soài Rạp (74,5%), sông Lòng Tàu (15,4%), sông Đồng Tranh (6,6%), sông Đồng Hòa (2,3%), ven biển (0,6%), sông Dinh Ba (0,33%) và sông Thị Vải (0,3%). Các tỉ lệ này vào năm 2030 lần lượt là 63,8%, 11,9%, 17,4%, 3,9%, 1,8%, 1,2% và 0,13%. Như vậy, Soài Rạp, Lòng Tàu và Đồng Tranh là 03 nguồn tiếp nhận chủ yếu tại vùng bờ Tp.HCM (Hình 4). Cụ thể như sau:

- Sông Soài Rạp: hiện tiếp nhận 74,5% tải lượng ô nhiễm với nguồn phát thải chính từ NTTS (94,3%) và SH-DV (4,2%). Tải lượng năm 2030 dự tính tăng 2,2 lần (tính theo COD).

- Sông Lòng Tàu: hiện tiếp nhận 2.259 tấn/năm - chủ yếu từ NTTS (94,1%) và chăn nuôi (3,4%), tăng lên 4.195 tấn/năm vào 2030 khoảng 1,9 lần (tính theo COD).

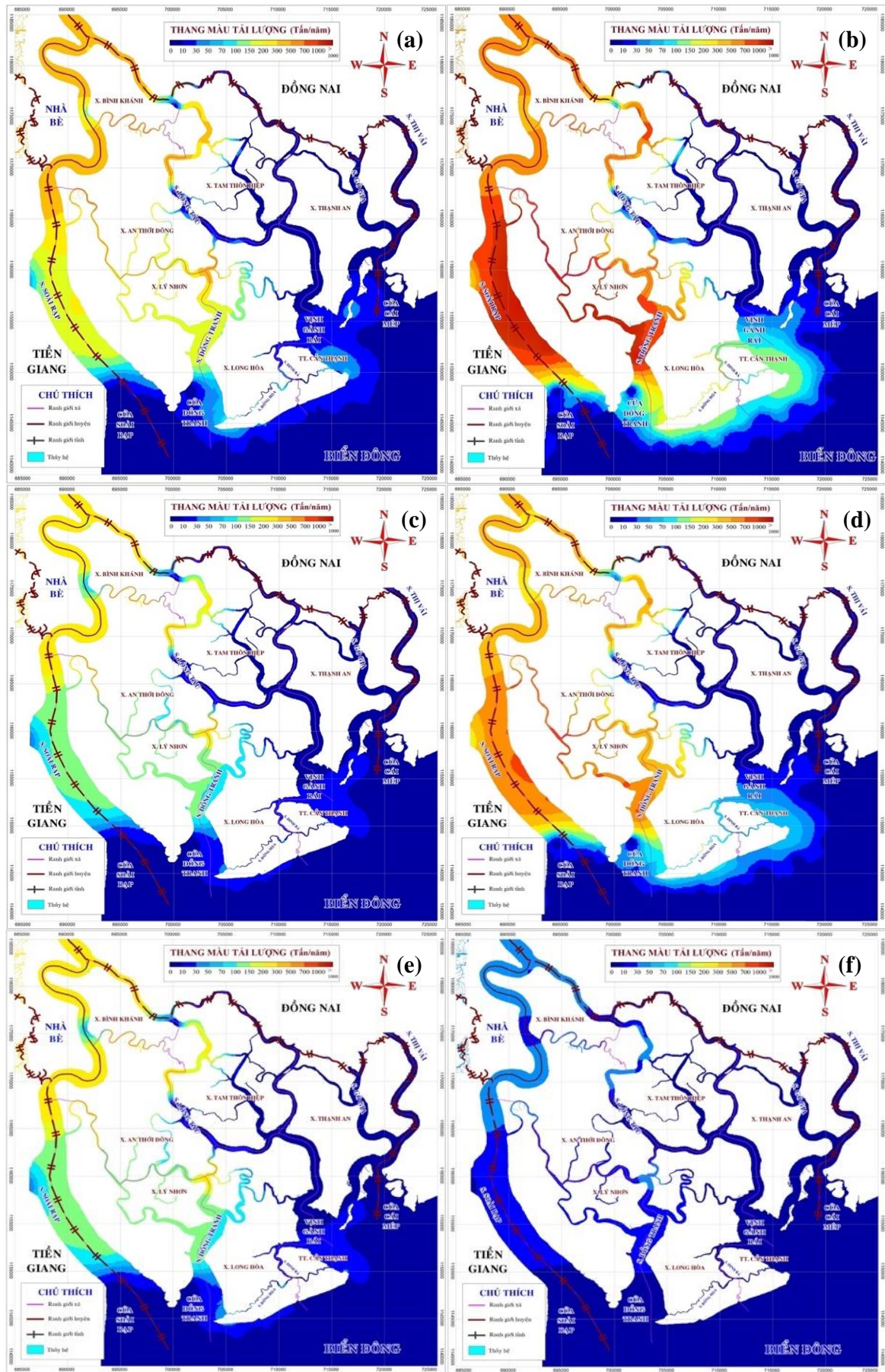
- Sông Đồng Tranh: tải lượng ô nhiễm hiện tiếp nhận 6,6% (L_{COD} khoảng 953 tấn/năm), tăng lên 17,4% vào năm 2030 (L_{COD} tăng 6,3 lần) chủ yếu từ NTTS và SH-DV.

Bảng 4 trình bày tải lượng ô nhiễm phân theo đơn vị hành chính cấp xã trên địa bàn huyện Cần Giờ, phục vụ công tác quản lý nhà nước về môi trường.

Bảng 4. Tải lượng ô nhiễm (tấn) tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 (KB1) phân theo đơn vị hành chính.

Xã/thị trấn	Thời gian	TSS	BOD	COD	TN	TP
An Thới Đông	Hiện trạng	3.185,5	3.281,8	5.415,9	560,1	496,3
	2025 - KB1	4.375,4	4.463,9	7.476,1	768,6	682,5
	2030 - KB1	4.720,6	4.784,4	8.095,2	829,0	736,9
Bình Khánh	Hiện trạng	3.277,3	3.360,0	5.622,0	578,8	509,5
	2025 - KB1	4.411,6	4.440,9	7.625,4	892,0	688,7
	2030 - KB1	4.930,1	4.901,2	8.575,7	1.058,0	771,2
Long Hòa	Hiện trạng	202,4	231,1	418	47,3	27,6
	2025 - KB1	509,2	556,1	621,4	456,0	433,4
	2030 - KB1	764,7	812,9	898,3	691,4	661,9
Cần Thạnh	Hiện trạng	119,2	117,7	243,5	25,6	17,3
	2025 - KB1	520,7	542,7	610	448,5	437,6
	2030 - KB1	769,8	792,8	876,6	679,3	665,1
Lý Nhơn	Hiện trạng	1.272,3	1.309,8	2.161,9	223,5	198,3
	2025 - KB1	5.742,6	5.911,1	9.713,3	1.005,7	897,0
	2030 - KB1	7.843,4	8.069,6	13.266,6	1.373,4	1.225,3
Tam Thôn Hiệp	Hiện trạng	469,2	484,2	807,3	83,4	72,7
	2025 - KB1	1.030,5	1.053,2	1.765,9	181,8	160,5
	2030 - KB1	1.064,1	1.078,7	1.832,0	187,8	165,8
Thạnh An	Hiện trạng	33,8	28,6	63,4	6,3	5,3
	2025 - KB1	17,3	13,3	33,8	3,8	2,8
	2030 - KB1	24,5	19,0	48,0	5,5	3,9
Tổng cộng	Hiện trạng	8.559,7	8.813,3	14.732,1	1.524,9	1.327,1
	2025 - KB1	16.607,3	16.981,2	27.845,9	3.756,5	3.302,4
	2030 - KB1	20.117,2	20.458,5	33.592,4	4.824,5	4.230,0

Tải lượng ô nhiễm (tính theo COD) tại các địa phương hiện xếp theo thứ tự giảm dần như sau: Bình Khánh (38,3%), An Thới Đông (36,9%), Lý Nhơn (14,7%), Tam Thôn Hiệp (5,5%), Long Hòa (2,8%), Cần Thạnh (1,7%), Thạnh An (0,39%). Thứ tự này không có nhiều thay đổi trong giai đoạn 2025-2030. Theo đó có thể thấy Bình Khánh, An Thới Đông và Lý Nhơn phát thải nhiều nhất (chiếm 87-90% tổng tải lượng), tương đồng với xu thế phát triển của ngành NTTS và sự gia tăng dân số tại khu vực nghiên cứu.



Hình 4. Phân bố tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ Tp. HCM đến năm 2030 (KB1): (a) COD/Hiện trạng; (b) COD/2030; (c)TSS/Hiện trạng; (d) TSS/2030; (e) BOD/Hiện trạng; (f) TN/Hiện trạng.

3.4. Xu hướng biến đổi tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ TpHCM đến năm 2030 theo quy hoạch phát triển KT-XH và tăng cường XLNT

Bảng 5. Tải lượng ô nhiễm (tấn) tại vùng bờ Tp.HCM đến năm 2030 (KB1) phân theo các tháng trong năm.

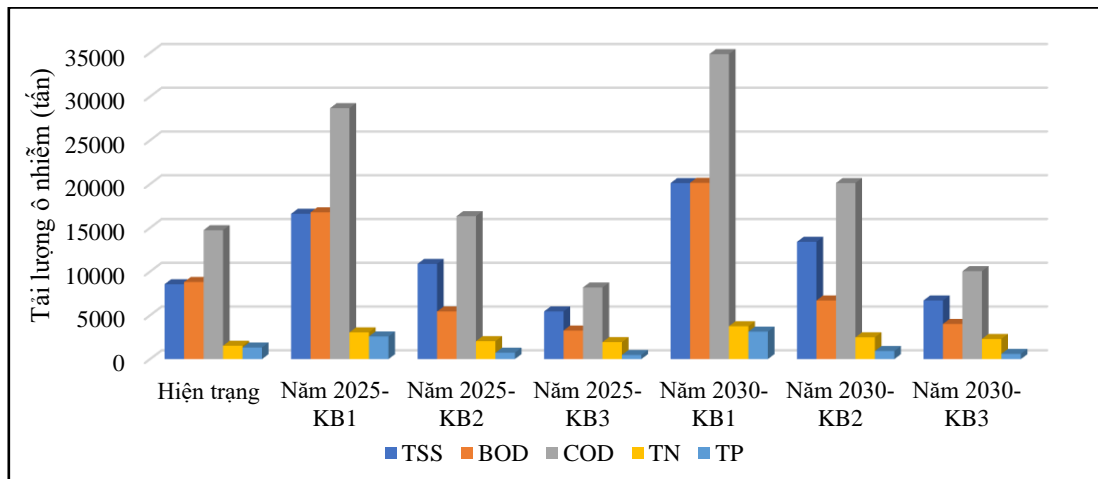
Thời gian	TSS		BOD		COD		TN		TP		
	L	%	L	%	L	%	L	%	L	%	
Hiện trạng	Tháng 1	874,6	10,2	900,7	10,2	1.499,8	10,2	155,3	10,2	135,8	10,2
	Tháng 2	945,6	11,0	973,9	11,1	1.619,6	11,0	167,4	11,0	146,6	11,0
	Tháng 3	362,2	4,2	372,6	4,2	635,1	4,3	65,6	4,3	55,7	4,2
	Tháng 4	394,6	4,6	405,6	4,6	689,9	4,7	71,3	4,7	60,8	4,6
	Tháng 5	452,1	5,3	465,0	5,3	786,9	5,3	81,4	5,3	69,8	5,3
	Tháng 6	646,6	7,6	665,7	7,6	1.115,0	7,6	115,4	7,6	100,2	7,6
	Tháng 7	798,8	9,3	822,6	9,3	1.371,9	9,3	142,0	9,3	123,9	9,3
	Tháng 8	673,4	7,9	693,3	7,9	1.160,4	7,9	120,1	7,9	104,4	7,9
	Tháng 9	662,1	7,7	681,3	7,7	1.141,5	7,7	118,1	7,7	102,6	7,7
	Tháng 10	858,2	10,0	883,8	10,0	1.472,1	10,0	152,4	10,0	133,2	10,0
	Tháng 11	1.251,7	14,6	1.289,8	14,6	2.136,2	14,5	221,3	14,5	194,7	14,7
	Tháng 12	640,0	7,5	658,9	7,5	1.103,8	7,5	114,0	7,5	98,9	7,5
TỔNG	8.559,7		8.813,3		14.732,1		1.524,3		1.326,6		
Năm 2025 - KB1	Tháng 1	2.141,5	12,9	2.179,2	13,0	3.667,5	12,8	387,2	12,7	334,1	12,9
	Tháng 2	2.404,8	14,5	2.452,2	14,6	4.110,2	14,3	433,3	14,2	375,2	14,5
	Tháng 3	797,9	4,8	794,2	4,7	1.399,7	4,9	152,1	5,0	124,2	4,8
	Tháng 4	789,3	4,8	784,4	4,7	1.386,1	4,8	150,6	4,9	122,8	4,7
	Tháng 5	899,6	5,4	898,3	5,4	1.572,0	5,5	169,9	5,6	140,1	5,4
	Tháng 6	1.253,4	7,6	1.263,5	7,5	2.168,5	7,6	231,8	7,6	195,3	7,6
	Tháng 7	1.322,6	8,0	1.334,7	8,0	2.285,5	8,0	243,9	8,0	206,1	8,0
	Tháng 8	1.245,7	7,5	1.255,3	7,5	2.155,9	7,5	230,5	7,5	194,1	7,5
	Tháng 9	1.291,0	7,8	1.301,3	7,8	2.233,3	7,8	238,4	7,8	201,2	7,8
	Tháng 10	1.404,1	8,5	1.418,7	8,5	2.423,1	8,5	258,2	8,5	218,9	8,5
	Tháng 11	1.897,0	11,4	1.927,3	11,5	3.254,7	11,4	344,5	11,3	295,9	11,4
	Tháng 12	1.149,8	6,9	1.158,0	6,9	1.992,4	7,0	213,7	7,0	179,1	6,9
TỔNG	16.596,7		16.767,2		28.649,0		3.054,2		2.587,1		
Năm 2030- KB1	Tháng 1	2.463,3	12,9	2.476,8	13,0	4.144,6	12,9	440,4	12,7	376,3	13,0
	Tháng 2	2.840,2	14,8	2.867,5	15,1	4.778,6	14,9	506,4	14,6	435,2	15,1
	Tháng 3	906,0	4,7	871,6	4,6	1.515,8	4,7	167,9	4,8	133,0	4,6
	Tháng 4	851,2	4,4	813,8	4,3	1.424,6	4,4	158,3	4,6	124,4	4,3
	Tháng 5	970,4	5,1	937,1	4,9	1.625,6	5,1	179,1	5,2	143,0	5,0
	Tháng 6	1.360,2	7,1	1.339,6	7,1	2.282,8	7,1	247,4	7,1	203,9	7,1
	Tháng 7	1.425,4	7,4	1.406,6	7,4	2.393,1	7,4	258,8	7,5	214,1	7,4
	Tháng 8	1.383,4	7,2	1.363,1	7,2	2.322,4	7,2	251,4	7,3	207,6	7,2
	Tháng 9	1.529,3	8,0	1.512,5	8,0	2.569,6	8,0	276,9	8,0	230,4	8,0
	Tháng 10	1.650,2	8,6	1.638,2	8,6	2.772,4	8,6	298,1	8,6	249,2	8,6
	Tháng 11	2.415,7	12,6	2.428,1	12,8	4.063,9	12,6	432,1	12,5	368,9	12,8
	Tháng 12	1.344,4	7,0	1.324,9	7,0	2.254,4	7,0	244,6	7,1	201,5	7,0
Tổng	19.139,7		18.979,8		32.147,7		3.461,3		2.887,5		

Bảng 5 cho thấy tải lượng ô nhiễm hiện phát sinh đáng kể vào các tháng 1-2 và 10-11 (tương ứng với thời điểm lưu lượng nước thải NTTS lớn nhất trong năm). Giai đoạn 2025-2030, dự đoán có sự biến động tỷ lệ phân bố tải lượng ô nhiễm giữa các tháng (chủ yếu do thay đổi quy mô NTTS và tăng trưởng hoạt động du lịch), nhưng các tháng 1-2 và 11 vẫn là thời điểm phát thải đáng quan tâm trong năm tại khu vực nghiên cứu (mỗi tháng đóng góp từ 11,4-15% tổng tải lượng cả năm).

Xu hướng biến đổi tải lượng ô nhiễm tại vùng bờ TpHCM theo thời gian (đến 2030) và theo các kịch bản XLNT (Hình 5). Một số nhận định trọng tâm như sau:

-Tải lượng gia tăng theo thời gian trong mỗi quan hệ với quy hoạch phát triển KT-XH (xét trong cùng một kịch bản XLNT). Đơn cử ở KB1, tải lượng TSS, BOD, COD, TN và TP tăng khoảng 1,9-2,0 lần vào năm 2025 và khoảng 2,3-2,5 lần vào năm 2030 so với hiện trạng.

- Tải lượng suy giảm đáng kể theo mức độ đáp ứng các quy chuẩn xả thải có liên quan (xét tại cùng một mốc thời gian đánh giá). So sánh kết quả ước tính từ các kịch bản XLNT giai đoạn 2025-2030 có thể thấy tải lượng ô nhiễm ở KB2 và KB3 chỉ tương đương 52-53% và 28-29% so với KB1.



Hình 5. Tải lượng ô nhiễm (tấn) phát sinh tại vùng bờ Tp.HCM đến năm 2030 theo các kịch bản XLNT.

4. Kết luận

Tải lượng TSS, BOD, COD, TN và TP trong nước thải SH-DV, NTTS, TTCN, chăn nuôi và hoạt động du lịch phát sinh tại vùng bờ Tp. HCM được dự báo đến năm 2030 với 3 kịch bản XLNT. Kết quả tính toán cho thấy NTTS, SH-DV và chăn nuôi là 3 loại hình phát thải trọng tâm tại khu vực nghiên cứu (đặc biệt là NTTS, luôn chiếm hơn 80% tổng tải lượng ô nhiễm từ tất cả các nguồn thải), chủ yếu phát sinh từ xã Bình Khánh, An Thới Đông và Lý Nhơn (chiếm 87-90% tổng tải lượng). Tuy nội vi vùng bờ có mạng lưới sông rạch chằng chịt, nhưng nguồn tiếp nhận nước thải chủ yếu là các sông Soài Rạp, Lòng Tàu và Đồng Tranh (chiếm hơn 92%) do đặc điểm phân bố nguồn thải (quy hoạch không gian phát triển đến năm 2030). Nhìn chung, tải lượng ô nhiễm gia tăng theo thời gian trong mỗi quan hệ với quy hoạch phát triển KT-XH: lần lượt khoảng 1,9-2,0 lần và 2,3-2,5 lần vào năm 2025 và 2030 (KB1) so với hiện trạng. Trong đó, thời điểm phát thải đáng quan tâm là các tháng 1-2 và 11 hàng năm (mỗi tháng đóng góp từ 11,4-15% tổng tải lượng cả năm). Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng tải lượng phát thải được cải thiện đáng kể theo mức độ đáp ứng các quy chuẩn xả thải có liên quan (các kịch bản XLNT): giai đoạn 2025-2030, tải lượng ô nhiễm ở KB2 và KB3 chỉ tương đương 52-53% và 28-29% so với KB1. Nghiên cứu đóng góp cơ sở dữ liệu hữu ích cho công tác kiểm soát ô nhiễm, bảo vệ môi trường và hoạch định chính sách phát triển tại địa phương. Tuy vậy, để gia tăng tính toàn diện và độ tin cậy của kết quả nghiên cứu, bên cạnh các dạng nguồn thải điểm, tải lượng ô nhiễm từ nguồn thải diện (nước mưa chảy tràn) nên được xem xét, tính toán, đặc biệt trong bối cảnh thay đổi mục đích sử dụng đất tại địa phương.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Hồ Chí Minh trong khuôn khổ Nhiệm vụ KH&CN cấp thành phố “Đánh giá khả năng chịu tải của vịnh Đồng Tranh, vịnh Gành Rái và cửa Soài Rạp trước các sức ép về gia tăng dân số và tăng trưởng kinh tế ở vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai”, Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường (IMHOEN) là cơ quan chủ trì.

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. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia, 2018.
2. Economopoulos, A.P. Assessment of sources of air, water and land pollution. Part 1: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution. WHO, Geneva, 1993.
3. FAO Technical documents. Assessment of Environmental hazards and impacts of Aquaculture. FAO, 1995.
4. Tuấn, L.N.; Châu, T.B.; Phương, V.N.H. Tính toán tải lượng ô nhiễm do hoạt động nuôi tôm tại huyện Cái Nước - tỉnh Cà Mau. *Tap chí phát triển khoa học và công nghệ* **2012**, 15, 29–45.
5. Phùng, N.K.; Sỹ, P.C. Đánh giá khả năng chịu tải của các dòng sông trên địa bàn tỉnh Bình Dương phục vụ cấp phép xả thải. Sở Khoa học và công nghệ tỉnh Bình Dương, 2012.
6. Công, N.C. Nghiên cứu cơ sở khoa học đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước phục vụ công tác cấp phép xả nước thải. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ, 2007.
7. Trang, C.T.T.; Thạnh, T.Đ.; Sinh, L.X. Đánh giá tải lượng ô nhiễm đưa vào hệ đầm phá Tam Giang – Cầu Hai và dự đoán đến năm 2020. *Tap chí Khoa học và Công nghệ biển* **2013**, 13(3), 276–283.
8. Phùng, N.K.; Tuấn, L.N. Đánh giá hiện trạng nước mặt và tính toán sơ bộ khả năng tiếp nhận nước thải của sông Bến Lức, huyện Bến Lức, Tỉnh Long An. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2012**, 615, 17–24.
9. San Diego-McGlone, M.L.; Smith, S.V.; Nicolas, V.F. Stoichiometric interpretations of C:N:P ratios in organic waste materials. *Mar Pollut. Bull.* **2000**, 40, 325–330.
10. Cao Thị Thu Trang và Nguyễn Thị Phương Hoa. Đánh giá sức tải môi trường vùng nước ven đảo Cát Bà phục vụ cho phát triển bền vững. *Tap chí Khoa học và Công nghệ biển* **2009**, 154–168.
11. Viện Môi Trường và Tài Nguyên. Báo cáo tổng kết nhiệm vụ của Cục Môi trường: Điều tra thống kê và lập danh sách các nguồn thải gây ô nhiễm đối với lưu vực hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai (Giai đoạn 1), 2005.
12. Tchobanoglous, G.; Burton, F.L. Wastewater Engineering - Treatment, Disposal, and Reuse. 3rd ed. McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1991.
13. Tuấn, L.N.; Thuý, T.T.; Quân, T.M. Đánh giá tình hình phát sinh nước thải tại khu vực phía nam tỉnh Bình Dương. *Tap chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Chuyên san Khoa học Tự nhiên* **2018**, 2(4), 176–183.
14. Quyết định số 4766/QĐ-UBND ngày 15/9/2012 của UBND Tp.HCM về duyệt đồ án điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng huyện Cần Giờ, 2012.
15. Quyết định số 28/2016/QĐ-UBND ngày 12/8/2016 của UBND Tp.HCM về ban hành quy định về phân cấp quản lý, khai thác các tuyến sông, kênh, rạch trên địa bàn Tp.HCM, 2016.
16. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 33:2006 - Cấp nước, mạng lưới đường ống và công trình - tiêu chuẩn thiết kế, 2006.
17. Quyết định số 3978/QĐ-UBND ngày 13/8/2015 của UBND Tp.HCM về phê duyệt danh mục lập các dự án quy hoạch phát triển ngành, lĩnh vực và sản phẩm chủ yếu

trên địa bàn TpHCM (Quy hoạch phát triển thủy sản trên địa bàn Thành phố đến năm 2030), 2015.

18. Quyết định số 1589/QĐ-UBND ngày 27/4/2019 của UBND Tp.HCM về ban hành chương trình phát triển nông nghiệp giai đoạn 2019 - 2025 theo hướng cơ cấu lại và đẩy mạnh chuyển dịch cơ cấu nông nghiệp, 2019.
19. Quyết định số 4047/QĐ-UBND ngày 26/7/2013 của UBND Tp.HCM về duyệt đồ án quy hoạch phân khu tỷ lệ 1/2000 Trung tâm thủy sản thành phố, xã Bình Khánh, huyện Cần Giờ, 2013.
20. Vinh, L.T.; Thủy, N.T.T. Ảnh hưởng của các nguồn thải đến môi trường nước đầm Thị Nại. *Tap chí Khoa học và Công nghệ biển* **2011**, 11(4), 35–46.

Assessment of wastewater generation in the inner area of the coastal zone of Ho Chi Minh City until 2030

Le Ngoc Tuan^{1*}

¹ University of Science, VNU-HCM; lntuan@hcmus.edu.vn

Abstract: Loads of pollutants (TSS, BOD, COD, TN, and TP) generated from main waste sources (domestic-services, aquaculture, handicrafts industry, and livestock) in the inner area of the coastal zone of Ho Chi Minh City were assessed and forecasted to 2030 with 3 different scenarios of wastewater treatment. In this work, methods of investigation, survey, sampling, and GIS techniques were used to determine waste source type, receiving water bodies, and wastewater discharge characteristics, etc. serving to estimate pollutant loads and subsequently to contribute a useful database for pollution control, environmental protection, and local development policy making. Results showed aquaculture currently generated the largest pollutant load in the coastal area, accounting for 90-92.5% (according to mentioned parameters); followed by domestic-services and livestock activities. The main receiving water bodies were indicated as follows: Soai Rap River (74.5%), Long Tau River (15.4%), and Dong Tranh River (6.6%). By 2030, the pollutant loads would increase 2.2 times (in terms of COD) if wastewater treatment activities were not improved. On the other hand, wastewater quality, followed by surface water quality would greatly and positively change when related emission regulations were effectively enforced and/or maximally met.

Keywords: Coastal zone; Pollutant load; Surface water; Wastewater; Wastewater treatment.

Bài báo khoa học

Đánh giá giá trị Nitơ Đioxit (NO₂) đối lưu tại Việt Nam giai đoạn 2010–2020

Nguyễn Thị Tuyết Nam^{1*}, Trần Phước Tân¹, Nguyễn Hoàng Gia Huy¹, Nguyễn Thị Hoa¹

¹ Khoa Môi trường, Đại học Sài Gòn; ntnam@sgu.edu.vn; drawt2003@gmail.com; gia Huy61103@gmail.com; nthoa@sgu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ntnam@sgu.edu.vn; Tel.: +84–779534930

Ban Biên tập nhận bài: 6/5/2023; Ngày phản biện xong: 14/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Nitơ đioxit (NO₂) đối lưu là tổng lượng phân tử NO₂ trên một đơn vị diện tích trong cột khí quyển tính từ bề mặt Trái đất đến tầng đối lưu. Trong nghiên cứu này, giá trị NO₂ đối lưu truy xuất từ cảm biến OMI của vệ tinh AURA được thu thập nhằm đánh giá diễn biến theo thời gian và sự phân bố theo không gian địa lý của NO₂ đối lưu trên toàn Việt Nam giai đoạn năm 2010-2020. Mối liên hệ giữa NO₂ đối lưu và các yếu tố kinh tế - xã hội cũng được đánh giá dựa vào phương pháp phân tích cụm phân cấp. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị trung bình của NO₂ đối lưu tại Việt Nam dao động nhẹ trong giai đoạn năm 2010-2020. Ngoài ra, giá trị NO₂ đối lưu đạt cao nhất vào mùa khô, đặc biệt là tháng 3 và tháng 4, và giảm dần vào mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 9). Bên cạnh đó, khu vực đồng bằng sông Hồng và Nam Trung Bộ lần lượt có giá trị NO₂ đối lưu cao nhất và thấp nhất so với các khu vực còn lại của cả nước. Kết quả phân tích cụm phân cấp cho thấy NO₂ đối lưu có mối liên hệ với mật độ dân số, số lượng dân số, và thu nhập bình quân theo đầu người, đặc biệt tại miền Bắc và miền Nam.

Từ khóa: NO₂; NO₂ đối lưu; Cảm biến vệ tinh; OMI/Aura; Việt Nam.

1. Giới thiệu

Nitơ dioxide (NO₂) là khí chủ yếu được tạo ra từ quá trình đốt cháy các loại nhiên liệu hóa thạch [1] và NO₂ là một trong những loại khí gây ô nhiễm không khí phổ biến [2]. Sự phơi nhiễm với không khí ô nhiễm NO₂ có thể gây ảnh hưởng không tốt đối với sức khỏe con người, chẳng hạn như gây bệnh hen suyễn và dị ứng hô hấp [3]. Nồng độ NO₂ trong không khí có thể đo tại mặt đất bằng máy đo nồng độ NO₂ liên tục hoặc gián đoạn. Ngoài ra, hàm lượng NO₂ trong không khí cũng có thể được truy xuất dựa vào dữ liệu thu thập bởi cảm biến vệ tinh [4] với tên gọi là NO₂ đối lưu.

NO₂ đối lưu là tổng lượng phân tử NO₂ trên một đơn vị diện tích xét trong cột khí quyển từ bề mặt Trái đất đến tầng đối lưu [4]. Giá trị NO₂ đối lưu được tính toán dựa vào bức xạ thu được bởi cảm biến vệ tinh, bức xạ mặt trời, hệ số khối lượng không khí (*air mass factor*), và giá trị NO₂ mô phỏng từ mô hình hoá chất và di chuyển (*chemical and transport model - CTM*) [5]. Hiện nay, giá trị NO₂ đối lưu trên toàn cầu có thể được đo lường dựa vào dữ liệu ghi nhận bởi các cảm biến gắn trên các loại vệ tinh, chẳng hạn như thiết bị quan trắc ozone (OMI) từ vệ tinh AURA, thiết bị quan trắc tầng đối lưu (*TROPOMI*) từ vệ tinh Sentinel-5 Precursor (*Sentinel 5P*) [6].

Từ năm 2004, dữ liệu ghi nhận bởi cảm biến OMI trên vệ tinh AURA (OMI/AURA) đã được sử dụng để tính toán giá trị NO₂ đối lưu trên toàn cầu [5]. Vì có tính ổn định khá cao,

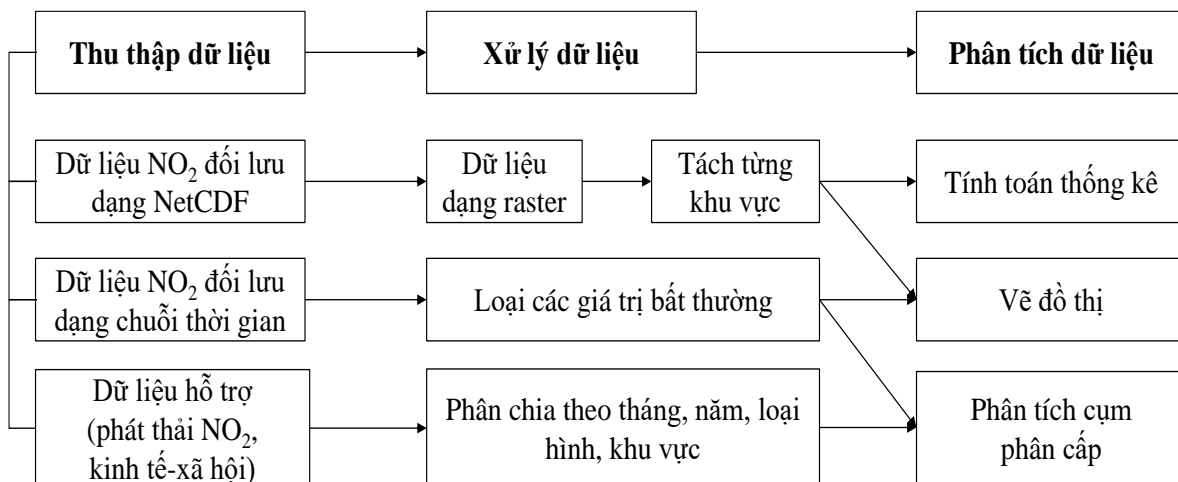
dữ liệu NO₂ đối lưu từ OMI/AURA đã được sử dụng rộng rãi nhằm dự đoán nồng độ và đánh giá mật độ NO₂ trong tầng đối lưu của khí quyển, từ đó theo dõi xu hướng thay đổi của NO₂ theo thời gian và phân bố không gian địa lý. Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã dùng dữ liệu về NO₂ đối lưu truy xuất từ thiết bị OMI/AURA để đánh giá xu hướng thay đổi của NO₂ đối lưu theo mùa tại Trung Quốc [7–9], theo tháng và phân bố địa lý tại Châu Âu [10] và Đức [11], và theo giai đoạn thời gian dài (chẳng hạn như 10 năm) trên toàn cầu [12–15] tại Đông Bắc Á [16], Đài Loan [17], Trung Quốc [18,19], và Mỹ [20].

Tại Việt Nam, việc sử dụng dữ liệu từ cảm biến vệ tinh để đánh giá sự thay đổi của NO₂ theo phân bố không gian địa lý và theo thời gian đã được thực hiện bởi một số nhóm nghiên cứu. Cụ thể là sự phân bố không gian của NO₂ đối lưu tại một số khu vực của Việt Nam và sự thay đổi giá trị NO₂ đối lưu theo thời gian (theo ngày và giai đoạn 4-5 năm) tại các khu vực này đã được đánh giá dựa trên dữ liệu NO₂ đối lưu từ thiết bị OMI/AURA [21–23]. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị NO₂ đối lưu tại Việt Nam có khuynh hướng tăng vào mùa khô (nhất là vào tháng 2 và tháng 3) và giảm vào mùa mưa (chủ yếu là tháng 7 và tháng 8) [22]. Xét về mặt phân bố không gian, NO₂ đối lưu tại khu vực Đông Bắc Bộ và đồng bằng sông Hồng có giá trị lớn hơn so với những khu vực còn lại của cả nước [21, 23]. Ngoài ra, khi xét giá trị NO₂ đối lưu tại các thành phố lớn của cả nước, thành phố Hà Nội ghi nhận mức NO₂ đối lưu cao nhất, tiếp theo là thành phố Hồ Chí Minh và sau đó là thành phố Đà Nẵng [21].

Tuy nhiên, việc đánh giá diễn biến của NO₂ đối lưu trong khoảng thời gian dài (chẳng hạn như 10 năm) và việc đánh giá mối liên hệ giữa NO₂ đối lưu và các yếu tố kinh tế - xã hội tại Việt Nam vẫn chưa được thực hiện. Vì vậy, nghiên cứu này nhằm tìm hiểu sự thay đổi theo thời gian (theo từng tháng và từng năm) và sự phân bố theo không gian địa lý của NO₂ đối lưu trên toàn Việt Nam trong 11 năm (từ năm 2010 đến năm 2020). Ngoài ra, sự thay đổi của NO₂ đối lưu theo từng năm tại từng khu vực của Việt Nam cũng được đánh giá nhằm tìm hiểu diễn biến ô nhiễm NO₂ tại các khu vực này (gồm đồng bằng sông Hồng, Tây Bắc Bộ, Đông Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Trung Bộ, Đông Nam Bộ, và đồng bằng sông Cửu Long). Bên cạnh đó, mối liên hệ giữa giá trị NO₂ đối lưu và các yếu tố kinh tế - xã hội tại từng khu vực cũng được đánh giá nhằm bước đầu tìm hiểu về ảnh hưởng của các yếu tố này đến sự ô nhiễm NO₂ tại Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

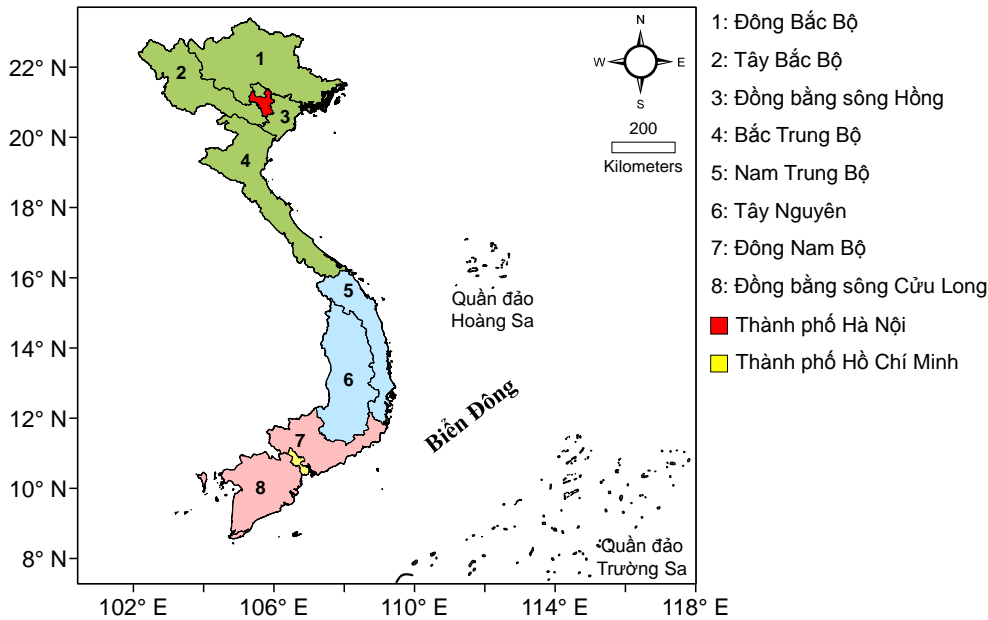
Quy trình thực hiện nghiên cứu được thể hiện tóm tắt trong hình 1. Đầu tiên, các loại dữ liệu bao gồm giá trị NO₂ đối lưu và các loại dữ liệu hỗ trợ khác được thu thập. Sau đó, dữ liệu được xử lý và phân tích nhằm đánh giá diễn biến theo thời gian và phân bố không gian của NO₂ đối lưu tại Việt Nam.



Hình 1. Quy trình thực hiện nghiên cứu.

2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu NO₂ đối lưu truy xuất từ cảm biến OMI của vệ tinh AURA (OMI/AURA). Dữ liệu NO₂ đối lưu tại Việt Nam giai đoạn 2010-2020 ở dạng dữ liệu đa chiều (*NetCDF – Network Common Data Form*) và dạng dữ liệu chuỗi thời gian được thu thập từ Trung tâm Dịch vụ Thông tin và Dữ liệu Khoa học Trái đất Goddard thuộc Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ (NASA) (https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/OMNO2_003/). Giá trị NO₂ đối lưu được cảm biến OMI của vệ tinh AURA ghi nhận vào lúc 13:45 mỗi ngày (giờ địa phương). Nhóm nghiên cứu sử dụng dữ liệu NO₂ đối lưu có độ phân giải không gian là 0.25° × 0.25° (dữ liệu cấp độ 3, OMNO2d v003), độ phân giải thời gian của dữ liệu là 1 ngày. Để hạn chế sai số của dữ liệu, nghiên cứu này chỉ sử dụng giá trị NO₂ đối lưu được truy xuất khi độ mây che phủ vào thời điểm đo nhỏ hơn 30%. Sau khi dữ liệu được thu thập, dữ liệu tiếp tục được xử lý để đánh giá sự phân bố không gian và xu hướng thay đổi theo thời gian của NO₂ đối lưu trên toàn Việt Nam và theo 8 vùng, bao gồm đồng bằng sông Hồng, Tây Bắc Bộ, Đông Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Bắc Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Trung Bộ, Đông Nam Bộ, và đồng bằng sông Cửu Long (Hình 2).



Hình 2. Vị trí địa lý của các khu vực nghiên cứu.

Ngoài ra, để hỗ trợ việc giải thích và đánh giá giá trị NO₂ đối lưu, lượng NO₂ được thải ra từ các nguồn thải nhân tạo tại Việt Nam từ năm 2010 đến năm 2020 cũng được thu thập từ bộ dữ liệu phát thải khí ô nhiễm toàn cầu (*CAMS Global anthropogenic emissions*) [24]. Các nguồn thải được xem xét bao gồm giao thông vận tải, sản xuất công nghiệp, sản xuất năng lượng, hoạt động dân sinh, và đốt phụ phẩm nông nghiệp (ví dụ: rơm rạ sau thu hoạch). Ngoài ra, để đánh giá mối quan hệ giữa NO₂ đối lưu và các yếu tố kinh tế-xã hội, dữ liệu về mật độ dân số, số lượng dân số, thu nhập bình quân theo đầu người, và chỉ số sản xuất công nghiệp tại từng khu vực trong cả nước giai đoạn năm 2010-2020 cũng được thu thập từ trang thông tin của Tổng cục Thống kê (<https://www.gso.gov.vn/>).

2.2. Phương pháp xử lý dữ liệu

2.2.1. Dữ liệu NO₂ đối lưu dạng NetCDF

Phần mềm ArcMap được sử dụng để chuyển dữ liệu NO₂ đối lưu ở dạng đa chiều (NetCDF) thành dạng raster nhằm thể hiện giá trị của NO₂ đối lưu trên toàn Việt Nam dưới dạng hình ảnh. Các giá trị thống kê, bao gồm giá trị trung bình, giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn

nhất, và độ lệch chuẩn của NO₂ đối lưu cũng được tính toán bằng phần mềm ArcMap. Sau đó, dữ liệu raster thể hiện giá trị NO₂ đối lưu toàn Việt Nam được tách theo 8 khu vực, bao gồm đồng bằng sông Hồng, Tây Bắc Bộ, Đông Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Trung Bộ, Đông Nam Bộ, và đồng bằng sông Cửu Long. Tiếp theo, giá trị NO₂ đối lưu của các khu vực này được tính toán thống kê theo giá trị trung bình, giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn nhất và độ lệch chuẩn. Các giá trị thống kê này được sử dụng để vẽ đồ thị biểu diễn sự thay đổi giá trị NO₂ đối lưu của từng khu vực giai đoạn năm 2010-2020.

2.2.2. Dữ liệu NO₂ đối lưu dạng chuỗi thời gian:

Dữ liệu NO₂ đối lưu trên toàn Việt Nam ở dạng chuỗi thời gian theo từng ngày từ năm 2010 đến năm 2020 được kiểm tra để loại bỏ các giá trị bất thường. Sau đó giá trị trung bình tháng và độ lệch chuẩn của NO₂ đối lưu được tính toán và sử dụng để vẽ đồ thị thể hiện sự biến thiên NO₂ đối lưu tại Việt Nam theo thời gian.

2.3. Phương pháp phân tích cụm phân cấp (hierachical cluster analysis)

Phương pháp phân tích cụm phân cấp (hierachical cluster analysis) được sử dụng để đánh giá mối liên hệ giữa các điều kiện kinh tế-xã hội và NO₂ đối lưu tại miền Bắc (bao gồm đồng bằng sông Hồng, Tây Bắc Bộ, Đông Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ), miền Trung và Tây Nguyên (bao gồm Tây Nguyên và Nam Trung Bộ), và miền Nam (bao gồm Đông Nam Bộ và đồng bằng sông Cửu Long). Phần mềm Origin Pro 2020 (Origin, USA) được sử dụng để phân tích cụm phân cấp các biến NO₂ đối lưu và yếu tố kinh tế-xã hội, bao gồm mật độ dân số, số lượng dân số, thu nhập bình quân theo đầu người, và chỉ số sản xuất công nghiệp. Sự phân cụm các biến này được thực hiện dựa theo phương pháp “trung bình nhóm” (group average). Khoảng cách dùng để phân cụm được tính theo công thức sau [25]:

$$d = 1 - \text{corr}(x_j, x_k) \tag{1}$$

Trong đó d là khoảng cách giữa biến j và biến k. $\text{corr}(x_j, x_k)$ là tương quan Pearson giữa biến j và biến k [25].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Diễn biến giá trị NO₂ đối lưu tại Việt Nam giai đoạn năm 2010-2020

Bảng 1 thể hiện giá trị NO₂ đối lưu trung bình toàn Việt Nam giai đoạn năm 2010-2020. Nhìn chung, trong giai đoạn này giá trị trung bình của NO₂ đối lưu không có sự dao động đáng kể qua các năm (giá trị nhỏ nhất - lớn nhất: 1,04-1,16 × 10¹⁵ mol/cm²). Ngoài ra, tỷ số giữa trung bình NO₂ đối lưu theo từng năm và trung bình NO₂ đối lưu giai đoạn năm 2010-2020 (mean/mean₂₀₁₀₋₂₀₂₀) chủ yếu dao động xung quanh 1, chứng tỏ giá trị trung bình NO₂ đối lưu từ năm 2010 đến năm 2020 dao động không đáng kể so với giá trị trung bình trên toàn giai đoạn nghiên cứu. Vào năm 2020, giá trị NO₂ đối lưu trung bình toàn Việt Nam có sự giảm nhẹ so với năm 2019. Điều này có thể do ảnh hưởng của các đợt giãn cách xã hội trên cả nước trong đại dịch COVID-19, dẫn đến giảm các hoạt động giao thông vận tải và giảm lượng NO₂ phát thải từ loại nguồn thải này. Tổng lượng phát thải NO₂ và lượng NO₂ thải ra từ hoạt động giao thông vận tải vào năm 2020 tại Việt Nam cũng có sự suy giảm so với các năm trước đó (Hình 3a).

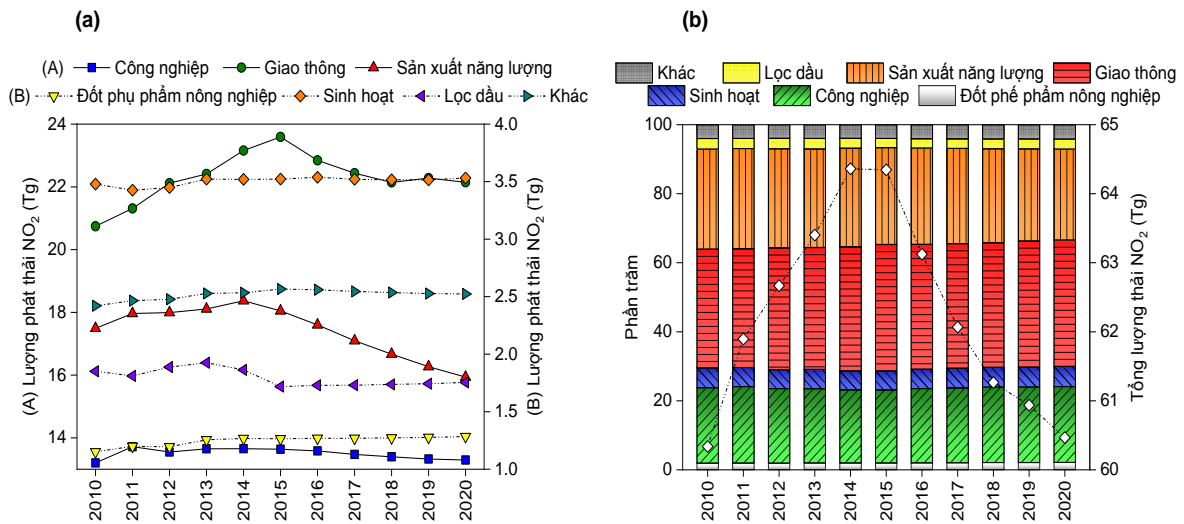
Bảng 1. Giá trị NO₂ đối lưu (×10¹⁵) toàn Việt Nam từ năm 2010 đến năm 2020.

Năm	Mean	Mean/Mean2010-2020	SD	Min	Max
2010	1,12	1,03	0,49	0,74	2,51
2011	1,08	1,00	0,33	0,72	1,81
2012	1,04	0,96	0,50	0,66	2,29
2013	1,05	0,97	0,35	0,65	1,77
2014	1,08	1,00	0,39	0,69	1,93

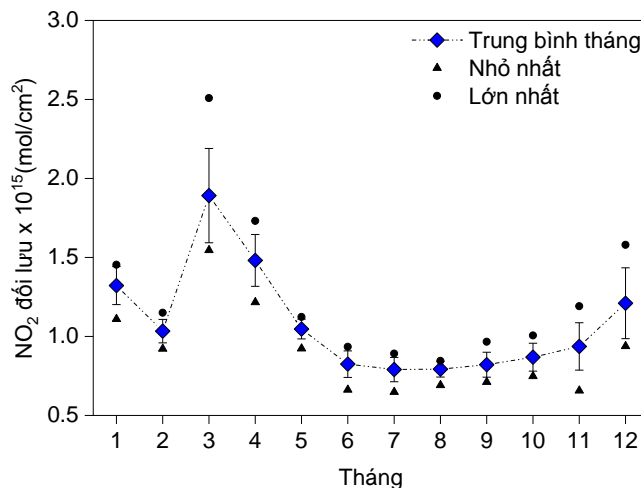
Năm	Mean	Mean/Mean ₂₀₁₀₋₂₀₂₀	SD	Min	Max
2015	1,06	0,98	0,26	0,84	1,58
2016	1,16	1,07	0,35	0,82	1,75
2017	1,07	0,99	0,28	0,73	1,55
2018	1,06	0,98	0,27	0,78	1,67
2019	1,13	1,04	0,36	0,79	1,99
2020	1,08	1,00	0,35	0,74	2,00

Đơn vị: mol/cm²; Mean: Trung bình; Mean₂₀₁₀₋₂₀₂₀: Trung bình năm 2010–2020; SD: Độ lệch chuẩn; Min: Giá trị nhỏ nhất; Max: Giá trị lớn nhất.

Theo dữ liệu phát thải NO₂ từ bộ dữ liệu phát thải khí ô nhiễm toàn cầu (CAM5 Global anthropogenic emissions) [24], trong giai đoạn năm 2010-2020, NO₂ tại Việt Nam chủ yếu được thải ra từ các hoạt động giao thông vận tải, sản xuất năng lượng, và hoạt động công nghiệp (Hình 3). Mức đóng góp trung bình của các nguồn thải này vào tổng lượng NO₂ tại Việt Nam giai đoạn 2010-2020 lần lượt là 35%, 29% và 22% (Hình 3b). Lượng NO₂ phát thải từ hoạt động sản xuất năng lượng giảm dần từ năm 2015 (Hình 3a), tương ứng với sự suy giảm của tổng lượng phát thải NO₂ tại Việt Nam (Hình 3b). Tuy nhiên, giá trị trung bình của NO₂ đối lưu toàn Việt Nam không có sự dao động đáng kể (Bảng 1), nguyên nhân có thể do hoạt động sản xuất năng lượng ở nước ta tập trung chủ yếu tại một số khu vực, chẳng hạn như đồng bằng sông Hồng. Vì vậy, mặc dù lượng phát thải NO₂ giảm nhưng giá trị NO₂ đối lưu trung bình trên toàn quốc không thể hiện xu hướng giảm rõ rệt.



Hình 3. Lượng phát thải NO₂ tại Việt Nam phân loại theo nguồn thải từ năm 2010 đến năm 2020.

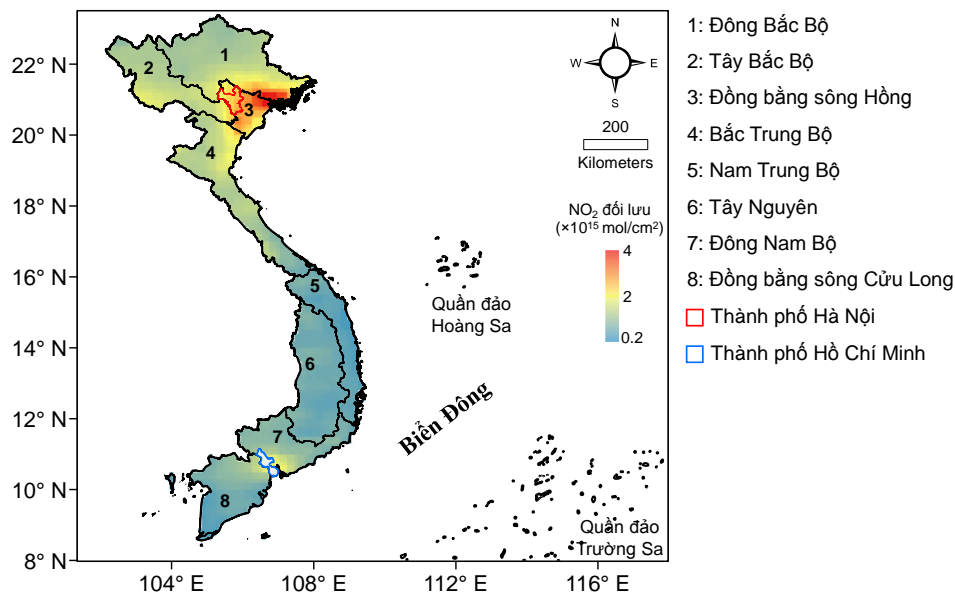


Hình 4. Giá trị trung bình tháng của NO₂ đối lưu giai đoạn 2010-2020.

Hình 4 cho thấy sự thay đổi theo tháng của NO₂ đối lưu tại Việt Nam. Nhìn chung, giá trị NO₂ đối lưu đạt mức cao nhất vào tháng 3 và tháng 4, sau đó có xu hướng giảm dần từ tháng 5 cho tới tháng 9 và cuối cùng tăng nhẹ từ tháng 10. Sự gia tăng NO₂ đối lưu vào tháng 3-4 có thể do ảnh hưởng của hoạt động đốt phụ phẩm nông nghiệp (ví dụ rơm rạ) sau thu hoạch vì hoạt động này tăng mạnh vào giai đoạn tháng 3-4, đặc biệt tại khu vực đồng bằng sông Hồng và các nước láng giềng như Lào, Myanmar, và Thái Lan [26]. Ngoài ra, NO₂ phát thải từ hoạt động đốt rơm rạ tại các nước này có thể được vận chuyển đến khu vực miền Bắc nước ta theo gió mùa đông bắc vào giai đoạn tháng 3-4 [26], góp phần làm gia tăng NO₂ đối lưu tại khu vực này. Vào các tháng 5-9, tần suất và lượng mưa tại các khu vực trên cả nước gia tăng. Vì vậy, sự suy giảm NO₂ đối lưu vào giai đoạn tháng 5-9 có thể do ảnh hưởng của mưa giúp rửa trôi các chất khí ô nhiễm. Bên cạnh đó, vào giai đoạn tháng 5-9, các hoạt động đốt phụ phẩm nông nghiệp giảm [27], dẫn đến giảm lượng phát thải NO₂ và giá trị NO₂ đối lưu.

3.2. Sự phân bố không gian của NO₂ đối lưu tại Việt Nam giai đoạn năm 2010-2020

Hình 5 và hình 6 thể hiện sự phân bố theo không gian địa lý của NO₂ đối lưu trung bình toàn Việt Nam giai đoạn năm năm 2010-2020. Dựa vào kết quả phân tích, có thể thấy đồng bằng sông Hồng có giá trị NO₂ đối lưu cao nhất cả nước. Các nguồn thải NO₂ chính tại khu vực này bao gồm hoạt động giao thông vận tải, hoạt động công nghiệp, và sản xuất năng lượng [28]. Lượng NO₂ được thải ra từ các nguồn này lần lượt chiếm khoảng 40%, 35%, và 20% tổng lượng phát thải NO₂ tại đồng bằng sông Hồng [28]. Ngoài ra, các nhà máy nhiệt điện đốt than ở nước ta tập trung chủ yếu ở các tỉnh Quảng Ninh, Hải Phòng và Hải Dương (thuộc đồng bằng sông Hồng) [29–30]. Nhiệt điện đốt than là nguồn cung cấp điện chủ yếu ở nước ta và đóng góp khoảng 50% tổng lượng sản xuất điện của cả nước [31]. Bên cạnh đó, quá trình đốt than được xem là một trong các nguồn thải NO₂ chủ yếu [32], vì thế sự vận hành của các nhà máy điện này có thể góp phần làm cho lượng NO₂ đối lưu tại đồng bằng sông Hồng lớn hơn khi so sánh với những khu vực còn lại của cả nước.

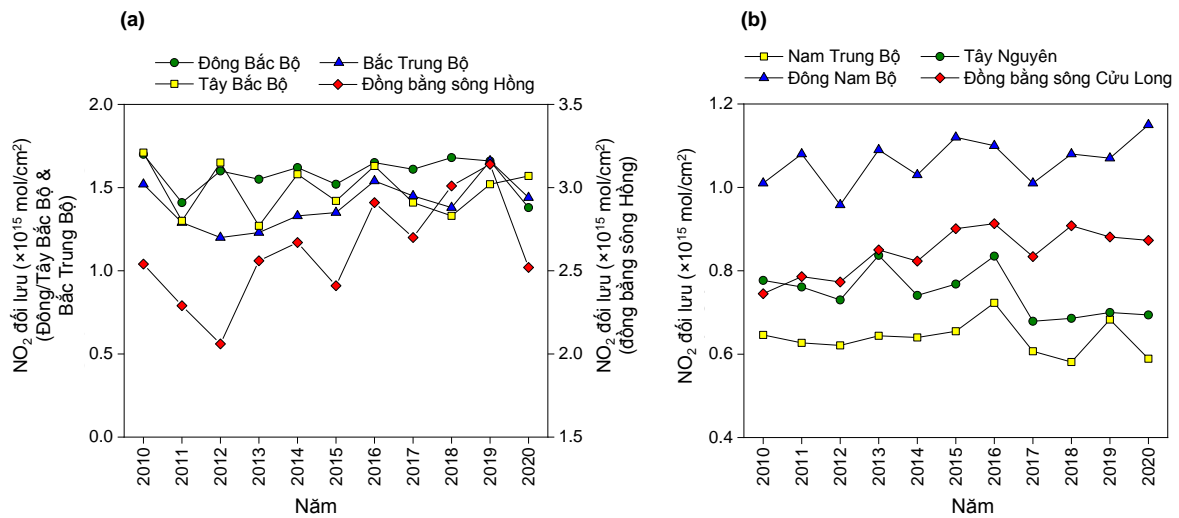


Hình 5. Giá trị trung bình NO₂ đối lưu giai đoạn 2010-2020 tại Việt Nam.

Giá trị NO₂ đối lưu tại các khu vực Đông Bắc Bộ, Tây Bắc Bộ, và Bắc Trung Bộ nhìn chung cũng khá cao. Nguồn thải NO₂ chính ở những khu vực này có thể bao gồm hoạt động giao thông vận tải, sinh hoạt (chẳng hạn như nấu nướng dùng nhiên liệu than và khí gas) và sản xuất công nghiệp [28]. Trong đó, khu sản xuất thép Thái Nguyên ở Đông Bắc Bộ cũng có thể góp phần làm tăng giá trị NO₂ đối lưu tại khu vực này vì quá trình sản xuất thép là một

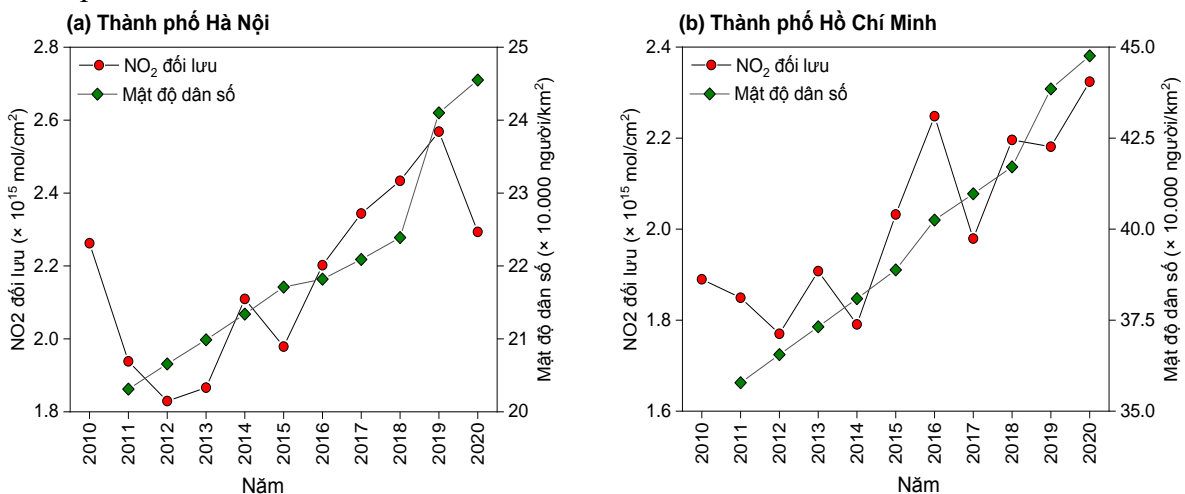
trong những nguồn phát thải NO₂ [33–34]. Ngoài ra, điều kiện khí hậu tại khu vực miền Bắc nước ta, chẳng hạn như nhiệt độ không khí, cũng có thể góp phần làm tăng giá trị NO₂ đối lưu tại khu vực này. Vào các tháng từ 12 đến tháng 4 của năm tiếp theo, nhiệt độ của không khí tại khu vực phía Bắc nhìn chung thấp hơn so với các khu vực phía Nam. Sự suy giảm nhiệt độ không khí có thể làm giảm độ cao của tầng xáo trộn khí quyển, từ đó hạn chế sự phân tán của NO₂ trong không khí và làm cho hàm lượng NO₂ trong tầng đối lưu gia tăng.

Hai khu vực có giá trị NO₂ đối lưu trung bình thấp nhất cả nước giai đoạn năm 2010-2020 là Tây Nguyên và Nam Trung Bộ (Hình 6). Hoạt động giao thông vận tải và sinh hoạt (chẳng hạn như đốt than và khí gas để nấu nướng) có thể là các nguồn thải NO₂ chính tại khu vực này. Khu vực Đông Nam Bộ và đồng bằng sông Cửu Long có giá trị NO₂ đối lưu trung bình cao hơn so với các khu vực còn lại của phía Nam (Hình 6b). Tuy nhiên, hình 5 cho thấy khu vực có NO₂ đối lưu cao chủ yếu tập trung tại thành phố Hồ Chí Minh và các khu vực xung quanh, chẳng hạn như các tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, và Long An.



Hình 6. Giá trị trung bình năm NO₂ đối lưu tại các 8 vùng từ năm 2010 đến năm 2020.

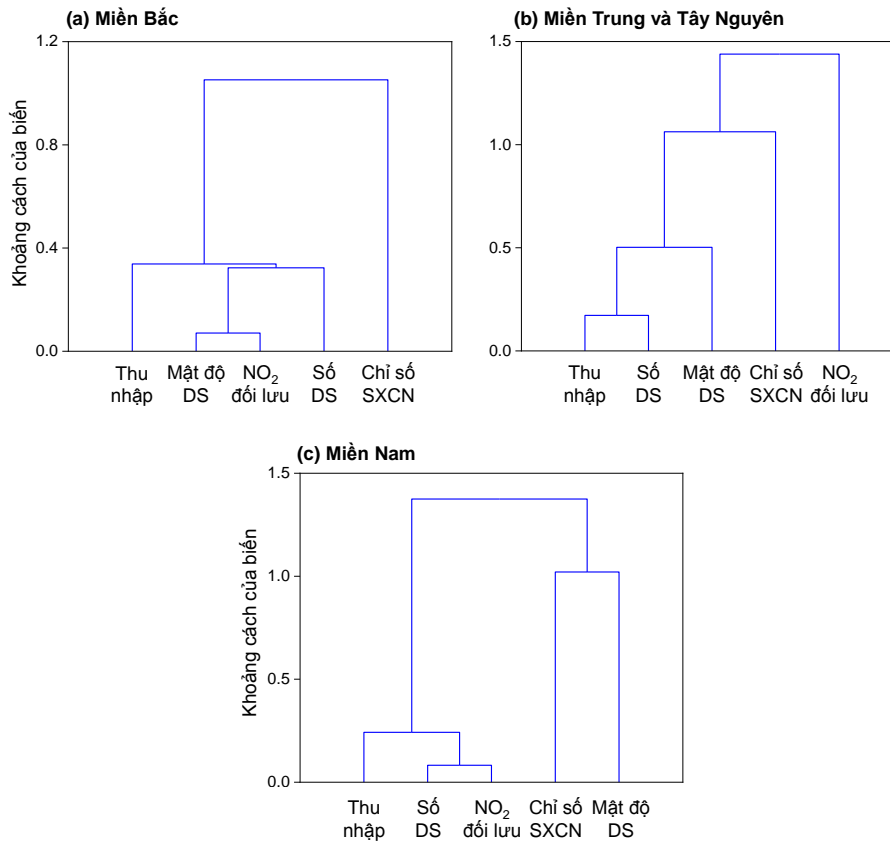
Hình 7 thể hiện diễn biến giá trị NO₂ đối lưu trung bình tại thành phố Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh từ năm 2010 đến năm 2020. Nhìn chung, NO₂ đối lưu tại hai thành phố này có xu hướng gia tăng từ năm 2010 đến năm 2020 và tỷ lệ thuận với mật độ dân số (thành phố Hà Nội: $R^2 = 0,79$, thành phố Hồ Chí Minh: $R^2 = 0,86$) (ngoại trừ vào năm 2020, mức độ NO₂ đối lưu giảm tại thành phố Hà Nội). Cả hai thành phố này đều có mật độ dân số và số lượng dân số cao nhất cả nước. Do đó, NO₂ từ những hoạt động giao thông vận tải và sinh hoạt được xem là một trong những nguồn thải NO₂ chủ yếu tại thành phố Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh.



Hình 7. Giá trị NO₂ đối lưu trung bình năm 2010-2020 tại Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh.

3.3. Mối liên hệ giữa các yếu tố kinh tế - xã hội và giá trị NO₂ đối lưu

Phương pháp phân tích cụm phân cấp (*hierachical cluster analysis*) được sử dụng để đánh giá mối liên hệ giữa NO₂ đối lưu và các yếu tố kinh tế-xã hội, bao gồm chỉ số sản xuất công nghiệp, thu nhập bình quân theo đầu người, mật độ dân số, và số lượng dân số. Kết quả phân tích cụm phân cấp được trình bày trong hình 8. Các khu vực có giá trị NO₂ đối lưu và điều kiện kinh tế - xã hội tương tự nhau được gộp chung để phân tích cụm, bao gồm miền Bắc (Đông Bắc Bộ, Tây Bắc Bộ, đồng bằng sông Hồng, và Bắc Trung Bộ), miền Trung và Tây Nguyên (Nam Trung Bộ và Tây Nguyên), và miền Nam (gồm Đông Nam Bộ và đồng bằng sông Cửu Long).



Hình 8. Kết quả phân tích cụm phân cấp của NO₂ đối lưu và các yếu tố kinh tế-xã hội tại miền Bắc, miền Trung và Tây Nguyên, và miền Nam. DS: Dân số; SXCN: Sản xuất công nghiệp.

Dựa theo kết quả phân tích cụm phân cấp, các biến có giá trị khoảng cách tương tự nhau thì được gộp chung cụm, thể hiện các biến này có mối liên hệ với nhau. Hình 8 cho thấy tại miền Bắc và miền Nam, NO₂ đối lưu có mối liên hệ với số lượng dân số, mật độ dân số, và thu nhập bình quân (Hình 8a, 8c). Kết quả này cũng cho thấy giá trị NO₂ đối lưu tại miền Bắc và Nam có thể chịu ảnh hưởng của sự đô thị hoá, đặc biệt tại hai thành phố lớn Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh. Sự gia tăng số lượng dân số là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến sự gia tăng mật độ phương tiện giao thông vận tải - một trong những nguồn thải chính của NO₂ tại Việt Nam. Vì vậy sự gia tăng số lượng và mật độ dân số góp phần làm tăng hàm lượng NO₂ đối lưu.

Ngoài ra, kết quả phân tích cụm tại khu vực miền Bắc và miền Nam cũng cho thấy tại hai vùng này, giá trị NO₂ đối lưu và thu nhập bình quân theo đầu người có mối liên hệ với nhau vì các biến này được gộp chung cụm (Hình 8a, 8c). Thu nhập bình quân theo đầu người tăng thể hiện sự phát triển kinh tế, tuy nhiên mối liên hệ giữa biến thu nhập và NO₂ đối lưu cho thấy sự phát triển của kinh tế có thể ảnh hưởng đến sự gia tăng lượng NO₂ đối lưu do NO₂ phát thải từ các hoạt động sản xuất và kinh doanh thương mại. Vì vậy, để góp phần phát

triển bền vững, các giải pháp như sản xuất sạch, tiêu dùng xanh, và kinh tế tuần hoàn là cần thiết nhằm giảm thiểu ô nhiễm không khí nhưng vẫn bảo đảm sự phát triển về kinh tế.

Đối với miền Trung và Tây Nguyên, kết quả phân tích cụm phân cấp cho thấy NO₂ đối lưu tại khu vực này có mối quan hệ mật thiết với chỉ số sản xuất công nghiệp. Đây là chỉ số thể hiện tốc độ tăng trưởng sản xuất của ngành công nghiệp và được tính toán theo tỷ lệ phần trăm giữa khối lượng sản xuất công nghiệp tạo ra trong kỳ hiện tại so với khối lượng sản xuất công nghiệp kỳ gốc. Theo kết quả phân tích, giá trị NO₂ đối lưu trung bình tại khu vực miền Trung và Tây Nguyên là thấp nhất so với những khu vực còn lại của cả nước (Hình 5 và Hình 6). Ngoài ra, số lượng dân số và mật độ dân số tại khu vực này cũng khá thấp so với miền Bắc (thấp hơn 0,45 lần) và miền Nam (thấp hơn 0,61 lần). Vì vậy, tại miền Trung và Tây Nguyên, phát thải NO₂ từ các hoạt động sản xuất công nghiệp có thể có tác động đến sự ô nhiễm không khí rõ nét hơn, dẫn đến NO₂ đối lưu tại khu vực này có mối liên hệ rõ ràng hơn với chỉ số sản xuất công nghiệp.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, giá trị NO₂ đối lưu truy xuất từ dữ liệu cảm biến OMI trên vệ tinh AURA được sử dụng để đánh giá diễn biến NO₂ đối lưu tại Việt Nam từ năm 2010 đến năm 2020. Ngoài ra, mối quan hệ giữa NO₂ đối lưu và các yếu tố kinh tế - xã hội, bao gồm thu nhập bình quân, mật độ dân số, số lượng dân số, và chỉ số sản xuất công nghiệp, cũng được đánh giá nhằm bước đầu tìm hiểu mối liên hệ của các yếu tố này đến giá trị NO₂ đối lưu. Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị trung bình NO₂ đối lưu trên cả nước giai đoạn năm 2010-2020 dao động không đáng kể. NO₂ đối lưu trung bình có sự giảm nhẹ vào năm 2020 và điều này có thể do ảnh hưởng của các đợt giãn cách xã hội trên cả nước trong đại dịch COVID-19. Ngoài ra, giá trị trung bình của NO₂ đối lưu tại Việt Nam có xu hướng tăng vào mùa khô, đặc biệt là tháng 3 và tháng 4, và giảm vào mùa mưa, đặc biệt từ tháng 5 đến tháng 9.

Xét về sự phân bố theo không gian địa lý, nghiên cứu này cho thấy trong giai đoạn năm 2010-2020, đồng bằng sông Hồng là khu vực có giá trị NO₂ đối lưu trung bình cao nhất cả nước. Ngoài ra, Tây Nguyên và Nam Trung Bộ là hai khu vực có giá trị NO₂ đối lưu thấp nhất cả nước. Bên cạnh đó, NO₂ đối lưu tại các thành phố lớn như thành phố Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh có xu hướng tăng trong giai đoạn năm 2010-2020 và tỷ lệ thuận với mật độ dân số. Nghiên cứu này cũng cho thấy giá trị NO₂ đối lưu có mối liên hệ với mật độ dân số, số lượng dân số, và thu nhập bình quân theo đầu người, đặc biệt tại khu vực miền Bắc và miền Nam.

Kết quả của nghiên cứu này góp phần cung cấp thông tin về sự ô nhiễm NO₂ trên toàn Việt Nam và tại từng khu vực của cả nước. Các nghiên cứu tiếp theo có thể đánh giá mối liên hệ của các yếu tố tự nhiên, kinh tế-xã hội đến giá trị NO₂ đối lưu, chẳng hạn như điều kiện thời tiết, số lượng nhà máy trong khu vực, và mật độ giao thông. Ngoài ra, nghiên cứu này đánh giá diễn biến NO₂ đối lưu theo từng tháng và từng năm. Trong các nghiên cứu tiếp theo, sự thay đổi của NO₂ đối lưu theo từng ngày có thể được xem xét và đánh giá nhằm tìm hiểu chi tiết hơn diễn biến theo thời gian của giá trị NO₂ đối lưu.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.T.T.N., N.T.H.; Thu thập dữ liệu: T.P.T., N.H.G.H.; Xử lý số liệu: T.P.T., N.T.H., N.T.T.N.; Viết bản thảo bài báo: T.P.T., N.H.G.H., N.T.T.N.; Chỉnh sửa bài báo: N.T.T.N.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào nguồn dữ liệu NO₂ đối lưu cung cấp bởi Trung tâm Dịch vụ Thông tin và Dữ liệu Khoa học Trái đất Goddard (GES DICS, NASA), dữ liệu phát thải NO₂ toàn cầu CAMS Global Anthropogenic Emissions, và dữ liệu về điều kiện kinh tế-xã hội tại các khu vực trên cả nước cung cấp bởi Tổng Cục Thống kê.

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. Carslaw, D.C. Evidence of an increasing NO₂/NO_x emissions ratio from road traffic emissions. *Atmos. Environ.* **2005**, *39*, 4793–4802.
2. Krotkov, N.A.; McLinden, C.A.; Li, C.; Lamsal, L.N.; Celarier, E.A.; Marchenko, S.V.; Swartz, W.H.; Bucsela, E.J.; Joiner, J.; Duncan, B.N.; Boersma, K.F.; Veefkind, J.F.; Levelt, P.E.; Fioletov, V.E.; Dickerson, R.R.; He, H.; Lu, Z.; Streets, D.G. Aura OMI observations of regional SO₂ and NO₂ pollution changes from 2005 to 2015. *Atmos. Chem. Phys.* **2016**, *16*, 4605–4629.
3. Al-Hemoud, A.; Gasana, J.; Alajeel, A.; Alhamoud, E.; Al-Shatti, A.; Al-Khayat, A. Ambient exposure of O₃ and NO₂ and associated health risk in Kuwait. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2021**, *28*, 14917–14926.
4. Stavrou, T.; Müller, J.F.F.; Boersma, K.F.; De Smedt, I.; van der A, R.J. Assessing the distribution and growth rates of NO_x emission sources by inverting a 10-year record of NO₂ satellite columns. *Geo. Res. Letters.* **2008**, *35*, L10801.
5. NASA. OMNO2 Readme Document. Data Product Version 4.0. 2019.
6. Li, R.; Mei, X.; Chen, L.; Wang, L.; Wang, Z.; Jing, Y. Long-Term (2005–2017) view of atmospheric pollutants in central China using multiple satellite observations. *Remote Sens.* **2020**, *12*, 1041.
7. Wang, C.; Wang, T.; Wang, P.; Rakitin, V. Comparison and validation of TROPOMI and OMI NO₂ observations over China. *Atmosphere* **2020**, *11*, 636.
8. Van der A, R.J.; Peters, D.H.M.U.; Eskes, H.; Boersma, K.F.; Van Roozendaal, M.; De Smedt, I.; Kelder, H.M. Detection of the trend and seasonal variation in tropospheric NO₂ over China. *J. Geophys. Res. Atmos.* **2006**, *111(D12)*, D12317.
9. Liu, X.; Yi, G.; Zhou, X.; Zhang, T.; Lan, Y.; Yu, D.; Wen, B.; Hu, J. Atmospheric NO₂ distribution characteristics and influencing factors in Yangtze river economic belt: Analysis of the NO₂ product of TROPOMI/Sentinel-5P. *Atmosphere* **2021**, *12*, 1142.
10. Currier, R.L.; Kranenburg, R.; Segers, A.J.S.; Timmermans, R.M.A.; Schaap, M. Synergistic use of OMI NO₂ tropospheric columns and LOTOS–EUROS to evaluate the NO_x emission trends across Europe. *Remote Sens. Environ.* **2014**, *149*, 58–69.
11. Chan, K.L.; Wiegner, M.; van Geffen, J.; De Smedt, I.; Alberti, C.; Cheng, Z.; Ye, S.; Wenig, M. MAX-DOAS measurements of tropospheric NO₂ and HCHO in Munich and the comparison to OMI and TROPOMI satellite observations. *Atmos. Meas. Tech.* **2020**, *13*, 4499–4520.
12. Wang, U.; Wang, J. Tropospheric SO₂ and NO₂ in 2012–2018: Contrasting views of two sensors (OMI and OMPS) from space. *Atmos. Environ.* **2020**, *223*, 117214.
13. Van Geffen, J.; Boersma, K.F.; Eskes, H.; Sneep, M.; ter Linden, M.; Zara, M.; Veefkind, J.P. S5P TROPOMI NO₂ slant column retrieval: method, stability, uncertainties and comparisons with OMI. *Atmos. Meas. Tech.* **2020**, *13*, 1315–1335.
14. Bauwens, M.; Compennolle, S.; Stavrou, T.; Müller, J.F.F.; van Gent, J.; Eskes, H.; Levelt, P.E.; R.van der A, J. P. Veefkind, Vlietinck, J.; Yu, H.; Zehner, C. Impact of Coronavirus outbreak on NO₂ pollution assessed using TROPOMI and OMI observations. *Geo. Res. Letters.* **2020**, *47*, e2020GL087978.
15. Cai, X.; Yan, Li, S.; Kong, S.; Liu, M.; Zhang, Z. Trend reversal from source region to remote tropospheric NO₂ columns. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2021**, *29(11)*, 15763–15776. Doi: 10.1007/s11356-021-16857-0.
16. Choo, G.H.; Seo, J.; Yoon, J.; Kim, D.R.; Lee, D.W. Analysis of long-term (2005–2018) trends in tropospheric NO₂ percentiles over Northeast Asia. *Atmos. Pollut. Res.* **2020**, *11*, 1429–1440.
17. Lee, C.S.; Chang, K.H.; Kim, H. Long-term (2005–2015) trends analysis of OMI retrieved NO₂ columns in Taiwan. *Atmos. Pollut. Res.* **2019**, *10*, 960–970.

18. Zhang, L.; Lee, C.S.; Zhang, R.; Chen, L. Spatial and temporal evaluation of long term trend (2005–2014) of OMI retrieved NO₂ and SO₂ concentrations in Henan Province, China. *Atmos. Environ.* **2017**, *154*, 151–166.
19. He, Q.; Qin, K.; Cohen, J.B.; Loyola, D.; Li, D.; Shi, J.; Xue, Y. Spatially and temporally coherent reconstruction of tropospheric NO₂ over China combining OMI and GOME-2B measurements. *Environ. Res. Lett.* **2020**, *15*, 125011.
20. Goldberg, D.L.; Lu, Z.; Oda, T.; Lamsal, L.N.; Liu, F.; Griffin, D.; McLinden, C.A.; Krotkov, N.A.; Duncan, B.N.; Streets, D.G. Exploiting OMI NO₂ satellite observations to infer fossil-fuel CO₂ emissions from U.S. megacities. *Sci. Total Environ.* **2019**, *695*, 133805.
21. Ân, Đ.D.; Linh, L.V.; Hùng, Đ.D.; Thông, M.T. Đánh giá tổng cột tầng đối lưu NO₂ và O₃ từ mô hình CMAQ và vệ tinh AURA/OMI. *Tap chí Môi trường* **2016**, *7*, 27–32.
22. Phuong, D.T.K.; Nhut, M.C.; Tri, N.D. Air Pollution Assessment Using RS and Gis in Ho Chi Minh City, Viet Nam: A Case Study of Period 2015-2019 for SO₂ and NO₂. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2021**, *652*, 012004.
23. Nguyen, H.T.; Nguyen, T.N.T. Temporal variation of tropospheric NO₂ columns in Vietnam during 2015-2020. *J. Tech. Educ. Sci.* **2021**, *67*, 87–92.
24. CAMs. The Copernicus Atmosphere Monitoring Service global and regional emissions (April 2019 version). 2019.
25. OriginLab. Origin User Guide. 2020.
26. Ngoc, B.A.P.; Delbarre, H.; Deboudt, K.; Dieudonné, E.; Tran, D.N.; Thanh, S.L.; Pelon, J.; Ravetta, F. Key factors explaining severe air pollution episodes in Hanoi during 2019 winter season. *Atmos. Pollut. Res.* **2021**, *12*, 101068.
27. Ngo, T.X.; Do, N.T.N.; Phan, H.D.T.; Tran, V.T.; Mac, T.T.M.; Le, A.H.; Do, N.V.; Bui, H.Q.; Nguyen, T.T.N. Air pollution in Vietnam during the COVID-19 social isolation, evidence of reduction in human activities. *Int. J. Remote Sens.* **2021**, *42*, 6126–6152.
28. VAST-IIASA. Future air quality in Ha Noi and northern Vietnam. 2018.
29. VEA. National Environment Report 2016-2020. 2021.
30. Phuoc, N.H.; Ongsakul, W.; Manjiparambil, N.M.; Sasidharan, N. A slack-bus-independent loss sensitivity approach for optimal day-ahead generation scheduling. *Electr. Eng.* **2022**, *104*, 421–434.
31. EVN. Annual Report. 2021.
32. Alnaim, A.; Sun, Z.; Tong, D. Evaluating machine learning and remote sensing in monitoring NO₂ emission of power plants. *Remote Sens.* **2022**, *14*, 729.
33. Li, X.; Sun, W.; Zhao, L.; Cai, J. Material metabolism and environmental emissions of BF-BOF and EAF steel production routes. *Miner. Process. Extr. Metall. Rev.* **2018**, *39*, 50–58.
34. Musah, B.I.; Peng, L.; Xu, Y. Evaluation of chromium application in the steel Industry in China: Implications on environmental quality. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2021**, *728*, 012011.

Evaluation of tropospheric nitrogen dioxide (NO₂) over Vietnam in the period of 2010 and 2020

Nguyen Thi Tuyet Nam^{1*}, Tran Phuoc Tan¹, Nguyen Hoang Gia Huy¹, Nguyen Thi Hoa¹

¹ Faculty of Environment, Saigon University; ntnam@sgu.edu.vn;
drawt2003@gmail.com; giahuy61103@gmail.com; nthoa@sgu.edu.vn

Abstract: Tropospheric nitrogen dioxide (NO₂) indicates the total number of NO₂ molecules per unit area in a column of atmosphere from the ground surface to the tropospheric layer. In this study, tropospheric NO₂ data retrieved from the OMI sensor onboard the AURA satellite was used to investigate the spatial and temporal variation of tropospheric NO₂ in Vietnam from 2010 to 2020. Additionally, relationships between the tropospheric NO₂ and several socio-economic parameters, including average income, population density, number of populations, and index of industrial production, were evaluated using hierarchical cluster analysis to understand the effect of these parameters on the tropospheric NO₂ in Vietnam. The results revealed that the average tropospheric NO₂ over Vietnam experienced a moderate fluctuation between 2010 and 2020. In addition, the dry season (i.e., March and April) and rainy season (i.e., May to October) tended to have the highest and lowest values of tropospheric NO₂, respectively. Regarding the spatial variation, the highest and lowest tropospheric NO₂ values were observed in the Red River Delta and the South-Central Coast of Vietnam, respectively. Based on the hierarchical cluster analysis, tropospheric NO₂ in the northern and southern areas showed relationships with population density, number of populations, and average income. This study thus provides information about tropospheric NO₂ in Vietnam over a long-term period and supports decision-making related to reducing NO₂ pollution.

Keywords: NO₂; Tropospheric NO₂; Satellite; OMI/AURA; Vietnam.

Bài báo khoa học

Đánh giá tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu – Nghiên cứu điển hình tại tỉnh Tây Ninh

Lê Ngọc Tuấn^{1*}

¹ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh;
lntuan@hcmus.edu.vn

*Tác giả liên hệ: lntuan@hcmus.edu.vn; Tel.: +84–908391379

Ban Biên tập nhận bài: 15/4/2023; Ngày phản biện xong: 12/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá tính dễ bị tổn thương (DBTT) do biến đổi khí hậu (BĐKH) ở quy mô cấp tỉnh, thí điểm tại tỉnh Tây Ninh đến năm 2030. Trên cơ sở điều tra, khảo sát, tham vấn chuyên gia, phương pháp chỉ số và kỹ thuật GIS, tác động tiềm tàng của BĐKH (PI) được đánh giá thông qua khả năng phơi nhiễm (E) và tính nhạy cảm (S) của hệ thống. Kết quả đánh giá tổng hợp mức độ (tức trị số PI) và phạm vi (tức diện tích có PI lớn) chỉ ra mối quan tâm tại Trảng Bàng, Châu Thành, Bến Cầu, Tân Biên và Tân Châu. Tiếp sau đó, khả năng thích ứng (KNTU) với BĐKH (AC) phân theo khu vực, nguồn lực và đối tượng được đánh giá tổng hợp thông qua nguồn nhân lực, tài chính, vật chất và thể chế. Từ đó, tính DBTT do BĐKH (V) được chỉ ra trong mối quan hệ với các thách thức hay rào cản liên quan đến E, S, AC của hệ thống. Chỉ số V hiện mức trung bình thấp (cao nhất tại Trảng Bàng, Bến Cầu), chi phối chủ yếu bởi AC và E. Xét đến năm 2030, để cải thiện tình trạng DBTT, tăng cường hiệu quả ứng phó BĐKH tại tỉnh Tây Ninh, đòi hỏi gia tăng AC tối thiểu 1/2 mức kì vọng, theo đó, đầu tư phát triển các nguồn lực thích ứng nên được ưu tiên, tiếp sau là những giải pháp đối phó với các điều kiện bất lợi của khí hậu.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu; Khả năng thích ứng; Sự phơi nhiễm; Tính nhạy cảm; Tính dễ bị tổn thương.

1. Mở đầu

Biến đổi khí hậu (BĐKH) từ lâu đã là rào cản của quá trình phát triển. Tác động của BĐKH khi xem xét độc lập với khả năng thích của các đối tượng, lĩnh vực, khu vực có liên quan có thể dẫn đến những nhận định sai lầm như cường điệu tác động tại nơi này nhưng xem nhẹ tác động tại nơi khác. Tiếp cận đánh giá tính dễ bị tổn thương (DBTT) do BĐKH từng bước cải thiện hạn chế nêu trên, đồng thời tạo động lực cho sự điều chỉnh và phát triển [1]. Các quan điểm và phương pháp luận khác nhau hình thành ba hướng nghiên cứu cơ bản về tính DBTT: do sự phơi nhiễm tiềm tàng với các hiểm họa tự nhiên; do khả năng thích ứng (KNTU) xã hội (gồm sức chống chịu và khả năng phục hồi trước các mối nguy); hoặc do cả hai khía cạnh nêu trên tại một khu vực địa lý cụ thể [2–3]. Tính DBTT do BĐKH được hiểu là những tác động còn lại sau khi thực hiện các giải pháp thích ứng; cấu thành từ sự phơi nhiễm với mối nguy (E), tính nhạy cảm (S) và KNTU (AC) của hệ thống [4–5]. Hệ thống các chỉ thị và phương pháp chỉ số thường được sử dụng trong nghiên cứu, đánh giá riêng biệt từng cấu phần E, S, AC [6–8] hoặc đánh giá tổng hợp các tác động tiềm tàng (PI) cũng như tính DBTT do BĐKH (V) [9] bởi tính ưu việt trong nhận diện các khiếm khuyết của hệ thống, phân cấp ưu tiên và hỗ trợ ra quyết định [1].

Tây Ninh là tỉnh thuộc miền Đông Nam Bộ, bên cạnh những thành tựu về phát triển kinh tế - xã hội là hàng loạt vấn đề liên quan đến BĐKH và thiên tai [10]. Trong hơn 3 thập kỉ gần đây, nhiệt độ trung bình năm có xu thế gia tăng 0,028 °C/năm, dự báo tăng 3,6°C (RCP8.5) vào cuối thế kỉ 21 so với giai đoạn 1986-2005 [11].

Tương tự, các số liệu ứng với lượng mưa năm là +7,95-8,8 mm/năm và +22-26% (RCP8.5) [12]; ứng với mực nước trung bình tại trạm Gò Dầu trên sông Vàm Cỏ Đông là +0,46 cm/năm và +49 cm (RCP8.5). Theo đó, diện tích ngập triều và ngập lũ năm 2100 ước tính khoảng 9.557 ha và 29.805 ha, tương ứng 2,4% và 12,6% diện tích toàn tỉnh. Xâm nhập mặn (XNM) có dấu hiệu tăng cường ở khu vực hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai nhưng ảnh hưởng không đáng kể đến các hoạt động dân sinh, kinh tế trên địa bàn tỉnh (vào cuối thế kỉ, độ mặn cao nhất trong sông chỉ khoảng 1,5‰) [13]. Bên cạnh đó, trong bối cảnh BĐKH, các hiện tượng giông lốc, mưa lớn, mưa trái mùa... xảy ra thường xuyên và phức tạp hơn, ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động sản xuất, tài sản cũng như chất lượng cuộc sống của cộng đồng dân cư, đặc biệt tại các huyện Trảng Bàng, Tân Biên, Bến Cầu và Gò Dầu...

Trong nghiên cứu này, các phương pháp điều tra, khảo sát, tham vấn chuyên gia, phương pháp chỉ số và kỹ thuật GIS được sử dụng nhằm mục tiêu đánh giá tính DBTT do BĐKH tại tỉnh Tây Ninh đến năm 2030. Cụ thể như sau:

- Tác động tiềm tàng của BĐKH được đánh giá thông qua khả năng phơi nhiễm và tính nhạy cảm của hệ thống: xác định các yếu tố BĐKH tác động đáng kể; các đặc điểm tự nhiên, kinh tế, xã hội (TN, KT, XH) nhạy cảm; các khu vực, lĩnh vực tiềm tàng tác động của BĐKH.

- KNTU với BĐKH của hệ thống được xem xét nhằm xác định các nguồn lực còn hạn chế, các khu vực đáng quan tâm và các khiếm khuyết trong KNTU của cộng đồng dân cư (CĐDC) và chính quyền địa phương (CQĐP).

- Xác định các khu vực DBTT, nhận diện các nguyên nhân liên quan đến sự phơi nhiễm, tính nhạy cảm hoặc KNTU với BĐKH - đóng góp cơ sở quan trọng cho việc hoạch định các giải pháp ứng phó tương thích.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: lĩnh vực nông nghiệp; phi nông nghiệp (công nghiệp, dịch vụ, du lịch, xây dựng, giao thông, năng lượng); một số khía cạnh xã hội (giáo dục, y tế); cộng đồng dân cư; cơ quan quản lý chuyên ngành; chính quyền địa phương.

- Phạm vi không gian: tỉnh Tây Ninh, chi tiết đến cấp huyện bao gồm Dương Minh Châu, Châu Thành, Trảng Bàng, Bến Cầu, Gò Dầu, Hòa Thành, Tân Biên, Tân Châu, TP. Tây Ninh (Hình 1).

- Phạm vi thời gian: tác động và tính DBTT do BĐKH được đánh giá đến năm 2030.

- Giới hạn nghiên cứu: do hạn chế của phần mềm SimCLIM, kịch bản biến đổi của một số hiện tượng khí hậu cực đoan (như bão, áp thấp nhiệt đới, gió mùa, rét đậm, rét hại, nắng nóng, hạn hán) và kịch bản lượng mưa cực trị (gồm lượng mưa 01 ngày lớn nhất trung bình, lượng mưa 05 ngày lớn nhất trung bình) không thuộc phạm vi của nghiên cứu này.

2.2. Phương pháp điều tra, khảo sát

Điều tra, khảo sát, thu thập thông tin, dữ liệu phục vụ đánh giá KNTU với BĐKH:

- Cộng đồng dân cư: Trên cơ sở các điều kiện tự nhiên (vị trí địa lý, địa hình, tình hình thiên tai...), đặc điểm khu vực (thành thị, nông thôn), điều kiện tổ chức... tiến hành điều tra, khảo sát (400 phiếu, phân bố 100 phiếu/huyện) về đặc điểm dân cư; kiến thức, thái độ, hành động ứng phó BĐKH của CĐDC; các nguồn lực sinh kế hộ gia đình (nhân lực, tài chính, vật chất, xã hội...) tại các khu vực đại diện, bao gồm Thành phố Tây Ninh (phường 1, phường 3 và Ninh Sơn), Huyện Châu Thành (xã Trí Bình, Hòa Hội và thị trấn Châu Thành), Huyện Bến Cầu (xã Long Chữ, Tiên Thuận và thị trấn Bến Cầu), Huyện Trảng Bàng (xã Phước Chỉ, An Hòa và thị trấn Trảng Bàng).

- Chính quyền địa phương: Điều tra, khảo sát (250 phiếu) kiến thức, thái độ, nhiệm vụ và hành động ứng phó BĐKH của cán bộ quản lý (CBQL) tại các Sở, ban, ngành chức năng, UBND các huyện/ thị, Công ty TNHH MTV Cấp thoát nước và Công ty Điện lực Tây Ninh. Thu thập thông tin, tài liệu, dữ liệu liên quan đến công tác quản lý nhà nước về BĐKH: cơ

cấu tổ chức, nhân sự, chức năng, nhiệm vụ; nguồn lực phát triển KTXH và ứng phó BĐKH (thể chế - chính sách, nhân lực, tài chính/ngân sách, vật chất, xã hội...); tình hình lồng ghép vấn đề BĐKH vào các quy hoạch, kế hoạch phát triển; điều hành/ phối hợp triển khai các kế hoạch, chương trình, dự án, hoạt động ứng phó BĐKH và kết quả đạt được...



Hình 1. Phạm vi nghiên cứu.

2.2. Tham vấn chuyên gia

Trên cơ sở các nghiên cứu trong và ngoài nước có liên quan [14–19], bộ chỉ thị (BCT) đánh giá tính DBTT do BĐKH được thiết lập sơ bộ trước khi tham vấn ý kiến chuyên gia (30 chuyên gia) nhằm điều chỉnh, bổ sung và hoàn thiện - hướng đến mục tiêu đảm bảo tính đại diện, hệ thống và khả thi. Trong đó, các yếu tố BĐKH và tính chất cơ bản được thể hiện; các đặc điểm chính yếu của hệ thống được xem xét trong mối quan hệ với tính nhạy cảm BĐKH; các nguồn lực phát triển được nhận diện phù hợp đồng thời phản ánh KNTU với BĐKH.

2.3. Phương pháp chỉ số

Áp dụng để đánh giá tác động tiềm tàng và tính DBTT do BĐKH tại tỉnh Tây Ninh. Các bước thực hiện (1-4) được mô tả như sau:

(1) Thiết lập bộ chỉ thị (BCT) phục vụ đánh giá:

BCT đánh giá V tại tỉnh Tây Ninh gồm 72 chỉ thị được phân loại, phân cấp, gán trọng số phù hợp. Theo tính chất (trong mối quan hệ với BĐKH), bố cục BCT gồm 03 cấu phần (E, S, AC) - nhìn chung đáp ứng tính hệ thống, đại diện và khả năng thu thập dữ liệu:

+ BCT đánh giá E (Bảng 2): Xem xét 7 hiện tượng (13 chỉ thị), gồm nhiệt độ (2), lượng mưa (2), giông bão (2), lũ (2), hạn (1), XNM (1) và ngập lụt (3).

+BCT đánh giá S (Bảng 3): Tiếp cận 3 nhóm đặc điểm (19 chỉ thị), gồm tự nhiên (liên quan đến tài nguyên rừng, đất và nước, 7), kinh tế (diện tích sản xuất, sự phụ thuộc vào kinh tế nông nghiệp, 6) và xã hội (đặc điểm dân cư, lao động và việc làm, 6).

+ BCT đánh giá AC (Bảng 5): Tập hợp 4 nhóm nguồn lực thích ứng của CĐDC và CQĐP (40 chỉ thị), gồm nhân lực (như lao động, trình độ, sức khoẻ, nhận thức về BĐKH; 13) Tài chính (quy mô nền kinh tế, ngân sách đầu tư, vốn tích lũy, sự đa dạng các nguồn thu; 5) Vật chất (hạ tầng công cộng, ứng cứu sự cố thiên tai, cơ sở vật chất hộ gia đình; 17) Thẻ chế - chính sách BĐKH (hệ thống quản lý nhà nước về BĐKH, chính sách ứng phó BĐKH, chính sách phát triển lồng ghép vấn đề BĐKH, 5).

(2) Chuẩn hóa giá trị của các chỉ thị

Các chỉ thị khác nhau có ý nghĩa giá trị và đơn vị khác nhau, vì thế cần chuẩn hoá về cùng thang giá trị từ 0-100. Đối với các chỉ thị tỉ lệ (%), nếu tỉ lệ được xét trong cùng một hệ thống (toàn vùng nghiên cứu), giá trị chuẩn hoá tương đương giá trị tỉ lệ. chỉ thị được chuẩn hoá bằng cách giữ nguyên giá trị và bỏ đơn vị %. Đối với ngập lụt và XNM: do ảnh hưởng khác biệt giữa các khoảng giá trị nên độ sâu ngập và độ mặn được chuẩn hóa như sau: 0,1-0,3m và 0-1‰ tương ứng 0-25; 0,3-0,5 m và 1-4‰ tương ứng 25-50; 0,5-1 m và 4-18‰ tương ứng 50-75; 1,0-3,0 m và 18-33‰ tương ứng 75-100.

(3) Tính toán chỉ số tổng hợp

Tính toán các chỉ số tổng hợp (E, S, AC) trên cơ sở giá trị chuẩn hoá của chỉ thị thứ i và trọng số ưu tiên wi (được tính toán bằng tích số giữa trọng số riêng và các trọng số nhóm của chỉ thị i [1, 4]. Chỉ số PI bằng trung bình nhân của chỉ số E và S (thay vì trung bình cộng) nhằm đảm bảo PI tại một khu vực chỉ được xét (> 0) khi đồng thời hiện diện yếu tố phơi nhiễm và khía cạnh nhạy cảm với BĐKH tại khu vực đó. Chỉ số V là hàm số của chỉ số E, S và AC hay PI và AC, được tính toán bằng các công thức dưới đây [20–21]:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i * W_{Ei} \quad S = \sum_{i=1}^n S_i * W_{Si} \quad PI = \sqrt{E * S}$$

$$AC = \sum_{i=1}^n AC_i * W_{ACi} \quad V = (\sqrt{E * S} + 100 - AC) / 2$$

Trong đó E, S, PI, AC, V lần lượt là chỉ số phơi nhiễm, chỉ số nhạy cảm, chỉ số tác động tiềm tàng, chỉ số KNTU và chỉ số DBTT do BĐKH; E_i, S_i, AC_i lần lượt là giá trị chuẩn hoá của chỉ thị thứ i trong cấu phần E, S và AC; W_{Ei}, W_{Si}, W_{ACi} lần lượt là trọng số ưu tiên của chỉ thị thứ i trong cấu phần E, S và AC; n: số lượng các chỉ thị thành phần trong mỗi cấu phần E, S và AC.

(4) Xây dựng bản đồ chỉ số và đánh giá

Bảng 1 trình bày thang chỉ số đánh giá E, S, PI, V dao động từ 0-100, phản ánh mức độ phơi nhiễm, nhạy cảm, tác động tiềm tàng và tính DBTT do BĐKH từ thấp đến cao. Phần mềm ArcGIS 10.2 và Mapinfo 11.0 được sử dụng để tính toán, trực quan hóa kết quả nghiên cứu dưới dạng bản đồ chuyên đề. Các công cụ kỹ thuật được sử dụng chủ yếu gồm: tính toán không gia (*Raster calculator*); thống kê không gian (*Zonal statistics*); phương pháp nội suy không gian - IDW.

Bảng 1. Thang chỉ số đánh giá E, S, PI, V.

Chỉ số	[0-5)	[5-10)	[10-15)	[15-20)	[20-25)	[25-30)	[30-35)	[35-40)	[40-45)	[45-50)
Mức độ	THẤP					TRUNG BÌNH THẤP				
	TRUNG BÌNH CAO					CAO				
Chỉ số	[50; 55)	[55; 60)	[60; 65)	[65; 70)	[70; 75)	[75; 80)	[80; 85)	[85; 90)	[90; 95)	[95; 100]

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá khả năng phơi nhiễm với BĐKH tại tỉnh Tây Ninh

Xu thế phơi nhiễm với BĐKH: chỉ số E trung bình tỉnh Tây Ninh tăng từ 39,0 đến 41,4 vào năm 2030, ở mức trung bình thấp (dao động 28,5-51,3 giữa các huyện), chênh lệch không đáng kể giữa 2 giai đoạn - được giải thích bởi đặc tính ít biến động trong thời gian ngắn của các yếu tố khí tượng, thủy văn và thiên tai. Năm 2030, tỉ lệ diện tích phơi nhiễm với BĐKH ở mức thấp, trung bình thấp và trung bình cao lần lượt là 1%, 82,3% và 17,4% diện tích tự nhiên (Hình 2, Bảng 6).

Yếu tố BĐKH đáng quan tâm: Năm 2030, chỉ số E với các hiện tượng (E.ht) dao động từ 8,8-57,8, phân thành 03 nhóm rõ nét:

Nhóm 1 gồm những hiện tượng có nhiều khả năng xảy ra và phạm vi hiện diện đáng kể tại tỉnh; E.ht dao động từ 54,1-57,8 (năm 2030); xếp theo thứ tự giảm dần là mưa lớn, nhiệt độ tăng và giông lốc. Các điều kiện chi phối chính yếu bao gồm: sự gia tăng lượng mưa tại các khu vực vốn đã có lượng mưa cao (như Châu Thành, Tân Biên, Tp Tây Ninh); mức độ gia tăng nhiệt độ cực trị (đặc biệt tại Tp Tây Ninh, Hoà Thành, Châu Thành, Tân Biên...); số lượng (Trảng Bàng, Tân Biên, Tân Châu, Bến Cầu) và cường độ các cơn giông lốc gây ảnh hưởng (Trảng Bàng, Tân Biên, Châu Thành). Dữ liệu chi tiết xem tại [21–22] do giới hạn dung lượng của bài báo.

Nhóm 2 liên quan đến khả năng phơi nhiễm với ngập lụt (ngập triều và ngập lũ), hiện diện tại một số khu vực nhất định trên địa bàn tỉnh; E.ht dao động từ 31,2-43,5 (năm 2030), mức trung bình thấp. Thời gian ngập sâu kéo dài (Trảng Bàng, Châu Thành, Gò Dầu, Bến Cầu) và phạm vi ngập sâu (Châu Thành, Bến Cầu, Gò Dầu) là các khía cạnh đáng quan tâm. Dữ liệu chi tiết xem tại [23].

Nhóm 3 gồm xâm nhập mặn và hạn hán, chỉ số phơi nhiễm thấp do phạm vi hiện diện cục bộ (Trảng Bàng, Gò Dầu).

Khu vực phơi nhiễm với BĐKH đáng quan tâm: Xét ở quy mô huyện thị, chỉ số E dao động từ 28,5-51,3, mức trung bình thấp đến trung bình. Trong đó, huyện Trảng Bàng phơi nhiễm với 5/7 hiện tượng, đáng lưu ý là giông lốc, mưa lớn, nhiệt độ tăng, lũ lụt; Châu Thành (5/7, đặc biệt là lũ lụt, mưa lớn, giông lốc); Bến Cầu (5/7, lũ lụt, giông lốc, mưa lớn, nhiệt độ tăng); Tân Biên (4/7, giông lốc, mưa lớn, nhiệt độ, lũ lụt), Tân Châu (3/7, nhiệt độ tăng, giông lốc).

Bảng 2. Bộ chỉ thị đánh giá khả năng phơi nhiễm với BĐKH tại tỉnh Tây Ninh.

Hiện tượng (1)	Chỉ thị (2)	Ký hiệu	Trọng số		
			(1)	(2)	Ưu tiên
Nhiệt độ	Phân bố nhiệt độ tối cao	E.1.1	0,1	0,4	0,04
	Mức độ gia tăng nhiệt độ tối cao so với giai đoạn 1986 - 2005	E.1.2		0,6	0,06
Lượng mưa	Phân bố lượng mưa	E.2.1	0,14	0,4	0,056
	Mức độ gia tăng lượng mưa mùa mưa so với giai đoạn 1986 - 2005	E.2.2		0,6	0,084
Bão, ATNĐ, giông lốc, sấm sét	Số lượng cơn bão, áp thấp nhiệt đới, giông, lốc xoáy, sấm sét gây ảnh hưởng trong 10 năm	E.3.1	0,18	0,45	0,081
	Số cơn bão từ cấp 10 trở lên gây ảnh hưởng trong 10 năm	E.3.2		0,55	0,099
Lũ lụt	Số trận lũ gây ảnh hưởng trong 10 năm	E.4.1	0,19	0,45	0,0855
	Phạm vi và độ sâu ngập lớn nhất	E.4.2		0,55	0,1045
Hạn hán	Chỉ số khô hạn và mức độ biến đổi trong 20 năm	E.5.1	0,11	1	0,11
XNM	Phạm vi và độ mặn cao nhất	E.6.1	0,16	1	0,16

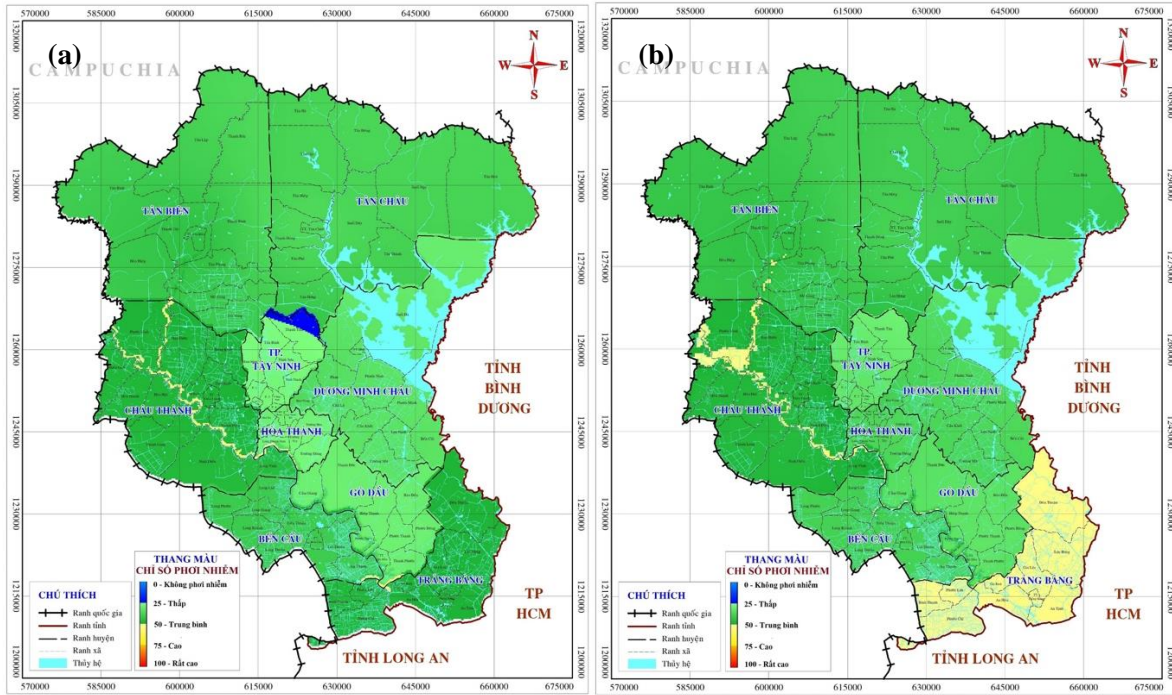
Hiện tượng (1)	Chỉ thị (2)	Ký hiệu	Trọng số		
			(1)	(2)	Ưu tiên
Ngập triều	Phạm vi và độ sâu ngập lớn nhất	E.7.1		0,55	0,066
	Số lần ngập > 1m trong khoảng thời gian mô phỏng	E.7.2	0,12	0,2	0,024
	Tỷ lệ thời gian ngập > 1m trong tổng thời gian mô phỏng	E.7.3		0,25	0,03

Bảng 3. BCT đánh giá tính nhạy cảm với biến đổi khí hậu tại tỉnh Tây Ninh.

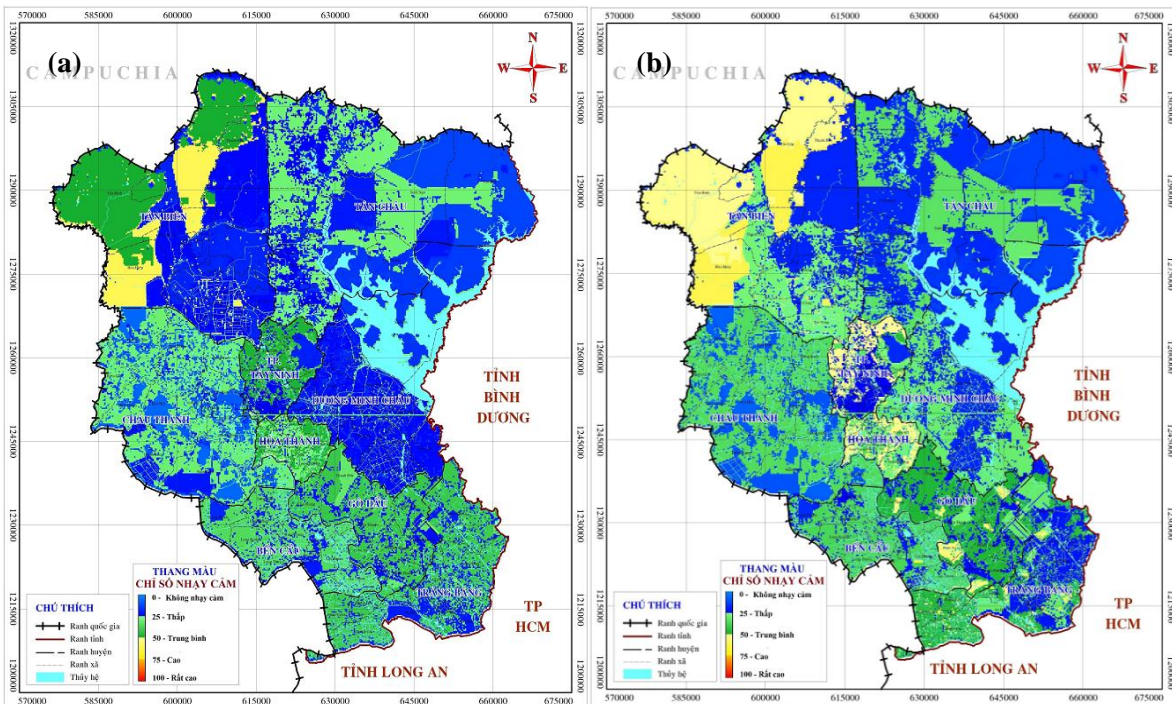
Đặc điểm (1)	Khía cạnh (2)	Chỉ thị (3)	Ký hiệu	Quan hệ	Trọng số			
					(1)	(2)	(3)	Ưu tiên
Tự nhiên	Tài nguyên rừng	Mật độ che phủ: Tỷ lệ diện tích rừng phòng hộ/DTTN	S.1.1.1	-			0,4	0,036
		Mật độ che phủ: Tỷ lệ diện tích rừng đặc dụng/DTTN	S.1.1.2	-	0,3		0,35	0,0315
		Mật độ che phủ: Tỷ lệ diện tích rừng sản xuất/DTTN	S.1.1.3	-			0,25	0,0225
	Tài nguyên đất	Đất dốc: Diện tích đất có dốc trên 30%	S.1.2.1	+		0,3	0,6	0,054
		Đất trồng: Tỷ lệ diện tích đất trồng/DTTN	S.1.2.2	+			0,4	0,036
	Tài nguyên nước	Khả năng nguồn nước mặt bình quân đầu người	S.1.3.1	-		0,4	0,6	0,072
Khả năng nguồn nước ngầm bình quân đầu người		S.1.3.2	-			0,4	0,048	
Xã hội	Mật độ dân cư	Phân bố dân cư: MĐDS trên diện tích đất có hoạt động chính của con người	S.2.1.1	+		0,25	1	0,075
	Mức sống	Thu nhập: Số hộ nghèo/Đơn vị diện tích có hoạt động sinh kế	S.2.2.1	+		0,25	1	0,075
	Lao động	Thất nghiệp: Dân số thất nghiệp/ Diện tích có hoạt động sinh kế	S.2.3.1	+			0,55	0,04125
		Tỷ lệ HGD có chủ hộ (trụ cột kinh tế) là nữ giới/ diện tích có hoạt động sinh kế	S.2.3.2	+		0,25	0,45	0,03375
	Đối tượng DBTT	Người phụ thuộc do tuổi tác: Mật độ người già, trẻ em/Diện tích hoạt động sinh kế	S.2.4.1	+	0,3		0,5	0,0375
		Người phụ thuộc do sức khỏe: Tỷ lệ HGD có người thân mắc bệnh thần kinh, tim mạch hay có trẻ dưới 5 tuổi suy dinh dưỡng/ Diện tích đất có hoạt động sinh kế	S.2.4.2	+		0,25	0,5	0,0375
Kinh tế	Diện tích sản xuất	Diện tích trồng trọt, chăn nuôi (Tỷ lệ diện tích so với DTTN)	S.3.1.1	+			0,4	0,128
		Diện tích NTTS (Tỷ lệ diện tích mặt nước NTTS/ DTTN)	S.3.1.2	+		0,8	0,35	0,112
		Diện tích sản xuất công nghiệp (Tỷ lệ diện tích SXKD/DTTN)	S.3.1.3	+			0,25	0,08
	Sự phụ thuộc vào kinh tế nông nghiệp	Tỷ trọng ngành nông nghiệp	S.3.2.1	+	0,4		0,4	0,032
		Tỷ trọng ngành NTTS	S.3.2.2	+		0,2	0,35	0,028
		Tỷ trọng ngành công nghiệp - dịch vụ	S.3.2.3	-			0,25	0,02

3.2. Tính nhạy cảm với BĐKH tại tỉnh Tây Ninh

Xu thế của tính nhạy cảm S: Chỉ số S tỉnh Tây Ninh có xu hướng gia tăng theo thời gian, đạt 35,4 vào năm 2030, mức trung bình thấp (Bảng 6 và Hình 3). So với hiện trạng, nhóm đặc điểm xã hội có mức độ nhạy cảm gia tăng nhiều nhất (1,68 lần).



Hình 2. Chỉ số phơi nhiễm với BDKH khu vực tỉnh Tây Ninh: (a) Hiện trạng, (b) Năm 2030.



Hình 3. Chỉ số nhạy cảm với BDKH khu vực tỉnh Tây Ninh: (a) Hiện trạng, (b) Năm 2030.

Đặc điểm nhạy cảm với BDKH đáng quan tâm: Chỉ số S giữa các đặc điểm TN, KT, XH có sự chênh lệch đáng kể, có thể giải thích bởi sự phân bố không gian của các đối tượng hay các hoạt động liên quan. Đáng lưu ý là nhóm đặc điểm tự nhiên, chỉ số nhạy cảm ở mức trung bình cao (54,7 năm 2030), chi phối bởi mật độ che phủ của rừng (khoảng 17% diện tích tự nhiên, 5/9 huyện thị trên địa bàn tỉnh không có rừng hoặc diện tích rất nhỏ), khả năng nguồn nước mặt bình quân đầu người (Gò Dầu, TP.Tây Ninh, Tân Biên, Hòa Thành: < 4.000 m³/người.năm, tương ứng tình trạng thiếu nước theo tiêu chuẩn của IWRA). Chỉ số S trung bình toàn tỉnh của các đặc điểm kinh tế và xã hội ở mức thấp, nhưng cũng có thể chỉ ra các

khiểm khuyết quan trọng liên quan lao động và việc làm (tỉ lệ thất nghiệp tại Gò Dầu, Châu Thành, Trảng Bàng, TP.Tây Ninh), đối tượng DBTT (tỉ lệ người phụ thuộc tại Châu Thành, Dương Minh Châu, Trảng Bàng, Gò Dầu); hoạt động nông nghiệp (Bến Cầu, Gò Dầu, Châu Thành, Trảng Bàng). Khoảng 67% diện tích tỉnh Tây Ninh được sử dụng cho nông nghiệp, đóng góp 22% GDP, lại là loại hình nhạy cảm với tác động của BĐKH... những dữ liệu này khuyến khích việc giảm sự phụ thuộc vào lĩnh vực nông nghiệp của nền kinh tế.

Khu vực nhạy cảm với BĐKH: Kết quả nghiên cứu ghi nhận sự gia tăng chỉ số S, dao động 30,5-51,0 (năm 2030) giữa các huyện: cao nhất tại Gò Dầu (51, liên quan cả 3 nhóm TN, KT XH), Hòa Thành (47,0 do TN, XH), Tp. Tây Ninh (44,7 do TN, XH), Trảng Bàng (43,9 do TN, KT, XH) và Bến Cầu (41,2 do TN, KT). Khi chỉ xét trên phạm vi phân bố các đặc điểm có liên quan, nhận diện thêm một số khu vực nhạy cảm với BĐKH tại huyện Dương Minh Châu (do XH) và Châu Thành (do KT-XH).

3.3. Tác động tiềm tàng của BĐKH tại tỉnh Tây Ninh

3.3.1. Khu vực tiềm tàng tác động của BĐKH

Từ kết quả tính toán chỉ số E và S, có thể khoanh vùng các khu vực tiềm ẩn tác động của BĐKH trên địa bàn tỉnh Tây Ninh như sau:

- Tương tự xu thế biến đổi chỉ số E và S, đến năm 2030, chỉ số PI dao động 34,0-47,1 giữa các huyện (Bảng 6 và Hình 4), gia tăng so với hiện trạng nhưng không đáng kể.

- Theo mức độ, khu vực có chỉ số PI đáng quan tâm và nguyên nhân chi phối chủ yếu (theo thứ tự giảm dần) bao gồm: Trảng Bàng (chi phối bởi E-giông lốc, mưa lớn, nhiệt độ tăng, lũ lụt và S-che phủ rừng, khả năng nguồn nước mặt), Bến Cầu (do E-lũ lụt, giông lốc, mưa lớn, nhiệt độ tăng và S- che phủ rừng), Gò Dầu (do S-che phủ rừng, khả năng nguồn nước mặt), Châu Thành (do E-lũ lụt, mưa lớn, giông lốc) và Hòa Thành (do S-che phủ rừng, khả năng nguồn nước mặt). Như vậy, Trảng Bàng, Châu Thành và Bến Cầu là các khu vực ưu tiên xem xét bởi sự phơi nhiễm BĐKH đóng vai trò là nguyên nhân chủ đạo.

- Theo phạm vi, kết quả tính toán năm 2030 cho thấy khoảng 2.009 km² (49,9% DTTN) có chỉ số PI $\geq 37,5$, chủ yếu tại huyện Châu Thành, Trảng Bàng, Tân Châu, Tân Biên, Bến Cầu (dao động 218,3-387,8 km² tại mỗi huyện). Bên cạnh 5 khu vực đã nhận diện, ghi nhận thêm Tân Châu và Tân Biên bởi một phần không nhỏ diện tích lãnh thổ tiềm ẩn các tác động đáng kể của BĐKH.

Nhận diện tổng hợp: 05 huyện thị trên địa bàn tỉnh Tây Ninh tiềm tàng tác động của BĐKH, bao gồm Trảng Bàng, Châu Thành, Bến Cầu, Tân Biên và Tân Châu.

3.3.2. Lĩnh vực đáng quan tâm trong mối quan hệ với PI

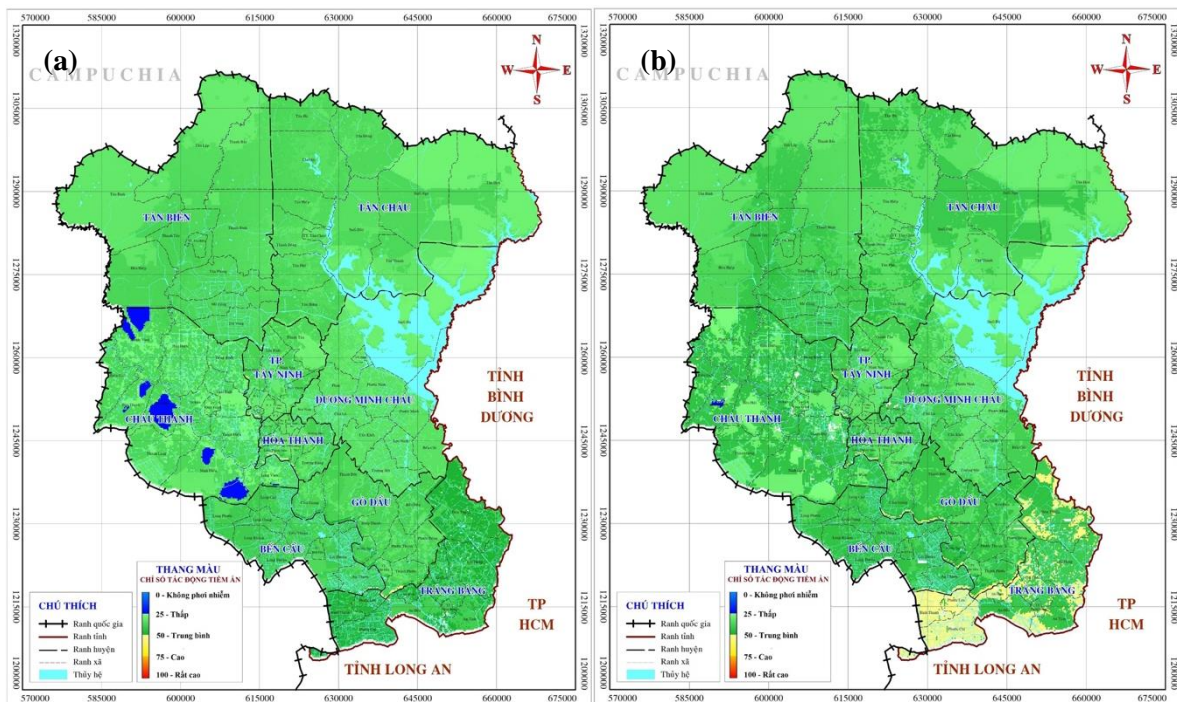
Từ Hình 4, chỉ số PI được ước tính theo phạm vi hoạt động của một số lĩnh vực TN, KT, XH quan trọng tỉnh Tây Ninh, dao động từ 30,9-43,0 (năm 2030) (Bảng 4), tạm gọi là PI-lĩnh vực (khác với PI - khu vực ở Bảng 6) nhằm định vị và nhận diện các yếu tố BĐKH có khả năng tác động đến lĩnh vực đang xét:

- Tài nguyên và môi trường: đáng quan tâm là tài nguyên nước. Nếu vấn đề tại huyện Gò Dầu, Tp Tây Ninh, Tân Biên, Hòa Thành liên quan đến khả năng nguồn nước, bối cảnh BĐKH và thiên tai tại Trảng Bàng, Châu Thành và Bến Cầu có nhiều khả năng làm suy giảm chất lượng nguồn nước.

- Nông nghiệp: tác động tiềm ẩn của BĐKH tại khu vực có rừng tương đối thấp nhưng hiện diện ở mức trung bình tại các khu vực trồng lúa (PI = 40,6) huyện Châu Thành, Tân Châu, Tân Biên, Gò Dầu, Bến Cầu... (155.489,3 ha, 75,9% diện tích canh tác) -chịu tác động bởi giông lốc, mưa lớn, lũ lụt; cây lâu năm (PI = 43) tại Tân Châu, Tp Tây Ninh (2.878,9 ha, 78,7%) - bởi mưa lớn, giông lốc; cây hàng năm (PI = 41,5) tại Bến Cầu, Gò Dầu (1.214,2 ha, 96,4%) - bởi lũ lụt, giông lốc, mưa lớn...

- Phi nông nghiệp: PI dao động 35,5-39,3 gồm công nghiệp (39,3), GTVT (39,0), du lịch (38,7), xây dựng (36,0) và thương mại (35,5). Đối với khu vực có $PI \geq 37,5$, lĩnh vực công nghiệp có 9.537 ha (chiếm 54,6% diện tích đất SXCN), chủ yếu tọa lạc tại Trảng Bàng (5.136,7 ha, ảnh hưởng bởi giông lốc, mưa lớn, lũ lụt), Gò Dầu (2.193,3 ha, do lũ lụt, mưa lớn) và Bến Cầu (1.382,9 ha, do lũ lụt, giông lốc, mưa lớn). Lĩnh vực du lịch có khả năng bị tác động tại Trảng Bàng (162,1 ha, do giông lốc, mưa lớn, lũ lụt) và Bến Cầu (30,2 ha, do lũ lụt, giông lốc, mưa lớn). Hạ tầng xây dựng có khả năng chịu nhiều tác động của BĐKH (mưa lớn, giông lốc, lũ lụt...) là đất ở (14.187,8ha, 39,6%, chủ yếu tại Trảng Bàng, Bến Cầu, Châu Thành, Gò Dầu...), GTVT (2.570 ha, 64%, tại Trảng Bàng, Bến Cầu, Tân Biên...), hạ tầng giáo dục (25,4%), văn hóa - thể thao (17,7%)...

- Lĩnh vực xã hội: BĐKH tác động nhất định đến chất lượng cuộc sống của cộng đồng, liên quan đến nơi cư trú, các vấn đề về sức khỏe (y tế), dân trí (giáo dục), đời sống tinh thần (văn hóa, TDTT)...



Hình 4. Chỉ số tác động tiềm tàng của BĐKH khu vực tỉnh Tây Ninh: (a) Hiện trạng, (b) Năm 2030.

Bảng 4. Chỉ số PI năm 2030 khoanh vùng theo khu vực hoạt động của một số lĩnh vực TN-KT-XH quan trọng tại tỉnh Tây Ninh.

Ngành/lĩnh vực	Loại hình sử dụng đất được xét		Chỉ số PI	PI $\geq 37,5$		Đặc điểm đáng quan tâm	
				(ha)	(%)	Khu vực ưu tiên (ha)	Yếu tố phơi nhiễm chủ yếu
Tài nguyên nước	Diện tích mặt nước		42,9	7.464,6	26,3	Trảng Bàng (1.910,9)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt
						Châu Thành (1.692,8)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc
Tài nguyên đất	Đất cho hoạt động khoáng sản		35,6	451,3	45,7	Bến Cầu (1.393,2)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao
						Gò Dầu (699,2)	Lũ lụt, lượng mưa, nhiệt độ cao
						Tân Biên (648,9)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt
						Trảng Bàng (216,8)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt
						Tân Biên (66,9)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt
						Bến Cầu (52,1)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao
Tài nguyên đất nông nghiệp	Đất nông nghiệp	trồng	41,3	155.489,3	75,9	Châu Thành (35.099,3)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc
						Tân Châu (23.281,1)	Nhiệt độ cao, giông lốc
						Tân Biên (21.697,4)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt
						Gò Dầu (19.642,7)	Lũ lụt, lượng mưa, nhiệt độ cao
Nông nghiệp	Cây lâu năm	Đất CLN	43,0	2.878,9	78,7	Bến Cầu (17.984,2)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao
						Tân Châu (1.269,5)	Nhiệt độ cao, giông lốc
						Tp. Tây Ninh (1.172,8)	Lượng mưa, nhiệt độ cao

Ngành/linh vực	Loại hình sử dụng đất được xét		Chỉ số PI	PI ≥ 37,5		Đặc điểm đáng quan tâm	
				(ha)	(%)	Khu vực ưu tiên (ha)	Yếu tố phơi nhiễm chủ yếu
Lúa nước	Đất chuyên lúa nước, đất trồng lúa còn lại	40,4	151.396,2	87,8	Châu Thành (35.010)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc, nhiệt độ cao	
					Tân Châu (22.007,4)	Nhiệt độ cao, giông lốc	
Cây hàng năm	Đất trồng CHN	41,5	1.214,2	96,4	Tân Biên (21.651,9)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Gò Dầu (18.267,4)	Lũ lụt, lượng mưa, nhiệt độ cao	
					Bến Cầu (17.496,3)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	
					Bến Cầu (1.035,5)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	
Chăn nuôi	Đất trồng cỏ	36,2	581,6	72,4	Gò Dầu (106,3)	Lũ lụt, lượng mưa, nhiệt độ cao	
					Châu Thành (238,8)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc	
Thủy sản	DT mặt nước KTTS	38,2	32,5	42,76	D.Minh Châu (29,5)	Lượng mưa, nhiệt độ cao, giông lốc	
Lâm nghiệp	Đất rừng đặc dụng, phòng hộ, sản xuất	30,9	551,1	0,8	Tân Châu (216,8)	Nhiệt độ, giông lốc	
					Tân Biên (125,3)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Châu Thành (122,7)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc	
Công nghiệp	Đất KCN, KCX, CCN	39,3	9.537,0	54,6	Trảng Bàng (5.136,7)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt, XNM	
					Gò Dầu (2.193,3)	Lũ lụt, lượng mưa, nhiệt độ cao	
Thương mại - Dịch vụ	Đất thương mại, dịch vụ	35,5	26,5	34,7	Bến Cầu (1.382,9)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	
					Trảng Bàng (9,1)	Giông lốc, lượng mưa, Nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Châu Thành (3,9)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc, Nhiệt độ cao	
					TP. Tây Ninh (3,8)	Lượng mưa, Nhiệt độ cao	
Du lịch	Đất có di tích, danh thắng, KDL	38,7	208,1	73,3	Gò Dầu (3,7)	Lũ lụt, lượng mưa, Nhiệt độ cao	
					Châu Thành (3,5)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc	
					Trảng Bàng (162,1)	Giông lốc, lượng mưa, Nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Bến Cầu (30,2)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	
Xây dựng	Đất phát triển hạ tầng cấp QG, cấp tỉnh, huyện, xã	36,0	35.925,6	79,2	Trảng Bàng (12.885,2)	Giông lốc, lượng mưa, Nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Gò Dầu (10.702,2)	Lũ lụt, lượng mưa, Nhiệt độ cao	
					Bến Cầu (7.949,5)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	
					Châu Thành (7.498,3)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc	
GTVT	Đất giao thông	39,0	1.569,7	63,9	Tân Biên (6.862,7)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Trảng Bàng (751,1)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Bến Cầu (155,5)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, Nhiệt độ cao	
					Tân Biên (115,7)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
Nơi cư trú	Đất ở đô thị, đất ở nông thôn	35,1	14.187,8	39,6	Gò Dầu (109,2)	Lũ lụt, lượng mưa, nhiệt độ cao	
					Châu Thành (103,8)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc	
					D. M. Châu (98,7)	Lượng mưa, nhiệt độ cao, giông lốc	
					Trảng Bàng (6.552,8)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
Văn hoá - TDTT	Đất SH-CD; khu VC-GT; cơ sở TN-TG; TDTT	34,0	48,0	17,7	Bến Cầu (1.587,4)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	
					Châu Thành (1.500,7)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc, nhiệt độ cao	
					Gò Dầu (1.496,7)	Lũ lụt, lượng mưa, nhiệt độ cao	
					Bến Cầu (19,1)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	
Xã hội	Đất cơ sở y tế	32,5	12,5	17,9	Trảng Bàng (18,7)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Châu Thành (3,3)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc	
					Trảng Bàng (15,5)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Bến Cầu (4)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	
Giáo dục	Đất cơ sở giáo dục, đào tạo	33,7	78,4	25,4	D. M. Châu (0,9)	Lượng mưa, nhiệt độ cao, giông lốc	
					Châu Thành (0,8)	Lũ lụt, lượng mưa, giông lốc, nhiệt độ cao	
					Tân Châu (0,7)	Nhiệt độ cao, giông lốc	
					Trảng Bàng (22,2)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Tân Biên (15,5)	Giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao, lũ lụt	
					Bến Cầu (10,8)	Lũ lụt, giông lốc, lượng mưa, nhiệt độ cao	

(*: chữ in đậm là các yếu tố tác động đáng kể)

Bảng 5. Bộ chỉ thị đánh giá KNTU với BĐKH -Áp dụng tại tỉnh Tây Ninh.

Nguồn lực (1)	Đối tượng (2)	Khía cạnh (3)	Chỉ thị (4)	Ký hiệu	Trọng số				
					(1)	(2)	(3)	(4)	Ưu tiên
Con người	CQĐP	Số lượng	Đội ngũ cán bộ QLNN chuyên ngành: số lượng chuyên trách mảng công tác BĐKH	số lượng CBQL	AC.1.1.1.1			0,5	0,02625
			Đội ngũ nhân viên y tế, chăm sóc sức khoẻ: tỷ lệ bác sĩ/dân số		AC.1.1.1.2		0,35	0,3	0,01575
			Đội ngũ GV, cán bộ đào tạo: tỷ lệ giáo viên/học sinh		AC.1.1.1.3			0,2	0,0105
		Phẩm chất của CBQL	Trình độ học vấn: tỷ lệ cán bộ có trình độ sau đại học		AC.1.1.2.1			0,3	0,02925
						0,6			
						0,25			

Nguồn lực (1)	Đối tượng (2)	Khía cạnh (3)	Chỉ thị (4)	Ký hiệu	Trọng số						
					(1)	(2)	(3)	(4)	Ưu tiên		
			Kiến thức về BDKH	AC.1.1.2.2	0,65		0,3		0,02925		
			Kinh nghiệm ứng phó BDKH: tỷ lệ cán bộ được tập huấn và tham gia thực tế các hoạt động phòng chống thiên tai, ứng phó BDKH	AC.1.1.2.3			0,4		0,039		
		Lao động	Tay nghề: tỷ lệ lao động có việc làm được đào tạo	AC.1.2.1.1		0,25	1		0,025		
		Sức khỏe	Giới tính: tỷ lệ nam giới	AC.1.2.2.1			0,5		0,0125		
			Thê trạng: tỷ lệ trẻ em dưới 1 tuổi được tiêm phòng đầy đủ vacxin	AC.1.2.2.2		0,25		0,5	0,0125		
	CĐDC	Trình độ	Trình độ học vấn: tỷ lệ HGD có chủ hộ / trụ cột học hết cấp 3	AC.1.2.3.1			0,5		0,0125		
				Dân trí: tỷ lệ học sinh tốt nghiệp THPT	AC.1.2.3.2		0,4		0,5	0,0125	
		Hiểu biết về BDKH	Kiến thức về BDKH	AC.1.2.4.1			0,4		0,01		
			Kinh nghiệm ứng phó BDKH: tỷ lệ HGD được tập huấn và tham gia thực tế các hoạt động phòng chống thiên tai, ứng phó BDKH	AC.1.2.4.2		0,25		0,6	0,015		
		Quy mô kinh tế	Thu nhập bình quân đầu người (PCI=GNP/dân số)	AC.2.1.1.1		0,5	1		0,075		
	Tài chính	CQĐP	Ngân sách đầu tư	Phát triển hạ tầng: tỉ lệ ngân sách đầu tư xây dựng cơ bản	AC.2.1.2.1			0,4	0,03		
				Khắc phục hậu quả thiên tai và ứng phó BDKH: tỉ lệ ngân sách đầu tư sự nghiệp môi trường	AC.2.1.2.2		0,6	0,5	0,6	0,045	
		CĐDC	Sự đa dạng các nguồn thu	Không phụ thuộc vào nông nghiệp: tỷ lệ HGD có thu nhập phi nông nghiệp chiếm hơn 1/2 tổng thu nhập	AC.2.2.1.1	0,25		0,5	1	0,05	
			Nguồn vốn	Vốn tích lũy: tỷ lệ HGD chủ động được nguồn vốn tái đầu tư SX	AC.2.2.2.2		0,4		0,5	1	0,05
		Hạ tầng thủy lợi	Đảm bảo sản xuất: tỷ lệ diện tích đất NN được đảm bảo tưới tiêu	AC.3.1.1.1			0,2	1	0,03		
	Vật chất	CQĐP	Hạ tầng GTVT	Số lượng: mật độ đường giao thông trên diện tích đất PNN, km/km ²	AC.3.1.2.1	0,25	0,6		0,2	0,5	0,015
				Chất lượng: tỷ lệ đường được nhựa hóa	AC.3.1.2.2				0,5		0,015

Bảng 5. Bộ chỉ thị đánh giá KNTU với BDKH -Áp dụng tại tỉnh Tây Ninh (tiếp).

Nguồn lực (1)	Đối tượng (2)	Khía cạnh (3)	Chỉ thị (4)	Ký hiệu	Trọng số				
					(1)	(2)	(3)	(4)	Ưu tiên
		Hạ tầng y tế	Khả năng phục vụ: số lượng giường bệnh trên dân số	AC.3.1.3.1			0,2	0,5	0,015
			Khả năng tiếp cận: số lượng cơ sở y tế/ km ² diện tích đất ở	AC.3.1.3.2				0,5	0,015
		Hạ tầng giáo dục	Khả năng phục vụ: số lượng phòng học trên tổng số học sinh	AC.3.1.4.1			0,2	0,5	0,015
			Khả năng tiếp cận: số lượng cơ sở GD/km ² diện tích đất ở	AC.3.1.4.2				0,5	0,015
		TTB, PT UP sự cố thiên tai	Mức độ đáp ứng của hệ thống quan trắc KTTV	AC.3.1.5.1			0,2	0,5	0,015
			Mức độ đáp ứng về hệ thống cảnh báo thiên tai	AC.3.1.5.2				0,5	0,015
		Nhà ở	Kiên cố, an toàn (tỷ lệ HGD có nhà cấp 4 trở lên)	AC.3.2.1.1			0,4	1	0,04
		Điện	Ổn định (tỷ lệ hộ gia đình sử dụng mạng lưới điện ổn định)	AC.3.2.2.1			0,15	1	0,015
			Ổn định (tỷ lệ HGD sử dụng nước sạch, an toàn)	AC.3.2.3.1				0,5	0,0075
		Nước sinh hoạt	Chủ động (tỷ lệ HGD có lưu chứa nước dự phòng đủ nhu cầu sử dụng của cả gia đình ít nhất 2 ngày).	AC.3.2.3.2		0,4	0,15	0,5	0,0075
		Phương tiện đi lại	Thuận tiện: tỷ lệ HGD có số xe máy, ô tô...đáp ứng nhu cầu đi chuyên	AC.3.2.4.1			0,15	1	0,015
		Thiết bị truyền thông	Tiếp nhận thông tin: tỷ lệ HGD có TV, radio...	AC.3.2.5.1				0,3	0,0045
			Trao đổi thông tin: tỷ lệ số thuê bao điện thoại	AC.3.2.5.2			0,15	0,3	0,0045
			Tra cứu thông tin: tỷ lệ số thuê bao internet	AC.3.2.5.3				0,4	0,006
		Hệ thống QLNN lĩnh vực BDKH	Cơ cấu tổ chức và hiệu quả hoạt động: số phòng-ban chuyên trách lĩnh vực BDKH	AC.4.1.1.1			0,4	1	0,1
Thê chế	CQĐP	Thê chế, chính sách UPBĐKH	Mức độ thực thi các chương trình, kế hoạch quốc gia UPBĐKH	AC.4.1.2.10,25	1			0,6	0,045
			Mức độ triển khai các nhiệm vụ, dự án UP BDKH của địa phương	AC.4.1.2.2			0,3		0,4
		Thê chế, chính sách phát triển	Mức độ lồng ghép vấn đề BDKH vào các quy hoạch, kế hoạch phát triển	AC.4.1.3.1				0,6	0,045
			Mức độ đáp ứng nhu cầu hỗ trợ KPHQTT và phục hồi sản xuất	AC.4.1.3.2			0,3	0,4	0,03

3.4. Khả năng thích ứng với BĐKH tại tỉnh Tây Ninh

Xu hướng biến đổi chỉ số AC (quy mô cấp tỉnh): Trong trường hợp kì vọng sự gia tăng tối ưu của một số chỉ thị thích ứng, đến năm 2030, dự đoán sự chuyển biến tích cực chỉ số AC tại tỉnh Tây Ninh - từ trung bình thấp đến mức cao (Bảng 6), nổi bật là nguồn lực tài chính (tăng 2,6 lần so với hiện tại), nguồn nhân lực (1,9 lần), thể chế - chính sách BĐKH (1,8 lần), sau cùng là cơ sở vật chất (1,4 lần).

Nguồn lực thích ứng BĐKH: Hiện dao động ở mức trung bình thấp đến trung bình, đáng quan tâm là nguồn nhân lực và tài chính - chỉ số thích ứng tiệm cận mức thấp. Chỉ số thích ứng của nguồn lực vật chất và thể chế BĐKH tuy vượt mức trung bình (dao động ở phân khúc đầu tiên của khoảng trị số trung bình cao) nhưng nội hàm vẫn biểu hiện một số đặc điểm cần cải thiện nhằm tăng cường KNTU tổng hợp của hệ thống, tiêu biểu như sau:

- Nguồn nhân lực: Số lượng và phẩm chất của CBQL chuyên trách lĩnh vực BĐKH là các khía cạnh cần cải thiện của CQĐP, trong khi khiếm khuyết của CĐDC liên quan đến nhận thức về BĐKH. Số lượng CBQL chuyên trách mảng BĐKH chưa phản ánh rõ nét mức độ sẵn sàng và chủ động trong công tác ứng phó BĐKH tại địa phương: hiện có khoảng 2 cán bộ chuyên trách (Sở Xây Dựng), phần lớn là kiêm nhiệm công tác (khảo sát) nên sẽ gây khó khăn cho việc đảm bảo và nâng cao hiệu quả công tác PCTT và UPBĐKH. Kết quả khảo sát nhận thức và kinh nghiệm UPBĐKH cho thấy khoảng 10% CBQL và 30% hộ dân chưa đạt yêu cầu, phần lớn ở mức trung bình khá (lần lượt 50% và 60%) (thông tin chi tiết không được trình bày trong bài báo này).

- Nguồn lực tài chính: Các khiếm khuyết phần nhiều liên quan đến CQĐP, phản ánh qua nguồn thu khiếm tốn và những hạn chế trong phân bổ ngân sách địa phương cho các hạng mục đầu tư phát triển, nhất là vốn chi sự nghiệp môi trường - dao động từ 71,6-107,8 tỷ (2015-2018). Các cá nhân, tổ chức, sở ngành thể hiện trách nhiệm với môi trường trong các hoạt động phát triển ngành, ứng phó và khắc phục hậu quả thiên tai... như Sở VH-TTDL (900 triệu); BQL VQG Lò Gò - Xa Mát (2.895 triệu), cán bộ, công chức, viên chức và doanh nghiệp (tuyển tỉnh đạt 10,6 tỷ và tuyển huyện/thành phố đạt 200-640 triệu).

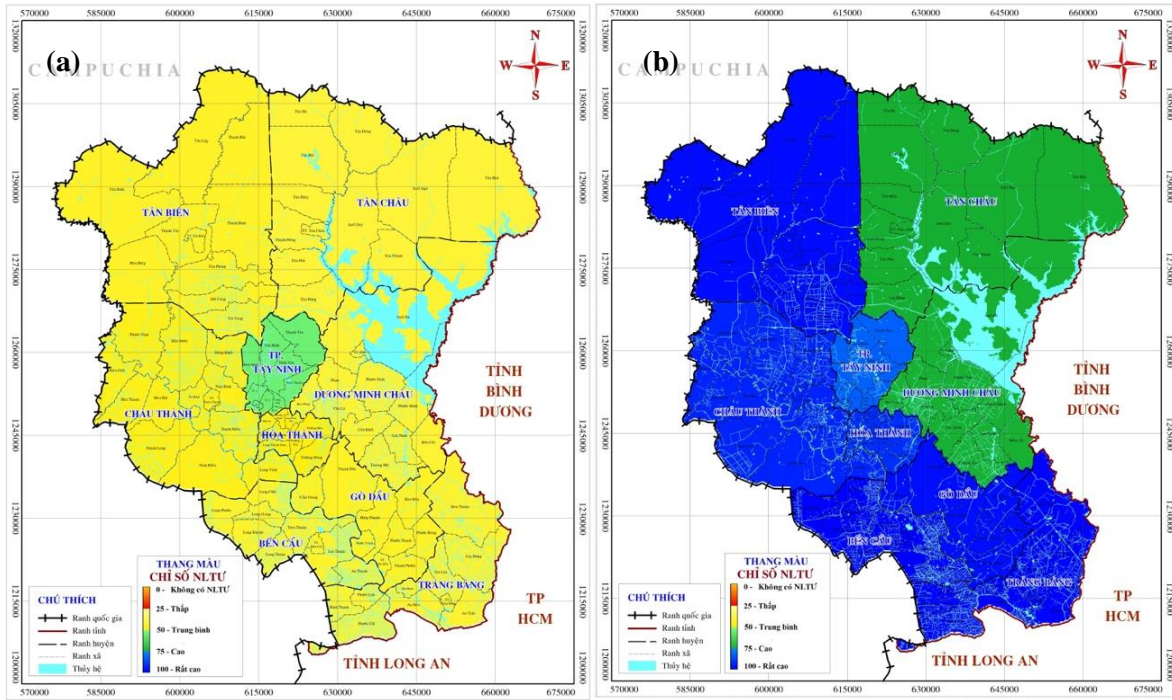
KNTU với BĐKH phân theo khu vực (quy mô cấp huyện): Chỉ số AC của các khu vực trên địa bàn tỉnh Tây Ninh hiện ở mức trung bình, dao động 40,4-54,3 (tương ứng huyện Tân Châu và TP Tây Ninh) (Hình 5 và Bảng 6). Đến năm 2030 ghi nhận sự chuyển biến tích cực chỉ số AC, dao động từ 74,5-92,4, ở mức cao (tốt). Các khu vực cần tăng cường KNTU với BĐKH (cùng với các nguồn lực liên quan - không kể chỉ số thể chế - chính sách BĐKH do tương đồng giữa các khu vực) được chỉ ra như sau: Trảng Bàng, Tân Châu (hạn chế nguồn nhân lực và tài chính), Bến Cầu, Dương Minh Châu (tài chính), Tân Biên (nhân lực).

KNTU với BĐKH phân theo đối tượng: KNTU với BĐKH của CQĐP và CĐDC hiện lần lượt ở mức trung bình thấp và trung bình cao (lần lượt 35,4 và 60,7). Trong điều kiện giả định các nguồn lực thích ứng gia tăng tối ưu, số liệu tương ứng năm 2030 là 76,0 và 80,7 - đều ở mức thích ứng tốt. KNTU của CQĐP hạn chế ở nguồn nhân lực và tài chính; đáng lưu ý tại Tân Châu (nhân lực, tài chính, vật chất), Dương Minh Châu (tài chính), Trảng Bàng (nhân lực), tiếp sau là Bến Cầu (tài chính), Châu Thành (vật chất) và Tân Biên (nhân lực và tài chính). Đối với CĐDC, nguồn lực tài chính cần được cải thiện, đặc biệt tại Bến Cầu (tài chính), Trảng Bàng (tài chính và vật chất). Kết quả tính toán còn chỉ ra các nguồn lực hạn chế của các địa phương sở hữu chỉ số AC trung bình cao như Gò Dầu (tài chính và vật chất), Tân Biên, Tân Châu (nhân lực và vật chất), Dương Minh Châu (tài chính và nhân lực) hay Châu Thành (nhân lực).

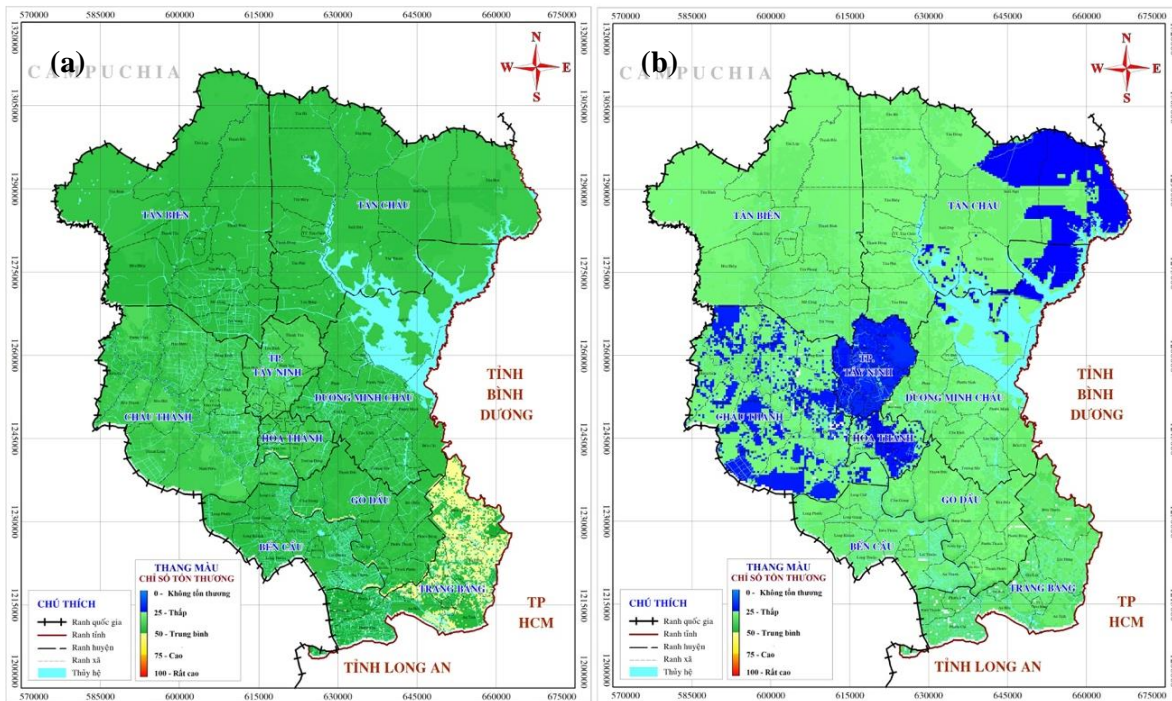
3.5. Tính dễ bị tổn thương do BĐKH tại tỉnh Tây Ninh

Khu vực DBTT do BĐKH (Hình 6): Chỉ số V khu vực tỉnh Tây Ninh hiện ở mức trung bình thấp ($V_{HT} = 43,5$, dao động 38,3-48,7 giữa các huyện). Các khu vực đáng quan tâm theo thứ tự giảm dần là Trảng Bàng, Bến Cầu, Gò Dầu, Tân Biên (44,1-48,7). Ngoài phơi nhiễm

với BĐKH, nguyên nhân chi phối tính DBTT của các khu vực kể trên được ghi nhận như sau: Trảng Bàng, Bến Cầu, Tân Biên do AC; Gò Dầu do S và AC (Bảng 6).



Hình 5. Chỉ số KNTU với BĐKH khu vực tỉnh Tây Ninh: (a) Hiện trạng; (b) Năm 2030.



Hình 6. Chỉ số dễ bị tổn thương do BĐKH khu vực tỉnh Tây Ninh: (a) Hiện trạng; (b) Năm 2030 - TH3.

Các khu vực đáng quan tâm phân theo các cấu phần thể hiện tính DBTT do BĐKH tại tỉnh Tây Ninh được sắp xếp theo thứ tự giảm dần như sau:

Mức độ phơi nhiễm với BĐKH: Trảng Bàng, Châu Thành, Bến Cầu, Tân Biên...

Tính nhạy cảm với BĐKH: Gò Dầu, Hoà Thành, Tp. Tây Ninh, Trảng Bàng, Bến Cầu...

Tác động tiềm tàng của BĐKH: Trảng Bàng, Bến Cầu, Gò Dầu...

KNTU với BĐKH: Tân Châu, D.M.Châu, Trảng Bàng, Bến Cầu, Tân Biên, Gò Dầu...

Đặc điểm (E, S, AC) chi phối tính DBTT do BĐKH: Một cách khái quát, chỉ số V tỉnh Tây Ninh đa phần chịu chi phối bởi chỉ số AC và E, tiếp đến là chỉ số S. Nhằm tạo cơ sở hoạch định ưu tiên các giải pháp ứng phó, các giả định về KNTU trong tương lai được thiết lập (trường hợp 1-3), gồm cả điều kiện phơi nhiễm tối đa trên toàn phạm vi mỗi khu vực (trường hợp 4-6). Theo đó, chỉ số V đến năm 2030 được tính toán với các giả định như sau:

Trường hợp 1, 2, 3: chỉ số E và S vẫn diễn biến theo các kịch bản BĐKH và quy hoạch phát triển KTXH, chỉ số AC lần lượt không đổi so với hiện trạng (TH1), đạt một nửa so với kì vọng (TH2) và đạt kì vọng (TH3).

Trường hợp 4, 5, 6: chỉ số E cực đại trên toàn phạm vi khu vực, chỉ số S diễn biến theo quy hoạch phát triển KTXH, chỉ số AC lần lượt không đổi so với hiện trạng (TH4), đạt một nửa so với kì vọng (TH5) và đạt kì vọng (TH6).

Bảng 6 cho thấy nếu AC không được cải thiện, chỉ số V sẽ gia tăng ($V_{2030_TH1} = 44,5$, dao động 38,6 - 49,4 giữa các huyện), hay chuyển biến ngược lại khi AC tăng như kì vọng ($V_{2025_TH3} = 35,3$) hoặc đạt một nửa kì vọng ($V_{2025_TH2} = 39,7$).

Trong trường hợp toàn bộ phạm vi mỗi khu vực đều phơi nhiễm lớn nhất với BĐKH, chỉ số V vượt mức trung bình ($V_{2030_TH4} = 50,2$, dao động 48,2-55,6 giữa các huyện). Để hạn chế sự gia tăng chỉ số V, đòi hỏi gia tăng AC tối thiểu một nửa mức kì vọng.

Trong trường hợp AC tăng như kì vọng (các nguồn lực đa phần là tối ưu), chỉ số V trong cả hai trường hợp E (TH3) và E_max (TH6) đều chuyển biến tích cực, lần lượt là 35,3 và 40,6 năm 2025 và 27,3 và 33,0 năm 2030 so với 43,5 ở hiện trạng.

Bảng 6. Tổng hợp các chỉ số E, S, PI, AC và V khu vực tỉnh Tây Ninh đến năm 2030.

Khu vực	Hiện trạng					Năm 2030									
	E	S	PI	AC	V	E	S	PI	AC	V1	V2	V3	V4	V5	V6
TP Tây Ninh	26,4	46,3	34,7	54,3	38,3	28,5	44,7	35,4	92,4	38,6	29,1	19,6	46,2	37,5	28,0
Bến Cầu	40,9	38,4	39,7	42,7	45,1	43,9	41,2	42,4	75,7	46,1	37,9	29,7	52,3	45,0	36,8
Châu Thành	47,4	23,9	33,3	45,7	40,8	50,5	30,5	38,6	81,4	42,9	34,0	25,1	47,0	39,3	30,4
Trảng Bàng	47,6	42,5	44,9	41,8	48,7	51,3	43,9	47,1	76,1	49,4	40,9	32,3	53,3	45,8	37,2
Tân Biên	40,3	30,1	34,8	43,3	44,1	42,8	31,6	36,6	77,5	44,8	36,3	27,8	49	41,1	32,6
Tân Châu	38,1	30,4	33,8	40,4	43,3	39,7	32,0	35,4	74,9	44,0	35,4	26,8	47,9	40,0	31,4
D.M. Châu	32,7	31,4	32,0	41,4	43,3	34,8	33,5	34,0	74,5	44,1	35,9	27,6	49,4	41,7	33,5
Hòa Thành	28,6	45,9	36,1	47,3	41,9	30,7	47,0	37,7	83,4	42,5	33,5	24,5	51,5	43,2	34,2
Gò Dầu	30,3	45,4	37,0	43,5	44,3	33,1	51,0	40,8	77,7	45,7	37,2	28,7	54,4	47,1	38,6
Toàn tỉnh	39,0	32,9	35,2	43,0		35,4	37,7	77,5		35,9	27,3				33,0

Các khiếm khuyết liên quan tính DBTT do BĐKH khu vực tỉnh Tây Ninh được tóm tắt ở Bảng 7. Nhìn chung, chỉ số V gia tăng theo sự gia tăng chỉ số E, ngược lại với sự cải thiện AC. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng hướng đến mục tiêu giảm nhẹ tính DBTT do BĐKH tại tỉnh Tây Ninh, cần ưu tiên tăng cường các nguồn lực thích ứng hơn là tập trung các giải pháp đối phó (giảm thiểu phơi nhiễm) với các điều kiện bất lợi của khí hậu (liên quan đến sự gia tăng lượng mưa, nhiệt độ, giông lốc và ngập lụt...).

Bảng 7. Các khiếm khuyết liên quan tính DBTT do BĐKH khu vực tỉnh Tây Ninh.

Cấu phần	Đặc điểm	Định vị	Khía cạnh	Định vị	Đ/t
Lượng mưa		T.Ninh, T.Biên,	Phân bố lượng mưa	T.Ninh, T.Biên, T.Châu, C.Thành	
		C.Thành, H.Thành	Gia tăng lượng mưa	H.Thành, B.Cầu, G.Dầu, C.Thành, T.Bàng, T.Biên	
Nhiệt độ		Cả Tỉnh		Cả Tỉnh	
Giông lốc		T.Bàng, T.Biên,	Cường độ giông lốc	T.Bàng, T.Biên, C.Thành, Tân Châu, Bến Cầu	
		C.Thành, Tân Châu, B.Cầu	Tần suất các cơn giông	T.Bàng, T.Biên, Tân Châu, Bến Cầu	

Cấu phần	Đặc điểm	Định vị	Khía cạnh	Định vị	Đ/t
Tính nhạy cảm	Tự nhiên	C.Thành, B.Cầu, G.Dầu, T.Biên	Tài nguyên nước	C.Thành, G.Dầu, B.Cầu, T.Biên	
		H.Thành, G.Dầu, T.Ninh, B.Cầu, T.Bàng		Cả tỉnh G.Dầu, T.Ninh, B.Cầu, T.Bàng, T.Biên, H.Thành	
	Xã hội *	G.Dầu, H.Thành, C.Thành, T.Ninh, T. Bàng		G.Dầu, H.Thành, C.Thành, T.Ninh, T.Bàng G.Dầu, C.Thành, T.Bàng, DMC, TN	
		B.Cầu, G.Dầu, C.Thành, T.Bàng*, T.Ninh*	Sự phụ thuộc NN Diện tích sản xuất	B.Cầu, T.Ninh*, T.Bàng* B.Cầu, G.Dầu, C.Thành	
Tài chính	Kinh tế *	D.M.C, B.Cầu, T.Bàng, T.Châu, G.Dầu, T.Biên	Ngân sách đầu tư Quy mô nền kinh tế Nguồn vốn Đa dạng nguồn thu	B.Cầu, T.Biên, D.M.C D.M.C, T.Châu, T.Bàng, G.Dầu B.Cầu, T.Bàng, D.M.C T.Châu, T.Biên	CQĐP CĐDC
		Hầu hết các huyện thị (T.Ninh*)	Năng lực UPBDKH	Hầu hết các huyện thị (T.Ninh*) T.Biên, T.Bàng, T.C, DMC, Gò Dầu	CQĐP
Khả năng thích ứng	Nhân lực	Cả tỉnh	Nhận thức về BĐKH	T.Biên, D.M.C, T.Châu, C.Thành, T. Bàng	CĐDC
			Hạ tầng y tế	Cả tỉnh T.Châu, H.Thành, B.Cầu, G.Dầu, C.Thành	
			Hạ tầng GTVT	C.Thành, T.Châu, G.Dầu, T.Bàng, D.M.C	CQĐP
			Hạ tầng giáo dục	T.Châu, T.Bàng, T.Ninh, Hoà Thành, Gò Dầu T.Biên, D.M.C	

(*) Tỉ trọng hoặc mức độ không lớn so với đặc điểm hoặc phạm vi cùng cấp.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, tác động tiềm tàng của BĐKH (PI) khu vực tỉnh Tây Ninh đến năm 2030 được đánh giá trên cơ sở quan hệ giữa mức độ phơi nhiễm (E) và tính nhạy cảm (S) của hệ thống. Bên cạnh đó, KNTU với BĐKH được xem xét, xác định các nguồn lực, đối tượng, khu vực đáng quan tâm, tạo cơ sở để đánh giá và phân hạng các khu vực DBTT do BĐKH, chỉ ra các nguyên nhân chi phối và các khiếm khuyết của hệ thống - góp phần quan trọng trong nghiên cứu, hoạch định và triển khai các giải pháp ứng phó phù hợp.

Để đánh giá một cách hệ thống và toàn diện tác động tiềm tàng của BĐKH tại các khu vực khác nhau, ngoài việc căn cứ vào chỉ số PI (chỉ ra cấu phần khiếm khuyết -E hay/và S), cần đặt mỗi quan tâm đến các khu vực có chỉ số E là nguyên nhân then chốt, đồng thời xem xét phạm vi (hay tỉ lệ DTTN) có chỉ số PI đáng kể. Ngoài ra, việc nhận diện tác động tiềm tàng của BĐKH tại mỗi khu vực (có thể là địa giới hành chính) hay khoanh vùng theo khu vực hoạt động của các lĩnh vực KTXH trọng điểm giúp định vị những khu vực / lĩnh vực đáng quan tâm, nhận diện yếu tố BĐKH tác động chủ yếu; gia tăng tính trọng tâm và hiệu quả trong đánh giá chi tiết tác động của BĐKH; rút ngắn thời lượng nghiên cứu; hỗ trợ đắc lực cho công tác quản lý nhà nước về BĐKH ở quy mô cấp ngành/lĩnh vực lẫn địa phương. Tính DBTT do BĐKH khu vực tỉnh Tây Ninh hiện ở mức trung bình thấp, chi phối chủ yếu bởi AC và E, tiếp sau là chỉ số S. Nhằm hoạch định ưu tiên các giải pháp UPBDKH, 06 tổ hợp chỉ số E và AC dùng tính toán chỉ số V trong tương lai được thiết lập. Kết quả chỉ ra rằng để giảm nhẹ tính DBTT, cần ưu tiên tăng cường các nguồn lực thích ứng hơn là tập trung các giải pháp đối phó với các điều kiện bất lợi của khí hậu. Nghiên cứu một lần nữa

khẳng định tính ưu việt của phương pháp chỉ số, khai thác nhiều góc độ của dữ liệu, rút ra nhiều nhận định quan trọng phục vụ quản lý, đóng góp nhất định cho hiệu quả ứng dụng phương pháp chỉ số trong đánh giá tính DBTT do BĐKH.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Tây Ninh trong khuôn khổ Nhiệm vụ KH&CN cấp tỉnh “Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu trên địa bàn tỉnh Tây Ninh và đề xuất các giải pháp thích ứng”, Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường (IMHOEN) là cơ quan chủ trì.

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. Tuấn, L.N. Tổng quan nghiên cứu về đánh giá tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu. *Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ* **2017**, 20(T2), 5–20.
2. Cutter, S.L. Vulnerability to Environmental Hazard. *Prog. Human Geogr.* **1996**, 20(4), 529–539.
3. Weichselgartner, J. Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. *Disaster Prev. Manage.* **2001**, 10(2), 85–94.
4. IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007, pp. 976.
5. Downing, T.E.; Patwardhan. Vulnerability assessment for climate adaptation, Adaptation Policy Framework: A guide for policies to facilitate adaptation to climate change. United Nations Developmental Program, 2003.
6. Tuan, L.N.; Hoang, T.X. Assessment of exposure level to climate change of fresh water and sanitation - a case study in CanGio district. *VN J. Sci. Technol.* **2018**, 56(1), 71–80.
7. Tuấn, L.N. Đánh giá mức độ nhạy cảm với biến đổi khí hậu của lĩnh vực nước sạch và vệ sinh môi trường nông thôn huyện Cần Giờ. *Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ - Chuyên san KHTN* **2017**, 1(T6-2017), 214–224.
8. Tuấn, L.N. Đánh giá năng lực thích ứng với biến đổi khí hậu của lĩnh vực nước sạch và vệ sinh môi trường huyện Cần Giờ. *Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ* **2017**, 20, 95–106.
9. Le, N.T. Identifying Vulnerability Indicators of Rural and Freshwater and Sanitation Systems Climate Change and its Application in HCMC, Vietnam. *J. Environ. Sci. Manage.* **2018**, 21(2), 39–46.
10. Quyết định 01/2016/QĐ-UBND ngày 5/1/2016 của UBND tỉnh Tây Ninh về Kế hoạch phát triển kinh tế xã hội Tây Ninh 5 năm giai đoạn 2016-2020, 2016.
11. Tuấn, L.N.; Tín, N.V.; Hoàng, T.T.; Long, P.T.; Phùng, N.K. Xây dựng kịch bản biến đổi nhiệt độ tại khu vực tỉnh Tây Ninh trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 710, 58–69.
12. Tuấn, L.N.; Tín, N.V.; Hoàng, T.T.; Long, P.T.; Phùng, N.K. Xây dựng kịch bản biến đổi lượng mưa tại khu vực tỉnh Tây Ninh trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 709, 33–42.
13. Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Tây Ninh. Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu trên địa bàn tỉnh Tây Ninh và đề xuất các giải pháp thích ứng. Nhiệm vụ KH&CN cấp tỉnh, 2020.

14. Ludena, C.E.; Yoon, S.W. Local vulnerability indicators and adaptation to climate change: A survey. Inter-American Development Bank, Technical Note No. 857 (IDB-TN- 857), Washington DC, 2015.
15. World Bank. World development report 2010: Development and climate change. © Washington, DC, 2010.
16. Moss, R.H.; Brenkert, A.L.; Malone, E.L. Vulnerability to climate change: A quantitative approach. Prepared for the U.S. Department of Energy Under Contract DE-AC06-76RLO 1830, Sep. 2001
17. Mendoza, M.E.T.; The, B.D.; Naret, H.; Ballaran Jr, V.G.; Arias, J.K.B. Assessing vulnerability to climate change impacts in cambodia, the philippines and vietnam: an analysis at the commune and household level. *J. Environ Sci. Manage.* **2014**, 17(2), 78–91.
18. Etwire, P.M.; Al-Hassan, R.M.; Kuwornu, J.K.M.; Osei-Owusu, Y. Application of livelihood vulnerability index in assessing vulnerability to climate change and variability in Northern Ghana. *J. Environ. Earth Sci.* **2013**, 3(2), 157–170.
19. Trục, N.N.; Thịnh, T.V.; Thương, N.V.; Ly, N.T. Hiện trạng và khả năng dễ bị tổn thương do nhiễm mặn trong bối cảnh BĐKH ở thành phố Đà Nẵng. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2017**, 33 (2), 90–107.
20. WorldBank. Economics of adaptation to climate change in Vietnam’s aquaculture sector, 2010.
21. WWF tại Việt Nam. Đánh giá tính dễ bị tổn thương trước biến đổi khí hậu của các hệ sinh thái tại Việt Nam, 2013.

Assessing vulnerability of climate change - A case study in Tay Ninh province

Le Ngoc Tuan^{1*}

¹ University of Science (VNU-HCM); lntuan@hcmus.edu.vn

Abstract: The study aimed to assess vulnerability to climate change sd at provincial scale - pilot in Tay Ninh province until 2030. Based on survey, investigation, expert consultation, index methods and GIS technique, potential impacts of climate change (PI) were assessed through exposure (E) and sensitivity (S) of the system. The combined assessment results of level (i.e. PI value) and scope (i.e. large PI area) indicated concerns in Trang Bang, Chau Thanh, Ben Cau, Tan Bien, and Tan Chau. Next, the adaptive capacity to climate change (AC) by region, resource, and object was assessed synthetically through human, financial, material, and institutional resources. Subsequently, the vulnerability to climate change (V) was shown in relation to the challenges or barriers of E, S, AC of the system. V index was currently at *low-medium* (highest in Trang Bang, Ben Cau), mainly dominated by AC and E. By 2030, to improve the situation of disaster recovery, enhance the effectiveness of climate change response in Tay Ninh province, it would require an increase in AC by at least 1/2 of the expected level. Accordingly, investment into development of adaptive resources should be prioritized, followed by solutions to cope with adverse climate conditions.

Keywords: Adaptive capacity; Climate change; Exposure, Sensitivity; Vulnerability.

Bài báo khoa học

Mô phỏng hiện tượng đá bay trong quá trình nổ mìn khai thác mỏ bằng phương pháp động lực hạt mịn (SPH) trên phần mềm LS-Dyna, lấy ví dụ từ mỏ đá vôi Mông Sơn (Yên Bái)

Trần Đình Bảo^{1,2*}, Đỗ Văn Triều³, Nguyễn Đình An^{1,2}, Hoàng Văn Vân⁴, Bùi Xuân Điện⁵, Hoàng Đình Nam¹

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất; trandinhbao@humg.edu.vn;

nguyendinhhan@humg.edu.vn; 2021040137@student.humg.edu.vn

² Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM), Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

³ Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin; dovantrieu15091996@gmail.com

⁴ Chi nhánh Công nghiệp Hóa chất mỏ Hà Tuyên - MICCO;
hoangvanhaidang@gmail.com

⁵ Công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ Bắc Trung Bộ - MICCO; dienbxbtb@gmail.com

*Tác giả liên hệ: trandinhbao@humg.edu.vn; Tel.: +84-988196996

Ban Biên tập nhận bài: 15/4/2023; Ngày phản biện xong: 12/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Đá bay là mối nguy hiểm lớn nhất trong hoạt động nổ mìn khai thác mỏ lộ thiên. Đá bay chiếm khoảng một nửa tổng số vụ tai nạn liên quan đến nổ mìn trên các mỏ lộ thiên, đây là một vấn đề nghiêm trọng và gây ra những phản ứng tiêu cực của cộng đồng dân cư sống quanh khu vực nổ mìn. Tuy nhiên, các nghiên cứu về phương pháp dự báo hiện tượng đá bay trong khai thác mỏ lộ thiên ở Việt Nam vẫn còn thiếu và hạn chế. Trong phạm vi nghiên cứu này, phương pháp phân tích mô phỏng thử nghiệm đá bay do nổ mìn gây ra bằng phương pháp động lực hạt mịn (SPH) trên phần mềm LS-Dyna cho mô hình 2D được xây dựng và áp dụng thực tế cho tuyến mặt cắt B2 của mỏ đá vôi Mông Sơn, tỉnh Yên Bái. Kết quả của mô hình cho thấy khả năng của phương pháp thủy động lực học hạt mịn trong việc phân tích quỹ đạo bay, khoảng cách của đá bay trong quá trình nổ mìn. Bằng cách sử dụng mô hình với các thông số nổ thực tế tại mỏ nhóm nghiên cứu đã đo được vận tốc và tốc độ bay của các mảnh đá tại các thời điểm thiết lập, cụ thể sau 1,5 giây đá bay xa nhất so với tâm bãi nổ đạt 85 m, tương ứng với vận tốc trung bình 40 m/s. Nghiên cứu giúp các kỹ sư khai thác mỏ ước lượng được khoảng cách đá bay cho từng vụ nổ cụ thể tại mỏ, qua đó đưa ra những biện pháp phù hợp để giảm thiểu hiện tượng đá bay, nâng cao hiệu quả nổ mìn. Tuy nhiên, cần tiến hành thêm những nghiên cứu chi tiết và chuyên sâu hơn về việc áp dụng phương pháp SPH trên phần mềm LS-Dyna cho mô hình 3D, đồng thời cần xem xét nhiều trường hợp nổ mìn thực tế theo hộ chiếu thi công và thí nghiệm bổ sung các tính chất cơ lý đá theo thuộc tính đất đá tại mỏ phù hợp với vật liệu trong phần mềm hỗ trợ.

Từ khóa: Đá bay; Động lực hạt mịn; Mô phỏng; Nổ mìn; LS-Dyna.

1. Đặt vấn đề

Trong khai thác mỏ lộ thiên, phương pháp khoan nổ mìn (KNM) được sử dụng rộng rãi và chiếm tỉ trọng cao trong đập vỡ và làm tơi khoáng sản có ích (KSCI). KNM là khâu công nghệ đầu tiên và quan trọng trong quy trình công nghệ khai thác mỏ và ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả của các khâu công nghệ tiếp theo. Mục tiêu chính của KNM là đảm bảo tăng cường hiệu quả khai thác đất đá và khoáng sản có ích bằng cách đảm bảo cung cấp đủ khối

lượng với chất lượng đập vỡ là tốt nhất, đồng thời giảm thiểu chi phí và hạn chế tiêu cực đến môi trường xung quanh [1–5]. Để đạt được các mục tiêu nêu trên, cần phải tiến hành tính toán chính xác các thông số nổ mìn trong quá trình thiết kế cũng như áp dụng các kỹ thuật nổ mìn hiện đại. Công tác KNM phải đảm bảo tuân thủ các yêu cầu về khối lượng đất đá cần làm toi, kích thước cục đất đá phù hợp theo yêu cầu của sản xuất, tối thiểu hóa chi phí cho toàn bộ dây chuyền khai thác mỏ, đồng thời cần phải giảm thiểu và kiểm soát các ảnh hưởng có hại tới môi trường xung quanh. Tóm lại, việc tối ưu hóa mức độ đập vỡ đất đá, khoảng cách dịch chuyển, kích thước hình học của đồng đá sau nổ mìn, đồng thời đảm bảo an toàn về rung chấn nền công trình, sóng đập không khí và đá văng. Các nỗ lực này nhằm đạt được hiệu quả tối đa và giảm thiểu tác động tiêu cực tới môi trường.

Trong nổ mìn khai thác mỏ lộ thiên chỉ có 20% đến 30% năng lượng nổ mìn được sử dụng để làm toi và đập vỡ đất đá từ khối nguyên. Phần năng lượng còn lại, bị lãng phí dưới dạng đá bay, chấn động nền công trình, sóng đập không khí, tạo ra bụi và đập vỡ quá mức, ... [6–9]. Đá bay xuất hiện trong quá trình nổ mìn là mối nguy hiểm lớn nhất trong hoạt động nổ mìn. Đá bay chiếm khoảng một nửa tổng số vụ tai nạn liên quan đến nổ mìn trên các mỏ lộ thiên. Tác giả [10] chỉ ra rằng trên 40% các vụ tai nạn có tử vong và trên 20% các vụ tai nạn nghiêm trọng xảy ra trong khai thác mỏ ở Ấn Độ là do đá bay. Đá bay vượt ra khỏi khu vực bán kính vùng nguy hiểm là nguyên nhân của 25% các vụ tai nạn do nổ mìn khai thác mỏ lộ thiên ở Mỹ [11]. Dựa trên các số liệu thống kê về tai nạn cho thấy có tới 20%–40% các vụ tai nạn liên quan đến nổ mìn là do đá bay [12]. Những nguy hiểm và thiệt hại do đá bay gây ra là một vấn đề rất nghiêm trọng kể từ khi nổ mìn được sử dụng để làm toi đất đá và KSCI. Một số hậu quả của đá bay là các đơn kiện của người dân sinh sống quanh khu vực nổ mìn, do đá bay gây ra các thương tích nghiêm trọng hoặc thậm chí tử vong. Ngoài ra, đá bay sinh ra trong nổ mìn cũng gây hư hỏng các công trình và làm hỏng hóc các thiết bị, thậm chí là phải đóng cửa mỏ.

Nguyên nhân dẫn đến hiện tượng đá bay trong nổ mìn khai thác mỏ có thể bao gồm một loạt các nguyên nhân, trong đó có những nguyên nhân có thể kiểm soát và không thể kiểm soát. Những nguyên nhân có thể kiểm soát bao gồm, các thiết kế nổ mìn thiếu chính xác, đường căn chưa chính xác, chiều cao cột bua chưa đủ, khoảng cách giữa các lỗ khoan chưa chính xác và sử dụng thuốc nổ có hiệu suất lớn. Đồng thời, các nguyên nhân không thể kiểm soát như điều kiện địa chất bất lợi (bao gồm các khe nứt, lỗ rỗng, các mặt phân lớp, các vị trí có địa chất yếu, ...), thời gian vi sai và trình tự vi sai không phù hợp, sự xuất hiện các nứt vỡ và đá rơi trên tầng, ... cũng góp phần vào các nguyên nhân dẫn đến hiện tượng đá bay [10–14]. Vì vậy, việc nghiên cứu ngăn chặn các điều kiện có thể dẫn tới hiện tượng đá bay là vấn đề cấp thiết, cần tiến hành các nỗ lực hướng đến giải quyết vấn đề này và đảm bảo an toàn và hiệu quả trong quá trình khai thác mỏ.

Hiện nay, hoạt động nổ mìn ngày càng tiến gần các khu dân cư, các công trình cần bảo vệ, các nguy cơ mất an toàn do hoạt động nổ mìn càng tăng cao. Nếu không kiểm soát những ảnh hưởng có hại do nổ mìn gây ra như chấn động nền công trình, sóng đập không khí, bụi và đặc biệt là đá bay sẽ dẫn tới những hậu quả nghiêm trọng. Đã có rất nhiều nhà nghiên cứu đã cố gắng đưa ra các phương pháp tính toán, dự đoán khoảng cách đá bay do nổ mìn gây ra nổ mìn khi xem xét các thông số nổ mìn thiết kế và một số yếu tố địa kỹ thuật. Bên cạnh đó, một số nhà nghiên cứu khác tiếp cận phân tích các điều kiện nổ mìn, các thông số nổ mìn thiết kế, điều kiện địa chất, hay tiếp cận dưới góc độ quản lý rủi ro, phân tích các số liệu thống kê tai nạn liên quan đến đá bay trong nổ mìn nhằm đưa ra các mô hình xác định phạm vi đá bay, mối tương quan giữa các thông số nổ mìn thiết kế với khoảng cách đá bay và sử dụng các thông số thiết kế nổ mìn là thông số đầu vào của các mô hình dự báo [15–21]. Nhiều nhà nghiên cứu đã cố gắng dự đoán khoảng cách đá bay trong thông qua các phương trình thực nghiệm [22–23]. Tuy nhiên, hiệu suất của các mô hình này chưa làm thỏa mãn trong quy mô thực địa dẫn tới thiếu chính xác và thiếu cơ sở khoa học.

Đề dự báo khoảng cách đá bay, các nỗ lực phát triển các mô hình khác nhau đã được nhiều nhà khoa học trên thế giới thực hiện với các kết quả đầy hứa hẹn như áp dụng mạng nơ-ron nhân tạo và kỹ thuật logic mờ để dự đoán đá bay, sử dụng kỹ thuật máy học máy véc tơ hỗ trợ (SVS), phân tích xác suất để để phân định ranh giới khu vực nguy hiểm của đá bay trong một mô lộ thiên [24–31]. Với sự ra đời của các công cụ khoa học, kỹ thuật và sự cải tiến (cả phần cứng và phần mềm) trong vài thập kỷ qua, góp phần cải thiện độ chính xác của các dự đoán [32]. Việc sử dụng các mô hình trí tuệ nhân tạo (*Artificial Intelligence - AI*) như hệ thống suy luận mờ (*FIS*), mạng nơron nhân tạo (*ANN*), Hệ thống suy luận dựa trên mạng thích nghi mờ ANFIS (*Adaptive Network-based Fuzzy Inference System*) đã được triển khai thành công trong việc giải quyết các vấn đề địa kỹ thuật phức tạp, góp phần giảm những tác động tiêu cực của nổ mìn tới môi trường xung quanh [33–36]. Các mô hình phân tích AI dựa trên việc tận dụng tính chất linh hoạt của các dữ liệu, nhờ đó các mô hình có thể được hiệu chỉnh dễ dàng như một công cụ tiên lượng cho bất kỳ dữ liệu mới nào thu được. Lợi ích này làm cho AI trở thành một công cụ nhanh và mạnh trong việc giải quyết các vấn đề mối quan hệ phi tuyến của các thông số đầu vào và đầu ra và không được biết đến [37]. Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm này, thì các mô hình sử dụng kỹ thuật AI cần thu thập một lượng lớn các thông số đầu vào, mặt khác việc đo vẽ khoảng cách đá bay do các vụ nổ là hết sức phức tạp và khó khăn. Cho đến nay, chưa có nhiều nghiên cứu sử dụng việc mô hình mô phỏng hiện tượng đá bay trong nổ mìn,

Trong nghiên cứu này, một phương pháp mới đã được đề xuất để dự đoán khoảng cách đá bay trên cơ sở mô hình được tạo dựa trên phương pháp động lực hạt mịn (*Smooth Particle Hydrodynamics - SPH*), mô hình được phát triển bởi [38]. Phương pháp này được phát triển để tránh những hạn chế gặp phải trong các bài toán biến dạng cực trị bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Sự khác biệt chính của SPH và các phương pháp cổ điển là SPH không chia các điểm nút. Các hạt là phần tử đại diện cho đối tượng và mang tính chất chung và riêng tùy theo thuộc tính khai báo [39–40].

Bài báo thực hiện phân tích mô phỏng thử nghiệm đá bay do nổ mìn gây ra bằng phương pháp SPH trên phần mềm LS-Dyna cho mô hình 2D được xây dựng từ tuyến mặt cắt B2 của mỏ đá vôi Mông Sơn. Kết quả của mô hình cho thấy khả năng của phương pháp thủy động lực học hạt mịn trong việc phân tích chuyên sâu công tác nổ mìn.

2. Phương pháp nghiên cứu và tài liệu thu thập

2.1. Khái quát về khu vực mỏ đá vôi Mông Sơn, Yên Bái

Mỏ đá Mông Sơn thuộc địa phận xã Mông Sơn, huyện Yên Bình, tỉnh Yên Bái. Tổng diện tích được cấp phép cho khu A và B của mỏ là 13,9 ha (Hình 1). Cấu trúc địa chất của khu mỏ khá đơn giản, chủ yếu là đá vôi bị hoa hóa màu trắng, đá vôi có màu trắng thuần khiết có cấu trúc hạt biến tính có kích thước khá lớn.

Mỏ Mông Sơn đang tập trung khai thác khu A với diện tích: 11,81 ha với hệ thống khai thác theo lớp bằng từ trên xuống dưới, chiều cao tầng 8,0 m; góc nghiêng sườn tầng, $\alpha = 75^\circ$. Đá trên mỏ được làm toi bằng phương pháp khoan nổ mìn với



Hình 1. Biên giới khai trường mỏ Mông Sơn [41].

lỗ khoan đường kính $d = 76$ mm, phương pháp nổ mìn vi sai phi điện toàn phần với thời gian giãn cách 17 ms và 42 ms. Thuốc nổ sử dụng là Anfo dạng túi D60, thuốc nhũ tương D60 được kích nổ bằng kíp phi điện xuống lỗ 400ms và mìn nổ MN31-175g/quả (đối với nổ mìn khai thác lần 1). Lượng thuốc nổ trong cột thuốc đa phần được kết cấu liên tục.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong phần này, tác giả sẽ tiến giới thiệu tổng quan về phương pháp động lực hạt mịn (SPH), phương thức tác động qua lại giữa các hạt trong SPH, cũng như phương trình trạng thái của vật liệu đặc trưng cho đất đá, vật liệu nổ phục vụ cho mô phỏng công tác nổ mìn trên mô hình 2D.

2.2.1. Công thức tiêu chuẩn của phương pháp động lực hạt mịn (SPH)

Phương pháp SPH được thể hiện dựa trên công thức bậc hai của các hạt chuyển động $(x_i(t), w_i(t))_{i \in P}$, P là tập hợp các hạt, $x_i(t)$ là vị trí của hạt thứ i ; $w_i(t)$ là trọng số của hạt thứ i . Công thức bậc hai cho một hàm có thể được viết như sau:

$$\int_{\Omega} f(x) dx = \sum_{j \in P} w_j(t) \cdot f(x_j(t)) \quad (1)$$

Công thức bậc hai (1) cùng với trạng thái làm mịn hạt nhân (*smoothing kernel*), hình thành lên định nghĩa về một hàm giá trị gần đúng của hạt. Giá trị nội suy của hàm $u(x)$ tại vị trí x sử dụng phương pháp SPH là:

$$\Pi^h(u(x_i)) = \sum_{j \in \Omega} w_j(t) \cdot u(x_j) \cdot w(x_i - x_j, h) \quad (2)$$

Trong đó Σ là trên tất cả các hạt bên trong Ω và trong bán kính $2h$, W là vị trí hạt nhân nội suy dựa trên đường “spline” có bán kính $2h$; h là độ dài làm mịn theo thời gian và không gian. Hàm kernel được định nghĩa như sau:

$$w(x_i - x_j, h) = \frac{1}{h} \theta \left\{ \frac{x_i - x_j}{h(x, y)} \right\} \quad (3)$$

$W(x_i - x_j, h) \rightarrow \delta$ khi $h \rightarrow 0$, δ là hàm Dirac, h là một hàm của x_i và x_j , được gọi là chiều dài làm mịn của hàm hạt nhân.

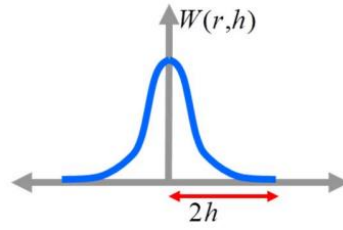
Hàm xây dựng đường “spline” được định nghĩa:

$$\theta(d) = Cx \begin{cases} 1 - \frac{3}{2}d^2 + \frac{3}{4}d^3 & \text{Khi } 0 \leq d \leq 1 \\ \frac{1}{4}(2-d)^3 & \text{Khi } 1 \leq d \leq 2 \\ 0 & \text{Khác} \end{cases} \quad (4)$$

Với d là số chiều không gian. Độ dốc của hàm $u(x)$ được đưa ra bằng cách áp dụng toán tử đạo hàm trên độ dài làm mịn:

$$\nabla \Pi^h(u(x_i)) = \sum_j w_j \cdot u(x_j) \cdot \nabla w(x_i - x_j, h) \quad (5)$$

Đánh giá một tích nội suy của hai hàm được cho bởi tích các giá trị nội suy của chúng (Hình 2).



Hình 2. Vị trí nội suy của hàm hạt nhân 2D [42].

2.2.2. Phương trình liên tục và phương trình động lượng của các hạt trong phương pháp động lực hạt mịn

Giá trị gần đúng của hạt trong phương trình liên tục được xác định như sau:

$$\frac{d\rho_i}{dt} = \rho_i \sum_j \frac{m_j}{\rho_i} (v_i^\beta - v_j^\beta) w_{ij}, \beta \quad (6)$$

Nó là Galilean bất biến do vị trí và vận tốc hạt chỉ xuất hiện khi có sự sai khác, v_i^β là thành phần vận tốc tại hạt thứ i .

Dạng rời rạc của phương trình động lượng SPH được phát triển thành:

$$\frac{dv_i^\alpha}{dt} = -\sum_j \frac{m_j}{\rho_i \rho_j} (\sigma_i^{\alpha\beta} \pm \sigma_j^{\alpha\beta}) w_{ij}, \beta \quad (7)$$

Công thức trên đảm bảo rằng ứng suất tự động liên tục trên các bề mặt tiếp giáp vật liệu. Các loại phương trình động lượng SPH khác nhau có thể đạt được thông qua việc áp dụng các phương trình đồng nhất vào phương trình động lượng SPH thông thường. Tính đối xứng của phương trình động lượng SPH có thể làm giảm các lỗi phát sinh từ vấn đề không nhất quán của hạt.

Từ công thức (7), các thành phần lực tác dụng lên từng hạt được xác định:

$$F_i^{\text{pressure}} = -\sum_j m_j \frac{\rho_i + \rho_j}{2\rho_j} \nabla w(r_{ij}, h) \quad (8)$$

$$F_i^{\text{viscosity}} = \mu \sum_j m_j \frac{v_i + v_j}{2\rho_j} \nabla^2 w(r_{ij}, h)$$

Trong đó $r_{ij} = x_i - x_j$, μ là hệ số nhớt của vật liệu. Áp suất p_i được tính toán thông qua phương trình cấu thành:

$$p_i = k(\rho_i - \rho_0) \quad (9)$$

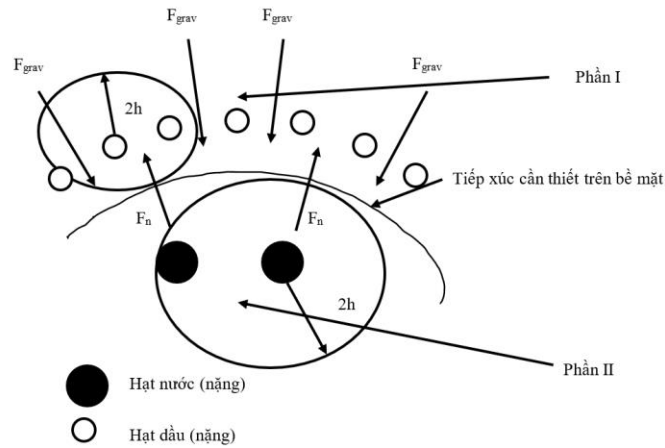
Trong đó k là độ cứng của vật liệu và B là mật độ ban đầu của nó. Cuối cùng, đối với gia tốc của hạt i , ta có:

$$a_i = \frac{1}{\rho_i (F_i^{\text{pressure}} + F_i^{\text{viscosity}} + F_i^{\text{external}})} \quad (10)$$

Trong đó: F_i^{external} là các lực bên ngoài như lực tác động lên thân hoặc lực do tiếp xúc.

2.2.3. Tương tác giữa các hạt trong mô phỏng

Hình 3 cho thấy tất cả các phép nội suy SPH được thực hiện bên trong các miền cục bộ của từng phần SPH. Các lực tiếp xúc sẽ được áp dụng cho các lực lượng bên ngoài như công thức 10.



Hình 3. Tương tác giữa các nốt với nốt [43].

Trong hệ thống này, lực tiếp xúc đẩy tác dụng lên hạt do tiếp xúc F_c , tỷ lệ thuận với sự dịch chuyển hoặc chông chéo giữa các hạt δ .

$$F_c = K_I \delta \tag{11}$$

Trong đó: $\delta = d-2d$ và K_I là hằng số lò xo tuyến tính hoặc độ cứng. Nếu tiếp điểm được mô hình hóa chỉ sử dụng lò xo tuyến tính này, sẽ không có năng lượng nào được tiêu thụ và tiếp điểm sẽ đàn hồi hoàn hảo. Trên thực tế, một số động năng bị tiêu hao trong biến dạng dẻo, hoặc chuyển thành năng lượng nhiệt hoặc âm thanh. Để giải thích cho những tổn thất năng lượng đó, một nguồn giảm chấn tiếp xúc dựa trên mô hình dashpot được xác định:

$$F_d = \eta v \tag{12}$$

Lực giảm chấn tiếp xúc tỷ lệ với vận tốc tương đối của các hạt tiếp xúc, trong đó hằng số tỷ lệ η được gọi là hệ số giảm chấn, $v = v_1 - v_2$.

2.2.4. Phương trình đặc trưng của vật liệu sử dụng trong mô phỏng

Cùng với sự ra đời của phương pháp SPH, các mô hình vật liệu vật chất được xây dựng và phát triển để giải quyết các vấn đề dưới trình mô phỏng của phần mềm LS-Dyna. Trong phạm vi nghiên cứu đá bay do nổ mìn gây ra, nhóm nghiên cứu sử dụng các mô hình đặc trưng cho đất đá: Mô hình *Riedel Hiermaier Thoma - RHT*; mô hình vật liệu nổ (*High Explosive Burn - HEB*) với phương trình trạng thái của vật liệu nổ (*Jones Wilkins Lee - JWL*).

- Mô hình vật liệu đất đá (RHT)

Đặc tính của đá là một loại vật liệu giòn [44]. Do đó, vật liệu hợp phù phỏng trong LS-Dyna là vật liệu *Riedel Hiermaier Thoma - RHT*, được phát triển bởi [45]. RHT bao gồm 03 bề mặt phụ thuộc áp suất trong không gian ứng suất, là các trạng thái giới hạn khác nhau, cụ thể là giới hạn phá hủy, giới hạn đàn hồi và phá hủy thứ phát.

Giới hạn phá hủy $Y_{phá hủy}$ được định nghĩa là một hàm áp suất p , góc θ và tỉ lệ biến dạng ϵ , được xác định bằng công thức.

$$Y_{phahuy}(p^*, \theta, \epsilon) = Y_{TXC}^*(p^*) \cdot R_3(\theta) \cdot F_{tile}(\epsilon) \tag{13}$$

Trong đó p^* là áp suất được chuẩn bằng hàm f_c , $p^* = p / f_c$, với p là áp suất thủy tĩnh, f_c là cường độ nén; $R_3(\theta)$ là hàm xác định sự phụ thuộc bất biến của một hình; F_{tile} là tốc độ biến dạng, được thể hiện thông qua sự gia tăng độ bền đứt gãy với tốc độ biến dạng dẻo; Y_{TXC}^* là cường độ ứng suất tương đương trên kinh tuyến nén.

Giới hạn đàn hồi được xác định dựa trên việc chia tỷ lệ bề mặt phá vỡ, được xác định theo công thức 14:

$$Y_{đàn hồi} = Y_{phá hủy} \cdot F_{đàn hồi} \cdot R_3(\theta) \cdot F_{CAP}(p^*) \tag{14}$$

Trong đó $F_{\text{đàn hồi}}$ là tỉ lệ giữa giới hạn đàn hồi và giới hạn phá hủy; $F_{\text{CAP}}(p^*)$ là hàm giới hạn ứng suất lệch đàn hồi khi nén thủy tĩnh, giá trị trong khoảng (0,1).

Phá hủy thứ phát để mô tả cường độ của đá bị nghiền nát hoàn toàn, được xác định qua biểu thức:

$$Y_{\text{phahuythupha}}^* = B.p^{*M} \tag{15}$$

Trong đó B là hằng số mặt phá hủy thứ phát; M là số mũ mặt phá hủy thứ phát.

- Phương trình lan truyền sóng ứng suất của lượng thuốc (JWL)

Đối với lượng thuốc nạp trong lỗ, mô hình vật liệu thuốc nổ (*High Explosive Burn - HEB*) sử dụng trong LS-Dyna với phương trình trạng thái JWL được xác định qua phương trình [45]:

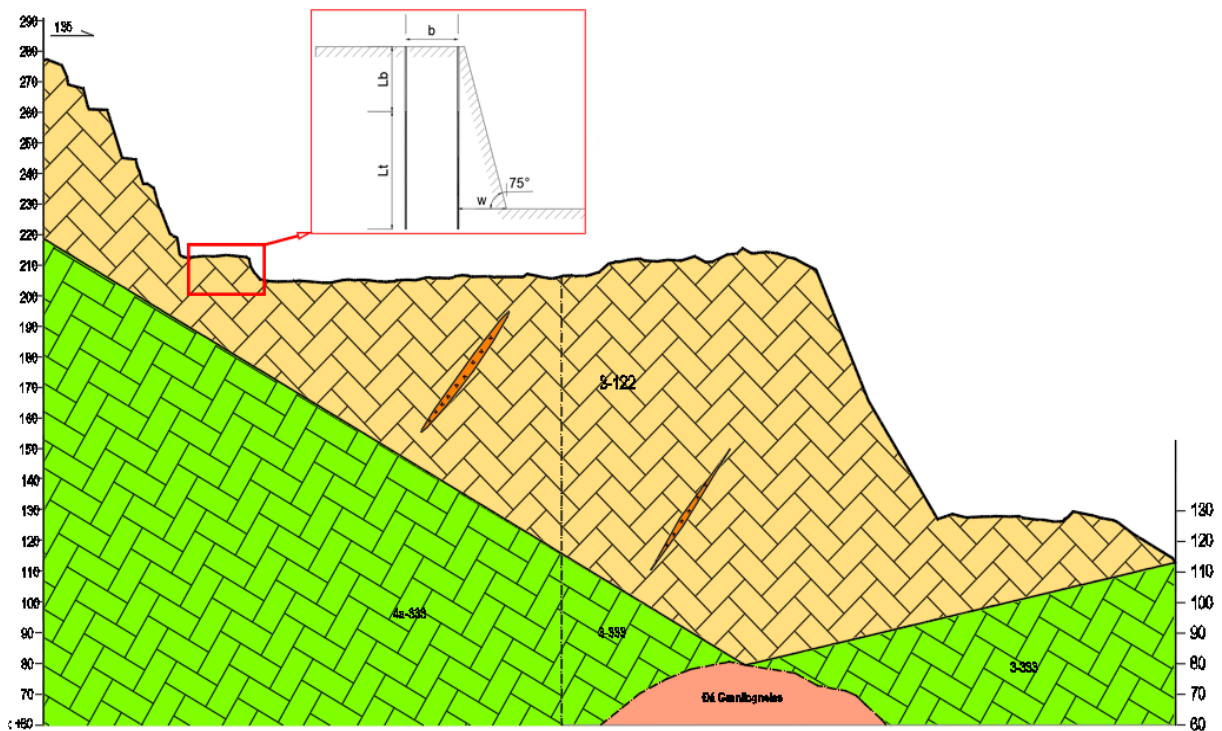
$$P = A\left(1 - \frac{\omega}{R_1 V}\right)e^{-R_1 V} + B\left(1 - \frac{\omega}{R_2 V}\right)e^{-R_2 V} + \frac{\omega E}{V} \tag{16}$$

Trong đó P là sóng ứng suất, A, B, R_1 , R_2 và ω là các hằng số, V là thể tích riêng và E_0 là nội năng có giá trị ban đầu là E_0 .

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Mô hình mô phỏng đá bay cho mỏ đá vôi Mông Sơn bằng phương pháp SPH trên phần mềm LS-Dyna

Hiện nay, tại một số bãi nổ sản xuất của mỏ, với thông số khoan nổ mìn đang áp dụng, đã làm tăng nguy cơ mất an toàn đá văng. Do đó, để đánh giá mức độ ảnh hưởng của đá văng đến sản xuất, bài báo thực hiện mô phỏng khâu nổ mìn bằng phần mềm LS-Dyna trên mặt cắt tuyến B2 của mỏ (Hình 4).



Hình 4. Mặt cắt tuyến B2 mỏ Mông Sơn và sơ đồ nạp nổ thực hiện sử dụng để mô phỏng nổ mìn trên phần mềm LS-Dyna.

Các thông số khoan nổ trên mô hình 2D được trình bày tại bảng 1.

Bảng 1. Thông số khoan nổ mìn trên mô hình mô phỏng.

Thông số	Kỹ hiệu	Đơn vị	Giá trị
Chiều cao tầng	h	m	8
Khoảng cách các hàng	b	m	2,6
Chiều dài nạp búa	L _b	m	3,2
Chiều dài nạp thuốc	L _t	m	5,8
Đường kính lỗ khoan	d _k	mm	76
Đường kháng chân tầng	w	m	2,6
Loại thuốc			Anfo
Thời gian vi sai		ms	17

Các vật liệu đại diện cho môi trường đất đá, thuốc nổ tương thích với các thuộc tính của vật liệu RHT, JWL trong LS-Dyna được xác định dựa trên tài liệu địa chất của mỏ đá vôi Mông Sơn và các nghiên cứu đã có về tính chất cơ lý của đá vôi thể trọng 2,72 g/cm³. Các thông số chính của vật liệu xem bảng 2.

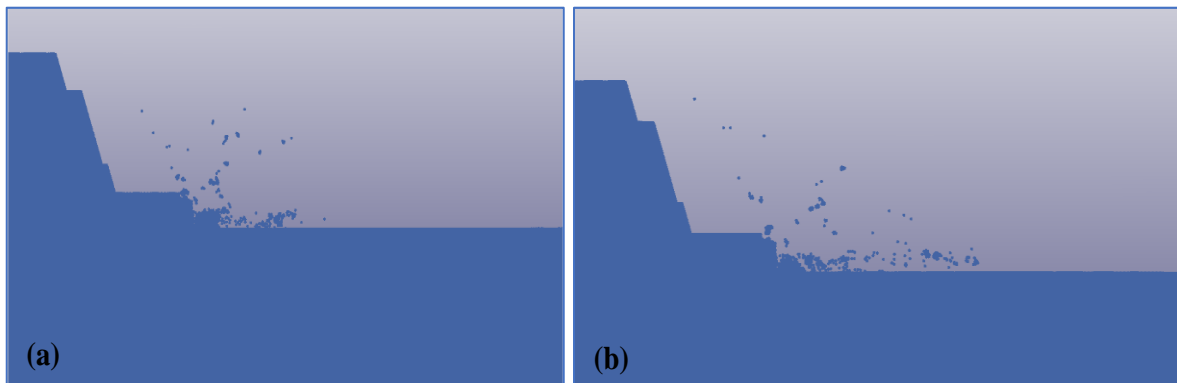
Bảng 2. Thông số chính của vật liệu đưa vào mô hình mô phỏng.

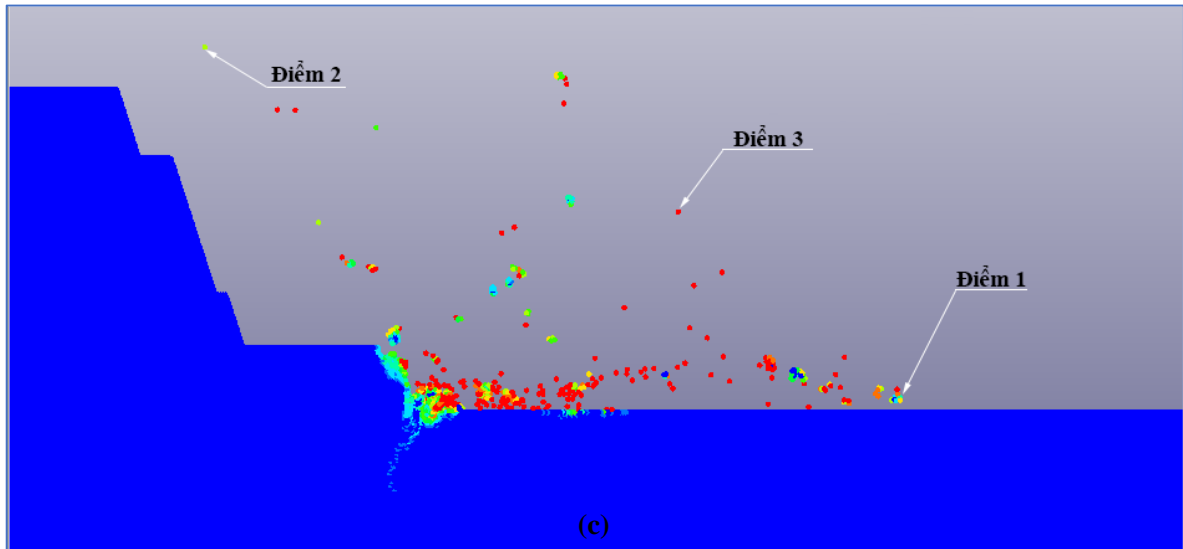
Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Mô hình vật liệu RHT			
Tỷ trọng, g/cm ³	2,72	Cường độ phá vỡ, Pa	4,00e ⁺⁷
Cường độ chịu kéo, kG/cm ²	60,77	Tốc độ phá vỡ biến dạng kéo	3,00e ⁺¹⁹
Cường độ kháng nén, kG/cm ²	750,77	Tốc độ phá vỡ biến dạng nén	3,00e ⁺¹⁹
Góc ma sát trong, độ	34 ^o 35'	Tốc độ biến dạng kéo	3,00e ⁻⁶
Mô đun biến dạng, kG/cm ²	4,08	Tốc độ biến dạng nén	3,00e ⁻⁵
Mô đun đàn hồi, Pa	2,47e ⁺¹⁰	Hệ số làm giảm mô đun cắt	0,5
Độ lỗ rỗng	1,94	Biến dạng phá vỡ tối thiểu	0,015
Phương trình trạng thái sóng ứng suất JWL			
Tỷ trọng, kg/m ³	931	Áp lực nổ, Pa	5,15e ⁺⁹
Tốc độ nổ, m/s	4.200		
Hệ số trạng thái (A), Pa	4,95e ⁺¹⁰	Hệ số trạng thái (R2)	1,118
Hệ số trạng thái (B), Pa	1,89e ⁺⁹	Hệ số trạng thái (ω)	0,33
Hệ số trạng thái (R1)	3,907	Năng lượng nổ trên 1 đơn vị thể tích, Pa/m ³	2,48e ⁺⁹

Thông số kỹ thuật máy tính sử dụng để mô phỏng công tác nổ mìn như sau: Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU @ 2.90GHz và RAM 16.0 GB. Với thời gian ghi nhận kết quả sau 1,5 giây, mô phỏng hoàn thành tính toán sau 12 giờ trên phần mềm LS-Dyna.

3.2. Kết quả mô phỏng đá bay cho mỏ đá vôi Mông Sơn bằng phương pháp SPH trên phần mềm LS-Dyna

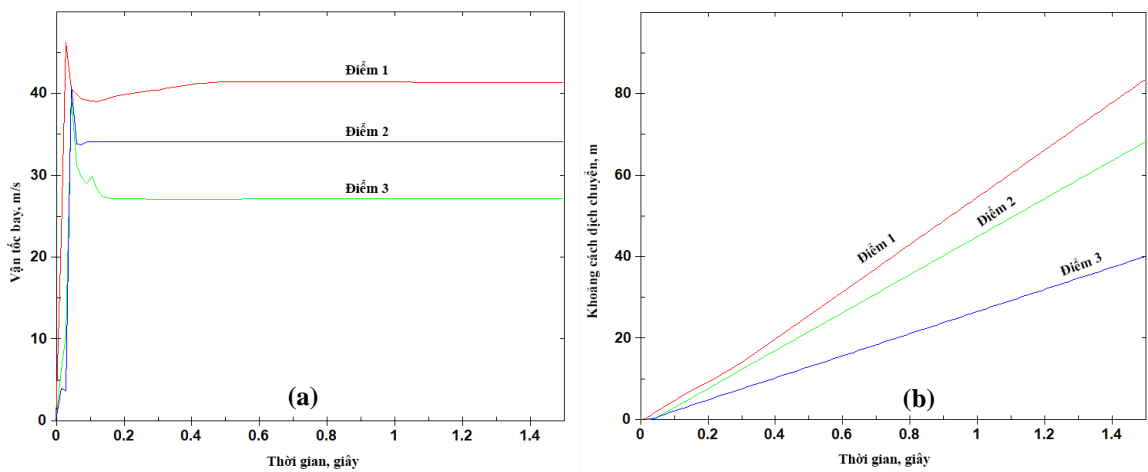
Bài báo thiết lập đo dữ liệu mô phỏng hiện tượng đá bay trong quá trình nổ mìn trên mô hình 2D của mặt cắt tuyến B2 tại mỏ đá vôi Mông Sơn sau 1,5 giây. Kết quả thu được qua các mốc thời gian 0,5 giây; 1,0 giây và 1,5 giây, xem hình 5.





Hình 5. Mô phỏng quá trình nổ mìn với phần mềm LS-Dyna: (a) 0,5 giây; (b) 1,0 giây; (c) 1,5 giây.

Để đánh giá khoảng cách đá bay, vận tốc đá bay sau 1,5 giây kích nổ lượng thuốc. Đặt 3 điểm đo trên mô hình mô phỏng (Hình 5c). Kết quả giám sát được thể hiện tại hình 6.



Hình 6. Vận tốc (a) và khoảng cách (b) đá bay từ 0 ÷ 1,5 giây: (a) Vận tốc đá bay trên 3 điểm khảo sát; (b) Khoảng cách bay trên 3 điểm khảo sát.

Kết quả đo tại các điểm giám sát cho thấy: Với thông số mạng nổ như bảng 1, sau 1,5 giây, đá bay xa nhất so với tâm bãi nổ đạt 85 m, tương ứng với vận tốc trung bình 40 m/s. Như vậy, thông số mạng nổ tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn đá văng cho mỏ Mông Sơn. Do đó, cần tính toán, lựa chọn thông số KNM theo điều kiện an toàn đá văng.

4. Kết luận

Phương pháp mô phỏng quá trình nổ mìn và xác định quỹ đạo bay, cũng như khoảng cách bay của đất đá trong quá trình nổ mìn sử dụng công cụ mô phỏng hiện chưa được sử dụng rộng rãi ở nước ta. Việc áp dụng các công thức thực nghiệm để xác định khoảng cách đá bay là chưa phù hợp với điều kiện thực tế trong quá trình nổ mìn. Trong khi đó, việc áp dụng các thuật toán máy học và mô hình trí tuệ nhân tạo (AI) đòi hỏi việc thu thập một lượng lớn các thông số đầu vào. Bên cạnh đó, việc đo vẽ khoảng cách đá bay do các vụ nổ cũng gặp nhiều khó khăn và phức tạp.

Phương pháp mô hình số đã trở thành giải pháp đáng tin cậy trong việc nghiên cứu, phân tích và đánh giá các tác động cơ học. Kết quả của mô hình đã chứng minh khả năng của

phương pháp thủy động lực học hạt mịn trong việc phân tích chuyên sâu công tác nổ mìn. Sử dụng phương pháp này, các kỹ sư khai thác mỏ và nhà quản lý an toàn trong quá trình nổ mìn có thể dự đoán sơ bộ khoảng cách đá bay trong từng vụ nổ, dựa trên các điều kiện nổ mìn thực tế tại mỏ, thông qua việc nhập các thông số đầu vào cho mô hình mô phỏng.

Dựa trên phân tích quá trình tác dụng nổ mìn sử dụng phương pháp SPH 2D, được áp dụng trên tuyến mắt cắt B2 của mỏ đá vôi Mông Sơn, những kết quả đã thu được cho thấy rằng hiện tại mô hình thiết kế KNM của mỏ đang tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn do đá văng. Do đó, cần tiến hành nghiên cứu, tính toán và thay đổi các lại thông số KNM sao cho hợp lý. Tuy nhiên, để đạt được điều này, cần tiến hành thêm những nghiên cứu chi tiết và chuyên sâu hơn về việc áp dụng phương pháp SPH trên phần mềm LS-Dyna cho mô hình 3D, đồng thời cần xem xét nhiều trường hợp nổ mìn thực tế theo hộ chiếu thi công và thí nghiệm các tính chất cơ lý đá bổ sung theo thuộc tính đất đá tại mỏ phù hợp với vật liệu trong phần mềm hỗ trợ. Mục tiêu của việc này là để nâng cao mức độ chính xác của mô phỏng, đồng thời thiết lập thời điểm quan sát dài hơn để đảm bảo việc xác định đầy đủ các hiện tượng đá bay theo các hướng và theo các thời điểm của vụ nổ.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.Đ.B.; Đ.V.Tr., H.V.V.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.Đ.B.; Đ.V.Tr.; N.Đ.A.; Thu thập số liệu thực tế tại mỏ: H.V.V., H.Đ.N.; Xử lý số liệu: T.Đ.B.; Đ.V.Tr.; H.V.V.; B.X.D.; Viết bản thảo bài báo: T.Đ.B.; Đ.V.Tr.; B.V.D., N.Đ.A.; H.V.V.; H.Đ.N.; Chỉnh sửa bài báo: T.Đ.B.; Đ.V.Tr.; H.V.V., H.Đ.N.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn PGS.TS. Đàm Trọng Thắng, Học viện kỹ thuật quân sự đã giúp đỡ trong quá trình chạy mô hình mô phỏng nổ mìn bằng phần mềm bản quyền LS-Dyna/Ansys. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của các nhà khoa học thuộc Nhóm nghiên cứu mạnh Những tiến bộ trong Khai thác mỏ bền vững và có trách nhiệm (ISRM), Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam đã hỗ trợ để, cố vấn khoa học trong quá trình nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

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

Tài liệu tham khảo

1. Kahriman, A.; Ozer, U.; Aksoy, M.; Karadogan, A.; Tuncer, G. Environmental impacts of bench blasting at Hisarcik Boron open pit mine in Turkey. *Environ. Geology*. **2006**, 50(7), 1015–1023.
2. Uysal, O.; Cavus, M. Effect of a pre-split plane on the frequencies of blast induced ground vibrations. *Acta Montanistica Slovaca* **2013**, 18(2), 101–109.
3. Karadogan, A.; Kahriman, A.; Ozer, U. A new damage criteria norm for blast induced ground vibrations in Turkey. *Arabian J. Geosci.* **2014**, 7(4), 1617–1627.
4. Gorgulu, K.; Arpaz, E.; Uysal, O.; Duruturk, Y.S.; Yuksek, A.G.; Kocslan, A.; Dilmac, M.K. Investigation of the effects of blasting design parameters and rock properties on blast-induced ground vibrations. *Arabian J. Geosci.* **2015**, 8(6), 4269–4278.
5. Kulekci, G.; Alemdag, S. The investigation of blasting effect on natural heritages in quarries: Registered rock room sample. Proceedings of the 8th International Aggregates Symposium 13–14 October, Kutahya, Turkey, 2016, pp. 498–504.
6. Singh, T.N.; Singh, V. An intelligent approach to prediction and control ground vibration in mines. *Geotech. Geol. Eng.* **2005**, 23(3), 249–262.

7. Rezaei, M.; Monjezi, M.; Varjani, A.Y. Development of a fuzzy model to predict flyrock in surface mining. *Saf. Sci.* **2011**, *49*, 298–305.
8. Hajihassani, M.; Armaghani, D.J.; Sohaei, H.; Mohamad, E.T.; Marto, A. Prediction of airblast–overpressure induced by blasting using a hybrid artificial neural network and particle swarm optimization. *Appl. Acoust.* **2014**, *80*, 57–67.
9. Sadeghi, F.; Monjezi, M.; Armaghani, D.J. Evaluation and optimization of prediction of toe that arises from mine blasting operation using various soft computing techniques. *Nat. Resour. Res.* **2020**, *29*(2), 887–903.
10. Bhandari S. Engineering rock blasting operations. A.A. Balkema, Rotterdam, 1997.
11. Fletcher, L.R.; D'Andrea, D.V. Control of flyrock in blasting. Proceeding of 12th Conf. on Explosives and Blasting Technique. Atlanta, Georgia, 1986, pp. 167–177.
12. Raina, A.K.; Murthy, V.M.S.R.; Soni, A.K. Flyrock in surface mine blasting: understanding the basics to develop a predictive regime. *Curr. Sci.* **2015**, *108*, 660–665.
13. Workman, J.L.; Calder, P.N. Flyrock prediction and control in surface mine blasting. Proceeding of the 20th conference on explosives and blasting technique. Austin, Texas, 1994, pp. 59–74.
14. Kopp, J.W. Observation of flyrock at several mines and quarries. Proceeding of the 20th conference on explosives and blasting technique. Austin, Texas, 1994, pp. 75–81.
15. Lundborg, N.; Persson, P.A.; Ladegaard–Pedersen, A.; Holmberg, R. Keeping the lid on flyrock in opencast blasting. *Eng. Min. J.* **1975**, 95–100.
16. Roth, J. A model for the determination of flyrock range as a function of shot conditions, final report contract no. J03872A2. *Manage. Sci. Assoc.* **1979**.
17. Hillier, D.E.; Holywell, P.D.; Jeffries, R.M.; Scott, I.M.B. Limiting the instance of flyrock from quarry operations, research report. WS Atkins Consultants Ltd., Warrington, 1999.
18. Schneider, L. Back to the basics, flyrock (part 2: prevention). *Appl. Acoust.* **1997**, *71*, 1169–1176. Doi:10.1016/j.apacoust.2010.07.008.
19. Adhikari, G.R. Studies on flyrock at limestone quarries. *Rock Mech. Rock Eng.* **1999**, *32*, 291–301. Doi:10.1007/s006030050049.
20. Mishra, A.K.; Mallick, D.K. Analysis of blasting related accidents with emphasis on flyrock and its mitigation in surface mines. Proceedings of the 10th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. New Delhi, India. 2012, pp. 555–563.
21. Bajpayee, T.S.; Rehak, T.R.; Mowrey, G.L.; Ingram, D.K. Blasting injuries in surface mining with emphasis on flyrock and blast area security. *J. Saf. Res.* **2004**, *35*, 47–57. Doi:10.1016/j.jsr.2003.07.00.
22. Kulekci, G.; Yilmaz, A.O. Roadway tunnel construction with drilling–blasting method; Gümüşhane environment road example. *Int. J. Math. Eng. Nat. Sci.* **2018**, *4*, 34–39.
23. Kulekci, G.; Yilmaz, A. Investigation of the effect of activities in a copper mine on historical works, an example of Gümüşhane Süleymaniye. *J. Underground Resour.* **2019**, *16*(8), 1–14.
24. Monjezi, M.; Amini Khoshalan, H.; Yazdian Varjani, A. Prediction of flyrock and backbreak in open pit blasting operation: a neuro–genetic approach. *Arabian J. Geosci.* **2010a**, *5*(3), 441–448.
25. Monjezi, M.; Bahrami, A.; Yazdian Varjani, A. Simultaneous prediction of fragmentation and flyrock in blasting operation using artificial neural networks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* **2010b**, *47*(3), 476–480.

26. Monjezi, M.; Mehrdanesh, A.; Malek, A.; Khandelwal, M. Evaluation of effect of blast design parameters on flyrock using artificial neural networks. *Neural Comput. Appl.* **2012**, *23*(2), 349–356.
27. Rezaei, M.; Monjezi, M.; Varjani, A.Y. Development of a fuzzy model to predict flyrock in surface mining. *Saf. Sci.* **2011**, *49*, 298–305.
28. Ghasemi, E.; Sari, M.; Ataei, M. Development of an empirical model for predicting the effects of controllable blasting parameters on flyrock distance in surface mines. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* **2012a**, *52*, 163–170.
29. Ghasemi, E.; Amini, H.; Ataei, M.; Khalokakaei, R. Application of artificial intelligence techniques for predicting the flyrock distance caused by blasting operation. *Arabian J. Geosci.* **2012b**, *7*(1), 193–202.
30. Amini, H.; Gholami, R.; Monjezi, M.; Torabi, S.R.; Zadhesh, J. Evaluation of flyrock phenomenon due to blasting operation by support vector machine. *Neural Comput. Appl.* **2011**, *21*(8), 2077–2085.
31. Raina, A.K.; Chakraborty, A.K.; Choudhury, P.B.; Sinha, A. Flyrock danger zone demarcation in opencast mines: a risk based approach. *Bull. Eng. Geol. Environ.* **2011**, *70*(1), 163–172.
32. Alemdag, S.; Zeybek, H.I.; Kulekci, G. Stability evaluation of the Gümüşhane–Akçakale Cave by numerical analysis method. *J. Mountain Sci.* **2019**, *16*(9), 50–58.
33. Momeni, E.; Nazir, R.; Armaghani, D.J.; Maizir, H. Prediction of pile bearing capacity using a hybrid genetic algorithm–based ANN. *Measurement* **2014**, *57*, 122–131.
34. Mohamad, E.T.; Armaghani, D.J.; Hajihassani, M.; Faizi, K.; Marto, A. A simulation approach to predict blasting–induced flyrock and size of thrown rocks. *Electron. J. Geotech. Eng.* **2013a**, *18*, 365–374.
35. Monjezi, M.; Dehghani, H. Evaluation of effect of blasting pattern parameters on back break using neural networks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* **2008**, *45*(8), 1446–1453.
36. Esmaeili, M.; Osanloo, M.; Rashidinejad, F.; Bazzazi, A.A.; Taji, M. Multiple regression, ANN and ANFIS models for prediction of backbreak in the open pit blasting. *Eng. Comput.* **2014**, *30*(4), 549–558.
37. Garret, J.H. Where and why artificial neural networks are applicable in civil engineering. *J. Comput. Civil Eng.* **1994**, *8*, 129–130.
38. R. A. Gingold, J. J. Monaghan. Smoothed particle hydrodynamics: theory and application to non-spherical stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* **1977**, *Volume 181, Issue 3, December*, Pages 375–389, <https://doi.org/10.1093/mnras/181.3.375>
39. Thung, T.T. Study of the SPH method for Simulation in LS–Dyna, 2017.
40. Jayasinghe, L.B. Numerical investigation into the blasting-induced damage characteristics of rocks considering the role of in-situ stressed and discontinuity persistence. Nanyang Centre for Underground Space, School of Civil and Environmental Engineering, Nanyang Technological University, Singapore 639798. 2020.
41. Ảnh chụp vệ tinh mỏ đá vôi Mông Sơn.
42. Xu, J.; Wang, J. Interaction Methods for the SPH Parts (Multiphase Flows, Solid Bodies) in LS–Dyna. Livermore Software Technology Corporation, 2013.
43. Thắng, Đ.T.; Nam, B.X.; Hiếu, T.Q. Nổ mìn trong ngành mỏ và công trình. Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội, 2015.
44. Gao, J.; Xie, S.; Zhang, X.; Wang, H.; Gao, W.; Zhou, H. Study on the 2D optimization simulation of complex five–hole cutting blasting under different lateral pressure coefficients. *Hindawi Complexity* **2020**, *4639518*, pp. 12.

45. Riedel, W.; Thoma, K.; Hiermaier, S. Numerical analysis using a new macroscopic concrete model for hydrocodes. Proceedings of 9th international symposium on interaction of the effects of munitions with structures, Strausberg, Germany. 1999, pp. 315–322.

Simulation on flyrock due to blasting using Smoothed particle hydrodynamics (SPH) with LS–Dyna software, an example from the Mong Son mine (Yen Bai)

Tran Dinh Bao^{1,2*}, Do Van Trieu³, Nguyen Dinh An^{1,2}, Hoang Van Van⁴, Bui Xuan Dien⁵, Hoang Dinh Nam¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology; trandinhbao@humg.edu.vn; nguyendinhnam@humg.edu.vn; 2021040137@student.humg.edu.vn

² Innovations for Sustainable and Responsible Mining (ISRM) Research Group, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, 100000, Vietnam; trandinhbao@humg.edu.vn; nguyendinhnam@humg.edu.vn

³ Vinacomin-Institute of Mining Science and Technology; dovantrieu15091996@gmail.com

⁴ Micco - Branch of Ha Tuyen mining chemical industry company limited; hoangvanhaidang@gmail.com

⁵ MICCO - Bac Trung Bo mining chemical industry company limited; dienbxbtb@gmail.com

Abstract: Flying rock is the most serious danger released from blasting in open pit mines. More than a half of accidents due to blasting is related to rock flying. It is considered as serious problems because it raises negative complains from the locals who lives nearby the blasting areas. Nevertheless, there are few studies on rock flying in Vietnam in particular. This study focuses on Smooth Particle Hydrodynamic (SPH) method on LS-Dyna software to model rock flying on B2 section at Mong Son quarry, Yen Bai province. The result indicates the potential of Smooth Particle Hydrodynamic (SPH) method in analyzing the rock flying trajectory and distance in blasting. Using blasting practical parameters at the mine site, the software has estimated the flying velocity at various location and time. In which, the rock flying velocity is about 40 m/s at the distance of 85 m from the blasting point after 1.5 second. This study aims to help engineers to estimate rock flying distance on specific explosions. As a result, they are able to propose effective solutions to reduce the negative effects of rock flying and improve their blasting. However, it is necessary to implement more studies on the practicality of LS-Dyna software for 3D modelling. It is required to consider different practical cases in blasting based on blasting designs and rock mechanics regarding to the materials available in the software.

Keywords: Flyrock; SPH; Simulation; Blasting; LS-Dyna.

Bài báo khoa học

Phân bố không gian của các sóng triều chính khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam

Đoàn Quang Trí¹, Phạm Văn Hùng^{2*}

¹ Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;
doanquangtrikttv@gmail.com

² Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển - Bộ Tham mưu Hải quân;
phamvanhung2t@gmail.com

*Tác giả liên hệ: phamvanhung2t@gmail.com; Tel.: +84-988579358

Ban Biên tập nhận bài: 5/4/2023; Ngày phản biện xong: 19/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả phân bố theo không gian của 08 sóng triều chính (M2, S2, N2, K2, K1, O1, Q1, P1), đặc tính thủy triều tại một số đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa với phương pháp bình phương nhỏ nhất theo chuẩn Institute of Ocean Sciences (IOS). Kết quả cho thấy, khi số lượng sóng triều tăng, giá trị cực trị thủy triều thiên văn (*Highest Astronomical Tide-HAT*, *Lowest Astronomical Tide-LAT*), *Mean Sea Level (MSL)*, mực nước thủy triều dự tính từng giờ hàng năm đạt độ chính xác cao hơn so với các phương pháp truyền thống dùng từ 8 đến 11 hằng số điều hòa (HSDH). Tính chất thủy triều tại các đảo, bãi đá khu vực quần đảo Trường Sa không hoàn toàn là nhật triều không đều. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học giải thích các hiện tượng xảy ra trong thực tế: thủy triều thực đo trên số “0 hải đồ” nhỏ hơn “0”, thời điểm xuất hiện mực nước lớn, nước ròng muộn hơn; hiện tượng ngập lụt khi thủy triều đạt cực đại, đồng thời kết quả nghiên cứu đưa ra phương thức phân tích bộ HSDH tối ưu để thiết lập các mô hình dự tính cơ sở dữ liệu biên mực nước cho các bài toán mô phỏng động lực học biển (ven bờ, ngoài khơi) đáp ứng các kịch bản nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu.

Từ khóa: Sóng triều; Phân bố không gian; Hằng số điều hòa; Trường Sa, Việt Nam.

1. Giới thiệu

Hiện tượng thủy triều được nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu, đề cập đến, nghiên cứu đầy đủ và gần đây nhất là của Cartwright [1], mực nước biển cần được phân tích một cách tổng thể thay vì chỉ có dữ liệu thủy triều cao và thấp. Dữ liệu thủy triều ven bờ chính xác hiện rất cần thiết để đáp ứng các nhu cầu đo độ cao, trắc địa không gian và lập mô hình thủy triều bờ biển [2]. Các nghiên cứu quốc tế [3–11], đã đưa ra số lượng các sóng triều điều hòa có thể phân tích được bằng phương pháp bình phương tối thiểu từ chuỗi số liệu quan trắc mực nước thực đo với 15 ngày (15 sóng triều), 30 ngày (26 sóng triều), 6 tháng (54 sóng triều), 12 tháng (62 đến 102 sóng triều), 4,5 năm (114 sóng triều) và 18,613 năm (409 sóng triều) [12–17].

Trong những năm gần đây ở Việt Nam, việc phân tích hằng số điều hòa (HSDH) thủy triều từ chuỗi số liệu thực đo đã được đề cập nhiều trong các nghiên cứu [18–21]. Tuy nhiên, sự biến thiên theo không gian và thời gian của các sóng triều điều hòa chính, số lượng các phân triều điều hòa tối ưu, hiện tượng số liệu thủy triều thực đo trên số “0 hải đồ” nhỏ hơn “0”, ngập lụt khi thủy triều lên, thời gian xuất hiện mực nước lớn, nước ròng

muộn hơn so với thời gian dự tính trong bảng thủy triều ở một số đảo, bãi đá thuộc khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam chưa được quan tâm, đúng mức. Đối với khu vực quần đảo Trường Sa, việc xây dựng và biên tập các bản đồ chuyên đề về sự biến đổi theo không gian và thời gian của các sóng triều chính, xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSDH thủy triều tối ưu phục vụ cho các điều kiện biên mực nước trong các mô hình mô phỏng động lực học biển (ven đảo, bãi đá) là vấn đề chưa được nghiên cứu.

Dữ liệu về HSDH thủy triều biến thiên theo thời gian và không gian với độ phân giải cao là thông tin cần thiết và quan trọng phục vụ cho nhu cầu tính toán, biên tập và xuất bản các bảng dự tính thủy triều. Các mô hình số mô phỏng truyền triều, đánh giá tác động của quá trình dâng cao mực nước biển do biến đổi khí hậu toàn cầu là cần thiết phải có những tính toán khoa học và chi tiết cho các HSDH thủy triều với độ chính xác cao tại thời điểm hiện nay và dự tính cho những năm tiếp theo. Để cung cấp thông tin về xây dựng cơ sở dữ liệu HSDH phân bố theo không gian và thời gian của các sóng triều chính bằng mô hình MIKE 21 ở chế độ nghiệp vụ, nghiên cứu này trình bày kết quả xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSDH thủy triều biến thiên theo không gian và thời gian, sơ đồ tính toán số “0 hải đồ”, đặc tính thủy triều khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam.

Cho đến nay, các đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa chưa xây dựng được bộ HSDH với số lượng sóng triều tối ưu biến thiên theo không gian và thời gian đúng chu kỳ thiên văn. Đối với các trạm quan mực nước biển ngắn hạn (ít hơn 31 ngày) [9, 11, 12–17, 21], số lượng sóng triều theo các phương pháp phân tích truyền thống thường “bỏ sót” nhiều sóng triều ý nghĩa như: MSF, J1, OO1, 2N2, NU2, NO1, L2, 2Q1, MO3, MK3... [18–21]. Do đó, việc bổ sung thêm các sóng triều điều hòa vào quá trình dự tính thủy triều là cần thiết để tăng độ chính xác mực nước dự tính từng giờ, xác định cực trị thủy triều thiên văn (HAT, LAT) và MSL.

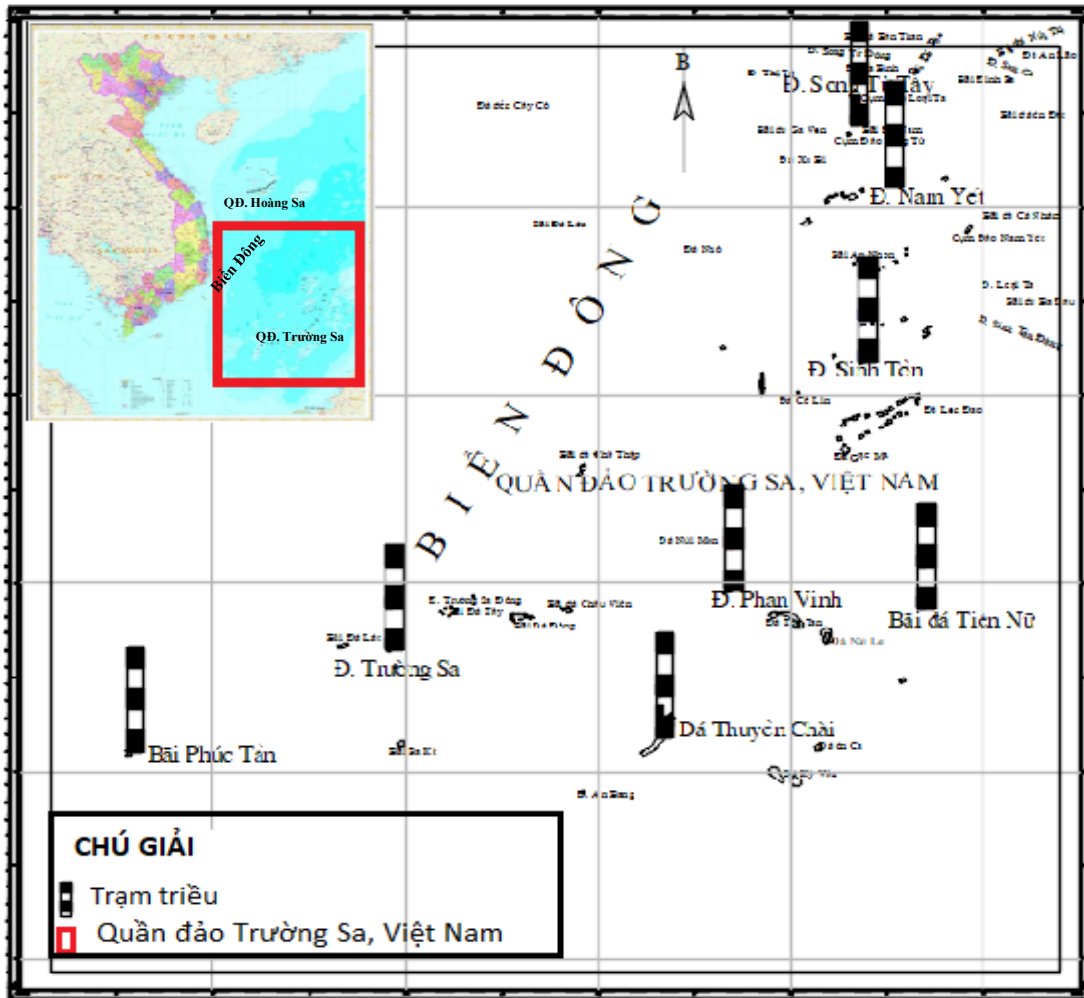
Mục đích của nghiên cứu là: Xác định phân bố theo không gian, thời gian của các sóng triều chính, phân tích bộ HSDH thủy triều tối ưu từ chuỗi số liệu thực đo, xác định đúng và chính xác đặc tính thủy triều tại các đảo, bãi đá; Dự tính thủy triều đúng chu kỳ thiên văn để có được các cơ sở khoa học đáp ứng nhu cầu cấp thiết hiện nay là: (1) Số liệu thủy triều thực đo trên số “0 hải đồ” nhỏ hơn “0”; (2) Hiện tượng ngập lụt khi thủy triều đạt cực đại; (3) Thời gian xuất hiện mực nước lớn, nước ròng muộn hơn so với thời gian dự tính trong bảng thủy triều; (4) Thiết lập cơ sở dữ liệu HSDH các biên mực nước cho các mô hình mô phỏng động lực học biển (ven đảo, bãi đá) có liên quan đến an toàn hàng hải và các hoạt động khác.

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu sử dụng và khu vực nghiên cứu

Số liệu sử dụng trong nghiên cứu là số liệu mực nước quan trắc tại 08 trạm: Song Tử Tây (01/4/2021 - 08/4/2021), Nam Yết (30/9/2020 - 21/10/2020), Sinh Tồn (08/5/2020 - 25/5/2020), Trường Sa (17/6/2021 - 24/6/2021), Phan Vinh (16/6/2022 - 30/7/2022), Tiên Nữ (15/8/2021 - 26/9/2021), Thuyền Chài (17/5/2021 - 30/5/2021), Phúc Tần (23/4/2016 - 08/11/2016) tại các đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa, Việt Nam (Hình 1). Số liệu phân tích từ bộ cơ sở dữ liệu HSDH toàn cầu với độ phân giải $0,125^\circ \times 0,125^\circ$ kinh-vĩ tuyến trong mô hình MIKE 21 dùng để phân tích sóng triều điều hòa, dự tính mực nước thủy triều, so sánh tương quan giữa chuỗi số liệu thủy triều thực đo và dự tính khi sử dụng sơ đồ chi tiết phân tích HSDH thủy triều (Hình 2).

Số liệu mô hình: Số liệu thủy triều dự tính, HSDH phân tích từ MIKE 21 cho số liệu quan trắc mực nước biển (thực đo) tại các đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa, Việt Nam được sử dụng đánh giá so sánh các kỹ năng nghiệp vụ dự tính thủy triều và xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSDH tối ưu.



Hình 1. Vị trí các trạm quan trắc mực nước biển khu vực quần đảo Trường Sa.

Khu vực nghiên cứu: Quần đảo Trường Sa có vai trò quan trọng trong chiến lược bảo vệ an ninh quốc phòng và phát triển kinh tế xã hội, khu vực này có trên 100 đảo, bãi đá, bãi cạn, bãi ngầm, gò san hô nằm rải rác trong khu vực có diện tích khoảng 160000 km² [24–25]. Các khối núi ngầm có độ cao (so với đáy biển) trung bình khoảng 2000 m, bề mặt đỉnh của chúng tạo nên các đảo và các bãi ngầm ở nhiều độ sâu khác nhau [25]. Đối với những đảo, bãi đá có độ sâu nhỏ, thủy triều chịu tác động đáng kể qua các cơ chế: (1) Tăng tốc độ truyền sóng triều; (2) Thay đổi hướng sóng triều [9].

Chế độ thủy triều: Tính chất thủy triều là nhật triều không đều, dạng đường cong dao động mực nước tương tự cảng Quy Nhơn. Thời gian dâng lớn hơn thời gian rút rất nhiều, trung bình kỳ nước cường thời gian dâng khoảng 15 giờ 35 phút, thời gian rút khoảng 09 giờ 15 phút. Sự biến thiên về độ lớn triều tuân theo quy luật của vùng nhật triều, trong các tháng triều mạnh 01, 6, 7 và 12 mực nước lên khá cao và xuống khá thấp. Trong các tháng triều yếu 3, 4, 9 và 10 tính chất nhật triều suy giảm, mực nước lên xuống yếu. Tại quần đảo Trường Sa, độ lớn triều tăng dần từ giữa đến hai đầu Bắc và Nam của quần đảo. Thủy triều mạnh nhất trong các tháng 01, 6, 7 và 12. Trong các tháng triều mạnh số ngày có một lần nước lớn, nước ròng chiếm khoảng 22-25 ngày. Trong các tháng triều yếu số ngày có một lần nước lớn, nước ròng chiếm từ 12-14 ngày [26–27].

Theo kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam năm 2020 [28], tính trung bình, mực nước tại các trạm hải văn của Việt Nam có xu hướng tăng rõ rệt, với mức tăng khoảng 2,45 mm/năm. Đối với quần đảo Trường Sa, hiện tượng ngập lụt xảy ra khi triều đạt cực đại tại một số đảo đã được ghi nhận.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bình phương nhỏ nhất theo chuẩn IOS

Phương pháp bình phương tối thiểu được Viện Khoa học biển Đan Mạch (*Danmark of Institute of Ocean Sciences*) sử dụng trong phần mềm MIKE 21 từ đầu những năm 90 của thế kỷ 20. Sự biến thiên của thủy triều được mô tả bởi các thành phần điều hòa, ngoại trừ biến thể 19 năm của thủy triều gây ra bởi những thay đổi định kỳ về độ nghiêng quỹ đạo Mặt trăng. Các biến thể được mô tả bằng các hiệu chỉnh về biên độ và pha đối với các thành phần thủy triều. Phương pháp IOS mô tả chi tiết nhất về thủy triều tại một địa điểm cụ thể và thường được sử dụng cho các địa điểm có thủy triều được quan trắc liên tục trong nhiều năm [8]. Để tính toán các biên độ, tần số và các đối số thiên văn, phương pháp IOS dựa trên sự phát sinh và thành tạo thủy triều của Doodson, đồng thời sử dụng gốc thời gian tham chiếu của ngày 01 tháng 01 năm 1976 để tính toán các chu kỳ thiên văn [8].

Biểu diễn chung của một chuỗi số liệu thủy triều được thể hiện như sau:

$$\chi(t) = \sum_{j=1}^N f_j(t) a_j \cos(V_j(t) + u_j(t) - g_j) \quad (1)$$

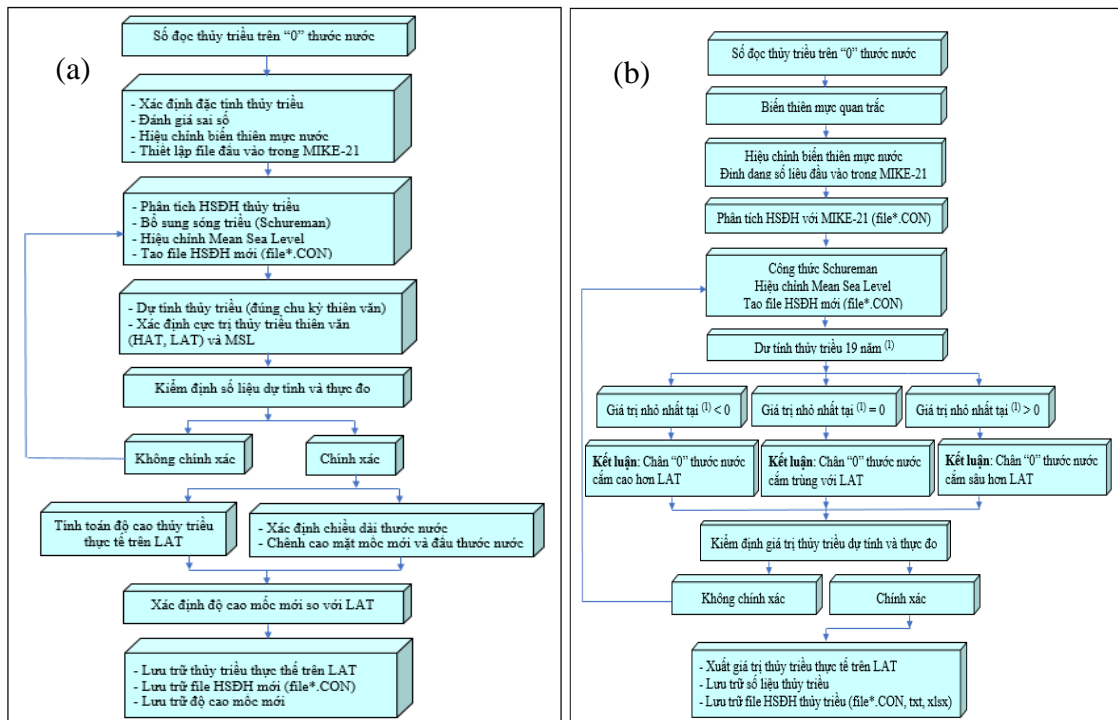
Trong đó a_j , g_j là biên độ và độ trễ pha Greenwich; $f_j(t)$, $u_j(t)$ là biên độ điều chế nút và hệ số hiệu chỉnh pha; $V_j(t)$ là đối số thiên văn cho thành phần j .

Đối số thiên văn $V_j(t)$ được tính là:

$$V_j(t) = V_j(t_0) + (t - t_0)\omega_j \quad (2)$$

Với t_0 là gốc thời gian tham chiếu.

Sử dụng phương pháp IOS phân tích sóng triều điều hòa theo sơ đồ Hình 2a cho các chuỗi số liệu, kết hợp bổ sung các sóng triều để khắc phục tình trạng “bỏ sót” một số sóng triều ý nghĩa như: MSF, J1, OO1, 2N2, NU2, NO1, L2, 2Q1, MO3, MK3 ... khi đưa bộ HSDH mới vào dự tính thủy triều cho các năm tiếp theo trong cùng một chu kỳ thiên văn.



Hình 2. Sơ đồ phân tích HSDH (a) và tính độ cao mốc thủy chuẩn (b) từ chuỗi số liệu thực đo.

2.2.2. Phương pháp đánh giá sai số

Sai số dự báo (*forecast error*) là sự chênh lệch giá trị thực (dữ liệu) và giá trị dự báo nhằm đánh giá chất lượng hay sự phù hợp của mô hình dự báo tại cùng một thời điểm. Sai số dự báo giúp điều chỉnh các thông số của mô hình dự báo [27].

Công thức: $\varepsilon_t = Y_t - \hat{Y}_t$ (3)

Trong đó Y_t là giá trị thực tế tại thời điểm t ; \hat{Y}_t là giá trị dự báo thời điểm t ; ε_t là sai số dự báo thời điểm t .

Một mô hình dự báo được đánh giá tốt khi sai số dự báo nhỏ. Ngoài ra, tính ngẫu nhiên của sai số cũng là một tham số quan trọng để đánh giá độ chính xác của dự báo.

Tiêu chí đánh giá sai số thường được sử dụng trong thực tế dự báo như sau:

+ Sai số tuyệt đối trung bình MAE (*Mean Absolute Error*)

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |\varepsilon_t|}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n} \quad (4)$$

+ Sai số bình phương trung bình MSE (*Mean Squared Error*)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n} \quad (5)$$

+ Sai số tương đối trung bình MAPE (*Mean Absolute Percent Error*)

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|\varepsilon_t|}{Y_t}}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n} \quad (6)$$

+ Căn của sai số bình phương trung bình RMSE (*Root Mean Squared Error*)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}} \quad (7)$$

Độ chính xác của dự tính thủy triều được đặc trưng bởi độ lệch bình phương trung bình giữa mực nước từng giờ dự tính và mực nước quan trắc [27].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá kết quả phân tích các sóng triều chính

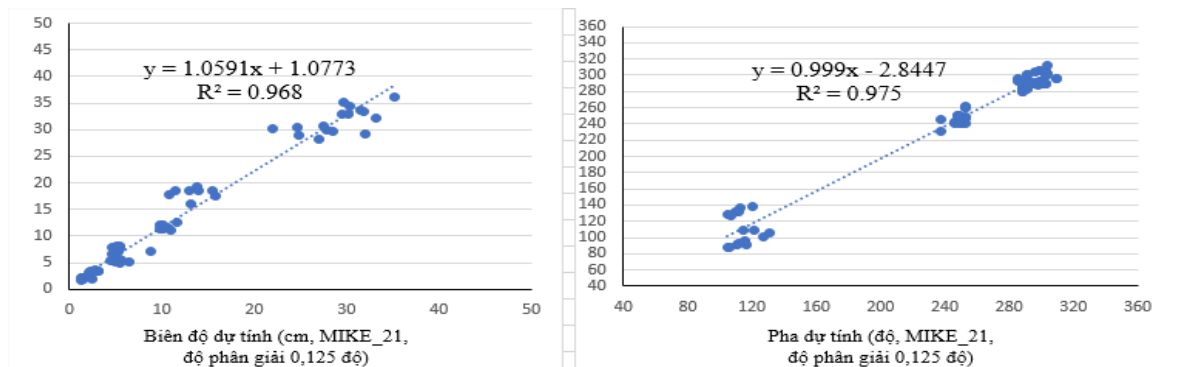
Kết quả phân tích và xây dựng các bộ cơ sở dữ liệu HSDH từ số liệu thực đo bằng phương pháp IOS kết hợp bổ sung các công thức tính toán sóng triều của Schureman trong nghiên cứu sử dụng các chỉ số thống kê MAE, MSE, MAPE, RMSE.

a) Đánh giá các sai số

Đánh giá kết quả phân tích thực hiện bằng cách so sánh mực nước dự tính và thực đo, những biên độ của các sóng triều tính được theo phương pháp bình phương tối thiểu có độ chính xác như nhau, độ chính xác của các pha sóng triều phụ thuộc vào biên độ của các sóng triều, đối với sóng triều có biên độ lớn thì pha tính được sẽ chính xác hơn [27, 29]. Tại khu vực quần đảo Trường Sa, Việt Nam, các sai số thống kê cho thấy: Sai số tuyệt đối trung bình MAE có giá trị từ 0,034-0,075 m; sai số tương đối trung bình MAPE có giá trị từ 0,025-0,054 m; chỉ số RMSE có giá trị từ 0,043-0,098 m, các giá trị MAE, MAPE, RMSE (nhỏ nhất và lớn nhất) đều ở Phan Vinh và Phúc Tần. Các chỉ số thống kê sai số và các hình 5, 6 cho thấy rằng thủy triều dự tính ở Nam Yết, Phan Vinh có độ chính xác và sát với thủy triều thực đo hơn so với các vị trí khác còn lại.

b) Đánh giá số liệu thủy triều thực đo và dự tính từ MIKE 21

Các HSDH được phân tích từ chuỗi số liệu thực đo bằng phương pháp IOS có tọa độ trùng với vị trí của các trạm quan trắc mực nước biển. Số liệu so sánh đối chứng được thể



Hình 3. Hệ số tương quan giữa biên độ, pha của 8 sóng triều chính phân tích từ số liệu thực đo và dự tính từ MIKE 21 (độ phân giải 0,125 độ).

hiện tại bảng 1. Kết quả cho thấy: sai số trung bình của biên độ của 8 sóng triều chính là 1,80 cm với hệ số tương quan $R^2 = 0,968$ và đối với giá trị pha lần lượt là 2,90 độ và $R^2 = 0,975$ (Hình 3).

Bảng 1. Kết quả so sánh, đối chứng số liệu các HSDH của 8 sóng chính khu vực quần đảo Trường Sa (Vĩ độ Bắc và Kinh độ Đông được thể hiện ở dạng độ, phút, giây).

Tên trạm	Vĩ độ	Kinh độ	Biên độ (cm)		Pha (độ)		Biên độ (cm)		Pha (độ)	
			Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán
Sóng triều K1 và O1										
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	33,1	32,2	298,0	291,0	27,1	28,3	252,9	261,1
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	29,4	32,9	302,6	305,1	24,8	29,0	246,2	241,6
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	30,2	33,0	299,1	305,2	32,0	29,3	252,9	260,0
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	29,6	35,0	298,7	292,5	22,1	30,3	237,2	245,0
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	31,5	33,8	295,7	289,0	27,9	29,9	250,7	243,0
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	31,9	33,4	304,1	301,0	28,5	29,7	253,3	241,3
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	30,4	34,3	302,8	290,0	24,7	30,5	248,2	250,5
Phúc Tàn	08 09 25	110 30 12	35,1	36,2	300,5	288,7	27,5	30,6	248,6	241,4
Sóng triều P1 và Q1										
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	11,0	11,0	298,0	287,0	5,4	5,0	252,9	248,3
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	9,8	11,3	302,6	298,7	5,0	5,2	246,2	240,0
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	10,1	11,3	299,1	306,2	6,4	5,3	252,9	246,7
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	9,9	12,1	298,7	289,2	4,4	5,4	237,2	230,1
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	10,5	11,7	295,7	304,0	5,6	5,3	250,7	241,0
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	10,6	11,6	304,1	311,4	5,7	5,4	253,3	260,2
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	10,1	12,0	302,8	289,9	4,9	5,4	248,2	250,1
Phúc Tàn	08 09 25	110 30 12	11,7	12,6	300,5	288,7	5,5	5,5	248,6	250,2
Sóng triều M2 và S2										
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	10,8	17,7	288,3	283,3	5,2	7,0	105,0	128,2
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	12,9	18,4	291,3	301,3	5,5	7,6	106,2	87,8
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	15,5	18,6	288,0	282,5	5,2	7,8	107,1	126,9
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	15,8	17,7	288,5	282,3	8,9	7,2	120,4	138,3
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	14,0	18,5	295,5	289,8	4,6	8,0	112,3	135,9
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	13,8	19,2	291,3	283,0	5,5	8,1	109,5	131,1
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	11,4	18,6	285,8	296,2	5,1	8,1	115,8	95,3
Phúc Tàn	08 09 25	110 30 12	13,1	16,1	309,2	295,4	4,6	6,6	130,5	106,4
Sóng triều N2 và K2										
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	2,2	3,2	288,3	208,3	1,4	1,8	105,4	87,8
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	2,6	3,4	291,3	294,4	1,5	2,0	110,7	91,0
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	3,1	3,5	288,0	286,4	1,4	2,0	111,6	93,1
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	3,2	3,3	288,5	279,3	2,4	1,9	121,1	109,0
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	2,8	3,5	295,5	291,0	1,2	2,1	114,5	108,8
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	2,8	3,6	291,3	300,5	1,5	2,2	111,9	132,5
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	2,3	3,4	285,8	292,1	1,4	2,1	116,4	90,5
Phúc Tàn	08 09 25	110 30 12	2,6	3,2	309,2	296,6	1,3	1,8	126,6	101,4

Từ các giá trị phân tích HSDH, tính chất thủy triều được xác định theo công thức [27].

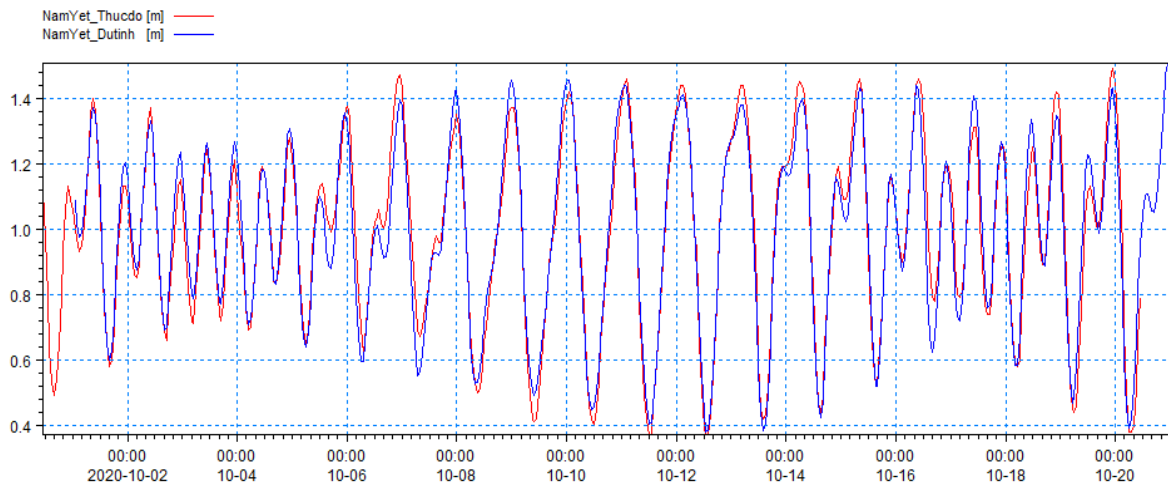
$$F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}} \quad (8)$$

Trong đó bán nhật triều đều: $F = 0,0 \div 0,5$; Nhật triều không đều: $F = 2,0 \div 4,0$; Bán nhật triều không đều: $F = 0,5 \div 2,0$; Nhật triều đều: $F > 4,0$.

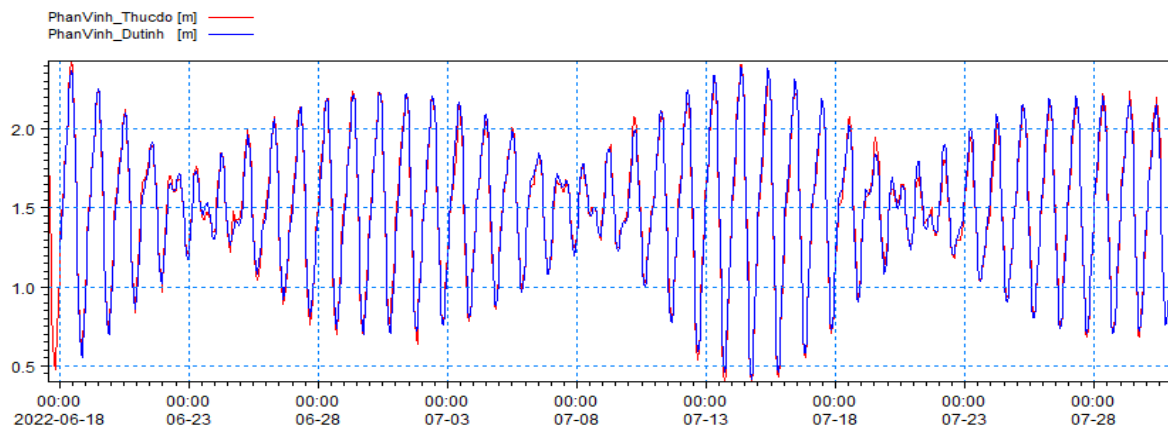
Bảng 2. Tính chất thủy triều tại một số đảo, bãi đá thuộc quần đảo Trường Sa.

Tên trạm	Vĩ độ	Kinh độ	Biên độ (cm)			Chỉ số Đuvanhin	Tính chất thủy triều
			Thực đo	Thực đo	Thực đo		
			K1	O1	M2		
Song Tử Tây	11 25 05	114 18 30	33,1	27,1	10,8	5,57	Nhật triều đều
Nam Yết	10 10 59	114 21 00	29,4	24,8	12,9	4,20	Nhật triều đều
Sinh Tồn	09 53 16	114 19 45	30,2	32,0	15,5	4,01	Nhật triều đều
Trường Sa	08 37 59	111 55 00	29,6	22,1	15,8	3,27	Nhật triều không đều
Phan Vinh	08 58 00	113 41 30	31,5	27,9	14,0	4,24	Nhật triều đều
Tiên Nữ	08 50 57	114 38 22	31,9	28,5	13,8	4,38	Nhật triều đều
Thuyền Chài	08 09 57	113 17 59	30,4	24,7	11,4	4,83	Nhật triều đều
Phúc Tần	08 09 25	110 30 12	35,1	27,5	13,1	4,78	Nhật triều đều

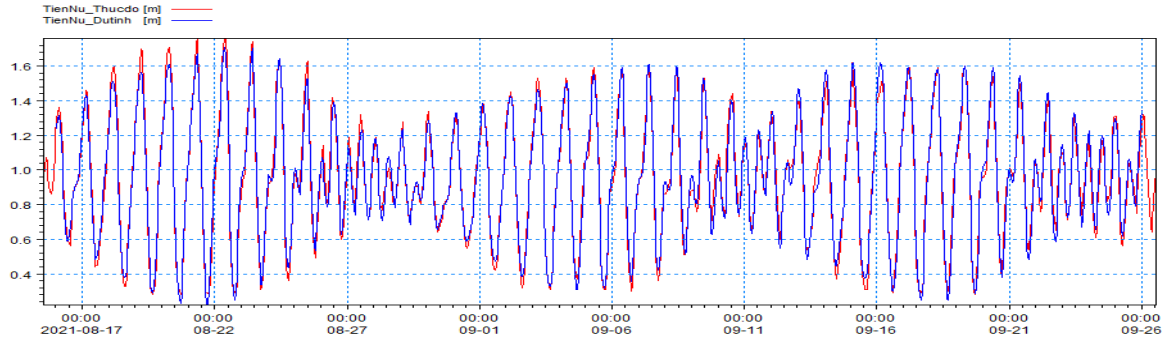
Kết quả phân tích tính chất thủy triều và so sánh đánh giá biên độ triều thực đo và tính toán cho thấy: Tính chất thủy triều ở các đảo, bãi đá như: Song Tử Tây, Nam Yết, Sinh Tồn, Phan Vinh, Tiên Nữ và Phúc Tần là nhật triều đều; đảo Trường Sa là nhật triều không đều (Bảng 2). Do đó, việc xác định đúng, chính xác tính chất thủy triều có ý nghĩa, vai trò quan trọng cho các hoạt động an toàn hàng hải, xây dựng các công trình, xác định mốc độ cao và các hoạt động khác. Phương pháp IOS dự tính thủy triều cho độ chính xác cao hơn và sát với hiện trạng thủy triều thực tế tại từng vị trí quan trắc mực nước biển. Tuy nhiên, để có được những phân tích, đánh giá chi tiết và cụ thể cho bộ cơ sở dữ liệu HSDH thủy triều tại một vị trí, cần có chuỗi số liệu quan trắc mực nước biển liên tục dài ngày (không ít hơn 31 ngày) tại một vị trí từ 02 lần trở lên. Hình 4-7 là kết quả so sánh chất lượng dự tính thủy triều từ MIKE_21 (về biên độ và pha) với số liệu thực đo.



Hình 4. Thủy triều Nam Yết (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 01/10/2020 - 20/10/2020.



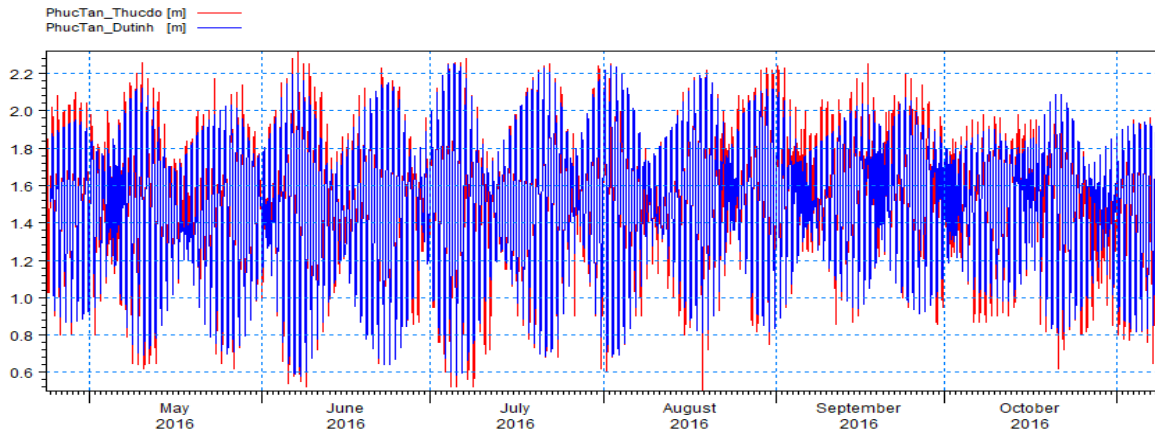
Hình 5. Thủy triều Phan Vinh (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 18/06/2022 - 30/07/2022.



Hình 6. Thủy triều Tiên Nữ (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 16/08/2021 - 25/09/2021.

Bảng 3. Dữ liệu HSDH phân tích theo phương pháp IOS tại 08 trạm thuộc quần đảo Trường Sa.

Tên trạm		Song Từ Tây		Nam Yết		Sinh Tử		Trường Sa		Phan Vinh		Tiên Nữ		Thuyền Chài		Phúc Tần	
Vĩ độ		11 25 05		10 10 59		09 53 16		08 37 59		08 58 00		08 50 57		08 09 57		08 09 25	
Kinh độ		114 18 30		114 21 00		114 19 45		111 55 00		113 41 30		114 38 22		113 17 59		110 30 12	
Số liệu (ngày)		08		22		18		08		45		43		14		200	
Số sóng triều		21		29		33		19		42		42		24		54	
Chu kỳ tính		CK3		CK3		CK3		CK3		CK3		CK3		CK3		CK3	
HAT (cm)		190		199		203		208		213		208		213		207	
A ₀ (MSL, cm)		98		102		103		108		105		105		108		110	
LAT (cm)		0		0		0		0		0		0		0		0	
TT	Tên phân triều	H (cm)	g (độ)	H (cm)	g (độ)	H (cm)	g (độ)	H (cm)	g (độ)	H (cm)	g (độ)	H (cm)	g (độ)	H (cm)	g (độ)	H (cm)	g (độ)
1	M2	10,80	288,3	12,90	291,3	15,50	288,0	15,80	288,5	14,00	295,4	13,80	291,7	11,40	285,8	13,10	309,2
2	S2	5,20	104,9	5,50	106,2	5,20	107,1	8,90	120,4	4,40	112,3	8,13	109,5	5,14	115,8	4,60	130,5
3	N2	2,20	288,3	2,60	291,3	3,10	288,0	3,20	288,5	3,80	273,3	2,46	276,1	2,29	285,8	2,60	309,2
4	K2	1,40	105,4	1,50	110,7	1,40	111,6	2,40	121,1	1,20	114,5	2,21	111,9	1,40	116,4	1,30	126,6
5	K1	33,10	298,0	29,40	302,6	30,20	299,1	29,60	298,7	31,50	301,5	31,90	317,3	30,40	302,8	35,10	300,5
6	O1	27,10	252,9	24,80	246,0	32,00	252,9	22,10	237,2	27,90	251,4	28,50	255,1	24,70	248,2	27,50	248,6
7	P1	11,00	298,0	9,80	302,6	10,10	299,1	9,90	298,7	14,10	297,8	8,87	312,7	10,13	302,8	11,70	300,5
8	Q1	5,40	252,9	5,00	246,0	6,40	252,9	4,40	237,2	6,20	219,1	4,92	246,5	4,93	248,2	5,50	248,6
9	M4	0,10	167,9	0,10	89,0	0,20	27,6	0,70	122,6	0,32	170,8	0,53	281,4	0,21	194,2	0,70	102,5
10	MS4	0,30	261,2	0,10	4,0	0,10	33,0	0,60	190,3	0,11	70,6	0,49	253,8	0,36	277,1	0,60	174,7
11	M6	0,20	114,5	0,10	203,2	0,00	153,9	0,20	234,9	0,18	268,0	0,26	146,9	0,05	248,2	0,20	253,1
12	Ssa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,10	326,8
13	J1	2,14	320,4	1,96	330,7	2,53	322,0	1,75	329,2	1,07	296,7	0,99	358,7	1,95	329,9	2,50	1,0
14	Phil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	256,9
15	Nu2	0,41	317,7	0,63	275,4	0,59	317,2	-	-	0,65	272,8	0,67	268,5	0,43	314,0	0,50	348,3
16	Mu2	0,26	351,6	0,40	260,5	0,37	351,0	-	-	0,52	278,1	0,71	238,1	0,27	346,6	0,90	304,2
17	L2	0,30	254,4	0,36	255,8	0,43	254,2	-	-	1,07	264,9	1,05	289,6	0,32	227,8	0,60	260,4
18	T2	0,31	227,5	0,32	227,7	0,31	227,5	-	-	0,26	342,3	0,48	339,7	0,30	227,4	0,30	228,4
19	2N2	0,28	356,2	0,34	2,4	0,40	355,5	-	-	0,44	243,1	0,46	238,1	0,30	351,0	0,30	39,5
20	MO3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	61,9	0,74	168,1	-	-	0,60	25,2
21	MK3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	349,9	1,03	278,4	-	-	1,30	47,1
22	S4	-	-	0,14	186,87	0,67	216,1	-	-	0,11	208,6	0,55	204,2	-	-	0,10	24,9
23	MN4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,29	199,7	0,37	249,8	-	-	0,10	102,6
24	M3	-	-	-	-	0,47	74,3	-	-	0,16	331,6	0,17	127,8	1,56	36,29	0,10	235,9
25	SK3	-	-	0,43	90,78	0,45	304,7	-	-	0,10	226,8	0,27	270,3	-	-	0,10	252,4
26	Mm	-	-	-	-	-	-	-	-	0,92	285,4	2,39	34,1	-	-	3,10	8,4
27	MSf	-	-	2,86	351,7	2,21	252,4	-	-	1,19	230,8	2,02	63,7	-	-	0,90	12,6
28	Mf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	143,5
29	ALP1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	181,2	0,55	151,0	-	-	0,20	152,5
30	2Q1	0,70	208,2	0,69	198,0	0,83	207,1	0,57	206,7	1,20	207,7	0,41	147,8	0,64	194,0	0,60	210,0
31	Rho1	1,03	233,6	0,94	221,7	1,22	233,1	0,84	210,8	1,07	230,0	1,14	228,4	0,94	224,8	1,00	226,3
32	Tau1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	351,0
33	Bet1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	232,7
34	NO1	-	-	-	-	-	-	-	-	1,40	298,8	1,14	208,8	-	-	0,80	303,0
35	SO1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60	66,6
36	OO1	1,17	252,9	1,07	246,0	1,38	252,9	0,95	237,2	0,90	32,2	0,79	50,0	1,06	357,4	2,50	329,5
37	MSN2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	61,1
38	EPS2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61	193,0	0,40	99,3	-	-	0,30	258,3
39	MKS2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,10	44,3
40	ETA2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	215,8	0,73	59,5	-	-	1,40	35,0
41	M3	-	-	-	-	0,47	74,3	0,84	267,1	0,55	257,6	0,17	127,8	-	-	0,60	141,0
42	SO3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	205,2
43	SN4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	209,5	0,13	252,3	-	-	0,30	234,2
44	MK4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	89,2
45	SK4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	269,6
46	2MK5	0,90	243,5	0,11	8,1	0,03	85,5	0,49	161,4	0,14	236,0	0,38	62,0	0,36	125,16	0,30	226,5
47	2SK5	-	-	0,23	224,1	0,09	27,6	-	-	0,11	34,2	0,31	8,8	-	-	0,20	28,3
48	2MK6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	275,5
49	2SM6	-	-	0,10	229,3	0,21	254,6	-	-	0,11	81,0	0,37	64,6	-	-	0,10	297,1
50	2MS6	-	-	0,13	118,1	0,03	233,4	-	-	0,16	331,6	0,16	326,8	-	-	0,10	235,9
51	2MN6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	226,8	0,19	163,8	-	-	0,10	252,4
52	SK3	-	-	-	-	0,45	304,7	-	-	0,41	4,3	0,27	270,3	-	-	0,50	10,8
53	3MK7	0,33	176,7	0,05	198,8	0,32	87,1	0,26	358,0	0,11	268,0	0,16	214,3	0,38	263,85	0,10	83,4
54	M8	0,34	86,0	0,15	145,0	0,12	293,2	0,35	131,1	0,04	230,0	0,21	263,7	0,35	339,37	0,10	51,5

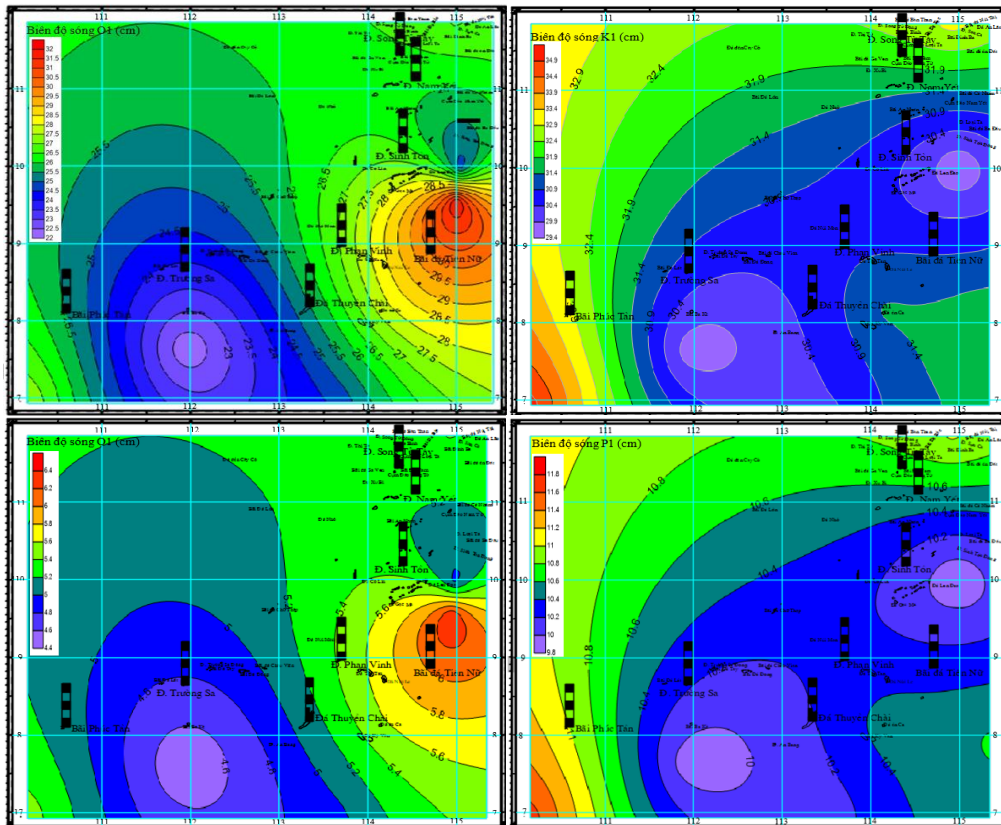


Hình 7. Thủy triều Phúc Tần (thực đo-đỏ, dự tính-xanh) từ ngày 24/04/2016 - 07/11/2016.

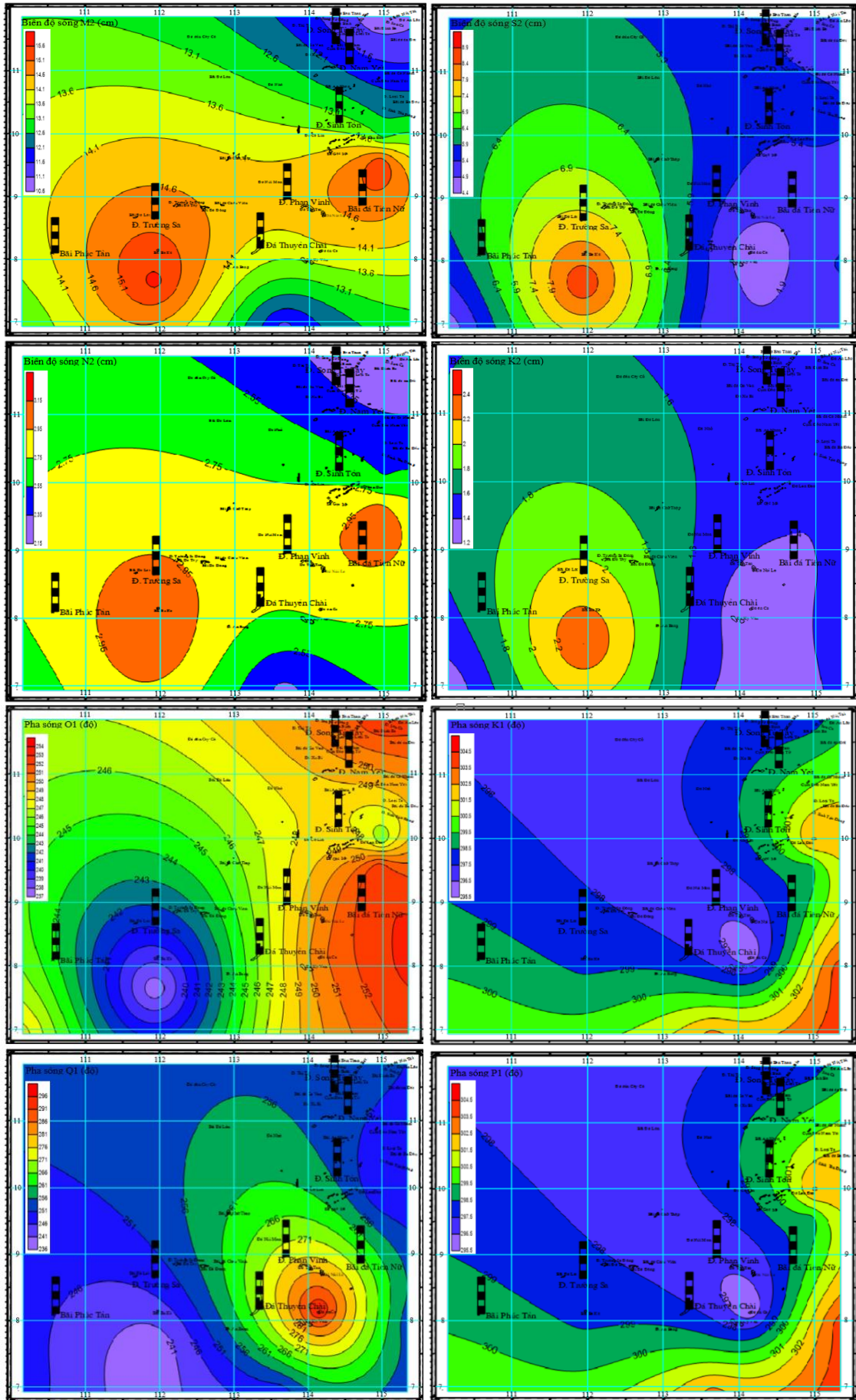
Sử dụng phương pháp IOS phân tích sóng triều điều hòa cho các chuỗi số liệu quan trắc mực nước biên liên tục từ hơn một tháng trở lên, kết hợp với việc bổ sung các sóng triều theo công thức Schureman để khắc phục tình trạng “bỏ sót” một số sóng triều ý nghĩa như: MSF, J1, OO1, 2N2, NU2, NO1, L2, 2Q1, MO3, MK3... khi đưa bộ HSDH mới vào các chương trình dự tính thủy triều cho các năm tiếp theo trong cùng một chu kỳ thiên văn. Việc xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSDH tối ưu biến thiên theo không gian và thời gian liên quan đến mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu làm cơ sở đầu vào cho các mô hình mô phỏng động lực học ven biển, ngoài khơi và biên tập, tính toán các bảng dự tính thủy triều hàng năm là rất cần thiết và hữu dụng trong thời gian tới.

3.2. Phân bố không gian của các sóng triều chính

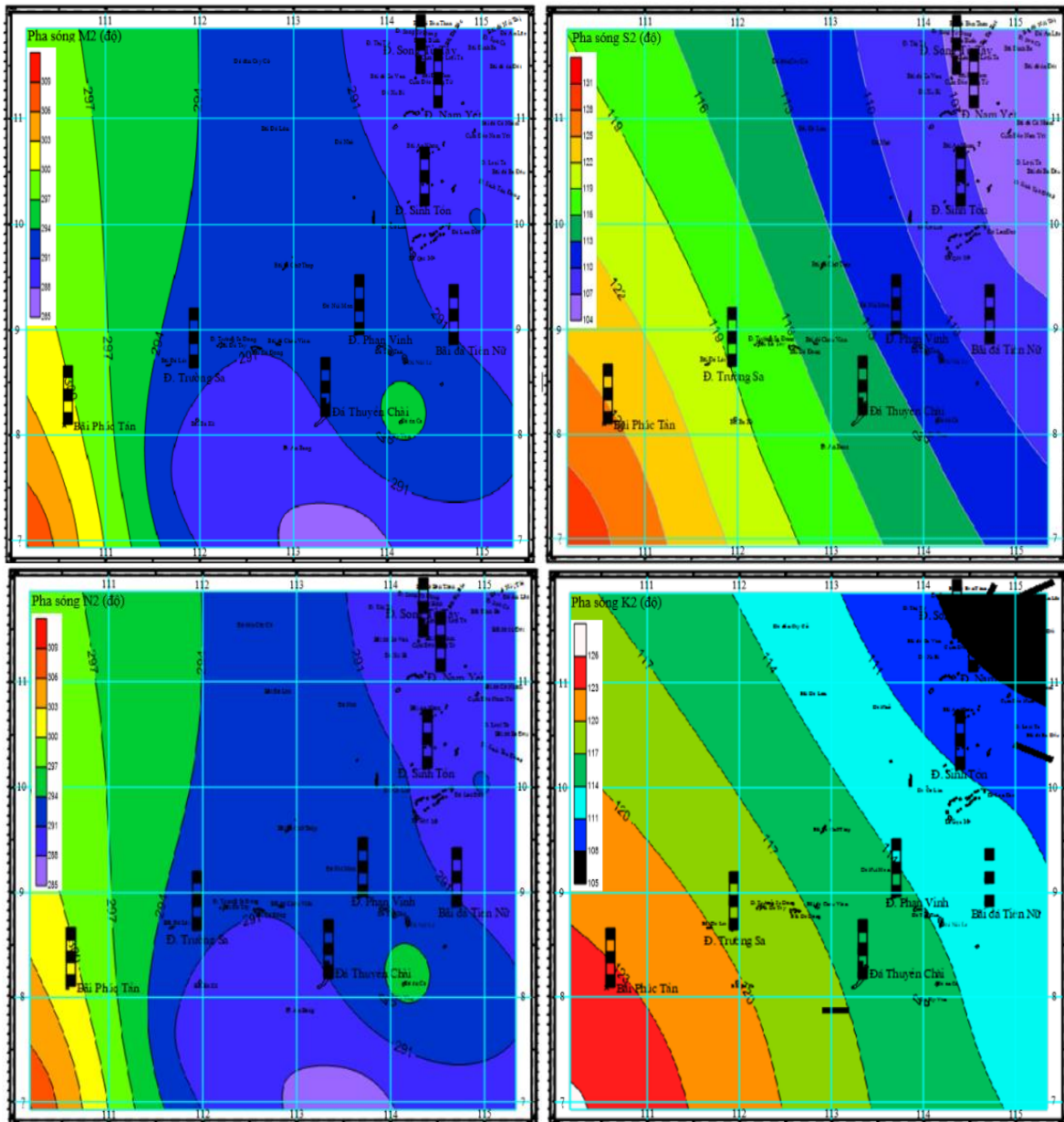
Sử dụng phương pháp IOS phân tích HSDH từ chuỗi số liệu mực nước thực đo tại 08 vị trí, các kết quả được thể hiện trên bản đồ đẳng biên độ và đẳng pha của 08 sóng triều (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1) cho khu vực quần đảo Trường Sa được thể hiện trên các hình 8-10.



Hình 8. Phân bố không gian của biên độ sóng triều O1, K1, Q1 và P1 khu vực quần đảo Trường Sa.



Hình 9. Phân bố không gian của biên độ sóng triều M2, S2, N2, K2, O1, K1, Q1 và P1 khu vực quần đảo Trường Sa.



Hình 10. Phân bố không gian của pha sóng triều M2, S2, N2 và K2 khu vực quần đảo Trường Sa.

Các kết quả phân tích, tính toán cho thấy: Đặc tính thủy triều khu vực quần đảo Trường Sa không hoàn toàn là nhật triều không đều, các sóng triều O1 có biên độ đạt tới giá trị 32,0 cm (thực đo) tại Sinh Tồn và sóng triều K1 có biên độ đạt tới 35,1 cm (thực đo) tại Phúc Tàn. Tại vị trí trạm Trường Sa và trạm Phúc Tàn, biên độ sóng triều O1 tăng dần trong không gian, tại trạm Tiên Nữ biên độ sóng triều O1 giảm dần trong không gian; đối với sóng triều K1, biên độ tăng nhanh trong không gian về phía bờ Tây (phần đất liền lãnh thổ Việt Nam).

Bên cạnh những kết quả được thể hiện trên các bản đồ phân bố không gian, số liệu các HSDH còn được phân tích, trích xuất tại các tọa độ tương ứng với các vị trí quan trắc mực nước biển (08 trạm) để đánh giá, kiểm định sự chính xác các kết quả tính toán. Số liệu so sánh biên độ và pha của 08 sóng triều chính giữa số liệu thực đo và dự tính từ MIKE 21 tại 08 vị trí được thể hiện trên các bảng 1, 2. Kết quả so sánh đối chứng chỉ ra mối tương quan chặt giữa thủy triều thực đo và dự tính từ bộ HSDH phân tích theo chuẩn IOS, sai số trung bình của biên độ của 08 sóng triều chính là 1,80 cm với hệ số tương quan $R^2 = 0,968$; đối với giá trị pha, sai số trung bình của pha là 2,90 độ với hệ số tương quan $R^2 = 0,975$.

4. Kết luận

Các kết quả tính toán, phân tích phân bố không gian của 08 sóng triều điều hòa chính (M2, S2, N2, K2, K1, O1, Q1, P1) tại 08 vị trí quan trắc mực nước biển cho thấy:

- Tính chất thủy triều không hoàn toàn là “*nhật triều không đều*” tại khu vực quần đảo Trường Sa như đã và đang được công nhận từ trước đến nay về tính chất thủy triều.

- Kết quả phân tích, so sánh tương quan cho thấy: mối tương quan chặt giữa thủy triều thực đo và dự tính từ bộ HSDH phân tích theo chuẩn IOS, sai số trung bình của biên độ của 08 sóng triều chính là 1,80 cm với hệ số tương quan (thực đo và dự tính) là $R^2 = 0,968$; đối với giá trị pha, sai số trung bình của pha là 2,90 độ với hệ số tương quan $R^2 = 0,975$.

- Số lượng và chất lượng các sóng triều điều hòa phân tích theo chuẩn IOS áp dụng cho các chuỗi quan trắc mực nước biển liên tục từ 31 ngày trở lên cho ra bộ cơ sở dữ liệu HSDH đầy đủ nhất, khắc phục được việc “*bỏ sót*” nhiều sóng triều có ý nghĩa, thậm chí “*bỏ sót*” các sóng triều có biên độ lớn mà lâu nay thường xem là không quan trọng như: MSF, J1, OO1, 2N2, NU2, NO1, L2, 2Q1, MO3, MK3 ... Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu phân tích HSDH theo phương pháp IOS để thống nhất số lượng, phương pháp phân tích sóng triều, xác định cực trị thủy triều thiên văn (HAT, LAT) và MSL, quan trắc mực nước biển song song tại nhiều trạm cho từng dạng độ dài chuỗi số liệu quan trắc mực nước biển liên tục khác nhau (từ 01-03 tháng, dưới 01 năm, nhiều năm và cả chu kỳ thiên văn).

- Xây dựng bộ cơ sở dữ liệu HSDH mới, tối ưu và đúng chu kỳ thiên văn cho các trạm có số liệu quan trắc mực nước biển từ 31 ngày trở lên biến thiên theo không gian và thời gian, có tính đến mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu toàn cầu làm cơ sở đầu vào cho các mô hình mô phỏng động lực học ven biển, ngoài khơi và biên tập, tính toán các bảng dự tính thủy triều hàng năm.

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

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của: Hội nghị Khoa học Quốc tế Biển Đông 2022 “Thế kỷ Khoa học Công nghệ biển vì tương lai của đại dương”.

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. Cartwright, D. Tides: A Scientific History. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
2. International Hydrographic Organization (IHO). Coastal Tides. 2013, pp. 411. ISBN: 978-2-903581-83-1.
3. Foreman, M.G.G.; Neufeld, E.T. Harmonic analysis of long time series. *Int. Hydrographic Rev.* **1991**, 68(1), 85–108.
4. Schureman, P. Manual of harmonic analysis and prediction of tides. U. S. Department of Commerce. Special Publication No. 98, 2001, pp. 336.
5. The United Kingdom Hydrographic Office. Admiralty Tide Tables - Indian Ocean and South China Sea. 2002, pp. 3.
6. UK National Oceanography Centre. Tidal Analysis Software Kit (TASK). 2014.
7. International Hydrographic Organization (IHO). Harmonic Constituents with Nodal Corrections, 2006.
8. Doodson, A.T. The analysis and prediction of tides in shallow water. *Int. Hydrographic Rev.* **1957**, 34, 85–111.
9. Danish Hydraulic Institute. Tidal Analysis and Prediction Module. MIKE 21 Scientific Documentation. User’s Guide and Reference Manual, 2011, 2017.

10. National Oceanic and Atmospheric Administration. Tidal current analysis procedures and associated computer programs. U. S. Department of Commerce, NOS, CO-OPS 0021, 1999, pp. 101.
11. National Oceanic and Atmospheric Administration. Tidal Analysis and Prediction. NOAA Special Publication NOS CO-OPS. 2007, pp. 3.
12. Arjun, S.; Sheela, N.L.; Shamji, V.R.; Kurian, N.P. Tidal constituents in the shallow waters of the Southeast Indian coast. *Marine Geodesy* **2010**, 33(2), 206–217.
13. Bingley, R.M.; Teferle, F.N.; Orliac, E.J.; Doodson, A.H.; Williams, S.D.P.; Baker, T.F. Absolute fixing of tide gauge benchmarks and land levels. Department for Environment Food and Rural Affairs, PB No. 12643, 2007.
14. Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping. Australian tides manual. Special publication No. 9, 2014, 5, pp. 83.
15. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual on sea level measurements and interpretation. 2002, 1,2,3.
16. Intergovernmental Oceanographic Commission. Global sea level observing system (GLOSS) implementation plan. Intergovernmental Oceanographic Commission Technical series, 1997, pp. 50.
17. Yanguang, F.; Xinghua, Z.; Dongxu, Z.; Weikang, S.; Chuanling, J. Sea level trend and variability in the South China Sea. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, The Netherland, 2019, IV-2/W5.
18. Thủy, N.N.; Huân, P.V.; Khước, B.Đ. Thử nghiệm tính hằng số điều hòa thủy triều 68 sóng cho vùng biển Việt Nam theo bộ chương trình TSLC (Mỹ). *Tap chí Khí tượng thủy văn* **1996**, 426, 13–15.
19. Huân, P.V.; Hoi, N.T.; Huân, N.M. Ứng dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất vào phân tích thủy triều và dòng triều. *Khí tượng thủy văn Biển Đông*. Nhà xuất bản Thống kê, Hà Nội, 2000.
20. Huân, P.V.; Thành, H.T. Sơ đồ chi tiết phân tích điều hòa thủy triều. *Tap chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội* **2009**, 25(1S), 66–75.
21. Thức, P.T.; Hùng, P.V.; Vinh, T.Đ. Xây dựng sơ đồ chi tiết để xác định số “0 hải đồ” và biên tập bảng dự tính thủy triều bằng phương pháp bình phương tối thiểu. *Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Quốc tế “Biển Đông 2022”*, Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2022, 690, pp. 16. ISBN: 978-604-357-067-0.
22. Bách, N.V.; Hải, N.T. Các đảo nổi vùng biển Trường Sa. *Tap chí Dầu khí* **1998**.
23. Thục, P.V. và cs. Tuyển tập các công trình nghiên cứu về điều kiện tự nhiên và tài nguyên thiên nhiên vùng quần đảo Trường Sa, 1998.
24. Phách, P.V.; Minh, N.Q. Những nét cơ bản của cấu trúc kiến tạo khu vực quần đảo Trường Sa và Tư Chính-Vũng Mây. *Tap chí Khoa học và Công nghệ Biển* 1998.
25. Hiệp, N.; Giao, N.; Quân, H.Q. Đặc điểm địa chất và tiềm năng DK vùng quần đảo Trường Sa. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Nhà nước, 1993.
26. Vinh, T.Đ.; Hùng, P.V.; Tuấn, P.V.; Chiến, T.V. Bảng thủy triều năm 2023 (Quần đảo Hoàng Sa, Trường Sa và DK). Tập III. Bộ Tư lệnh Hải quân, 2023.
27. Huân, P.V. Động lực học biển: Phần 3 – Thủy triều. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2002.
28. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, 2020.
29. Huân, P.V. và cs. Xây dựng cơ sở dữ liệu không gian của các hằng số điều hòa thủy triều cho vùng biển vịnh Bắc Bộ. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước QG-08-11, 2010.

Spatial distribution of main tidal waves in the Truong Sa archipelago, Vietnam

Doan Quang Tri¹, Pham Van Hung^{2*}

¹ Journal of Hydro-Meteorological, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com

² Vietnam's Naval Hydrographic and Oceanographic Department, Naval Staff Department; phamvanhung2t@gmail.com

Abstract: The article presents the spatial distribution results of 08 main tidal constituents (M2, S2, N2, K2, K1, O1, Q1, P1) and the characteristics of tides at several islands and reefs belonging to the Truong Sa archipelago using the least squares method according to the Institute of Ocean Sciences (IOS) standard. The results show that as the number of tidal waves increases, the values of the Highest Astronomical Tide (HAT), Lowest Astronomical Tide (LAT), Mean Sea Level (MSL), and predicted hourly tidal water levels throughout the year achieve higher accuracy than traditional methods using 8 to 11 harmonic constants. The tidal characteristics of the islands and reefs in the Truong Sa archipelago are not entirely uniform. The research results provide a scientific basis for explaining phenomena occurring in reality: the measured tides on the “nautical chart” are lower than zero, the occurrence of high water later, and delayed ebb tide. Additionally, the research results propose an optimized method for analyzing the set of harmonic constants to establish boundary water level databases for dynamic coastal and offshore hydrodynamic modeling scenarios, in response to global climate change-induced sea level rise.

Keywords: Tidal waves; Spatial distribution; Harmonic constant; Truong Sa archipelago - Vietnam.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong các thời kỳ ENSO

Lê Lan Anh¹, Nguyễn Linh Trang¹, Lê Anh Trung¹, Chu Thị Thu Hương^{1*}

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội; 1911020666@hunre.edu.vn; nguyennlinhtrang010@gmail.com; leetrung14@gmail.com; ctthuong@hunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: ctthuong@hunre.edu.vn; Tel.: +84-981244579

Ban biên tập nhận bài: 12/4/2023; Ngày phản biện xong: 20/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

Tóm tắt: Mối quan hệ giữa ENSO với áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong các thời kỳ ENSO dựa trên số liệu trường khí áp mực nước biển (Pmsl) trên toàn cầu và SSTA vùng NINO.3 trong kỳ 1981-2020, bài viết đưa ra một số kết luận sau: Tuy biến đổi không nhiều song cường độ và phạm vi của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong thời kỳ El Nino đều mạnh hơn và mở rộng hơn sang phía đông so với thời kỳ La Nina, nhất là trong các tháng mùa hè. Trong các tháng chuyển tiếp hay trong thời kỳ không ENSO, cường độ và phạm vi của chúng biến đổi không nhiều. Tuy kết quả này không hoàn toàn phù hợp với một số nghiên cứu trước đó về sự biến đổi cường độ của các áp cao này trong một đợt El Nino và La Nina mạnh điển hình, song bài viết là tài liệu tham khảo hữu ích trong công tác đào tạo, nghiên cứu khoa học cũng như dự báo thời tiết, khí hậu ở Việt Nam.

Từ khóa: ENSO; Áp cao Mascarene; Áp cao châu Úc.

1. Mở đầu

Như chúng ta đã biết, Việt Nam nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa, chịu ảnh hưởng của hệ thống gió mùa Châu Á mà áp cao Mascarene và áp cao châu Úc là những trung tâm phát gió trong hệ thống gió mùa mùa hè, tạo nên chế độ mưa ẩm trên khu vực. Các hệ thống khí áp này đang ngày càng tăng cường và mở rộng trong thời kỳ 1981-2015 [1-2]. Sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene và áp cao Châu Úc có ý nghĩa quan trọng làm biến đổi cường độ hay hoạt động của hệ thống gió mùa mùa hè (SM) ảnh hưởng đến Việt Nam [1-2].

Thật vậy, áp cao Mascarene là một áp cao cận nhiệt nằm gần đảo Mascarene. Dòng gió xuất phát từ áp cao này ban đầu có hướng Đông Nam. Khi nó di chuyển đến bờ biển phía đông Châu Phi thì vượt xích đạo trên khu vực Somali đi lên bán cầu Bắc chuyển hướng Tây hoặc Tây Nam qua biển Ả Rập lên phía Đông Bắc vịnh Bengan và bán đảo Đông Dương. Đây là một trung tâm phát gió trong hệ thống SM Nam Á. Sự tăng cường của áp cao này làm tăng cường dòng xiết Somali và hoạt động của SM trên vùng nhiệt đới châu Á và Tây Thái Bình Dương [3]. Bởi thế, áp cao Mascarene có vai trò quan trọng đối với thời tiết, khí hậu trên khu vực Nam Châu Phi. Nó là nguồn đưa không khí ẩm đến Nam Phi thông qua gió tín phong. Tốc độ của gió tín phong phụ thuộc chủ yếu vào cường độ của áp cao này. Bên cạnh đó, áp cao Mascarene cũng cản trở sự di chuyển của các nhiễu động, làm cho thời tiết trên khu vực này trở nên bất thường [4]. Sự mạnh lên hay yếu đi của áp cao này có liên quan đến nhiệt độ mặt nước biển (SST) ở Ấn Độ Dương. Khi SST ở biển Ấn Độ Dương tăng lên thì áp cao Mascarene cũng mạnh lên. Khi áp cao này di chuyển về phía đông thì nhiệt độ ở đây cũng trở nên ấm hơn, còn SST ở vùng phía tây biển lại trở nên lạnh hơn [5].

Áp cao Châu Úc hình thành trên lục địa Châu Úc khi bề mặt lục địa ở đây lạnh đi trong mùa đông. Dòng gió bắt nguồn từ áp cao này ban đầu cũng có hướng Đông Nam, sau đó vượt xích đạo đi lên Bán cầu Bắc, đổi thành hướng Tây Nam. Đây là một yếu tố quan trọng hình thành SM Đông Á. Do đều đi qua vùng biển xích đạo nên dòng gió từ cả hai trung tâm áp cao này đều mang theo một khối lượng ẩm lớn đến các khu vực Nam Á và Đông Nam Á hình thành nên mùa mưa trên các khu vực này trong thời kỳ mùa hè. Áp cao Mascaren có vai trò quan trọng hơn áp cao Châu Úc trong việc làm tăng lượng mưa trên các khu vực phía Nam Trung Quốc [3].

Ở các khu vực Đông Nam Á nói chung và Việt Nam nói riêng, SM là kết quả hoạt động kết hợp của ba thứ gió: gió vượt xích đạo từ áp cao Mascarene và áp cao châu Úc, gió SW từ áp thấp Nam Á và gió đông nam từ tín phong BCB. Trong đó, áp cao Mascaren và áp cao Châu Úc có vai trò chủ yếu tạo nên chế độ mưa ẩm cho khu vực này trong thời kỳ mùa hè. Mặc dù vậy, các nghiên cứu về đặc điểm hoạt động cũng như sự biến đổi về cường độ của áp cao Mascaren và áp cao Châu Úc cũng chỉ được một số tác giả [1–6] đề cập đến.

Bên cạnh đó, hoạt động của SM được thể hiện thông qua ngày bắt đầu, kết thúc SM trên mỗi vùng. Cụ thể, ngày bắt đầu trên khu vực phía Tây Nam Ấn Độ thường xuất hiện trong thời gian từ ngày 30/5 đến 2/6 [7], hoặc ngày 4/6 [8]. Trên toàn lãnh thổ Ấn Độ, ngày bắt đầu SM thường bắt đầu từ giữa tháng 5 đến giữa tháng 6, còn ngày kết thúc SM thì từ khoảng cuối tháng 9 đến tháng 10 [9].

Ngày bắt đầu SM trên khu vực Biển Đông trong thời kỳ 1948-2001 cũng bắt đầu từ ngày 15 đến 20/5 [10]. Tuy nhiên, trên bán đảo Đông Dương, gió đã có hướng tây trước thời gian này [11]. SM trên khu vực Biển Đông bắt đầu sớm hơn ngày 15/5 [12]; bắt đầu ngày 14/5 (thời kỳ 1994-2008) và ngày 30/5 (thời kỳ 1979-1993) [13].

Như chúng ta đã biết, *El Niño-Southern Oscillation (ENSO)* là một hiện tượng kết hợp giữa đại dương - khí quyển có nguồn gốc từ vùng biển nhiệt đới Thái Bình Dương, tác động lớn đến thời tiết, khí hậu toàn cầu. Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng, trong những năm gần đây, ở nhiều vùng trên trái đất, các hiện tượng khí tượng cực đoan như rét đậm, bão có cường độ mạnh, nắng nóng, lũ lụt, hạn hán,... đã xảy ra với tần suất và cường độ ngày càng tăng và có liên quan đến hiện tượng ENSO [1–2, 6, 18]. Các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng ENSO cũng gây ra sự biến đổi của phạm vi và cường độ của các trung tâm khí áp ảnh hưởng đến Việt Nam [2, 6, 16–17],... Song sự biến đổi của hai trung tâm áp cao Mascarene và châu Úc trong các thời kì ENSO lại chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ. Một số nghiên cứu [6, 16–17], tuy cũng đã đề cập đến sự biến đổi cường độ của hai áp cao này song các nghiên cứu chỉ phân tích trong một đợt El Nino và La Nina mạnh điển hình. Do đó, các kết quả này chưa đặc trưng một cách tổng quát cho hoạt động của các áp cao này trong tất cả các thời kỳ ENSO. Hơn nữa, việc đưa ra những biến đổi định lượng về sự biến đổi cường độ và phạm vi của các trung tâm khí áp này cũng chưa được đề cập đến. Do vậy, bài báo sẽ đi sâu vào phân tích những thay đổi về phạm vi cũng như cường độ của trung tâm áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong các thời kì ENSO. Từ đó đưa ra những đánh giá khách quan của các sự biến đổi của hai trung tâm này.

Đặc điểm hoạt động của SM trên khu vực Việt Nam cũng được nhiều tác giả nghiên cứu dựa trên ngày bắt đầu SM trên từng vùng cũng như trên toàn lãnh thổ [2, 6, 14–25]. trong đó cũng có không ít nghiên cứu xem xét đến ảnh hưởng của ENSO đến SM [2, 6, 14–16, 23–24]. Các kết quả cho thấy rằng, SM thường bắt đầu vào khoảng đầu tháng 5 và kết thúc vào cuối tháng 10. Trong các năm La Nina, SM thường bắt đầu sớm hơn và có cường độ mạnh hơn trong các năm El Nino [2, 6, 14–17, 21, 24].

Như vậy, có thể thấy rằng, những nghiên cứu cả trong lẫn ngoài nước về sự biến đổi của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc chưa nhiều. Tuy một số nghiên cứu cũng đã cho thấy, cả hai áp cao này đang có cường độ tăng lên và mở rộng phạm vi [1–2]. Song cho đến nay, chưa có một nghiên cứu nào đề cập đến sự biến đổi của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong các thời kì ENSO một cách đầy đủ.

Nghiên cứu hướng đến hai mục tiêu chính: (1) Đánh giá được đặc điểm cường độ của hai trung tâm khí áp kể trên trong các pha ENSO và trong thời kỳ trung tính; (2) Đánh giá được mối liên hệ giữa ENSO với phạm vi hoạt động của hai trung tâm khí áp đó trong năm. Nghiên cứu đã xác định được sự biến đổi về cường độ và phạm vi hoạt động của áp cao Mascarene - châu Úc trong thời kỳ ENSO và thời kỳ trung tính. Những kết quả của bài viết có thể áp dụng để dự báo sự biến đổi của hai trung tâm áp cao này trong tương lai. Từ đó có thể cân nhắc trong việc dự báo hoạt động của SM trong các đợt ENSO.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp xác định thời kỳ ENSO

Thời kỳ ENSO được xác định trong các nghiên cứu trước đó: Một đợt El Nino hoặc La Nina là thời kỳ liên tục, kéo dài từ 6 tháng trở lên, có trị số trung bình trượt 5 tháng của chuẩn sai tháng nhiệt độ trung bình mặt nước biển (SSTA) ở vùng NINO.3 (5°N-5°S, 150°W-90°W) $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$ hoặc $\leq -0,5^{\circ}\text{C}$. Ngược lại, thời kỳ có $-0,5^{\circ}\text{C} < \text{SSTA} < 0,5^{\circ}\text{C}$ được gọi là thời kỳ không ENSO hay thời kỳ bình thường [17, 6, 15–18].

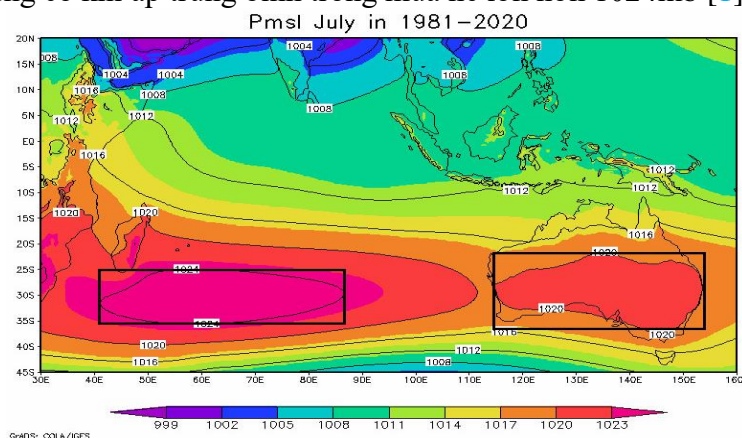
Trong thời kỳ mùa đông (đặc biệt là vào khoảng tháng 11), SSTA sẽ đạt cực đại. Đặc biệt, giá trị SSTA của tháng 11 trong thời kỳ El Nino 1997/1998 đạt giá trị cao nhất trong khoảng 40 năm gần đây, lên tới $3,1^{\circ}\text{C}$.

Đối với các đợt La Nina, giá trị SSTA cực đại vào các tháng mùa đông (từ tháng 11 - tháng 2), nhất là vào tháng 11. Trong đó, các đợt La Nina thời kỳ năm 1988/1999 và 2007/2008 đạt giá trị chuẩn sai trung bình mặt nước biển cao, lần lượt là $-1,7$ và $-1,5^{\circ}\text{C}$.

2.2. Phương pháp xác định cường độ và phạm vi hoạt động của áp cao Mascarene và áp cao Châu Úc

2.2.1. Xác định cường độ

Cường độ của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc sẽ được xác định dựa trên giá trị Pmsl trung bình vùng trung tâm trong từng tháng từng năm hoặc nhiều năm. Trong đó, nếu giá trị Pmsl của áp cao càng cao, thì cường độ của áp cao đó càng mạnh. Trong nghiên cứu này, cường độ của trung tâm áp cao Mascarene ở các tháng trong năm sẽ được xác định. Đối với áp cao châu Úc, cường độ của nó chỉ được xác định trong các tháng chuyển tiếp và mùa hè (từ tháng 4 đến tháng 10). Ngoài ra, phần phân tích cũng sẽ được dựa vào thời gian hoạt động của thời kỳ có ENSO và thời kỳ không ENSO qua các năm liên tiếp từ 1981-2020. Cường độ của áp cao châu Úc được xác định là giá trị Pmsl trung bình vùng: $36^{\circ}\text{S}-24^{\circ}\text{S}; 122-152^{\circ}\text{E}$ (Hình 1). Đây là vùng có khí áp trung bình trong mùa hè lớn hơn 1020mb. Và cường độ của áp cao Mascarene được xác định là giá trị Pmsl vùng: $36^{\circ}\text{S}-26^{\circ}\text{S}; 50-80^{\circ}\text{E}$. Đây là vùng có khí áp trung bình trong mùa hè lớn hơn 1024mb [1].



Hình 1. Bản đồ trường Pmsl trung bình trong thời kỳ SM của áp cao Mascarene và châu Úc.

2.2.2. Xác định phạm vi hoạt động

Phạm vi hoạt động của một trung tâm khí áp thường được xác định là vùng không gian mà nó bao phủ (có thể xác định qua đường đẳng áp hoặc đường đẳng cao ngoài cùng) trong một khoảng thời gian nhất định [6]. Bởi thế, trong bài phân tích này, vị trí hay phạm vi hoạt động của hai áp cao sẽ được xác định dựa trên sự mở rộng hay thu hẹp của đường đẳng áp 1020mb. Ngoài ra, sự thay đổi của chúng trong các thời kỳ El Nino, La Nina, không ENSO cũng sẽ được so sánh với vị trí trung bình của chúng trong thời kỳ 1981-2020.

3. Kết quả và thảo luận

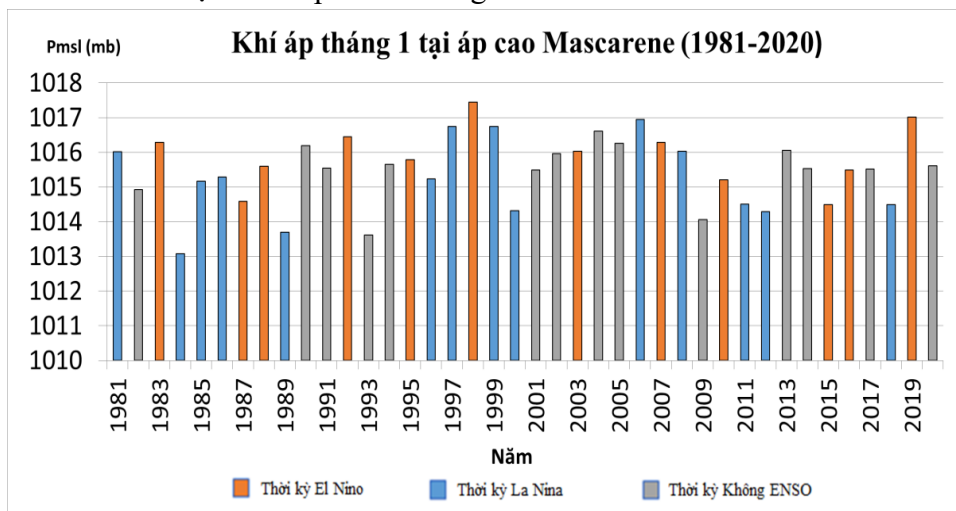
3.1. Sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene và áp cao Châu Úc

Để thấy rõ hơn sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene trong các thời kỳ ENSO, nghiên cứu đã xác định cường độ trung bình của áp cao này trong từng tháng (Bảng 1). Có thể thấy, trong thời kỳ El Nino, cường độ của áp cao này thường cao hơn trong thời kỳ La Nina và không ENSO. Sự khác biệt này thể hiện rõ hơn trong các tháng mùa hè. Tuy nhiên, kết quả này không phù hợp với nghiên cứu của một số tác giả trước đó [6, 15–18] khi nghiên cứu trong một đợt El Nino và La Nina mạnh.

Bảng 1. Cường độ của áp cao Mascarene trung bình trong các thời kỳ ENSO.

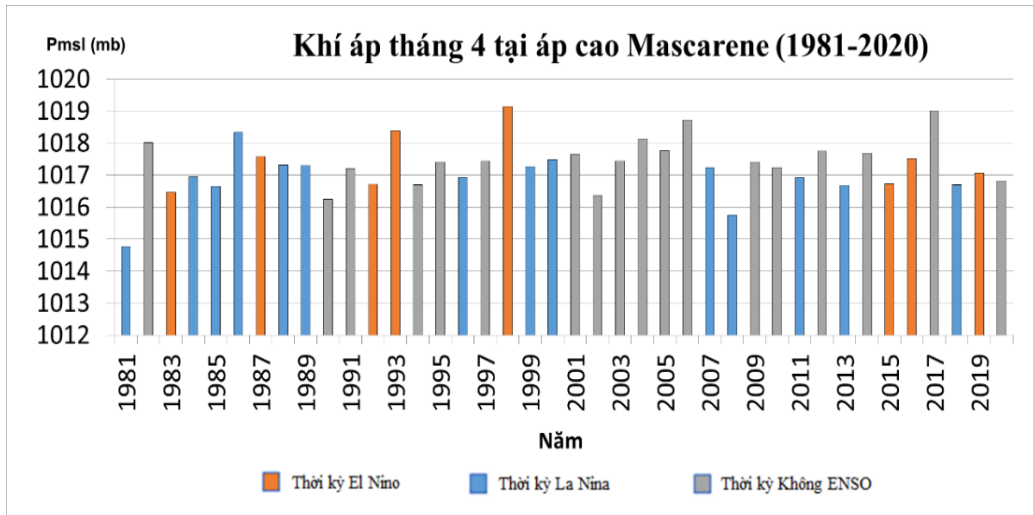
Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ElNino	1015,9	1015,6	1016,6	1017,3	1017,7	1018,2	1020,4	1021,2	1019,7	1018,7	1017,3	1016,3
LaNina	1015,1	1015,2	1016,6	1016,9	1017,6	1017,4	1019,2	1019,6	1018,6	1018,7	1016,9	1016,0
NONE ENSO	1015,6	1015,6	1016,9	1017,5	1017,4	1019,0	1020,2	1020,7	1019,5	1019,0	1017,1	1016,1

Có thể thấy, trong tháng 1, cường độ áp cao Mascarene giảm trong những thời kỳ La Nina như 1984-1986, 1988-1989, 1995-1996 và 2010-2011, cường độ áp cao này suy yếu với khí áp trung bình vùng gần trung tâm của áp cao đạt khoảng 1013÷1014mb. Tuy nhiên, vào những năm 1999 và 2006, cường độ của áp cao Mascarene lại mạnh hơn so với những đợt La Nina khác với trị số khí áp vào khoảng 1017mb.



Hình 2. Sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene trong tháng 1, thời kỳ 1981-2020.

So với tháng 1, áp cao Mascarene trong tháng 4 (Hình 3) đã phát triển mạnh hơn. Trong thời kỳ có La Nina, áp cao Mascarene phát triển tương đối đồng đều, giá trị trung bình ở khoảng 1017,2 mb. Tuy nhiên, cường độ của áp cao này trong thời kỳ La Nina năm 2008 và năm 1986 lại là hai trường hợp ngoại lệ khi giá trị khí áp lên đến 1018,5 mb (1986) và ngược lại, giảm thấp xuống đến 1015,8 mb (2008).



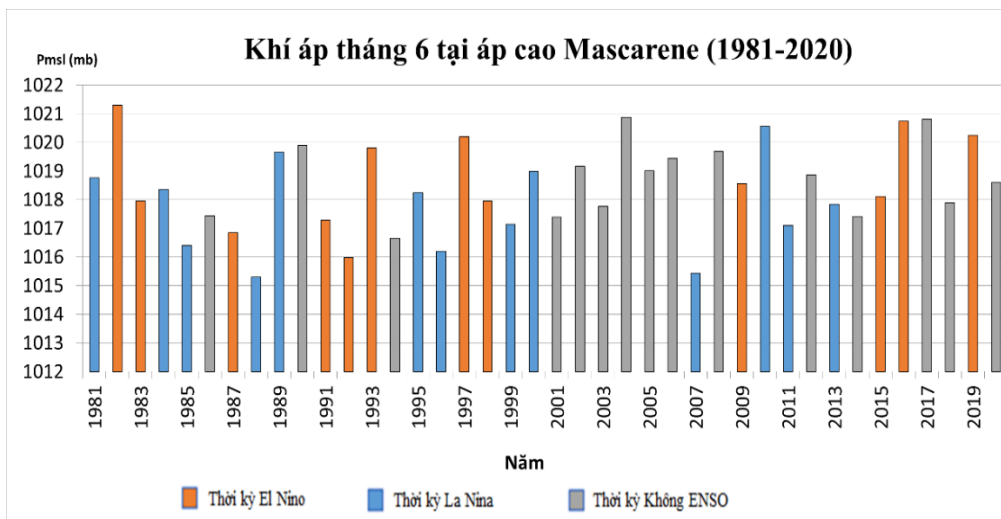
Hình 3. Sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene trong tháng 4, thời kỳ 1981-2020.

Trong tháng 4, 5, thời kỳ El Nino, áp cao Mascarene không thể hiện nhiều sự chênh lệch so với các thời kỳ khác. Áp cao sẽ phát triển lên đến khoảng 1016,5-1017,5 mb (tháng 4) và 1017-1018 mb (tháng 5), tương đương với cường độ trung bình trong thời kỳ La Nina. Tuy nhiên, vào thời kỳ El Nino 1998 và 2015, thời kỳ được đánh giá là El Nino hoạt động rất mạnh, cường độ của áp cao Mascarene tăng lên bất thường, lên tới 1019 mb (tháng 4) (Hình 3) và 1020 mb (tháng 5).

Sang tháng 6, giá trị khí áp trung bình đạt khoảng 1019 mb, cao hơn so với giá trị trung bình tháng trong thời kỳ La Nina. Tất nhiên, các năm áp cao Mascarene có cường độ mạnh xảy ra vào các năm El Nino như năm 1982 (1021,3 mb), 1993 (1019,9 mb) và 1997 (1020,2 mb) (Hình 4).

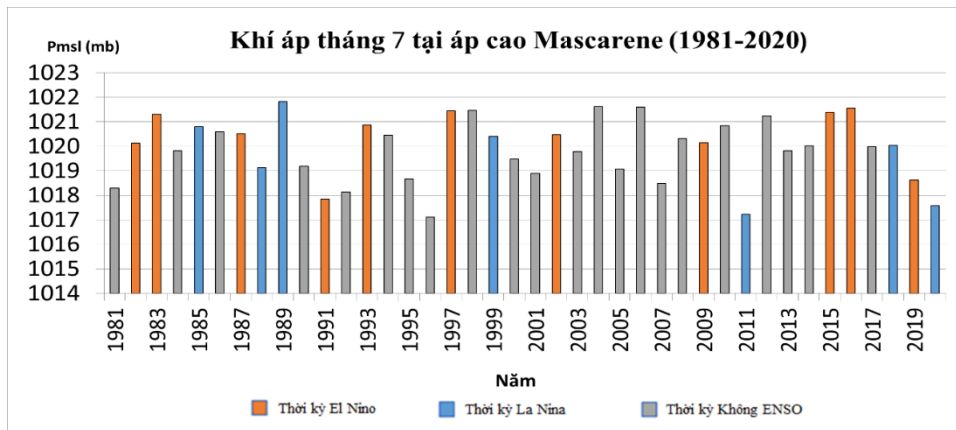
Vào tháng 7, các giá trị khí áp tương đối đồng đều, trung bình đạt 1020 mb. Đáng chú ý, vào các đợt El Nino mạnh năm 1983, 1997, 2015-2016, cường độ của Mascarene cũng tăng so với trung bình, đều đạt trên 1021mb. Tuy nhiên, năm 1989 là năm La Nina mạnh, cường độ tại vùng gần trung tâm của áp cao này lại đạt 1021,8mb. Ngược lại, trong đợt La Nina năm 2011 tương đối mạnh, cường độ áp cao lại chỉ đạt cực tiểu 1017mb (Hình 5).

Tháng 8 là thời gian áp cao Mascarene hoạt động mạnh nhất với cường độ trung bình vùng trung tâm đạt 1021mb. Trong các đợt El Nino, cường độ của áp cao này đều cao hơn trung bình (ngoại trừ đợt El Nino năm 1983 và 1991). Cường độ áp cao mạnh nhất vào năm 1987, 2002 và 2015 với giá trị khí áp đạt trên 1022mb (Hình 6).



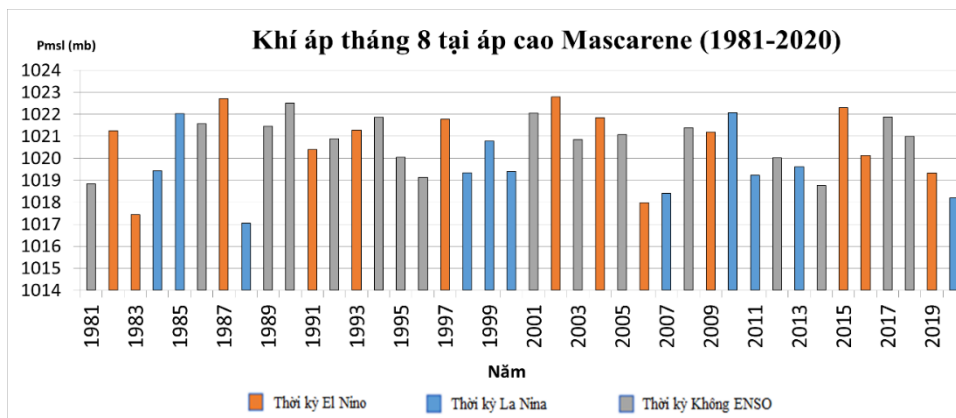
Hình 4. Sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene trong tháng 6, thời kỳ 1981-2020.

Sau thời gian hoạt động mạnh, cường độ của áp cao giảm rõ rệt trong tháng 10 (Hình 7). Vào thời gian này, cường độ chỉ chủ yếu dao động khoảng từ 1018÷1020 mb trong các năm có La Nina.



Hình 5. Sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene trong tháng 7, thời kỳ 1981-2020.

Trong thời kì El Nino, áp cao Mascarene lại có cường độ cao hơn so với thời kì La Nina và trung tính. Đặc biệt là vào tháng 1 của những năm được nhận định có El Nino cường độ mạnh như 1983, 1992 và 1998 thì cường độ của áp cao này tăng cường vào khoảng 1016÷1017,5 mb. Đặc biệt, năm 2019 được coi là năm có El Nino yếu nhưng cường độ áp cao Mascarene vẫn đạt tới 1017 mb (Hình 2).

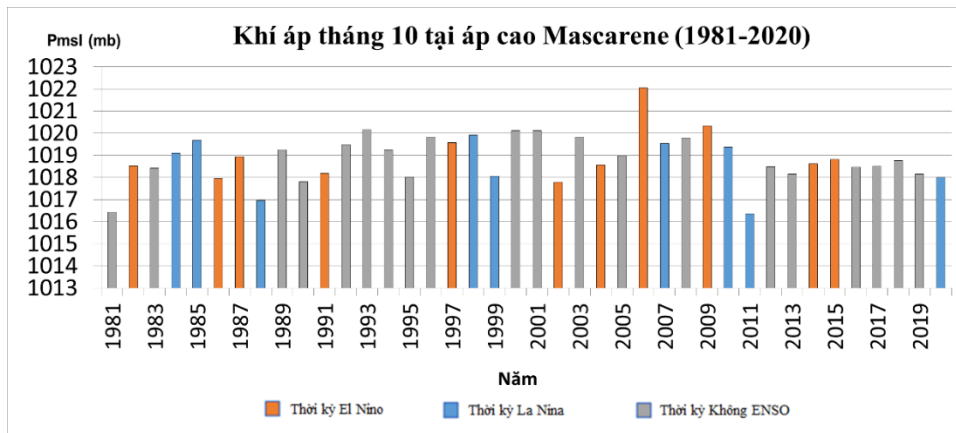


Hình 6. Sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene trong tháng 8, thời kỳ 1981-2020.

Cường độ áp cao Mascarene suy yếu dần nhưng khá đồng đều giữa các năm trong tháng 9 và 10 với giá trị khí áp vùng gần trung tâm dao động trong khoảng 1018÷1020mb. Riêng trong năm El Nino 2006, cường độ của áp cao này tăng mạnh hơn so với trung bình, đạt mức 1022 mb (Hình 7).

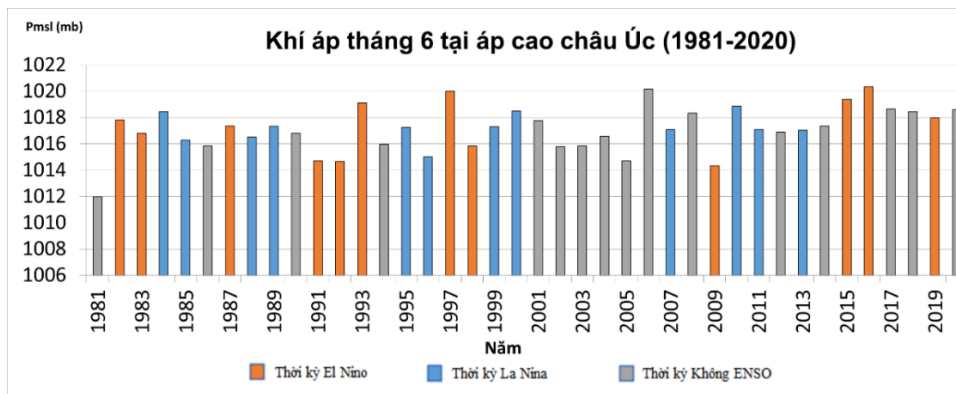
Trong thời kì trung tính, áp cao Mascarene phát triển tương đối đồng đều trong tháng 1 khi cường độ áp cao dao động trong khoảng 1015÷1016mb. Trong tháng 4, áp cao Mascarene trong thời kỳ trung tính có sự phát triển mạnh mẽ hơn so với thời kỳ ENSO. Cụ thể là vào năm 1982, 1993, 2004, 2006 và 2017, với cường độ trung bình vùng gần trung tâm của áp cao đều ở trên ngưỡng 1018 mb (Hình 3).

Vào tháng 6, 7, áp cao Mascarene phát triển tương đối đồng đều, giá trị trung bình lần lượt đạt khoảng 1019, 1020 mb. Trong cả 2 tháng 6, 7, cường độ áp cao đặc biệt mạnh vào năm 2004, 2016. Tới tháng 8, giá trị cường độ trung bình của áp cao đạt khoảng 1021mb, thấp hơn so với trong thời kỳ El Nino, cao hơn so với thời kỳ La Nina (Hình 4, 5). Tóm lại, trong các tháng chính hè, cường độ áp cao thời kỳ trung tính yếu hơn so với thời kỳ El Nino, nhưng mạnh hơn so với thời kỳ La Nina.

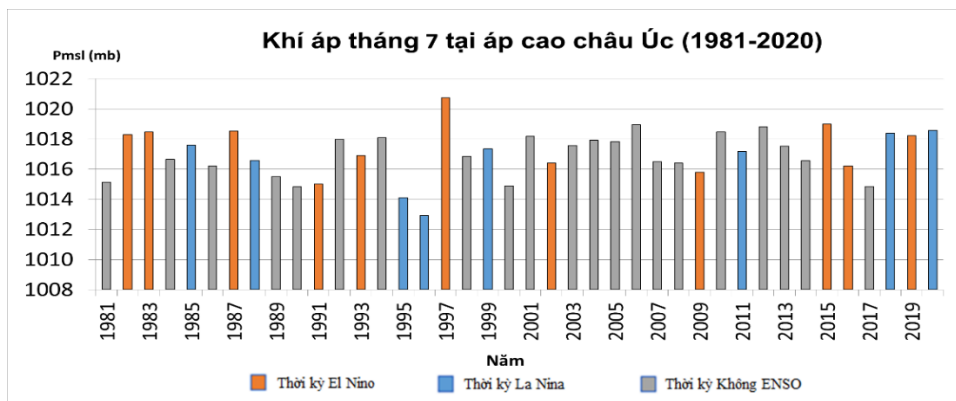


Hình 7. Sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene trong tháng 10, thời kỳ 1981-2020.

Tuy nhiên, cường độ của áp cao Mascarene tại thời kỳ trung tính lại mạnh hơn so với thời kỳ ENSO khi vào tháng 9. Giá trị khí áp tại tháng này vào năm 1992, 2003, 2016 và 2018 tương đương hoặc thậm chí còn cao hơn giá trị cực đại trong thời kỳ La Niña và El Niño. Đến tháng 10, áp cao trong thời kỳ trung tính chỉ phát triển hơn so với thời kỳ La Niña, hầu hết đều phát triển trên mức 1018 mb, ngoại trừ vào năm 1981 (1016,5 mb) (Hình 7).



Hình 8. Sự biến đổi cường độ của áp cao châu Úc trong tháng 6, thời kỳ 1981-2020.

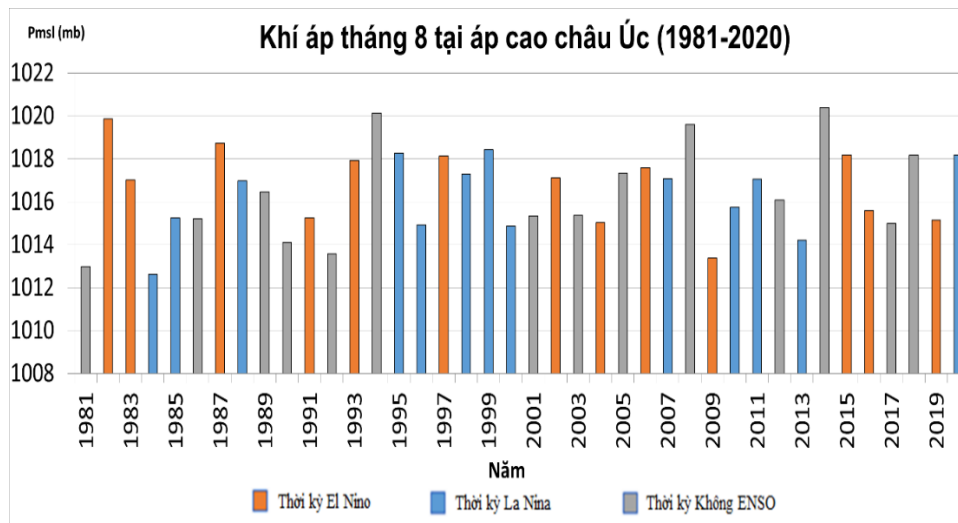


Hình 9. Sự biến đổi cường độ của áp cao châu Úc trong tháng 7, thời kỳ 1981-2020.

Cường độ của áp cao châu Úc biến đổi không qua các năm với giá trị cường độ trung bình của áp cao này dao động trong khoảng 1015÷1018mb. Trung tâm áp cao châu Úc sẽ có cường độ tăng dần trong khoảng thời gian hoạt động từ tháng 4 đến tháng 8 (Hình 8-10).

Trong tháng 4 và 5, cường độ của áp cao còn khá yếu, dao động trong khoảng từ 1012÷1016 mb. Sang tháng 6, trong thời kỳ El Nino, áp cao phát triển không đồng đều khi áp cao này đạt cực tiểu ở khoảng 1014,5mb (1991,1992 và 2009) trong khi giá trị cực đại trong thời kỳ có thể đạt tới trên 1018mb (1993, 1997, 2015). Trong thời kỳ La Nina và thời kỳ trung tính, áp cao phát triển tương đối đồng đều với giá trị trung bình dao động từ 1016-1018 mb. Tuy nhiên, áp cao này sẽ phát triển có phần mạnh hơn trong thời kỳ trung tính, lên đến trên 1020 mb (2006, 2016) (Hình 8).

Đến tháng 7, cường độ của áp cao này trong thời kỳ El Nino và thời kỳ trung tính lại mạnh hơn so với trong thời kỳ La Nina. Giá trị trung bình của áp cao trong hai thời kỳ này là 1018 mb, đặc biệt là vào thời kỳ El Nino năm 1997, giá trị của áp cao này đạt lên mức 1021 mb, trong khi 1018 mb (2010, 2020) là giá trị cực đại của thời kỳ La Nina (Hình 9).



Hình 10. Sự biến đổi cường độ của áp cao châu Úc trong tháng 8, thời kỳ 1981-2020.

Cường độ của áp cao châu Úc dần suy yếu vào tháng 8, có nhiều năm trong các thời kỳ giá trị cường độ chỉ ở mức dưới 1014mb. Trong thời kỳ El Nino và thời kỳ trung tính, áp cao này vẫn phát triển hơn so với trong thời kỳ La Nina, giá trị cực đại ở trong cả hai thời kỳ này đều lên tới 1020mb trong khi giá trị cực đại của thời kỳ La Nina chỉ đạt 1018mb (Hình 10).

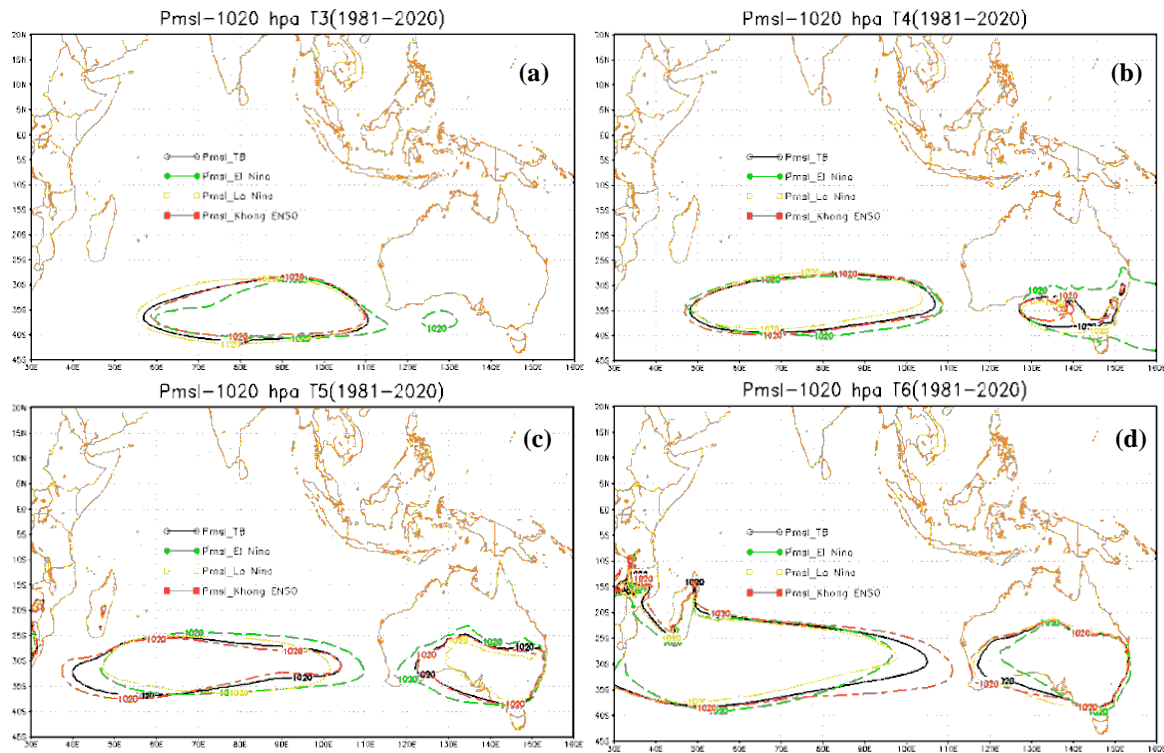
Bảng 2. Cường độ của áp cao Châu Úc trung bình trong các thời kỳ ENSO.

Tháng	4	5	6	7	8	9	10
El Nino	1015,9	1016,7	1017,1	1017,8	1017,2	1015,4	1014,6
La Nina	1015,0	1016,0	1016,6	1016,3	1016,4	1014,6	1013,6
NONE ENSO	1015,3	1016,7	1017,4	1017,3	1016,3	1015,0	1014,0

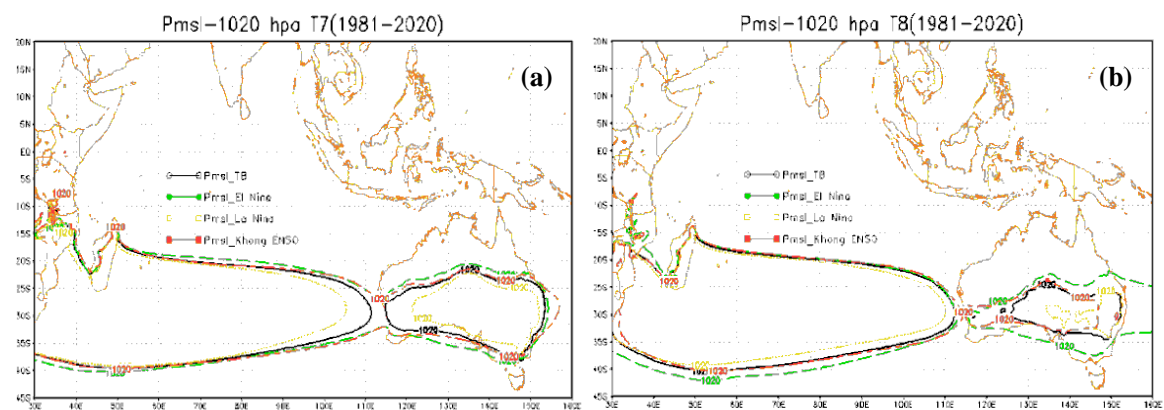
Tương tự cường độ của áp cao Mascarene, cường độ trung bình tại vùng gần trung tâm của áp cao Châu Úc cũng mạnh hơn trong thời kỳ El Nino và yếu hơn trong thời kỳ La Nina (Bảng 2).

3.2. Sự biến đổi phạm vi

Sự thay đổi phạm vi hoạt động của áp cao Mascarene và áp cao Châu Úc sẽ được xác định dựa trên sự dịch chuyển của đường đẳng áp 1020 mb. Vào tháng 3 và tháng 4 (hình 11 a, 11b), đường đẳng áp 1020 mb bắt đầu mở rộng. Tuy nhiên, vào những năm có El Nino, đường đẳng áp này trong tháng 3 hẹp hơn so với các thời kỳ có La Nina hoặc không có ENSO. Hơn nữa, vào thời gian này, áp cao châu Úc đã bắt đầu hình thành, sớm hơn so với các năm khác (hình thành vào tháng 4).



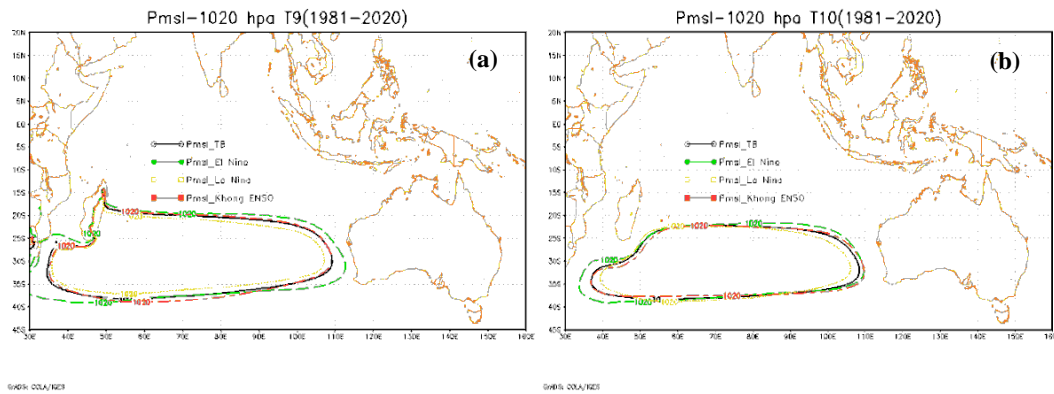
Hình 11. Đường 1020 mb đặc trưng cho sự biến đổi của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc các tháng 3(a), 4(b), 5(c), và 6(d) trong thời kỳ có và không ENSO (1981-2020).



Hình 12. Đường 1020 mb đặc trưng cho sự biến đổi của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc các tháng 7(a) & 8(b) trong thời kỳ có và không ENSO (1981-2020).

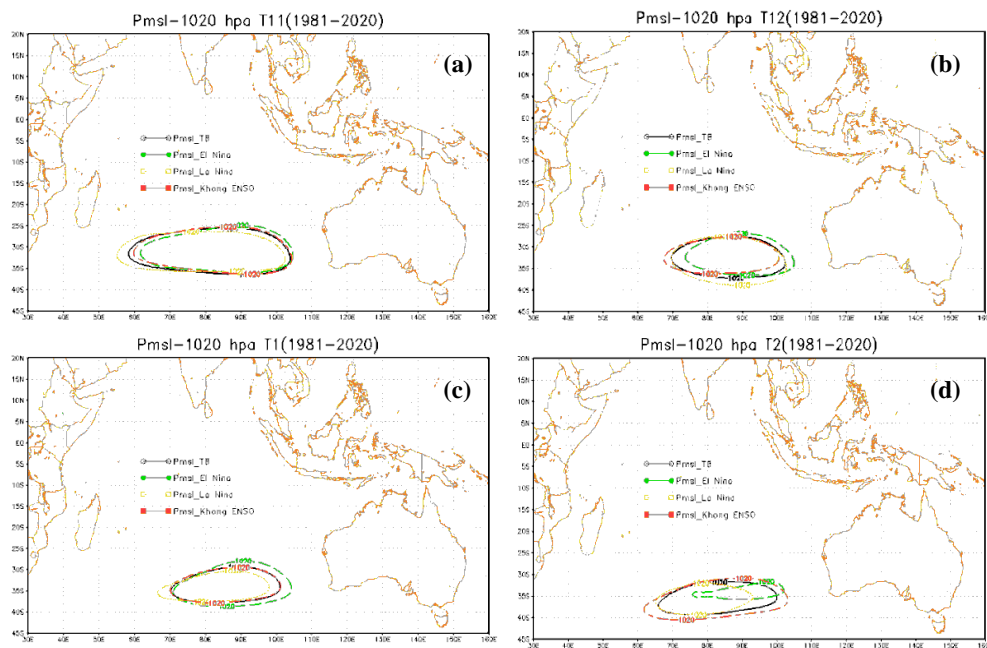
Sự mạnh lên của hai áp cao này được thể hiện rõ nhất vào các tháng mùa hè (tháng 7, 8), thể hiện ở phạm vi hoạt động của áp cao Mascarene, mở rộng lên đến vĩ độ 10°S. Trong đó, vào những năm có El Nino hoạt động, áp cao Mascaren và châu Úc đều có xu hướng mở rộng hơn và có sự liên kết chặt chẽ với nhau, thể hiện qua đường đẳng áp 1020 mb nối liền giữa hai áp cao này. Ngược lại, vào những năm có hoạt động của La Nina, phạm vi hoạt động của hai áp cao lại nhỏ hơn so với các năm còn lại (Hình 12).

Nhìn chung, sự thay đổi về phạm vi hoạt động của áp cao Mascaren và áp cao châu Úc giữa những năm có ENSO và không ENSO là không đáng kể, nhưng nghiên cứu vẫn nhận thấy được ENSO có tác động nhất định đến sự hoạt động của hai áp cao. Sự mở rộng phạm vi, kết hợp với sự tăng cường về cường độ của hai áp cao này có thể đã làm tăng cường hoạt động của SM.



Hình 13. Đường 1020 mb đặc trưng cho sự biến đổi của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc tháng 9(a) & 10(b) trong thời kỳ có và không ENSO (1981-2020).

Trong khoảng thời gian từ tháng 9 đến tháng 2, áp cao Mascarene suy yếu dần và thu hẹp lại về phía đông trong khi áp cao châu Úc đã hoàn toàn biến mất. Vào tháng 9 và tháng 10, phạm vi hoạt động của áp cao này trong thời kỳ El Nino có xu hướng mở rộng hơn một chút so với các thời kỳ khác trong khi vào thời kỳ La Nina thì ngược lại (Hình 13). Trong các tháng mùa đông (tháng 11 đến tháng 2), áp cao này chỉ hoạt động trong phạm vi khoảng 60°E-105°E. Đặc biệt vào tháng 2 trong thời kỳ El Nino, áp cao này có xu hướng phát triển dần sang phía tây. Vào tháng 9 áp cao Mascarene thu hẹp dần về phía xích đạo và xuống khoảng 10°S vào tháng 10. Bên cạnh đó áp cao châu Úc cũng thu hẹp xuống khoảng 15°S và dần biến mất vào tháng 10. Trong thời kì El Nino, áp hai áp cao này có phạm vi và sự duy trì lớn hơn so với thời kì La Nina và thời kì trung tính xét trên mực 850 mb (Hình 14).



Hình 14. Đường 1020 mb đặc trưng cho sự biến đổi của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc các tháng 11(a), 12(b), 1(c), 2(d) trong thời kỳ có và không ENSO (1981-2020).

Tóm lại, qua việc phân tích và đánh giá về phạm vi áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong thời kì ENSO kết quả nghiên cứu cho thấy chúng có những biến chuyển nhất định. Cụ thể là trong thời kì El Nino, áp cao Mascarene và áp cao châu Úc có sự mở rộng về phạm vi lớn hơn so với những thời kì còn lại. Còn trong thời kì La Nina, phạm vi áp cao này có sự thu hẹp.

4. Kết luận

Phân tích mối quan hệ giữa ENSO và hai trung tâm áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong các tháng ENSO dựa trên chuỗi số liệu trường Pmsl trên toàn cầu và SSTA vùng NINO.3 trong kỳ 1981-2020, bài viết đưa ra một số kết luận sau: Tuy biến đổi không nhiều song cường độ và phạm vi của áp cao Mascarene và áp cao châu Úc trong thời kỳ El Nino đều mạnh hơn và mở rộng hơn sang phía đông so với thời kỳ La Nina, nhất là trong các tháng mùa hè. Trong các tháng chuyển tiếp hay trong thời kỳ không ENSO, cường độ và phạm vi của chúng biến đổi không nhiều.

Kết quả này không hoàn toàn phù hợp với một số nghiên cứu trước đó về sự biến đổi cường độ của các áp cao này trong một đợt El Nino và La Nina mạnh điển hình. Điều này có thể cho thấy rằng, đặc điểm hoạt động hay sự biến đổi cường độ của áp cao Mascarene và áp cao Châu Úc không chỉ chịu ảnh hưởng của hiện tượng ENSO mà còn phụ thuộc vào nhiều nhân tố tác động khác. Bởi thế, chúng ta có thể nghiên cứu thêm sự biến đổi về cường độ và phạm vi của các trung tâm khí áp này trong một số đợt ENSO. Đồng thời, những biến đổi của nhiệt độ mặt nước biển Ấn Độ Dương hay nhiệt độ không khí bề mặt trên lục địa Châu Úc trong các thời kỳ ENSO cũng cần được nghiên cứu thêm để thấy rõ những biến đổi cũng như nguyên nhân gây lên sự biến đổi của không chỉ áp cao Mascarene và áp cao Châu Úc mà cả các trung tâm khí áp khác có ảnh hưởng đến thời tiết, khí hậu Việt Nam.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng và lựa chọn phương pháp nghiên cứu: C.T.T.H.; Thu thập, xử lý và phân tích số liệu: L.A.T.; L.L.A.; N.T.L.T.; Viết bản thảo bài báo: L.L.A. Chỉnh sửa bài báo: C.T.T.H.

Lời cảm ơn: Bài báo này được thực hiện dựa trên kết quả của đề tài nghiên cứu khoa học sinh viên, trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội “Nghiên cứu mối quan hệ giữa ENSO với một số trung tâm khí áp ảnh hưởng đến Việt Nam”.

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. Hường, C.T.T. Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đến một số cực trị khí hậu và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam. Luận án Tiến sĩ khoa học, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, **2015**, tr. 59-62.
2. Hường, C.T.T. và cs. Nghiên cứu sự dịch chuyển mùa của các hệ thống gió mùa và ảnh hưởng của nó đến sự biến động thời tiết trên khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Bộ Tài nguyên và Môi trường, **2018**, 1-167.
3. Xue, F.; Jiang, D.; Lang, X.; Wang, H. Influence of the Mascarene High and Australian High on the Summer Monsoon in East Asia: Ensemble Simulation. *Adv. Atmos. Sci.* **2002**, 20, 799–809.
4. Nkosinathi, G.; Xulu; Hector, C.; Mary-Jane, M.; Bopape; Nthaduleni, N. Climatology of the Mascarene High and Its Influence on Weather and Climate over Southern Africa. *Climate* **2020**, 86, 8–9.
5. Idrissa, F.; Nkurunziza1; Tan, G.; Jean P.N.; Celestin, N. Influence of the Mascarene High on October-December rainfall and their associated atmospheric circulation anomalies over Rwanda. *J. Environ. Agric. Sci.* **2019**, 1–20.
6. Ngử, N.Đ. và cs. Tác động của ENSO đến thời tiết khí hậu, môi trường và kinh tế - xã hội ở Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học độc lập cấp Nhà nước, 2002, tr. 1–6.

7. Joseph, P.V.; Eischeid, J.K.; Pyle, R.J. Interannual variability of the onset of Indian summer monsoon and its association with atmospheric features, El Nino, and sea surface temperature anomalies. *J. Clim.* **1994**, 7, 81–105.
8. Fasulo, J.; Webster, P. A hydrological definition of Indian monsoon onset and withdrawal. *J. Clim.* **2003**, 17, 3200–3211.
9. Prasad, V.S.; Hayashi, T. Onset and withdrawal of Indian summer monsoon. *Geophys. Res. Lett.* **2005**, 32, 1–5.
10. Wang, B.; Lin, H.; Zhang, Y.; Lu, M.M. Definition of South China Sea monsoon onset and Commencement of the East Asia summer monsoon. *J. Clim.* **2004**, 17, 699–710.
11. Murakami, T.; Matsumoto, J. Summer monsoon over the Asian Continent and Western North Pacific. *Meteorol. Jpn.* **1994**, 72, 719–745.
12. Liu, P.; Yongfu, Q.; Anning, H. Impacts of Land Surface and Sea Surface Temperatures on the Onset Date of the South China Sea Summer Monsoon. *Adv. Atmos. Sci.* **2009**, 26, 493–502.
13. Kajikawa, Y.; Wang, B. Interdecadal change of the South China Sea summer monsoon onset. *J. Clim.* **2012**, 27, 3207–3218.
14. Đức, T.Q. Xu thế biến động của một số đặc trưng gió mùa mùa hè khu vực Việt Nam. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2011**, 27-3S, 14–20.
15. Hương, P.T.T. và cs. Nghiên cứu sự bắt đầu của gió mùa mùa hè trên khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ và mối liên hệ của nó đến hoạt động của ENSO. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, **1999**.
16. Hương, P.T.T. Đặc điểm của hoàn lưu gió mùa mùa hè ở Đông Nam Á và Việt Nam trong hai năm El Nino (1997) và La Nina (1998). Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 7, Tập 1, Viện Khí tượng Thủy văn, 2002.
17. Ngử, N.Đ. Quan hệ giữa ENSO và gió mùa Châu Á. Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học lần thứ 7. Viện Khí tượng Thủy văn, Hà Nội, **2002**, 1, 105–115.
18. Ngử, N.Đ. và cs. Ảnh hưởng của ENSO đến các cực trị nhiệt độ và lượng mưa ở Việt Nam và khả năng dự báo. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cơ bản, **2007**.
19. Tiến, P.M.; Lành, N.V. Ngày mở đầu và kết thúc của gió mùa Tây nam trên khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2008**, 569, 27–31.
20. Hương, N.T.T.; Huệ, N.T.T.; Hằng, V.T.; Thành, N.Đ. Nghiên cứu ngày bắt đầu mùa mưa trên khu vực Việt Nam thời kỳ 1961- 2000. *Tap chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2013**, 29(2S), 72–80.
21. Dzung, N.L.; Jun M.; Duc, N.T. Climatological onset date of summer monsoon in Viet Nam. *Int. J. Climatol.* **2013**, 2–15.
22. Hương, N.T.T. Biến đổi một số đặc trưng gió mùa mùa hè ở Tây Nguyên và Nam Bộ. Luận án tiến sỹ Khí tượng và Khí hậu học, **2018**.
23. Mậu, N.Đ. Nghiên cứu đánh giá và dự tính biến động của các đặc trưng gió mùa mùa hè ở Việt Nam. Luận án tiến sỹ Khoa học Trái đất. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, **2018**.
24. Thuận, N.T.H. Sự biến động của các chỉ số gió mùa mùa hè ở Nam Bộ trong các pha ENSO. Tuyển tập báo cáo Hội thảo Khoa học lần thứ 9, Viện Khí tượng Thủy văn, **2005**.
25. Thuận, N.T.H.; Quỳnh, C.K. Nhận xét về sự biến động của các đặc trưng mưa mùa hè ở khu vực Nam Bộ trong các năm ENSO. Tuyển tập báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 10, Viện khoa học Khí tượng thủy văn và Môi trường, **2007**.

Research on the intensity variation of Mascarene High and Australian High during ENSO periods

Le Lan Anh¹, Nguyen Linh Trang¹, Le Anh Trung¹, Chu Thi Thu Huong^{1*}

¹ Hanoi University of Natural Resources and Environment; 1911020666@hunre.edu.vn; nguyenslinhtrang010@gmail.com; letrung14@gmail.com; ctthuong@hunre.edu.vn

Abstract: The relationship between ENSO and Mascarene High and Australian High in ENSO periods is analyzed based on the sea level pressure (Pmsl) and SSTA in the NINO.3 region data in the period 1981-2020, the article gives some conclusions: Although there is not much variation, the intensity and scope of the Mascarene High and the Australian High during the El Nino periods were stronger and more extended to the east than during the La Nina periods, especially during the summer months. During the transitional months or during the non-ENSO periods, their magnitude and extent varied little. Although this result is not completely consistent with some previous studies on the intensity variation of these highs during a typical strong El Nino and La Nina, the article is a useful reference in training, scientific research as well as weather and climate forecasting in Vietnam.

Keywords: ENSO; Mascarene High; Australian High.

Table of content

- 1** Anh, T.V.; Ngoc, B.T.B.; Thuong, L.T.; Quang, N.T. Estimating the water demand on the Red River Delta in the context of climate change and social economic development. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 750, 1–12.
- 13** Ha, D.T.; Hieu, N.T.; Duy, H.V. Riverbank filtration – Water source solution for Minh Chau Island commune, Ba Vi Hanoi. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 750, 12–23.
- 24** Tuan, L.N. Assessment of wastewater generation in the inner area of the coastal zone of Ho Chi Minh City until 2030. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 750, 24–36.
- 37** Nam, N.T.T.; Tan, T.P.; Huy, N.H.G.; Hoa, N.T. Evaluation of tropospheric nitrogen dioxide (NO₂) over Vietnam in the period of 2010 and 2020. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 750, 37–48.
- 49** Tuan, L.N. Assessing vulnerability of climate change - A case study in Tay Ninh province. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 750, 49–65.
- 66** Bao, T.D.; Trieu, D.V.; An, N.D.; Van, H.V.; Dien, B.X.; Nam, H.D. Simulation on fly-rock due to blasting using Smoothed particle hydrodynamics (SPH) with LS-Dyna software, an example from the Mong Son mine (Yen Bai). *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 750, 66–78.
- 79** Tri, D.Q.; Hung, P.V. Spatial distribution of main tidal waves in the Truong Sa archipelago, Vietnam. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 750, 79–92.
- 93** Anh, L.L.; Trang, N.L.; Trung, L.A.; Huong, C.T.T. Research on the intensity variation of mascarene high and Australian high during ENSO periods. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 748, 93–105.