

TẠP CHÍ

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Vietnam Journal of Hydro - Meteorology

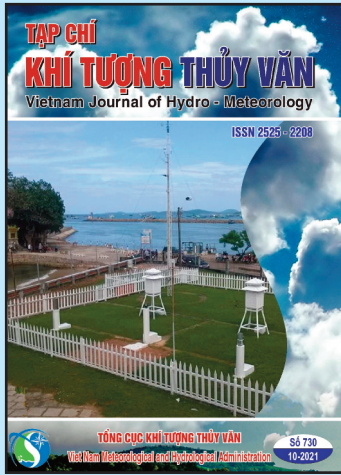
ISSN 2525 - 2208



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

Số 730

10-2021



Q. TÔNG BIÊN TẬP
TS. Đoàn Quang Trí

Trị sự và Phát hành
Đặng Quốc Khánh

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

Giấy phép xuất bản

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

Tòa soạn

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

Chế bản và In tại:

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

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

Giá bán: 25.000 đồng

TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
SỐ 730 - 10/2021

MỤC LỤC

Bài báo khoa học

- 1** **Đỗ Hữu Tuấn:** Đánh giá chất lượng nước theo mùa và xác định nguyên nhân thay đổi màu nước hồ nước xanh xã An Sơn, huyện Thủy Nguyên, thành phố Hải Phòng
- 8** **Đoàn Thanh Vũ, Trịnh Công Dân, Hoàng Thị Tố Nữ, Nguyễn Hữu Tuấn, Cấn Thu Văn:** Một số giải pháp phục hồi và phát triển rừng ngập mặn phù hợp cho khu vực ven biển Tây, Việt Nam
- 22** **Hoàng Văn Duy, Nguyễn Trung Hiếu, Tống Thanh Tùng, Đoàn Thu Hà:** Xác định đồ lỗ rỗng hữu hiệu tầng chứa nước Pleistocen khu vực huyện Cẩm Giàng, tỉnh Hải Dương bằng phương pháp thực nghiệm và mô hình số
- 32** **Lê Ngọc Sơn:** Một số giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành và giảm phát thải khí nhà kính, góp phần chống biến đổi khí hậu cho các nhà máy nhiệt điện và thủy điện đang vận hành của hệ thống điện Việt Nam trong bối cảnh mới
- 42** **Phan Thị Tường Vi, Huỳnh Vương Thu Minh, Lê Hải Trí, Lương Huy Khanh, Trần Văn Tỷ:** Đánh giá khả năng cấp nước từ hồ chứa nước Ôtuksa cho các mô hình sản xuất tại huyện Tịnh Biên, tỉnh An Giang khí hậu tỉnh Ninh Thuận
- 53** **Nguyễn Văn Khiêm, Huỳnh Thị Lan Hương, Mai Văn Khiêm, Đỗ Thị Hương, Nguyễn Ngọc Chung:** Hiệu quả, đóng góp của ngành Công an trong công tác ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn
- 68** **Nguyễn Hồng Sơn, Dương Văn Khảm:** Đánh giá tài nguyên khí hậu nông nghiệp và tác động đến sinh kế trồng trọt vùng đồng bằng ven biển Bắc Trung Bộ
- 79** **Nguyễn Thị Nga, Công Thanh, Mai Khánh Hưng, Dư Đức Tiến:** Đánh giá kỹ năng dự báo mưa định lượng từ mô hình quy mô toàn cầu và khu vực phân giải cao cho khu vực Bắc Bộ

Bài báo khoa học

Đánh giá chất lượng nước theo mùa và xác định nguyên nhân thay đổi màu nước hồ nước xanh xã An Sơn, huyện Thủy Nguyên, thành phố Hải Phòng

Đỗ Hữu Tuấn¹

¹ Khoa môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội;
tuandh@vnu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: tuandh@vnu.edu.vn; Tel: +84-2438584995

Ban Biên tập nhận bài: 12/5/2021 Ngày phản biện xong: 27/7/2021 Ngày đăng bài: 25/10/2021

Tóm tắt: Màu nước của hồ nước xanh tại An Sơn, huyện Thủy Nguyên, thành phố Hải Phòng thay đổi rõ rệt giữa hai mùa mùa mưa và mùa khô. Việc đánh giá chất lượng nước của hồ theo mùa và nguyên nhân của sự thay đổi màu của nước giữa hai mùa là hết sức cần thiết. Qua khảo sát thực địa lấy mẫu phân tích các thành phần hóa học trong nước, đánh giá chất lượng nước kết quả cho thấy chất lượng nước rất kém ($WQI = 1$). Tổng chất rắn lơ lửng TSS tăng từ 0,05 mg/l mùa khô lên 7,83 mg/l mùa mưa và độ đục tăng từ 1,0 NTU mùa khô lên 2,2 NTU mùa mưa. Trong khi đó nồng độ $CaCO_3$ và $Ca(HCO_3)_2$ đều giảm vào mùa mưa ($CaCO_3$ giảm từ 304 mg/l mùa khô xuống 240 mg/l mùa mưa, $Ca(HCO_3)_2$ giảm từ 67,75 mg/l xuống 47,21 mg/l). Độ sâu Sechi giảm từ 17,5 m (mùa khô) xuống 6,5 m (mùa mưa). Chất rắn lơ lửng và độ đục tăng, nồng độ $CaCO_3$ và $Ca(HCO_3)_2$ giảm vào mùa mưa được xác định là nguyên nhân dẫn tới màu nước mùa hè có màu xanh lam nhạt hơn mùa khô.

Từ khóa: Chất lượng nước hồ; Hồ nước xanh; Màu nước hồ thay đổi.

1. Mở đầu

Hồ nước xanh là hồ nước nhân tạo nằm trong khu vực mỏ đá Trại Sơn, xã An Sơn huyện Thủy Nguyên thành phố Hải Phòng. Hồ hình thành do hoạt động khai thác đá vôi trong khu vực. Phía bắc của hồ là khu vực khai thác đá vôi của công ty xi măng Phúc Sơn, phía nam và phía tây giáp với khu vực sản xuất nông nghiệp của xã An Sơn, chủ yếu là canh tác lúa nước. Ở phía đông của hồ, có các hoạt động nung vôi, lấy nguyên liệu từ khu vực khai thác đá. Hồ có màu xanh lam đặc trưng đã thu hút nhiều khách du lịch đến khám phá. Tuy nhiên màu nước của hồ thay đổi theo mùa trong đó mùa mưa xanh nhạt, mùa khô xanh đậm. Các nghiên cứu quốc tế đã chỉ ra rằng chất lượng nước hồ có thể thay đổi theo mùa và ảnh hưởng tới sức khỏe người dân bởi những đặc tính nguồn ô nhiễm theo mùa [1–2]. Khi chất lượng nước hồ thay đổi theo mùa thì màu sắc của nước hồ cũng bị thay đổi đi kèm với sự biến đổi về tính chất hóa lý như hồ Tiwi Ata Mbupu ở Indonesia, hay hồ nước xanh (*The blue lake*) ở Nam Australia.

Đánh giá chất lượng nước hồ là một trong những nội dung quan trọng trong việc quản lý khai thác sử dụng bền vững nước hồ [3–5] đặc biệt là sự biến đổi chất lượng nước theo mùa [6]. Để đánh giá chất lượng nước hồ cũng như các thông số gây ô nhiễm hiện nay có thể sử dụng các phương pháp như WQI [7–9], thống kê [10–12]. Chỉ số WQI đã được áp dụng rộng

rãi tại các nước như Ấn Độ [13], Trung Quốc [14] Mỹ, Canada [15] để đánh giá tổng quát nhất về chất lượng nước mặt. Tại Việt Nam Bộ Tài Nguyên và Môi trường đã ban hành phương pháp tính chỉ số chất lượng nước WQI qua các thông số chất lượng nước [16]. Các nghiên cứu trong nước cũng đã áp dụng phương pháp tính chỉ số WQI để đánh giá chất lượng nước mặt [17–19]. Ngoài phương pháp sử dụng WQI để đánh giá chất lượng nước tổng hợp, phương pháp so sánh từng chỉ tiêu đơn lẻ với Quy chuẩn để xác định các chỉ tiêu vượt ngưỡng cho phép cũng được áp dụng rộng rãi. Ưu điểm của phương pháp so sánh chỉ tiêu đơn lẻ là mức độ chi tiết tới từng chỉ tiêu, dễ dàng xác định mức độ ô nhiễm của từng chỉ tiêu đó. Trong nghiên cứu này, cả hai phương pháp là phương pháp chỉ số WQI và so sánh chỉ tiêu đơn lẻ với Quy chuẩn đã được áp dụng để vừa có đánh giá tổng quan vừa chi tiết về các chỉ tiêu chất lượng nước hồ.

Từ yêu cầu thực tế về quản lý chất lượng nước phục vụ cho việc định hướng khai thác và sử dụng nước hồ, 2 mục tiêu của nghiên cứu là: (1) Đánh giá chất lượng nước hồ theo mùa; (2) Bước đầu xác định nguyên nhân màu nước hồ thay đổi theo mùa.

2. Phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: là chất lượng nước hồ bao gồm các thông số: pH, TSS, BOD, COD, NH_4^+ , PO_4^{3-} , As, Cd, Pb, Cr^{6+} , Cu, Zn, Ni, Mn, Fe, Hg.

Phạm vi nghiên cứu: hồ nước xanh tại khu khai thác đá thuộc xã An Sơn, huyện Thủy Nguyên, thành phố Hải Phòng (Hình 1).



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu

Các mẫu nước được lấy tầng mặt vào 2 mùa chính trong năm là mùa mưa (tháng 8) và mùa khô (đầu tháng 4) theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN): TCVN 5994:1995, TCVN 6663-1:2011, bảo quản theo TCVN 6663-3:2003 và được phân tích theo Quy chuẩn Việt Nam (QCVN): QCVN 08-MT:2015. Các chỉ tiêu được so sánh với QCVN 08-MT:2015 cột B1.

2.2.2. Phương pháp xử lý thống kê

Các số liệu quan trắc được phân tích xử lý bằng phần mềm lập trình thống kê R để xác loại bỏ các sai số hệ thống trong quá trình quan trắc.

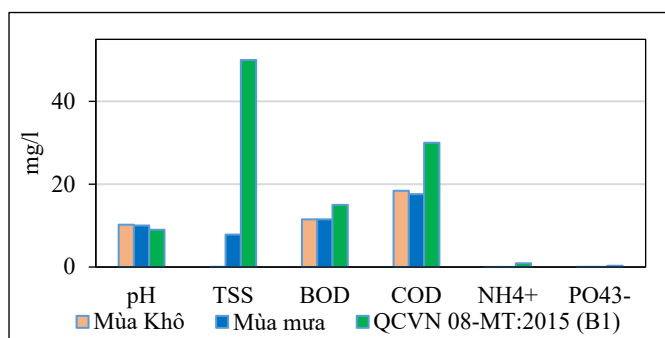
2.2.3. Phương pháp chỉ số WQI

Để tính chỉ số chất lượng nước WQI, nghiên cứu đã áp dụng phương pháp tính WQI của Bộ Tài Nguyên và Môi trường đối với các thông số BOD₅, COD, N-NH₄, P-PO₄, TSS, độ đục, tổng Coliform, DO, pH.

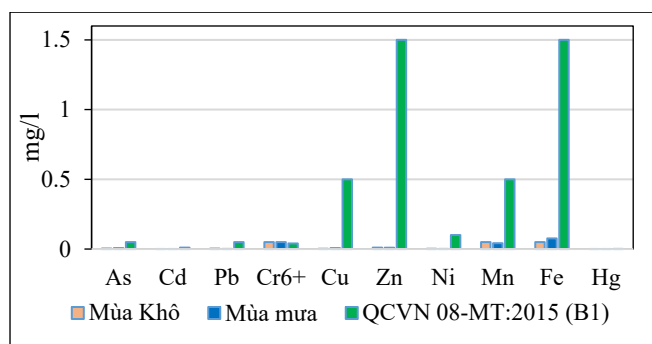
3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Chất lượng nước hồ theo mùa mưa và mùa khô

Kết quả nghiên cứu cho thấy, chất lượng nước đối với các thông số TSS, BOD, NH₄⁺, PO₄³⁻, COD và các kim loại nặng của cả hai mùa mưa và mùa khô đều thấp hơn QCVN 08-MT:2015 cột B1 (Hình 2). Tuy nhiên, giá trị pH rất cao lần lượt là 10,02 và 10,21 vào mùa mưa và mùa khô, pH đều vượt quá QCVN 08-MT:2015 (B1 pH 5,5 - 9). Giá trị pH cao của cả hai mùa cho thấy chất lượng nước của hồ rất kém [20], chỉ số WQI cả 2 mùa đều bằng 1 thể hiện nước bị ô nhiễm nặng, không an toàn khi sử dụng với mục đích B1. Mặc dù nồng độ Ôxy hòa tan DO của cả hai mùa (mùa mưa 4,48 mg/l và mùa khô 4,7 mg/l) đều cao hơn QCVN 08-MT:2015 nhưng do pH quá cao cùng với nồng độ dinh dưỡng rất thấp (NH₄⁺ < 0,02 mg/l và PO₄³⁻ < 0,05 mg/l) dẫn tới thực vật và động vật trong hồ không phát triển. Kết quả phân tích cho thấy nồng độ coliform bằng 0, nồng độ diệp lục Chlorophin a rất thấp (< 0,002 mg/l). Các thông số As và kim loại nặng như Cd, Pb, Cr⁶⁺, Cu, Zn, Ni, Hg cả hai mùa mưa và mùa khô đều có nồng độ rất thấp nằm dưới ngưỡng quy định của QCVN 08-MT:2015 (B1) (Hình 3). Do đó, hồ nước không bị ô nhiễm kim loại nặng. Khảo sát thực địa cũng cho thấy, hồ không nằm trong vùng có nguy cơ ô nhiễm kim loại nặng do xung quanh hồ chỉ có các hoạt động khai thác đá vôi, nung vôi, nông nghiệp và sinh hoạt.



Hình 2. Các giá trị pH, TSS, BOD₅, COD, NH₄⁺, PO₄³⁻ vào mùa mưa và mùa khô.



Hình 3. Nồng độ kim loại nặng vào mùa mưa và mùa khô.

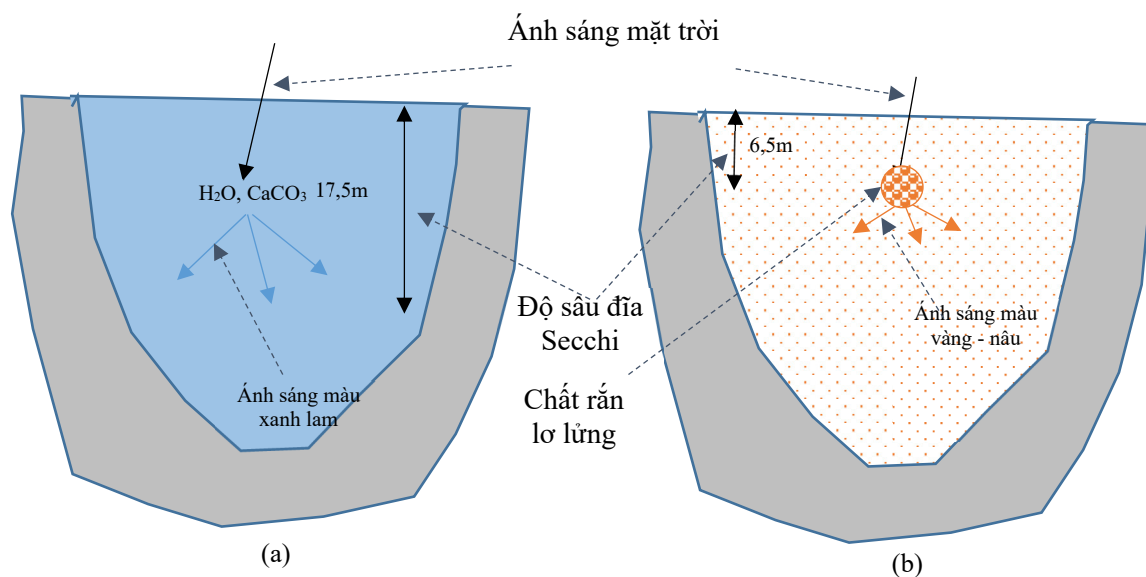
3.2. Bước đầu xác định nguyên nhân màu nước thay đổi theo mùa mưa và mùa khô

Kết quả nghiên cứu khảo sát thực địa cho thấy, nước hồ mùa mưa có màu xanh lam nhạt hơn nước hồ vào mùa khô.

3.2.1. Hiện tượng nước xanh đậm vào mùa khô

Hồ nước nằm trong khu vực khai thác đá vôi, nước ngầm và nước mặt chảy qua khu khai thác đá, nồng độ CaCO_3 cao khi kết tủa đã kéo các hợp chất hữu cơ xuống đáy hồ làm cho chất dinh dưỡng trong hồ rất thấp. Amoni (NH_4^+) nồng độ $< 0,02\text{mg/l}$, Photphat (PO_4^{3-}) nồng độ $< 0,05\text{ mg/l}$ cùng với pH cao đã làm cho tảo khó phát triển (nồng độ Chlorophin a $< 0,002\text{ mg/l}$). Kết quả phân tích cho thấy, pH mùa khô rất cao (10,21), nồng độ chất rắn lơ lửng rất thấp ($< 0,05\text{ mg/l}$), nước hồ rất trong có thể nhìn thấy đáy vùng ven bờ. Độ sâu Secchi 17,5 m. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng khả năng hấp thụ các bước sóng của ánh sáng trắng từ mặt trời chiếu xuống nước là khác nhau. Nước có khả năng hấp thụ bước sóng kém nhất tại 418 nm và tăng dần đến bước sóng 700 nm [21]. Tương ứng đối với các màu cơ bản nước hấp thụ màu đỏ (red) tốt nhất, đến màu vàng (yellow), xanh lá cây (green) và hấp thụ màu xanh lam (blue) là kém nhất. Do đó đối với hồ nước trong và sâu màu xanh lam sẽ bị tán xạ mạnh nhất và ta nhìn thấy hồ nước có màu xanh lam.

Bên cạnh đó, màu của nước còn ảnh hưởng bởi các chất hòa tan, chất lơ lửng trong nước. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mùa khô nồng độ CaCO_3 rất cao (304 mg/l). Trong khi các hợp chất hữu cơ hòa tan, chất lơ lửng tán xạ ánh sáng trong khoảng từ vàng đến nâu thì CaCO_3 tán xạ mạnh ánh sáng màu xanh lam (blue). Chính CaCO_3 góp phần làm màu xanh của hồ đậm hơn. (Hình 4a, Hình 5a). Sự thay đổi nồng độ của CaCO_3 trong nước đã làm thay đổi màu nước theo mùa [22].

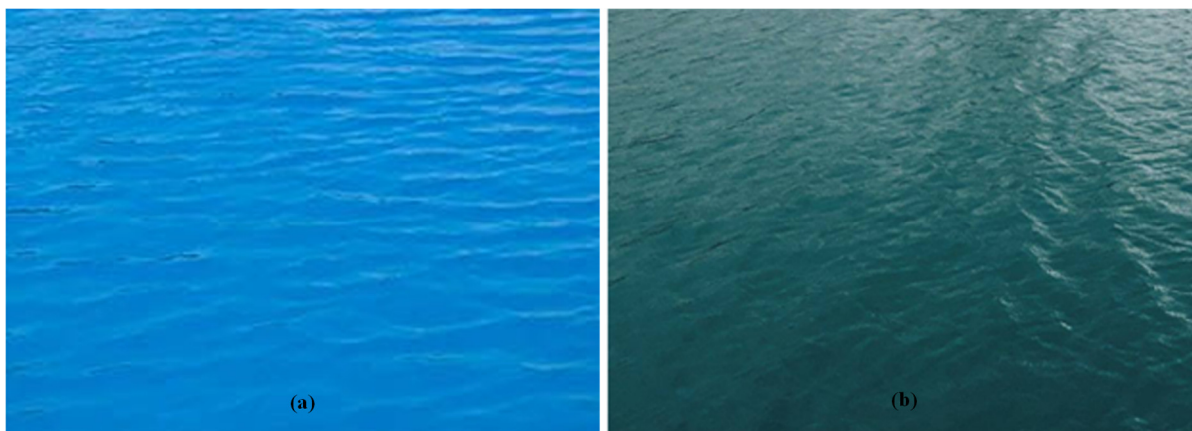


Hình 4. Tán xạ ánh sáng mặt trời trong nước hồ mùa khô (a) và mùa mưa (b).

3.2.2. Hiện tượng nước xanh nhạt vào mùa mưa

Vào mùa mưa nước mưa chảy tràn từ khu vực xung quanh hồ đã làm cho chất rắn lơ lửng trong hồ tăng. Kết quả phân tích cho thấy nồng độ TSS tăng từ $< 0,05\text{mg/l}$ lên đến 7,83 mg/l, độ đục tăng từ 1 NTU mùa khô lên đến 2,2 NTU mùa mưa. Độ sâu đĩa Secchi giảm từ 17,5 m xuống còn 6,5m. Khi độ đục tăng làm cho khả năng tán xạ ánh sáng màu xanh lam giảm xuống đồng thời việc tăng tán xạ ánh sáng khoảng màu vàng đến nâu (Hình 4b, Hình 5b). Sự xuất hiện của các hợp chất humic trong chất rắn lơ lửng cũng làm thay đổi sự tán xạ

ánh sáng trong nước hồ góp phần làm màu nước thay đổi [23]. Ngoài ra, nồng độ CaCO_3 vào mùa mưa cũng giảm xuống còn 240 mg/l (Hình 2) từ đó giảm khả năng tán xạ ánh sáng xanh lam của CaCO_3 . Kết quả phân tích chất lượng nước cho thấy màu nước hồ có màu xanh lam nhạt hơn vào mùa mưa so với mùa khô hoàn toàn phù hợp.



Hình 5. Màu nước hồ mùa khô (a) và mùa mưa (b).

4. Kết luận

Qua nghiên cứu này có thể đưa ra một số kết luận sau:

Chất lượng nước hồ ở cả hai mùa mùa mưa và mùa khô đều rất kém, chỉ số WQI = 1 thể hiện chất lượng nước tương ứng màu đỏ ô nhiễm nặng do nồng độ pH rất cao (>10) cho cả 2 mùa.

Nguyên nhân màu nước mùa khô và mùa mưa có sự khác nhau được xác định do chất rắn lơ lửng và độ đục tăng vào mùa mưa, trong khi nồng độ CaCO_3 và $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ giảm dần tới nước hồ mùa mưa tán xạ ánh sáng màu xanh lam kém, đồng thời tăng tán xạ ánh sáng khoảng màu vàng đến nâu nên nước có màu xanh lam nhạt hơn mùa khô có màu xanh lam đậm.

Nồng độ pH của hồ rất cao do đó để cải tạo hồ phục vụ các mục đích sử dụng nước cần làm giảm pH của nước hồ.

Nghiên cứu này chưa tính tới các tác động của chế độ thủy văn dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm ảnh hưởng tới chất lượng nước hồ theo mùa. Đây cũng là một hướng nghiên cứu cần mở rộng thêm để quản lý chất lượng nước hồ tốt hơn.

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

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

Tài liệu tham khảo

1. Zhao, M.M.; Chen, Y.P.; Xue, L.Q.; Fan, T.T.; Emaneghem, B. Greater health risk in wet season than in dry season in the Yellow River of the Lanzhou region. *Sci. Total Environ.* **2018**, *644*, 873-883.
2. Jiang, T.; Wang, D.Y.; Wei, S.Q.; Yan, J.L.; Liang, J.; Chen, X.S.; Liu, J.; Wang, Q.L.; Lu, S.; Gao, J.; Li, L.L.; Guo, N.; Zhao, Z. Influences of the alternation of wet-dry periods on the variability of chromophoric dissolved organic matter in the water level fluctuation zone of the Three Gorges Reservoir area, China. *Sci. Total Environ.* **2018**, *636*, 249-259.

3. Wu, T.; Wang, S.; Su, B.; Wu, H.; Wang, G. Understanding the water quality change of the Yilong Lake based on comprehensive assessment methods. *Ecol. Indic.* **2021**, *126*, 107714.
4. Hany, A.; Akl, F.; Hagra, M.; Balah, A. Assessment of recent rehabilitation projects' impact on water quality improvement in Lake Burullus, Egypt. *Ain Shams Eng. J.* **2021**. In Press, Corrected Proof. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.05.006>.
5. Molly, J.W.; Ted, R.A.; Matthew, P.; David, W.B.; Jonathon, J.L.; John, K.; Mari N. An assessment of water quality in two Great Lakes connecting channels. *J. Great Lakes Res.* **2019**, *45(5)*, 901-911.
6. Natarajan, M.; Solai, M.S.; Johnpaul, V.; Gowrishankar, K.R.; Arun, M.; Boopalakrishnan, R. Seasonal water quality assessment in Valankulam Lake, Coimbatore. *Mater. Today: Proc.* **2020**. In Press, Corrected Proof. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.240>.
7. Vasistha, P.; Ganguly, R. Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview. *Mater. Today: Proc.* **2020**, *32*, 544-552.
8. Wu, Z.; Wang, X.; Chen, Y.; Cai, Y.; Deng, J. Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. *Sci. Total Environ.* **2018**, *612*, 914-922.
9. Wu, Z.; Lai, X.; Li, K. Water quality assessment of rivers in Lake Chaohu Basin (China) using water quality index. *Ecol. Indic.* **2021**, *121*, 107021.
10. Li, T.; Li, S.; Liang, C.; Bush, R.T.; Xiong, L.; Jiang, Y. A comparative assessment of Australia's Lower Lakes water quality under extreme drought and post-drought conditions using multivariate statistical techniques. *J. Cleaner Prod.* **2018**, *190*, 1-11.
11. Zhao, Y.; Xia, X.H.; Yang, Z.F.; Wang, F. Assessment of water quality in Baiyangdian Lake using multivariate statistical techniques. *Procedia Environ. Sci.* **2012**, *13*, 1213-1226.
12. Kazi, T.G.; Arain, M.B.; Jamali, M.K.; Jalbani, N.; Afridi, H.I.; Sarfraz, R.A.; Baig, J.A.; Shah, Q.A. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2009**, *72*, 301-309.
13. Lê, H.B.T.; Ché, Đ.L.; Nguyễn, H.T. So sánh kết quả đánh giá chất lượng nước bằng đánh giá toàn diện mờ và chỉ số chất lượng nước: trường hợp nghiên cứu sông Đồng Nai. *Tap chí Phát triển Khoa học và Công nghệ* **2014**, *17*.
14. Nguyễn, V.H.; Phạm, N.A.T.; Nguyễn, M.H.; Thủy, C.T. Đánh giá chất lượng nước sông Bồ ở tỉnh Thừa Thiên Huế dựa vào chỉ số chất lượng nước (WQI). *Tap chí Khoa học, Đại học Huế* **2010**, *58*, 77-85.
15. Lan, T.T.; Long, N.P. Assessment of surface water quality by water quality index (WQI) at the Cai Sao canal, An Giang province, Vietnam. *Livest. Res. Rural Dev.* **2011**, *23*, 151.
16. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Quyết định số 879/QĐ-TCMT ngày 01 tháng 07 năm 2011, Tổng cục Môi trường, Hà Nội, 2011.
17. Dubey, M.; Ujjania, N.C.; Borana, K. Water Quality Index (WQI) of Sarangpani Lake, Bhopal (India). *Environ. Ecol.* **2016**, *34-4D*, 2475.
18. Suna, W.; Xiaa, C.; Xua, M.; Guoa, J.; Suna, G. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. *Ecol. Indic.* **2016**, *66*, 306.
19. Lumb, A.; Sharma, T.C.; Bibeault, F.; Klawunn, P. A Comparative Study of USA and Canadian Water Quality Index Models. *Water Quality. Exposure Health* **2011**, *3-3*, 203.

20. Đỗ, H.T.; Vũ, T.M.; Đinh, M.C. Đánh giá chất lượng nước hồ nước xanh tại xã An Sơn, huyện Thủy Nguyên, Thành phố Hải Phòng bằng chỉ số chất lượng nước (WQI), chỉ số phú dưỡng (TSI) và chỉ số ô nhiễm kim loại nặng (HPI). *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* 2017, 33, 45-54.
21. Robin, M.P.; Edward, S.F. Absorption spectrum (380–700 nm) of pure water. II. Integrating cavity measurements. *Appl. Optics* 1997, 36, 8710-8723.
22. Turoczy, N.J. Calcium chemistry of Blue Lake, Mt Gambier, Australia, and relevance to remarkable seasonal colour changes. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 2002, 156, 1-9.
23. Andrew, L.T. Identification of processes regulating the colour and colour change in an oligotrophic, hardwater, groundwater-fed lake, Blue Lake, Mount Gambier, South Australia. *Lakes Reservoirs Res. Manage.* 2000, 5, 161–176.

Evaluation of seasonal water quality and determination of causes of water color change in a blue lake at An Son Commune, Thuy Nguyen District, Hai Phong City

Do Huu Tuan¹

¹ Faculty of Environmental Sciences, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam; tuandh@vnu.edu.vn

Abstract: Color of a lake at An Son Commune, Thuy Nguyen District, Hai Phong City changes between dry and rainy seasons. Evaluation of the lake water quality by season and the reasons of water color change between two seasons is very urgent. By sampling and analyzing chemical parameters in water and assessing water quality, the results showed that the water quality index (WQI = 1) was bad Total suspended solids (TSS) increased from 0.05 mg/l in the dry season to 7.83 mg/L in rainy season and turbidity increased from 1.0 NTU in the dry season to 2.2 NTU in the rainy season. While the concentration of CaCO_3 and $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ both decreased in the rainy season (CaCO_3 from 304 mg/l in the dry season to 240 mg/l in the rainy season, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ from 67.75 mg/l to 47.21 mg/l). Secchi depth decreased from 17.5 m (dry season) to 6.5 m (rainy season). TSS and turbidity increasing, CaCO_3 and $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ decreasing caused blue color in the rainy season less blue than the dry season.

Keywords: Lake water quality; Blue lake; Seasonal water quality change.

Bài báo khoa học

Một số giải pháp phục hồi và phát triển rừng ngập mặn phù hợp cho khu vực ven biển Tây, Việt Nam

Đoàn Thanh Vũ^{1*}, Trịnh Công Dân², Hoàng Thị Tố Nữ¹, Nguyễn Hữu Tuấn¹, Cấn Thu Văn¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM; dtvu@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn; nu.htt@hcmunre.edu.vn; nhtuan@hcmunre.edu.vn

² Viện Kỹ thuật Biển; trinh.cong.dan@gmail.com

*Tác giả liên hệ: dtvu@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-989110983

Ban Biên tập nhận bài: 12/5/2021; Ngày phản biện xong: 26/7/2021; Ngày đăng bài: 25/10/2021

Tóm tắt: Rừng ngập mặn ven biển Tây, Đồng bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL), đóng vai trò vô cùng quan trọng cho sự tồn tại và phát triển bền vững cả về kinh tế lẫn xã hội của cả ĐBSCL. Gần 350 km đường bờ biển của hai tỉnh Cà Mau và Hà Tiên được chen chắn bởi rừng ngập mặn, đây là một đặc trưng rất khác biệt so với các tỉnh khác của Việt Nam nói chung và ĐBSCL nói riêng. Rừng ngập mặn ven biển ở đây không chỉ cung cấp nơi cư trú cho hệ sinh thái ven biển, rễ cây ngập mặn còn cung cấp khả năng che phủ bảo vệ đường bờ khỏi tác động của sóng và dòng chảy, những nguyên nhân trực tiếp gây ra xói lở bờ biển. Tuy nhiên những năm gần đây, đường bờ biển Tây ĐBSCL chứng kiến sự đảo chiều trong diễn biến hành thái. Nhiều đoạn bờ bị sạt lở, những dải rừng bị suy thoái. Nguyên nhân có thể kể đến là do hoạt động khai thác của con người, biến đổi khí hậu và lún sụt đất. Bài báo này đã đi vào chi tiết phân tích nguyên nhân, từ đó đề xuất những giải pháp tương ứng để giúp khôi phục rừng ngập mặn, tiến đến gây bồi tạo bãi cho vùng bờ biển Tây, ĐBSCL.

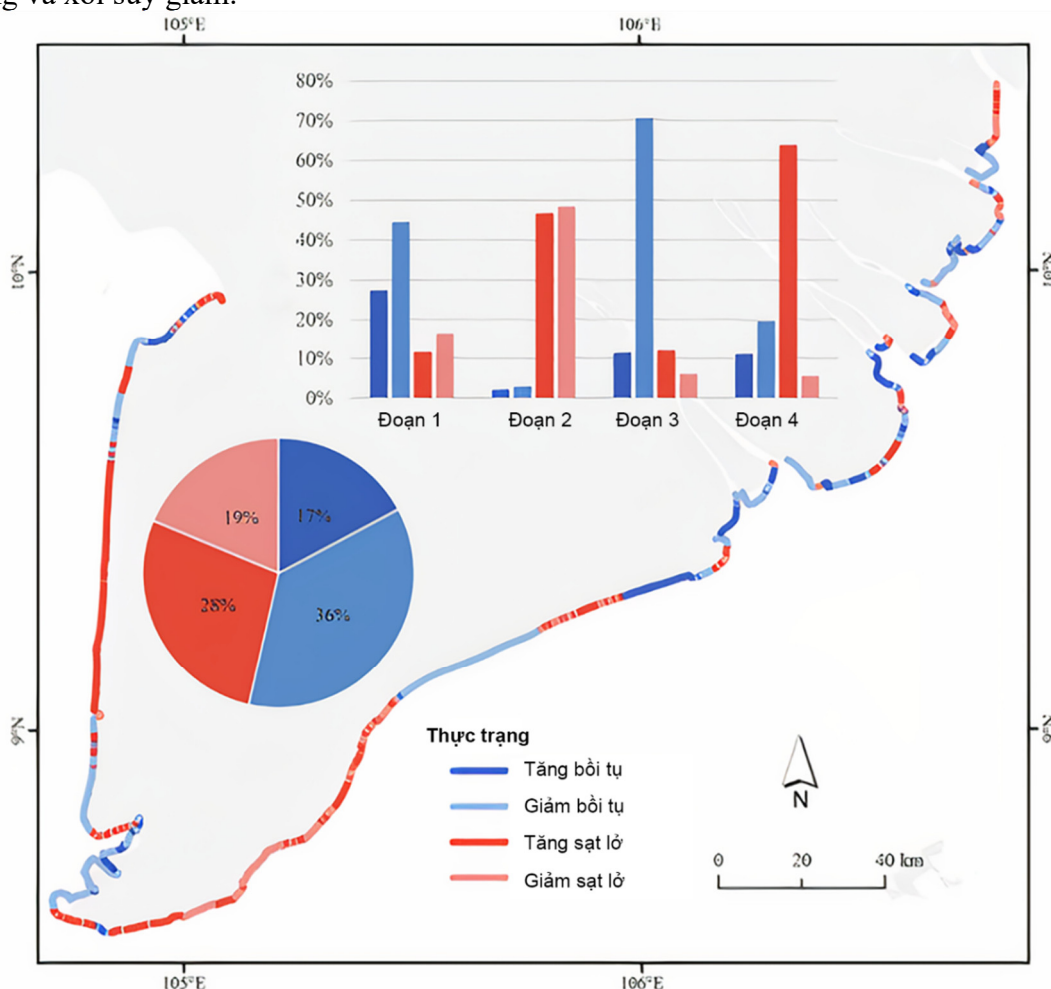
Từ khóa: Rừng ngập mặn, Đồng bằng Sông Cửu Long, Giải pháp bảo vệ rừng.

1. Đặt vấn đề

Dải bờ biển từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên dài khoảng 350 km, nằm hoàn toàn về biển Tây của ĐBSCL, địa hình dải ven biển tương đối bằng phẳng và thấp, cao trình phổ biến từ -0,5 m đến +0,8 m so với mực nước biển. Về chế độ thủy thạch động lực học thuộc vùng biển Tây của ĐBSCL (vịnh Thái Lan), thủy triều có chế độ nhật triều không đều, biên độ dao động nhỏ hơn 1m, đôi lập hoàn toàn với thủy triều biển Đông có chế độ bán nhật triều, biên độ dao động rất lớn 2,1-3,8 m. Vùng biển Tây có thêm lục địa tương đối thoải và nông hơn so với vùng phía biển Đông, theo kết quả khảo sát địa hình [1] khu vực Mũi Cà Mau [2-4] cho thấy tại cao trình đáy biển -4,0 m phía biển Đông cách bờ khoảng 3 km, trong khi phía biển Tây cách bờ khoảng 7 km, đặc biệt tại vùng bãi bồi Mũi Cà Mau cao trình đáy biển -20 m cách bờ khá xa khoảng 20 km. Địa chất khu vực này là vùng trầm tích trẻ mới hình thành có đặc điểm rất yếu dễ bị lún sụt, xói lở.

Trước những năm 1997 của thế kỷ 20, toàn bộ dải ven bờ phía biển Tây là vùng có bờ biển khá ổn định do có dải rừng phòng hộ che chắn và bảo vệ trước tác động xâm thực của sóng, gió, thủy triều [5]. Tuy nhiên, trong những năm gần đây do sức ép hoạt động khai thác của con người như xây dựng các hồ chứa thượng nguồn dẫn đến thiếu hụt về bùn cát ở hạ du trước khi đổ ra biển, xây dựng hệ thống kênh rạch tiêu thoát lũ ra biển Tây, đắp đê bao nội

đồng chống lũ phía thượng lưu, đắp đê ngăn mặn ngọt hóa vùng bán đảo Cà Mau, khai thác nước ngầm quá mức, người dân phá rừng phòng hộ nuôi trồng thủy hải sản [6]..., cùng với những thay đổi của điều kiện tự nhiên như Biến đổi khí hậu – Nước biển dâng (BĐKH–NBD), xâm nhập mặn, lún sụt đất đã tác động mạnh tới dải ven biển từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên. Hậu quả là dải rừng phòng hộ hiện nay bị suy thoái, tình trạng xói lở, bồi lắng dải ven biển diễn ra rất phức tạp. Đặc biệt là đoạn bờ biển từ sông Đốc thuộc huyện Trần Văn Thời đến rạch Tiểu Dừa thuộc huyện U Minh tỉnh Cà Mau dài khoảng 55 km bị xói lở mãnh liệt, tốc độ xói lở trung bình từ năm 2003 đến năm 2013 khoảng 30 m/năm, tổng diện tích bờ biển bị xói lở từ năm 1989 đến năm 2013 khoảng trên 600 ha, trung bình 50 ha/năm, trong đó xói lở chủ yếu là mất diện tích rừng phòng hộ. Đoạn bờ biển thuộc huyện An Minh tỉnh Kiên Giang cũng diễn ra tương tự như tỉnh Cà Mau. Có thể thấy, hiện nay nhiều đoạn bờ biển bị xói lở, mất trắng dải rừng phòng hộ, biển tiến sát tới chân đê biển, uy hiếp an toàn của tuyến đê biển Tây được xây dựng những năm qua. Qua hình 1 có thể thấy rõ hơn về đặc điểm đường bờ toàn bộ ĐBSCL, được chia thành 4 dạng chính: bồi tăng cường, bồi suy giảm, xói tăng cường và xói suy giảm.



Hình 1. Đường bờ ĐBSCL có thể được chia thành 4 dạng chính: bồi tăng cường; bồi suy giảm; xói tăng cường và xói suy giảm [7].

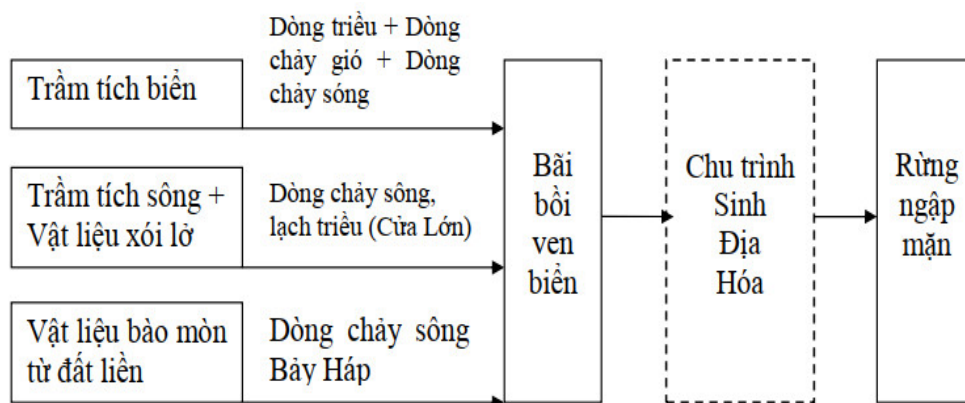
Quá trình hình thành các bãi bồi ven biển và rừng ngập mặn (RNM) là quá trình sinh hành của bồi tụ phù sa và các quá trình sinh địa hóa diễn ra một cách tự nhiên. Theo khía cạnh địa mạo, cơ chế hình thành rừng ngập mặn được thể hiện vùng nghiên cứu được thể hiện theo sơ đồ tại hình 2. Rừng ngập mặn bờ biển Tây của ĐBSCL được hình thành trên nền địa hình bãi bồi [8]. Độ dốc bãi rất thấp (< 0,1%). Phân bố sinh học cây RNM thể hiện rõ sự phân đới về thành phần loài cây và cấu trúc cây trong các đai triều theo cao trình và thời gian phơi bãi

(Bảng 1). Cây tiên phong xâm lấn là các quần thể cây Mắm non (*Avicennia* sp.). Hệ cây này bắt đầu xuất hiện ở những vùng đất có thời gian phơi bãi bãi khoảng 3 giờ/ngày. Đây cũng là đai khởi đầu cho sự hình thành RNM tại bờ biển Tây ĐBSCL [1, 9–10].

Cây Mắm non sau khi trưởng thành sẽ góp phần gây bồi, nâng cao trình bãi biển. Theo [11] cao trình được nâng lên đồng nghĩa với việc thời gian phơi bãi cũng tăng lên theo. Vòng lặp này tại điều kiện thuận lợi cho RNM phát triển xâm lấn, mở rộng về phía biển.

Bảng 1. Thời gian phơi bãi tương ứng cho các thời kỳ phát triển cây ngập mặn.

Tham số	Lịch triều	Mầm 1	Mầm 2	Mắm non	Mắm	Hỗn giao Mắm và Đước	Được chiếm ưu thế
Thực vật	Chưa có	Chưa có lá	Xuất hiện lá	Trên 2 lá	Đến 5 tuổi	Đến 10 tuổi	Đến 20
Thời gian phơi bãi (giờ/ngày)	0	3	4	5	7	9	Trên 9
Mật độ (cây/100m ²)		28 ± 8	51 ± 7	68 ± 11	54 ± 7	45 ± 9	27 ± 11



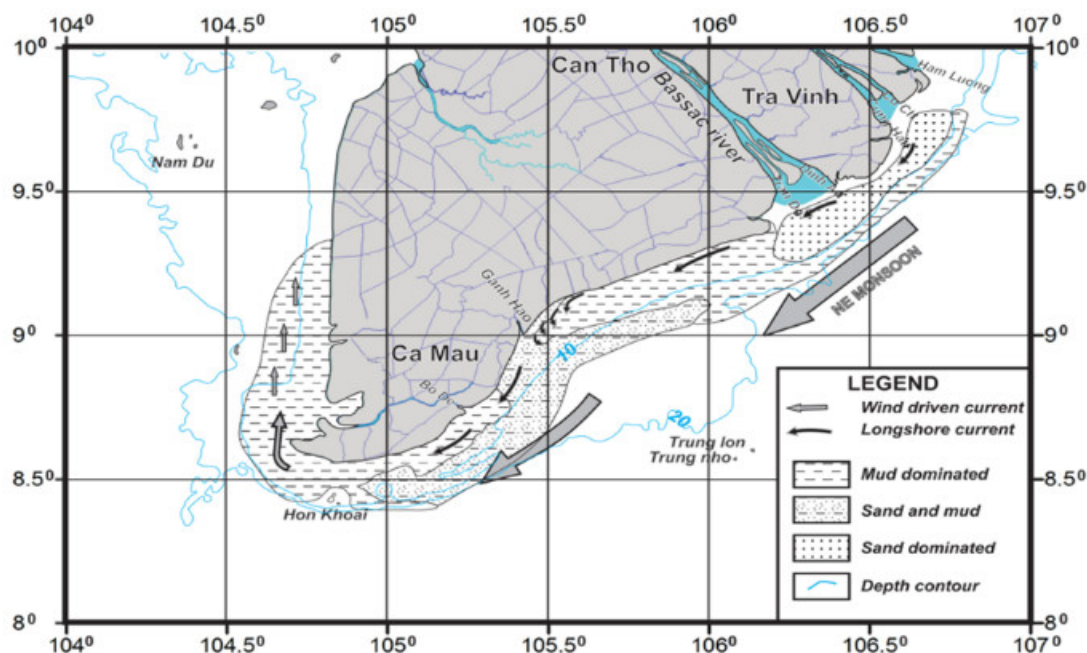
Hình 2. Cơ chế hình thành rừng ngập mặn theo khía cạnh địa mạo.

2. Những nguyên nhân chính của xói lở bờ và tiêu biến dải rừng ngập mặn ven biển

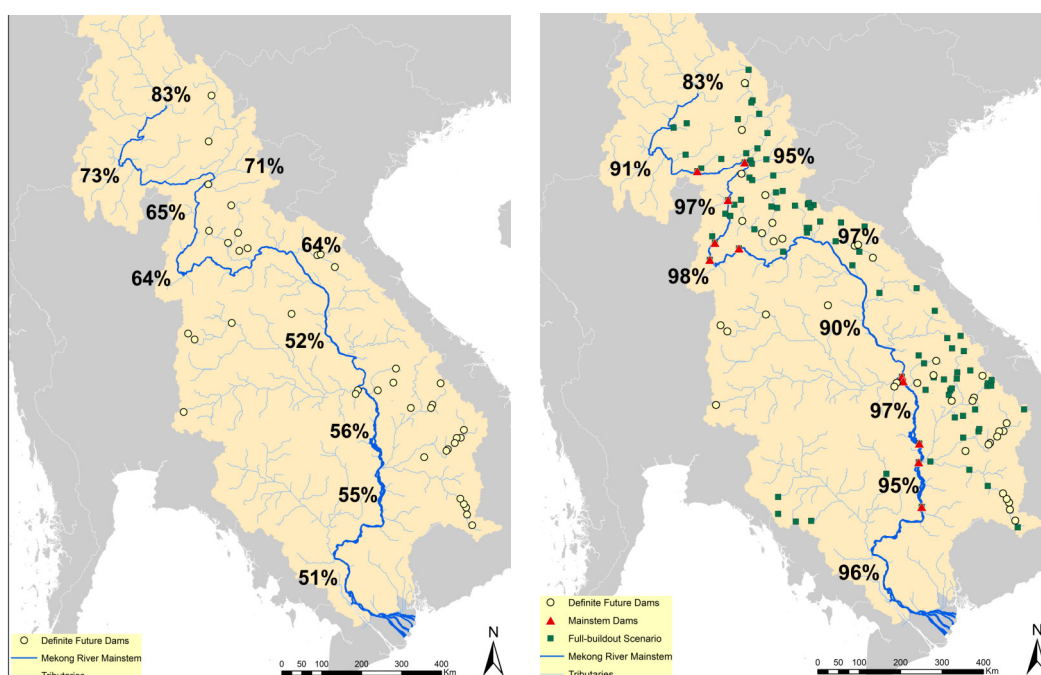
2.1. Biến động nguồn bùn cát lơ lửng từ thượng du sông Mekong

Ảnh hưởng của sông Mekong đối với ĐBSCL có nhịp điệu và cường độ gần trùng với chế độ khí hậu gió mùa tại vùng nghiên cứu. Dưới tác động của gió mùa Đông Bắc bùn cát bồi lắng và dòng vận chuyển bị đẩy lệch về hướng Tây Nam (Hình 3). Bình quân hàng năm sông Mekong cung cấp khoảng 400–500 tỷ m³ nước ngọt, kèm theo 150–200 triệu tấn phù sa lơ lửng cho vùng hạ du ĐBSCL. Một phần trong số đó đã góp phần tham gia hình thành và phát triển nên vùng bãi bồi mũi Cà Mau, sau đó được đưa lên phía Nam, khu vực bờ biển Kiên Giang trong mùa gió Tây Nam. Tuy nhiên, tổng lượng dòng chảy và bùn cát vào ĐBSCL rất khác nhau theo các năm.

Những năm gần đây, khu vực thượng nguồn sông Mekong chứng kiến hàng loạt những thay đổi mạnh mẽ tác động trực tiếp đến dòng chảy của con sông. Trong đó xây dựng hồ chứa phục vụ thủy điện có mức độ ảnh hưởng mạnh mẽ nhất (Hình 4). [12] đã dự báo bùn cát lơ lửng sẽ bị suy giảm 60% nếu một nửa số đập thủy điện dự kiến hoàn thiện xây dựng. Và con số này sẽ là 96% khi toàn bộ các đập thủy điện này hoàn thiện. Mặc dù nghiên cứu này chưa cân nhắc đến phương pháp xả đáy, cũng như công tác nạo vét lòng hồ, nhưng con số này đã phần nào cho thấy hạ lưu ĐBSCL đang phải đối mặt với những nguy hiểm thực sự.



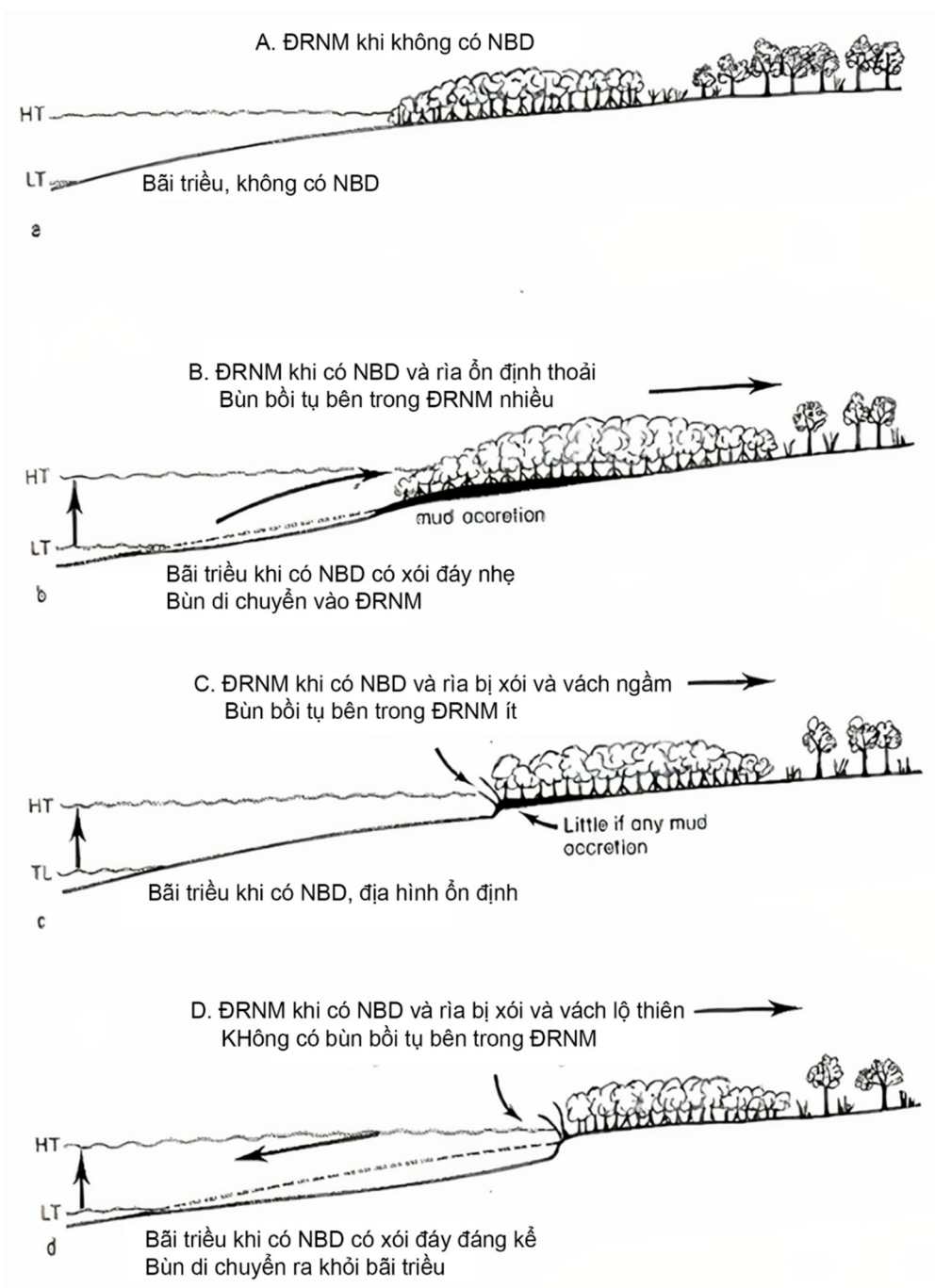
Hình 3. Bùn cát bồi lắng và dòng vận chuyển dưới tác động của gió mùa Đông Bắc [13].



Hình 4. Mức độ suy giảm bùn cát lơ lửng theo mức độ phát triển đập thượng lưu [13].

2.2. Biến đổi khí hậu

Có thể nói, ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (BĐKH) đối với các khu vực ven biển như bờ biển Tây, Kiên Giang là hoàn toàn có thể nhận thấy. Các cơ chế thứ sinh của BĐKH như thay đổi điều kiện thủy hải văn, mực nước biển dâng tác động trực tiếp đến quá trình xói lở đường bờ cũng như suy giảm RNM. Một mặt là tần suất và cường độ của điều kiện thời tiết cực đoan ngày càng tăng. Mặt khác nước biển dâng làm thay đổi điều kiện sinh thái của vùng nước ven bờ, RNM bị ngập sâu và lâu hơn trước (Hình 5). Điều này ảnh hưởng rất mạnh đến tiến trình sinh trưởng và phát triển của hệ sinh thái rừng. Như là một điều khó tránh khỏi, khi không còn sự che chở của hệ thống rễ cây RNM, bãi biển với bùn chiếm ưu thế sẽ nhanh chóng bị bào mòn dưới tác động của sóng và dòng chảy.



Hình 5. Rừng ngập mặn suy giảm dưới tác động của nước biển dâng.

Vấn đề này càng trở nên nghiêm trọng khi có sự cộng hưởng với hiện tượng lún sụt đất ở khu vực ĐBSCL. Tuy cơ chế này cần thêm thời gian để có những kết quả đo đạc có tính hệ thống và định tính trước khi đưa ra kết luận chính xác nhất, những số liệu ban đầu đã cho thấy xu thế này thực sự đang xảy ra. Lún sụt đất cộng hưởng với nước biển dâng làm gia tăng độ sâu nước nước bãi [14]. Điều này làm đường bờ bị sạt lở cho đến khi một trạng thái cân bằng mới được thiết lập với việc đường bờ bị lún vào trong [15].

2.3. Ảnh hưởng từ hoạt động của con người

Mức độ và quy mô tác động ngày càng tăng của các tác nhân như: hoạt động kinh tế-xã hội và xây dựng các công trình hạ tầng (công trình thủy lợi, giao thông, đô thị hóa, khai thác RNM, phát triển ao nuôi tôm, xây dựng đê biển,...) tại ĐBSCL nói chung và vùng ven biển

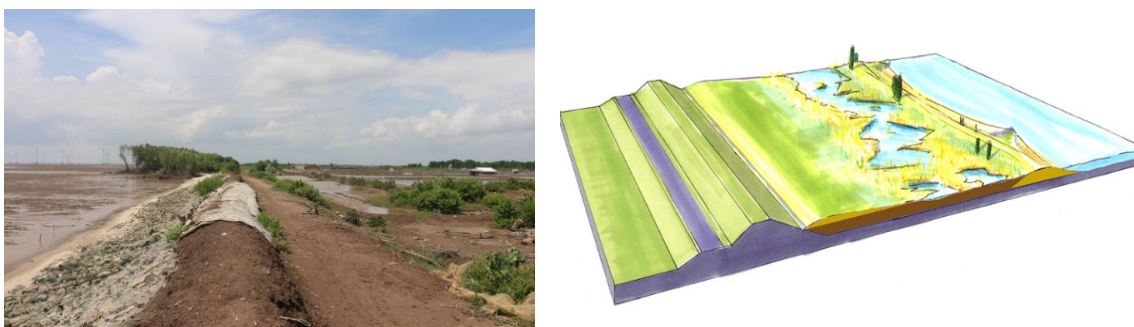
Tây, tỉnh Kiên Giang nói riêng [16]. Việc chuyển đổi một diện tích lớn và chuyển đổi quá nhanh từ sản xuất cây con nước ngọt sang nuôi tôm nước lợ, nước mặn đã làm thay đổi đột ngột về hệ sinh thái và môi trường nước. Quá trình này đang ảnh hưởng mạnh mẽ đến khả năng phát triển bền vững của hệ sinh thái RNM.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Các giải pháp bảo vệ bờ đã được ứng dụng tại ĐBSCL

3.1.1. Đê biển

Đây là loại công trình được ứng dụng sớm nhất ở ĐBSCL với mục tiêu ban đầu là quản lý tài nguyên nước. Đê biển được bố trí trong tổng thể một hệ thống công trình thủy lợi, thường là phối hợp với cống và trạm bơm (Hình 6). Mục đích của hệ thống công trình này cho vùng ĐBSCL lúc bấy giờ là tạo ra một vùng ngọt để mở rộng diện tích canh tác nông nghiệp, chủ yếu là lúa nước. Hầu hết các tuyến đê biển ở ĐBSCL được đầu tư xây dựng rải rác trong giai đoạn từ năm 1986–2000. Kết cấu công trình phần lớn là đê đất, để ngăn nước triều dâng. Qua nhiều thập kỷ, tuyến đê biển này, đặc biệt là phía biển Tây, đã làm việc rất ổn định. Một phần là nhờ tuyến đê này ít phải chịu ảnh hưởng trực tiếp từ sóng do được che chắn sau dải RNM ven biển ở khu vực này.



Hình 6. Vị trí đê biển trong tương quan với dải rừng trước bãi.

Tuy nhiên, trước xu thế suy giảm nhanh chóng của dải RNM nói trên, hàng trăm kilômét đê biển đã phải phơi mình trực tiếp đối diện với sóng (Hình 7). Thiết kế đê đất không phải là một giải pháp tối ưu cho điều kiện này, dẫn đến việc tuyến đê này đang bị đe dọa nghiêm trọng [17].



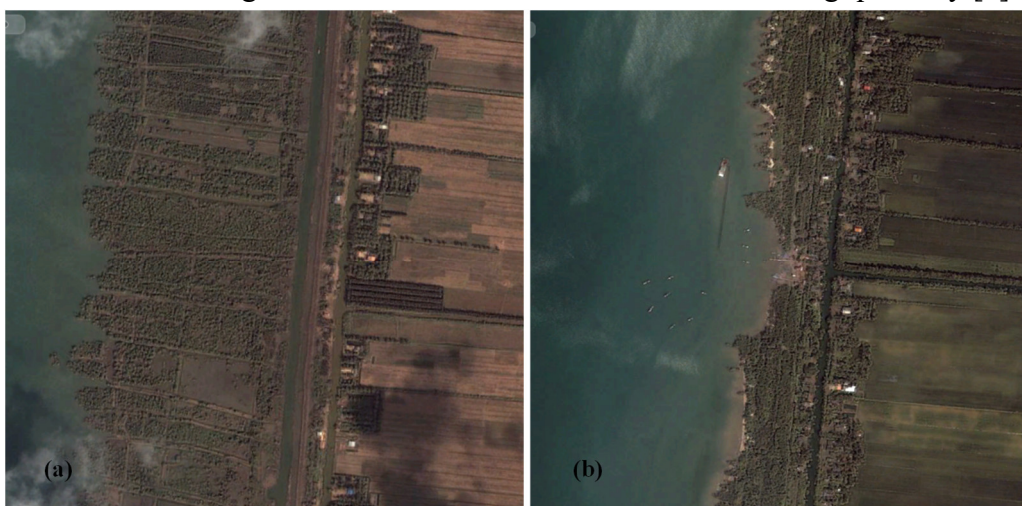
Hình 7. Dải rừng ngập mặn ven biển tiêu biến làm lộ tuyến đê đất: (a) Gò Công, Tiền Giang; (b) Vĩnh Châu, Sóc Trăng; (c) Bạc Liêu; (d) Cà Mau.

Ngược lại, có những bằng chứng cho thấy tuyến đê biển hay các dạng công trình thủy lợi khác có khả năng là một trong những tác nhân góp phần làm suy giảm dải RNM ven biển theo thời gian (Hình 8, Hình 9).



Hình 8. Rừng ngập mặn ven biển trước đê biển Tân Thành, Tiền Giang (ảnh Google Earth).

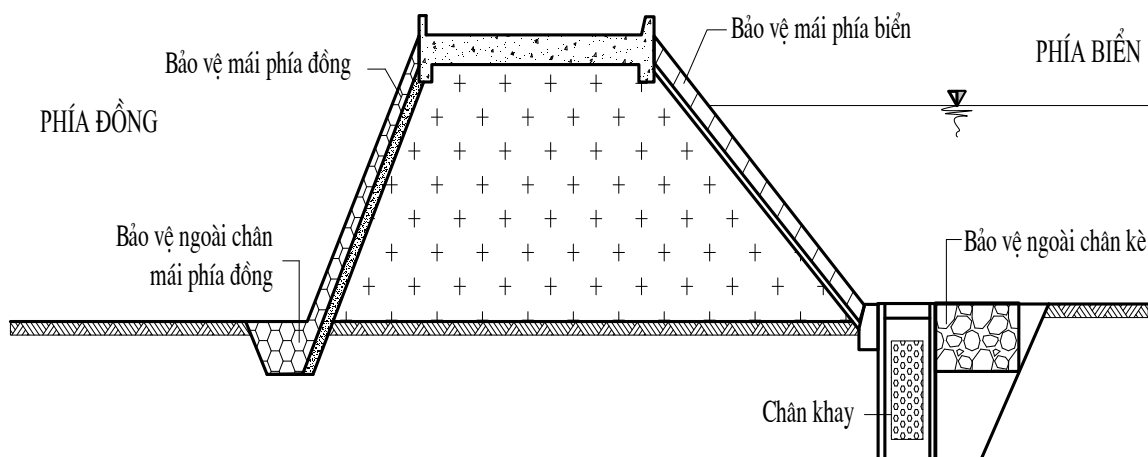
Những kiến thức về sinh trưởng của RNM có thể cung cấp những cơ sở khoa học để lý giải cho mối quan hệ này. Trong số đó có thể kể đến: (i) cây RNM không hoàn toàn sống trong môi trường nước mặn, mà cần được định kỳ được pha loãng bằng nguồn nước ngọt từ bờ chảy ra; (ii) nước ngọt từ các hệ thống kênh bị chặn và điều tiết bởi hệ thống cống, dẫn đến việc bùn cát và đặc biệt là dưỡng chất trong bùn cát lơ lửng này không được cung cấp thường xuyên cho vùng RNM, dẫn đến cây bị thiếu chất và suy kiệt; (iii) thiết kế đê biển dù có mái dốc, nhưng vẫn là rất đứng khi so với độ dốc tự nhiên của bãi biển (1/3 so với 1/500), dẫn đến sóng phản xạ thay đổi khác thường so với trước khi có công trình. Tuy nhiên, đến nay vẫn chưa có nhiều nghiên cứu thực sự đi sâu vào làm rõ mối tương quan này [6].



Hình 9. Bãi và dải rừng ngập mặn thay đổi trước và sau khi thi công công thủy lợi ở biển Tây Cà Mau (ảnh Google Earth): (a) 2001; (b) 2013 sau khi cống hoàn thành.

3.1.2. Kè mái nghiêng

Như đã đề cập ở phần trước, loại công trình này hiện đang được ứng dụng rất rộng rãi ở ĐBSCL do tính tức thì của nó trong công tác bảo vệ bờ trước tác động của sóng và dòng chảy. Ngược lại với kè phá sóng, kè mái nghiêng (Hình 10) bảo vệ trực tiếp đường bờ nơi kè được thi công, mà không phải là hiệu chỉnh dòng chảy để đồng bộ bảo vệ bãi biển trước mặt kè. Mặt trái của giải pháp này trước hết là chi phí thi công.



Hình 10. Một mặt cắt điển hình tuyến đê biển được bảo vệ bởi kè mái nghiêng.

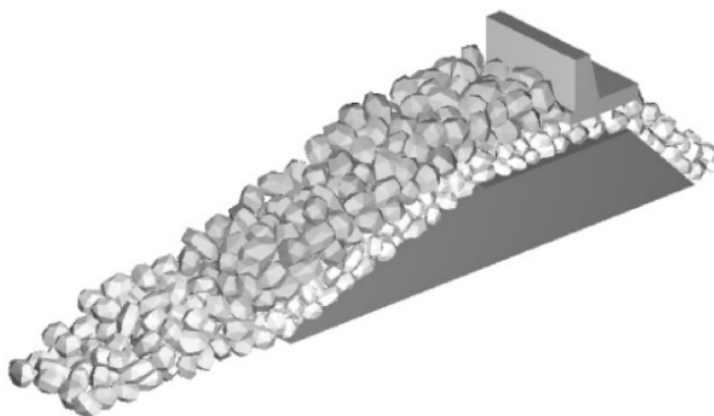
Do vật liệu xây dựng (thường là đá đồ hoặc khối bê tông lắp ghép) có chi phí cao. Nhược điểm tiếp theo của giải pháp này là do việc cứng hóa đường bờ, bãi trước kè sẽ phải đối diện với nguy cơ xói lở cao hơn do ảnh hưởng của sóng phản xạ. Việc cứng hóa này cũng tiềm ẩn rủi ro về mất cân bằng vận chuyển bùn cát dọc bờ, dẫn đến những khu vực lân cận không được bảo vệ sẽ bị xói lở. Ngoài ra, với trọng lượng công trình khá lớn, việc thi công ở những khu vực có nền đất mềm yếu như bờ biển Tây ĐBSCL cũng là một trở ngại lớn (Hình 11).



Hình 11. Điển hình công trình kè biển bị hư hỏng do chuyển vị nền móng yếu: (a) Trà Vinh; (b) Tiền Giang; (c) Cà Mau; (d) Bạc Liêu.

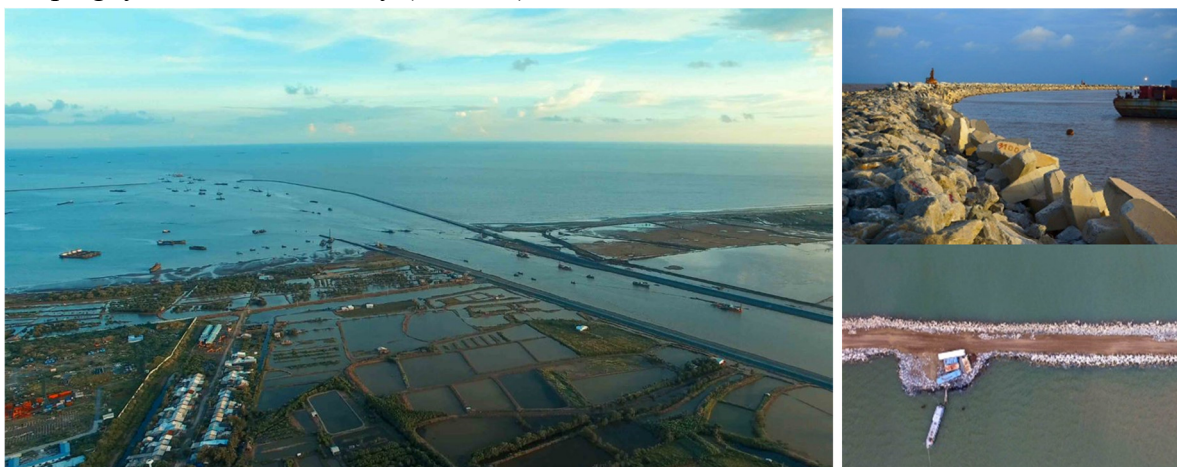
3.4.3. Đê phá sóng đá đồ

Đây là một trong những kết cấu lâu đời nhất của công trình biển nói riêng và công trình thủy nói chung. Thường được sử dụng cho những khu vực cảng biển nước sâu. Kết cấu này phải chống chọi trực tiếp với sóng trong những điều kiện thời tiết cực đoan nhất (Hình 12) [18].



Hình 12. Mặt cắt điển hình của đê phá sóng đá đồ.

Tuy nhiên, loại công trình rất hiếm ở khu vực ven biển ĐBSCL vì lý do khối lượng công trình rất lớn. Để công trình có thể làm việc hiệu quả và ổn định ở khu vực bờ biển này, nền móng cần phải được gia cố hoặc thậm chí là cải tạo. Kết hợp với việc đá không phải phải là vật liệu địa phương ở khu vực này, dẫn đến chi phí thi công rất cao. Hiện nay chỉ có cảng nhà máy nhiệt điện Trà Vinh là đang sử dụng loại công trình này để bảo vệ cho khu cảng nhập nguyên liệu của nhà máy (Hình 13).



Hình 13. Đê phá sóng dạng đá đồ nhà máy nhiệt điện Trà Vinh.

3.1.4. Đê phá sóng dạng hỗn hợp

Hiện nay, với nhu cầu bức thiết phải tìm ra giải pháp kết cấu vừa đạt được yêu cầu tiêu giảm sóng để bảo vệ bờ, mà vẫn đảm bảo tính ứng dụng rộng rãi nhờ giá thành hợp lý. Nhiều giải pháp kết cấu đã được đề xuất và thử nghiệm. Trong đó, có thể kể đến đê phá sóng dạng hỗn hợp. Ý tưởng tổng quát của dạng kết cấu này là phối hợp kết cấu dạng cọc đóng vào nền đất mềm yếu để đảm bảo tính ổn định công trình, sau đó kết hợp với các loại vật liệu khác để đảm bảo khả năng che chắn sóng. Hai loại công trình điển hình cho kết cấu này là: (i) đê phá sóng cọc tre và bè cành cây; (ii) đê phá sóng cọc bê tông ly tâm kết hợp với đá đồ.

3.4.5. Đê phá sóng cọc tre và bè cành cây

Tính đến nay, tổng cộng đã có 7.100 m kè được thi công ở bờ biển phía đông ĐBSCL và phía biển Tây con số này là 26.000 m [19]. Đây là một giải pháp được nhắm thẳng đến mục tiêu chi phí thấp, bằng cách sử dụng vật liệu địa phương, đơn giản và phổ biến. Thêm vào đó, vật liệu có tự nhiên, được kỳ vọng ít có ảnh hưởng đến môi trường thủy sinh. Tuy

nhiên, các công trình này hiện đang cho thấy tuổi thọ công trình ngắn, đồng thời hiệu quả tiêu giảm sóng tương đối giới hạn. Nhìn chung, loại công trình này chỉ phù hợp cho những khu vực không phải đối mặt với sóng lớn ($H_s < 0,9$ m, $T_p < 8$ s). Đối với những bãi biển có độ dốc lớn, loại công trình này cũng không có nhiều tính khả thi. Mô hình này đã được thử nghiệm ở Kiên Giang (Hình 14), đã chứng minh được phần nào tính phù hợp cho khu vực đường bờ ở khu vực này.



Hình 14. Kết cấu điển hình của đê phá sóng cọc tre và bè cành cây.

3.4.5. Đê phá sóng cọc ly tâm đá đổ

Tương tự như đê phá sóng cọc tre và bè cành cây, đê phá sóng cọc ly tâm đá đổ thay cọc tre bằng cọc bê tông và bè cành cây bằng đá đổ. Cọc bê tông ly tâm thường có chiều dài từ khoảng 5–7 m, đường kính D300. Cọc được đóng thành hàng ngang, song song nhau, kết nối bằng dầm bê tông hoặc thép để tạo thành bộ hệ khung. Giữa hai hàng cọc, đá được đổ vào để tăng khả năng chen chắn và phá sóng (Hình 15).

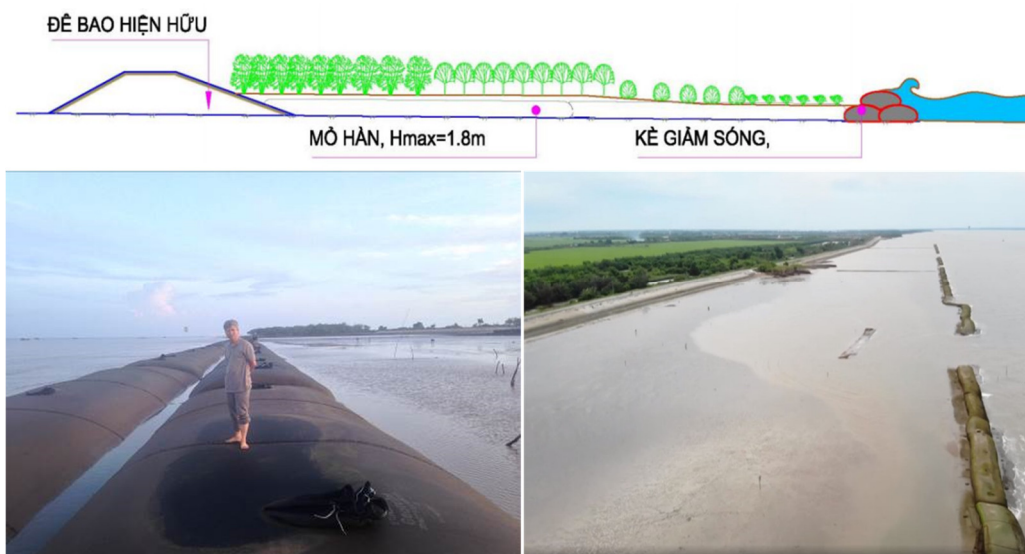


Hình 15. Kết cấu điển hình của đê phá sóng dạng cọc bê tông ly tâm đá đổ.

Không như dạng cọc tre và bè cành cây, đê phá sóng cọc ly tâm đá đổ có tuổi thọ công trình dài hơn rất nhiều lần. Phạm vi ứng dụng cũng linh hoạt hơn, đặc biệt là công trình có thể làm việc được ở những khu vực có độ sâu trên 2 m [20].

3.5. Các giải pháp mới

Hiện tại có rất nhiều giải pháp đang được nghiên cứu và đề xuất. Một vài trong số đó đã được thử nghiệm ngoài hiện trường, và hầu hết vẫn còn đang trong giai đoạn đánh giá tính hiệu quả. Có thể kể đến như: Giải pháp công trình “mềm”, thường là túi geotextile, chứa cát (Hình 16, 17). Được đề xuất dựa trên hướng tiếp cận giá thành thấp, thi công nhanh chóng, và linh hoạt trong ứng dụng trên nền móng yếu.

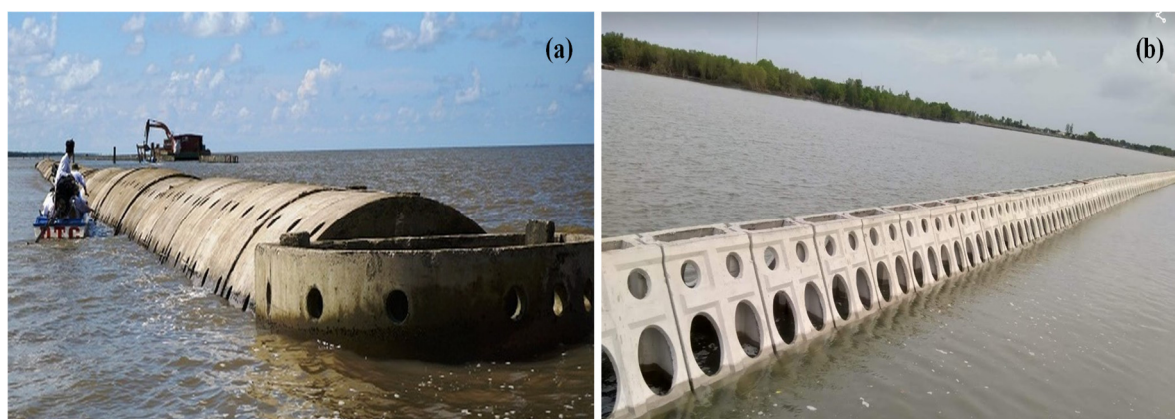


Hình 16. Đê phá sóng xa bờ bằng ống Geotextile – Gò Công, Tiền Giang.



Hình 17. Kè bảo vệ bằng túi và ống.

Đê phá sóng dạng khối rỗng: ý tưởng nhằm đến giải pháp công trình khối đúc sẵn, vật liệu phần lớn là bằng bê tông cốt thép. Yếu tố cốt lõi trong ý tưởng này là khả năng thi công nhanh chóng, nhờ việc sử dụng những khối bê tông đúc sẵn. Điều này giúp giảm đáng kể giá thành thi công công trình, đặc biệt là trong điều kiện sóng biển. Nhiều loại kết cấu đã được nghiên cứu và thử nghiệm ngoài hiện trường (Hình 18).



Hình 18. (a) Đê trụ rỗng–Viện thủy công; (b) Đê phá sóng dạng rỗng–Busadco.

Tuy nhiên, do công trình có tính thử nghiệm. Nhiều tham số thiết kế không rõ ràng, dẫn đến tỷ lệ thất bại không nhỏ (Hình 19) [20].



Hình 19. Các kết cấu mới bị hư hỏng trong giai đoạn thử nghiệm.

4. Kết luận và kiến nghị

RNM khu vực ĐBSCL đóng vai trò vô cùng quan trọng trong quá trình phát triển bền vững của vùng. Bảo tồn diện tích rừng còn hiện hữu, tiến đến phục hồi diện tích rừng đã mất là mục tiêu sống còn nếu muốn duy trì sự ổn định của vùng ĐBSCL. Nhiều giải pháp cả công trình lẫn phi công trình đang được đề xuất cho nghiên cứu cũng như thử nghiệm. Nhiều cơ quan nghiên cứu cũng như chuyên gia đã vào cuộc tham gia đóng góp ý kiến chuyên môn cũng như chia sẻ kiến thức để cùng giải quyết vấn đề rất lớn này. Bài báo này đã đánh giá được một cách có hệ thống các giải pháp đã và đang được áp dụng tại khu vực biển Tây, Kiên Giang nói riêng và vùng bờ biển ĐBSCL nói chung. Ưu và nhược điểm của từng giải pháp đã được khái quát mô tả để đưa ra một bức tranh chi tiết về tình trạng ứng dụng khoa học công nghệ trong lĩnh vực bảo vệ bờ ở đây. Sẽ cần nhiều hơn các nghiên cứu cụ thể, hay thậm chí là chuyên sâu để tối ưu một vài giải pháp có tính khả thi tốt. Tuy nhiên, hiện tại, có thể rút ra một vài điểm mấu chốt làm tiền đề cho các nghiên cứu chuyên sâu tiếp theo.

Các giải pháp công trình hoặc phi công trình cần phải xem xét tính hài hòa với thiên nhiên (Building with Nature). Ưu tiên các giải pháp hỗ trợ để thiên nhiên tự giải quyết vấn đề. Bằng cách này có thể giúp tìm ra các giải pháp có chi phí thấp, tính ứng dụng rộng rãi cao, và quan trọng hơn cả là giảm thiểu các tác động tiêu cực đến môi trường cũng như hệ sinh thái địa phương. Có thể cần phải cân nhắc đến giải pháp thiết lập lại vùng bãi triều tự nhiên cân bằng động lực bùn cát hạt mịn, loại bỏ hoặc chuyển đi các công trình cứng như đê, kè, bờ bao, ... trước rừng và trong rừng. Tăng khả năng bẫy bùn cát một cách tự nhiên trên bãi triều sử dụng rào chắn cây nhỏ (thảm thấu lớn), đào rãnh. Các giải pháp công trình giảm sóng nếu có cần có tính thấm lớn, không ngăn chặn sự trao đổi bùn cát, giảm được sóng phản xạ, hạn chế áp dụng công trình cứng. Trồng tái sinh loại cây thích hợp ở nơi phù hợp ở những nơi rừng không có khả năng tự tái sinh, tốt nhất là tái tạo lại điều kiện cho rừng tự tái sinh (không cần trồng mới).

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

Lời cảm ơn: Kết quả nghiên cứu trong bài báo này được thực hiện với sự tài trợ của đề tài cấp Bộ 2018: “Nghiên cứu đặc điểm xói lở, đề xuất giải pháp phục hồi và phát triển rừng ngập mặn ven biển Tây Nam Bộ; Thử nghiệm tại huyện An Minh, tỉnh Kiên Giang”, Mã số: TNMT.2018.06.09 do Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Tp. Hồ Chí Minh 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. Cunnh-Lignon M.; Mehiques, M.M.; Schaeffer–Novelli, Y.; Rodrigues, M.; Klein, D.A.; Goya, S.C. Analysis of mangrove forest succession, using sediment cores; a case study in the cananea-iguape coastal system, Sao Paublo, Brazil. *Braz. J. Oceanogr.* **2009**, 57(3), 161–174.
2. Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tỉnh Cà Mau. Hiện trạng sạt lở bờ sông, đê biển và bờ biển, 2011.
3. Sở nông nghiệp và phát triển nông thôn tỉnh Cà Mau. Báo cáo hiện trạng sạt lở bờ sông, đê biển và bờ biển, 2006.
4. Nhân, N.H. Giải đoán ảnh viễn thám về biến động địa hình địa mạo, vùng nghiên cứu, xây dựng các bản đồ tỷ lệ 1:10.000. Nghiên cứu cơ chế hình thành và phát triển vùng bồi tụ ven bờ và các giải pháp khoa học và công nghệ để phát triển bền vững về kinh tế–xã hội vùng biển Cà Mau. Báo cáo chuyên đề, 2015.
5. Buckton, S.T.; Tú, N.Đ.; Quỳnh, H.Q. Bảo tồn các vùng đất ngập nước quan trọng ở Đồng bằng sông Cửu Long, Hà Nội, 1999.
6. Thắng, T.Đ. Nghiên cứu các giải pháp thủy lợi nhằm khai tác bền vùng bán đảo Cà Mau, Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước, 2012.
7. Li, X.; Liu, J.P.; Saito, Y.; Nguyen, V.L. Recent evolution of the Mekong Delta and the impacts of dams. *Earth Sci. Rev.* **2017**, 175, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.10.008>.
8. Tú, N.V.; Lai, B. Bước đầu nghiên cứu chu trình sinh địa hóa và sự hình thành rừng ngập mặn tại bãi bồi đất mũi Cà Mau. *Tap chí Sinh học* **2012**, 34(3SE), 57–62.
9. Đinh, V.T.; Nguyễn, Đ.D.; Vũ, V.H. Biến động đường bờ vùng ven biển cửa sông Mekong với tác động của biến đổi khí hậu, 2010.
10. Lai, B. Sự hành và diễn thế rừng ngập mặn cửa sông viên biển Nam Bộ: Nghiên cứu quá trình tương tác biên–lục địa và ảnh hưởng của chúng đến các hệ sinh thái ven bờ Đông và Tây Nam bộ. Báo cáo tổng hợp Đề tài cấp nhà nước, 2010.
11. Lovelock, C.E.; Sorrell, B.K.; Hancock, N.; Hua, Q.; Swales, A. Mangrove Forest and Soil Development on a Rapidly Accreting Shore in New Zealand. *Ecosystems* **2010**, 13, 437–451. <https://doi.org/10.1007/s10021-010-9329-2>.
12. Kondolf, G.M.; Rubin, Z.K.; Minear, J.T. Dams on the Mekong: Cumulative sediment starvation. *Water Resour. Res.* **2014**, 50, 5158–5169. <https://doi.org/10.1002/2013WR014651>.
13. Thanh, N.T.; Stattegger, K.; Unverricht, D.; Nittrouer, C.; Phach, P.V.; Liu, P.; DeMaster, D.; Dung, B.V.; Anh, L.D.; Dong, M.D. Surface sediment grain-size distribution and sediment transport in the subaqueous Mekong Delta, Vietnam. *VN J. Earth Sci.* **2017**, 39(3), 193–209. <https://doi.org/10.15625/0866-7187/39/3/10266>.
14. van Rjin, L.C. Principles of sedimentation and erosion engineering in rivers, estuaries and coastal seas. The Netherlands: Aqua publication, 2012, pp. 623.
15. Paul, B.K.; Rashid, H. Climatic hazards in coastal Bangladesh: Non-structural and structural solutions/ Bimal Paul, Harun Rashid. Amsterdam: Butterworth–Heinemann, 2016.

16. Truong, T.D.; Do, L.H. Mangrove forests and aquaculture in the Mekong river delta. *Land Use Policy* **2018**, *73*, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.01.029>.
17. Nicholls, R.J.; Wong, P.P.; Burkett, V.; Codignotto, J.; Hay, J.; McLean, R.; Ragoonaden, S.; Woodroffe, C.D.; Abuodha, P.A.O.; Arblaster, J.; Brown, B.; Forbes, D.; Hall, J.; Kovats, S.; Lowe, J.; McInnes, K.; Moser, S.; Rupp-Armstrong, S.; Saito, Y. Coastal systems and low-lying areas. 2007. <https://ro.uow.edu.au/scipapers/164>.
18. US Army Corps of Engineers. Coastal Groins and nearshore breakwater, 1992.
19. Nguyet-Minh, N.; Cong-San, D.; Van-Duong, D.; Xuan-Tu, L.; Nestmann, F.; Zemmann, M.; Thai-Duong, V.H.; Cong-Dan, T. Evaluating the Effectiveness of Existing Coastal Protection Measures in Mekong Delta. In: Trung Viet N., Xiping D., Thanh Tung T. (eds) APAC 2019. APAC 2019. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0291-0_192.
20. Nhan, N.H. Vài đánh giá tác động của tuyến kè ngầm tạo bãi ven biển tỉnh Cà Mau. 2014, 4–11.

Review of potential measures for recovering and developing mangrove forest in west coastal zone of Mekong delta, Vietnam

Doan Thanh Vu^{1*}, Trinh Cong Dan², Hoang Thi To Nu¹, Nguyen Huu Tuan¹, Can Thu Van¹

¹ Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment;
dtvu@hcmunre.edu.vn; nu.htt@hcmunre.edu.vn; nhtuan@hcmunre.edu.vn;
ctvan@hcmunre.edu.vn.

² Institute Of Coastal And Offshore Engineering; trinh.cong.dan@gmail.com.

Abstract: Mangrove forest in West coastal zone of Mekong Delta, Vietnam, plays a very important role for existence and sustainable development in both social and economical of low Mekong Delta. There more than 350 km of coast line run through Ca Mau and Ha Tien are fenced by mangrove. This is a very unique characteristics of this coastal zone when compare to other provinces of Vietnam in general and Mekong Delta in specific. Mangrove not only provide habitat for nearshore ecosystem, their roots act as fences protect the coast line from direct impact from waves and current, erosion driven forces. Unfortunately, these coast line is witnessing a reverse in morphological process. Many parts of the coast experience excessive erosion and forest degradation. The reasons could be linked to over-exploit activities, climate change and land subsidence. This article is reviewing those reasons and propose corresponding measures to recover mangrove forest and regain land for west coast of Mekong Delta.

Keywords: Mangrove forest; Low Mekong delta; Coastal protection.

Bài báo khoa học

Xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu tầng chứa nước Pleistocen khu vực huyện Cẩm Giàng, tỉnh Hải Dương bằng phương pháp thực nghiệm và mô hình số

Hoàng Văn Duy¹, Nguyễn Trung Hiếu², Tống Thanh Tùng³, Đoàn Thu Hà^{4*}

¹ Viện Khoa học Tài nguyên nước; hoangduyctv@gmail.com;

² Trường Đại học Thủy lợi; trunghieu.ma@hotmail.com;

³ Liên đoàn quy hoạch và điều tra tài nguyên nước miền Bắc; thanhtungtv51@gmail.com;

⁴ Trường Đại học Thủy lợi; thuha_ctn@tlu.edu.vn

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

Ban Biên tập nhận bài: 12/5/2021; Ngày phản biện xong: 29/7/2021; Ngày đăng bài: 25/10/2021

Tóm tắt: Độ lỗ rỗng hữu hiệu (n_0) là một trong những thông số địa chất thủy văn chuyên môn quan trọng, có ý nghĩa xác định mức độ lan truyền nhanh hay chậm các vật chất gây ô nhiễm, nhiễm mặn trong nước dưới đất. Khu vực Hải Dương với mức độ mặn nhạt nước dưới đất đan xen nhau rất phức tạp, lưu lượng khai thác nước dưới đất tăng lên theo thời gian, là nguyên nhân gây xâm nhập mặn, đã được lựa chọn là khu vực nghiên cứu. Sử dụng phương pháp thí nghiệm bơm nước và ép dung dịch muối ở gần ranh giới mặn–nhạt nước dưới đất và bằng cách sử dụng mô hình Modflow và MT3D đã xác định được độ lỗ rỗng hữu hiệu tầng Pleistocen (qp_1) tại khu vực xã Cẩm Hoàng, huyện Cẩm Giàng, tỉnh Hải Dương bằng 0,23.

Từ khóa: Nhiễm mặn; Hút nước thí nghiệm; Dung dịch chất chỉ thị; Độ lỗ rỗng hữu hiệu; Mô hình số.

1. Đặt vấn đề

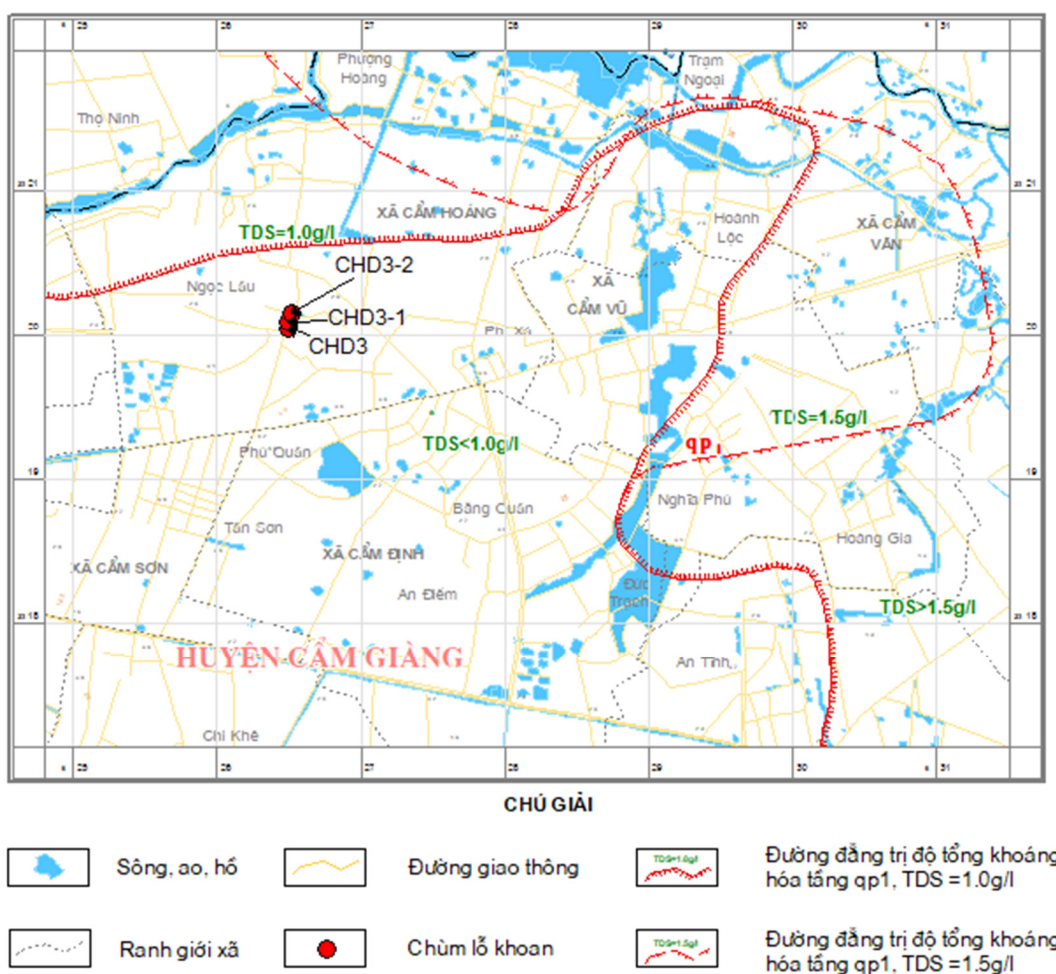
Một trong các thông số địa chất thủy văn quan trọng cần được xác định khi điều tra đánh giá tài nguyên nước dưới đất là độ lỗ rỗng hữu hiệu (n_0), đó là phần lỗ rỗng của đất đá chứa nước có khả năng cho nước đi qua. Nghiên cứu xác định được độ lỗ rỗng hữu hiệu có ý nghĩa quan trọng trong việc tính toán dịch chuyển của ranh giới mặn nhạt của tầng chứa nước, tính toán khả năng lan truyền vật chất trong môi trường nước dưới đất nhằm đánh giá khả năng, tốc độ nhiễm bẩn. Khu vực thành phố Hải Dương, nơi nước dưới đất có nguy cơ xâm nhập mặn và nhiễm bẩn rất cao, việc nghiên cứu xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu là việc làm không thể thiếu khi điều tra địa chất thủy văn nhằm đánh giá tài nguyên nước dưới đất.

Xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu được thực hiện bằng các thí nghiệm tại thực địa và chính lý tính toán văn phòng bằng các phương pháp khác nhau. Vùng Hải Dương đã thực hiện thí nghiệm ở cụm lỗ khoan thí nghiệm CHD3 gần ranh giới mặn nhạt của tầng chứa nước pleistocen (qp) tại xã Cẩm Hoàng, huyện Cẩm Giàng (Hình 1). Chất chỉ thị là muối ăn (NaCl) được ép vào 1 lỗ khoan, tiến hành bơm nước ở lỗ khoan khác. Việc chính lý xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu thực hiện bằng phương pháp mô hình số.

Nước dưới đất (NDD) khu vực Hải Dương được khai thác phục vụ các nhu cầu kinh tế xã hội của khu vực từ xa xưa, tuy nhiên mức độ mặn nhạt đan xen phức tạp và do ảnh hưởng của việc khai thác ngày càng tăng đang làm tăng nguy cơ xâm nhập mặn. Cùng với thời gian

khai thác, diện tích phễu hạ thấp mực nước toàn vùng ngày càng mở rộng và tiến gần đến ranh giới mặn nhạt của tầng chứa nước Pleistocen ở khu vực xã Cẩm Hoàng, huyện Cẩm Giàng, Tỉnh Hải Dương [1–6]. Chất chỉ thị muối ăn (NaCl) được ép vào cụm lỗ khoan thí nghiệm CHD3 nhằm xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu n_0 , là thông số ảnh hưởng đến sự lan truyền vật chất trong nước dưới đất và cần thiết phải có thể xây dựng mô hình dự báo quá trình dịch chuyển ranh giới mặn nhạt nước dưới đất về phía trung tâm huyện Cẩm Giàng là theo hướng dòng chảy. Sơ đồ ranh giới mặn nhạt tầng chứa nước Pleistocen (qp_1) thể hiện trên Hình 1.

Nghiên cứu này trình bày phương pháp xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu bằng phương pháp thí nghiệm ngoài thực địa ở khu vực gần ranh giới mặn nhạt NĐĐ tầng qp_1 tại xã Cẩm Hoàng, huyện Cẩm Giàng, Tỉnh Hải Dương, sau đó chỉnh lý tính toán bằng phương pháp mô hình số sử dụng mô hình Modflow và MT3D.

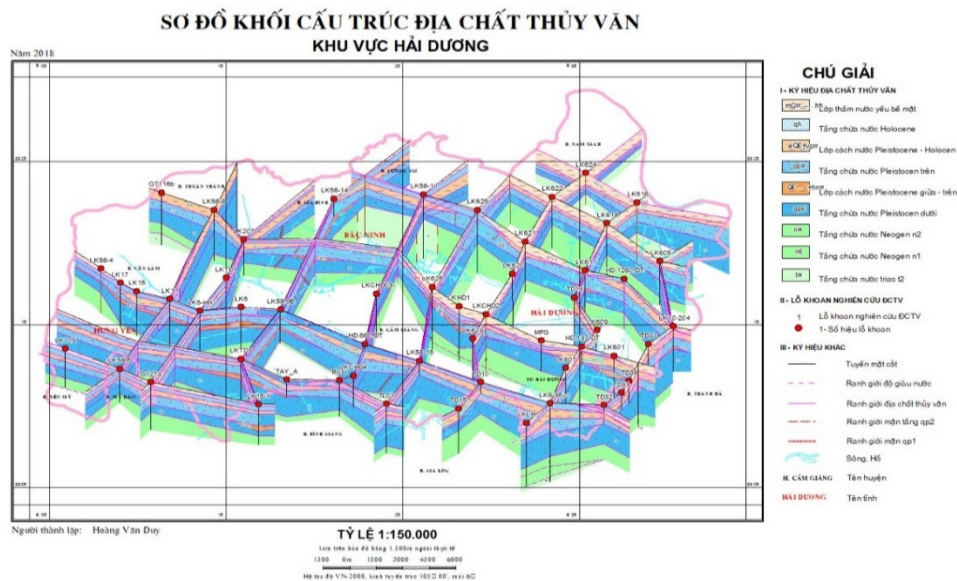


Hình 1. Sơ đồ vị trí cụm thí nghiệm ngoài thực địa.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu thu thập

2.1. Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

Với đặc điểm địa chất thủy văn ở vùng Hải Dương, kết hợp với nhu cầu khai thác ngày càng tăng, diễn biến về chất lượng nước và ranh giới mặn nhạt phức tạp. Nghiên cứu xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu (n_0) được thực hiện sử dụng hệ giếng có sẵn thuộc thôn Ngọc Lâu, xã Cẩm Hoàng, huyện Cẩm Giàng, tỉnh Hải Dương. Sơ đồ vị trí cụm thí nghiệm ngoài thực địa được thể hiện trên Hình 1. Độ lỗ rỗng hữu hiệu (n_0) được xác định cho tầng chứa nước khu vực gần ranh giới mặn nhạt NĐĐ tầng qp_1 . Cấu trúc địa chất thủy văn tại địa điểm nghiên cứu được thể hiện trên Hình 2 [1–11].



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc địa chất thủy văn khu vực Hải Dương.

2.2. Cơ sở khoa học

Phương trình lan truyền vật chất mô tả cơ chế dịch chuyển (đối lưu) và phân tán thủy động lực của NĐĐ có hướng dòng chảy chính theo phương x trong không gian một chiều (x, y) được viết [7–8]:

$$D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - U_x \frac{\partial C}{\partial x} = R \frac{\partial C}{\partial t} \quad (1)$$

Trong đó D_x là hệ số phân tán thủy động lực học theo hướng x (L^2/T); C là nồng độ chất hoà tan trong nước (M/L^3); U_x ($U = V/n_{hh}$) vận tốc thực của dòng nước tương ứng theo hướng x và y (M/T); V là vận tốc Đắc-xi; n_{hh} là độ lỗ rỗng hữu hiệu; R là hệ số chậm trễ; t là thời gian (T).

Hệ số phân tán thủy động lực xác định theo công thức sau [7–15]:

$$D_x = D'_x + D^*_d; D'_x = a_L U \quad (2)$$

Trong đó D'_x là hệ số phân tán cơ học tương ứng theo hướng x và y (L^2/T); D^*_d là hệ số khuếch tán phân tử trong môi trường rỗng (L^2/T); a_L là độ phân tán dọc.

Phương trình (1) chỉ có lời giải duy nhất khi có đầy đủ các điều kiện ban đầu và điều kiện biên được mô tả như sau:

Điều kiện ban đầu là phân bố nồng độ của vật chất đang xem xét vào thời điểm ban đầu tùy ý $t=t_0$ tại mọi vị trí trong miền tính toán:

$$c = c_0(x, y) \quad (3)$$

Các điều kiện biên có thể là một hoặc đồng thời các dạng sau:

- Biên có nồng độ đã biết:

$$C = C_c \text{ trên } \Gamma_c \quad (4)$$

- Biên có gradient nồng độ pháp tuyến với đường biên đã biết (biên Neumann):

$$D_{xy} \frac{\partial c}{\partial n} + V_n(c_q - c) = q_c \text{ trên } \Gamma_{q_c} \quad (5)$$

- Biên có dòng vật chất khuếch tán–lôi cuốn pháp tuyến với biên đã biết (biên Cauchy):

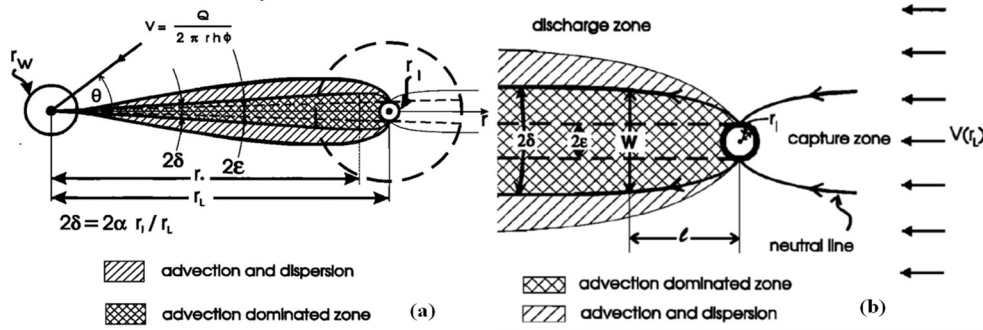
$$V_n C - D_n \frac{\partial C}{\partial n} = \frac{V_0 C_v}{n} \quad \text{trên biên } \Gamma_{q_{vc}} \quad (6)$$

Trong đó V_0, C_v tương ứng là dòng nước và nồng độ chất hoà tan trong nước qua biên.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp mô hình hoá xác định các thông số lan truyền

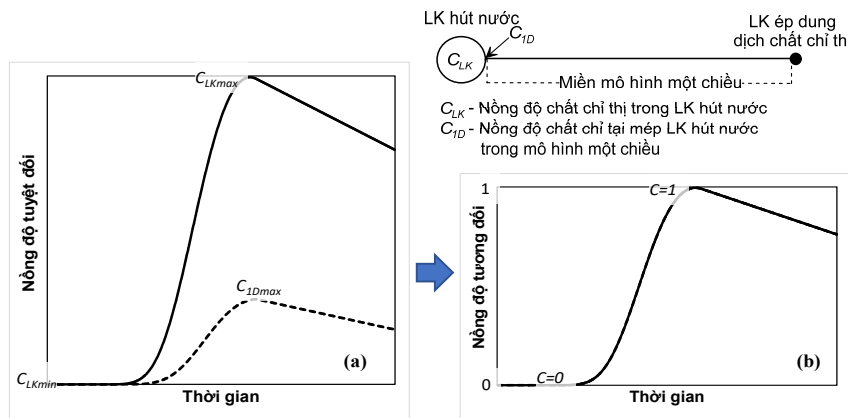
Đối với trường hợp hút nước từ LK trung tâm và ép dung dịch vào LK ở gần miền lan truyền có các cơ chế lan truyền chính [11] thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Hai miền có cơ chế lan truyền chính trong thí nghiệm hút nước và ép chất chỉ thị.

Chiều rộng W của đới thu nước từ phía thượng lưu dòng chảy vào LK ép nước và đới cấp nước từ LK ép nước cho đới hạ lưu dòng chảy [20] có giá trị $W \leq 4r_l$ nếu hệ số thấm phân xung quanh LK nhỏ hơn hệ số thấm của tầng chứa nước. Trong thí nghiệm cho chúng ta nồng độ chất chỉ thị trong NĐĐ trong LK hút nước, trong khi đó mô hình một chiều theo tuyến đi qua LK hút nước và ép nước lại chỉ cho kết quả nồng độ chất chỉ thị tại rìa LK hút nước. Vì vậy có thể sử dụng nồng độ tương đối có dạng thể hiện trên hình 1 đối với nồng độ chất chỉ thị quan trắc được trong LK hút nước và nồng độ chất chỉ thị xác định theo mô hình một chiều. Như vậy hai đường cong phân bố nồng độ tương đối này trong LK hút nước và tại điểm mép LK hút nước của mô hình một chiều về mặt lý thuyết là trùng nhau. Nếu ký hiệu nồng độ chất chỉ thị nước LK hút nước là C_{LK} với giá trị cực đại là C_{LKmax} và cực tiểu C_{LKmin} và nồng độ xác định theo mô hình một chiều tại mép LK hút nước là C_{1D} với giá trị cực đại là C_{1Dmax} và cực tiểu C_{1Dmin} ta có nồng độ tương đối LK hút nước và mép LK hút nước của mô hình một chiều như sau:

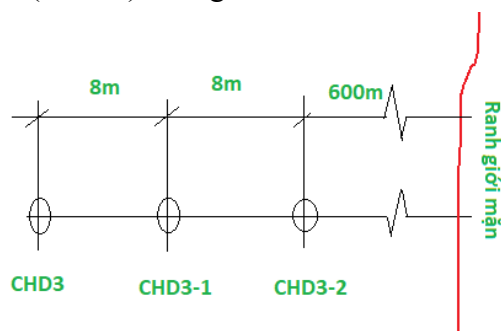
$$C = \frac{C_{LK} - C_{LKmin}}{C_{LKmax} - C_{LKmin}}; \quad C = \frac{C_{1D} - C_{1Dmin}}{C_{1Dmax} - C_{1Dmin}} \quad (7)$$



Hình 4. Nồng độ tuyệt đối (a) và tương đối (b) NĐĐ trong LK hút nước mép LK hút nước trong mô hình một chiều.

2.3.2. Sơ đồ thí nghiệm

Sơ đồ thí nghiệm gồm ba lỗ khoan gồm lỗ khoan trung tâm CHD3 là lỗ khoan hút nước và hai lỗ khoan quan sát kết hợp ép dung dịch chất chỉ thị là CHD3-1 và CHD3-2 tạo thành 1 tuyến cách đều nhau 8m (Hình 5). Dung dịch chỉ thị được sử dụng là muối NaCl.



Hình 5. Sơ đồ vị trí các lỗ khoan thí nghiệm.

Lỗ khoan hút nước có đường kính trong là 168 mm, lỗ khoan ép dung dịch chất chỉ thị có đường kính trong là 90 mm. Thời gian hút nước và ép dung dịch thí nghiệm là 168h. Hút nước và ép dung dịch muối được bắt đầu cùng một lúc. Lưu lượng hút nước là 705 m³/ngày (8,15 l/s), lưu lượng ép dung dịch chất chỉ thị là 43,2 m³/ngày (0,5 l/s).

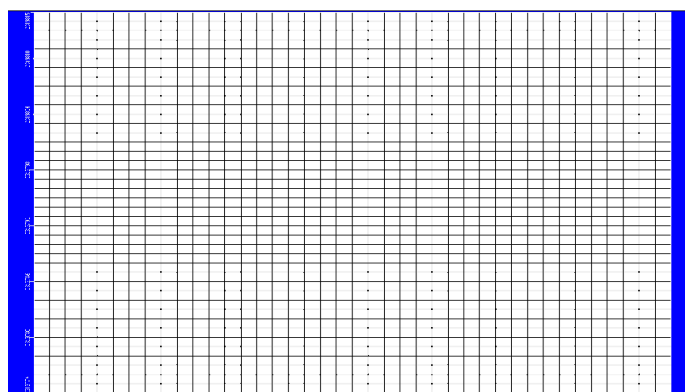
Nồng độ chất chỉ thị được xác định qua công thức biểu diễn mối tương quan giữa nồng độ muối ăn và độ dẫn điện được qui đổi ra ở điều kiện nhiệt độ bằng 25°C. Độ tổng khoáng hoá của NĐĐ tự nhiên là 0,7 g/l, nồng độ muối ăn được hoà vào NĐĐ là 5 g/l tạo nên dung dịch có độ tổng khoáng hoá 5,71 g/l dùng để ép vào lỗ khoan. Sau khi hút nước thí nghiệm gần đạt trạng thái ổn định và bắt đầu ép muối vào lỗ khoan quan sát CHD3-1. Nước trong lỗ khoan ép dung dịch luôn được xáo trộn bởi ống ép dung dịch thường xuyên nâng lên và hạ xuống trong toàn bộ chiều dày cột nước trong lỗ khoan. Đầu đo độ dẫn điện tự động được đặt ở giữa tầng chứa nước [1].

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả chỉnh lý mô hình dòng chảy nước dưới đất tại khu vực nghiên cứu

3.1.1. Nhập dữ liệu về lưới và bước lưới trong mô hình

Dựa vào bán kính ảnh hưởng của lỗ khoan hút nước thí nghiệm tại chòm thí nghiệm CHD3 đã xác lập diện tích vùng lập mô hình là 16km². Chia toàn bộ vùng nghiên cứu thành các ô lưới với số lượng 40 hàng và 36 cột (Hình 6). Kích thước ô lưới là 1x1m phù hợp để chạy bài toán dịch chuyển vật chất.



Hình 6. Thiết kế lưới sai phân trên diện tích vùng nghiên cứu.

3.1.2. Nhập dữ liệu về phân tầng địa chất thủy văn

Dựa trên mặt cắt và cột địa tầng lỗ khoan tại chòm thí nghiệm đã xây dựng được mô hình cấu trúc địa chất thủy văn gồm 7 lớp làm nền tảng để xây dựng mô hình dòng chảy cũng như mô hình dịch chuyển chất bản.

- Lớp 1: Lớp thấm nước yếu bề mặt (LCNBM)
- Lớp 2: Tầng chứa nước lỗ hồng trong các trầm tích Holocene (qh)
- Lớp 3: Lớp cách nước thuộc hệ tầng Vĩnh Phúc $aQ_1^3vp_2$ (LCNVP).
- Lớp 4: Tầng chứa nước lỗ hồng trong các trầm tích Pleistocene trên (qp₂).
- Lớp 5: Lớp cách nước thuộc hệ tầng Hà Nội $Q_1^{2-3}hn_2$ (LCNHN).
- Lớp 6: Tầng chứa nước lỗ hồng trong các trầm tích Pleistocene dưới (qp₁).
- Lớp 7: Lớp cách nước thuộc hệ tầng Vĩnh Bảo N_2vb_2 (LCNVB).

3.1.3. Nhập dữ liệu về các thông số địa chất thủy văn

Các thông số địa chất thủy văn của các tầng chứa nước chủ yếu dựa theo tài liệu hút nước thí nghiệm ở chòm CHD3 và ở giai đoạn trước tính toán theo điều kiện vận động không ổn định nhờ phần mềm Aquifer Test, có kết quả như Bảng 1 [1].

Bảng 1. Thông số địa chất thủy văn của các tầng chứa nước.

TT	Số hiệu lỗ khoan	Hệ số dẫn nước (Km, m ² /ngày)	Hệ số thấm (K, m/ngày)	Hệ số nhả nước đàn hồi (μ*)	Ghi chú
1	CHD3	1520	152	0,234	
2	CHD3-1	1410	141	0,143	
3	CHD3-2	1450	145	0,0114	

3.1.4. Nhập dữ liệu về điều kiện biên mô hình

- Biên bổ cập (RECHARGE): Lượng bổ cập cho nước ngầm tại thời điểm bơm chòm thí nghiệm bằng 0.

- Biên bốc hơi (Evapo): Lượng bốc hơi tại thời điểm bơm chòm thí nghiệm bằng 0.

- Biên mực nước (CHD) được gán cho tầng các chứa nước qh, qp₂, qp₁. Trị số mực nước trên các biên này được xác định theo tài liệu lỗ khoan quan sát CHD3-2.

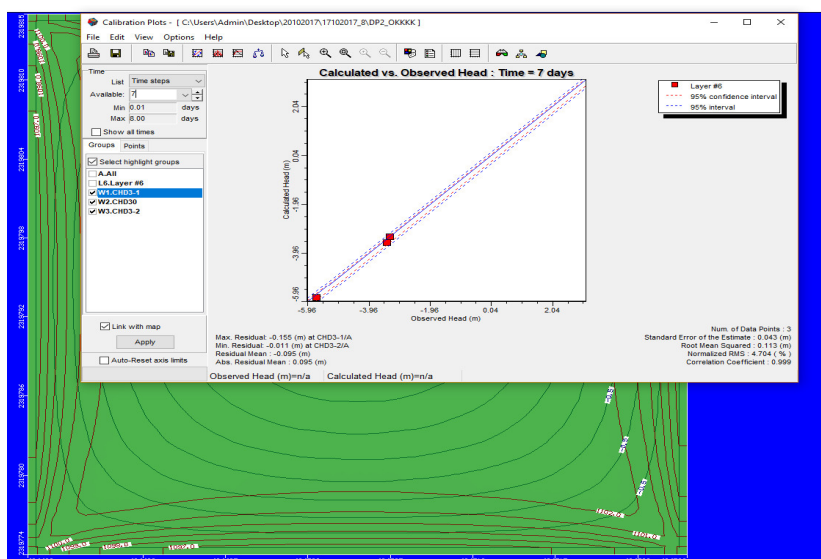
3.1.5. Nhập dữ liệu về hiện trạng khai thác: Coi lỗ khoan hút nước là công trình khai thác nước có công suất là 705 m³/ngày.

3.1.6. Nhập dữ liệu về mực nước ban đầu: Dữ liệu mực nước ban đầu được lựa chọn tại thời điểm trước trước khi bơm chòm thí nghiệm.

3.2. Chính lý và đánh giá sai số của mô hình

3.2.1. Kết quả chính lý mô hình dòng chảy nước dưới đất

Để chính lý mô hình theo bài toán ổn định được tiến hành dựa theo tài liệu quan trắc mực nước thực tế tại các các lỗ khoan quan sát. Mức độ tin cậy của mô hình được xác định qua sai số mực nước giữa mô hình và lỗ khoan quan sát thực tế. Kết quả chính lý mô hình cho thấy sai số lớn nhất là 0,155 m tại lỗ khoan CHD3-1, sai số nhỏ nhất là 0,011 m tại lỗ khoan CHD3-2, sai số trung bình là 0,095 m và sai số trung bình tuyệt đối là 0,095 m (Hình 7).



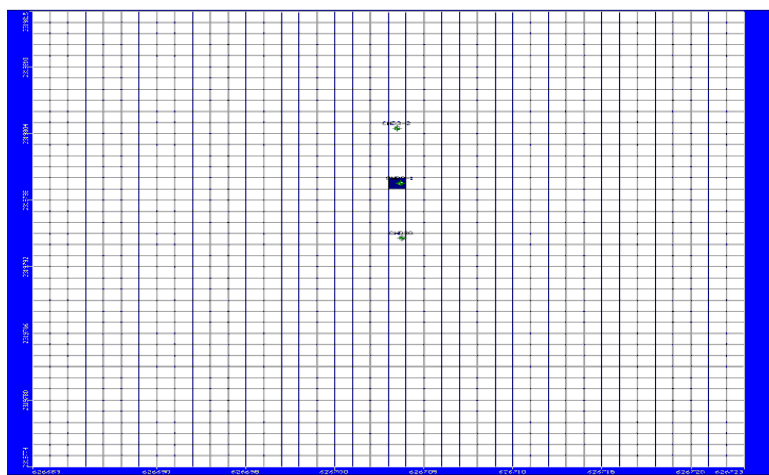
Hình 7. Đồ thị chỉnh lý mực nước.

3.2.2. Kết quả chỉnh lý mô hình dịch chuyển vật chất

Dựa trên kết quả thí nghiệm đồ muối để tiến hành chỉnh lý các thông số về độ lỗ hồng hữu hiệu, các hệ số phân tán, tỷ số khuếch tán dọc và khuếch tán ngang. Tại chum thí nghiệm CHD3 đã tiến hành ép dung dịch muối ăn lỗ khoan CHD3-2, trên cơ sở đó thiết lập các thông số cho mô hình như sau:

- Các điều kiện biên nồng độ của nguồn gây ô nhiễm

Nồng độ không đổi tại lỗ khoan CHD3-1 với $EC=2500 \text{ mg/l}$ được thể hiện trên Hình 8.



Hình 8. Gán biên nồng độ không đổi cho nguồn gây ô nhiễm.

Đối với điều kiện biên nồng độ ban đầu của tầng chứa nước lựa chọn nồng độ trung bình $EC_0 = 1200 \text{ mg/l}$.

Điều kiện biên bổ cập của mưa cho tầng chứa nước $EC = 0 \text{ mg/l}$.

- Các thông số bổ cập của mưa cho tầng chứa nước $EC = 0 \text{ mg/l}$

Các thông số về hệ số phân tán thủy động lực trong mô hình được lựa chọn như sau:

+ Tỷ số giữa hệ số phân tán ngang/ hệ số phân tán dọc lấy bằng 0,1 (hay nói cách khác là hệ số phân tán dọc $\alpha_L = 10 \alpha_T$).

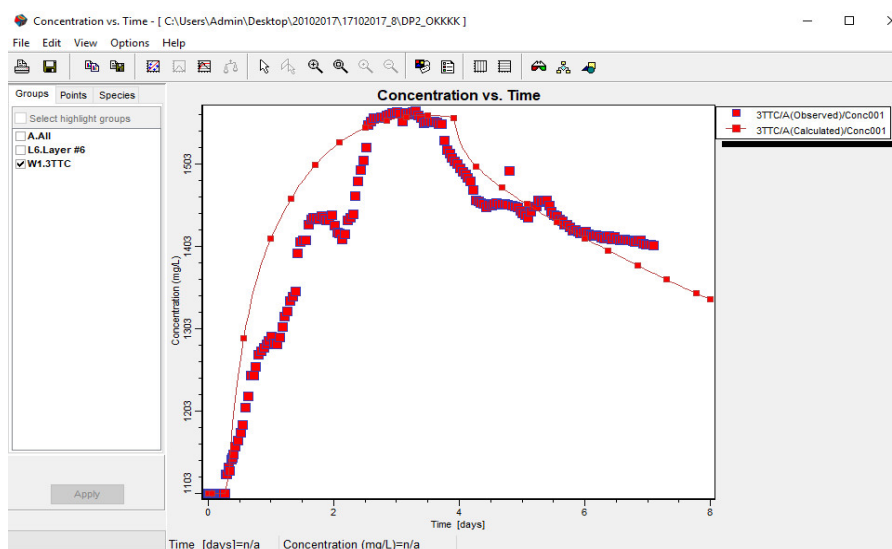
+ D_d là hệ số khuếch tán phân tử trong cát, cuội, sỏi theo các hướng dẫn chuyên môn là $0,3 - 0,7 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$, lựa chọn $D_d = 0,0017 \text{ m}^2/\text{ngày}$.

Bảng 2. Các thông số dịch chuyển của mô hình.

Lớp	Hệ số phân tán ngang (α_L)	Hệ số phân tán dọc (α_T)	Hệ số khuếch tán phân tử ($m^2/ngày$)	Ghi chú
1	0,1	0,01	0,00011232	
2	0,1	0,01	0,00011232	
3	0,1	0,01	0,00011232	
4	0,1	0,01	0,00011232	
5	0,1	0,01	0,00011232	
6	0,1	0,08	0,0017	
7	0,1	0,01	0,00011232	

- Khuếch tán phân tử ($m^2/ngày$) h.t, cuối,

Chỉnh lý mô hình dịch chuyển vật chất tiến hành dựa theo tài liệu quan trắc nồng độ EC tại các các lỗ khoan quan sát. Mức độ tin cậy của mô hình được xác định qua sai số mực nước giữa mô hình và lỗ khoan quan sát thực tế (Hình 9).



Hình 9. Đồ thị chỉnh lý nồng độ EC tại lỗ khoan CHD3.

Theo kết quả nghiên cứu [16–20] thì độ lỗ rỗng tổng cộng của cát và cuội sỏi có độ chọn lọc tốt là 0,25–0,5 và của cát lẫn cuội sỏi là 0,2–0,35. Đối với đất đá bờ rời hạt thô độ lỗ rỗng hữu hiệu có giá trị tương đương với độ lỗ rỗng toàn phần do không có sự tồn tại của các lỗ rỗng không thông nhau. Vì vậy giá trị độ lỗ rỗng hữu hiệu bằng 0,23 xác định được bằng phương pháp trình bày trong bài viết theo kết quả thí nghiệm là phù hợp, không có sự mâu thuẫn, nằm trong giới hạn các giá trị thực đối với cát cuội sỏi tầng chứa nước Pleistocen.

4. Kết luận

Từ kết quả phân tích số liệu thí nghiệm hiện trường và mô phỏng, hiệu chỉnh bằng phương pháp mô hình số dòng chảy Modflow và dịch chuyển chất bản MT3D đã xác định thông số lan truyền độ lỗ rỗng hữu hiệu tầng chứa nước q_{p1} rút ra một số kết luận như sau:

- Qua phân tích, sử dụng mô hình số Modflow + MT3D và các kết quả thí nghiệm hiện trường là công cụ tốt để xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu các tầng chứa nước lỗ hổng phục vụ dự báo mức độ nhiễm mặn nước dưới đất.

- Với việc thí nghiệm và quan trắc nồng độ chất chỉ thị muối ăn (NaCl) trong LK hút nước phù hợp với thực tế khu vực nghiên cứu để đánh giá độ lỗ rỗng hữu hiệu của tầng chứa nước;

- Phương pháp mô hình số lan truyền chất hoà tan trong NĐĐ và xác định thông số theo phương pháp tổng hiệu bình phương là rất hiệu quả trong các bài toán này;
- Kết quả nghiên cứu ở khu vực Hải Dương đã xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu tầng chứa nước qp1 là 0,23 rất phù hợp, không có sự mâu thuẫn, nằm trong giới hạn các giá trị thực đối với cát cuội sỏi tầng chứa nước Pleistocen.

Đóng góp cho nghiên cứu: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.V.D.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: H.V.D., T.T.T.; Thu thập, phân tích, xử lý số liệu: H.V.D., N.T.H.; Viết bản thảo bài báo: H.V.D., N.T.H.; 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, “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”, mã số đề tài 60.GER-19.

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. Tùng, T.T. và cs. Báo cáo kết quả dự án: Bảo vệ nước dưới đất ở các đô thị lớn – Đô thị Hải Dương. Lưu trữ Cục Quản lý tài nguyên nước, 2016.
2. Quỳnh, C.V. và cs. Báo cáo điều tra địa chất đô thị thành phố Hải Dương. Lưu trữ Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, Hà Nội, 1999.
3. Quỳnh, C.V. và cs. Báo cáo kết quả thăm dò tỷ mỹ nước dưới đất vùng Cẩm Giàng, Hải Dương – Mỹ Văn, Hưng Yên, Lưu trữ Cục Quản lý tài nguyên nước, Hà Nội, 1997.
4. Tuyển, C.T. và cs. Báo cáo tìm kiếm nước dưới đất vùng Văn Lâm – Văn Giang tỉ lệ 1:50.000, Lưu trữ Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, Hà Nội, 1990.
5. Bốn, C.V. và cs. Báo cáo tìm kiếm nước dưới đất vùng Nam Sách – Hải Hưng tỉ lệ 1:25.000, Lưu trữ Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc, Hà Nội, 1982.
6. Quyền, P.B. và cs. Báo cáo Điều tra, đánh giá tài nguyên nước vùng thủ đô Hà Nội, 2016.
7. Hoàng, N.V. Mô hình lan truyền chất ô nhiễm trong môi trường nước. Nhà xuất bản Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, 2018.
8. Hoàng, N.V. Nghiên cứu xây dựng phần mềm mô hình phân tử hữu hạn mô phỏng chuyển động và lan truyền các chất ô nhiễm và nhiễm mặn trong môi trường nước dưới đất-ứng dụng cho khu vực ven biển miền Trung, 2017.
9. Thanh, T.N. và cs. Phương pháp luận xác định độ lỗ rỗng hữu hiệu và độ phân tán tầng chứa nước áp dụng cho thí nghiệm hiện trường tại phía Nam Hà Nội, 2018.
10. Hạ, N.T. Sự hình thành thành phần hóa học tầng chứa nước Pleistocen vùng Đồng Bằng Bắc Bộ, 2001.
11. Hạ, N.T. Sự hình thành thành phần hóa học nước dưới đất trong trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng Bắc bộ và ý nghĩa của nó đối với cung cấp nước, 2006.
12. Duy, K. Nghiên cứu tác động do biến đổi khí hậu và nước biển dâng đến xâm nhập mặn các tầng chứa nước ven biển trầm tích Đệ Tứ và đề xuất các giải pháp thích ứng

vùng Hậu Lộc, tỉnh Thanh Hóa, 2015.

13. Quy, P.N và cs. Lựa chọn khai thác tối ưu nhằm tránh xâm nhập mặn đối với các lỗ khoan khai thác nước dưới đất các tầng chứa nước ven biển, lấy ví dụ vùng tỉnh Ninh Thuận, 2020.
14. Tường, P.V. Đặc điểm thủy địa hóa và thực trạng nhiễm mặn nước dưới đất trong các trầm tích Đệ Tứ vùng ven biển Hà Tĩnh, 2014.
15. Bảng, P.V. Nước dưới đất vùng đồng bằng Bắc bộ. 1984.
16. Mantoglou, A. Pumping management of coastal aquifers using analytical models of saltwater intrusion. *Water Resour. Res.* **2003**, 391(12), 1335.
17. Brouyère, S. Modeling tracer injection and well–aquifer interactions: a new mathematical and numerical approach. Hydrogeology, Department of Georesources, Geotechnologies and Building Materials, University of Liège, Building B52, 4000 Sart Tilman, Belgium, 2008.
18. Bear, J.; Verruijt, A. Modeling groundwater flow and pollution. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holand, 1987.
19. Fetter, C.W. Applied Hydrogeology. Prentice Hall Inc. New Jersey 07458, 2001.
20. Zlotnik, V.A.; Logan, J.D. Boundary Conditions for Convergent Radial Tracer Tests and Effect of Well Bore Mixing Volume. *Water Resour. Res.* **1996**, 32(7), 2323–2328. <https://doi.org/10.1029/96wr01103>.

Determining the effective porosity of Pleistocene aquifer at Cam Hoang – Hai Duong by using experiment methods and numerical models

Hoang Van Duy¹, Nguyen Trung Hieu², Tong Thanh Tung³, Doan Thu Ha^{4*}

¹ Institute of Water Resources Science; hoangduydcvtv@gmail.com

² Thuyloi University; trunghieu.ma@hotmail.com

³ Division of Northern Water Resources Planning and Investigation; thanhtungtv51@gmail.com

⁴ Thuyloi University; thuha_ctn@tlu.edu.vn

Abstract: The effective porosity (n_0) is one of the important specialized hydrogeological parameters, which are significant in determining the fast or slow transmission of polluting and saline substances in groundwater. In Hai Duong area, the groundwater salinity level is very complicated, the groundwater quantity extraction increases over time, which is the cause of saline intrusion. Effective porosity of 0.23 was determined for saline–pale boundary area at Cam Hoang–Hai Duong Pleistocene aquifer (qp_1) by using pumping and salt pressing experiment methods and the Modflow and MT3D models.

Keywords: Salinity; Laboratory water absorption; Indicator solution; Effective porosity; Numerical model.

Bài báo khoa học

Một số giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành và giảm phát thải khí nhà kính, góp phần chống biến đổi khí hậu cho các nhà máy nhiệt điện và thủy điện đang vận hành của hệ thống điện Việt Nam trong bối cảnh mới

Lê Ngọc Sơn¹

¹ Đại học Thủy lợi; lengson99@gmail.com

*Tác giả liên hệ: lengson99@gmail.com; Tel: +84-948172868

Ban Biên tập nhận bài: 12/6/2021 Ngày phản biện xong: 5/8/2021 Ngày đăng bài: 25/10/2021

Tóm tắt: Hiện nay các nhà máy truyền thống là nhiệt điện than và thủy điện đang nắm vai trò chi phối trong cung cấp điện trong hệ thống điện ở nước ta. Tuy nhiên, trong vài năm gần đây và những năm tới, với sự cam kết về giảm phát thải nhà kính của quốc tế và Việt Nam có sự chuyển dịch nhanh chóng về cơ cấu năng lượng trong hệ thống điện và vai trò của các nhà máy điện truyền thống sẽ có thay đổi. Bài viết phân tích hiện trạng hệ thống điện và sự gia tăng của năng lượng tái tạo (mặt trời, gió) trong hệ thống, từ đó đưa ra đánh giá các giải pháp và đề xuất quan tâm ưu tiên hai trong nhóm giải pháp đối với các nhà máy đang vận hành là (i) nâng cấp hệ thống xử lý khí thải của một số nhà máy nhà máy nhiệt điện; (ii) nâng cao hiệu quả vận hành của hệ thống bậc thang thủy điện, góp phần giữ ổn định, giảm chi phí và phát thải khí nhà kính chung của của hệ thống điện.

Từ khóa: Hệ thống điện; Phát thải khí nhà kính; Hệ thống xử lý khí thải nhà máy nhiệt điện; Vận hành tối ưu hệ thống hồ chứa thủy điện.

1. Đặt vấn đề

Trong khoảng hai thập kỷ gần đây và sắp tới, do nhu cầu điện tăng rất nhanh, khoảng 10% hàng năm nên nhiều công trình nhiệt điện than và thủy điện đã và đang được xây dựng. Các nhà máy nhiệt điện đi vào vận hành từ năm 2000 tới nay có thể kể đến hàng chục nhà máy như Phả Lại 2, Hải Phòng 1&2, Quảng Ninh 1&2, Uông Bí 2& mở rộng (MR), Mông Dương 1&2, Vĩnh Tân 2&4, Duyên Hải 1, Nghi Sơn 1, Thái Bình 1 và một số nhà máy đang xây dựng, trong đó có một số nhà máy đầu tư theo hình thức BOT sử dụng than nhập khẩu như Nghi Sơn 2, Vân Phong 1 sẽ đi vào vận hành trong thời gian tới. Các bậc thang hồ chứa thủy điện đã được hình thành trên toàn bộ các hệ thống sông chính ở nước ta (sông Đà, sông Cả, sông Ba, sông Sê San, sông Đồng Nai, v.v.) đóng vai trò rất quan trọng trong cung cấp nước cho các ngành kinh tế, trong đó mang lại lợi ích phát điện và đảm bảo an ninh năng lượng rất lớn cho nền kinh tế của nước ta [1]. Sau Hội nghị Liên hiệp quốc về biến đổi khí hậu ở Paris (COP21) năm 2015, các nước trong đó có Việt Nam đã có cam kết về giảm phát thải khí nhà kính, chống biến đổi khí hậu (BĐKH). Việt Nam thể hiện cam kết cắt giảm phát thải của mình tới năm 2030 thông qua các mục tiêu tự cắt giảm 8% so với kịch bản phát thải thông thường quốc gia và lên tới 25% với sự hỗ trợ quốc tế [2]. Đặc biệt, những năm gần đây cam kết quốc tế về giảm phát thải càng mạnh mẽ hơn, cam kết cập nhật của Việt Nam xác

định bằng nguồn lực trong nước, đến năm 2030 Việt Nam sẽ giảm 9% tổng lượng phát thải và có thể tăng đóng góp lên tới 27% khi nhận được hỗ trợ quốc tế thông qua hợp tác song phương, đa phương và thực hiện các cơ chế mới theo Thỏa thuận Paris về BĐKH [3–6].

Ở Việt Nam, Nghị quyết của Bộ Chính trị số 55–NQ/TW ngày 11/2/2020 về định hướng chiến lược phát triển năng lượng quốc gia của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 (Nghị quyết 55) [7] đã đề ra nhiều mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính từ hoạt động năng lượng so với kịch bản phát triển bình thường ở mức 15% vào năm 2030, lên mức 20% vào năm 2045. Trong đó có các giải pháp rà soát tổng thể và có kế hoạch sớm triển khai nâng cấp công nghệ của các nhà máy điện than hiện có để đáp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường, khuyến khích phát triển năng lượng tái tạo, nâng cao hiệu quả sử dụng và bền vững nguồn tài nguyên và năng lượng, nhằm đạt mục tiêu cam kết với quốc tế về giảm phát thải nhà kính.

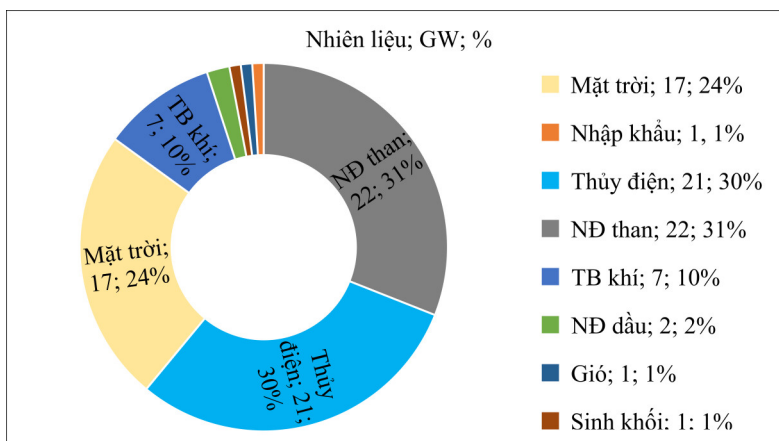
Hiện nay thủy điện cùng với các nhà máy điện truyền thống sử dụng nhiên liệu than và khí đang nắm vai trò chi phối trong cung cấp điện. Tuy nhiên, trong vài năm gần đây và những năm tới, với sự cam kết về giảm phát thải nhà kính và giảm tỷ trọng nhiên liệu hóa thạch, nhất là nhiệt điện than của quốc tế và Việt Nam như đã nêu trên, có sự chuyển dịch nhanh chóng về cơ cấu năng lượng trong hệ thống điện và vai trò của các nhà máy điện than và thủy điện sẽ có thay đổi. Hiện nay Bộ Công thương cũng đang gấp rút hoàn thiện dự thảo đề án về Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn tới năm 2045 (Quy hoạch điện VIII) [8] để trình Thủ tướng Chính phủ phê duyệt.

Nghiên cứu này sẽ đi vào phân tích hiện trạng, các giải pháp, tổng quan tình hình nghiên cứu cho từng giải pháp, từ đó làm rõ cơ hội nâng cấp hệ thống xử lý khí thải của một số nhà máy nhà máy nhiệt điện và nâng cao hiệu quả vận hành của hệ thống bậc thang thủy điện, góp phần giữ ổn định, giảm chi phí và phát thải khí nhà kính chung của của hệ thống điện.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Hiện trạng hệ thống và đối tượng nghiên cứu

Theo Quy hoạch phát triển điện lực Quốc gia giai đoạn 2011–2020, tầm nhìn đến năm 2030 điều chỉnh (Quy hoạch điện VII) [1] dự kiến công suất đặt của hệ thống năm 2020 là 60 GW (trong đó tỷ trọng thủy điện là 30,1%; điện than là 42,7%; năng lượng tái tạo là 9,9%). Cũng theo Quy hoạch điện VII thì đến năm 200 thì tỷ trọng năng lượng tái tạo mới đạt đến 21% trong tổng công suất đặt 129,5 GW trong khi thủy điện và nhiệt điện than lần lượt là 16,9% và 46,2%. Với chính sách khuyến khích phát triển năng lượng phát thải thấp, nhất là năng lượng tái tạo, cơ cấu các nguồn phát điện đã có thay đổi rất lớn. Theo báo cáo của Viện Năng lượng, đến hết năm 2020 thì tổng công suất đặt của hệ thống là 69 GW trong đó riêng mặt trời và gió đã chiếm khoảng 24%, thủy điện 30%, than 31% (Hình 1).



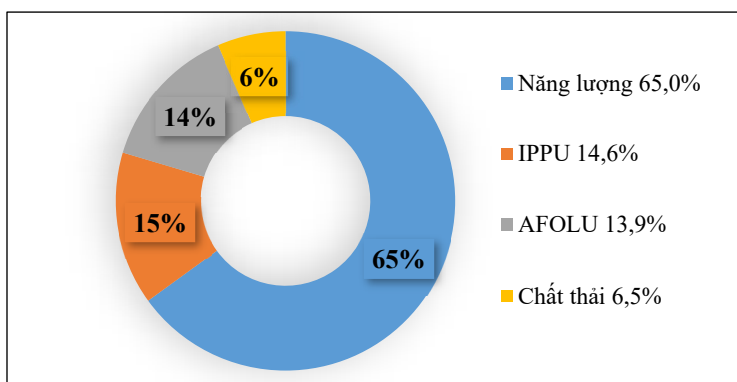
Hình 1. Cơ cấu công suất nguồn năm 2020 [8].

Phát thải khí nhà kính (KNK) của quốc gia theo kịch bản phát triển thông thường quốc gia giai đoạn 2014–2030 là tổng hợp của 5 lĩnh vực: năng lượng, nông nghiệp, sử dụng đất, thay đổi sử dụng đất và lâm nghiệp (LULUCF), chất thải và các quá trình công nghiệp (IP) (Bảng 1).

Bảng 1. Kiểm kê khí nhà kính năm 2014 và kịch bản phát triển thông thường đến năm 2030 (Đơn vị: triệu tấn CO₂đ) [9].

Năm	Năng lượng	Nông nghiệp (AF)	LULUCF	Chất thải	IP	Tổng
2014	171,6	89,8	-37,5	21,5	38,6	284,0
2020	347,5	104,5	-35,4	31,3	80,5	528,4
2025	500,7	109,2	-37,9	38,1	116,1	726,2
2030	678,4	112,1	-49,2	46,3	140,3	927,9

Theo số liệu trên thì công nghiệp năng lượng (trong đó chủ yếu là hoạt động phát điện) là đóng góp chính vào lượng khí thải hiện tại, cũng như thập kỷ tới đều trên 50%, cụ thể: năm 2014 (53,4%); 2016 (65%) (Hình 2); 2020: 61,6%; 2025 (65,5%); 2030 (69,4%). Theo báo cáo trong giai đoạn 2000–2014, lĩnh vực năng lượng, cường độ phát thải có xu hướng tăng (từ 0,66 lên 1,87 tấn CO₂đ/người). Cường độ phát thải trên một đơn vị GDP của Việt Nam trong lĩnh vực năng lượng 0,92 kg CO₂đ/USD năm 2014 cao gấp 2,03 lần so với trung bình chung của thế giới, 3,7 lần so với Nhật Bản; 1,54 lần so với Thái Lan [3]. So với năm 2018 có nhiều nước tăng, nhưng cũng có nhiều nước giảm mức phát thải CO₂, trong đó Việt Nam là một trong nước có mức tăng cao nhất (20,6%) [10].



Hình 2. Tỷ trọng phát thải khí nhà kính năm 2016 trong các lĩnh vực [6].

Nhìn vào cơ cấu nguồn điện năm 2020, ta thấy rằng tỷ trọng nhiệt điện than (hiện nay chủ yếu dùng than nội) và thủy điện chiếm vai trò chủ đạo. Trong các công nghệ đốt hiện tại thì các nhà máy điện dùng than nội antraxit có mức phát thải (kg/GJ nhiên liệu) là cao nhất. Do đó việc tập trung vào các biện pháp giảm khí thải từ nhiệt điện, cũng như nâng cao hiệu quả vận hành của các nhà máy truyền thống hiện có này sẽ góp phần giảm đáng kể khí nhà kính.

Sự phát triển bùng nổ của năng lượng tái tạo, nhất là điện mặt trời trong khoảng hai năm qua đã gây ra khó khăn cho vận hành hệ thống điện khi mà tỷ trọng điện mặt trời quá lớn nhưng chỉ phát dòn vào buổi trưa, trong khi đó thì phụ tải tăng cao vào giờ cao điểm cuối buổi chiều, tỷ trọng nhiệt điện cao đòi hỏi phải có thời gian nhiều giờ để tăng công suất bù vào thiếu hụt khi công suất điện mặt trời giảm nhanh. Để đảm bảo an toàn cung cấp điện thì điện mặt trời nhiều nơi đã bị bắt buộc cắt giảm làm suy giảm hiệu quả đầu tư. Công suất các nhà máy điện truyền thống biến đổi lớn, tăng chi phí nhiên liệu và chi phí chung của toàn bộ hệ thống. Điều này đặt ra vấn đề cấp bách về tìm kiếm giải pháp sớm cho vận hành cũng như

trong quy hoạch hệ thống điện trong những năm tới để đảm bảo yêu cầu cung cấp điện ổn định, đáp ứng mục tiêu phải giảm phát thải và chi phí hệ thống điện trong bối cảnh mới.

Theo dự thảo Quy hoạch điện VIII, đến năm 2030 (kịch bản cơ sở) công suất đặt là khoảng 138 GW, trong đó nguồn năng lượng gió, mặt trời là 26,5%, than 27,2%, thủy điện 18%. Như vậy so với Quy hoạch VII thì tỷ lệ nhiệt điện than giảm nhiều. Tỷ trọng than giảm này được bù bằng các nguồn phát thải ít hơn, trong đó tua bin khí sử dụng LNG là 12,1% [8].

Như vậy, theo Nghị quyết 55 cũng như dự thảo Quy hoạch điện VIII ở trên, có thể thấy với các nhà máy điện thì giải pháp để giảm phát thải nhà kính có thể là cho làm hai nhóm: nhóm thứ nhất là đầu tư mới các nhà máy với phát thải thấp như năng lượng tái tạo (gió, mặt trời), nhiệt điện sử dụng công nghệ tiên tiến siêu tới hạn (SC) hoặc trên siêu tới hạn (USC), các nhà máy điện khí/ khí hóa lỏng (LNG); nhóm thứ hai là nâng cấp công nghệ của các nhà máy điện than hiện có, nhất là hệ thống xử lý khí thải và nâng cao hiệu quả phối hợp vận hành các nhà máy thủy điện nhằm thay thế, giảm chi phí nhiên liệu của hệ thống điện.

Với tỷ trọng năng lượng tái tạo cao trong hệ thống, cần có một số giải pháp sau để đảm bảo đáp ứng phụ tải khi nguồn điện tái tạo, nhất là điện mặt trời không đảm nhận được, giữ ổn định hệ thống:

(a) Đầu tư mới cho hệ thống tích trữ năng lượng (pin tích trữ, xây dựng các nhà máy thủy điện tích năng...).

(b) Mở rộng các nhà máy thủy điện hiện có.

(c) Các nhà máy nhiệt điện (than, khí) truyền thống tăng công suất phát điện bù vào phần công suất thiếu hụt.

(d) Thay đổi chế độ và nâng cao hiệu quả vận hành của các nhà máy thủy điện, phối hợp vận hành các nhà máy thủy điện bậc thang.

Trong các giải pháp trên, thì giải pháp (a) và (b) đều đòi hỏi có vốn đầu tư lớn nhằm tạo công suất dự phòng cho hệ thống. Đối với giải pháp (c) thì với đặc điểm nhà máy có chi phí phát điện cao, nhất là khi nước ta đã phải nhập than và sẽ phải nhập khí cho phát điện (đối với nhiệt điện dùng than nhập hay khí LNG mới hiện nay đều có giá ước tính trên 7 cent/kWh) và điện than có độ linh hoạt thấp (thời gian khởi động máy mất nhiều giờ và tốn chi phí nhiên liệu khởi động). Thêm nữa, cả nhiệt điện than hay khí đều gây phát thải lớn, nhất là CO₂. Giải pháp (d) có các ưu điểm sau:

- Thời gian khởi động và đáp ứng phụ tải biến đổi nhanh (vài chục giây đến vài phút);
- Nhiều nhà máy thủy điện có hồ điều tiết dài hạn;
- Các hồ chứa trên bậc thang có thể phối hợp với nhau;
- Chi phí phát điện thấp do không tốn nhiên liệu (chỉ khoảng xấp xỉ 4 UScent/kWh);
- Đây là giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành trên hệ thống các hồ chứa thủy điện đã có nên không tốn chi phí đầu tư công trình. Như vậy, sẽ góp phần giảm chi phí đầu tư, nhiên liệu và phát thải của nguồn điện.

Việc tiến hành nhóm giải pháp trên là cần thiết và khả thi, tuy nhiên cần xếp ưu tiên phụ thuộc vào tình hình của hệ thống điện. Giải pháp (d) có thể coi là kinh tế hơn nên trong các nhóm giải pháp trên thì khuyến nghị nên ưu tiên nghiên cứu kỹ lưỡng hơn để thực hiện.

Vì các lý do như phân tích nêu trên, nghiên cứu này sẽ trình bày nghiên cứu cho nhóm giải pháp thứ hai với đối tượng là các nhà máy nhiệt điện và nhà máy thủy điện bậc thang đang vận hành trong hệ thống điện sẽ được trình bày chi tiết ở các phần sau.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá tác dụng của nhóm giải pháp cho đối tượng là hai loại nhà máy điện nói trên, các phương pháp riêng cho từng loại như sau.

Đối với các nhà máy nhiệt điện: sử dụng phương pháp nghiên cứu thu thập số liệu thực địa của các nhà máy, so sánh với yêu cầu tiêu chuẩn môi trường và đánh giá khả năng thực

hiện. Theo QCVN 22: 2009/BTNMT [11], các nhà máy nhiệt điện phải đáp ứng yêu cầu khí thải nghiêm ngặt hơn. Cụ thể là: sau ngày 31/12/2014, nồng độ (C) của các thông số ô nhiễm làm cơ sở tính toán nồng độ tối đa cho phép trong khí thải sẽ buộc phải sử dụng giá trị cột B, bảng 1, mục 2.2 trong quy chuẩn thay vì cột A trước đây, áp dụng đối với các tổ máy nhà máy nhiệt điện hoạt động trước 17/10/2005. Theo đó, đối với các nhà máy mới đang lập dự án hay chuẩn bị xây dựng sau ngày ban hành quy chuẩn thì đã kịp cập nhật chi phí đầu tư và đưa vào hợp đồng mua sắm thiết bị. Như vậy, các nhà máy theo tiêu chuẩn cũ cần phải kiểm tra, đánh giá khả năng cải tạo, nâng cấp.

Các phương pháp nâng cấp cải tạo của nhà máy nhiệt điện được nêu trong nhiều nghiên cứu công nghệ gồm có các hệ thống thiết bị sau: (i) khử khí NO_x bằng SCR (*Selective Catalytic Reduction*); (ii) hệ thống khử bụi bằng ESP (*Electrostatic Precipitators*); (iii) hệ thống khử khí SO_x bằng FGD (*Flue Gas Desulfurization*) [12–13].

Đối với hệ thống hồ chứa nhà máy thủy điện: sử dụng phương pháp sử dụng mô hình toán vận hành hồ chứa nhà máy thủy điện để đánh giá hiệu quả vận hành.

Mô hình toán cho vận hành hệ thống hồ chứa (VHHTHC) nhà máy thủy điện được chia thành hai nhóm: (i) mô phỏng; (ii) tối ưu gồm: quy hoạch phi tuyến, quy hoạch động (*dynamic programming-DP*) quy hoạch tuyến tính [14–16]. Ở Việt Nam, cũng có một số nghiên cứu như: ứng dụng mô hình MIKE 11 mô phỏng vận hành hệ thống liên hồ cắt giảm lũ cho hạ du Lưu vực sông Srepok [17]; mô hình toán vận hành điều tiết tối ưu hệ thống hồ chứa thủy điện áp dụng cho Sông Bung 2 và Sông Bung 4 [18]; nghiên cứu vận hành tối ưu sử dụng thuật toán quy hoạch động cho hai hồ Sơn La–Hòa Bình trong mùa cạn [19]; nghiên cứu phối hợp vận hành phát điện sau khi mở rộng thủy điện Hòa Bình [20].

Trong các mô hình toán thì mô hình tối ưu, quy hoạch động (DP) là rất phù hợp với VHHTHC khi mà do: (1) Bài toán VHHTHC ra quyết định cho từng giai đoạn kế tiếp nhau khi mà dung tích là biến trạng thái và dòng chảy là biến quyết định; (2) DP cho phép giải quyết bài toán phi tuyến (3) Hiệu quả khi mà số ràng buộc tăng lên vì số lần lặp sẽ giảm đi. Các nghiên cứu đã chỉ rõ hiệu quả của phương pháp này cùng với tốc độ xử lý của máy tính phát triển hiện nay. Thuật toán DP vi phân rời rạc (*Discrete Differential DP-DDDP*) được mô tả chi tiết ở [14, 21] sẽ thu hẹp nhanh các tổ hợp mực nước và tăng tốc độ tính toán cho hệ thống hồ chứa.

Các công thức của mô hình DP cho hệ thống hồ chứa như sau:

Hàm mục tiêu: Vận hàm mục tiêu của HTHC theo tiêu chuẩn điện lượng tổng cộng HTHC lớn nhất được chọn (với mỗi bước thời đoạn không đổi $\Delta T = 01$ tháng) sẽ là:

$$\sum E_{t+1}^*(V_{t+1}) = \text{Max}_{Q_t} \{ \sum E_t^*(V_t) + E_t(V_t, Q_t) \} \quad (1)$$

Trong đó E^{*t+1} sẽ là điện lượng lớn nhất lũy tích của chuỗi giá trị tại trạng thái V tương ứng tính đến thời điểm t+1. Đối với hệ thống hồ chứa thì V_t và Q_t phải hiểu là tập hợp các biến trạng thái V(i,j) và biến quyết định Q (i, j); i = 1 đến N là số thời đoạn; j = 1 đến M là số hồ.

Điện lượng thành phần của hồ i, phát trong thời đoạn j được tính bằng công thức:

$$E_{(i,j)} = 9,81 \cdot \eta_{(i,j)} \cdot Q_{pd(i,j)} \cdot H_{(i,j)} \cdot \Delta T \quad (2)$$

trong đó E_t là điện lượng phát trong thời đoạn ΔT ; η là hiệu suất nhà máy; Q_{pd} và H lần lượt là lưu lượng và cột nước phát điện sau khi đã trừ tổn thất; η , Q, H phụ thuộc vào đặc tính tua bin và $\eta = f(Q, H)$.

Hàm chuyển trạng thái:

$$V_{i,j+1} = V_{i,j} + (C_{(i,j)} \cdot Q_d(i,j) + Q_{kg(i,j)} - Q_{tt(i,j)} - Q_{yc(i,j)} - Q_{pd(i,j)}) \cdot \Delta T \quad (3)$$

Trong đó V_{i,j} là dung tích hồ đầu thời đoạn; V_{i+1,j} là dung tích hồ cuối thời đoạn; C là ma trận thể hiện sự kết nối dòng chảy trong hệ thống thể hiện độ trễ và chứa nước của dòng chảy trong hệ thống. Với lưu vực nhỏ và thời đoạn tính toán là tháng thì C = 1 (tức là không có trễ); Q_d là lưu lượng thiên nhiên đến hoặc từ hồ chứa thượng lưu; Q_{kg} là dòng chảy khu giữa;

Q_{tt} là tổn thất (xả, bốc hơi, thấm và các tổn thất khác); Q_{yc} là lưu lượng chuyển ra từ hồ do yêu cầu dùng nước thượng lưu; Q_{pd} là lưu lượng phát điện. Các ràng buộc (với $t = 1, \dots, T$):

$$V_{\min(i,j)} \leq V(i,j) \leq V_{\max(i,j)} \tag{4}$$

$$Q_{pd\min(i,j)} \leq Q_{pd(i,j)} \leq Q_{pd\max(i,j)} \tag{5}$$

$$N_{\min(i,j)} \leq N(i,j) \leq N_{\max(i,j)} \tag{6}$$

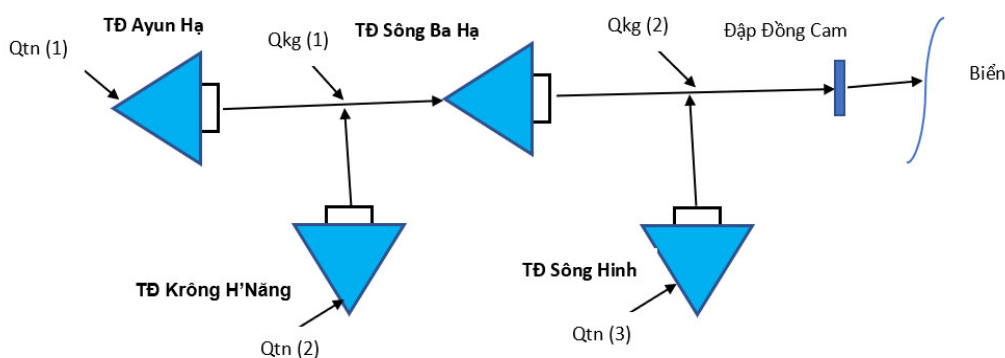
Trong đó V_{\min} và V_{\max} là dung tích (hoặc không chế qua mực nước) nhỏ nhất và lớn nhất cho phép; Q_{\min} và Q_{\max} là lưu lượng nhỏ nhất và lớn nhất cho phép qua tua bin; N_{\min} và N_{\max} là công suất nhỏ nhất và lớn nhất (khả dụng) cho phép lấy từ đặc tính thiết bị (hoặc theo yêu cầu hệ thống điện).

Trong nghiên cứu này sử dụng thuật toán DP vi phân rời rạc (*Discrete Differential DP- DDDP*) [21]. Mô hình DP sử dụng thuật toán DDDP được tác giả thực hiện trên lập trình ngôn ngữ Visual Basic for Applications (VBA).

Nhà máy thủy điện áp dụng trong nghiên cứu này là thủy điện Sông Hình trong hệ thống hồ chứa thủy điện sông Ba, với các thông số công trình như mô tả ở Bảng 2. Hệ thống hồ chứa ngoài nhiệm vụ phát điện, còn thỏa mãn yêu cầu phòng lũ và dùng nước hạ lưu, nhất là yêu cầu tối thiểu tại đập dâng Đồng Cam (Hình 3) theo quy trình liên hồ [22].

Bảng 2. Các thông số chính của các hồ chứa và nhà máy thủy điện trong hệ thống.

STT	Thông số	Đơn vị	Ayun Hạ	Krông H'Năng	Sông Ba Hạ	Sông Hình
I Hồ chứa						
1	MNDBT	m	204	255	105	209
2	MNC	m	195	242,50	101	196
3	Dung tích hữu ích (Whi)	$10^6 m^3$	201	108,5	165,9	323
II Nhà máy thủy điện						
1	Công suất lắp máy	MW	3,0	64,0	220	70,0
2	Công suất đảm bảo (90%)	MW	2	12,1	33,3	22,9
3	Lưu lượng lớn nhất (Q_{\max})	m^3/s	23,4	68,0	393	57,3
4	Cột nước tính toán (Htt)	m	14	108	62	141



Hình 3. Sơ đồ minh họa hệ thống bốn hồ chứa trên lưu vực sông Ba.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Giải pháp nâng cấp các nhà máy nhiệt điện hiện có đáp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường

Trên cơ sở thu thập tài liệu từ các nhà máy nhiệt điện đang vận hành cho thấy các nhà máy điện gồm Phả Lại 1&2, Hải Phòng 1&2, Quảng Ninh 1&2, Uông Bí 2 & mở rộng được thiết kế theo tiêu chuẩn cũ cần phải nâng cấp hệ thống khí thải hoặc nếu không đạt sẽ phải đóng cửa. Do vậy, các chủ đầu tư nhà máy gồm đã lập và phê duyệt dự án đầu tư trong khoảng năm 2017–2018 để lắp thêm hay cải tạo nâng cấp hệ thống khử NO_x (SCR), lọc bụi (ESP), khử SO_x (FGD) nhằm đảm bảo yêu cầu môi trường. Tuy nhiên vào thời điểm đó, việc giá phát điện tăng lên do tăng vốn đầu tư phát sinh cho nhà máy do nâng cấp cải tạo chưa được Chính phủ và Bộ ngành phê duyệt, yêu cầu rà soát lại quy chuẩn và lộ trình áp dụng nên dự án đã tạm dừng.

Với thông tư số 57/2020/TT–BCT [23] mới ban hành về hướng dẫn hợp đồng mua bán điện, đã cho phép bổ sung chi phí cần thiết đầu tư nâng cấp hệ thống xử lý khí thải để đáp ứng yêu cầu theo quy chuẩn kỹ thuật môi trường quốc gia thì việc khởi động lại các dự án là khả thi. Tháng 7/2021, Bộ Tài nguyên và Môi trường (TNMT) cũng vừa ban hành dự thảo quy chuẩn kỹ thuật môi trường quốc gia về bụi, khí thải công nghiệp trong đó bao hàm QCVN 22: 2009/BTNMT về khí thải của các nhà máy nhiệt điện. Nghị quyết 55 cũng đã nêu rõ là “kiên quyết đóng cửa đối với các nhà máy không thực hiện nâng cấp công nghệ theo quy định”. Như vậy, chủ đầu tư các nhà máy điện đã có đầy đủ cơ sở pháp lý, cũng như cách thức thu lại khoản tiền vốn đầu tư thêm cho cải tạo, nâng cấp hệ thống xử lý khí thải. Tuy nhiên, hiện nay quá trình tái khởi động còn chậm, các cơ quan chức năng và các tập đoàn như EVN đang đốc thúc chủ đầu tư các nhà máy cập nhật quy định liên quan, thực hiện việc nâng cấp sớm hệ thống xử lý môi trường, vừa đảm bảo tiêu chuẩn môi trường và giảm phát thải của hệ thống điện.

Số liệu đối với dự án nhiệt điện Hải Phòng cho thấy hiện nay cả phát thải NO_x và SO_x đều cao gần gấp hai lần phát thải cho phép theo QCVN22:2009/BTNMT, nhà máy cần phải lắp thêm hệ thống khử NO_x (SCR) và nâng cấp hệ thống khử lưu huỳnh (FGD) (Bảng 3). Như vậy, việc cải tạo, nâng cấp sẽ giảm phát thải rõ rệt.

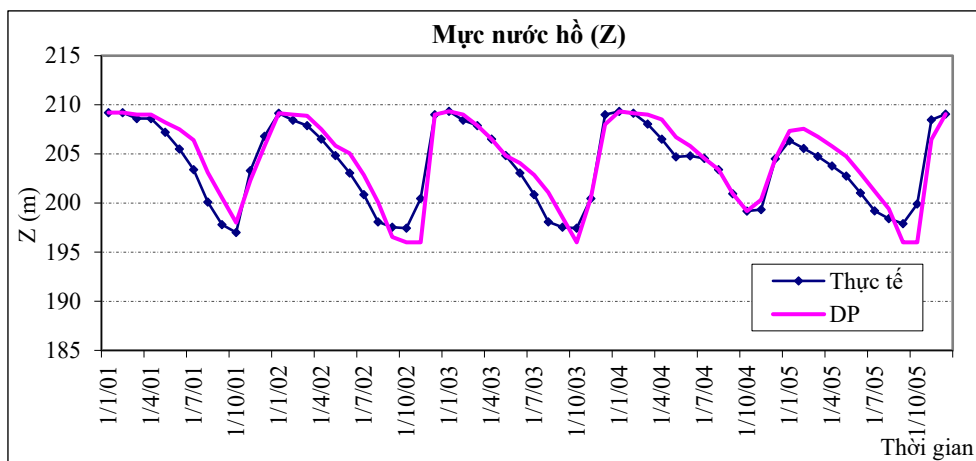
Bảng 3. Thông số phát thải của nhà máy nhiệt điện Hải Phòng (Công ty NĐHP).

Thông số ô nhiễm	Nồng độ tối đa cho phép theo TKKT được phê duyệt, mg/Nm ³ (TCVN 5945–1995)	Nồng độ phát thải thực tế, mg/Nm ³	Nồng độ phát thải phải thay đổi, mg/Nm ³ (K _p =0,85; K _v =0,6) QCVN22: 2009/BTNMT)
Bụi	100	80–100	102
SO _x	500	400–500	255
NO _x	1000	700–1000	510

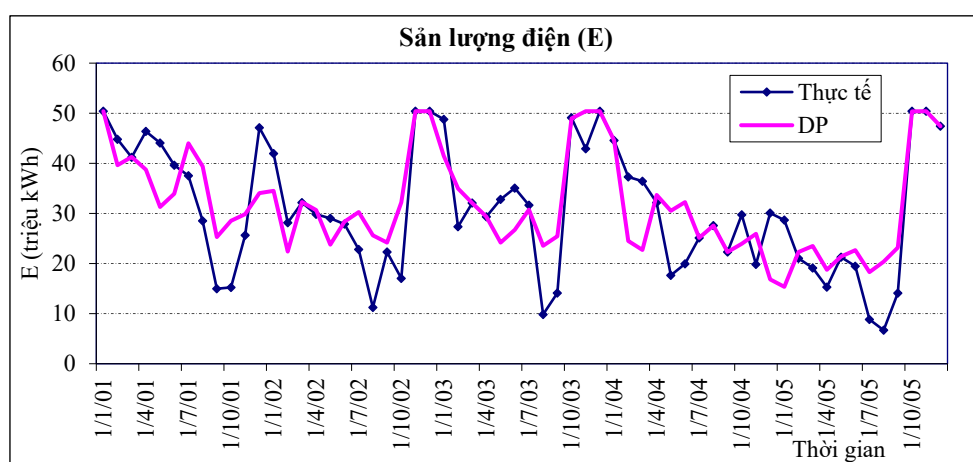
3.2. Giải pháp phối hợp và nâng cao hiệu quả vận hành nhà máy thủy điện

Trên cơ sở số liệu thực tế vận hành thu thập được của nhà máy thủy điện Sông Hinh trong 5 năm (2001–2005), lúc đó hệ thống có bốn nhà máy là Ayun Hạ, Krông H' năng, Sông Ba Hạ, Sông Hinh vận hành phát điện, mô hình DP được áp dụng để so sánh. Theo quy trình vận hành hệ thống hồ chứa, lưu lượng phải đảm bảo cho đập dâng Đồng Cam để phục vụ cấp nước tưới cho nông nghiệp được đưa vào ràng buộc cấp nước của hệ thống tối thiểu là 30 m³/s (thời kỳ cấp nước gia tăng từ tháng 12 đến tháng 3), 40 m³/s (thời kỳ cấp nước bình thường từ tháng 4 đến tháng 5) [22].

Trên cơ sở số liệu khí tượng thủy văn trên lưu vực và dòng chảy khu giữa, kết quả mô hình tính toán mô hình tối ưu DP, thời đoạn tính toán là một (01) tháng cho hệ thống cho thấy sản lượng điện phát ra trung bình năm tăng lên là 380,7 (triệu kWh) so với sản lượng điện trung bình năm thực tế phát trong 5 năm là 369,5 (triệu kWh), tương đương với tăng khoảng 3%.



Hình 4. So sánh giữa mực nước hồ các tháng thực tế và mô hình DP (2001–2005).



Hình 5. So sánh giữa điện lượng các tháng thực tế và mô hình DP (2001–2005).

Hình 4 cho thấy so sánh giữa mực nước của tính toán và thực tế cho thấy mô hình phối hợp giữa các hồ chứa cho mực nước Sông Hinh luôn ở mực nước cao hơn trong khi vẫn thỏa mãn yêu cầu cấp nước ở đập Đồng Cam, do vậy cho kết quả cho điện lượng trung bình năm là cao hơn (Hình 5).

Như vậy, ví dụ tính toán trên cho thấy việc phối hợp vận hành tốt sẽ nâng cao được hiệu quả vận hành của các nhà máy thủy điện trong khi vẫn thỏa mãn mục tiêu cấp nước cho ngành khác. Tuy nhiên, có một số hạn chế hay ràng buộc chính cần lưu ý khi thực hiện giải pháp nâng cao hiệu quả vận hành của thủy điện là: vận hành phụ thuộc nhiều vào điều kiện thủy văn, hồ chứa thủy điện đa mục tiêu còn đảm nhận các mục tiêu khác (cấp nước, đảm bảo dòng chảy tối thiểu hạ lưu, phòng lũ...), chủ đầu tư của các nhà máy trên hệ thống bậc thang có thể khác nhau nên đòi hỏi có cơ chế phối hợp và điều phối tổng thể của cơ quan chức năng.

Hiện nay thì độ tin cậy của công tác dự báo thủy văn ngày càng được nâng cao, tạo điều kiện thuận lợi cho việc vận hành hồ chứa thủy điện. Theo kết quả các nghiên cứu gần đây đối với một số bậc thang thủy điện cho thấy việc phối hợp vận hành tối ưu sẽ nâng cao rõ rệt hiệu quả phát điện của hồ chứa có dung tích điều tiết dài hạn. Mức tăng sản lượng điện hay doanh thu của từng nhà máy có thể tăng trung bình khoảng 3–5% tùy vào đặc tính của từng hồ chứa và dòng chảy đến [14–21]. Điều này rất có ý nghĩa rất lớn khi mà Việt Nam có nhiều hồ chứa và tỷ trọng thủy điện vẫn đóng quan trọng trong hệ thống điện. Đặc biệt trong nhiệm vụ điều tần, giữ ổn định, tiết kiệm nhiên liệu ở nhiệt điện, giảm phát thải của hệ thống điện như đã đề cập ở trên.

4. Kết luận

Qua phân tích trên, trong các nhóm giải pháp để giảm khí thải, vận hành ổn định và giảm chi phí của hệ thống điện thì giải pháp nâng cấp cải tạo các nhà máy nhiệt điện hiện có, nâng cao vận hành hệ thống nhà máy trên bậc thang thủy điện là giải pháp kinh tế, có tính khả thi cao và hoàn toàn chủ động phát huy “nội lực” được, nên được ưu tiên nghiên cứu thực hiện. Do vậy, khuyến nghị cơ quan có thẩm quyền có sự quan tâm nghiên cứu và cơ chế chính sách khuyến khích lồng ghép vào hợp đồng mua bán điện với các nhà máy điện, đầu tư nâng cấp hệ thống xử lý khí thải nhiệt điện, cơ chế phối hợp các chủ đầu tư nhà máy thủy điện và vai trò quản lý, điều phối các cơ quan ban ngành liên quan để nâng cao vận hành hệ thống nhà máy trên bậc thang thủy điện, đảm bảo an ninh cung cấp điện, giảm khí thải, giảm chi phí hệ thống điện, đóng góp vào việc bảo vệ môi trường và chống biến đổi khí hậu, phát triển kinh tế đất nước.

Đóng góp của tác giả: Tác giả đã xây dựng ý tưởng nghiên cứu, lựa chọn phương pháp nghiên cứu, xử lý số liệu, viết bản thảo bài báo và chỉnh sửa bài báo.

Lời cảm ơn: Tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của các cơ quan trực thuộc Bộ Công thương gồm: Cục điện lực và Năng lượng tái tạo, Viện Năng lượng; Tổng Cục môi trường (Bộ Tài nguyên và Môi trường); Tập đoàn điện lực Việt Nam; Bộ môn Thủy điện và Năng lượng tái tạo (Trường Đại học Thủy lợi) trong quá trình khảo sát, thu thập số liệu và thực hiện nghiên cứu này.

Lời cam đoan: Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của chính 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.

Tài liệu tham khảo

1. Quyết định số 428/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 18/3/2016 về Điều chỉnh Quy hoạch Phát triển điện lực Quốc gia giai đoạn 2011–2020, tầm nhìn đến năm 2030, 2016.
2. Quyết định số 2053/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 28/10/2016 ban hành Kế hoạch hành động thực hiện Thỏa thuận Paris về Biến Đổi Khí hậu, 2016.
3. Hiếu, N.V.; Nam, N.H. Hiện trạng phát thải khí nhà kính tại Việt Nam: Cơ hội và thách thức. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 728, 41–66.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo kỹ thuật Đóng góp dự kiến do Quốc gia tự quyết định của Việt Nam (INDC), 2015.
5. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông báo quốc gia lần thứ ba của Việt Nam cho Công ước khung của Liên Hợp Quốc về Biến đổi khí hậu, 2019.
6. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo kỹ thuật đóng góp do quốc gia tự quyết định của Việt Nam (cập nhật năm 2020), 2020.
7. Nghị quyết của Bộ Chính trị số 55-NQ/TW ngày 11/2/2020 về định hướng chiến lược phát triển năng lượng quốc gia của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045, 2020.
8. Viện Năng lượng. Đề án Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2045 (Quy hoạch Điện 8) – Dự thảo lần 3, tháng 3/2021.
9. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo cập nhật hai năm một lần lần thứ nhất của Việt Nam cho Công ước khung của Liên Hợp Quốc về Biến đổi khí hậu, 2014.
10. Nam, N.C. Phát thải CO₂ từ ngành năng lượng: số liệu của thế giới và Việt Nam. *Tap chí Năng lượng nhiệt, Hội Khoa học Kỹ thuật Nhiệt Việt Nam* **2021**, 155, 3-7.
11. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải công nghiệp nhiệt điện số QCVN 22:2009/BTNMT, ban hành theo Thông tư số 25/2009-TT-BTNMT ngày 16/11/2009.
12. General Electric. AQCS (Air Quality Control System) for Thermal Power Plants. Available online: <https://www.ge.com/steam-power/products/aqcs>.

13. Mitsubishi Heavy Industries. AQCS Research & Development. Available online: <https://power.mhi.com/products/aqcs/environmental-technology>.
14. Labadie, J.W. Optimal Operation of Multi-reservoir Systems: State-of-the-Art Review. *J. Water Resour. Plann. Manage.* **2004**, 30(2), 93–111.
15. SamadAzad, A.; Md Shokor Rahaman, A.; Junzo, W.; Pandian, Vasant.; Jose, A.G.V. Optimization of the hydropower energy generation using Meta-Heuristic approaches: A review. *Energy Rep.* **2020**, 6, 2230–2248.
16. Mumtaz, A.; Elcin, K.; Secil, S. Operating Policies for Energy Generation and Revenue Management in Single-Reservoir Systems. *Renewable Sustainable Energy Rev.* **2017**, 78, 1253–1261.
17. Long, N.L. Ứng dụng mô hình Mike 11 mô phỏng vận hành hệ thống liên hồ cắt giảm lũ cho hạ du – Lưu vực sông Srepok. *Tap chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi & Môi trường* **2011**, 32, 27-33.
18. Hùng, L. Mô hình toán vận hành điều tiết tối ưu hệ thống hồ chứa thủy điện – áp dụng cho Sông Bung 2 và Sông Bung 4. *Tap chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi & Môi trường* **2011**, 32, 98–103.
19. Dung, H.N. Nghiên cứu lựa chọn tiêu chuẩn tối ưu vận hành hồ chứa bậc thang thủy điện làm việc trong hệ thống điện lực. *Tap chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường*, **2017**, 58, 41–47.
20. Long, P.T.H. Nghiên cứu các phương thức phối hợp vận hành phát điện sau khi mở rộng thủy điện Hòa Bình. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 712, 42–48.
21. Sơn, L.N.; Thành, L.Đ. Nghiên cứu ứng dụng quy hoạch động vi phân rời rạc vận hành hồ thủy điện sông Hinh. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 676, 31–36.
22. Quyết định số 878/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 18/7/2018 ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Ba, 2018.
23. Bộ Công Thương. Thông tư số 57/2020/TT-BCT ban hành ngày 31/1/2020 về việc Quy định phương pháp xác định giá phát điện, hợp đồng mua bán điện, 2020.

Some countermeasures of operational improvement and green house gas emission reduction, contributing to climate change prevention for coal-fired and hydropower plants operating in Vietnam power system in the new context

Le Ngoc Son¹

¹Thuy loi University; lengson99@gmail.com

Abstract: Currently traditional power plants including coal-fired and hydropower together has been holding dominant role in electricity production for Vietnam power system. However, in recent years and coming time, with international and Vietnam’s commitment on green house gas emission reduction, there has been significant movement of energy structure in power system and role of traditional power plants shall be changed. This article analyzes the status of power system and increase in renewable energy (solar, wind) in the system, then provides assessment of resolutions and proposes to prioritize two among these resolutions as: (i) to upgrade air quality control system (AQCS) of some coal-fired power plant; (ii) to improve operational performance of hydropower cascade system to ensure stability and reduce overall cost and green house gas emission of power system.

Keywords: Power system; Green house gas emission; Air quality control system of coal-fired power plant; Hydropower reservoir system operation optimization.

Bài báo khoa học

Đánh giá khả năng cấp nước từ hồ chứa nước Ôtuksa cho các mô hình sản xuất tại huyện Tịnh Biên, tỉnh An Giang

Phan Thị Tường Vi¹, Huỳnh Vương Thu Minh^{1*}, Lê Hải Tri², Lương Huy Khanh³ và Trần Văn Tỷ²

¹ Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ;
vib1705430@student.ctu.edu.vn; hvttminh@ctu.edu.vn

² Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ; tvty@ctu.edu.vn; lehaitri@gmail.com

³ Sở Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn An Giang; luonghuykhanh@gmail.com

*Tác giả liên hệ: hvttminh@ctu.edu.vn; Tel: +84-939610020

Ban Biên tập nhận bài: 12/7/2021; Ngày phản biện xong: 5/8/2021; Ngày đăng bài: 25/10/2021

Tóm tắt: Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá khả năng cấp nước cho sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt của hồ Ôtuksa, huyện Tịnh Biên, tỉnh An Giang. Mô hình CropWat được sử dụng để tính toán nhu cầu nước cho cây lúa và hoa màu theo ba mô hình sản xuất: mô hình 1 (lúa-đậu phộng), mô hình 2 (đậu xanh-lúa), mô hình 3 (đậu xanh-đậu xanh-bắp) ở hiện tại và tương lai theo ba kịch bản biến đổi khí hậu (BĐKH) (RCP2.6, RCP4.5, và RCP8.5); từ đó đánh giá khả năng cung cấp nước từ mưa và hồ chứa cho vùng nghiên cứu. Kết quả cho thấy, trong hiện tại và tương lai giai đoạn 2040, nguồn nước mưa và từ hồ đảm bảo cung cấp nước cho cả ba mô hình. Tuy nhiên, đến giai đoạn 2060, hồ chứa không cung cấp đủ nước cho mô hình 1 theo ba theo kịch bản BĐKH với tổng nhu cầu nước lần lượt là $411,4 \times 10^3 \text{ m}^3$, $399,6 \times 10^3 \text{ m}^3$, và $405,8 \times 10^3 \text{ m}^3$. Đối với mô hình 2 và 3, do chuyển đổi cây trồng nên nhu cầu nước giảm và hồ chứa đáp ứng đủ nước. Nghiên cứu tiếp theo cần xem xét sự vận hành hồ vào từng thời điểm thích hợp vào mùa khô và mùa mưa, mỗi tháng hoặc mỗi 10 ngày để có thể sử dụng tối ưu lượng nước từ hồ cho các mục đích sử dụng nước.

Từ khóa: CropWat; Nhu cầu nước; Mô hình sản xuất; Kịch bản BĐKH; Hồ chứa Ôtuksa.

1. Mở đầu

Việt Nam là một trong các quốc gia đứng đầu về sản xuất lúa gạo trong khu vực Đông Nam Á, với sản lượng xấp xỉ 45,88 triệu tấn gạo năm 2018 [1]. Trong đó, Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có ưu thế về địa hình, nguồn nước và khí hậu phù hợp cho canh tác lúa, với diện tích gieo trồng lúa chiếm 54,5% và sản lượng lúa cả năm chiếm 55,9% so với cả nước. Những năm gần đây, diện tích sản xuất nông nghiệp đã được mở rộng ở các vùng núi tỉnh An Giang thuộc vùng đầu nguồn ĐBSCL [2]. Nhìn chung, nguồn nước cung cấp cho sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp của tỉnh An Giang tương đối dồi dào. Tuy nhiên, Tịnh Biên là một trong hai huyện miền núi của tỉnh An Giang có mật độ sông thấp và nguồn nước dưới đất được khai thác với lưu lượng nhỏ để phục vụ nhu cầu ăn uống và sinh hoạt của người dân nên lượng nước cho sản xuất nông nghiệp phần lớn dựa vào nguồn nước mưa, và nước mặt từ các hồ chứa nhân tạo và một phần từ nước dưới đất [3]. Ngoài ra, điều kiện tự nhiên, địa hình vùng núi và khan hiếm nguồn nước tưới trong trồng trọt vào

mùa khô làm cho việc sản xuất của người dân gặp nhiều khó khăn [4]. Đối với cư dân sống ở khu vực đồi núi của huyện Tịnh Biên, nguồn nước mặt được cung cấp chủ yếu từ các hồ chứa nước phục vụ sinh hoạt, trồng trọt và chăn nuôi.

Nông nghiệp là ngành tiêu thụ lượng nước lớn nhất thế giới và hầu hết lượng nước mất đi là do thoát hơi nước [5]. Lượng mưa và thoát hơi nước là hai yếu tố quan trọng trong việc xác định cân bằng nước cây trồng [6]. Dưới tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH), sự gia tăng về nhiệt độ và biến động lượng mưa bất thường ảnh hưởng đến nhu cầu nước tưới của cây trồng [7]. Nhu cầu về nước của cây trồng cung cấp lượng nước cần thiết để bù đắp lượng nước bị mất do thoát hơi nước từ mặt ruộng [8] và nhu cầu nước giữa các thời đoạn cho cây trồng thay đổi do tác động chính của nhiệt độ và lượng mưa [9]. Một số nghiên cứu gần đây về ảnh hưởng của BĐKH đã nghiên cứu đưa ra kết quả phân tích, đánh giá tác động của BĐKH đến lĩnh vực sử dụng đất ở tỉnh Bình Phước dựa trên bộ chỉ số đánh giá theo các kết quả mô hình khí hậu, mô hình ngập [10]; nghiên cứu đề xuất giải pháp về bản đồ để hiển thị thông tin khí tượng thủy văn dựa trên các file hình ảnh bản đồ nền định dạng JPEG, có khả năng chạy độc lập, không phụ thuộc vào các công cụ hỗ trợ bản đồ chuyên dùng [11]; và nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH tới nhiệt độ và lượng mưa khu vực tỉnh Quảng Bình. Ngoài ra, xu thế biến đổi nhiệt độ và lượng mưa cũng được phân tích cho giai đoạn 1988–2018 [12].

Tại ĐBSCL, rất ít nghiên cứu về tính toán vận hành hồ chứa phục vụ các nhu cầu dùng nước cho khu vực vùng núi (An Giang và Kiên Giang). Gần đây, nghiên cứu khả năng cấp nước của hồ chứa Ô Tà Sóc theo các kịch bản BĐKH [13]; tuy nhiên nghiên cứu chưa đi sâu đánh giá khả năng cấp nước cho các mô hình sản xuất (MHSX) hiện tại và theo quy hoạch nhằm đề xuất MHSX phù hợp, thích ứng BĐKH. Do vậy, nghiên cứu tính toán nhu cầu nước cây trồng theo các kịch bản BĐKH cho từng MHSX theo phương pháp tiếp cận của tổ chức nông lương thế giới (FAO) và hiệp hội bảo tồn đất của Mỹ (USAD) từ mô hình CropWat [14] nhằm xác định khả năng cấp nước của hồ chứa; từ đó, xem xét trong tương lai hồ chứa có đảm bảo cung cấp đủ nước cho các MHSX để phát triển nông nghiệp dưới tác động của BĐKH là điều cần thiết.

Khu vực đồi núi của huyện Tịnh Biên, nguồn nước mặt được cung cấp chủ yếu từ ba hồ chứa nước lớn trên núi Cấm là hồ Thanh Long, hồ Thủy Liêm và hồ Ôtuksa trong tổng số tám hồ chứa. Sản xuất nông nghiệp trong khu vực phụ thuộc nhiều vào tự nhiên, rủi ro thiếu nguồn nước cấp do ảnh hưởng của BĐKH là rất cao. Do vậy, nghiên cứu này tiến hành tính toán và dự báo nhu cầu nước và khả năng cấp nước cho sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt làm cơ sở đề xuất các phương án sản xuất, hỗ trợ các nhà ra quyết định định hướng khai thác, sử dụng và phát triển bền vững tài nguyên nước trước bối cảnh BĐKH. Hồ Ôtuksa được chọn làm trường hợp nghiên cứu thuộc huyện vùng núi dưới tác động của các yếu tố khí tượng thông qua các kịch bản BĐKH trong tương lai. Hồ này nằm ở vị trí thấp, dưới chân núi và gần với khu vực sản xuất và khu dân cư của đồng bào Khmer.

Khu vực nghiên cứu là hồ chứa Ôtuksa và vùng phục vụ sản xuất thuộc xã An Cư, huyện Tịnh Biên, tỉnh An Giang (Hình 1a). Khu vực hồ Ôtuksa có địa hình đồng bằng nghiêng ven chân núi thuộc vùng Bảy Núi với diện tích lưu vực là 2,55 km² và có cao trình từ +5 m đến cao trình +30 m so với mực nước biển. Hồ Ôtuksa là hồ thủy lợi được quy hoạch với khả năng cấp nước cho 300 ha nông nghiệp và cung cấp nước sinh hoạt cho người dân trong khu vực. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chỉ xét khả năng cấp nước cho khu vực có khả năng sản xuất hiện tại là 52 ha (Hình 1b).

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu thập và xử lý số liệu

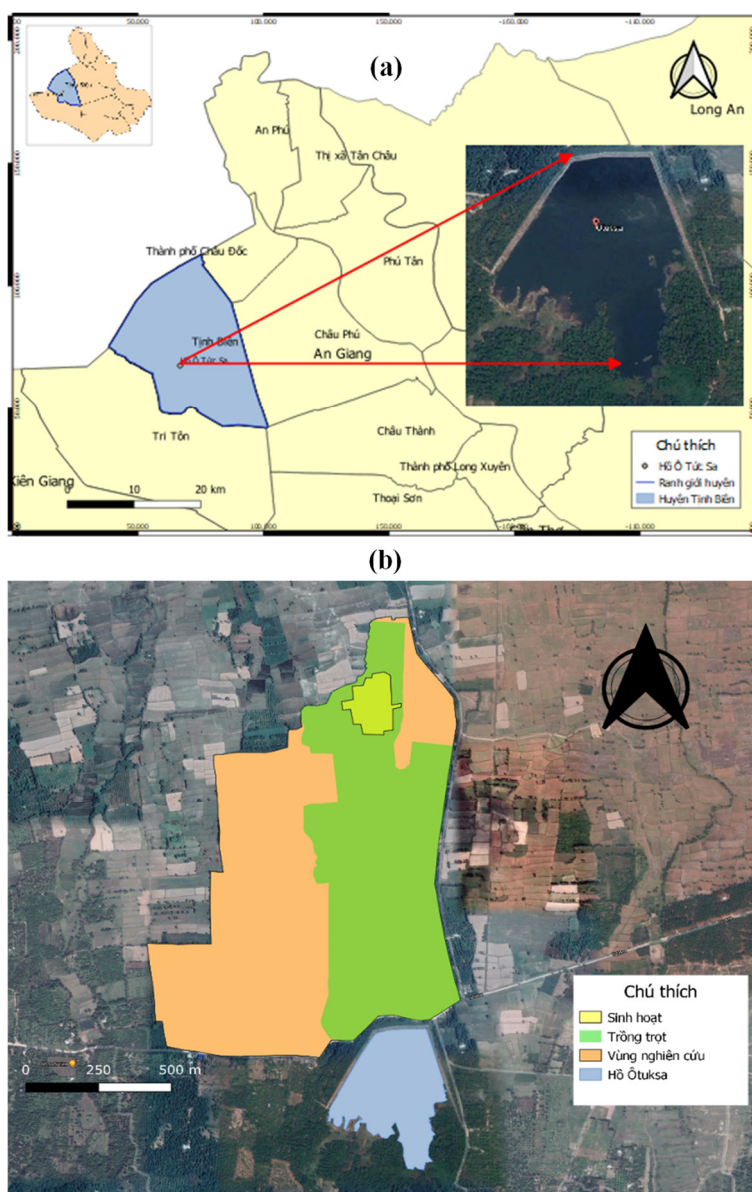
Số liệu thứ cấp được thu thập và nguồn số liệu được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Số liệu và nguồn số liệu.

STT	Tên số liệu ⁽¹⁾	Mô tả	Thời gian	Nguồn ⁽²⁾
1	Nhiệt độ tối cao	Tháng	1978-2019	ĐKTTVNB
2	Nhiệt độ tối thấp	Tháng	1978-2019	ĐKTTVNB
3	Lượng mưa	Tổng lượng mưa tháng	1978-2019	ĐKTTVNB
4	Tốc độ gió	Tháng	1978-2019	ĐKTTVNB
5	Số giờ nắng	Tháng	1978-2019	ĐKTTVNB
6	Độ ẩm	Tháng		ĐKTTVNB
7	Đất			FAO, 2009
8	Lịch thời vụ		2019	NGTKAG
9	Hồ chứa		2020	SNN&PTNN
10	Nhiệt độ và lượng mưa mô phỏng	Tháng	1978-2019 2030-2070	CMIP5, RCP2.6 RCP4.5, RCP8.5

⁽¹⁾ Số liệu khí tượng lấy từ trạm Châu Đốc.

⁽²⁾ ĐKTTVNB: Đài khí tượng Thủy văn Nam Bộ; NGTKAG: Niên giám thống kê An Giang; SNN&PTNT: Sở Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn; CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project 5): Dự án đối chứng các mô hình khí hậu lần 5.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu (a) hồ Ôtuksa và (b) Vùng phục vụ sinh hoạt và sản xuất của hồ Ôtuksa (52 ha).

Số liệu nhiệt độ trung bình tối cao, nhiệt độ trung bình tối thấp và lượng mưa được thu thập từ mô hình khí hậu toàn cầu của dự án đối chứng các mô hình khí hậu lần 5 - CMIP5 (được tải từ: <https://cds.climate.copernicus.eu/>) với số liệu trong quá khứ (1978–2019) và tương lai (2030–2070). Các số liệu BDKH được đánh giá độ tình cậy và hiệu chỉnh theo giá trị thực đo theo công thức chuyển đổi [15]:

$$\Delta P(j) = \frac{\bar{P}_{scen(j)}}{\bar{P}_{contr(j)}}; \Delta P(i,j) = \Delta P(j) \times P_{obs}(i,j) \quad (i = 1 \sim 31; j = 1 \sim 12) \quad (1)$$

$$\Delta T(j) = \bar{T}_{scen}(j) - \bar{T}_{contr}(j); \Delta T(i,j) = T_{obs}(i,j) + \Delta T(j) \quad (i = 1 \sim 31; j = 1 \sim 12) \quad (2)$$

Trong đó \bar{P}_{scen} , \bar{T}_{scen} lần lượt là lượng mưa trung bình tháng và nhiệt độ tháng (tối cao/tối thấp) theo các kịch bản; \bar{P}_{contr} , \bar{T}_{contr} lần lượt là lượng mưa trung bình tháng và nhiệt độ tháng (tối cao/tối thấp) thực đo; \bar{P}_{obs} , T_{obs} lần lượt là lượng mưa trung bình ngày thực đo và nhiệt độ ngày (tối cao/tối thấp) thực đo.

2.2. Tính toán nhu cầu dùng nước

Nhu cầu nước tại khu vực nghiên cứu bao gồm (i) nhu cầu nước sinh hoạt, (ii) nhu cầu dùng nước chăn nuôi và (iii) nhu cầu dùng nước trồng trọt.

(i) Nhu cầu nước sinh hoạt:

Nhu cầu nước sinh hoạt trung bình được tính theo TCXDVN 33:2006 [16] với công thức:

$$Q_{SHTB} = \frac{q_i \times N_i \times f_i}{1000}, \quad (m^3/ngđ) \quad (3)$$

Trong đó q_i là tiêu chuẩn dùng nước sinh hoạt (lít/người/ngày); f_i là tỷ lệ dân cư được cấp nước (q_i và f_i lấy theo tiêu chuẩn Việt Nam [16]); N_i là dân số tính toán ứng với tiêu chuẩn cấp nước q_i (người).

Tỷ lệ gia tăng dân số tự nhiên được xác định:

$$N_t = N_0 \times (1 + i)^n \quad (\text{người}) \quad (4)$$

Trong đó N_t là dân số năm dự đoán (người); N_0 là dân số tính toán năm hiện tại (người); i là tỷ lệ gia tăng dân số tự nhiên (%); và n là tỷ số năm dự đoán và năm dân số hiện tại.

Kết quả tính toán nhu cầu nước cho sinh hoạt được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Nhu cầu dùng nước cho sinh hoạt.

Năm	Tỷ lệ tăng dân số i (%)	Dân số (N_t)	q_i	f_i	QSHTB ($m^3/ngđ$)
2020	0,93	500	100	90	45
2040	0,93	602	120	95	68,59
2060	0,93	724	140	98	99,34

(ii) Nhu cầu dùng nước chăn nuôi:

Nước cho gia súc được ước tính bao gồm nước uống cho gia súc và nước để vệ sinh chuồng trại. Tùy theo loại gia súc và phương thức chăn nuôi sẽ có lượng dùng nước khác nhau. Vì vậy, nghiên cứu ước tính bình quân nhu cầu nước cho mỗi cá thể và tính cho toàn bộ và cộng với nước vệ sinh chuồng trại riêng biệt được thể hiện qua công thức:

$$Q_{CN} = \frac{q_i \times N_i}{1000} \quad (m^3/ngđ) \quad (5)$$

Trong đó q_i là tiêu chuẩn dùng nước sinh hoạt (lít/con/ngày); N_i là số lượng vật nuôi (con) (q_i : lấy theo tiêu chuẩn TCVN 4454:2012 [17]) và N_i : lấy theo Niên giám thống kê An Giang. Nghiên cứu tính toán $Q_{CN} = 16 \text{ m}^3/ngày.đêm$ cho ba giai đoạn 2020, 2040, 2060 và kết quả được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Nhu cầu dùng nước cho chăn nuôi.

	q_i	N_i	QCN (m ³ /ngđ)
Trâu	70	50	4
Bò	70	100	7
Lợn	25	200	5
Tổng cộng			16

(iii) Nhu cầu dùng nước trồng trọt:

- Lựa chọn mô hình mưa tính toán: Nghiên cứu dự báo nhu cầu nước của cây trồng theo lượng nước tưới ứng với lượng mưa thiết kế. Hồ chứa Ôtuksa thuộc cấp công trình IV và mức đảm bảo phục vụ theo cấp công trình là $P = 75\%$ nên nghiên cứu lựa chọn mô hình mưa ứng với tần suất thiết kế $P = 75\%$ (theo QCVN 04-05:2012) [18]. Từ số liệu lượng mưa năm thiết kế $P = 75\%$, nghiên cứu sử dụng số liệu khí tượng năm 2006 (có lượng mưa gần với lượng mưa có tần suất 75%) làm số liệu đầu vào mô hình gồm nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp, độ ẩm, tốc độ gió và số giờ nắng để mô phỏng nhu cầu nước cho cây trồng.

- Nhu cầu nước cho cây trồng: Nhu cầu nước cho cây trồng được tính toán theo ba mô hình sản xuất nông nghiệp với diện tích cấp nước tính toán là 52 ha (diện tích hiện tại) cho cả ba mô hình cấp nước: mô hình 1 (lúa-đậu phộng), mô hình 2 (đậu xanh-lúa), mô hình 3 (đậu xanh-đậu xanh-bắp) ở hiện tại và tương lai theo ba kịch BĐKH (Bảng 4). Trong nghiên cứu này, để xác định nhu cầu nước cho cây trồng, mô hình CropWat 8.0 được sử dụng. Mô hình CropWat 8.0 mô phỏng nhu cầu sử dụng nước của cây trồng trong các điều kiện khí hậu, cây trồng và đất đai khác nhau [14], và được xác định theo công thức:

$$IWR_i = ET_{Ci} - P_{ei} \tag{6}$$

Trong đó IWR_i là lượng nước yêu cầu tưới trong thời đoạn thứ i (mm); P_{ei} là lượng mưa hiệu quả trong thời đoạn thứ i (mm); $ET_C = ET_0 \times K_C$ là lượng bốc thoát hơi nước trong thời đoạn thứ i (mm), ET_0 là lượng bốc thoát hơi nước của cây trồng và K_C là hệ số cây trồng, K_C dựa trên số liệu có sẵn từ mô hình và giá trị K_C sử dụng cho từng giai đoạn sinh trưởng từ đầu vụ, giữa vụ và cuối vụ [7] (Bảng 5).

Bảng 4. Tính toán nhu cầu nước cho cây trồng theo các mô hình sản xuất.

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mùa	Đông xuân			Hè thu				Thu đông				
Lúa - màu	■							■				■
Lúa - màu	■							■				■
Chuyên màu	■			■				■				■
	Lúa ■ Màu ■											

Thời kỳ sinh trưởng và hệ số K_C của cây lúa được tổng hợp trong bảng 5.

Bảng 5. Thời kỳ sinh trưởng và hệ số K_C của cây trồng.

Cây trồng	Đặc trưng	Chuẩn bị giống - gieo sạ	Làm đất		Giai đoạn phát triển				Tổng	Thời gian sinh trưởng
			Tổng	Tưới ải	Cây con - đẻ nhánh	Đẻ nhánh - làm đòng	Làm đòng - trổ cờ	Trổ - chín		
Lúa Đông Xuân	Số ngày	15	10	5	10	35	25	30	115	31/12 - 09/4
	K_C	0,7	0,3		0,5		1,05	0,7		
Lúa Thu Đông	Số ngày	25	20	5	10	35	25	30		15/8 - 22/11
	K_C	1,2	1,05		1,1		1,2	1,05	125	

Lượng bốc thoát hơi nước tiềm năng được xác định theo phương pháp Penman–Monteith [14]. Trong nghiên cứu này, các số liệu khí tượng như tốc độ gió, bức xạ giả thiết không thay đổi do giới hạn của số liệu quan trắc và số liệu theo các kịch bản BĐKH; và nghiên cứu chỉ tập trung phân tích thay đổi nhiệt độ tối cao và tối thấp (T_{max} và T_{min}).

Theo FAO [6], việc ước tính lượng mưa hiệu quả hàng tháng theo phương pháp dịch vụ bảo tồn đất SCS (Soil Conservation Service) của Phòng Nông nghiệp Mỹ (USDA) được tích hợp sẵn trong mô hình CropWat 8.0 theo công thức:

$$P_{eff} = 125 \times (125 - 0,2P_{tot})/125 \quad P_{tot} \leq 250 \text{ mm} \quad (7)$$

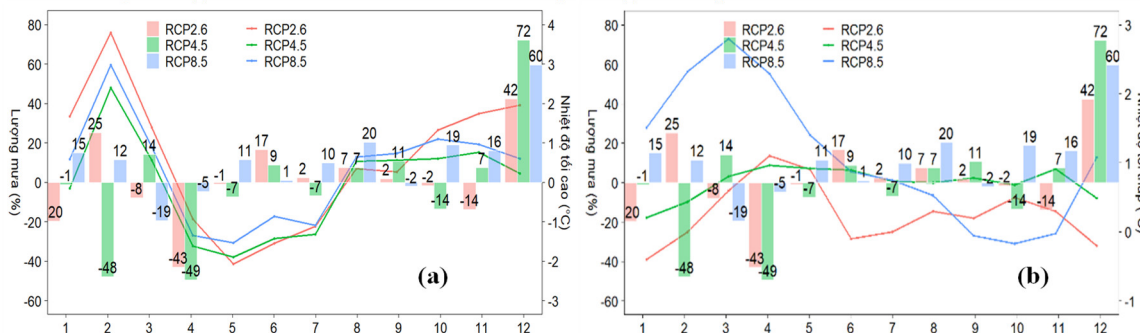
$$P_e = 125 + 0,1 \times P_{tot}P_e \quad P_{tot} > 250 \text{ mm} \quad (8)$$

3. Kết quả và thảo luận

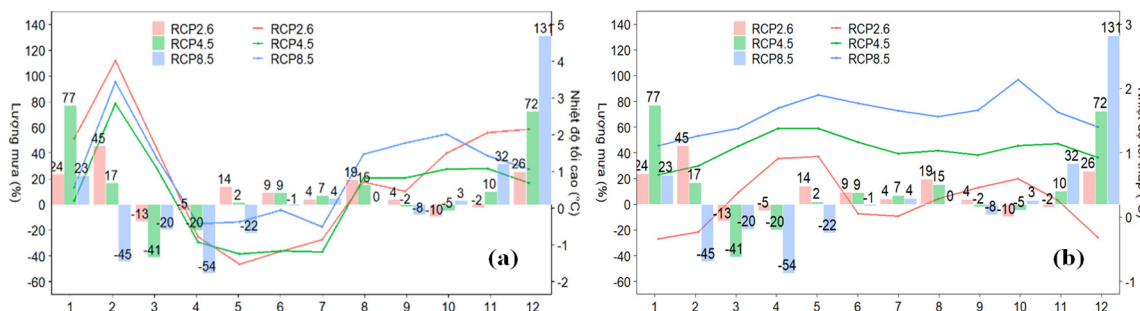
3.1. Sự thay đổi nhiệt độ, lượng mưa theo các kịch bản BĐKH

Sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa hàng tháng theo các kịch bản BĐKH (theo CMIP5) cho thấy, nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp giai đoạn đến năm 2040 và đến năm 2060 tăng trong khi lượng mưa giảm (Hình 2a, Hình 2b, Hình 3a và Hình 3b). Vào mùa khô, lượng mưa giảm từ tháng 2 đến tháng 5 và trong mùa mưa, lượng mưa tăng từ tháng 6 đến tháng 12.

Cụ thể, theo ba kịch bản RCP2.6, RCP 4.5, RCP 8.5, nhiệt độ tối cao tăng cao nhất đều vào tháng 2, lần lượt là 3.8°C, 2.4°C và 3°C giai đoạn đến năm 2040 (Hình 2a); tăng 4.0°C, 2.9°C và 3.4°C giai đoạn đến năm 2060 (Hình 3a). Kết quả này cho thấy, nhiệt độ tối cao có sự biến động đồng đều qua các tháng của từng kịch bản nhưng biến động không đồng đều theo từng kịch bản. Nhiệt độ tối thấp có sự biến động, kịch bản càng cao thì khả năng biến đổi bất thường của nhiệt độ càng gia tăng. Theo ba kịch bản RCP2.6, RCP 4.5, RCP 8.5, nhiệt độ tối thấp tăng cao nhất vào tháng 3 và tăng lần lượt là 0.6°C, 0.8°C và 2.8°C giai đoạn đến năm 2040 (Hình 2b), giai đoạn đến năm 2060 tăng lần lượt là 0.4°C, 1.1°C và 1.4°C (Hình 3b). Theo Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu [19], nhiệt độ tối cao trung bình năm có xu thế tăng từ 1.7°C–2.7°C (RCP 4.5), tăng 3.0°C–3.5°C (RCP 8.5), nhiệt độ tối thấp trung bình năm có xu thế tăng từ 1.8°C–2.2°C vào cuối thế kỷ 21 nên nhìn chung kết quả tính toán của đề tài tương đối phù hợp.



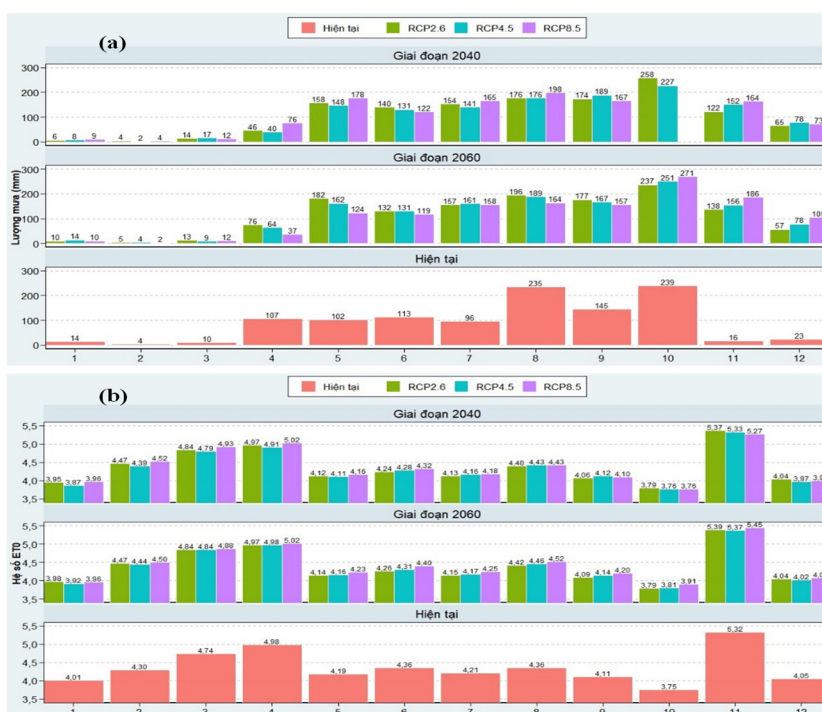
Hình 2. Sự thay đổi nhiệt độ (a) tối cao và (b) tối thấp với lượng mưa giai đoạn 2040.



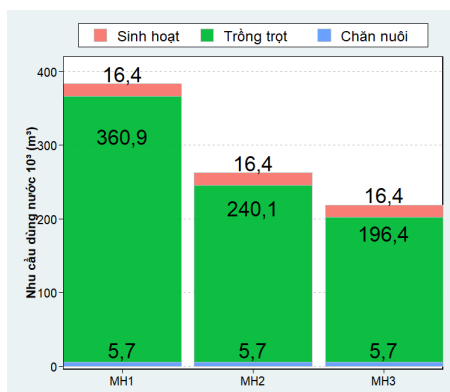
Hình 3. Sự thay đổi nhiệt độ (a) tối cao và (b) tối thấp với lượng mưa giai đoạn 2060.

3.2. Đánh giá nhu cầu nước

Kết quả tính toán giá trị ET₀ và lượng mưa (ứng với P = 75%) theo tháng cho hiện tại và các kịch bản BĐKH giai đoạn 2040 và 2060 lần lượt được trình bày trên Hình 4. Tổng nhu cầu dùng nước bao gồm cho trồng trọt, sinh hoạt, chăn nuôi trong một năm tại thời điểm hiện tại (Hình 5) và theo các kịch bản BĐKH (Hình 6). Nhu cầu dùng nước ứng với điều kiện khí hậu hiện tại theo từng mô hình sản xuất 1, 2 và 3 lần lượt là 383,0×10³ m³, 262,2×10³ m³ và 218,4×10³ m³. Do nhu cầu nước cho sinh hoạt và chăn nuôi không thay đổi theo ba mô hình (lần lượt là 16,4×10³ m³ và 5,7×10³ m³), nhu cầu nước cho trồng trọt giảm do thay đổi cây trồng. Cụ thể, nhu cầu dùng nước cho cây trồng theo ba mô hình 1, 2 và 3 lần lượt là 360,9×10³ m³, 240,1×10³ m³ và 196,4×10³ m³. Nhu cầu dùng nước cho vụ lúa lớn hơn nhiều so với các vụ màu, đặc biệt là vụ lúa Đông Xuân do lượng mưa rất nhỏ và nhiệt độ cao dẫn đến lượng bốc thoát hơi nước tăng. Vào mùa khô, trong điều kiện nguồn nước tưới cho cây trồng khan hiếm cần chuyển đổi cây trồng thích ứng phù hợp. Hiện tại, theo số liệu tính toán sơ bộ hồ chứa Ôtuksa dung tích hồ là 400×10³ m³ thì vẫn đảm bảo cung cấp nước cho sinh hoạt và nông nghiệp cho cả ba mô hình sản xuất.



Hình 4. Kết quả tính toán (a) Lượng mưa (ứng với P = 75%) theo tháng cho hiện tại và các kịch bản BĐKH giai đoạn 2040 và 2060; (b) Giá trị ET₀ theo tháng cho hiện tại và các kịch bản BĐKH giai đoạn 2040 và 2060.

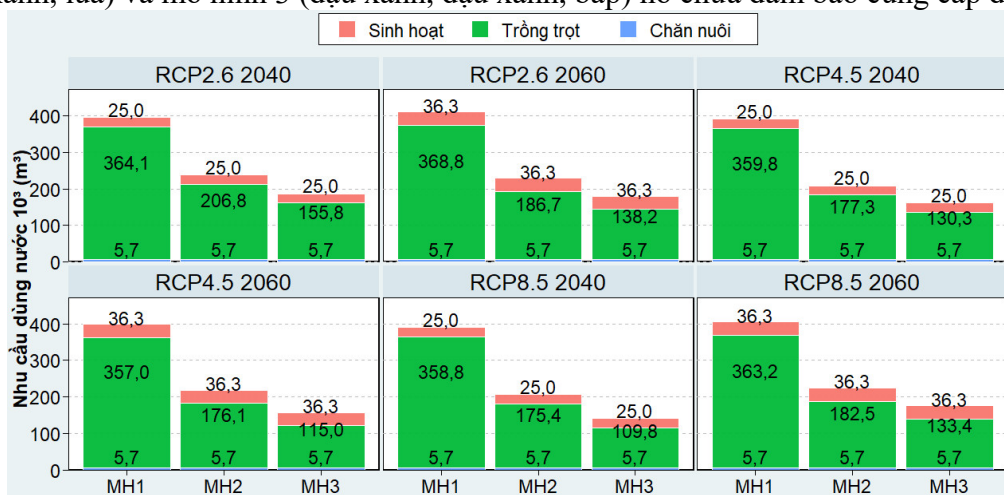


Hình 5. Nhu cầu dùng nước hiện tại theo từng mô hình sản xuất.

Trong nghiên cứu này, nhu cầu dùng nước cho chăn nuôi không thay đổi ($5,7 \times 10^3 \text{ m}^3$) và nhu cầu dùng nước sinh hoạt gia tăng theo tốc độ gia tăng dân số giai đoạn đến năm 2040 và năm 2060 (lần lượt là $22,5 \times 10^3 \text{ m}^3$ và $36,9 \times 10^3 \text{ m}^3$) theo từng kịch bản BĐKH của ba MHSX (Hình 6). Nhu cầu dùng nước theo các kịch bản BĐKH (RCP2.6, RCP 4.5, RCP8.5) giai đoạn đến năm 2040 cho thấy tổng nhu cầu dùng nước cao nhất là mô hình 1 (lúa, đậu phộng) lần lượt $395,3 \times 10^3 \text{ m}^3$, $390,9 \times 10^3 \text{ m}^3$ và $390,0 \times 10^3 \text{ m}^3$. Tổng nhu cầu nước của mô hình 2 (đậu xanh, lúa) theo 03 kịch bản lần lượt là $238,0 \times 10^3 \text{ m}^3$, $208,5 \times 10^3 \text{ m}^3$, $206,6 \times 10^3 \text{ m}^3$ và mô hình 3 (đậu xanh, đậu xanh, bắp) theo ba kịch bản là $187,0 \times 10^3 \text{ m}^3$, $161,4 \times 10^3 \text{ m}^3$, $141,0 \times 10^3 \text{ m}^3$. Nhu cầu dùng nước cho cây trồng thay đổi không đáng kể qua các kịch bản nhưng thay đổi đáng kể qua từng MHSX. Kịch bản phát thải thấp theo mô hình 1, 2 và 3 có nhu cầu dùng nước cây trồng lần lượt là $364,1 \times 10^3 \text{ m}^3$, $206,8 \times 10^3 \text{ m}^3$ và $187,0 \times 10^3 \text{ m}^3$; kịch bản phát thải trung bình thấp lần lượt là $359,8 \times 10^3 \text{ m}^3$, $177,3 \times 10^3 \text{ m}^3$ và $130,3 \times 10^3 \text{ m}^3$; kịch bản phát thải cao lần lượt là $358,8 \times 10^3 \text{ m}^3$, $175,4 \times 10^3 \text{ m}^3$ và $109,8 \times 10^3 \text{ m}^3$. Nhìn chung, nhu cầu dùng nước cho trồng trọt theo ba kịch bản BĐKH thay đổi không đáng kể giai đoạn đến năm 2040 và hồ chứa vẫn đảm bảo cung cấp nước sinh hoạt, trồng trọt, chăn nuôi cho cả ba MHSX.

Tổng nhu cầu dùng nước giai đoạn đến năm 2060 theo các kịch bản RCP2.6, RCP 4.5 và RCP8.5 của từng MHSX thay đổi khác nhau. Nhu cầu dùng nước cao nhất là mô hình 1 lần lượt là $411,4 \times 10^3 \text{ m}^3$, $399,6 \times 10^3 \text{ m}^3$ và $405,8 \times 10^3 \text{ m}^3$; mô hình 2 lần lượt là $229,3 \times 10^3 \text{ m}^3$, $218,7 \times 10^3 \text{ m}^3$, $225,1 \times 10^3 \text{ m}^3$ và mô hình 3 lần lượt là $108,8 \times 10^3 \text{ m}^3$, $157,6 \times 10^3 \text{ m}^3$, $176,0 \times 10^3 \text{ m}^3$ theo ba kịch bản. Kịch bản phát thải thấp có nhu cầu dùng nước cho cây trồng theo ba mô hình 1, 2 và 3 lần lượt là $368,8 \times 10^3 \text{ m}^3$, $186,7 \times 10^3 \text{ m}^3$, $138,2 \times 10^3 \text{ m}^3$; kịch bản phát thải trung bình thấp lần lượt là $357,0 \times 10^3 \text{ m}^3$, $176,1 \times 10^3 \text{ m}^3$, $115,0 \times 10^3 \text{ m}^3$; và kịch bản phát thải cao lần lượt là $363,2 \times 10^3 \text{ m}^3$, $182,5 \times 10^3 \text{ m}^3$, $133,4 \times 10^3 \text{ m}^3$.

Như vậy, nhu cầu sử dụng nước cho cây trồng tăng theo kịch bản RCP8.5 và giảm theo kịch bản RCP4.5, RCP2.6 giai đoạn đến năm 2060 so với giai đoạn đến năm 2040 trong cả ba MHSX do sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa của hai giai đoạn tương ứng khác nhau. Mô hình 1 (lúa, đậu phộng) có nhu cầu nước $411,4 \times 10^3 \text{ m}^3$, vượt dung tích hồ chứa đến giai đoạn năm 2060 nên hồ chứa không đảm bảo cung cấp đủ nước. Tuy nhiên, ở mô hình 2 (đậu xanh, lúa) và mô hình 3 (đậu xanh, đậu xanh, bắp) hồ chứa đảm bảo cung cấp đủ nước.

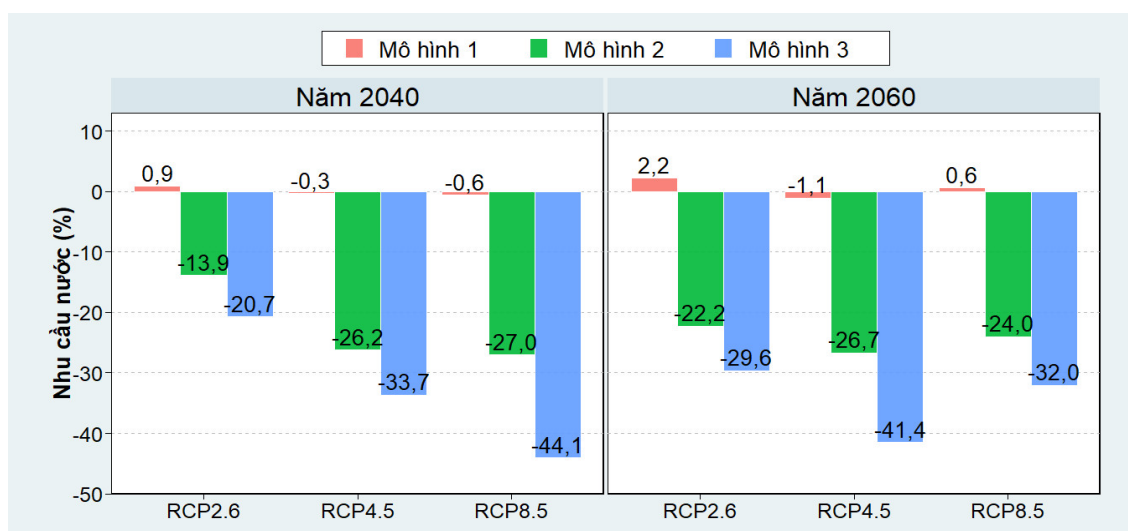


Hình 6. Nhu cầu dùng nước cho từng mô hình sản xuất theo các kịch bản BĐKH (MH: Mô hình sản xuất; MH1 (lúa, đậu phộng), MH2 (đậu xanh, lúa) và MH3 (đậu xanh, đậu xanh, bắp)).

3.3. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến trồng trọt

Nhu cầu nước cho cây trồng có xu hướng giảm ở các mức độ khác nhau của từng MHSX so với thời kỳ hiện tại, riêng mô hình 1 có xu hướng tăng với tỷ lệ thấp cả hai giai đoạn đến năm 2040 và năm 2060 (Hình 7). Theo kịch bản phát thải thấp (RCP2.6), nhu cầu

nước trồng tăng ở mô hình 1 (lần lượt 0,89%, 2,20%) nhưng giảm ở mô hình 2 (lần lượt 13,88%, 22,24%) và mô hình 3 (lần lượt 20,66%, 29,63%) giai đoạn đến năm 2040 và năm 2060. Kịch bản phát thải trung bình thấp (RCP4.5) có nhu cầu nước giảm ở cả ba MHSX (lần lượt 0,3%, 26,16% và 33,66%) đến năm 2040 và giảm (lần lượt 1,07%, 26,68% và 41,45%) đến năm 2060. Nhu cầu nước cây trồng giảm tương tự ở kịch bản phát thải cao (RCP8.5) của ba MHSX (lần lượt 0,58%, 26,96% và 44,07%) đến năm 2040 và đến năm 2060 tăng (0,63%) ở mô hình 1 nhưng giảm (lần lượt là 23,99% và 32,04%) ở mô hình 2 và mô hình 3. Sự thay đổi nhu cầu nước (tăng/ giảm) không theo quy luật này có thể được giải thích như sau: do nhu cầu nước của các MHSX (loại cây trồng và mùa vụ) phụ thuộc vào điều kiện khí tượng (trong đó lượng mưa và nhiệt độ tối cao, tối thấp được xem xét trong nghiên cứu này) nhưng các yếu tố khí tượng này thay đổi không theo quy luật theo các kịch bản BĐKH giai đoạn 2040 và 2060 như thể hiện trên hình 2 và hình 3. Nhìn chung, kết quả tương tự nghiên cứu tại hồ chứa Ô Tà Sóc [13] và nghiên cứu tại lưu vực sông Srepok [20] mô phỏng nhu cầu nước cây trồng bằng mô hình CropWat cho thấy nhu cầu nước cho trồng trồng giảm theo từng kịch bản BĐKH.



Hình 7. Chênh lệch (%) nhu cầu nước trồng trồng các MHSX trong tương lai so với hiện tại.

4. Kết luận

Theo các kịch bản BĐKH cho thấy nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp có xu hướng tăng trong khi lượng mưa có xu hướng giảm vào mùa khô và tăng vào mùa mưa. Trong điều kiện hiện tại, nhu cầu nước sinh hoạt và nông nghiệp theo mô hình 1, 2, 3 lần lượt là $383,0 \times 10^3 \text{ m}^3$, $262,2 \times 10^3 \text{ m}^3$ và $218,4 \times 10^3 \text{ m}^3$ thì dung tích hồ chứa vẫn đảm bảo cung cấp nước cho cả ba MHSX. Trong tương lai, dưới tác động của BĐKH tổng nhu cầu dùng nước thay đổi và hồ chứa vẫn có thể đáp ứng lượng nước cho từng mô hình tính toán giai đoạn đến năm 2040. Tuy nhiên, đến giai đoạn năm 2060, mô hình 1 có tổng nhu cầu nước theo kịch bản BĐKH lần lượt là $411,4 \times 10^3 \text{ m}^3$, $399,6 \times 10^3 \text{ m}^3$, $405,8 \times 10^3 \text{ m}^3$ thì hồ chứa không đáp ứng được và mô hình 2, mô hình 3 do chuyển đổi cây trồng lượng nước cần sử dụng giảm nên hồ chứa vẫn đáp ứng đủ nước. Nhu cầu sử dụng nước cho cây trồng năm dự báo có xu hướng giảm ở mức độ khác nhau ở từng MHSX.

Nghiên cứu so sánh tổng nhu cầu nước trong một năm với giả thiết trong năm hồ luôn được trữ đầy trữ lượng nước trong một năm của hồ chứa, chưa xem xét đến sự vận hành của hồ chứa theo thời gian. Do vậy, nghiên cứu tiếp theo cần xem xét sự vận hành hồ chứa vào từng thời điểm thích hợp mùa khô, mùa mưa, mỗi tháng hoặc mỗi mười ngày để có thể sử dụng tối ưu lượng nước từ hồ chứa cho các mục đích sử dụng nước. Vào mùa mưa, lượng nước tự nhiên tăng nhiều so với mùa khô và nhu cầu nước của cây trồng ít hơn do nhận lượng nước này. Vì vậy, kiến nghị khu vực nghiên cứu cần bố trí loại cây trồng và lịch thời

vụ thích hợp để sử dụng hiệu quả lượng nước trời. Ngoài ra, nghiên cứu này chưa xem xét đến hiệu ích kinh tế khi chuyển đổi MHSX.

Đóng góp cho nghiên cứu: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.T.T.V.; H.V.T.M.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: P.T.T.V; H.V.T.M; TVT.; L.H.T.; L.H.K. Thu thập, phân tích, xử lý số liệu: P.T.T.V; L.H.K.; L.H.T.; Viết bản thảo bài báo: P.T.T.V; H.V.T.M; TVT.; L.H.T.; L.H.K. Chính sửa bài báo: P.T.T.V; H.V.T.M; TVT.; L.H.K.

Lời cảm ơn: Đây là sản phẩm của đề tài cấp Bộ (mã số đề tài: B2021-TCT-13). Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Bộ GD&ĐT và Trường ĐHCT đã tạo cơ hội cho nhóm 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. IRR. International Rice Research Institute (IRR). Website: <https://www.irri.org>. Truy cập 5/2021.
2. Cục thống kê An Giang. Niên giám thống kê năm 2019. Nhà xuất bản tổng cục thống kê, 2019.
3. Cổng thông tin điện tử huyện Tịnh Biên, tỉnh An Giang năm. 2021.
4. Khoa, L.V.; Dương, N.T.T. Hiện trạng canh tác và tiềm năng sản xuất vùng đất phong hóa tại chỗ huyện Tri Tôn, tỉnh An Giang. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* **2012**, 21b, 78–86.
5. Barrow Christopher, J. Water resources and agricultural development in the tropics. Routledge. 2016.
6. FAO. Irrigation and drainage paper No. 56 Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements, 1998.
7. Gilanipour, J.; Gholizadeh, B. Prediction of Rice Water Requirement Using FAO-CROPWAT Model in North Iran under Future Climate Change. *Preprints* **2016**, 2016100134. doi: 10.20944/preprints201610.0134.v1.
8. Onyancha, D.M.; Gachene, C.; Kironchi, G. FAO-CROPWAT model-based estimation of the crop water requirement of major crops in Machakos county. *Research journal's J. Ecol.* **2017**, 4, 1–13.
9. Linh, N.V.; Thuận, H.V. Nghiên cứu nhu cầu nước cho các loại cây trồng chủ lực tại thành phố Kon Tum nhằm đối phó với biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học Lạc Hồng* **2017**, 175–179.
10. Nam, L.H.; Toàn, H.C.; Tín, N.V.; Hoàng, T.T.; Long, P.T. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến lĩnh vực sử dụng đất và một số giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu tại tỉnh Bình Phước. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 725, 60–71.
11. Vinh, G. V.; Đức, N.N.; Hải, N.H. Giải pháp mới về bản đồ để hiển thị thông tin khí tượng thủy văn. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 725, 72–79.
12. Cảnh, L.Q.; Vân, H. N.T.; Thành, N.T.; Huy, N.Đ.; Quang, T.H.; Tài, Đ.T. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nhiệt độ và lượng mưa khu vực tỉnh Quảng Bình. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 724, 1–14.
13. Trí, L.H.; Tuấn, L.A.; Minh, H.V.T.; Tỷ, T.V. Nghiên cứu vận hành hồ chứa Ô Tà Sóc, vùng Bảy núi, tỉnh An Giang theo các kịch bản biến đổi khí hậu. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn* **2020**, 390, 36–44.
14. FAO. CropWat User Guide - Hướng dẫn sử dụng phần mềm CropWat tính nhu cầu tưới cho cây trồng. Chương trình Nông Lương hợp Quốc (FAO), 2002.

15. Hay, L.E.; Wilby, R.L.; Leavesley, G.H. A comparison of delta change and downscaled GCM scenarios for three mountainous basins in the United States. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **2000**, *36*(2), 387–397.
16. TCVN 33:2006: Cấp nước - Mạng lưới đường ống và công trình tiêu chuẩn thiết kế. Bộ Xây dựng.
17. TCVN 4454:2012: Quy hoạch xây dựng nông thôn - Tiêu chuẩn thiết kế. Bộ Xây dựng.
18. QCVN 04-05:2012. Các quy định chủ yếu về thiết kế công trình Thủy lợi. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.
19. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Website: <http://www.imh.ac.vn/>. Truy cập: 5/2021.
20. Quyên, N.T.N. Dự báo nhu cầu sử dụng nước cho các loại hình sử dụng đất trên lưu vực sông Srepok trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tap chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* **2019**, *17*(2), 126–136.

Assessment of water supply capacity from Otuksa reservoir for different production models in Tinh Bien district, An Giang province

Phan Thi Tuong Vi¹, Huynh Vuong Thu Minh^{1*}, Le Hai Tri², Luong Huy Khanh³, Tran Van Ty²

¹ College of Environment and Natural Resources, Can Tho University;
vib1705430@student.ctu.edu.vn; hvtminh@ctu.edu.vn

² College of Technology, Can Tho University; tvty@ctu.edu.vn; lehaitri@gmail.com

³ Department of Agriculture and Rural Development, An Giang province;
luonghuykhanh@gmail.com

Abstract: The objective of this study is to assess the capacity of water supply for agricultural production and domestic use from Otuksa reservoir in Tinh Bien district, An Giang province. CropWat model was used to calculate water demand for rice and other crops according to three production models: model 1 (rice–peanut), model 2 (green bean–rice), model 3 (green bean–green bean–corn) at present and in the future under three climate change scenarios (RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5); thereby to assess the ability to supply water from rain and reservoir for the study area. The results show that, at present and in the future by 2040s, the water resources from rain and from the reservoir would ensure water supply for all three production models. However, by 2060s, the reservoir will not provide enough water for model 1 under the three climate change scenarios with total water demand, respectively, of $411.4 \times 10^3 \text{ m}^3$, $399.6 \times 10^3 \text{ m}^3$, and $405.8 \times 10^3 \text{ m}^3$. According to models 2 and 3, thanks to crop conversion, the water demand will be reduced and the reservoir water would meet the demands. Next study needs to consider the reservoir operation at each appropriate period in the dry and wet seasons, monthly or each 10-day period in order to optimize the use of water from the reservoir for different water use purposes.

Keywords: CropWat; Water demand; Production models; Climate change scenarios; Otuksa reservoir.

Bài báo khoa học

Hiệu quả, đóng góp của ngành Công an trong công tác ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn

Nguyễn Văn Khiêm^{1*}, Huỳnh Thị Lan Hương², Mai Văn Khiêm³, Đỗ Thị Hương⁴, Nguyễn Ngọc Chung⁵

¹ Văn phòng Bộ Công an; khiemuptbca@gmail.com

² Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; huynhlanhuong@gmail.com

³ Trung tâm khí tượng thủy văn quốc gia; maikhiem1977@gmail.com

⁴ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; dohuong@gmail.com

⁵ Văn phòng Bộ Công an; chung.upt@gmail.com

*Tác giả liên hệ: khiemuptbca@gmail.com; Tel: +84-913555223

Ban Biên tập nhận bài: 5/7/2021; Ngày phản biện xong: 9/8/2021; Ngày đăng bài: 25/10/2021

Tóm tắt: Biến đổi khí hậu (BĐKH) là một trong những thách thức lớn nhất của nhân loại trong thế kỷ 21, đã, đang và sẽ làm thay đổi toàn diện sâu sắc quá trình phát triển và an ninh toàn cầu. BĐKH sẽ làm gia tăng tần suất và cường độ thiên tai. Trong nhiều năm qua, Chính phủ Việt Nam đã đạt được những tiến bộ đáng ghi nhận trong công tác phòng tránh và giảm nhẹ rủi ro thiên tai. Ngành Công an là một trong những bộ/ ngành đóng góp quan trọng trong những nỗ lực của Việt Nam trong công tác phòng chống thiên tai, đặc biệt trong công tác ứng phó với BĐKH. Để có thể nâng cao hiệu quả đóng góp này của ngành Công an, cần thiết phải đánh giá được hiện trạng công tác ứng phó với BĐKH, phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn của ngành. Trên cơ sở áp dụng quy trình quản lý rủi ro thiên tai khép kín 4 bước: (1) Phòng ngừa, giảm thiểu; (2) Chuẩn bị sẵn sàng; (3) Ứng phó trong và ngay sau thiên tai; (4) Phục hồi và tái thiết, bài báo này trình bày kết quả đánh giá theo 4 nhóm nội dung: (i) Cơ cấu tổ chức; (ii) Xây dựng và lập kế hoạch, (iii) Nguồn lực, và (iv) Trình độ và kỹ năng của lực lượng Công an nhân dân (CAND) tham gia công tác ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn.

Từ khóa: Ứng phó với biến đổi khí hậu; Phòng chống thiên tai; Tìm kiếm cứu nạn.

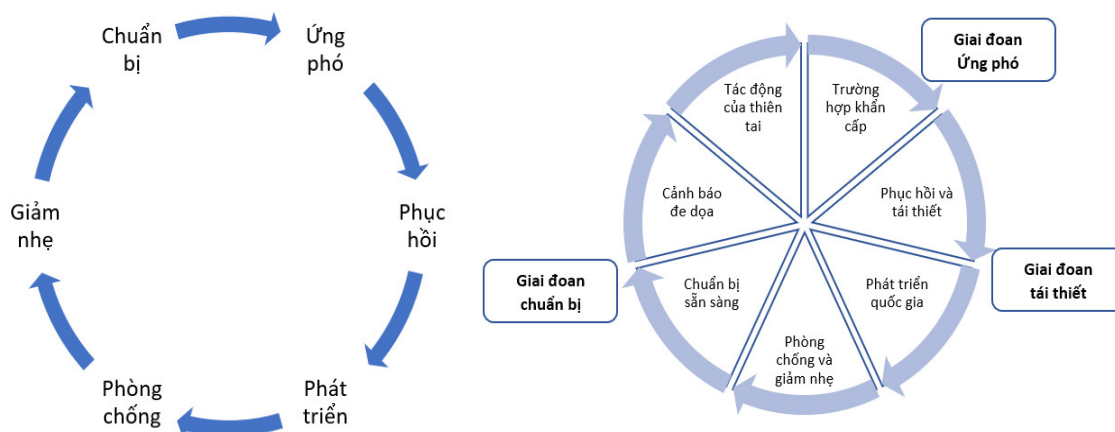
1. Mở đầu

Quy trình quản lý thiên tai khép kín (*Disaster management cycle*) là một công cụ quan trọng và được sử dụng phổ biến ở nhiều quốc gia và vùng lãnh thổ [1]. Nhiều tổ chức, các nhà khoa học sử dụng khái niệm quy trình quản lý thiên tai khép kín là quá trình liên tục, trong đó các chính phủ, doanh nghiệp và xã hội dân sự lập kế hoạch và giảm thiểu các tác động của thiên tai, phản ứng trong và ngay sau khi thiên tai xảy ra và thực hiện các bước để phục hồi sau khi xảy ra thiên tai (điển hình như Trung tâm nghiên cứu phát triển toàn cầu (GDRC) São Carlos Brazil [2]). Quy trình quản lý thiên tai khép kín do [3] đề xuất bao gồm sáu giai đoạn khác nhau: (i) tái thiết, (ii) giảm nhẹ và dự báo, (iii) khả năng sẵn sàng ứng phó, (iv) cảnh báo, (v) cứu trợ và (vi) phục hồi. Quy trình do Chương trình Phát triển Liên hợp quốc (UNDP) và Tổ chức cứu trợ thiên tai của Liên hợp quốc (UNDRO) đề xuất bao gồm năm giai đoạn. Trong khi đó quy trình khép kín với 3 giai đoạn gồm ứng phó trong thiên tai, phục hồi sau

thiên tai và giai đoạn chuẩn bị và giảm nhẹ trước thiên tai được đề cập đến trong một số tài liệu khác [1-2].

Ngoài ra, có nhiều quy trình quản lý thiên tai khép kín khác bao gồm hai giai đoạn là trước khi xảy ra thiên tai (gồm phòng ngừa, giảm nhẹ và chuẩn bị sẵn sàng ứng phó) và sau khi xảy ra thiên tai (gồm phục hồi và giảm nhẹ) [4]. Tương tự, [5] nhận định quy trình quản lý thiên tai khép kín là một quá trình liên tục của 2 giai đoạn: Giai đoạn trước thiên tai gồm Giảm nhẹ (giảm thiểu rủi ro và phơi lộ trước thiên tai) và Chuẩn bị sẵn sàng (lập kế hoạch, chuẩn bị sẵn sàng ứng phó và ngăn ngừa hiểm họa); Giai đoạn sau thiên tai gồm Ứng phó (giảm tác động của thiên tai thông qua các nỗ lực ứng phó và tìm kiếm cứu nạn) và phục hồi (thông qua dọn dẹp và tái thiết).

Tuy nhiên, quy trình kín quản lý thiên tai bao gồm bốn giai đoạn được xem là phổ biến hơn cả [6]. Quy trình này được ghi nhận trong nghiên cứu của Alexander vào năm 2002 [2]. Quy trình quản lý hiểm họa của Ngân hàng phát triển Châu Á (ADB) bao gồm 4 giai đoạn là sự tổng hòa và kết hợp của các hoạt động liên tiếp. ADB nhấn mạnh quan điểm, để có hiệu quả, quản lý thiên tai cần được thực hiện như một hoạt động toàn diện và liên tục, không phải là một phản ứng định kỳ đối với các tình huống thiên tai riêng lẻ [7]. Cụ thể, quy trình quản lý thiên tai sử dụng cho các chương trình phát triển và các nước thành viên của ADB được khuyến cáo áp dụng như Hình 1. Tương tự với quy trình khép kín như ADB và nhiều tổ chức quốc tế, quốc gia cũng như nhiều nghiên cứu đã đề cập đến ở trên, chính quyền bang Queensland ở Úc cũng tập trung vào quy trình khép kín tương tự trong quản lý các rủi ro và thực hiện các hành động phòng chống thiên tai (PCTT) [8].



Hình 1. Quy trình quản lý thiên tai cơ bản của ADB [7].

Cơ quan Quản lý Khẩn cấp Liên bang Hoa Kỳ (FEMA) quản lý, phân hồi và thực hiện các giải pháp phục hồi, giảm thiểu các tác động của thiên tai/các trường hợp khẩn cấp theo 04 giai đoạn: Giai đoạn giảm thiểu (*Mitigation*); Giai đoạn chuẩn bị (*Preparedness*); Giai đoạn ứng phó (*Response*); Giai đoạn phục hồi (*Recovery*):

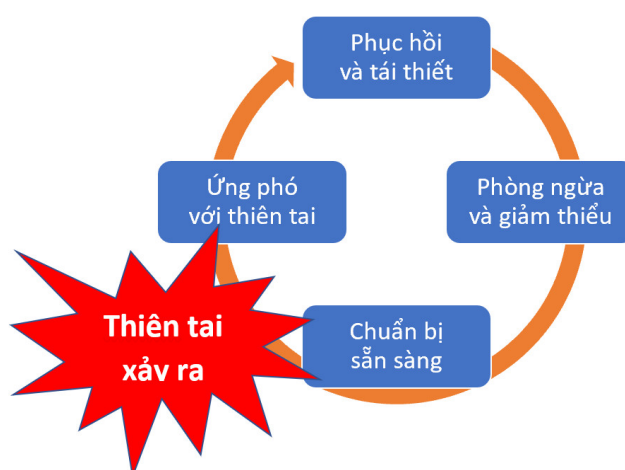
Như vậy có thể thấy, mặc dù có nhiều biến thể khác nhau đối với số giai đoạn trong quy trình quản lý thiên tai khép kín nhưng phiên bản phổ biến nhất là quy trình với 4 giai đoạn (minh họa trong Hình 2).

- Phòng ngừa/ Giảm thiểu (*Mitigation*): Bao gồm các biện pháp giảm thiểu được lồng ghép vào quy hoạch phát triển quốc gia và khu vực nhằm loại bỏ hoặc giảm thiểu xác suất xảy ra hiểm họa thiên tai trong tương lai và giảm thiểu tác động cũng như thiệt hại gây ra từ những hiểm họa không thể tránh khỏi.

- Chuẩn bị (*Preparation*): Bao gồm việc xây dựng kế hoạch hoặc sự chuẩn bị sẵn sàng ứng phó và phục hồi trước các tình huống khẩn cấp thông qua các chương trình tăng cường năng lực quản lý và kỹ thuật của các Chính phủ, tổ chức và cộng đồng.

- Ứng phó với thiên tai (*Response*): bao gồm các hành động thực hiện trong hoặc ngay sau tình huống khẩn cấp, bao gồm các nỗ lực cứu người và ngăn ngừa thiệt hại thêm về tài sản. Trọng tâm trong giai đoạn ứng phó là đáp ứng các nhu cầu cơ bản của người dân cho đến khi tìm được các giải pháp lâu dài và bền vững hơn.

- Phục hồi sau thiên tai (*Recovery*): bao gồm việc khôi phục, xây dựng lại khu vực bị ảnh hưởng đã được đánh giá và các nỗ lực ứng phó phù hợp đã được thực hiện trong giai đoạn ngay trong và sau thiên tai. Mục đích của giai đoạn này là khôi phục môi trường, kinh tế và xã hội để đưa cộng đồng bị ảnh hưởng trở lại trạng thái ban đầu và phát triển tái thiết hướng tới các điều kiện tốt hơn và bền vững hơn.



Hình 2. Quy trình quản lý thiên tai khép kín [6].

Bài báo này áp dụng quy trình quản lý thiên tai khép kín 4 bước của ADB để đánh giá hiện trạng và đóng góp của ngành công an đối với công tác ứng phó với biến đổi khí hậu (ÚPBĐKH), phòng chống thiên tai (PCTT) và tìm kiếm cứu nạn (TKCN) quốc gia.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Việc đánh giá hiện trạng và đóng góp của ngành Công an cho công tác ÚPBĐKH, PCTT và TKCN được tiến hành theo quy trình 4 bước của ADB, như sau:

- Giai đoạn phòng ngừa và giảm thiểu: là khoảng thời gian mà Chính phủ, các Bộ, ngành và địa phương xây dựng và thực hiện các hành động hàng năm. Trong đó, tập trung vào các hành động và biện pháp nhằm loại bỏ hoặc giảm thiểu xác suất xảy ra hiểm họa thiên tai trong tương lai và giảm thiểu tác động cũng như thiệt hại gây ra từ những hiểm họa không thể tránh khỏi.

- Giai đoạn chuẩn bị: là giai đoạn từ khi Chính phủ, các Bộ, ngành và địa phương xây dựng và thực hiện các hành động khi có các dự báo ngắn hạn liên quan đến thiên tai. Các hành động trong giai đoạn này sẽ tập trung nhiều vào việc xây dựng kế hoạch hoặc chuẩn bị sẵn sàng ứng phó và phục hồi trước các tình huống khẩn cấp.

- Giai đoạn ứng phó trong và ngay sau thiên tai: là giai đoạn từ khi Chính phủ, các Bộ, ngành, địa phương và cộng đồng thực hiện các hành động PCTT và TKCN trong và ngay sau khi thiên tai xảy ra. Các hành động chính tập trung vào các nỗ lực cứu người và ngăn ngừa thiệt hại thêm về tài sản.

- Giai đoạn phục hồi và tái thiết: là giai đoạn từ khi Chính phủ, các Bộ, ngành, địa phương và cộng đồng xây dựng và thực hiện các hành động khôi phục, xây dựng lại khu vực bị ảnh hưởng, cũng như tiếp tục các nỗ lực ứng phó phù hợp đã được thực hiện trong giai đoạn trên.

Các tiêu chí được đánh giá theo 4 nhóm nội dung: (i) Cơ cấu tổ chức; (ii) Xây dựng và lập kế hoạch, (iii) Nguồn lực, và (iv) Trình độ và kỹ năng của lực lượng CAND tham gia công tác PCTT và TKCN [9].

2.2. Thu thập số liệu

Để phục vụ nghiên cứu, các phương pháp phỏng vấn bằng bảng hỏi và phỏng vấn sâu được sử dụng, cụ thể:

- Phỏng vấn bằng bảng hỏi: nghiên cứu sử dụng bảng hỏi để phỏng vấn và hỏi ý kiến của các cán bộ trong ngành Công an nhằm thu thập thông tin trực tiếp những cán bộ Công an thực hiện công tác PCTT và TKCN. Các nội dung phản ánh trong các mẫu phiếu điều tra này sau đó được mã hóa, tổng hợp, xử lý và đánh giá ý nghĩa thống kê của các số liệu thu thập được thông qua phần mềm Excel.

- Phỏng vấn sâu: Phương pháp phỏng vấn sâu được sử dụng nhằm hiểu sâu, hiểu kỹ về bản chất của các nguyên nhân dẫn đến những bất cập và thiếu sót trong công tác PCTT và TKCN của ngành Công an trong điều kiện BĐKH.

3. Kết quả và thảo luận

Trong mục này, bài báo trình bày kết quả đánh giá hiện trạng công tác UPBĐKH, PCTT và TKCN (sau đây gọi tắt là UPT) của ngành Công an dựa trên các tài liệu thu thập được và ý kiến của các cán bộ đang trực tiếp tham gia chỉ đạo và thực hiện các hoạt động này.

3.1. Giai đoạn phòng ngừa/ giảm thiểu

3.1.1. Cơ cấu tổ chức

Có 2 nội dung/ tiêu chí được phân tích và đánh giá, gồm: (1) Rà soát và cập nhật Hệ thống văn bản pháp quy có liên quan; (2) Đảm bảo sự thống nhất và thông suốt trong phân công, chỉ đạo và chỉ huy giữa các cấp/ ngành có liên quan từ trung ương đến địa phương và cấp cơ sở/cộng đồng;

Bộ Công an (BCA) đã ban hành một số văn bản pháp quy có liên quan đến lĩnh vực UPT cũng như đảm bảo công tác phân công, chỉ đạo và chỉ huy. Hàng năm, Bộ Công an xây dựng báo cáo đánh giá kết quả và khó khăn, hạn chế trong thực hiện UPT của năm trước và xây dựng kế hoạch công tác cho năm sau. Các nội dung về ứng phó với BĐKH và các tác động BĐKH luôn được lồng ghép và đánh giá đầy đủ trong các báo cáo và kế hoạch công tác này.

Ban Chỉ đạo UPT của Bộ Công an hàng năm đều ban hành Kế hoạch hoạt động, trong đó, xác định rõ mục đích, yêu cầu, nhiệm vụ trọng tâm và phân công trách nhiệm cụ thể cho Công an các đơn vị, địa phương trong công tác UPT. Các đơn vị chức năng và Công an các địa phương đã cụ thể hóa các chỉ đạo của Đảng ủy Công an Trung ương, rà soát và bổ sung điều chỉnh cho phù hợp, thường xuyên đôn đốc kiểm tra việc thực hiện các phương án, quán triệt, nhất quán và thực hiện nghiêm túc phương châm “4 tại chỗ” và “3 sẵn sàng”.

Như vậy, trong giai đoạn phòng ngừa và giảm thiểu, các nội dung liên quan đến cơ cấu tổ chức, hệ thống văn bản pháp quy nhằm thực hiện UPT đã được Bộ Công an quan tâm và văn bản hóa. Tuy nhiên, các văn bản thường tập trung vào phân công các đơn vị thực hiện theo chức năng nhiệm vụ được giao, trong khi đó, nhiều trường hợp, điều kiện hiện tại của các đơn vị chức năng không thực sự thuận lợi để thực hiện theo chỉ đạo. Do đó, hiệu quả của công tác phòng ngừa giảm thiểu thiệt hại của thiên tai thông qua các chỉ đạo còn một số bất cập.

Các ý kiến của cán bộ chiến sĩ (CBCS) và cán bộ quản lý tham gia trả lời khảo sát cơ bản có nhiều điểm trùng hợp đánh giá trên, cụ thể:

“Trong những năm gần đây, đã có nhiều văn bản chỉ đạo và điều hành của Bộ về các nội dung liên quan đến công tác PCTT và TKCN trong điều kiện BĐKH, Bộ đã có nhiều văn bản

chỉ đạo cụ thể hàng năm, cũng như những cập nhật và bổ sung theo các chỉ đạo mới của Chính phủ. Tuy nhiên, hiện nay một số đơn vị đang gặp nhiều khó khăn...” [10].

“Công tác đào tạo, tập huấn, huấn luyện cho CBCS Công an cấp cơ sở chưa được thực hiện thường xuyên, mới tập trung thực hiện tập huấn đối với Lãnh đạo cấp Phòng và cán bộ được giao giúp việc Ban chỉ huy UPT Công an các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương; đề xuất thường xuyên tổ chức bồi dưỡng, đào tạo, tập huấn, huấn luyện kỹ nghiệp vụ, kỹ năng PCTT&TKCN cho Công an cấp tỉnh, cấp huyện và cấp xã để thực hiện công tác PCTT và TKCN có hiệu quả cao hơn” [10]. “... Cần phải có nguồn kinh phí và chế độ chính sách phù hợp để hỗ trợ cán bộ chiến sĩ trực tiếp tham gia ứng phó và khắc phục hậu quả do thiên tai gây ra” [10] Kết quả đánh giá được tổng kết trong Bảng 1.

Bảng 1. Đánh giá sơ bộ về cơ cấu tổ chức trong giai đoạn phòng ngừa/giảm thiểu.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Cơ cấu tổ chức	- Hệ thống văn bản pháp quy có liên quan được rà soát và cập nhật	Đảm bảo
	- Đảm bảo sự thống nhất và thông suốt trong chỉ đạo và chỉ huy giữa các cấp/ngành có liên quan từ Trung ương đến địa phương/cơ sở	Đảm bảo, tuy nhiên còn một số hạn chế trong thực hiện, kết quả mang lại tại các cấp ở địa phương, cơ sở
	- Rà soát kiện toàn tổ chức PCTT và TKCN hàng năm	Đề đảm bảo thực hiện tốt công tác chỉ đạo, cần rà soát kiện toàn tổ chức.

3.1.2. Xây dựng và lập kế hoạch

Để đánh giá hiệu quả công tác xây dựng và thực hiện các kế hoạch hàng năm về UPT, 03 nội dung/tiêu chí được đề xuất xem xét và đánh giá như sau: (1) Mức độ cập nhật các thông tin và tính sát thực của các kế hoạch được xây dựng; (2) Lồng ghép các nội dung liên quan đến UPT trong các kế hoạch, quy hoạch phát triển; (3) Kế hoạch thông tin, tuyên truyền và tổ chức các lớp đào tạo nâng cao trình độ nguồn nhân lực của lực lượng Công an nhân dân thực hiện UPT.

Tại các cấp, thông tin về thực hiện UPT luôn được lồng ghép và cập nhật vào các kế hoạch của năm sau. Tuy nhiên, công tác xây dựng và lập kế hoạch vẫn chưa thực sự sát với tình hình thực tế tại một số địa phương, thiếu sự thống nhất đồng bộ. Các văn bản pháp quy, luật và quy định các cấp có liên quan về UPT đã được chủ động lồng ghép để tổ chức quán triệt, phổ biến đến cán bộ chiến sĩ (CBCS). Tuy nhiên, các kết quả và hiện trạng công tác lồng ghép chưa thực sự rõ ràng. Kết quả đánh giá được tổng kết trong Bảng 2.

Bảng 2. Đánh giá sơ bộ về xây dựng và lập kế hoạch trong giai đoạn phòng ngừa/giảm thiểu.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Xây dựng và lập kế hoạch	- Mức độ cập nhật các thông tin và tính sát thực của các kế hoạch được xây dựng	Các thông tin được cập nhật liên tục
	- Lồng ghép các nội dung liên quan đến UPT trong các kế hoạch, quy hoạch phát triển ngành (gồm 6 nội dung quy định trong Khoản 5 Điều 15 của Luật PCTT)	Đã được từng bước thực hiện, tuy chưa có các báo cáo kết quả rõ ràng và cụ thể
	- Kế hoạch thông tin, tuyên truyền và tổ chức tập huấn, huấn luyện, diễn tập và đào tạo nâng cao trình độ nguồn nhân lực của lực lượng CAND thực hiện UPT	Được quan tâm và thực hiện trong báo cáo hàng năm về UPT

3.1.3. Nguồn lực

Nghiên cứu tập trung vào 06 nội dung để đánh giá công tác đảm bảo nguồn lực (Bảng 3). Trong đó bao gồm 3 nguồn lực chính là nguồn nhân lực, nguồn lực về cơ sở vật chất và tài chính.

Về nguồn nhân lực: kết quả điều tra và phân tích cho thấy số lượng CBCS qua đào tạo, tập huấn của ngành Công an tham gia công tác UPT là tương đối cao (gần 80%), nhưng lực

lượng qua đào tạo hệ trung và sơ cấp còn chiếm tỷ lệ lớn (35%). Điều đó cho thấy chất lượng của CBCS tham gia công tác UPT còn thấp, khó có thể đáp ứng nhiệm vụ đặt ra trong thời gian sắp tới.

Nhận thức được tầm quan trọng trong thực hiện “4 tại chỗ” trong thực hiện công tác UPT, ngành Công an đã tập trung và chỉ đạo theo hướng huy động nguồn nhân lực tại chỗ. Để có thể hoàn thành tốt công tác UPT, cần có những cơ chế, chính sách hỗ trợ cũng như có những chương trình, dự án phát triển nâng cao nguồn nhân lực đặc biệt là lực lượng thường trực chuyên trách, đầu tư cơ sở vật chất, phương tiện, trang thiết bị kỹ thuật và công tác tổ chức cán bộ để ngành Công an đáp ứng được yêu cầu nhiệm vụ ngày càng cao của công tác UPT.

Nhằm khuyến khích, động viên cán bộ, chiến sĩ và các lực lượng an tâm làm nhiệm vụ, Bộ Công an đã có các văn bản, quy định, hướng dẫn cụ thể, bảo đảm chế độ, chính sách phù hợp cho các lực lượng làm nhiệm vụ UPT. Tuy nhiên, qua nghiên cứu ra soát một số văn bản này đã được ban hành từ những năm 2008 về trước và đang tiếp tục được áp dụng.

Về cơ cấu tổ chức: Việc chỉ định đơn vị thường trực công tác UPT tại Ban Chỉ huy UPT Công an các địa phương còn chưa rõ ràng, thống nhất, không có cán bộ chuyên trách, chỉ có cán bộ kiêm nhiệm nên hiệu quả công việc chưa cao, chưa đạt yêu cầu.

Về chế độ chính sách: Chưa có quy định rõ ràng về lực lượng chuyên trách, dự bị, xung kích và kiêm nhiệm; có nhưng chưa đầy đủ về chế độ chính sách, bồi dưỡng cho các lực lượng dự bị, xung kích, kiêm nhiệm tham gia UPT. Chưa có quy định cụ thể về đào tạo, cấp chứng chỉ huấn luyện kỹ năng nghiệp vụ chuyên sâu về công tác UPT, hướng dẫn sử dụng thuần thục các trang thiết bị, phương tiện cứu hộ, cứu nạn trong thiên tai, sự cố nghiêm trọng cho các lực lượng. Chưa có chính sách khuyến khích các hoạt động khoa học công nghệ, thu hút đầu tư, hợp tác quốc tế, huy động nguồn lực nghiên cứu ứng dụng khoa học công nghệ trong UPT.

Về phương tiện trang thiết bị: Chưa có tiêu chuẩn định mức trang bị cho các lực lượng thường trực chuyên trách, xung kích, dự bị tham gia UPT từ cấp tiểu đội, trung đội đến đại đội... Qua điều tra đánh giá từ các đơn vị địa phương, gần như 100% các phương tiện, trang thiết bị kỹ thuật đang được sử dụng tuy nhiên mới chỉ đáp ứng được khoảng 60% nhu cầu của công tác UPT. Cá biệt có những loại phương tiện chưa được đầu tư như xe lương cứu tìm kiếm cứu nạn, trạm công tác di động. Đây là một trong những nguyên nhân gây khó khăn rất lớn cho ngành Công an trong công tác UPT khi có thiên tai, sự cố xảy ra.

Hệ thống các cơ sở nghiên cứu, sản xuất của khu công nghiệp an ninh có quy mô nhỏ, chưa tương xứng với yêu cầu phục vụ chiến đấu và xây dựng lực lượng của ngành Công an trong giai đoạn mới: Các sản phẩm phương tiện kỹ thuật nghiệp vụ, công cụ hỗ trợ trang bị cho các đơn vị, địa phương còn rất thiếu về số lượng và chất lượng chưa cao; cơ sở vật chất, trang thiết bị và trình độ công nghệ của đa số các cơ sở nghiên cứu, sản xuất có hàm lượng công nghệ cao thấp. Mạng lưới Kho do Bộ Công an quản lý hiện nay bộc lộ nhiều hạn chế. Các điểm kho nhỏ lẻ phân tán, xa các điểm xung yếu về thiên tai, bão lũ, thậm chí, dễ bị chia cắt, cô lập khi có thiên tai, bão, lũ xảy ra. Công nghệ bảo quản lạc hậu; trang thiết bị kho thô sơ, phân bổ lực lượng chưa hợp lý, nơi thừa, nơi thiếu; chưa đáp ứng tốt nhất yêu cầu nhiệm vụ trong các tình huống đột xuất của Nhà nước và ngành Công an. Một trong những nguyên nhân hạn chế trên là do việc đầu tư xây dựng hệ thống kho chưa theo quy hoạch tổng thể của toàn hệ thống [11].

Bảng 3. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến nguồn lực, giai đoạn phòng ngừa/giảm thiểu.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Nguồn lực	- Định kỳ thực hiện sửa chữa, bảo dưỡng và đầu tư mới nhằm đảm bảo nguồn lực (Phương tiện, trang thiết bị, nhu yếu phẩm, các công trình PCTT và nguồn lực khác - đảm bảo nguyên tắc “4 tại chỗ”);	Luôn được đề cập trong kế hoạch hàng năm, tuy nhiên vẫn còn thiếu nhiều về số lượng và chất lượng chưa cao; cơ sở vật chất, trang thiết bị và trình độ công nghệ còn hạn chế.
	- Định kỳ thực hiện sửa chữa, bảo dưỡng, đầu tư mới trang thiết bị của hệ thống thông tin liên lạc, hệ thống cảnh báo và hệ thống quản lý	Luôn được đề cập trong kế hoạch hàng năm

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
	<p>thông tin</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hỗ trợ thực hiện xây dựng mới và nâng cấp trụ sở, nơi làm việc của hệ thống Công an cấp xã kết hợp sử dụng làm địa điểm sơ tán dân khi có sự cố, thiên tai; - Đầu tư mới nhằm đảm bảo nguồn lực phương tiện, trang thiết bị thiết yếu cho lực lượng Công an cấp xã theo phương châm “4 tại chỗ”; - Quan điểm hướng về cơ sở để đầu tư. - Kế hoạch/dự kiến Phân bổ nguồn lực tài chính cho các hoạt động hàng năm - Phát triển và nâng cao chất lượng năng lực CBCS cũng như nâng cao khả năng huy động lực lượng CAND thực hiện UPT. - Thực hiện đăi ngộ cán bộ chiến sĩ thực hiện nhiệm vụ UPT. 	<ul style="list-style-type: none"> - Riêng Bộ Công an đã hình thành hệ thống Công an 4 cấp, cụ thể Bộ đã triển khai hệ thống Công an xã chính quy đến tất cả các xã trên toàn quốc; - Tuy nhiên để đầu tư các cơ sở hạ tầng thiết yếu cũng cần phải xây dựng các đề án, dự án đầu tư để đáp ứng yêu cầu đa nhiệm vụ trong đó có công tác UPT. <p>Có những quy định trong ưu tiên phân bổ nguồn kinh phí và trang cấp.</p> <p>Đã đầu tư thực hiện, tuy nhiên trong các kế hoạch hàng năm về UPBĐKH, PCTT và TKCN cần thực hiện tốt hơn nữa.</p> <p>Đã quan tâm, nhưng cần bổ sung các nội dung về chế độ lương, phụ cấp, bảo đảm quyền lợi cho các lực lượng tham gia PCTT và TKCN, cứu hộ của lực lượng CAND.</p>

Về nguồn lực tài chính, Bộ Công an luôn có chính sách ưu tiên bố trí kinh phí và trang cấp, bổ sung phương tiện, vật tư phục vụ UPT. Các đơn vị liên quan chủ động đề xuất lãnh đạo Bộ điều chỉnh phân bổ ngân sách, bổ sung danh mục và trang cấp cho Công an địa phương, tranh thủ nguồn lực hỗ trợ từ chính quyền địa phương và xã hội hóa. Đánh giá từ thực tế năm 2020 với tình hình thiên tai liên tục, Bộ Công an đã chỉ đạo xuất cấp hết các vật tư, phương tiện phục vụ cho công tác PCTT và TKCN, cứu hộ, qua đây cần nghiêm túc đánh giá công tác đầu tư bảo đảm còn chưa đầy đủ, chưa nói đến đầu tư dự phòng, với các điều kiện và yêu cầu cấp thiết trên Bộ Công an cần tập trung xây dựng các đề án dự án đầu tư mua sắm và trang cấp để phục vụ công tác chiến đấu, PCTT và TKCN. Kết quả đánh giá được trình bày trong Bảng 3.

3.1.4. Trình độ và kỹ năng

Các nội dung liên quan đến việc phát triển trình độ khoa học công nghệ cho lực lượng CAND đã được đặt ra và thực hiện trong Khung chương trình hành động UPBĐKH giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn 2050 được ban hành ngày 13/01/2020 theo Quyết định số 270/QĐ-BCA-H06. Trong đó, có đề cập đến hoạt động nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ, tăng cường hợp tác quốc tế để áp dụng các thành tựu khoa học công nghệ bảo vệ môi trường nhằm UPBĐKH, giảm thiểu tác động xấu ảnh hưởng đến hoạt động của công tác Công an.

Việc đầu tư hiện đại hóa trang bị, phương tiện PCTT và TKCN là chủ trương và hướng đi đúng của Ban Chỉ đạo UPT Bộ Công an trong công tác tham mưu cho lãnh đạo Bộ tổ chức thực hiện, nâng cao năng lực, hiệu quả công tác phòng, chống, ứng phó thiên tai, và tìm kiếm, cứu nạn trước những diễn biến phức tạp của tình hình an ninh phi truyền thống hiện nay. Thực tế, việc trang bị phương tiện PCTT và TKCN, cứu hộ vẫn còn chậm được bổ sung, phát triển, nhất là các trang thiết bị chuyên dụng, hiện đại.

Để có thể có được những nhận định về trình độ và kỹ năng phục vụ công tác UPT trong giai đoạn phòng ngừa và giảm thiểu, một số đánh giá về hiện trạng trình độ chuyên môn của các CBCS được đề cập.

Trong đó, tại cấp địa phương, 55% cán bộ chiến sĩ tham gia nhiệm vụ chung được đào tạo chuyên ngành Cảnh sát, 14% cán bộ chiến sĩ đào tạo chuyên ngành An ninh, 12% được đào tạo PCCC và 3% đào tạo cứu nạn, cứu hộ. Ngoài ra chỉ có 7% lực lượng được đào tạo chuyên ngành hậu cần, kỹ thuật.

- Tham gia với công tác ứng phó với BĐKH: Có 60% lực lượng Công an tham gia có nghiệp vụ cảnh sát, 17% được đào tạo chuyên ngành PCCC, 8% chuyên ngành An ninh và 5% cứu nạn cứu hộ, 4% đào tạo Hậu cần - kỹ thuật.

- Tham gia công tác PCTT: Có 54% cán bộ chiến sĩ được đào tạo chuyên ngành Cảnh sát, 13% là PCCC, 12% chuyên ngành An ninh và 9% có nghiệp vụ Hậu cần - kỹ thuật.

- Tham gia công tác TKCN: Có 57% lực lượng Công an được đào tạo chuyên ngành Cảnh sát, 24% là PCCC, 5% Hậu cần - kỹ thuật và 3% đào tạo chuyên ngành An ninh [12]. Nhìn chung các lực lượng tham gia công tác UPBĐKH, PCTT và TKCN của ngành Công an chủ yếu được đào tạo chuyên ngành Cảnh sát bình quân chiếm trên 56%, An ninh gần 9%, PCCC gần 18%, cứu nạn, cứu hộ 4,5% và Hậu cần - kỹ thuật trên 6%. Do đó để đáp ứng được nhu cầu nhiệm vụ ngày càng cao, việc phát triển các cơ sở đào tạo các lĩnh vực nêu trên về chất lượng cũng như số lượng là một trong những nhiệm vụ hàng đầu của ngành Công an nói chung và của các cơ sở đào tạo của ngành Công an nói riêng. Bộ Công an đã thực hiện nhiều biện pháp liên quan đến hoạt động truyền thông và nâng cao năng lực của lực lượng CAND. Kết quả đánh giá được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến trình độ và kỹ năng, giai đoạn phòng ngừa/giảm thiểu.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Trình độ và kỹ năng	- Đẩy mạnh áp dụng KHCN trong chỉ huy, điều hành và phối hợp với các ngành/đơn vị có liên quan khác trong thực hiện UPT	Đã được quan tâm và từng bước thực hiện
	- Đảm bảo hoạt động diễn tập phù hợp với các cấp độ rủi ro của sự cố, thiên tai	Đã được quan tâm và từng bước thực hiện
	- Hoạt động truyền thông và nâng cao năng lực của lực lượng CAND trong PCTT và TKCN.	Đã được quan tâm và từng bước thực hiện

Về công tác tuyên truyền, đã có nhiều tài liệu, sổ tay kiến thức, kỹ năng CNCH cơ bản như: Kỹ năng xử lý các sự cố, tai nạn thường gặp, tuyên truyền bằng pano, áp phích, tờ rơi,... chủ động phối hợp với các cơ quan, đài báo trong và ngoài lực lượng như Đài truyền hình Việt Nam, Thông tấn xã, Kỹ thuật số VTV, ANTV, VOV, Cổng thông tin điện tử Chính phủ, Tạp chí PCCC,... thường xuyên tuyên truyền và phổ biến kiến thức về BĐKH, thiên tai, cũng như những văn bản quy phạm pháp luật về công tác UPBĐKH, PCTT và TKCN. Nội dung tuyên truyền bao gồm cả những ví dụ điển hình, những giải thích và trao đổi nhằm thuyết phục và luận giải những thông tin trái chiều [13].

3.2. Giai đoạn chuẩn bị

3.2.1. Cơ cấu tổ chức

Ban Chỉ đạo UPBĐKH, PCTT và TKCN Bộ Công an thường xuyên đôn đốc Công an các đơn vị, địa phương báo cáo tình hình triển khai công tác ứng phó với các đợt bão, lũ và thiên tai khác nhằm tập hợp báo cáo lãnh đạo Bộ Công an để có biện pháp xử lý kịp thời. Tổ chức thực hiện nghiêm túc 24/24 trong ngày theo dõi diễn biến của thiên tai, bão, mưa lũ; ban hành nhiều công điện kịp thời chỉ đạo Công an các đơn vị, địa phương trong cả nước. Tập trung đảm bảo hệ thống thông tin liên lạc hoạt động thông suốt giữa cơ quan Bộ và Công an các đơn vị, địa phương. Trên thực tế Bộ Công an đã và đang nghiên cứu ban hành các phương án Chi viện lực lượng, phương tiện của ngành Công an tham gia ứng phó với bão mạnh đổ bộ vào Việt Nam. Trong đó xác định rõ vai trò, chức năng, và nhiệm vụ cụ thể của từng đơn vị, địa phương. Ngoài ra, Bộ Công an cũng phối hợp cùng các bên liên quan trong chủ động rà soát, xây dựng phương án ứng phó đối với từng loại hình thiên tai, sự cố cơ bản có thể xảy ra trên địa bàn và thuộc phạm vi quản lý; sẵn sàng vật tư, trang thiết bị, nhân lực để ứng phó kịp thời.

Như vậy, có thể nhận thấy Bộ Công an đã thực hiện tương đối tốt công tác quản lý và cơ cấu tổ chức trong giai đoạn chuẩn bị, khi có các thông tin dự báo ngắn hạn và trung hạn về thiên tai, các hiện tượng thời tiết cực đoan,... Kết quả đánh giá được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến cơ cấu tổ chức thực hiện, giai đoạn chuẩn bị.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Cơ cấu tổ chức	- Đảm bảo thực hiện các mệnh lệnh chỉ đạo của cấp trên;	Đã được quan tâm
	- Rà soát và kiện toàn bộ máy UPT tại Công an 04 cấp: Cấp Bộ, cấp tỉnh, cấp huyện, cấp xã);	Đã được quan tâm và thực hiện nghiêm túc đến cấp huyện và tiếp tục kiện toàn đến cấp xã.
	- Thực hiện trực ban nghiêm túc, theo dõi chặt chẽ diễn biến của các loại hình thiên tai;	Đã được quan tâm và thực hiện nghiêm túc
	- Phối hợp các đơn vị chức năng đảm bảo các nhà máy thủy điện, các công trình thủy lợi vận hành theo đúng quy định/quyết định và kế hoạch của từng năm.	Đã phối hợp thực hiện với các đơn vị có liên quan

3.2.2. Xây dựng và lập kế hoạch

Các đơn vị được phân công triển khai hoạt động UPT của Bộ Công an đã luôn thực hiện điều chỉnh các phương án PCTT, sơ tán, tìm kiếm cứu nạn, cứu hộ phù hợp với diễn biến của thiên tai và các hiện tượng thời tiết cực đoan. Trong Sở tay hướng dẫn thực hiện xây dựng các phương án ứng theo các loại hình thiên tai tương ứng với cấp độ rủi ro thiên tai, các nội dung cần phải thực hiện điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện thực tế đã được xác định rõ. Căn cứ vào các nội dung của Ban chỉ đạo trung ương về PCTT [11], ngành Công an kết hợp cùng các đơn vị liên quan xây dựng, lên kế hoạch và điều chỉnh các phương án ứng phó cho một số nội dung tương ứng với các loại hình thiên tai cụ thể. Trong đó, nêu rõ cấp độ rủi ro của từng loại thiên tai, đối tượng bị ảnh hưởng và phương án ứng phó cần thiết được triển khai.

Như vậy có thể thấy, các hoạt động xây dựng, thực hiện và điều chỉnh các kế hoạch trong UPT của Bộ Công an cũng đã được thực hiện thông suốt và đầy đủ. Tuy nhiên, các thông tin về nguồn ngân sách dự kiến cho các công tác triển khai còn chưa mở, có thể tạo ra những bất lợi trong công tác xây dựng và điều chỉnh các phương án, đặc biệt tại các địa phương không có nhiều nguồn lực dự trữ. Kết quả đánh giá được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến xây dựng và lập kế hoạch, giai đoạn chuẩn bị.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Xây dựng và lập kế hoạch	- Xây dựng, thường xuyên cập nhật các kế hoạch và phương án cụ thể về nguồn lực, phân công và phối hợp thực hiện	Được quan tâm đặc biệt
	- Phối hợp xây dựng các phương án phòng chống liên quan đến các rủi ro thứ cấp	Được quan tâm và thực hiện
	- Lập kế hoạch về ngân sách và nguồn tài chính và xây dựng các phương án huy động kinh phí cho các hoạt động UPT	Nguồn lực hạn chế, sử dụng kinh phí chi thường xuyên

3.2.3. Nguồn lực

Trong giai đoạn chuẩn bị, có 3 nội dung chính cần được tiến hành đánh giá về hiệu quả và đóng góp của ngành Công an cùng các hoạt động chung của Quốc gia bao gồm: (1) Khả năng đảm bảo nguồn lực (phương tiện, trang thiết bị, nhu yếu phẩm, các công trình PCTT và nguồn lực khác, đảm bảo nguyên tắc “4 tại chỗ”); (2) Khả năng huy động lực lượng CAND thực hiện UPT; (3) Đảm bảo hoạt động của hệ thống thông tin liên lạc, cảnh báo và quản lý thông tin [11].

Trong những năm qua Đảng ủy Công an Trung ương và lãnh đạo Bộ Công an đã quan tâm và chỉ đạo quyết liệt công tác UPT trong toàn lực lượng Công an. Chủ động tổ chức kiểm tra đôn đốc công tác UPT của các đơn vị, địa phương, đặc biệt tại những địa bàn trọng điểm về bão, lũ; rà soát, thống kê, đánh giá thực lực vật tư phương tiện PCTT và TKCN toàn lực lượng; kịp thời trang cấp và bổ sung kinh phí phục vụ yêu cầu “4 tại chỗ” cho các đơn vị, địa phương trước mùa mưa bão, do đó, công tác ứng phó với thiên tai đã chủ động hơn và có

nhiều chuyển biến tích cực góp phần hạn chế thiệt hại về người và tài sản do thiên tai, sự cố gây ra.

Tuy vậy, ngành Công an nhất là ở đơn vị, địa phương nhiều nơi vẫn chưa đáp ứng được yêu cầu hiện tại, phương án PCTT và TKCN ở một số nơi vẫn chưa sát thực tế, công tác chuẩn bị theo phương châm “4 tại chỗ” chưa thực sự được quan tâm đúng mức, thiếu phương tiện, thiết bị phục vụ PCTT nên hiệu quả ứng phó, xử lý, khắc phục hậu quả thiên tai chưa cao. Ở một số địa phương, mặc dù các kế hoạch và phương án đã được xây dựng và điều chỉnh, song công tác huy động nguồn lực vẫn chưa hoàn chỉnh, thiếu tính thống nhất, chưa mang tính chuyên nghiệp. Các phương tiện chuyên dùng, đặc chủng chưa đủ mạnh để chủ động ứng phó với các tình huống thiên tai xảy ra. Kết quả đánh giá được trình bày trong Bảng 7.

Bảng 7. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến chuẩn bị nguồn lực, giai đoạn chuẩn bị.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Chuẩn bị nguồn lực	- Rà soát, kiến nghị bổ sung, sửa chữa và bảo dưỡng đảm bảo nguồn lực (phương tiện, trang thiết bị, nhu yếu phẩm, các công trình PCTT và nguồn lực khác đảm bảo nguyên tắc “4 tại chỗ”);	Đã được quan tâm và thực hiện. Cần được tiếp tục đầu tư
	- Khả năng huy động lực lượng CAND thực hiện UPT (thường trực, kiêm nhiệm, chuyên trách, xung kích và dự bị);	Đã được quan tâm và thực hiện. Cần được tiếp tục đầu tư
	- Đảm bảo hoạt động của hệ thống thông tin liên lạc, hệ thống cảnh báo và hệ thống quản lý thông tin.	Đã được quan tâm và thực hiện. Cần được tiếp tục đầu tư

3.2.4. Trình độ và kỹ năng

Các kết quả của hoạt động UPBĐKH, PCTT và TKCN của Bộ Công an là không thể phủ nhận, tuy nhiên Bộ Công an cũng đã chỉ ra các thiết hụt về mặt trình độ và kỹ năng của các CBCS. Kết quả đánh giá được trình bày trong Bảng 8.

Bảng 8. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến chuẩn trình độ và kỹ năng, giai đoạn chuẩn bị.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Trình độ và kỹ năng	- Khả năng tiếp nhận và xử lý các thông tin cảnh báo từ cộng đồng và các tổ chức/đơn vị có liên quan	Thường được giao cho các CBCS có kinh nghiệm thực tế chuẩn bị (Giao cho bộ phận Tham mưu; Hậu cần; Giao thông, Cơ động PCCC thực hiện)
	- Khả năng tiếp nhận, phán đoán tình hình và phản ứng phù hợp kịp thời với các thông tin dự báo về thiên tai	Thường được giao cho các CBCS có kinh nghiệm thực tế chuẩn bị (Giao cho bộ phận Tham mưu; Hậu cần; Giao thông, Cơ động PCCC thực hiện)

3.3. Giai đoạn ứng phó trong và ngay sau thiên tai

3.3.1. Cơ cấu tổ chức

Trong mục này, việc đánh giá hiện trạng, hiệu quả đóng góp của lực lượng CAND trong thực hiện các giải pháp của cả nước nhằm thực hiện nhiệm vụ UPT được dựa trên 3 tiêu chí: (1) Ban hành kịp thời, chính xác các công điện, mệnh lệnh nhằm thực hiện hoạt động UPT; (2) Kết hợp và huy động các nguồn lực và các đơn vị có liên quan thực hiện công tác UPT; (3) Khả năng phản ứng nhanh và chủ động trong triển khai các hành động UPT.

Để có thể có những hành động phù hợp và kịp thời với những diễn biến phức tạp của thời tiết và những thiệt hại tại các đơn vị, địa phương, Bộ Công an luôn sát sao và ban hành các Công điện chỉ đạo việc thực hiện các hoạt động PCTT và TKCN. Công tác huy động lực lượng trong và ngay sau thiên tai và sự cố luôn được thực hiện nghiêm túc và bài bản.

Nhìn chung trong thời gian vừa qua, công tác UPBĐKH, PCTT và TKCN đã được ngành Công an triển khai quyết liệt và đã có những kết quả nhất định, thiệt hại về người, tài sản đã giảm nhưng vẫn còn ở mức cao [13-16]. Kết quả đánh giá được tổng kết trong Bảng 9.

Bảng 9. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến cơ cấu tổ chức, giai đoạn ứng phó trong và sau thiên tai.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Cơ cấu tổ chức	- Ban hành kịp thời và chính xác các công điện, mệnh lệnh nhằm thực hiện các hoạt động PCTT và TKCN;	Đã thực hiện và đảm bảo tốt các yêu cầu của thực tế;
	- Kết hợp và huy động các nguồn lực và các đơn vị có liên quan thực hiện công tác PCTT và TKCN;	Đã được quan tâm và thực hiện nghiêm túc. Đã góp phần không nhỏ và giảm các mức độ thiệt hại người và của tại các địa phương
	- Khả năng phản ứng nhanh và chủ động trong triển khai các hành động PCTT và TKCN (mức độ phù hợp và kịp thời của các quyết định chỉ huy điều hành ứng phó).	Đã thực hiện và đảm bảo tốt các yêu cầu của thực tế.

3.3.2. Nguồn lực

Việc đảm bảo nguồn lực trong giai đoạn này đóng vai trò then chốt trong công tác PCTT và TKCN của toàn ngành, cũng như đóng góp quan trọng và nỗ lực chung của tỉnh, địa phương và cả nước. Phương châm và nguyên tắc chỉ đạo của Bộ Công an là tổ chức thường trực nghiêm túc 24/24h trong ngày, theo dõi sát diễn biến của thiên tai, bão, mưa lũ; ban hành nhiều Công điện để kịp thời chỉ đạo Công an các đơn vị, địa phương tổ chức triển khai công tác ứng phó với đợt thiên tai trên toàn quốc. Đảm bảo hệ thống thông tin liên lạc hoạt động thông suốt giữa cơ quan Bộ và Công an các đơn vị, địa phương. Tuy vậy, trong tình hình diễn biến thực tế của các trận, bão, lũ lụt và lũ quét, tại nhiều địa phương các chế độ về thông tin, báo cáo vẫn chưa thực sự nghiêm và đáp ứng được các yêu cầu của chế độ thông tin báo cáo.

Về kinh phí thực hiện các nhiệm vụ PCTT và TKCN, Bộ Công an luôn chủ động cấp phát kinh phí, vật tư và phương tiện cho Công an địa phương và các đơn vị, cũng như các nguồn kinh phí cấp phát bổ sung và hỗ trợ cho các hoạt động khắc phục và phục hồi các tổn thất và thiệt hại cho các khu vực bị ảnh hưởng. Kết quả đánh giá được tổng hợp trong Bảng 10.

Bảng 10. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến nguồn lực, giai đoạn trong và sau thiên tai.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Nguồn lực	- Đảm bảo hệ thống thông tin liên lạc	Luôn được đề cập trong kế hoạch hàng năm, tuy nhiên vẫn còn thiếu về số lượng và chất lượng chưa cao; cơ sở vật chất, trang thiết bị và trình độ công nghệ còn hạn chế.
	- Đảm bảo giảm thiểu các thiệt hại đến hoạt động sản xuất (thu hoạch hoa màu, lúa, nuôi trồng thủy hải sản, ...).	Các hoạt động đã được thực hiện theo phân công nhiệm vụ và trách nhiệm của các CBCS, tuy nhiên hạn chế về mặt cơ sở hạ tầng, trang thiết bị và trình độ công nghệ, do đó vẫn còn có những hạn chế nhất định.
	- Đảm bảo nguồn lực tài chính phục vụ công tác hỗ trợ ngay trong và sau thiên tai	
	- Đảm bảo thực hiện di dời kịp thời và hiệu quả các hộ gia đình bị ảnh hưởng.	
	- Đảm bảo an toàn, vệ sinh môi trường và ANTT, an toàn công trình công cộng và dân sinh trong điều kiện thiên tai	
	- Đảm bảo công tác cứu trợ và tiếp nhận cứu trợ	

3.3.3. Trình độ và kỹ năng

Ngoài trình độ và kỹ năng trong thực hiện các hoạt động UPT, cũng cần đánh giá công tác đảm bảo an toàn cho lực lượng CBCS làm nhiệm vụ. Trên thực tế, có rất nhiều nguy hiểm cho lực lượng CAND, đặc biệt trong công tác TKCN. Mặc dù công tác chuẩn bị và huấn

luyện lực lượng đã được thực hiện bài bản và liên tục được cập nhật và bổ sung, tuy nhiên trong điều kiện thiên tai, thời tiết và khó khăn về địa hình cũng như thiếu các trang thiết bị bảo hộ hiện đại, thiệt hại về người của lực lượng CAND, đặc biệt trong công tác TKCN, cứu hộ còn nhiều thử thách. Kết quả đánh giá được tổng kết trong Bảng 11.

Bảng 11. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến nguồn lực, giai đoạn trong và sau thiên tai.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Trình độ và kỹ năng	- Ứng dụng KHCN trong chỉ huy, điều hành và phối hợp với các ngành/đơn vị có liên quan khác trong thực hiện PCTT và TKCN	Đã đang triển khai thực hiện các chương trình, kế hoạch (Xây dựng và thành lập 08 cụm tuyến liên kết vùng PCTT và TKCN của 08 vùng trọng điểm thiên tai)
	- Đảm bảo an toàn cho lực lượng tham gia công tác PCTT và TKCN	Luôn được quan tâm và triển khai nhiều giải pháp nhằm đảm bảo tính an toàn trong ứng phó, khắc phục hậu quả thiên tai.

3.4. Giai đoạn phục hồi và phát triển

3.4.1. Cơ cấu tổ chức

Để có thể hướng tới tái thiết và phát triển lực lượng CAND, đặc biệt tham gia hiệu quả và an toàn công tác TKCN, Bộ Công an cần xây dựng và bổ sung các quy định cụ thể về đào tạo, cấp chứng chỉ huấn luyện kỹ năng nghiệp vụ chuyên sâu về công tác UPT. Xây dựng và thực hiện các chính sách khuyến khích hoạt động khoa học công nghệ, thu hút đầu tư, hợp tác quốc tế, huy động nguồn lực cho nghiên cứu ứng dụng, phục vụ công tác UPT. Kết quả đánh giá được tổng kết trong Bảng 12.

Bảng 12. Đánh giá sơ bộ về nội dung cơ cấu tổ chức, giai đoạn phục hồi và phát triển.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Cơ cấu tổ chức	- Đánh hiệu quả tổ chức thực hiện nhiệm vụ UPT; - Xây dựng và bổ sung các chính sách đãi ngộ cán bộ chiến sĩ thực hiện nhiệm vụ UPT.	Đã được đặt ra trong Đề án thực hiện giai đoạn 2016-2020 và tầm nhìn đến 2030.

3.4.2. Xây dựng và lập kế hoạch

Việc lồng ghép các yêu cầu và quy định trong thực hiện UPT trong các kế hoạch, quy hoạch phát triển ngành, đã từng bước triển khai và thực hiện. Tuy nhiên chưa có nhiều báo cáo về kết quả thực hiện nhiệm vụ này. Bộ Công an cần xác định các mục tiêu cụ thể và tiêu chí đánh giá việc lồng ghép này trong các kế hoạch và đề án phát triển trung hạn và dài hạn của ngành. Kết quả đánh giá được tổng kết trong Bảng 13.

Bảng 13. Đánh giá sơ bộ về nội dung xây dựng và lập kế hoạch, giai đoạn phục hồi và phát triển.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Xây dựng và lập kế hoạch	- Lồng ghép các nội dung liên quan đến PCTT và TKCN trong các kế hoạch, quy hoạch phát triển ngành (gồm 06 nội dung quy định trong Khoản 5 Điều 15 của Luật PCTT).	Chưa thực hiện nhiều trong công tác xây dựng và lập kế hoạch phát triển trung hạn và dài hạn của ngành.

3.4.3. Nguồn lực

Để đảm bảo nguồn lực nhằm nâng cao hiệu quả và phát triển lực lượng CAND tham gia công tác UPBĐKH, PCTT và TKCN, Quyết định số 4147/QĐ-BCA-H43 ban hành ngày

28/9/2016 [10]. đã xác định cụ thể các mục tiêu về nguồn nhân lực, nguồn lực về cơ sở hạ tầng, nguồn lực khoa học công nghệ và nguồn lực quốc tế. Trong đó: 100% cảnh sát PCCC tỉnh, thành phố có phòng cảnh sát cứu nạn cứu hộ; 100% phòng cảnh sát phòng cháy chữa cháy và cứu nạn, cứu hộ thuộc Công an tỉnh có đội cảnh sát cứu nạn, cứu hộ; 100% phòng cảnh sát PCCC quận, huyện có đội cảnh sát cứu nạn cứu hộ; 100% các đơn vị kiêm nhiệm, các đơn vị có chức năng tham gia công tác UPT thành lập lực lượng dự bị cơ động được trang bị phương tiện và huấn luyện kỹ năng; 100% các trường Công an, Công an các địa phương thành lập các đơn vị dự bị xung kích UPT là học sinh, sinh viên và đoàn viên thanh niên. Ngoài ra Bộ Công an cũng đặt ra một số các tiêu chí về phát triển khoa học công nghệ, các đề tài NCKH trong ngành hướng tới được áp dụng 100% trong triển khai và thực hiện công tác UPT. Kết quả đánh giá được tổng kết trong Bảng 14.

Bảng 14. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến nguồn lực giai đoạn phục hồi và phát triển.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Nguồn lực	<ul style="list-style-type: none"> - Đầu tư mới và nâng cấp các phương tiện, trang thiết bị, nhu yếu phẩm, các công trình PCTT và nguồn lực khác; - Nâng cấp và áp dụng khoa học công nghệ tiên tiến cho các hệ thống thông tin liên lạc, hệ thống cảnh báo và hệ thống quản lý thông tin; - Tăng cường hợp tác quốc tế, phát triển, trao đổi và chia sẻ kinh nghiệm, KHCN và tài chính trong thực hiện PCTT và TKCN. 	Đã được đề cập và từng bước thực hiện trong các chiến lược và kế hoạch phát triển của ngành, tuy nhiên thiếu các số liệu cập nhật kết quả và tình hình thực hiện.

3.4.4. Trình độ và kỹ năng

Trình độ và kỹ năng của cán bộ chiến sĩ trong ngành Công an, được đánh giá thông qua các đề án, dự án, chương trình về phát triển khoa học công nghệ và các buổi tập huấn nâng cao trình độ liên quan đến công tác UPT được tổ chức trong ngành. Kết quả đánh giá sơ bộ được tổng kết trong Bảng 15.

Bảng 15. Đánh giá sơ bộ về nội dung liên quan đến trình độ và kỹ năng giai đoạn phục hồi và phát triển.

Nhóm	Tiêu chí/nội dung	Đánh giá sơ bộ
Trình độ và kỹ năng	<ul style="list-style-type: none"> - Thực hiện các đề án, dự án, chương trình, kế hoạch nâng cao trình độ chuyên môn của lực lượng CAND trong PCTT và TKCN - Tập trung phát triển KHCN trong chỉ huy, điều hành và phối hợp với các ngành/đơn vị có liên quan khác trong thực hiện PCTT và TKCN 	Đã được đề cập và từng bước thực hiện trong các chiến lược và kế hoạch phát triển của ngành, tuy nhiên thiếu các số liệu cập nhật kết quả và tình hình thực hiện.

4. Kết luận

Bài báo đã tiến hành phân tích các tiêu chí/nội dung đánh giá hiện trạng và đóng góp của ngành Công an trong công tác UPT ứng với 4 giai đoạn: (i) giai đoạn phòng ngừa và giảm thiểu, (ii) giai đoạn chuẩn bị, (iii) Giai đoạn trong và ngay sau thiên tai, (iv) giai đoạn phục hồi và tái thiết [17]. Các nội dung phân tích được thực hiện căn cứ vào kết quả điều tra khảo sát theo bảng hỏi, phỏng vấn sâu, và quan sát và trải nghiệm thực tế của tác giả bài báo tại địa bàn. Các kết quả phân tích tài liệu và điều tra khảo sát và đánh giá trên tất cả các lĩnh vực từ những địa bàn, vùng miền, lực lượng chuyên trách, kiêm nhiệm, dự bị, xung kích, cơ sở hạ tầng, cơ sở y tế, các cơ sở giam giữ, kho tàng, hành lang pháp lý số lượng CBCS tham gia UPT khi được huy động, cơ sở hạ tầng, trụ sở cần di dời, hệ thống thông tin liên lạc, cảnh báo, dự báo thiên tai, đề ra các phương án, kế hoạch thực hiện, các tình huống thiên tai cụ thể liên quan đến bão, lũ lụt và lũ quét.

Kết quả phân tích và đánh giá các tiêu chí/nội dung đề xuất bước đầu cho thấy, ở cả cấp Bộ Công an và cấp tỉnh, trong cả 04 giai đoạn, phần lớn các nội dung về Cơ cấu tổ chức; Xây dựng, lập kế hoạch, Nguồn lực, Trình độ, kỹ năng của lực lượng CAND tham gia công tác PCTT và TKCN đều đã được lên kế hoạch và triển khai thực hiện. Kết quả đánh giá cho thấy, hiện nay giai đoạn phục hồi, tái thiết sau thiên tai phần nào còn bị hạn chế trong việc đầu tư nguồn lực thực hiện các nội dung cụ thể. Các giải pháp đang được áp dụng còn phần lớn tập trung công tác khắc phục hậu quả mang tính khẩn cấp, ngắn hạn. Khi đưa ra các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả và đóng góp của lực lượng CAND trong công tác UPT, các giải pháp trong giai đoạn phục hồi và tái thiết cũng nhận được ít sự quan tâm của các CBCS so với 03 giai đoạn còn lại.

Trong thời gian tới, để tăng cường hiệu quả của ngành Công an trong công tác UPT, cần có giải pháp cụ thể nhằm: (1) Hoàn thiện tổ chức bộ máy hoạt động ứng phó với biến đổi khí hậu, PCTT và tìm kiếm cứu nạn; (2) Hoàn thiện cơ chế, chính sách về ứng phó với biến đổi khí hậu, PCTT và tìm kiếm cứu nạn; (3) Phát triển và đầu tư các nguồn lực về khoa học công nghệ (KHCN), hợp tác quốc tế (HTQT), liên kết vùng trong ứng phó với biến đổi khí hậu, PCTT và tìm kiếm cứu nạn; (4) Tuyên truyền, giáo dục, tập huấn, đào tạo nâng cao trình độ [10-12].

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

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. Coetzee, C.; Van Niekerk, D. Tracking the evolution of the disaster management cycle: A general system theory approach. *Jambá: J. Disaster Risk Studies* **2012**, 4(1), 1–9.
2. Sakalasooriya Nishan. Disaster Management Cycle, 2015.
3. Horita, F.E.A.; Degrossi, L.C.; de Assis, L.F.G.; Zipf, A.; de Albuquerque, J.P. (2013). The use of volunteered geographic information (VGI) and crowdsourcing in disaster management: a systematic literature review. VGI in Disaster Management: systematic literature review. Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems, Chicago, Illinois, August 15-17, 2013.
4. Holloway, A. Disaster risk reduction in southern Africa: hot rhetoric-cold reality. *African Security Studies* **2003**, 12(1), 29–38.
5. Harrison, S.E.; Johnson, P.A. Crowdsourcing the disaster management cycle. *Int. J. Inf. Syst. Crisis Response Manage.* **2016**, 8(4), 17–40.
6. Sawalha, I.H. A contemporary perspective on the disaster management cycle. Foresight, 2020.
7. Carter, W.N. Disaster management: A disaster manager's handbook, 2008.
8. Queensland Fire and Emergency Services. Queensland: Prevention, Preparedness and Recovery Disaster management guideline, 2018.
9. Ban Chỉ đạo Trung ương về phòng chống thiên tai. Sổ tay hướng dẫn xây dựng phương án ứng phó thiên tai theo các cấp độ rủi ro thiên tai, 2018.
10. Bộ Công An. Đề án Quy hoạch tổng thể lĩnh vực ứng phó với BĐKH, PCTT và TKCN ngành Công an đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030, 2016.
11. Ban chỉ huy PCTT và TKCN tỉnh Nghệ An. Báo cáo tổng kết công tác PCTT và TKCN năm 2019, phương hướng nhiệm vụ PCTT và TKCN năm 2020.
12. Bộ Công An. Báo cáo thực hiện Chiến lược và Kế hoạch hành động quốc gia về biến

- đổi khí hậu. Kèm theo công văn số 3330/BCA-H06 ngày 4/11/2019. Bộ Công An. Hà Nội, Việt Nam, 2019.
13. Kế hoạch Ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng chống thiên tai, tìm kiếm cứu nạn và phòng thủ dân sự của lực lượng Công an nhân dân năm 2021.
 14. Ban Chỉ đạo UPT Bộ Công an. Báo cáo tổng kết công tác UPVBĐKH, PCTT và TKCN năm 2020, phương hướng nhiệm vụ PCTT và TKCN năm 2021.
 15. Hương, H.T.L. Nghiên cứu các giải pháp khoa học và công nghệ quản lý đa thiên tai, xây dựng công cụ hỗ trợ ra quyết định ứng phó với đa thiên tai, áp dụng thí điểm cho khu vực ven biển Trung Trung Bộ. Báo cáo tổng kết đề tài, 2020.
 16. Khiêm, N.V.; Hương, H.T.L.; Khiêm, M.V.; Chung, N.N. Tiêu chí đánh giá hiện trạng và đóng góp của ngành Công an trong phòng chống thiên tai và tìm kiếm cứu nạn. *Tap chí Khoa học Biến đổi khí hậu* 2021, 18, 58–67.
 17. Khiêm, N.V.; Hương, H.T.L.; Khiêm, M.V. Công tác bảo vệ môi trường, ứng phó với biến đổi khí hậu, phòng chống thiên tai trong lực lượng công an nhân dân. *Tap chí Khoa học Biến đổi khí hậu* 2018, 7, 81–86.

The effectiveness and contribution of the police in response to climate change, disaster prevention and search and rescue

Nguyen Van Khiem^{1*}, Huynh Thi Lan Huong², Mai Van Khiem³, Do Thi Huong⁴, Nguyen Ngoc Chung⁵

¹ Nguyen Van Khiem, Office of the Ministry of Public Security; khiemuptbca@gmail.com

² Huynh Thi Lan Huong, Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; huynhlanhuong@gmail.com

³ Mai Van Khiem, National Hydrometeorological Center; maikhiem1977@gmail.com

⁴ Do Thi Huong, Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; dohuong@gmail.com.

⁵ Nguyen Ngoc Chung, Office of the Ministry of Public Security; chung.upt@gmail.com.

Abstract: Climate change is one of the biggest challenges of mankind in the 21st century, has been and will make comprehensive and profound changes to the process of global development and security. Climate change will increase the frequency and intensity of natural disasters. Over the years, the Government of Vietnam has made remarkable progress in disaster risk reduction and prevention. The Public Security sector is one of the ministries/sectors that make important contributions to Vietnam's efforts in disaster prevention, especially in response to climate change. To be able to effectively improve this contribution of the Public Security sector, it is necessary to assess the current status of the sector's climate change response, disaster prevention and search and rescue work. On the basis of applying a closed 4-step disaster risk management process: (1) Prevention, mitigation; (2) Get ready; (3) Responding during and immediately after natural disasters; (4) Restoration and reconstruction, this paper presents the results of the assessment in four groups of content: (i) Organizational structure; (ii) Development and planning, (iii) Resources, and (iv) Qualifications and skills of police forces involved in climate change response, disaster prevention and search and rescue .

Keywords: Responding to climate change; Disaster prevention; Search and Rescue.

Bài báo khoa học

Đánh giá tài nguyên khí hậu nông nghiệp và tác động đến sinh kế trồng trọt vùng đồng bằng ven biển Bắc Trung Bộ

Nguyễn Hồng Sơn^{1*}, Dương Văn Khảm¹

¹ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; nguyenson.imh@gmail.com; kham.duongvan@imh.ac.vn

*Tác giả liên hệ: nguyenson.imh@gmail.com; Tel.: +84-914888185

Ban Biên tập nhận bài: 12/7/2021; Ngày phản biện xong: 16/8/2021; Ngày đăng bài: 25/10/2021

Tóm tắt: Điều kiện thời tiết và khí hậu có liên quan chặt chẽ với sinh kế trồng trọt trước hết là ánh sáng, nhiệt độ và nước. Đó là những yếu tố không thể thiếu và thay thế được đối với sự sống nói chung, sự sinh trưởng, phát triển và cấu thành năng suất cây trồng nói riêng. Vì vậy, việc đánh giá một cách có hệ thống các điều kiện khí hậu nông nghiệp sẽ giúp cho các nhà quản lý, chỉ đạo sản xuất nắm bắt được mức độ thuận lợi của nguồn tài nguyên khí hậu và những trở ngại của các thiên tai, thời tiết bất lợi gây ra đối với sinh kế trồng trọt. Bài báo sử dụng số liệu quan trắc thời kỳ 1985–2020 tại các trạm khí tượng và phương pháp thống kê để tính toán, phân tích diễn biến theo không gian và thời gian của các yếu tố khí hậu nông nghiệp, thời tiết bất lợi và tác động đến phân bố, thời vụ và năng suất cây trồng ở vùng đồng bằng ven biển Bắc Trung Bộ. Kết quả của bài báo là cơ sở khoa học cho việc phát triển nông nghiệp nói chung và trồng trọt nói riêng ở vùng nghiên cứu.

Từ khóa: Tài nguyên khí hậu nông nghiệp; Tác động đến sinh kế trồng trọt; Ven biển Bắc Trung Bộ.

1. Đặt vấn đề

Để hỗ trợ cho sự phát triển kinh tế, xóa đói giảm nghèo ở các vùng nông thôn, đặc biệt là các vùng ven biển đã có nhiều công trình nghiên cứu, hoạt động của các tổ chức phi chính phủ góp phần không nhỏ giúp người dân đảm bảo an ninh sinh kế, giảm tính dễ bị tổn thương, tăng cường khả năng chống chịu trước sự thay đổi bất thường của thời tiết, khí hậu. Các mô hình, sáng kiến này đã cho thấy sự thay đổi rõ rệt về thu nhập, ổn định cuộc sống của người dân.

Kết quả tổng hợp và đánh giá về các mô hình sinh kế do các tổ chức phi chính phủ triển khai tại Việt Nam của Trung tâm Phát triển Nông thôn bền vững [1] đã cho thấy: Hầu hết các dự án sinh kế thường tập trung trong các lĩnh vực sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản kết hợp với nâng cao năng lực cho cộng đồng và cải thiện một phần sinh kế và điều kiện sinh hoạt của người dân. Tuy nhiên, các tài liệu này cũng chỉ ra rằng:

- Các mô hình/sáng kiến sinh kế còn thiếu minh chứng, luận cứ khoa học. Các mô hình, sáng kiến trong các dự án NGOs thường xuất phát nhu cầu của người dân hoặc được giới thiệu bởi dự án, học hỏi qua kinh nghiệm của các đơn vị, các tổ chức khác. Việc hình thành và phát triển các mô hình, sáng kiến này chưa dựa trên những phân tích đánh giá một cách có khoa học về những tác động hiện có và tiềm tàng của biến đổi khí hậu địa phương. Chính vì thế mà rất nhiều các mô hình được đưa ra, các tác giả chưa đưa được nhiều những

cơ sở khoa học vững chắc để minh chứng khả năng thích ứng với điều kiện thời tiết, khí hậu cũng như biến đổi khí hậu của các mô hình, sáng kiến này.

- Những đánh giá về mô hình hiện nay tập trung phân tích tính hiệu quả về tăng năng suất, thu nhập, tiết kiệm chi phí hay đa dạng hóa sinh kế,... những yếu tố này sẽ gián tiếp làm tăng khả năng ứng phó và phục hồi của người dân trong điều kiện khí hậu thay đổi. Các diễn giải về khả năng thích ứng hay giảm thiểu được dựa trên những phân tích từ các luận cứ mang tính lý thuyết. Chưa có mô hình nào đưa ra những thông tin cụ thể và số liệu thống kê một cách có hệ thống về việc cải thiện khả năng thích ứng của người dân đối với một tác động cụ thể của thời tiết khí hậu hay biến đổi khí hậu. Chẳng hạn như cây trồng, thời vụ phù hợp, khả năng luân canh,...

Như vậy, có thể nhận thấy việc nghiên cứu, đánh giá tài nguyên khí hậu nông nghiệp (KHNN) là cơ sở khoa học để cung cấp các thông tin cần thiết cho quy hoạch phát triển nông nghiệp. Việc đánh giá có hệ thống các điều kiện KHNN, so sánh mức bảo đảm của chúng với yêu cầu của cây trồng đối với khí hậu là rất quan trọng từ đó làm cơ sở phân vùng KHNN có ý nghĩa quyết định trong việc hình thành các vùng sản xuất nông nghiệp [2], sử dụng hợp lý tài nguyên khí hậu ở các tiểu vùng sinh thái, bố trí cây trồng, cơ cấu luân canh và thời vụ phù hợp nhằm khai thác được lợi thế tiềm năng về tài nguyên, né tránh thiên tai và đạt năng suất, chất lượng nông sản cao nhất và phát triển bền vững [3].

Vùng đồng bằng ven biển Bắc Trung Bộ có địa hình chia cắt mạnh, sự phân hóa sâu sắc theo không gian và thời gian của chế độ khí hậu và sự tác động mạnh mẽ của biến đổi khí hậu toàn cầu đã làm cho thiên tai có nguồn gốc từ khí hậu ở đây đang ngày một khốc liệt và có chiều hướng gia tăng. Bão, áp thấp nhiệt đới, mưa lớn gây ra lũ lụt, lũ quét, trong mùa mưa, khô hạn trong mùa khô đã gây thiệt hại trực tiếp hàng trăm tỷ đồng, để lại những hậu quả xấu về môi trường. Vì vậy, nông nghiệp vùng ven biển Bắc Trung Bộ chỉ thực sự phát triển bền vững khi được quy hoạch một cách tổng thể. Về sản xuất nông nghiệp hay xây dựng các mô hình sinh kế cần được quy hoạch thành các vùng chuyên canh với diện tích ổn định.

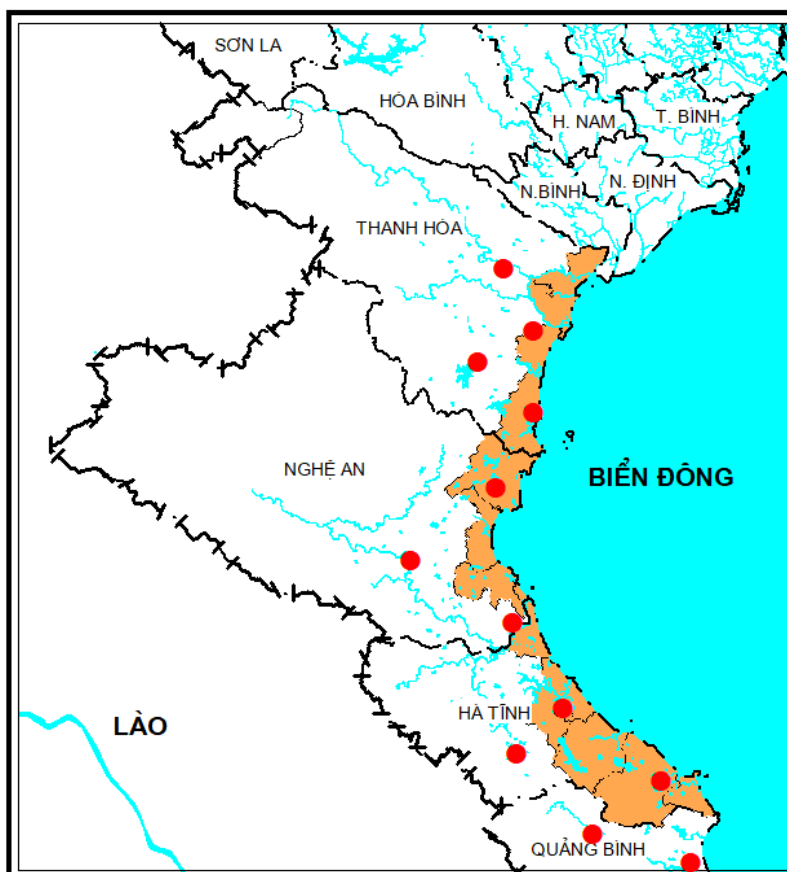
Đánh giá tài nguyên KHNN được tiến hành ở nhiều nước trên thế giới, theo nghiên cứu [4-5], đánh giá tài nguyên KHNN được tiến hành từ đầu thế kỷ XX và đến giữa thế kỷ XX, các công trình nghiên cứu của các nhà khoa học Liên Xô cũ đã đưa một bước tiến mới trong đánh giá tài nguyên khí hậu nông nghiệp. Hiện nay, các phương pháp đánh giá tài nguyên KHNN [6-8] được nhiều nước áp dụng rộng rãi. Tại Việt Nam, các nghiên cứu về tài nguyên khí hậu, KHNN nổi bật được tiến hành từ năm 1980 [9-14]. Các nghiên cứu đánh giá tài nguyên khí hậu, KHNN dựa trên mạng lưới trạm quan trắc khí tượng cơ bản trên toàn quốc. Các phương pháp, chỉ tiêu đánh giá tài nguyên KHNN được kế thừa và áp dụng của các công trình nghiên cứu trên thế giới. Năm 2016, [15] đã ứng dụng dữ liệu viễn thám kết hợp dữ liệu quan trắc mặt đất trong nghiên cứu đánh giá tài nguyên KHNN. Kết quả của các công trình nghiên cứu đã đóng góp được những cơ sở khoa học trong khai thác, sử dụng hợp lý tài nguyên khí hậu, KHNN cho phát triển kinh tế-xã hội ở Việt Nam. Các nghiên cứu tập trung ở quy mô cả nước, cấp vùng, chưa chi tiết hóa thông tin KHNN cho các tiểu vùng nhỏ (cấp huyện).

Nhằm cung cấp cơ sở khoa học để khai thác và sử dụng hợp lý tài nguyên KHNN ở các huyện vùng đồng bằng ven biển Bắc Trung Bộ, bài báo kế thừa các phương pháp đánh giá tài nguyên khí hậu, KHNN của WMO, FAO và các công trình nghiên cứu tại Việt Nam để chi tiết hóa tài nguyên KHNN cho các huyện vùng nghiên cứu.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới hạn không gian nghiên cứu

Các huyện ven biển: Nga Sơn, Hậu Lộc, Hoằng Hóa, TX Sầm Sơn, Quảng Xương, Tĩnh Gia (tỉnh Thanh Hóa); Quỳnh Lưu, Diễn Châu, Nghi Lộc, TX Cửa Lò (tỉnh Nghệ An); Nghi Xuân, Lộc Hà, Thạch Hà, Cẩm Xuyên, Kỳ Anh (tỉnh Hà Tĩnh (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ mạng lưới trạm quan trắc cơ bản và khu vực nghiên cứu.

2.2. Số liệu tính toán

- Số liệu khí tượng: số liệu 12 trạm khí tượng cơ bản vùng nghiên cứu bao gồm các yếu tố: lượng mưa; nhiệt độ không khí trung bình, nhiệt độ không khí tối cao, nhiệt độ không khí tối thấp; độ ẩm không khí trung bình; độ ẩm không khí tối thấp, bốc hơi, gió, nắng từ năm 1985 đến 2020.

- Các tài liệu, số liệu về sản xuất nông nghiệp: Diện tích, năng suất, sản lượng, cơ cấu thời vụ của các cây trồng vùng nghiên cứu [16-18]

2.3. Phương pháp tính toán

Các chỉ tiêu KHNN biểu hiện định lượng nhu cầu của cây trồng đối với điều kiện khí hậu của môi trường quanh chúng trong suốt thời gian sinh trưởng. Các chỉ tiêu này được phân thành các nhóm chính sau [3-8, 10, 15] :

- Chỉ tiêu về ánh sáng, tài nguyên bức xạ: độ dài ngày, bức xạ quang hợp, số giờ nắng
- Chỉ tiêu về tài nguyên nhiệt: nhiệt độ không khí trung bình tháng và năm; ngày bắt đầu, kết thúc các đợt rét hại; ngày bắt đầu, kết thúc mùa lạnh; ngày bắt đầu, kết thúc mùa nóng; tổng nhiệt độ; nhiệt độ không khí tối thấp tuyệt đối trung bình năm.
- Chỉ tiêu về tài nguyên ẩm: phân bố mưa và đặc trưng mùa mưa; ngày bắt đầu, kết thúc mùa mưa; lượng mưa tích lũy trước và sau mốc đã chọn; xác suất 2, 3 tuần khô liên tục.

Trên cơ sở các chuỗi số liệu được thu thập từ các trạm khí tượng cơ bản trong và lân cận vùng nghiên cứu, bằng các phương pháp thống kê trong khí hậu [18], KHNN [6-7, 20-22] để tính toán các đặc trưng thống kê: trung bình số học; tổng số; cao nhất, thấp nhất của chuỗi, bức xạ quang hợp; suất bảo đảm; ngày bắt đầu, kết thúc, xác suất.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá tài nguyên khí hậu nông nghiệp vùng ven biển Bắc Trung Bộ

3.1.1. Tài nguyên ánh sáng và bức xạ quang hợp

a) Độ dài ngày

Ánh sáng bức xạ mặt trời nói chung và độ dài ngày nói riêng rất có ý nghĩa trong việc chọn tạo giống cây trồng để đưa vào những vùng cần thiết, đặc biệt đối với cây trồng có phản ứng với độ dài ngày. Độ dài ngày ở một vĩ độ không đổi nhưng thay đổi theo thời gian và theo mùa.

Bảng 1 cho thấy khu vực ven biển Bắc Trung Bộ kéo dài từ 20°06' đến 17°63' nên độ dài ngày không có sự thay đổi lớn, độ dài ngày chỉ thay đổi ở các tháng chính đông và chính hè khoảng 2,2 giờ.

Bảng 1. Độ dài ngày (giờ) tại các trạm khí tượng [4-5].

Trạm	Tháng											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Thanh Hóa	10,9	11,4	11,9	12,5	12,9	13,2	13,1	12,7	12,1	11,5	11,0	10,8
Vinh	11,0	11,4	11,9	12,4	12,9	13,1	13,0	12,6	12,1	11,6	11,1	10,9
Kỳ Anh	11,0	11,4	11,9	12,4	12,9	13,1	13,0	12,6	12,1	11,6	11,1	10,9

b) Bức xạ quang hợp

Bức xạ mặt trời đặc biệt quan trọng trong nông nghiệp. Thứ nhất ánh sáng là nguồn năng lượng mà cây xanh chuyển thành năng lượng hoá học. Thứ hai, bức xạ là nguồn năng lượng chính trong quá trình bốc hơi, quyết định nhu cầu nước của cây trồng. Qua bảng 2 cho biết đối với vùng ven biển Bắc Trung Bộ PAR tương đối cao vào mùa hè, cao nhất vào các tháng V, VI, VII và tương đối thấp vào mùa đông, thấp nhất vào các tháng XI, XII, I.

Bảng 2. Bức xạ quang hợp (Kcal/cm².tháng) tại các trạm có đo bức xạ.

Trạm	Tháng											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Thanh Hóa	2,9	2,4	3,0	4,4	7,0	6,8	7,8	6,7	5,5	5,0	3,5	3,3
Vinh	2,8	2,4	3,1	4,9	7,2	7,1	8,0	7,0	5,7	4,5	3,2	2,9
Kỳ Anh	3,2	2,8	3,6	5,6	7,4	7,4	8,1	7,2	5,6	4,5	3,0	3,1

3) Số giờ nắng

Trên bảng 3, tháng II là tháng có số giờ nắng thấp nhất trong năm (từ 1,5 đến 2 giờ/ngày), cao nhất là tháng VII, VIII (6-7 giờ/ngày).

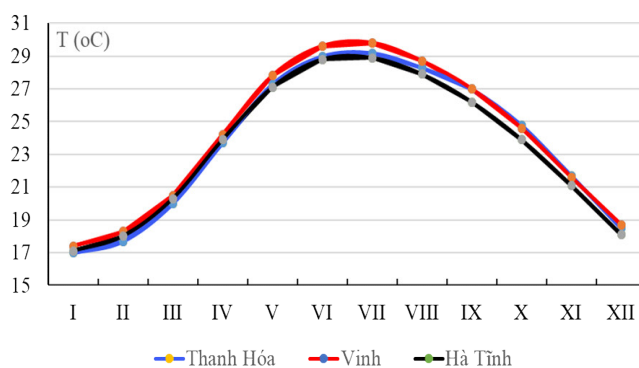
Bảng 3. Tổng số giờ nắng (giờ) tháng.

Trạm	Tháng											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Thanh Hóa	84,3	50,7	57,1	109,4	198,1	190,5	209,9	173,6	167,6	171,1	131,1	126,2
Vinh	71,2	49,3	69,6	132,6	212,0	198,5	207,5	177,5	158,6	133,8	96,8	85,9
Kỳ Anh	78,7	60,1	94,5	152,5	226,5	221,7	241,5	195,7	162,7	125,7	80,6	75,3

3.1.2. Tài nguyên nhiệt

1) Nhiệt độ trung bình tháng và năm

Biến trình nhiệt độ không khí trung bình vùng nghiên cứu có một cực đại vào tháng chính hè (tháng VII) và một cực tiểu vào các tháng chính đông (tháng I).



Hình 2. Biến trình nhiệt độ không khí tại các trạm quan trắc.

Trên bảng 4 cho thấy nhiệt độ không khí trung bình năm ($T_{tbnăm}$) vùng nghiên cứu không có sự biến thiên, $T_{tbnăm}$ dao động từ 23–24°C.

Biến trình nhiệt độ không khí trung bình vùng nghiên cứu có một cực đại vào tháng chính hè (tháng VII hoặc tháng VI hay tháng VIII) và một cực tiểu vào các tháng chính đông (tháng I, tháng XII) (hình 2). $T_{tbtháng}$ chênh lệch khoảng 10–11°C giữa các tháng mùa đông và mùa hè ($T_{tbtháng}$ mùa đông: 17–18°C, $T_{tbtháng}$ mùa hè: 27–29°C).

Bảng 4. Nhiệt độ không khí TBNN (°C) của các tháng tại một số trạm.

Trạm	Tháng												TB năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Thanh Hóa	17,0	17,7	20,0	23,7	27,3	29,0	29,2	28,3	27,0	24,8	21,7	18,5	23,7
Vinh	17,4	18,3	20,5	24,2	27,8	29,6	29,8	28,7	27,0	24,6	21,6	18,7	24,0
Kỳ Anh	17,9	18,5	20,9	24,6	28,0	29,7	29,9	28,9	26,9	24,5	21,6	18,8	24,2

2) Nhiệt độ tối cao và tối thấp

Tương tự như biến trình của nhiệt độ không khí trung bình, nhiệt độ tối cao (T_{max}) và tối thấp (T_{min}) cũng có một cực đại vào tháng VII và một cực tiểu vào tháng I. Do bị ảnh hưởng nhiều của các đợt gió tây khô nóng, vì vậy T_{max} tuyệt đối cao nhất cả nước: 40–43°C, xảy ra vào các tháng mùa hè. Trong các tháng mùa đông, do ảnh hưởng của gió mùa đông Bắc, có T_{min} tuyệt đối dao động từ 2–6°C.

3) Một số chỉ tiêu về nhiệt độ

a) Ngày bắt đầu và kết thúc các đợt rét hại

Từ bảng 5 cho thấy đồng bằng ven biển Bắc Trung Bộ thời gian rét hại thường bắt đầu vào đầu vào thượng tuần tháng XII với SBD 20% và kết thúc trung tuần tháng II với SBD 80%, thời gian kéo dài từ 1–1,5 tháng.

Bảng 5. Ngày bắt đầu và kết thúc rét hại.

STT	Trạm	Ngày bắt đầu trung bình (SBD 50%)	Ngày bắt đầu với SBD 20%	Ngày kết thúc trung bình (SBD 50%)	Ngày kết thúc với SBD 80%	Thời gian kéo dài (ngày)
1	Thanh Hóa	12/I	28/XII	01/II	14/II	50
2	Vinh	13/I	28/XII	30/I	12/II	43
3	Kỳ Anh	16/I	3/I	4/II	13/II	41

b) Ngày bắt đầu và kết thúc mùa đông lạnh

Biết rằng thời kỳ có nhiệt độ xuống dưới 20°C là mùa lạnh và là thời kỳ sinh trưởng của các cây trồng xứ lạnh như khoai tây, lúa mì, mạch (một số giống), rau, đậu đỗ ôn đới. Kết quả tính toán vùng nghiên cứu được thể hiện trên bảng 6.

Thời kỳ mùa đông vùng ven biển Thanh Hóa kéo dài đến 4 tháng (từ trung tuần tháng XI đến trung tuần tháng III) và giảm dần đến vùng ven biển Hà Tĩnh chỉ còn khoảng trên 3 tháng.

Bảng 6. Ngày bắt đầu mùa lạnh (qua 20°C thời kỳ giảm) của một số trạm đại diện các vùng với các suất bảo đảm khác nhau.

Trạm	Suất bảo đảm (%)						Thời gian kéo dài (ngày)
	Ngày bắt đầu			Ngày kết thúc			
	20	50	80	20	50	80	
Thanh Hóa	01/XI	14/XI	28/XI	12/III	11/III	26/III	117
Vinh	30/X	12/XI	26/XI	11/III	14/III	26/III	116
Kỳ Anh	20/XI	30/XI	13/XII	28/II	13/III	20/III	104

c) Ngày bắt đầu và kết thúc mùa nóng

Mùa nóng là mùa có nhiệt độ trung bình ngày đêm của không khí lớn hơn hoặc bằng 25°C. Đối với sản xuất nông nghiệp đây là những mốc thời gian quan trọng để xác định thời kỳ trổ bông, ra hoa, làm hạt của nhiều loại cây trồng nhiệt đới mà điển hình là cây lúa.

Ở vùng ven biển Bắc Trung Bộ, nơi chịu ảnh hưởng của gió tây rất khô và nóng nên làm cho ngày bắt đầu và kết thúc mùa nóng ở đây bất ổn định nhất. Tuỳ thuộc sự hoạt động của hệ thống gió tây, trong từng năm, ngày chuyển mức nhiệt độ qua thời kỳ nóng có thể sớm hơn hoặc muộn hơn tới 20 ngày xung quanh ngày trung bình. Trong đại đa số các năm (với suất bảo đảm 80%) độ lệch cũng đạt tới 10–12 ngày. Từ bảng 7 cho thấy: khu vực Bắc Trung Bộ thường bắt đầu vào đầu tháng IV và kết thúc vào đầu tháng XI.

Bảng 7. Ngày bắt đầu và kết thúc mùa nóng với các suất bảo đảm khác nhau.

Trạm	Suất bảo đảm (%)					
	Ngày bắt đầu			Ngày kết thúc		
	20	50	80	20	50	80
Thanh Hóa	01/IV	15/IV	24/IV	21/X	04/XI	19/XI
Vinh	30/III	09/IV	23/IV	17/X	03/XI	17/XI
Kỳ Anh	7/IV	19/IV	24/IV	4/X	8/X	16/X

d) Tổng nhiệt độ

Tổng nhiệt độ là đơn vị biểu hiện thời gian sinh vật cần thiết cho thực vật hoàn thành một giai đoạn hay cả một vòng đời sinh trưởng và phát triển. Qua tổng nhiệt năm của một vùng có thể biết được khả năng gieo trồng được mấy vụ. Kết quả tính tổng nhiệt năm ứng với các suất bảo đảm khác nhau được thể hiện ở bảng 8.

Bảng 8. Kết quả tính tổng nhiệt năm ứng với các suất bảo đảm khác nhau.

Trạm	Suất bảo đảm (%)										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Thanh Hóa	8962	8925	8785	8740	8672	8650	8608	8515	8493	8445	8358
Vinh	9130	9083	8966	8851	8807	8796	8692	8651	8591	8507	8480
Kỳ Anh	9245	9170	9049	8957	8886	8827	8771	8710	8635	8537	8477

e) Nhiệt độ không khí tối thấp tuyệt đối trung bình năm

Nhiệt độ không khí tối thấp tuyệt đối trung bình năm là một chỉ tiêu quan trọng nhằm xác định ranh giới trồng các cây ăn quả và cây công nghiệp dài ngày. Kết quả tính toán cho các trạm đại diện được thể hiện trên bảng 9.

Bảng 9. Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối TB năm tại một số trạm (°C)

Trạm	Thanh Hóa	Tĩnh Gia	Vinh	Quỳnh Lưu	Hà Tĩnh	Kỳ Anh
Tmin	8,7	8,1	8,9	8,6	9,5	10,0

3.1.3. Tài nguyên mưa

1) Phân bố mưa và đặc trưng mùa mưa

Lượng mưa năm ở khu vực nghiên cứu dao động từ 1600–2819 mm với tâm mưa nhỏ ở Kỳ Anh (2819 mm). Lượng mưa phân bố không đều, chủ yếu tập trung ở các mùa mưa, chiếm từ 60–70% lượng mưa năm. Mùa mưa vùng ven biển Bắc Trung Bộ bắt đầu vào tháng VII và kết thúc vào tháng X ở khu vực giáp ĐB Bắc Bộ, càng dịch chuyển về phía Nam mùa mưa bắt đầu chậm hơn (tháng VIII – Kỳ Anh) và kết thúc muộn hơn (tháng XI hoặc XII).

Bảng 10. Tổng lượng mưa tháng và năm (mm).

Trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Thanh Hóa	20,5	22,2	40,2	62,6	145,4	184,6	185,8	277,2	387,5	272,5	74,8	28,4	1701,6
Vinh	49,0	38,4	47,5	62,0	145,6	114,0	107,7	244,7	492,6	516,5	160,0	73,5	2051,4
Kỳ Anh	112,3	68,8	62,2	63,0	151,6	120,4	99,7	248,4	555,9	750,1	387,3	200,2	2819,9

2) Ngày bắt đầu và kết thúc mùa mưa

Theo kết quả nghiên cứu KTNN [8] thì khi lượng mưa bằng lượng bốc thoát hơi tiềm năng ($P = PET$) là thời kỳ mùa mưa đối với sản xuất nông nghiệp và khi $P = 1/2PET$ là thời kỳ bắt đầu hoặc kết thúc giai đoạn ít mưa đối với sản xuất nông nghiệp. Kết quả tính toán thời kỳ bắt đầu và kết thúc mùa mưa, mùa ít mưa trên quan điểm KTNN ở một số trạm đại diện vùng nghiên cứu được thể hiện trên bảng 11.

Bảng 11. Ngày bắt đầu và kết thúc mùa mưa ứng với các suất bão đảm khác nhau (%).

Trạm	Mùa mưa					
	Bắt đầu			Kết thúc		
	20%	50%	80%	20%	50%	80%
Thanh Hóa	18/04	22/05	20/06	30/09	25/10	17/11
Vinh	22/05	21/06	11/08	02/11	23/11	07/12
Kỳ Anh	06/05	23/05	23/06	17/11	30/11	12/12

3) Thống kê lượng mưa tích lũy trước và sau mốc được chọn

[6] chọn lượng mưa lũy tích (tính từ thời điểm trung điểm mùa hạn) 75 mm là bắt đầu thời vụ gieo trồng hoa màu cạn, 200 mm là bắt đầu thời điểm làm đất cho một vụ lúa nước. Thời điểm kết thúc mùa mưa được ấn định bằng lượng mưa cộng lại từ thời điểm mốc về sau. Các tác giả nhận định rằng 500–300 mm lũy tích về sau là thời điểm từ đó có thể trông mong có đủ nước để làm một vụ lúa thứ hai hoặc một vụ màu ngắn ngày với điều kiện là lúc gieo trồng phải diện đất phải đủ ẩm.

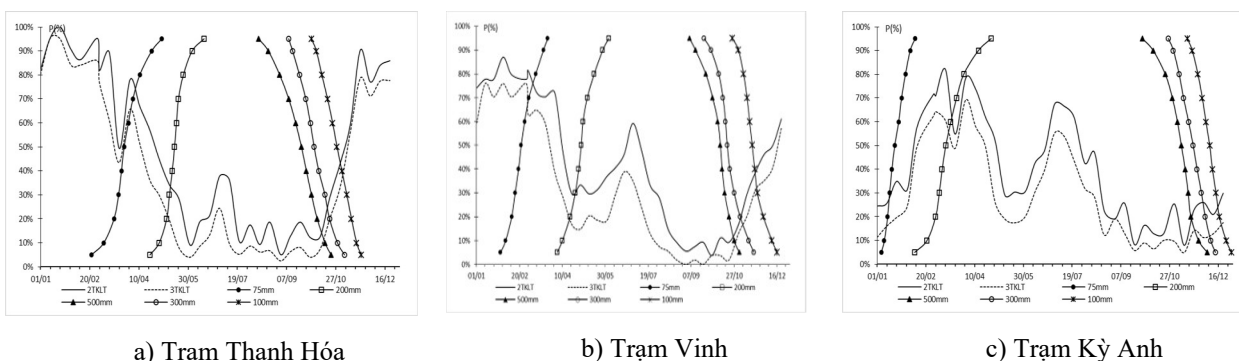
Bảng 12. Ngày lượng mưa tích lũy đầu mùa và cuối mùa ứng với SBD 80%.

Trạm	Đã tích lũy được			Sẽ còn mưa	
	75mm	200mm	500mm	300mm	100mm
Thanh Hóa	17/IV	27/V	28/VIII	19/IX	15/X
Vinh	10/III	17/V	24/IX	09/X	07/XI
Kỳ Anh	30/I	30/III	22/X	05/XI	24/XI

Như vậy, dựa vào bảng 12 có thể kết luận: có thể trông đợi cứ 10 năm thì có 8 năm vào tuần thứ 2 của tháng IV ở Thanh Hóa ít nhất cũng đã tích lũy được 75 mm và đến tuần 3 tháng V đã tích lũy được 200 mm. Tương tự như vậy, từ tuần 3 tháng VIII sẽ còn mưa ít nhất 500 mm. Từ tuần 2 tháng IX sẽ còn mưa ít nhất 300 mm và đến tuần 2 tháng X sẽ còn mưa ít nhất 100 mm.

4) Xác suất 2–3 tuần khô liên tục

Ở những vùng khí hậu bất thường trong mùa mưa có thể xuất hiện những đợt khô ngắn, nhiều khi còn dự kiến khả năng có thể xảy ra một đợt khô liên tục 2–3 tuần trong mùa sinh trưởng của cây trồng. Nếu đợt khô đó trùng với một giai đoạn cây mẫn cảm, sự phát triển của cây có thể bị ức chế. Mặt khác, trong giai đoạn thành thực nhiều khi khô lại có lợi. Hình 3 cho thấy trong các tháng mùa mưa (tháng V–X) vẫn xuất hiện các đợt khô hạn 2–3 tuần liên tiếp với xác suất từ 40–60% ở Vinh.



Hình 3. Lượng mưa tích lũy trước, sau và xác suất xuất hiện 2, 3 tuần khô liên tục.

5) Sự phân bố của chỉ số ẩm

Trong mùa mưa nói chung lượng mưa tháng cao hơn lượng bốc hơi. Hệ số ẩm đều lớn hơn 1 cho nên trong mùa mưa lượng nước tự nhiên về cơ bản là thừa nước cho sản xuất nông nghiệp. Cụ thể sự phân bố của chỉ số ẩm trung bình tháng được thể hiện trong bảng 13.

Bảng 13. Chỉ số ẩm trung bình tháng.

Trạm	Tháng											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Thanh Hóa	0,4	0,4	0,6	0,7	1,1	1,3	1,3	2,1	3,4	2,8	1,0	0,5
Vinh	0,9	0,7	0,6	0,6	1,0	0,8	0,7	1,8	4,4	6,0	2,4	1,3
Kỳ Anh	2,0	1,2	0,8	0,6	1,0	0,8	0,6	1,7	5,0	8,6	6,1	3,6

Bảng 13 cho thấy ở vùng ven biển Thanh Hóa có 5 tháng (từ tháng XII đến IV), vùng ven biển Nghệ An chỉ có 4 tháng và 2 tháng (III, IV) tại Kỳ Anh có lượng mưa không đủ cung cấp cho sản xuất nông nghiệp.

3.2. Tác động của tài nguyên khí hậu nông nghiệp tới hệ sinh thái trồng trọt vùng đồng bằng ven biển Bắc Trung Bộ

3.2.1. Tác động của điều kiện khí hậu đến sự phân bố và thời vụ cây trồng vùng nghiên cứu

- Trong vụ đông xuân
- + Đối với cây lúa có thể sử dụng các giống có thời gian sinh trưởng dài đến 125 ngày;
- + Cây ngô: thời vụ gieo ngô đông–xuân sớm: từ 10/10 đến 15/11; đông xuân chính vụ: từ 15/12 đến 20/1.
- + Cây lạc: thời vụ từ ngày 1/1 đến 30/1; vụ xuân hè từ 1/2 đến 28/2.

+ Đối với đậu xanh, thời vụ gieo từ 1/2 đến 15/2. Trên cây sắn, sử dụng giống KM94, thời vụ trồng từ 1/11 đến 28/2.

- Trong vụ lúa mùa:

+ Trên chân đất thường bị ngập úng, bố trí trà lúa né lụt để thu hoạch trước ngày 30/8; sử dụng các giống lúa cực ngắn, có thời gian sinh trưởng dưới 100 ngày. Bố trí cho lúa chín và thu hoạch trước ngày 5/10; sử dụng các giống có thời gian sinh trưởng dưới 100 ngày. Đất chuyên trồng 2 vụ lúa/năm, sử dụng các giống có tiềm năng năng suất và chất lượng cao, có thời gian sinh trưởng trên 115 ngày.

Có thể nhận thấy:

- Trong 2 vụ mùa và vụ đông xuân, các cây trồng có sự thay đổi rõ rệt. Trong vụ đông xuân, thành phần các cây trồng đa dạng hơn so với vụ mùa

- Cùng 1 cây lúa nhưng vụ đông xuân thường dùng các giống lúa có độ dài ngày hơn, các giống lúa có khả năng chịu hạn.

3.2.2. Tác động của điều kiện khí tượng nông nghiệp đến năng suất cây trồng.

- Xu thế năng suất lúa trong những năm gần đây:

+ Đối với lúa đông xuân: trong những năm gần đây năng suất lúa có xu thế tăng ở hầu hết các địa phương, trung bình mỗi vụ tăng từ 1.5 – 2 tạ/ha.

+ Đối với vụ mùa/hè thu: năng suất thấp hơn so với vụ đông xuân và không thực sự ổn định như vụ đông xuân.

+ Đối với một số cây trồng ngô, lạc: năng suất không có sự biến độ nhiều, năng suất trong những năm gần đây dao động ± 1 tạ/ha.

- Mối quan hệ năng suất với các yếu tố khí tượng nông nghiệp

+ Đối với lúa đông xuân: hệ số tương quan giữa năng suất lúa đông xuân với nhiệt độ trung bình không khí vào tháng III là cao nhất (hệ số tương quan $r = -0,663$ và $-0,517$) và lượng mưa tháng II là 0,636.

+ Đối với lúa mùa: có quan hệ chặt chẽ hơn cả là nhiệt độ trung bình tháng VIII, lượng mưa tháng X và số giờ nắng tháng VII

+ Đối với lúa hè thu: quan hệ giữa năng suất và lượng mưa tháng VII, số giờ nắng tháng VII và nhiệt độ trung bình tháng VI là cao nhất và lần lượt bằng $-0,61$, $-0,50$ và $0,52$.

+ Đối với cây ngô: vụ chính là đông xuân và vụ xuân: Nhiệt độ tối thấp từ giữa tháng XI đến đầu tháng I có ảnh hưởng đến năng suất ngô ($r \approx -0,33$ đến $-0,55$) tuy nhiên từ giữa tháng I và tháng II mối tương quan lại đổi chiều với hệ số tương quan riêng giữa nhiệt độ tối thấp trung bình tuần và năng suất ngô từ 0,35 đến 0,49. Đến giai đoạn trổ cờ–chín ngô vụ đông xuân (tháng I, II) và vụ xuân (tháng IV, V) thì lượng mưa ảnh hưởng tốt đến năng suất ngô ($r \approx 0,42-0,78$).

+ Đối với cây lạc: năng suất lạc tỷ lệ nghịch với nhiệt độ đầu vụ (tuần 3/I đến tuần 1/II) (hệ số tương quan riêng từ $-0,36$ đến $-0,43$), lượng mưa tuần 1–2/II ($r = -0,64$) và lượng mưa cuối vụ (từ tuần 3/V đến tuần 3/VII) với $r = -0,57$ đến $-0,64$. Trong khi đó số giờ nắng đầu vụ (tuần 1–2/I; $r = 0,62$) và giai đoạn cuối vụ – từ tuần 2/IV đến tuần 2/VI ($r = 0,76$) tỷ lệ thuận với năng suất lạc.

4. Kết luận

1) Vùng đồng bằng ven biển Bắc Trung Bộ có độ dài ngày dao động từ 10–11 giờ vào các tháng chính đông và 12–13 giờ vào các tháng chính hè. Trung bình năm số giờ nắng dao động từ 1400–1800 giờ nắng. Bức xạ quang hợp trung bình năm là 56–61 kcal/cm².

2) Điều kiện nhiệt và tài nguyên nhiệt là yếu tố khí hậu quyết định sự tồn tại hay không tồn tại của cây trồng, cơ cấu mùa vụ và luân canh cây trồng.

- Do chịu ảnh hưởng của gió mùa đông bắc nên khu vực nghiên cứu thường có mùa đông lạnh và có thời kỳ xảy ra các đợt rét hại ảnh hưởng đến sản xuất.

- Tổng nhiệt năm của vùng nghiên cứu biến động từ 8.600°C đến 8.800°C với nguồn nhiệt này phần lớn diện tích vùng đồng bằng trồng được 2 vụ lúa.

3) Tổng lượng mưa năm vùng nghiên cứu dao động từ 1600–2800 mm và phân bố không đều theo không gian và thời gian. Do đó nên sử dụng:

- Ngày bắt đầu và kết lượng mưa tích lũy đầu mùa và cuối mùa tương ứng với các giá trị 75 mm, 200 mm, 500 mm, 300 mm và 100 mm là cơ sở cho việc xác định thời vụ cây trồng trên các diện tích canh tác trông chờ vào mưa. Việc xác định 2–3 tuần khô, ướt liên tục rất hữu ích cho các nhà quản lý chỉ đạo sản xuất trong việc sắp xếp cơ cấu mùa vụ và tưới tiêu nước.

4) Do diễn biến của mùa mưa và xuất hiện của các loại hình thiên tai nên cây trồng vụ đông xuân đa dạng hơn vụ mùa. Trong những năm qua, năng suất và sản lượng của cây trồng trong vụ đông xuân ở khu vực nghiên cứu có xu thế tăng dần, điều này liên quan đến thiên tai trong vụ đông xuân không tác động đáng kể và các giải pháp canh tác ngày càng được cải tiến. Trong vụ mùa, năng suất và sản lượng cây trồng có tính biến động mạnh hàng năm, do thiên tai có tác động đáng kể ở khu vực nghiên cứu.

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

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

Tài liệu tham khảo

1. SRD. Tổng hợp một số hoạt động ứng phó với biến đổi khí hậu ở vùng đồng bằng sông Cửu Long. Báo cáo tổng hợp, 2013, 63–70.
2. Sơn, N.H.; Dương, T.H. Nghiên cứu, lựa chọn chỉ tiêu đánh giá và phân vùng khí hậu nông nghiệp khu vực Bắc Trung Bộ và Duyên hải Miền Trung. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2015, 655, 37–42.
3. Stigter, K. Applied Agrometeorology. 2010, pp. 1100. ISBN–13: 978–3540746973.
4. Viêt, N.V. Tài nguyên khí hậu nông nghiệp Việt Nam. NXB Nông nghiệp, 2009.
5. Viêt, N.V. Khai thác tài nguyên khí hậu nông nghiệp Việt Nam. NXB Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 2012.
6. Oldeman L.R.; Frere, M. Nghiên cứu khí hậu nông nghiệp nhiệt đới ẩm Đông Nam Á. Bản dịch NXB Nông nghiệp, 1988.
7. Cheng, C. Climate and Agriculture in China. China Meteorological Press Foreign Language Book No.108. 1993, pp. 519. ISBN 7–5029–1313–0/P.0572.
8. Jagtap, Shikant, S. Planning sustainable agriculture using agroclimatic database. WMO – CagM. 85. 2001.
9. Tuấn, Đ.T. Cơ sở khoa học của thời vụ gieo trồng. NXB Nông nghiệp, 1979.
10. Huỳnh, L.Q. Điều kiện khí hậu nông nghiệp đối với một số cây trồng chính ở đồng bằng Bắc Bộ, Trung Bộ và Nam Bộ. Báo cáo kết quả đề tài nghiên cứu khoa học. Viện Khí tượng Thủy văn, 1988.
11. Toàn, P.N.; Đắc, P.T. Khí hậu Việt Nam. NXB Khoa học Kỹ thuật. 1993.
12. Ngử, N.Đ.; Hiệu, N.T. Khí hậu và Tài nguyên khí hậu Việt Nam. NXB Nông nghiệp, 2004.
13. Viêt, N.V. Kiểm kê, đánh giá và hướng dẫn sử dụng tài nguyên khí hậu nông nghiệp Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2006.
14. Chinh, N.D. Kiểm kê, đánh giá tài nguyên khí hậu Việt Nam. Báo cáo kết quả đề tài nghiên cứu khoa học. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2006.
15. Sơn, N.H. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS để phân vùng khí hậu

nông nghiệp ở vùng Bắc Trung Bộ và Duyên hải miền Trung. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. 2016.

16. Niên giám thống kê tỉnh Thanh Hóa 2018. NXB Thống kê. 2019.
17. Niên giám thống kê tỉnh Nghệ An 2018. NXB Thống kê. 2019.
18. Niên giám thống kê tỉnh Hà Tĩnh 2018. NXB Thống kê. 2019.
19. Tân, P.V. Phương pháp thống kê trong khí hậu, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội. 2005.
20. Jiukov, A.I.; Pelevoi, A.N. Những phương pháp toán học trong đánh giá tài nguyên khí hậu nông nghiệp. Len, 1999.
21. FAO. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper. No. 56. Rome, 1998.
22. WMO. Guide to Agricultural Meteorological Practices. 2010, 134, pp. 799.

Assessment of agro-climatic resources and its impacts on crop-livelihoods in the North Central Coastal Delta region

Nguyen Hong Son^{1*}, Duong Van Kham¹

¹ Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change;
nguyenson.imh@gmail.com; kham.duongvan@imh.ac.vn

Abstract: Weather conditions and climate are closely related to crop livelihoods first of all light, temperature and water. These are indispensable elements and substitute for overall survival, growth, development and yields constitutes particular. Therefore, the evaluation of a system of agro-climatic conditions make the managers, directing production to capture the extent of the resource advantages of climate and of natural obstacles disaster, adverse weather caused to crop livelihoods. The article uses data at meteorological stations in the study area and statistical methods to calculate and analyze the spatial and temporal evolution of agro-climatic features. Natural disasters and adverse weather and its impact on crop-livelihoods in the North Central Coastal Delta region. The results of the article will be the scientific basis for the development of agriculture in general and cultivation in particular in the study area.

Keywords: Agro-climatic resources; Impact on crop-livelihoods; North Central Coastal Delta region.

Đánh giá kỹ năng dự báo mưa định lượng từ mô hình quy mô toàn cầu và khu vực phân giải cao cho khu vực Bắc Bộ

Nguyễn Thị Nga¹, Công Thanh², Mai Khánh Hưng¹, Dư Đức Tiến^{1*}

¹ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; hongnga12897@gmail.com; duductien@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail.com

² Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN; congthanh1477@gmail.com

*Tác giả liên hệ: duductien@gmail.com; Tel.: +84-936067015

Ban Biên tập nhận bài: 13/7/2021; Ngày phản biện xong: 17/8/2021; Ngày đăng bài: 25/10/2021

Tóm tắt: Nghiên cứu trình bày kết quả đánh giá dự báo mưa định lượng dựa trên mô hình toàn cầu IFS và mô hình khu vực phân giải cao (WRF-ARW) trong năm 2020. Bài báo giới thiệu chi tiết phương pháp đánh giá theo không gian dựa trên chỉ số kỹ năng FSS (Fractional Skill Score) sử dụng các số liệu mưa từ vệ tinh GSMaP và số liệu mưa trên lưới (thiết lập từ số liệu mưa ước lượng radar, vệ tinh và mưa tự động). Các chỉ số đánh giá kỹ năng (POD, BIAS, TS) theo phương pháp truyền thống được mở rộng theo từng phân cấp mưa chi tiết kết hợp biểu đồ đánh giá kỹ năng tổng hợp (performance diagram) trên các vị trí trạm của khu vực nghiên cứu (Bắc Bộ). Các kết quả cho thấy kỹ năng dự báo định lượng cho khu vực Bắc Bộ còn thấp. Mặc dù vậy, mô hình phân giải cao kết hợp đồng hóa số liệu (3DVAR) đã tăng được kỹ năng dự báo ở các ngưỡng mưa lớn (> 50 mm/24h) trong hạn 1–3 ngày, qua đó cho phép bổ sung thông tin mang tính chất định lượng–cực trị bên cạnh sản phẩm dự báo của mô hình IFS trong công tác dự báo nghiệp vụ mưa lớn.

Từ khóa: Đánh giá dự báo mưa theo không gian; chỉ số FSS; Phân cấp mưa.

1. Mở đầu

Với khả năng cung cấp các dự báo có tính định lượng, chi tiết về lượng mưa, phân bố mưa, dự báo số trị (NWP) đã được sử dụng rộng rãi tại các trung tâm thời tiết trên thế giới nói chung và tại Việt Nam trong vấn đề dự báo định lượng mưa QPF (*Quantitative Precipitation Forecast*). Trong những năm trở lại đây, phương pháp NWP đã cho phép mở rộng không những cả về hạn dự báo mà còn tăng cường chất lượng dự báo các hoàn lưu khí quyển và hiện tượng, hệ quả thời tiết một cách định lượng ở các quy mô không gian khác nhau, từ các mô hình toàn cầu độ phân giải ngang 15–50 km đến các mô hình quy mô vừa (< 15 km) và dưới vừa (< 2 km). Tuy nhiên, QPF của NWP vẫn chứa đựng nhiều sai số lớn và việc ứng dụng trực tiếp giá trị mưa định lượng từ dự báo của mô hình trên các khu vực nhiệt đới và gió mùa còn hạn chế. Một trong những nguyên nhân chính dẫn đến sai số trong dự báo mưa của mô hình là các biến giáng thủy trong mô hình đều là dạng dẫn xuất (*diagnostic*), được xác định và tính toán từ các biến dự báo khác trong mô hình. Do đó, các sơ đồ vật lý của mô hình chỉ có thể chính xác tại một số khu vực trên thế giới khi có các quan trắc để hiệu chỉnh các tham số phù hợp [1]. Trong trường hợp các hiện tượng mưa lớn xảy ra với lượng lớn dị thường, mẫu quan trắc rất hạn chế sẽ dẫn tới không có khả năng hiệu chỉnh (*tuning*) để có được các bộ tham số phù hợp để tính toán dẫn xuất ra biến giáng thủy dự báo trong mô hình. Bên cạnh đó, tính không chắc chắn (*uncertainty*) của mô hình số trị và điều kiện ban đầu, quá trình vật lý

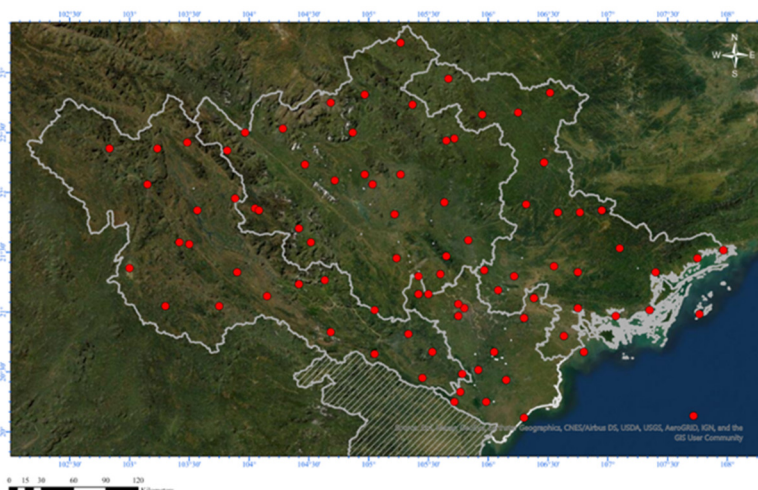
phi tuyến và tính bất định của khí quyển chưa được mô hình mô phỏng chính xác nên vẫn còn sai khác giữa kết quả dự báo và quan trắc trong thực tế [2].

Tại Việt Nam, đã có nhiều công trình nghiên cứu về dự báo mưa cũng như đánh giá dự báo định lượng mưa từ mô hình toàn cầu [3–4] và các mô hình số trị độ phân giải cao [5–6]. Các nghiên cứu cho thấy kết quả dự báo mưa từ mô hình số trị, đặc biệt là các mô hình độ phân giải cao ngày càng được cải thiện. Ngoài ra, phương pháp đồng hóa–ứng dụng số liệu quan trắc đã có nhằm nâng cao chất lượng của dự báo ngày càng được quan tâm nghiên cứu. Các nghiên cứu thử nghiệm đồng hóa sử dụng số liệu radar [7], số liệu vệ tinh và số liệu quan trắc truyền thống [8] cho kết quả dự báo tốt hơn đáng kể khi chưa có đồng hóa số liệu. Hiện nay, Trung tâm Dự báo khí tượng Thủy văn (KTTV) quốc gia đã và đang khai thác, vận hành 2 lớp sản phẩm mô hình dự báo gồm sản phẩm dự báo qui mô toàn cầu và sản phẩm dự báo số qui mô khu vực (hệ thống mô hình khu vực độ phân giải cao và hệ thống đồng hóa số liệu). Với sự phong phú về mặt sản phẩm và ưu điểm của từng loại mô hình việc xem xét đánh giá chất lượng kết quả dự báo của từng loại mô hình là thật sự cần thiết. Trong khuôn khổ bài báo sẽ tiến hành đánh giá chất lượng dự báo mưa của một số mô hình trên khu vực Bắc Bộ trong năm 2020. Nghiên cứu sẽ đưa ra các kết quả đánh giá dựa trên việc tính toán các chỉ số kỹ năng chi tiết theo khoảng phân cấp mưa (ví dụ trong khoảng 25–50 mm/24h) và theo ngưỡng mưa (ví dụ lớn hơn 25 mm/24h) thực hiện thống kê tại các trạm quan trắc Synop (đánh giá trên trạm) và thực hiện thống kê trên lưới bao phủ toàn bộ Bắc Bộ (đánh giá theo không gian). Thông tin về nguồn số liệu và mô hình cùng phương pháp đánh giá được trình bày chi tiết trong phần 2 của bài báo. Các kết quả và kết luận chung được đưa ra lần lượt tại mục 3 và 4.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu thực hiện đánh giá sự cải thiện dự báo mưa định lượng cho Bắc Bộ trong giai đoạn từ tháng 4 đến tháng 12 năm 2020. Khu vực nghiên cứu được giới hạn từ 19.5°N đến 23.5°N và 102°E đến 108.5°E. Tổng số trạm đo mưa thuộc Bắc Bộ được sử dụng trong tính toán là 88 trạm bao gồm các trạm trên đất liền và các trạm đảo, trong đó: 22 trạm vùng Tây Bắc, 26 trạm vùng Việt Bắc, 25 trạm vùng Đông Bắc và 15 trạm vùng Đồng bằng Bắc Bộ. Hình 1 thể hiện phân bố theo không gian của 88 trạm nói trên và phạm vi khu vực nghiên cứu.



Hình 1. Phân bố theo không gian của 88 trạm đo mưa bề mặt và phạm vi khu vực nghiên cứu.

2.2. Số liệu quan trắc mưa

Nghiên cứu sử dụng số liệu quan trắc mưa từ hệ thống mạng lưới Synop trên khu vực Bắc Bộ (88 trạm được thể hiện chi tiết vị trí trên Hình 1). Ngoài ra là số liệu quan trắc bổ sung

khác từ quan trắc mưa tự động (nguồn Dự án và nguồn xã hội hóa) và từ sản phẩm ước lượng mưa trên lưới của radar và vệ tinh [9]. Từ năm 2020, bộ số liệu mưa trên lưới đã được thiết lập từ mưa trạm và mưa ước lượng từ độ phản hồi của các trạm radar và vệ tinh cho mức độ chi tiết theo chiều ngang là 1km x 1km, được Đài khí tượng cao không thiết lập và truyền về Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia với tần suất 1 tiếng một lần [10]. Bên cạnh đó là nguồn dữ liệu mưa ước lượng trên lưới của Nhật Bản (GSMaP) với độ phân giải theo chiều ngang là 10km x 10km [11].

2.3. Số liệu mô hình dự báo

2.3.1. Mô hình toàn cầu IFS của ECMWF

Bên cạnh các mô hình toàn cầu GSM của Cơ quan khí tượng Nhật Bản (JMA) và GFS của Trung tâm Dự báo môi trường quốc gia Hòa Kỳ (NCEP), được sự đầu tư của Bộ Tài Nguyên và Môi Trường, từ cuối năm 2011 Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia đã thu nhận dữ liệu dự báo gốc từ Trung tâm Dự báo hạn vừa Châu Âu (ECMWF) với độ phân giải theo chiều ngang 14km cho mô hình tất định IFS (Integrated Forecasting System) và 28km cho hệ thống dự báo tổ hợp, hạn dự báo đến 10 ngày. Hiện tại, độ phân giải của IFS xấp xỉ 9km và đây là một trong những mô hình qui mô toàn cầu có độ tin cậy cao nhất về dự báo các yếu tố khí tượng hiện nay theo hầu hết các nghiên cứu và đánh giá trên thế giới [12].

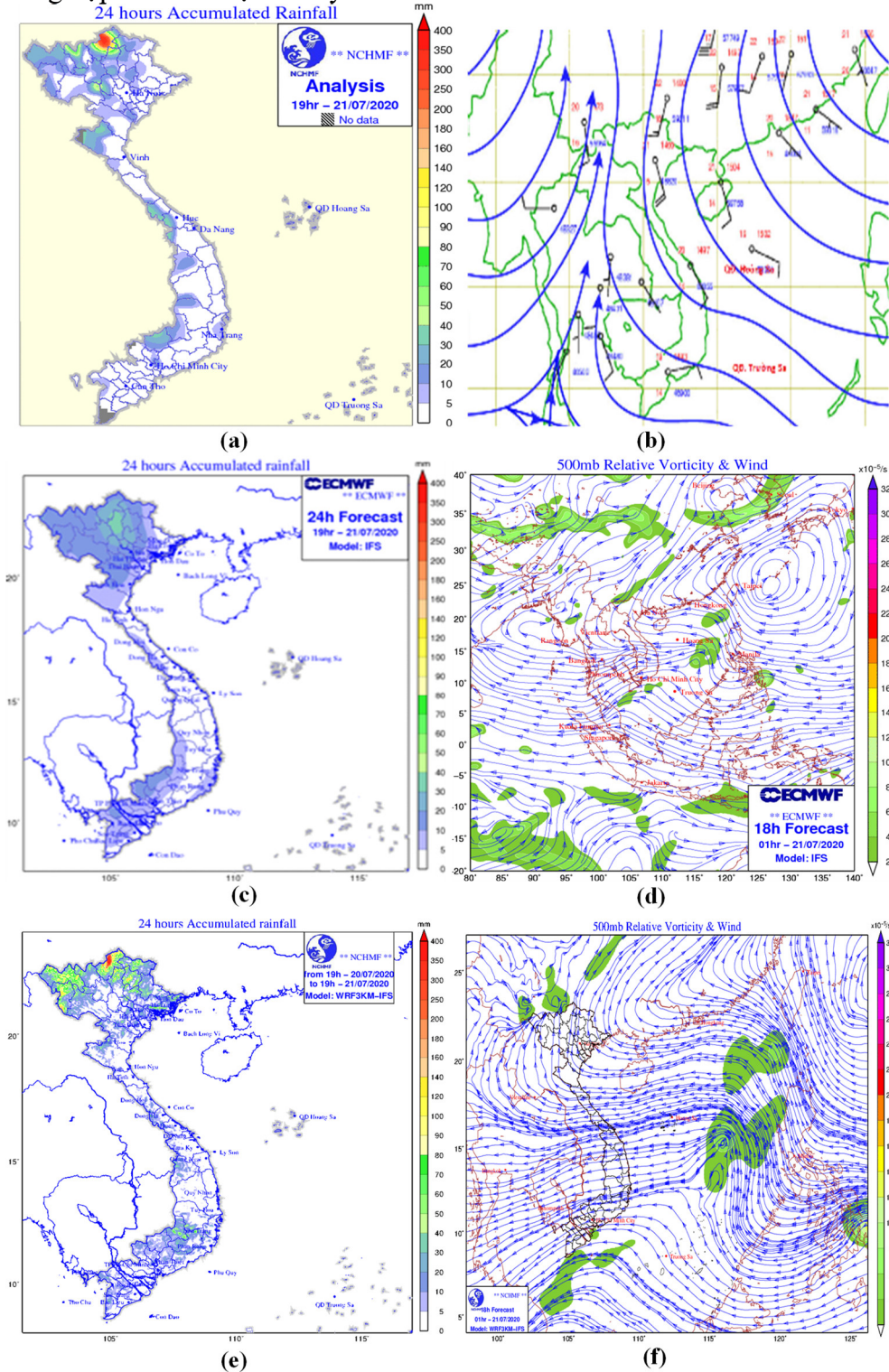
2.3.2. Mô hình khu vực WRF-ARW và hệ thống đồng hóa số liệu biển phân 3 chiều

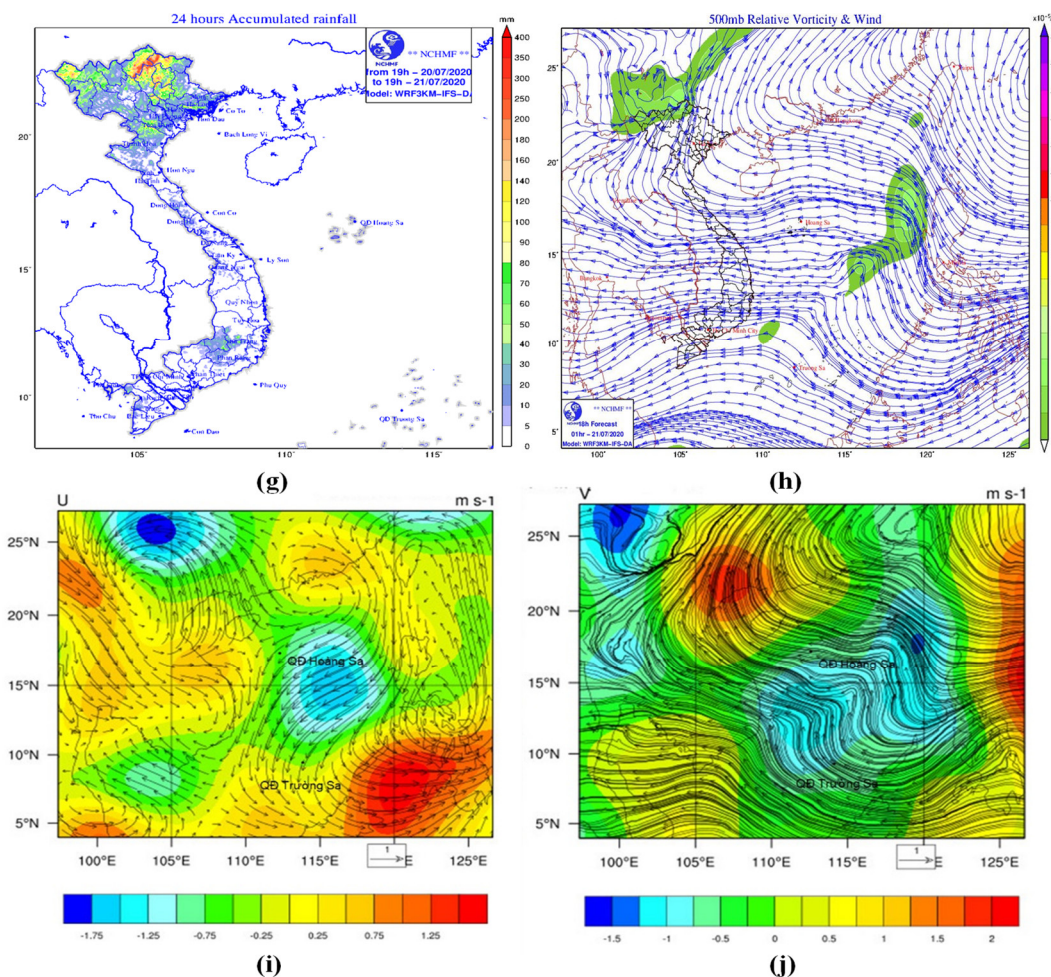
Ngoài các hệ thống mô hình khu vực trước đây ứng dụng tại Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia như HRM, COSMO của Cơ quan khí tượng liên bang Đức (DWD), mô hình WRF-ARW đã được ứng dụng trong nghiệp vụ từ năm 2005 (trong hệ thống dự báo tổ hợp hạn ngắn SREPS, độ phân giải 16 km). Trong khuôn khổ Dự án “Tăng cường hệ thống dự báo thời tiết và cảnh báo sớm” do Ngân hàng thế giới tài trợ, hệ thống tính toán đã được nâng cấp lên siêu máy tính CrayXC40 từ cuối năm 2018, mô hình WRF-ARW phiên bản 3.9.1.1 đã được thiết lập chạy nghiệp vụ với độ phân giải ngang là 3km x 3km sử dụng điều kiện biên từ mô hình IFS (độ phân giải 9km) với miền tính bao phủ toàn bộ lãnh thổ Việt Nam và Biển Đông, thời gian tích phân dự báo hạn 72 giờ sử dụng toàn bộ năng lực của hệ thống (~ 70–80 Tflops) hết 45 phút, mô hình được kí hiệu là WRF3kmIFS [12].

Từ đầu năm 2020, Trung tâm Dự báo KTTV quốc gia đã triển khai chạy nghiệp vụ trên siêu máy tính CrayXC40 hệ thống đồng hóa số liệu 3DVAR (ĐHSL) cho mô hình WRF-ARW (độ phân giải 3km, điều kiện biên từ mô hình ECMWF). Sai số mô hình để đưa vào hệ thống ĐHSL sử dụng phương pháp NMC tính toán từ các dự báo phân giải cao trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam và Biển Đông (mẫu thống kê ít nhất trong 3 tháng) [12]. Các số liệu được sử dụng trong quá trình đồng hóa bao gồm: các số liệu quan trắc bề mặt và thám không vô tuyến của Việt Nam, các số liệu quan trắc trên thế giới bao gồm: Vệ tinh cực (NOAA, METOP, số liệu bức xạ phổ), quan trắc gió vệ tinh bề mặt (SCAT) và trên cao (AMV), quan trắc từ các phương tiện thuyền bè của các nước khác (hệ thống GTS). Mô hình WRF3kmIFS có ĐHSL được kí hiệu là WRF3kmIFS-DA.

Khả năng tăng mức độ chi tiết trong dự báo định lượng của các mô hình phân giải cao kết hợp ĐHSL được thể hiện tại Hình 2 bằng kết quả so sánh giữa quan trắc mưa tích lũy 24h xảy ra trên khu vực Bắc Bộ (khu vực Hà Giang > 350–400 mm/24h) vào tháng 7/2020 và dự báo từ các mô hình IFS (< 60 mm/24h), WRF3kmIFS (> 150 mm/24h) và WRF3kmIFS-DA (> 180 mm/24h). Nguyên nhân gây ra mưa cục bộ cực trị tại vùng núi phía Bắc liên quan đến sự hội tụ gió giữa gió đông nam từ rìa áp cao cận nhiệt đới và gió tây nam và khu vực xảy ra mưa phụ thuộc nhiều vào vị trí dịch chuyển của rìa áp cao cận nhiệt đới. Các mô hình đều xác định khu vực miền Bắc nằm ở rìa lưới áp cao cận nhiệt đới, tuy nhiên việc thể hiện sự hội tụ gió trên khu vực Bắc Bộ trong trường phân tích và dự báo từ WRF3kmIFS-DA tốt hơn cho phép hiện tượng mưa phù hợp hơn so với mô hình IFS và mô hình phân giải cao chưa có ĐHSL.

Phân tích thêm các kết quả của mô hình phân giải cao có ĐHSL được đưa ra trong Hình 2 đối với các trường gió của mô hình tại mực 500hPa. Trên khu vực Bắc Bộ, quá trình ĐHSL đã giảm độ lớn thành phần gió kinh hướng ($U_a - U_f < 0$) và tăng độ lớn thành phần gió vĩ hướng ($V_a - V_f > 0$) ứng với trường véc tơ gia số $\{U_a - U_f, V_a - V_f\}$ tồn tại một dạng xoáy thuận kéo theo việc hướng gió tây nam trên khu vực Bắc Bộ có xu thế lệch sang phía Tây hơn và tăng mức độ hội tụ kinh hướng với rìa của cao áp cận nhiệt. Minh họa này cho thấy rõ những tác động của ĐHSL lên trường động lực của mô hình có khả năng tác động đến kết quả dự báo trong trường hợp mưa lớn cụ thể này.





Hình 2. (a) Bản đồ mưa quan trắc từ 19h ngày 20–21/7/2020, (b) bản đồ đường dòng lúc 19h ngày 21/7/2020, bản đồ dự báo mưa và đường dòng, xoáy tương đối mực 500hPa từ IFS (c, d), từ WRF3kmIFS (e, f) và từ WRF3kmIFS–DA (g, h), (i) Trường gia số thay đổi (increment) giữa trường phân tích ban đầu f và trường phân tích tối ưu a bằng ĐHSL của thành phần gió U và trường gia số với thành phần là $\{U_a-U_f, V_a-V_f\}$ tại mực 500hPa và (j) Trường gia số thay đổi (increment) giữa trường phân tích ban đầu f và trường phân tích tối ưu a bằng ĐHSL của thành phần gió V và hàm dòng gió ban đầu tại mực 500hPa.

Thời điểm dự báo của các mô hình số trị được sử dụng để đánh giá là lúc 00UTC hằng ngày. Trước khi thực hiện quá trình đánh giá dự báo, các dữ liệu quan trắc mưa trên lưới (số liệu mưa tự động (AWS), số liệu mưa vệ tinh (GSMaP)) được đưa về cùng một lưới với mô hình dự báo (phạm vi tính toán được thể hiện trên Hình 1), kết quả dự báo của mô hình số trị được nội suy về điểm trạm bằng phương pháp nội suy điểm gần nhất.

2.4. Các phương pháp đánh giá kỹ năng dự báo mưa

Nghiên cứu đưa ra các kết quả đánh giá dựa trên việc tính toán các chỉ số kỹ năng chi tiết theo khoảng phân cấp mưa (ví dụ trong khoảng 25–50 mm/24h) và theo ngưỡng mưa (ví dụ lớn hơn 25 mm/24h) thực hiện thống kê tại các trạm quan trắc Synop (đánh giá trên trạm) và thực hiện thống kê trên lưới bao phủ toàn bộ khu vực Bắc Bộ (đánh giá theo không gian). Các đánh giá tập trung vào mô hình quy mô toàn cầu IFS, mô hình quy mô khu vực WRF3kmIFS với điều kiện biên IFS độ phân giải 3km và mô hình quy mô khu vực có đồng hóa số liệu WRF3kmIFS–DA. Nghiên cứu đánh giá kết quả dự báo lượng mưa tích lũy 24 giờ của các mô hình IFS, WRF3kmIFS và WRF3kmIFS–DA cho khu vực Bắc Bộ giai đoạn tháng 4 đến tháng 12 năm 2020.

2.4.1. Phương pháp tính các chỉ số kỹ năng dự báo mưa tại trạm quan trắc

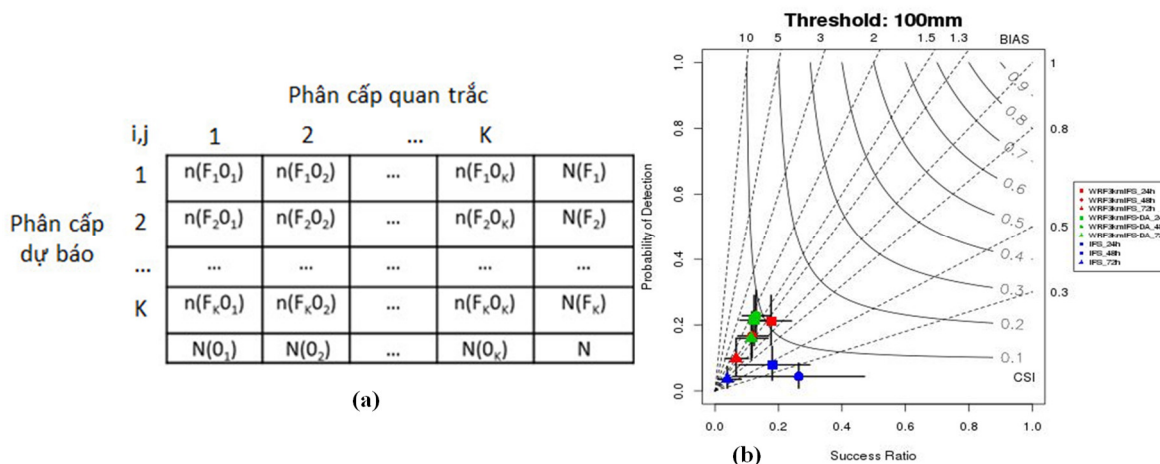
Việc áp dụng các chỉ số đánh giá cho biến dự báo liên tục dựa trên các chỉ số như sai số trung bình tuyệt đối hay sai số trung bình quân phương để đánh giá kỹ năng dự báo mưa là không phản ánh hết khả năng của mô hình. Bởi bản chất của các dự báo mưa bao gồm cả dự báo pha, tức là xảy ra hay không xảy ra, do đó bộ số liệu mưa dự báo và quan trắc sẽ tuân theo quy luật phân bố nhị phân thay vì phân bố chuẩn cho biến liên tục, chi tiết phân loại trong Bảng 1 (đại lượng A là tổng số lần dự báo thành công (dự báo đúng hiện tượng có xảy ra), B là tổng số lần dự báo sót (dự báo không xảy ra hiện tượng có xảy ra), C là tổng số lần dự báo không (dự báo xảy ra hiện tượng không xảy ra) và D là tổng số lần dự báo đúng của hiện tượng không xảy ra). Các chỉ số kỹ năng bao gồm BIAS, POD, FAR, TS (tên gọi khác là CSI), ETS sẽ được sử dụng trong nghiên cứu ứng với từng khoảng phân cấp ngưỡng mưa cụ thể [13], minh họa trong Hình 3 (trái). Khi đó công thức cho chỉ số TS cho phân cấp mưa thứ i sẽ có dạng:

$$TS_i = \frac{n(F_i, O_i)}{N(F_i) + N(O_i) - n(F_i, O_i)} \tag{1}$$

Trong đó $n(F_i, O_i)$ là số lượng dự báo thuộc phân cấp thứ i có quan trắc trong phân cấp thứ i (hay số dự báo đúng với quan trắc trong phân cấp thứ i); $N(O_i)$ là tổng số quan trắc phân cấp thứ i; $N(F_i)$ là tổng số dự báo phân cấp thứ i.

Bảng 1. Bảng phân loại tần xuất cho biến dự báo dạng nhị phân.

		Quan trắc	
		Có	Không
Dự báo	Có	A	B
	Không	C	D



Hình 3. Minh họa bảng đa cấp (a) và biểu đồ đánh giá kỹ năng tổng hợp (b).

Ngoài việc phân tích riêng lẻ các chỉ số kỹ năng, biểu đồ đánh giá kỹ năng tổng hợp (performance diagram) thể hiện mối tương quan hình học giữa các chỉ số POD, FAR, CSI/TS và Bias [14], minh họa trong Hình 3 phải. Khoảng tin cậy (Confidence Interval) của các chỉ số kỹ năng được xác định dựa trên phương pháp gieo nhiều ngẫu nhiên (boottraps) để cho thấy mức độ biến động, độ ổn định của dự báo. Từ vị trí của mô hình trong biểu đồ so với tham chiếu cho phép hình dung được độ chính xác của mô hình. Dự báo hoàn hảo khi nằm ở phía trên bên phải của biểu đồ. Sự sai lệch theo một hướng cụ thể biểu hiện sự khác biệt giữa xác suất phát hiện hiện tượng (POD, trục thẳng đứng bên phải) và tỉ lệ dự báo thành công

(Success Ratio, bằng 1–FAR, trục ngang dưới), BIAS (đường gạch chéo ứng với các giá trị trục ngang trên và trục thẳng đứng bên phải) và chỉ số CSI/TS (đường cong liền kèm giá trị đẳng mức).

2.4.2. Phương pháp đánh giá kỹ năng dự báo mưa theo không gian lưới

Các phương pháp đánh giá truyền thống chỉ nhắm đến sự phù hợp chính xác giữa dự báo và quan trắc, do đó nó sẽ bỏ qua sự thay đổi theo không gian của sản phẩm dự báo. Cách tiếp cận dựa trên phương pháp xác minh vùng lân cận đối với đánh giá điểm kỹ năng dự báo cho các ngưỡng cụ thể và thực hiện các cửa sổ không gian khác nhau sẽ cho phép xác định các ngưỡng mà mô hình cho chất lượng dự báo cao nhất. Chỉ số kỹ năng phân số (Fractional Skill Score) được dùng trong đánh giá xác suất dự báo mưa vượt ngưỡng hoặc dưới ngưỡng nhất định đối với một cửa sổ không gian nhất định [15–18]. FSS được sử dụng rộng rãi trong việc đánh giá dự báo định lượng mưa [19–20]. Chỉ số FSS phù hợp để đánh giá dự báo trong trường hợp độ phân giải cao (độ phân giải ngang dưới 10 km).

Giả sử trường quan trắc và dự báo có kích thước là $N_X \times N_Y$ (với N_X và N_Y lần lượt là số điểm lưới theo phương bắc–nam, đông–tây). Giá trị quan trắc và dự báo tại mỗi ô lưới được kí hiệu tương ứng là $MO_{i,j}$ và $MF_{i,j}$ (với $i=1,2, \dots, N_X; j=1,2, \dots, N_Y$). Để thực hiện tính toán giá trị chỉ số FSS, chuyển đổi trường giá trị sang trường nhị phân, kí hiệu giá trị nhị phân tại ô lưới của quan trắc của dự báo lần lượt là $PO_{i,j}$, $PF_{i,j}$ (với $i=1,2, \dots, N_X; j=1,2, \dots, N_Y$) và được xác định bởi điều kiện sau:

$$PF_{i,j} = 1: \text{Nếu } MF_{i,j} \geq \text{ngưỡng} \quad PF_{i,j} = 0: \text{Nếu } MF_{i,j} < \text{ngưỡng}$$

$$PO_{i,j} = 1: \text{Nếu } MO_{i,j} \geq \text{ngưỡng} \quad PO_{i,j} = 0: \text{Nếu } MO_{i,j} < \text{ngưỡng}$$

Tính toán giá trị phân số quan trắc, phân số dự báo cho từng ô lưới theo phạm vi không gian (vùng lân cận) kích thước $K \times K$ điểm lưới, bán kính vùng lân cận là k với $k = (K-1)/2$. Kí hiệu $O_{i,j}$ và $F_{i,j}$ (với $i=1,2, \dots, N_X; j=1,2, \dots, N_Y$) tương ứng là giá trị phân số thực tế và dự báo tại ô lưới sau khi được tính toán với một phạm vi không gian cho trước. Giá trị $O_{i,j}$ và $F_{i,j}$ (vị trí ô lưới thuộc hàng thứ i , cột thứ j) được tính bởi công thức:

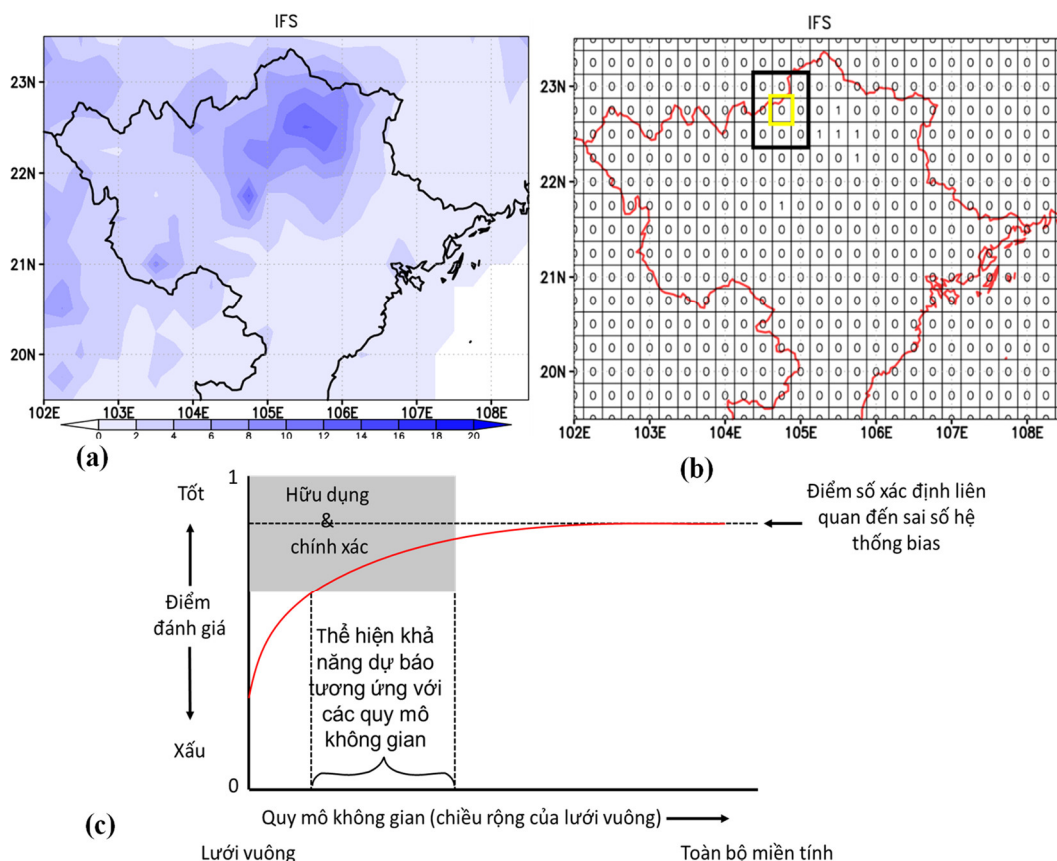
$$O_{(K)i,j} = \frac{1}{K \times K} \sum_{m=(i-k)}^{i+k} \sum_{n=(j-k)}^{j+k} PO_{m,n} \tag{2}$$

$$F_{(K)i,j} = \frac{1}{K \times K} \sum_{m=(i-k)}^{i+k} \sum_{n=(j-k)}^{j+k} PF_{m,n} \tag{3}$$

Với những ô lưới không phải là trung tâm của bất kì phạm vi không gian nào, $O_{i,j}$ và $F_{i,j}$ sẽ nhận giá trị bằng 0. Khi đó, chỉ số FSS đối với phạm vi không gian $K \times K$ được tính theo công thức:

$$FSS_{(K)} = 1 - \frac{\frac{1}{N_X \times N_Y} \sum_{i=1}^{N_X} \sum_{j=1}^{N_Y} [O_{(K)i,j} - F_{(K)i,j}]^2}{\frac{1}{N_X \times N_Y} \left[\sum_{i=1}^{N_X} \sum_{j=1}^{N_Y} O_{(K)i,j}^2 + \sum_{i=1}^{N_X} \sum_{j=1}^{N_Y} F_{(K)i,j}^2 \right]} \tag{4}$$

Hình 4 minh họa về việc chuyển đổi giá trị mưa dự báo theo từng ngưỡng về dạng nhị phân để tính toán chỉ số FSS (ví dụ với quy mô không gian là 3 ô lưới, ô lưới vàng sẽ thực hiện ra trên toàn bộ miền tính để tính toán giá trị phân số mới cho mỗi ô lưới là giá trị trung bình của các ô lưới trong phạm vi lưới vuông 3x3, những điểm không thể tồn tại ô lưới vàng sẽ có giá trị phân số bằng 0). Hình 4c minh họa về sự thay đổi của chỉ số FSS theo từng mức độ chi tiết về mặt không gian được đánh giá. Giá trị FSS càng cao (tối ưu nhất là 1) ứng với việc dữ liệu lưới mô hình dự báo phù hợp hoàn toàn với dữ liệu lưới quan trắc tại các ngưỡng đánh giá cụ thể. Việc đánh giá bằng chỉ số FSS cũng cho phép xác định được mức độ tin cậy theo không gian của từng mô hình qua đó đưa ra được dự báo theo cấp tỉnh, vùng phù hợp. Ở một qui mô không gian cụ thể, nếu FSS có giá trị trên 0,55 sẽ được xem là mô hình có kỹ năng theo không gian đó (mức độ phù hợp hiệu dụng).

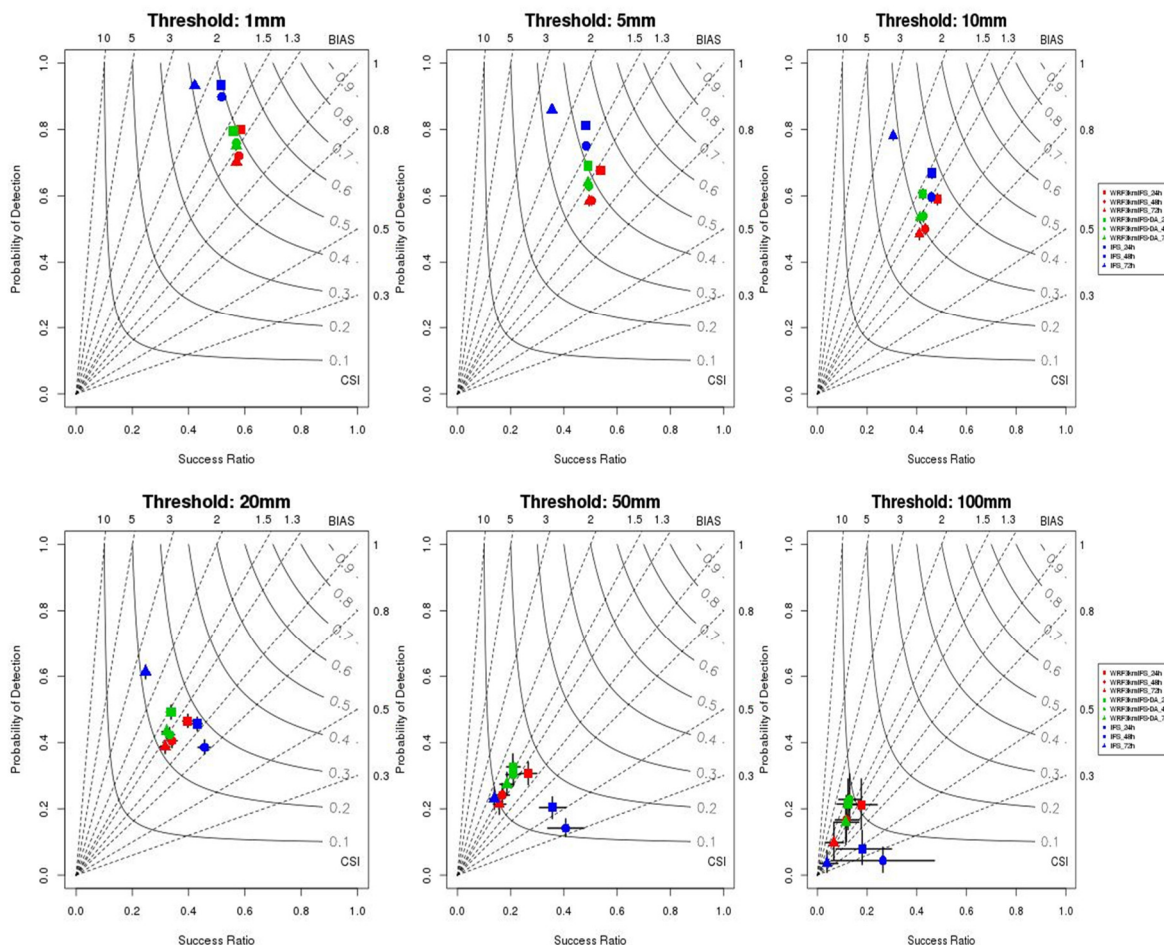


Hình 4. Minh họa trường dự báo mưa từ IFS (a) được chuyển đổi sang trường nhị phân ở ngưỡng 10mm/6h (b) để xác định chỉ số FSS và minh họa biến đổi của chỉ số kỹ năng FSS theo từng mức độ không gian (c).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá kết quả dự báo tại trạm

Hình 5 minh họa biểu đồ đánh giá kỹ năng tổng hợp cho dự báo lượng mưa tích lũy 24 giờ trên các ngưỡng 1 mm, 5 mm, 10 mm, 20 mm, 50 mm và 100 mm với các hạn dự báo 24h, 48h và 72h cho khu vực Bắc Bộ. Nhìn chung, tỉ lệ dự báo thành công, tỉ lệ phát hiện hiện tượng, chỉ số kỹ năng TS và độ tin cậy của các mô hình đều giảm khi ngưỡng lượng mưa tăng (mức tin cậy của kết quả dự báo từ mô hình IFS nhỏ nhất trong các mô hình). Ở các ngưỡng 1 mm, 5 mm và 10 mm, mô hình IFS có chỉ số phát hiện POD cao nhất tại cả 3 hạn dự báo (đặc biệt hạn 72h) tuy nhiên chỉ số BIAS lại dao động từ 2 đến 3.5 (cao nhất trong các mô hình), mô hình độ phân giải cao có đồng hóa số liệu WRF3kmIFS-DA xác suất phát hiện hiện tượng nhỉnh hơn so với mô hình không có đồng hóa WRF3kmIFS. Tại các ngưỡng mưa lớn hơn, tỉ lệ dự báo thành công của IFS lớn nhất nhưng giá trị POD lại nhỏ nhất, chỉ số BIAS giảm khi ngưỡng mưa tăng. Giá trị chỉ số POD của mô hình WRF3kmIFS-DA lớn hơn so với WRF3kmIFS (dự báo của 2 mô hình đều tốt nhất tại hạn 24h) và lớn nhất đối với các ngưỡng mưa trên 20 mm/24h. Tại tất cả các ngưỡng mưa, giá trị BIAS của các mô hình khu vực độ phân giải cao đều nằm trong khoảng từ 1 đến 1.5. Chỉ số kỹ năng TS của 3 mô hình lớn nhất tại hạn dự báo 24h tại tất cả các ngưỡng mưa. Đối với lượng mưa tích lũy 24 giờ trên 50 mm, mô hình WRF3kmIFS và WRF3kmIFS-DA luôn có chỉ số kỹ năng TS lớn hơn so với mô hình IFS tại cả 3 hạn dự báo.

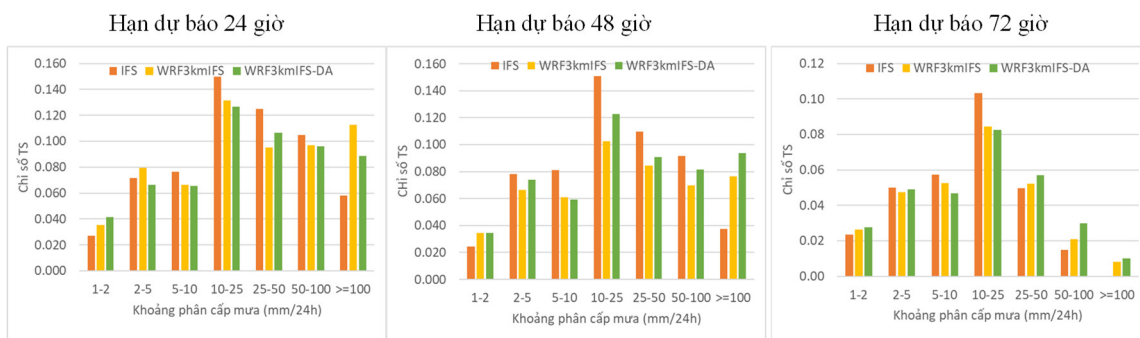


Hình 5. Biểu đồ đánh giá kỹ năng tổng hợp đối với lượng mưa tích lũy 24 giờ tại các ngưỡng mưa khác nhau. Kí hiệu màu xanh da trời, đỏ, xanh lá cây ứng với mô hình IFS, WRF3kmIFS và WRF3kmIFS-DA tại các hạn dự báo 24h, 48h và 72h.

Phân tích mức độ chính xác trong việc dự báo đúng lượng mưa quan trắc rơi vào từng phân cấp mưa cụ thể, qua đó phản ánh đúng tỉ lệ dự báo đúng so với tổng mẫu dự báo đánh giá, trong Hình 6 đưa ra kết quả đánh giá dựa trên chỉ số kỹ năng TS (giá trị tối ưu bằng 1 ứng khi dự báo từ mô hình đúng hoàn toàn so với quan trắc) và Bảng 2 trình bày giá trị chi tiết của các chỉ số kỹ năng (BIAS, POD, ETS, TS), các kết quả cho thấy:

- Ở hạn dự báo 24h: ngoài phân cấp mưa dưới 1mm/24h (các mô hình dự báo xác suất xuất hiện hiện tượng đúng phổ biến khoảng 80 đến 90%), ở ngưỡng 10–25 mm/24h các mô hình cho khả năng dự báo đúng cao nhất với tỉ lệ khoảng 38% trong khi ở các ngưỡng trên 25 mm/24h đạt khoảng 8–25%. Tại hạn dự báo này, chỉ số BIAS của mô hình IFS dao động từ 1 đến 2,5 với lượng mưa dưới 50 mm/24h và khoảng 0,5 với các ngưỡng còn lại, trong khi đó mô hình khu vực độ phân giải cao WRF3kmIFS và WRF3kmIFS-DA luôn dao động từ 1 đến 1,5. Mô hình IFS có chỉ số kỹ năng TS cao nhất tại ngưỡng 10–25 mm/24h trong khi đó với các ngưỡng mưa lớn trên 100 mm/24h, mô hình WRF3kmIFS cho kết quả tốt nhất, chỉ số phát hiện tăng lên 20% so với mô hình toàn cầu (chỉ số phát hiện POD chỉ khoảng 7%).

- Ở hạn dự báo 48h và 72h, xu thế sai số khá tương đồng với chỉ số TS lớn nhất tại phân cấp mưa 10–25 mm/24h, ngoài ngưỡng mưa dưới 1mm/24h, xác suất dự báo xuất hiện hiện tượng tại ngưỡng mưa này cao nhất khoảng 30–35%. Đặc biệt, với các ngưỡng phân cấp mưa lớn (trên 100 mm/24 với hạn dự báo 48h; trên 24 mm/24h với hạn dự báo 72h) mô hình độ phân giải cao có đồng hóa số liệu cho kết quả dự báo tốt hơn, chỉ số kỹ năng TS cao hơn hẳn so với 2 mô hình IFS và WRF3kmIFS.



Hình 6. Chỉ số kỹ năng TS đánh giá mức độ dự báo đúng của các mô hình (IFS, WRF3kmIFS, WRF3kmIFS-DA) tại từng khoảng ngưỡng phân cấp mưa. Mẫu đánh giá trong năm 2020, tính trung bình trên khu vực Bắc Bộ, hạn dự báo 24, 48 và 72 giờ.

Bảng 2. Chi tiết các chỉ số kỹ năng (BIAS, POD, ETS, TS) của mô hình các mô hình tại từng khoảng ngưỡng phân cấp mưa. Mẫu đánh giá trong năm 2020 cho khu vực Bắc Bộ, hạn dự báo 24, 48 và 72 giờ.

IFS, Hạn dự báo: 24h					WRF3kmIFS, Hạn dự báo: 24h					WRF3kmIFS-DA, Hạn dự báo: 24h				
Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS	Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS	Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS
0-1	0.850	83.771	0.409	0.828	0-1	0.932	89.503	0.429	0.863	0-1	0.901	88.651	0.413	0.855
1-2	2.403	8.933	0.015	0.027	1-2	1.928	9.987	0.024	0.035	1-2	1.690	10.881	0.031	0.041
2-5	1.906	19.439	0.049	0.072	2-5	1.440	17.996	0.059	0.080	2-5	1.292	14.561	0.047	0.066
5-10	2.314	23.508	0.056	0.076	5-10	1.380	14.826	0.050	0.066	5-10	1.314	14.396	0.049	0.065
10-25	1.893	37.726	0.123	0.150	10-25	1.246	26.110	0.109	0.132	10-25	1.321	26.450	0.103	0.127
25-50	1.169	24.067	0.113	0.125	25-50	1.204	19.135	0.083	0.095	25-50	1.442	23.689	0.093	0.107
50-100	0.601	15.175	0.101	0.105	50-100	1.129	18.814	0.091	0.097	50-100	1.507	21.774	0.090	0.096
>=100	0.439	7.895	0.057	0.058	>=100	1.257	22.857	0.111	0.113	>=100	1.752	21.622	0.087	0.089
IFS, Hạn dự báo: 48h					WRF3kmIFS, Hạn dự báo: 48h					WRF3kmIFS-DA, Hạn dự báo: 48h				
Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS	Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS	Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS
0-1	0.863	84.474	0.400	0.829	0-1	0.956	90.426	0.395	0.860	0-1	0.917	89.592	0.408	0.859
1-2	2.480	8.313	0.012	0.024	1-2	1.784	9.229	0.023	0.034	1-2	1.688	9.067	0.024	0.034
2-5	1.938	21.268	0.055	0.078	2-5	1.245	13.976	0.047	0.066	2-5	1.269	15.972	0.055	0.074
5-10	2.228	24.171	0.061	0.081	5-10	1.196	12.632	0.046	0.061	5-10	1.272	12.848	0.043	0.059
10-25	1.801	36.744	0.125	0.151	10-25	1.047	19.027	0.082	0.103	10-25	1.178	24.119	0.101	0.123
25-50	0.952	19.310	0.099	0.110	25-50	1.158	16.827	0.073	0.085	25-50	1.249	18.835	0.078	0.091
50-100	0.389	11.673	0.089	0.092	50-100	1.415	15.746	0.064	0.070	50-100	1.372	17.742	0.075	0.082
>=100	0.211	4.386	0.037	0.038	>=100	1.410	17.143	0.075	0.077	>=100	1.838	23.423	0.092	0.094
IFS, Hạn dự báo: 72h					WRF3kmIFS, Hạn dự báo: 72h					WRF3kmIFS-DA, Hạn dự báo: 72h				
Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS	Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS	Khoảng phân cấp (mm/24h)	Bias	POD(%)	ETS	TS
0-1	0.851	80.97	0.283	0.777	0-1	0.931	86.22	0.267	0.807	0-1	0.901	85.83	0.272	0.806
1-2	2.392	7.82	0.012	0.024	1-2	1.894	7.46	0.015	0.026	1-2	1.693	7.38	0.017	0.028
2-5	1.887	13.77	0.027	0.050	2-5	1.431	11.01	0.027	0.047	2-5	1.301	10.97	0.029	0.049
5-10	2.308	17.91	0.037	0.057	5-10	1.381	11.88	0.036	0.052	5-10	1.318	10.53	0.031	0.047
10-25	1.892	27.08	0.076	0.103	10-25	1.263	17.65	0.062	0.085	10-25	1.311	17.89	0.059	0.083
25-50	1.169	10.26	0.037	0.050	25-50	1.227	11.06	0.040	0.052	25-50	1.429	13.20	0.044	0.057
50-100	0.601	2.33	0.011	0.015	50-100	1.186	4.50	0.015	0.021	50-100	1.513	7.26	0.024	0.030
>=100	0.439	0.00	-0.001	0.000	>=100	1.295	1.90	0.007	0.008	>=100	1.781	2.70	0.009	0.010

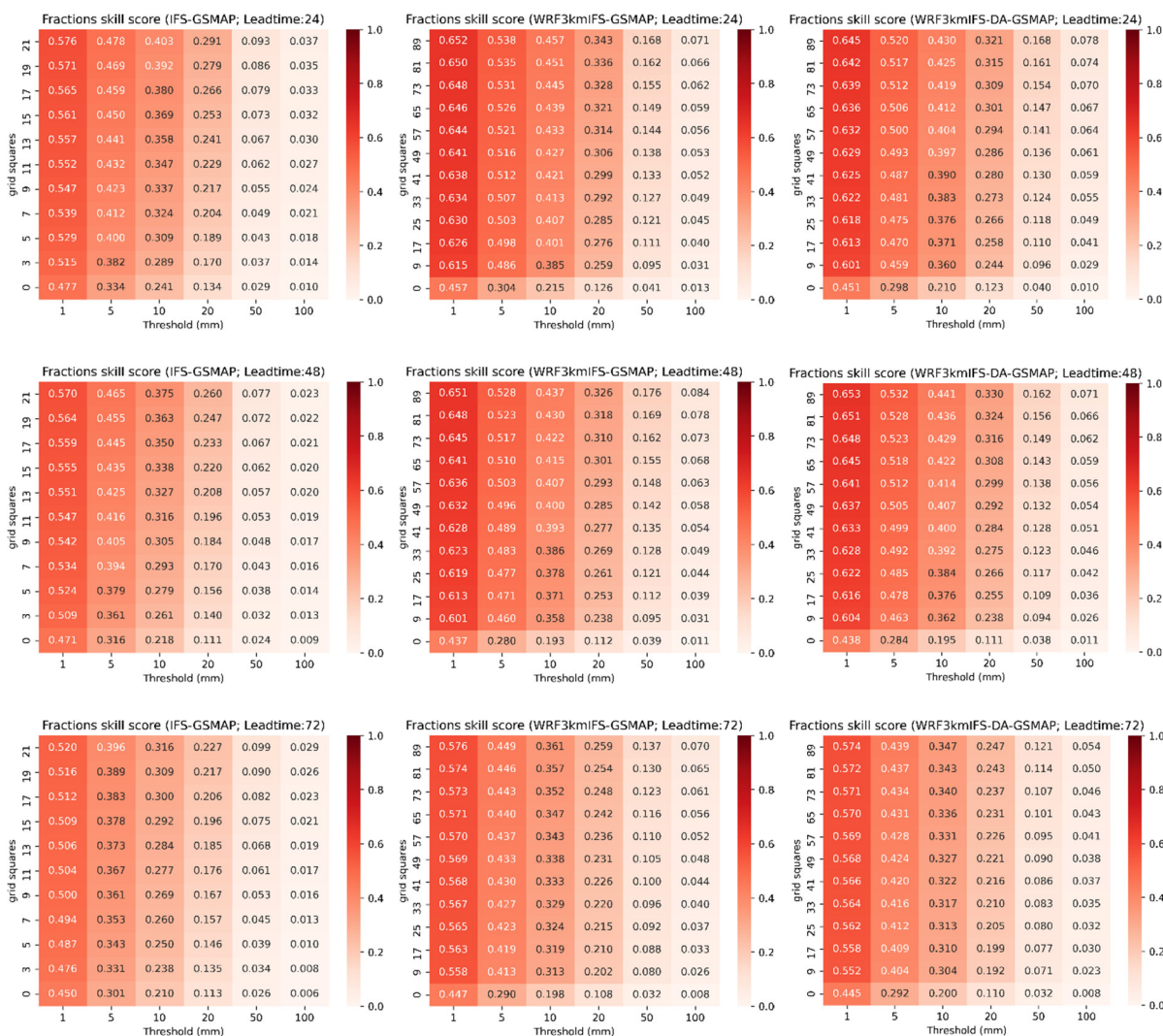
3.2. Đánh giá kỹ năng dự báo theo không gian

Trong nghiên cứu thực hiện đánh giá theo mức độ chi tiết của từng mô hình, số liệu lưới quan trắc đưa về lưới mô hình. Việc so sánh song song cả với số liệu mưa lưới từ vệ tinh và mưa lưới từ quan trắc radar-mưa tự động cho phép xem xét tính khách quan của kết quả đánh giá khi so sánh với bộ số liệu độc lập. Đối với số liệu mưa vệ tinh, các đánh giá thường thiên cao hơn so với thực tế do các giá trị lượng mưa cực trị xác định từ số liệu vệ tinh thường thiên thấp.

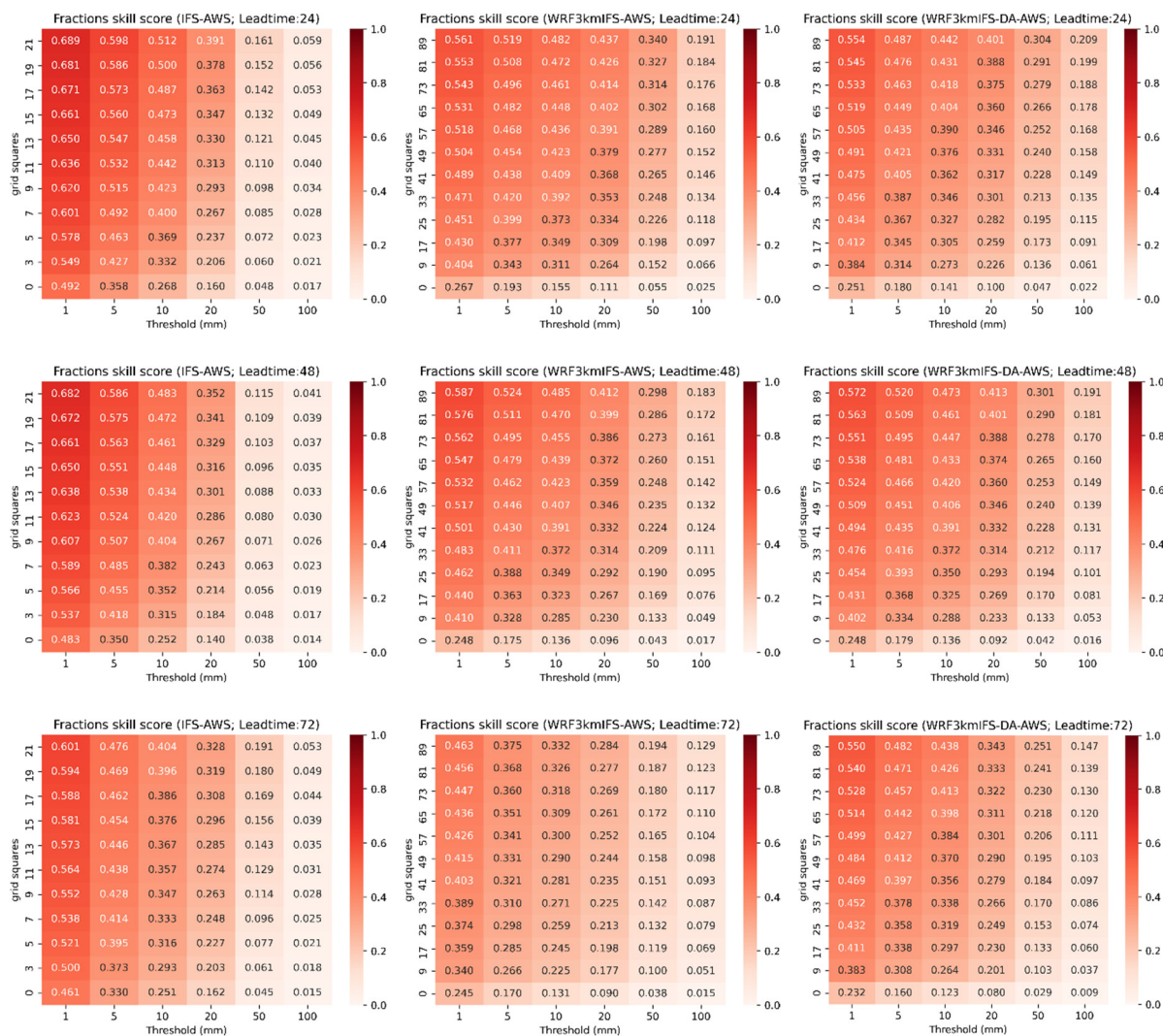
Hình 7 thể hiện chi tiết giá trị chỉ số kỹ năng FSS đối với lượng mưa tích lũy 24 giờ tính từ dữ liệu GSMaP và mô hình dự báo. Nhìn chung, giá trị FSS giảm khi ngưỡng mưa tăng và tăng khi vùng lân cận tăng. Tại các ngưỡng mưa dưới 10 mm/24h, độ phù hợp của dự báo và quan trắc lên đến 50–60%. Tại hạn 24h và 72h, giá trị FSS từ mô hình WRF3kmIFS nhỉnh hơn 2 mô hình còn lại, thấp nhất đối với IFS. Hạn 48h, mô hình độ phân giải cao có đồng hóa số liệu WRF3kmIFS-DA có chỉ số kỹ năng FSS lớn nhất. Đối với ngưỡng mưa trên 100

mm/24h, kết quả dự báo của WRF3kmIFS–DA chính xác nhất tại hạn 24h, trong khi đó hạn 48h và 72h, mô hình WRF3kmIFS cho kết quả tốt nhất. Mức độ phù hợp hiệu dụng đạt được tại ngưỡng mưa trên 1 mm/24h và quy mô hiệu dụng tăng theo hạn dự báo và nhỏ nhất đối với mô hình khu vực độ phân giải cao (WRF3kmIFS và WRF3kmIFS–DA) với quy mô vùng lân cận 9x9 ô lưới (bán kính khoảng 12 km).

Giá trị chỉ số kỹ năng FSS từ dữ liệu AWS và mô hình được trình bày cụ thể trên hình 8. Với ngưỡng lượng mưa dưới 20 mm/24h, giá trị chỉ số kỹ năng FSS tại 3 hạn dự báo đều lớn nhất với mô hình IFS, mức độ phù hợp giữa dự báo và số liệu quan trắc có bổ sung radar và mưa tự động (AWS) đạt khoảng 50–65%. Trong khi đó, các ngưỡng mưa trên 20 mm/24h, FSS từ số liệu dự báo mô hình WRF3kmIFS–DA tốt hơn hẳn so với 2 mô hình còn lại. Đặc biệt với lượng mưa trên 100 mm/24h, mô hình có đồng hóa cho thấy mức độ phù hợp cao nhất lên đến 20%, tăng khoảng 2% so với mô hình WRF3kmIFS trong khi mô hình toàn cầu IFS mức độ phù hợp chỉ khoảng 5%.



Hình 7. Giá trị chỉ số kỹ năng FSS so với dữ liệu mưa lưới từ vệ tinh (GSMaP) của các mô hình cho khu vực Bắc Bộ cho dự báo lượng mưa tích lũy 24 giờ tại các ngưỡng mưa khác nhau.



Hình 8. Giá trị chỉ số kỹ năng FSS so với dữ liệu mưa lưới từ quan trắc radar-tự động (AWS) của các mô hình cho khu vực Bắc Bộ cho dự báo lượng mưa tích lũy 24 giờ tại các ngưỡng mưa khác nhau.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã trình bày các kết quả đánh giá kết quả dự báo mưa của mô hình IFS, WRF3kmIFS và WRF3kmIFS-DA trong năm 2020 cho khu vực Bắc Bộ. Phương pháp đánh giá theo không gian dựa trên chỉ số kỹ năng FSS đã được thực hiện với các dữ liệu mưa quan trắc trên lưới từ vệ tinh của Nhật Bản (GSMaP) và dữ liệu mưa trên lưới được thiết lập từ dữ liệu quan trắc ước lượng mưa radar-vệ tinh-quan trắc mưa tự động. Các chỉ số đánh giá kỹ năng (POD, BIAS, TS) theo phương pháp truyền thống và được mở rộng theo từng phân cấp mưa chi tiết kết hợp biểu đồ đánh giá kỹ năng tổng hợp đã được thực hiện song song trên các vị trí trạm của khu vực Bắc Bộ.

Mô hình IFS có chỉ số phát hiện POD cao hơn ở những ngưỡng mưa nhỏ (dưới 20 mm/24h). Trong khi đó, ở các ngưỡng mưa lớn hơn mô hình độ phân giải cao WRF3kmIFS cho kỹ năng dự báo tốt hơn rõ rệt khi xét theo cả trạm và không gian. Đặc biệt với các ngưỡng lượng mưa tích lũy 24 giờ trên 50 mm, mô hình có ĐHSL WRF3kmIFS-DA kỹ năng dự báo tốt hơn đáng kể. Các kết quả đánh giá chi tiết về mặt không gian cho thấy độ phân giải hiệu dụng của của các mô hình đều rất thấp cho ngưỡng mưa lớn hơn 20 mm/24h (không đạt được FSS > 0,55), mặc dù kỹ năng dự báo theo không gian có tăng trong WRF3kmIFS và WRF3kmIFS-DA nhưng vẫn thấy rõ việc hạn chế trong khả năng cung cấp được dự báo định lượng ở quy mô chi tiết cho khu vực Bắc Bộ.

Các kết quả đánh giá cho thấy kỹ năng dự báo định lượng cho khu vực Bắc Bộ còn thấp. Mặc dù vậy, mô hình phân giải cao kết hợp đồng hóa số liệu của bằng phương pháp biến phân 3 chiều (3DVAR) đã tăng được kỹ năng dự báo ở các ngưỡng mưa lớn (> 50 mm/24h) trong hạn 1–3 ngày và qua đó cho phép bổ sung thông tin mang tính chất định lượng–cực trị bên cạnh sản phẩm dự báo của mô hình IFS.

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

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

Tài liệu tham khảo

1. Watson, P.A.G.; Christensen, H.M.; Palmer, T.N. Does the ECMWF IFS Convection Parameterization with Stochastic Physics Correctly Reproduce Relationships between Convection and the Large–Scale State? *J. Atmos. Sci.* **2015**, *72(1)*, 236–242.
2. Kalnay, E. Atmospheric modeling, data assimilation and predictability. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
3. Bá, T.Đ.; Hòa, V.V.; Trí, Đ.Q. Đánh giá chất lượng dự báo mưa hạn ngắn của mô hình IFS trên khu vực Bắc Trung Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *697*, 33–43.
4. Hòa, V.V. Nghiên cứu so sánh kỹ năng dự báo mưa lớn khu vực miền Trung và Tây Nguyên của một số mô hình toàn cầu. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, *667*, 1–8.
5. Thủy, N.T.; Hòa, V.V.; Tiến, T.T.; Hung, M.K. Đánh giá chất lượng dự báo mưa lớn của hệ thống dự báo tổ hợp hạn ngắn trên khu vực đồng bằng Bắc Bộ. *Tap chí Khí tượng thủy văn* **2018**, *696*, 42–53.
6. Ngọc, L.A.; Tín, N.V.; Phát, T.N.; Hồng, N.V. Đánh giá khả năng dự báo thời tiết của mô hình WRF (Weather, Research and Forecasting) cho khu vực Nam Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *708*, 55–63.
7. Thức, T.D.; Thanh, C. Thử nghiệm đồng hóa dữ liệu radar trong mô hình WRF để dự báo mưa lớn cho khu vực Thành phố Hồ Chí Minh. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái Đất và Môi trường* **2018**, *34(1S)*, 59–70.
8. Tiến, D.Đ.; Tăng, B.M.; Hòa, V.V.; Vui, P.T.; Đức, T.A.; Hung, M.K.; Linh, N.M. Đánh giá tác động của đồng hóa số liệu và điều kiện biên đến kết quả dự báo mưa lớn từ mô hình WRF cho khu vực tại miền Trung và Tây Nguyên. *Tap chí Khí tượng thủy văn* **2014**, *647*, 25–30.
9. Khiêm, M.V.; Woo, W.C.; Wong, W.K.; Yeung S.L.; Tiến, D.Đ.; Hung, M.K.; Quân, Đ.Đ.; Dung, P.T.P.; Nga, N.T.; Trang, C.T.H. Case Study of using The Blending Radar–Numerical Weather Prediction Product in Nowcasting. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences* **2021**, *37(3)*, 1–8.
10. Saito, K.; Hung, M.K.; Hung, N.V.; Vinh, N.Q.; Tien, D.D. Heavy rainfall in central Viet Nam in December 2018 and modification of precipitation nowcasting at VNMHA. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *5*, 65–79.
11. Hung, M.K.; Saito, K.; Khiem, M.V.; Tien, D.D.; Hung, N.V. Application of GSMaP Satellite data in precipitation estimation and nowcasting: evaluations for October 2019 to January 2020 period for Vietnam. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *5*, 80–94.
12. Tiến, D.Đ.; Cường, H.Đ.; Hung, M.K.; Lâm, H.P. Vai trò của sai số mô hình trong bài toán đồng hóa số liệu dựa trên phương pháp biến phân: thử nghiệm với mô hình

- phân giải cao WRF–ARW và dự báo mưa lớn trong trên khu vực Bắc Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* 2019, 699, 42–49.
13. Wilks, D.S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 2nd ed. Academic Press. 2006, pp. 627.
 14. Roebber, P.J. Visualizing Multiple Measures of Forecast Quality. *Weather Forecasting* 2009, 24(2), 601–608.
 15. Zhao, B.; Zhang, B. Assessing Hourly Precipitation Forecast Skill with the Fractions Skill Score. *J. Meteorol. Res.* 2018, 32, 135–145.
 16. Roberts, N.M.; Lean, H.W. Scale–Selective Verification of Rainfall Accumulations from High–Resolution Forecasts of Convective Events. *Monthly Weather Review.* 2008, 136(1), 78–97.
 17. Mittermaier, M.; Roberts, N.; Thompson, S.A. A long–term assessment of precipitation forecast skill using the Fractions Skill Score. *Meteor. Appl.* 2013, 20, 176–186.
 18. Skok, G.; Roberts, N. Analysis of Fractions Skill Score properties for random precipitation fields and ECMWF forecasts. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 2016, 142, 2599–2610.
 19. Baldauf, M.; Seifert, A.; Förstner, J.; Majewski, D.; Raschendorfer, M.; Reinhardt, T. Operational convective–scale numerical weather prediction with the COSMO model: Description and sensitivities. *Mon. Wea. Rev.* 2011, 139, 3887–3905.
 20. Herman, G.R.; Schumacher, S. Extreme precipitation in models: An evaluation. *Wea. Forecasting* 2016, 31, 1853–1879.

Verification of quantitative rainfall forecast from IFS and WRF model for the northern region of Viet Nam

Nguyen Thi Nga¹, Cong Thanh², Mai Khanh Hung¹, Du Duc Tien^{1*}

¹ National Center for Hydrometeorological Forecasting; duduction@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail.com; hongnga12897@gmail.com

² Faculty of Meteorology, Hydrology, and Oceanography, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi; congthanh1477@gmail.com

Abstract: This research aims to validate heavy rainfall forecasting over northern Vietnam of IFS (ECMWF) and the Weather Research and Forecasting with the Advanced Research dynamical solver (WRF-ARW) models from 4–12/2020. Typical skill scores are calculated based on the surface observation data (POD, FAR, BIAS, CSI/TS) and the performance diagram is used for combination exploitation based on those skill scores. The spatial verifications are carried out using the fraction skill score (FSS) and grid rainfall observations (both from the satellite-based GSMaP product and aws-radar-based). Both skill validations of station-based and spatial-based show low skills of models for high thresholds of 24h accumulated rainfall forecast. But in general, the advanced skill forecast for high thresholds (> 50 mm/24h) from high-resolution regional models WRF3kmIFS (WRF-ARW using IFS as boundary conditions) and WRF3kmIFS–DA (WRF3kmIFS with data assimilation).

Keywords: Spatial verification; Fraction skill score; Multi–category Contingency Table.

Table of content

- 1** Tuan, D.H. Evaluation of seasonal water quality and determination of causes of water color change in a blue lake at An Son Commune, Thuy Nguyen District, Hai Phong City. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 730, 1–7.
- 8** Vu, D.T.; Dan, T.C.; Nu, H.T.T.; Tuan, N.H.; Van, C.T. Review of potential measures for recovering and developing mangrove forest in west coastal zone of Mekong delta, Vietnam. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 730, 8–21.
- 22** Duy, H.V.; Hieu, N.T.; Tung, T.T.; Ha, D.T. Ditermining the effective porosity of Pleistocene aquifer at Cam Hoang – Hai Duong by using experiment methods and numerical models. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 730, 22–31.
- 32** Son, N.L. Some countermeasures of operational improvement and green house gas emission reduction, contributing to climate change prevention for coal-fired and hydropower plants operating in Vietnam power system in the new context. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 730, 32–41.
- 42** Vi, P.T.T.; Minh, H.V.T.; Tri, L.H.; Khanh, L.H.; Ty, T.V. Aseessment of water supply capacity from Otuksa reservoir for different production models in Tinh Bien District, An Giang Province . *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 730, 42–52.
- 53** Khiem, N.V.; Huong, H.T.L.; Khiem, M.V.; Huong, D.T.; Chung, N.N. The effectiveness and contribution of the police in response to climate change, disaster prevention and search-and rescue. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 730, 53–67.
- 68** Son, N.H.; Kham, N.V. Assessment of agro-climatic resources and its impatcs on crop-livelihoods in the North Central Coastal Delta region. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 730, 68–78.
- 79** Nga, N.T.; Thanh, C.; Hung, M.K.; Tien, D.D. Verification of quantitative rainfall forecast from IFS and WRF model for the northern region of Viet Nam. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 730, 79–92.