

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 chuyên đề
12-2022

MỤC LỤC

Bài báo khoa học



Q. TÔNG BIÊN TẬP

PGS. TS. Đoàn Quang Trí

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

Giấy phép xuất bản

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

Tòa soạn

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

Chế bản và In tại:

Công ty TNHH 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

- 1 Trương Hồng Tiến, Nguyễn Đình Đạt, Phạm Tường, Vũ Minh Thiện, Nguyễn Huy Phương, Nguyễn Trung Quân:** Nghiên cứu xây dựng bộ chỉ số an ninh nguồn nước cho vùng châu thổ sông Mê Công
- 15 Nguyễn Văn Tín, Cấn Thế Việt, Nguyễn Hải Âu, Trần Đức Dũng, Vũ Thị Vân Anh, Cấn Thu Văn:** Phân tích xu thế biến đổi của lượng mưa khu vực Tây Nguyên giai đoạn 1990–2021
- 26 Hoàng Gia Nam, Võ Văn Hòa, Dư Đức Tiến, Trần Anh Đức, Đặng Đình Quân, Mai Khánh Hưng:** Nghiên cứu thống kê xoáy thuận nhiệt đới có sự thay đổi về hướng đột ngột trong khi di chuyển trên Biển Đông
- 34 Đỗ Huy Dương, Ngô Tiền Giang, Nguyễn Thị Hân, Trần Văn Dẫn, Nguyễn Thị Thanh Nga:** Giải pháp quản lý, giám sát hoạt động kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo khí tượng thủy văn
- 44 Vũ Thị Mai Hoa, Nguyễn Minh Trường:** Giám đoạn gió mùa hè trên khu vực Nam Bộ trong các thập kỷ gần đây
- 57 Võ Văn Hòa, Lê Minh Tuấn, Phạm Văn Hanh:** Khả năng ứng dụng số liệu DSM trong giám sát và đánh giá vi phạm hành kỹ thuật công trình trạm quan trắc khí tượng bề mặt
- 67 Trần Hữu Thế, Đoàn Quang Trí, Quách Thị Thanh Tuyết, Nguyễn Văn Nhật, Phạm Tiến Đức:** Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11 đánh giá chất lượng nguồn tiếp nhận nước thải từ khu công nghiệp ra sông Cẩm Giàng, Hải Dương
- 81 Vũ Cao Đạt, Nguyễn Đức Đảm, Phạm Thái Bình:** Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất tại huyện Mường Chà, tỉnh Điện Biên sử dụng các kỹ thuật phân loại K-Nearest-Neighbor và Gradient Boosting
- 91 Trần Anh Phương, Trần Thị Diệu Hằng, Bùi Huyền Linh, Nguyễn Thanh Thủy:** Nghiên cứu xây dựng hệ thống giám sát và cảnh báo chất lượng nước theo thời gian thực các sông Giá, Rế và Đa Độ trên địa bàn thành phố Hải Phòng

Bài báo khoa học

Nghiên cứu xây dựng bộ chỉ số an ninh nguồn nước cho vùng châu thổ sông Mê Công

Trương Hồng Tiến^{1*}, Nguyễn Đình Đạt¹, Phạm Tường¹, Vũ Minh Thiện¹, Nguyễn Huy Phương¹, Nguyễn Trung Quân¹

¹ Văn phòng Thường trực Ủy ban sông Mê Công Việt Nam, 23 Hàng Tre, Hà Nội; thtien652004@gmail.com; dinhdat143@gmail.com; phamtuong307@gmail.com; vumthien@gmail.com; huyphuongmk@gmail.com; quantnn@gmail.com

*Tác giả liên hệ: thtien652004@gmail.com; Tel.: +84-981257395

Ban Biên tập nhận bài: 15/10/2022; Ngày phản biện xong: 19/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Vấn đề đảm bảo an ninh nguồn nước cho cuộc sống con người và hệ sinh thái đang trở thành mối quan tâm hàng đầu của các nước trên thế giới. Đã có rất nhiều nghiên cứu về an ninh nguồn nước ở nhiều cấp độ khác nhau được triển khai thực hiện, nhưng chưa có một nghiên cứu cụ thể nào cho một vùng châu thổ có yếu tố xuyên biên giới như vùng châu thổ sông Mê Công. Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng và phát triển một khung chỉ số để đánh giá tình hình an ninh nguồn nước cho vùng châu thổ sông Mê Công. Kết quả chính của nghiên cứu là một khung chỉ số bao gồm 6 nhóm chỉ số liên quan đến nguồn nước, cấp nước sinh hoạt, phát triển các ngành kinh tế, công tác phòng chống rủi ro, thiên tai do nước gây ra, bảo vệ môi trường sinh thái, và quản lý tài nguyên nước. Đặc biệt, yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước sông quốc tế đã được xem xét kỹ lưỡng trong các chỉ số an ninh nguồn nước. Khung chỉ số được đề xuất trong nghiên cứu này sẽ cho phép các nhà hoạch định chính sách, các nhà quản lý tiến hành đánh giá và xác định các giải pháp đảm bảo an ninh nguồn nước cho vùng châu thổ sông Mê Công của Việt Nam và Campuchia.

Từ khóa: An ninh nguồn nước; Đồng bằng; Châu thổ; Hệ sinh thái; Rủi ro thiên tai; Xuyên biên giới.

1. Giới thiệu

Nước cần thiết cho mọi hoạt động sản xuất, sinh hoạt và phát triển của con người, không có nước thì không thể tồn tại và phát triển kinh tế, xã hội. Là nguồn tài nguyên tái tạo nhưng nước trên thế giới không phải là vô hạn và đang đứng trước nguy cơ suy thoái, cạn kiệt do các hoạt động khai thác quá mức của con người và tác động của biến đổi khí hậu [1]. Vì vậy, việc đảm bảo an ninh nguồn nước (ANNN) để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế, xã hội đã trở nên cấp bách hơn bao giờ hết đối với tất cả các quốc gia trên thế giới.

Trên thế giới hiện có 276 lưu vực sông xuyên biên giới, chảy qua 151 quốc gia và vùng lãnh thổ, và là nơi sinh sống của hơn 40% dân số toàn cầu [2]. Tổng lưu lượng của các sông xuyên biên giới chiếm khoảng 54% tổng lượng dòng chảy của tất cả các sông trên thế giới. Việc đảm bảo ANNN tại các lưu vực sông này gặp khó khăn hơn rất nhiều so với các lưu vực sông nằm trong phạm vi lãnh thổ của một quốc gia do phụ thuộc rất lớn vào sự hợp tác của các nước trong lưu vực. Trong các lưu vực sông thì châu thổ là tiểu vùng đặc biệt nhất với đặc điểm nằm ở cuối nguồn của các con sông và đa phần tiếp giáp với biển. Hằng năm, các vùng đồng bằng này tiếp nhận một lượng nước và phù sa rất lớn từ thượng nguồn đổ về và vì thế đã trở thành những nơi sản xuất lương thực chính của các quốc gia trong lưu vực. Tuy nhiên, các vùng châu thổ hiện cũng đang gặp rất nhiều khó khăn, thách thức của biến đổi khí

hậu và sự gia tăng các hoạt động khai thác sử dụng nước trong lưu vực, gây ảnh hưởng rất lớn đến an ninh nguồn nước và an ninh lương thực của các nước trên thế giới.

Hiện nay trên thế giới đã có rất nhiều nghiên cứu về ANNN được triển khai thực hiện ở nhiều cấp độ khác nhau, cả theo ranh giới hành chính ở phạm vi toàn cầu [3–4], khu vực [5–6], quốc gia [7–8], và cấp tỉnh/thành phố [9–10], và theo ranh giới lưu vực [11–14]. Các nghiên cứu này đã xây dựng được các chỉ số ANNN và áp dụng tính toán cho các khu vực, nhưng hạn chế của các nghiên cứu liên quan đến nguồn nước quốc tế là chưa xem xét yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước trong các chỉ số. Ngoài ra, chưa có một nghiên cứu nào về an ninh nguồn nước được triển khai thực hiện cho các châu thổ của các lưu vực sông (kể cả lưu vực sông quốc tế và lưu vực sông quốc gia).

Tình hình cũng tương tự đối với các nghiên cứu ở trong nước. Trong thời gian qua cũng đã có một số nghiên cứu về an ninh nguồn nước được triển khai thực hiện [15–19] ở cấp độ lưu vực, trong đó có hai nghiên cứu liên quan đến xây dựng bộ chỉ số ANNN cho lưu vực sông Hồng [15] và lưu vực sông Mã [16]. Tuy nhiên, mặc dù phạm vi nghiên cứu là các lưu vực sông quốc tế, nhưng các nghiên cứu này cũng không xem xét yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước trong các chỉ số an ninh nguồn nước.

Thực tế trên đây cho thấy việc sử dụng kết quả của các nghiên cứu trước đây vào tính toán chỉ số an ninh nguồn nước cho các vùng châu thổ, đặc biệt là các vùng châu thổ của các lưu vực sông quốc tế là không khả thi. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng một khung chỉ số ANNN cho vùng châu thổ sông Mê Công trên cơ sở xem xét tất cả các yếu tố đặc trưng liên quan của đồng bằng, bao gồm cả yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước. Bộ chỉ số này cũng có thể được sử dụng để tính toán chỉ số an ninh nguồn nước cho bất kỳ châu thổ nào (kể cả các lưu vực sông quốc tế và lưu vực sông quốc gia) sau khi tiến hành điều chỉnh khung chỉ số để phù hợp với tình hình cụ thể của từng vùng.

2. Phương pháp nghiên cứu

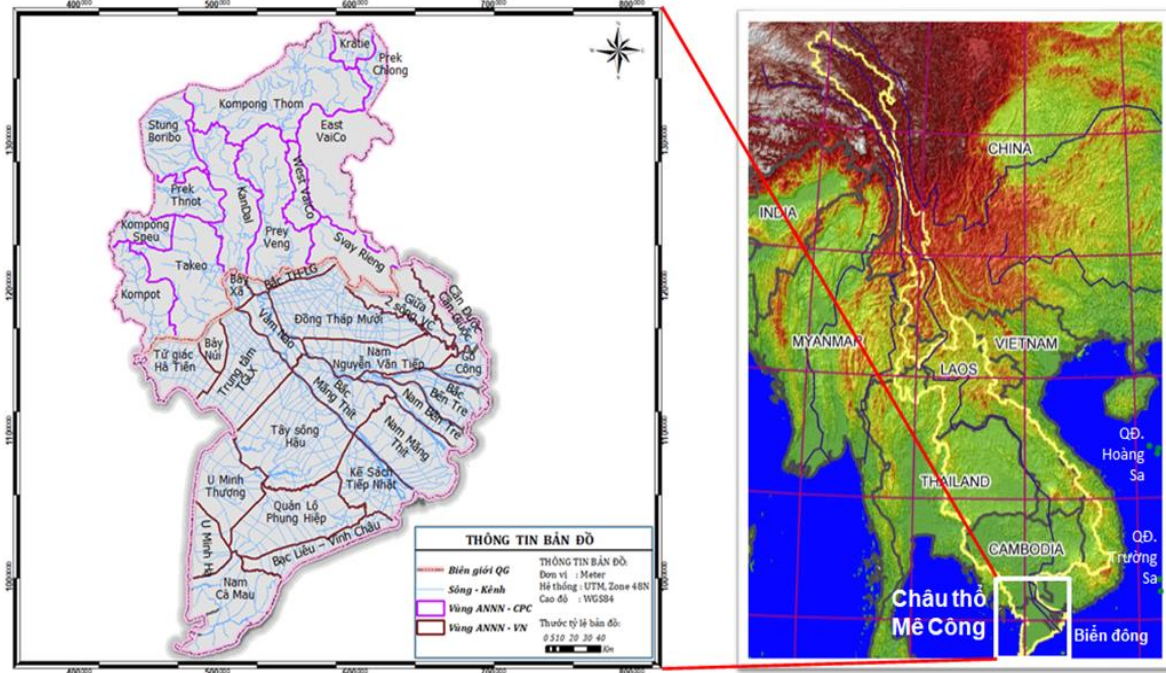
2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Sông Mê Công bắt nguồn từ vùng núi cao tỉnh Thanh Hải (Trung Quốc) chảy qua sáu quốc gia: Trung Quốc, Mi-an-ma, Lào, Thái Lan, Campuchia và đổ ra biển tại Việt Nam với tổng chiều dài 4.763 km (thứ 12 thế giới) và tổng lượng dòng chảy năm khoảng 446 tỷ m³ (thứ 8 thế giới). Lưu vực sông Mê Công có diện tích khoảng 810.000 km² và là nơi sinh sống của hơn 70 triệu người, chủ yếu làm nghề nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản [20].

Vùng Châu thổ sông Mê Công nằm ở hạ nguồn lưu vực sông Mê Công, bao gồm vùng Đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam và vùng đồng bằng ngập lũ của Campuchia, có điểm bắt đầu từ Kra-chê (Campuchia) đến Biển Đông (Hình 1). Với diện tích khoảng 62.000 km², hiện nay có khoảng 24,6 triệu người đang sinh sống trong vùng Châu thổ, trong đó phần lớn là người nông dân có cuộc sống chủ yếu dựa vào tài nguyên nước và các tài nguyên liên quan (sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản) [21]. Đây là vùng sản xuất lương thực chủ yếu và có vai trò đặc biệt quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội của cả Việt Nam và Campuchia. Lúa gạo của Việt Nam và Campuchia không chỉ đảm bảo nguồn lương thực cho nhu cầu nội địa mà còn góp phần đảm bảo an ninh lương thực cho các nước trên thế giới, đặc biệt là các nước Châu Á và Châu Phi. Trong bối cảnh như vậy, việc đảm bảo an ninh nguồn nước cho vùng châu thổ sông Mê Công để phục vụ sản xuất, phát triển kinh tế - xã hội luôn là vấn đề hết sức quan trọng, có ý nghĩa sống còn đối với sự phát triển toàn diện của vùng châu thổ sông Mê Công nói riêng, và của cả Việt Nam và Campuchia nói chung.

Tuy nhiên, mặc dù nguồn tài nguyên nước của vùng Châu thổ được đánh giá là khá dồi dào, nhưng nguồn tài nguyên này rất nhạy cảm do chịu ảnh hưởng trực tiếp của điều kiện tự nhiên cũng như các hoạt động của con người. Cụ thể, tài nguyên nước vùng Châu thổ phụ thuộc tới gần 90% vào nguồn nước đến từ nước ngoài và hiện đang phải đối mặt với nhiều khó khăn, thách thức do biến đổi khí hậu và sự gia tăng sử dụng nước trong lưu vực. Sự kết

hợp giữa hai yếu tố trên đã và đang làm thay đổi dòng chảy, giảm lượng phù sa về phía Châu thổ, suy giảm nguồn lợi thủy sản, gia tăng xâm nhập mặn vào sâu trong nội đồng. Bên cạnh các yếu tố khách quan, vùng Châu thổ sông Mê Công cũng đang phải chịu tác động của chính các hoạt động phát triển kinh tế với cường độ cao trong vùng. Thực tế này đã, đang và sẽ gây ra áp lực lớn đến an ninh nguồn nước cho vùng Châu thổ sông Mê Công của cả Việt Nam và Campuchia, làm ảnh hưởng đến các kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội của toàn vùng Châu thổ và đe dọa trực tiếp đến đời sống của hàng triệu người dân, trong đó đa số là người dân nghèo có sinh kế phụ thuộc vào nguồn tài nguyên nước sông Mê Công.

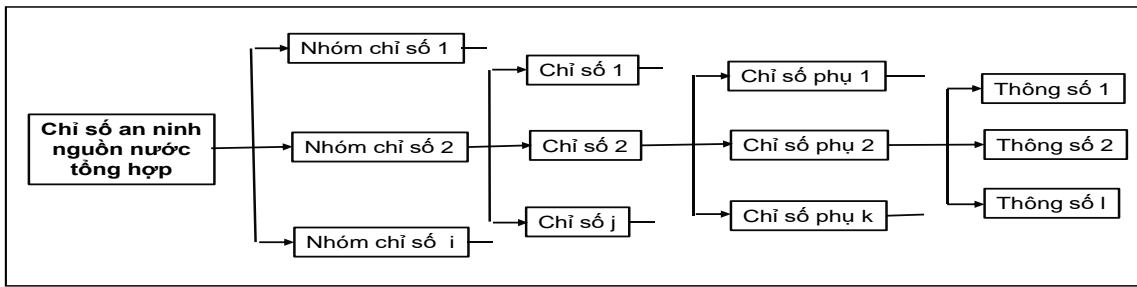


Hình 1. Bản đồ vị trí vùng châu thổ sông Mê Công.

2.2. Phương pháp xây dựng bộ chỉ số

Năm 2013, Ủy ban về nước của Liên hợp quốc đã đưa ra khái niệm về ANNN. Theo đó, ANNN là khả năng tiếp cận nguồn nước của một cộng đồng dân cư với số lượng nước đầy đủ và chất lượng ở mức chấp nhận được nhằm duy trì sinh kế, sức khỏe con người, và phát triển kinh tế-xã hội, bảo đảm phòng chống ô nhiễm nguồn nước và các thiên tai liên quan đến nước và bảo tồn hệ sinh thái trong một môi trường hòa bình và ổn định chính trị [22]. Với khái niệm này, ANNN của một quốc gia, một khu vực chỉ được đảm bảo khi cộng đồng dân cư có đủ nguồn nước với chất lượng cần thiết và giá cả hợp lý để duy trì sinh kế, phục vụ nhu cầu cá nhân, phát triển kinh tế, xã hội và bảo tồn các hệ sinh thái [23].

Trên cơ sở định nghĩa về ANNN nêu trên và áp dụng các nguyên tắc SMART [24], bao gồm: (i) Số lượng chỉ số không quá nhiều, (ii) Kế thừa các chỉ số đã được các nghiên cứu trước đây phát triển và sử dụng rộng rãi, (iii) Phù hợp với điều kiện cụ thể của vùng nghiên cứu, (iv) Có tính đại diện tổng hợp, có độ nhạy cao và chỉ ra được các xu hướng biến đổi, và (v) Có thể tính toán được trên cơ sở thông tin số liệu hiện có, Nhóm nghiên cứu tiến hành xây dựng một Khung chỉ số ANNN cho vùng châu thổ, trong đó chỉ số an ninh nguồn nước tổng hợp cho vùng châu thổ được tổng hợp từ các chỉ số an ninh nguồn nước của các nhóm chỉ số. Các nhóm chỉ số này được lựa chọn trên cơ sở các yếu tố tác động đến an ninh nguồn nước và mỗi nhóm chỉ số lại bao gồm một hoặc nhiều chỉ số phụ. Mỗi chỉ số/chỉ số phụ được đo lường bằng một hoặc nhiều thông số [11]. Khung đánh giá chỉ số an ninh nguồn nước được trình bày ở Hình 2.



Hình 2. Khung chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước.

Bên cạnh việc kế thừa các chỉ số đã được xây dựng trước đây, Nhóm nghiên cứu đã phát triển thêm một số chỉ số mới để phản ánh các điều kiện đặc trưng của các vùng châu thổ. Trong quá trình xây dựng bộ chỉ số, Nhóm nghiên cứu đã tổ chức nhiều hội thảo tham vấn để xin ý kiến góp ý của các chuyên gia, các nhà khoa học và các bên liên quan.

3. Kết quả và thảo luận

Khung chỉ số ANNN có vùng châu thổ sông Mê Công được xây dựng trên cơ sở kế thừa các khung chỉ số đã được phát triển trước đây [9, 11, 15, 16, 25] và các điều kiện đặc trưng nhất của vùng châu thổ, đặc biệt là yếu tố xuyên biên giới của nguồn nước quốc tế. Theo đó, khung chỉ số ANNN của vùng châu thổ sông Mê Công bao gồm nhiều chỉ số đảm bảo ANNN của khu vực, nhưng để khả thi và hiệu quả trong đánh giá, Nhóm nghiên cứu đã lựa chọn 28 chỉ số (bao gồm 23 chỉ số chính và 5 chỉ số phụ), và chia thành 6 nhóm chỉ số ANNN liên quan đến nguồn nước, cấp nước sinh hoạt, phát triển các ngành kinh tế, công tác phòng chống rủi ro, thiên tai do nước gây ra, bảo vệ môi trường sinh thái, và quản lý tài nguyên nước [16]. Đặc biệt, các yếu tố liên quan đến nguồn nước xuyên biên giới đã được xem xét một cách thấu đáo trong các chỉ số ANNN. Kết quả được tổng hợp các chỉ số/chỉ số phụ, thông số và cách tính toán cho các vùng châu thổ được trình bày tại Bảng 1. Phần tiếp theo sẽ mô tả chi tiết về ý nghĩa và cách tính các chỉ số này.

3.1. Nhóm chỉ số liên quan đến nguồn nước đến vùng châu thổ

Nguồn nước đóng vai trò vô cùng quan trọng đối với ANNN cho bất kỳ khu vực nào để phát triển kinh tế và duy trì môi trường sinh thái. Nguồn nước càng phong phú thì mức độ bảo đảm ANNN của khu vực sẽ càng cao. Tài nguyên nước của các vùng châu thổ phụ thuộc vào 2 yếu tố chính, đó là mức độ sẵn có của nguồn nước và khả năng chống chịu với mức độ biến đổi nguồn nước. Ngoài ra, đối với lưu vực sông xuyên biên giới thì tài nguyên nước của châu thổ còn phụ thuộc vào nguồn nước đến từ nước ngoài.

a. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ sẵn có của nguồn nước đến: Mức độ sẵn có của nguồn nước đến là một trong những yếu tố quan trọng nhất trong việc đảm bảo ANNN. Mức độ sẵn có của nguồn nước đến càng lớn thì khả năng đáp ứng nhu cầu sử dụng nước hay ANNN càng cao, và được xác định theo công thức sau [9,26]:

$$\text{Mức độ sẵn có} = \frac{\text{Tổng lượng nước đến vùng Châu thổ trong năm}}{\text{Tổng dân số trong vùng Châu thổ}} \text{ (m}^3\text{/người)/năm} \quad (1)$$

Trong đó, tổng lượng nước đến vùng châu thổ trong năm là tổng của lượng dòng chảy hằng năm từ thượng nguồn về đến vùng châu thổ, tổng lượng mưa trong phạm vi vùng châu thổ và trữ lượng nước ngầm có thể khai thác trong vùng châu thổ.

b. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ chống chịu với biến đổi nguồn nước: Nguồn nước đến vùng châu thổ bị biến động bởi sự phân bố không đồng đều của lượng mưa giữa các tháng trong năm và giữa các năm trên lưu vực. Trong bối cảnh như vậy thì giải pháp tăng cường khả năng trữ nước ngọt trong khu vực sẽ giúp giảm thiểu được sự biến động của nguồn nước đến. Vì vậy, chỉ số này được tính toán dựa trên ba chỉ số phụ sau:

Bảng 1. Tổng hợp các nhóm chỉ số, chỉ số ANNN cho các vùng châu thổ.

STT	Chỉ số	Chỉ số phụ	Thông số	Đơn vị
I. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến nguồn nước đến, WSI (1)				
1	WSI (1,1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ sẵn có của nguồn nước		Tổng lượng nước đến (bao gồm cả trữ lượng khai thác nước ngầm)	m ³ /người/năm
2	WSI (1,2)- Chỉ số ANNN dựa vào khả năng chống chịu với biến đổi nguồn nước	WSI (1,2,1)- Chỉ số ANNN dựa vào mức độ biến đổi nguồn nước trong năm WSI (1,2,2)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ biến đổi nguồn nước trong nhiều năm WSI (1,2,3)-Chỉ số ANNN dựa vào khả năng trữ nước của các công trình (bao gồm cả trữ lượng nước ngầm)	Hệ số biến đổi của dòng chảy trong năm Hệ số biến đổi của dòng chảy trong nhiều năm Số ngày đáp ứng nhu cầu sử dụng nước của các công trình trữ nước	Ngày
3	WSI (1,3)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ phụ thuộc vào nguồn nước đến từ nước ngoài		Tỷ lệ nguồn nước đến từ nước ngoài	%
II. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến cung cấp nước sạch cho dân cư, WSI (2)				
4	WSI (2,1) - Chỉ số ANNN dựa vào mức độ cung cấp nước sạch cho dân cư		Tỷ lệ người dân được sử dụng nước từ các công trình cấp nước đạt tiêu chuẩn	%
5	WSI (2,2)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ cung cấp nước sạch của hệ thống cấp nước tập trung		Tỷ lệ người dân được sử dụng nước từ các công trình cấp nước tập trung	%
6	WSI (2,3)-Chỉ số ANNN dựa vào hiệu quả của hệ thống cấp nước tập trung		Tỷ lệ tổn thất nước của các công trình nước tập trung	%
7	WSI (2,4)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ bảo vệ vệ sinh nguồn nước		Tỷ lệ lượng nước thải được xử lý Tỷ lệ số hộ gia đình có hố xí hợp vệ sinh Tỷ lệ cơ sở sản xuất, sinh hoạt có hệ thống thu gom nước thải kết nối với hệ thống thải tập trung	% % %
8	WSI (2,5)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ chi phí cho mua nước sinh hoạt		Tỷ lệ phần trăm tiền mua nước sinh hoạt so với thu nhập của người dân	%
III. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến các ngành kinh tế, WSI (3)				
9	WSI (3,1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ khai thác sử dụng nước của các ngành kinh tế		Tỷ lệ phần trăm lượng nước sử dụng cho các ngành kinh tế (có tiêu hao) so với tổng lượng nước có thể khai thác sử dụng	%
10	WSI (3,2)-Chỉ số ANNN liên quan đến ngành nông nghiệp	WSI (3,2,1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ đáp ứng nhu cầu tưới WSI (3,2,2)-Chỉ số ANNN dựa vào hiệu quả sử dụng nước trong nông nghiệp	Tỷ lệ diện tích được tưới so với tổng diện tích cần được tưới Hiệu quả sử dụng nước trong ngành nông nghiệp	% USD/m ³
11	WSI (3,3)-Chỉ số ANNN liên quan đến ngành giao thông thủy		Thời gian không đảm bảo lưu thông thuyền	Ngày
12	WSI (3,4)-Chỉ số ANNN liên quan đến ngành công nghiệp		Hiệu quả sử dụng nước trong ngành công nghiệp	USD/m ³
IV. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến rủi ro, thiệt hại do thiên tai, WSI (4)				
13	WSI (4,1)-Chỉ số ANNN dựa vào khả năng ứng phó thiên tai		Tiềm lực kinh tế của người dân	USD/ người/năm
14	WSI (4,2)-Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do hạn hán		Thiệt hại do hạn hán gây ra Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị hạn	USD/ người/năm %

STT	Chỉ số	Chỉ số phụ	Thông số	Đơn vị
15	WSI (4,3)-Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do lũ lụt		Tần suất xuất hiện hạn hán Thiệt hại do lũ lụt gây ra	Lần/năm USD/ người/ năm
16	WSI (4,4)-Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do xâm nhập mặn		Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị lũ lụt Tần suất xuất hiện lũ lụt Thiệt hại do xâm nhập mặn gây ra	% Lần/năm USD/ người/ năm
17	WSI (4,4)-Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do sạt lở đất		Tỷ lệ phần trăm diện tích đất bị xâm nhập mặn Tần suất xuất hiện xâm nhập mặn Thiệt hại do sạt lở đất gây ra	% Lần/năm USD/ người/ năm
V. Nhóm chỉ số ANNN cho bảo vệ môi trường, hệ sinh thái, WSI (5)				
18	WSI (5,1)-Chỉ số ANNN dựa vào mức độ duy trì dòng chảy cho môi trường và hệ sinh thái		Dòng chảy duy trì hệ sinh thái Chênh lệch của lưu lượng trên sông so với lưu lượng của dòng chảy tự nhiên tháng nhỏ nhất chấp nhận được trong mùa khô	% %
19	WSI (5,2)- Chỉ số ANNN dựa vào kết quả đánh giá chất lượng nước		Chỉ số chất lượng nước (WQI) cho môi trường, hệ sinh thái	
20	WSI (5,3)-Chỉ số ANNN dựa vào ảnh hưởng của phát triển thượng nguồn		Mức độ tác động của các hoạt động phát triển vùng thượng nguồn	
VI. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến quản lý tài nguyên nước ở đồng bằng châu thổ và hợp tác quốc tế trong LVSMC, WSI (6)				
21	WSI (6,1)-Chỉ số ANNN dựa vào kết quả quản lý tài nguyên nước ở ĐBSCL của Việt Nam		Kết quả thực hiện QLHTTN và QLLVS ở ĐBSCL của Việt Nam	
22	WSI (6,1)-Chỉ số ANNN dựa vào kết quả quản lý tài nguyên nước ở đồng bằng châu thổ của Campuchia		Kết quả thực hiện QLHTTN và QLLVS ở vùng đồng bằng châu thổ của Campuchia	
23	WSI (6,2)-Chỉ số ANNN dựa vào kết quả hợp tác quốc tế		Kết quả hợp tác quốc tế về quản lý tài nguyên nước trong lưu vực	

b.1. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ biến đổi nguồn nước trong năm: Nguồn nước càng ít biến động giữa các tháng trong năm thì mức độ đảm bảo ANNN của khu vực càng cao. Chỉ số phụ này được tính toán dựa theo chuỗi số liệu quan trắc thủy văn trong năm thông qua hệ số biến đổi C_v của nguồn nước theo công thức sau [6]:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Trong đó $K_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}$ là hệ số mô đun dòng chảy tháng thứ i ; $\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}$ là lượng dòng chảy trung bình năm; Q_i là lượng dòng chảy tháng thứ i ; và n là tổng số tháng tính toán.

b.2. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ biến đổi nguồn nước trong nhiều năm: Nguồn nước càng ít biến động giữa các năm thì mức độ đảm bảo ANNN của khu vực càng cao. Chỉ số phụ này được tính toán dựa theo chuỗi số liệu quan trắc thủy văn nhiều năm thông qua hệ số biến đổi C_{vn} của nguồn nước theo công thức sau [6]:

$$C_{vn} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (K_j - 1)^2}{m-1}} \quad (3)$$

Trong đó $K_j = \frac{Q_j}{\bar{Q}_{nm}}$ là hệ số mô đun năm thứ j ; $\bar{Q}_{nm} = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{m}$ là lưu lượng dòng chảy trung bình nhiều năm; và m là tổng số năm tính toán.

b.3. Chỉ số ANNN dựa vào khả năng trữ nước của các công trình: Các công trình trữ nước được đầu tư xây dựng nhằm đối phó với sự biến đổi nguồn nước về vùng châu thổ. Dung tích nước trong các công trình trữ nước càng lớn thì mức độ đảm bảo ANNN của khu vực càng cao. Khả năng ứng phó với sự biến động của nguồn nước đến được biểu thị thông

qua khoảng thời gian mà các công trình nước trữ có khả năng đáp ứng với nhu cầu sử dụng nước trong vùng [10].

Thời gian đáp ứng nhu cầu sử dụng nước của các công trình trữ nước $= \frac{W_{hd}}{W_{sd}}$ (4)

Trong đó W_{hd} là lượng nước ngọt được tích trữ trong các công trình và W_{sd} là tổng lượng nước sử dụng cho sinh hoạt và phát triển các ngành kinh tế của vùng trong một ngày.

c. Chỉ số ANNN dựa vào sự phụ thuộc vào nguồn nước đến từ nước ngoài: Các vùng châu thổ nằm ở cuối nguồn nên ngoài lượng nước được sản sinh ra trong vùng còn có lượng nước đến từ thượng nguồn các con sông. Đối với các lưu vực sông xuyên biên giới thì nguồn nước đến từ vùng thượng nguồn chính là nguồn nước đến từ các quốc gia khác. Vì vậy, nguồn nước sẵn có càng ít phụ thuộc vào nguồn nước đến từ nước ngoài thì mức độ đảm bảo ANNN của khu vực càng cao. Mức độ phụ thuộc vào nguồn nước đến từ nước ngoài được biểu thị thông qua công thức sau [6]:

$$\text{Mức độ phụ thuộc vào nguồn nước ngoài} = \frac{W_{nn}}{W_{sc}} \times 100\% \quad (5)$$

Trong đó W_{nn} là tổng lượng nước đến từ thượng nguồn và W_{sc} là tổng lượng nước sẵn có của vùng châu thổ.

3.2. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến cung cấp nước sạch cho dân cư

ANNN cho cấp nước sinh hoạt được định nghĩa là “Cộng đồng dân cư được tiếp cận với nguồn nước an toàn, đầy đủ với giá cả phải chăng để đáp ứng nhu cầu cơ bản về nước uống, sinh hoạt và vệ sinh, để bảo vệ sức khỏe và hạnh phúc, và thực hiện các quyền cơ bản của con người”. Vì vậy, chỉ số ANNN cho cấp nước sinh hoạt sẽ được tổng hợp từ năm chỉ số phụ sau:

a. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ cung cấp nước sạch cho dân cư: Mức độ cung cấp nước sạch cho dân cư được đánh giá thông qua tỷ lệ phần trăm số dân được cung cấp nước sạch so với tổng số dân trong vùng [25]. Càng nhiều người dân tiếp cận được với nguồn nước sạch thì mức độ đảm bảo ANNN càng cao.

$$\text{Mức độ cung cấp nước sạch cho dân cư} = \frac{P_{ns}}{P} \times 100\% \quad (6)$$

Trong đó, P_{ns} là số dân được cung cấp nguồn nước sạch (người) và P là tổng số dân trong khu vực (người).

b. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ cung cấp nước sạch của hệ thống cấp nước tập trung: Người dân tiếp cận được với nguồn nước sạch từ nhiều hệ thống khác nhau, bao gồm hệ thống cấp nước tập trung do nhà nước đầu tư xây dựng, hệ thống cấp nước của các doanh nghiệp tư nhân và hệ thống cấp nước do người dân tự xây dựng, quản lý. Trong các hệ thống này thì hệ thống cấp nước do nhà nước đầu tư xây dựng được đánh giá là có khả năng tạo ra nguồn nước sạch ổn định và đạt tiêu chuẩn vệ sinh nhất. Vì vậy, mức độ đảm bảo ANNN cho cấp nước sinh hoạt cũng phụ thuộc vào khả năng cung cấp nước sạch cho dân cư của hệ thống cấp nước tập trung và được đánh giá thông qua tỷ lệ phần trăm số dân được cung cấp nước sạch từ các công trình cấp nước tập trung so với tổng số dân trong vùng [25]. Càng nhiều người dân tiếp cận được với nguồn nước sạch từ hệ thống cấp nước tập trung thì mức độ đảm bảo ANNN càng cao.

$$\text{Mức độ cung cấp nước sạch của hệ thống cấp nước tập trung} = \frac{P_{nstt}}{P} \times 100\% \quad (7)$$

Trong đó P_{nstt} là số dân được cung cấp nguồn nước sạch từ các hệ thống cấp nước tập trung (người) và P là tổng số dân trong vùng (người).

c. Chỉ số ANNN dựa vào hiệu quả hoạt động của hệ thống cấp nước sạch tập trung: Hiệu quả hoạt động của các công trình cấp nước sạch được biểu thị thông qua mức độ tổn thất của các công trình cấp nước. Mức độ tổn thất càng thấp thì ANNN càng cao và được biểu diễn qua tỷ lệ phần trăm của lượng nước bị tổn thất so với tổng lượng nước cấp của các công trình cấp nước [16].

$$\text{Mức độ tổn thất} = (1 - \frac{V_{sd}}{V_t}) \times 100\% \quad (8)$$

Trong đó, V_{sd} là lượng nước sử dụng của dân cư từ các công trình cấp nước tập trung ($m^3/ngày$) và V_t là tổng lượng nước cấp của công trình cấp nước tập trung ($m^3/ngày$).

d. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ bảo vệ vệ sinh nguồn nước: Nguồn nước sinh hoạt có thể bị ô nhiễm bởi nước thải từ các hoạt động sản xuất và sinh hoạt nếu nước thải được xả thẳng vào nguồn nước. Càng nhiều nước thải được xử lý trước khi thải ra môi trường thì ANNN càng cao. Chỉ số này được biểu diễn thông qua tỷ lệ phần trăm giữa lượng nước thải được xử lý đạt tiêu chuẩn và tổng lượng nước thải từ các hoạt động sản xuất và sinh hoạt, hoặc thông qua tỷ lệ phần trăm giữa số lượng cơ sở sản xuất có hệ thống thu gom nước thải kết nối với hệ thống thải tập trung. Đặc biệt, trong điều kiện thiếu thông tin số liệu, cách tính trên cơ sở tỷ lệ phần trăm số hộ dân có hố xí hợp vệ sinh so với tổng số hộ dân [16].

$$\text{Mức độ bảo vệ vệ sinh nguồn nước} = \frac{H_{vs}}{H} \times 100\% \quad (9)$$

Trong đó, H_{vs} là số hộ gia đình có hố xí hợp vệ sinh và H là tổng số hộ trong khu vực.

e. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ chi phí mua nước sinh hoạt của người dân: Người dân phải chi trả cho lượng nước sinh hoạt mà họ sử dụng. Mức chi phí cho sử dụng nước sinh hoạt được biểu thị thông qua tỷ lệ phần trăm của số tiền mà người dân phải chi trả cho sử dụng nước sinh hoạt so với tổng thu nhập của người dân [25]. Mức chi phí này càng thấp thì mức độ đảm bảo ANNN càng cao.

$$\text{Mức chi phí cho mua nước sinh hoạt} = \frac{C_{sh}}{GDP_t} \times 100\% \quad (10)$$

Trong đó C_{sh} là chi phí của hộ dân mua nước sinh hoạt (USD/năm) và GDP_t – tổng thu nhập trung bình của hộ dân (USD/năm).

3.3. Nhóm chỉ số liên quan đến các ngành kinh tế

Ở các vùng châu thổ, ngoài mục đích sinh hoạt, nguồn nước còn được sử dụng cho phát triển các ngành kinh tế, bao gồm các ngành sử dụng nước có tiêu hao như nông nghiệp (trồng trọt, chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản) và công nghiệp; và ngành sử dụng nước không tiêu hao (giao thông thủy). Vì vậy, nghiên cứu này sẽ tập trung xây dựng và đánh giá các chỉ số về ANNN cho ba ngành sử dụng nước lớn nêu trên.

a. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ khai thác, sử dụng nước của các ngành kinh tế: Mức độ sử dụng nước của các ngành kinh tế được biểu thị thông qua tỷ lệ phần trăm giữa tổng lượng nước sử dụng của các ngành kinh tế và tổng lượng nước có thể khai thác sử dụng [16]. Lượng nước được sử dụng cho các ngành kinh tế càng lớn thì mức độ ANNN của khu vực càng bị ảnh hưởng.

$$\text{Mức độ KTSD của các ngành kinh tế} = \frac{\text{Tổng lượng nước sử dụng (m3)}}{\text{Tổng lượng nước có thể ktsd (m3)}} \times 100\% \quad (11)$$

b. Chỉ số ANNN liên quan đến ngành nông nghiệp: Các yếu tố ảnh hưởng đến ANNN cho sản xuất nông nghiệp bao gồm mức độ đáp ứng yêu cầu tưới của các công trình thủy lợi và hiệu quả sử dụng nước của ngành nông nghiệp. Vì vậy, ANNN cho sản xuất nông nghiệp được biểu thị thông qua hai chỉ số phụ dưới đây.

b.1. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ đáp ứng nhu cầu tưới: Mức độ đáp ứng yêu cầu tưới được biểu thị thông qua tỷ lệ phần trăm giữa diện tích được tưới bởi các công trình thủy lợi so với tổng diện tích cần được tưới [6,11]. Tỷ lệ này càng cao thì càng đảm bảo ANNN.

$$\text{Mức độ đáp ứng nhu cầu tưới} = \frac{\text{Diện tích được tưới}}{\text{Tổng diện tích yêu cầu được tưới}} \times 100\% \quad (12)$$

b.2. Chỉ số ANNN dựa vào hiệu quả sử dụng nước trong ngành nông nghiệp: Hiệu quả sử dụng nước của ngành nông nghiệp được biểu thị thông qua năng suất sử dụng nước của ngành nông nghiệp [6] và bằng tỷ số của tổng giá trị sản phẩm của ngành nông nghiệp với tổng lượng nước sử dụng trong nông nghiệp (USD/m^3). Hiệu quả sử dụng nước càng cao thì mức độ đảm bảo ANNN càng lớn.

$$\text{Năng suất sử dụng nước trong nông nghiệp} = \frac{GDP_{nn}}{W_{nn}} \quad (13)$$

Trong đó GDP_m là tổng giá trị sản phẩm trong vùng của ngành nông nghiệp (USD) và W_m là tổng lượng nước sử dụng trong nông nghiệp (m^3).

c. Chỉ số ANNN liên quan đến ngành giao thông thủy: Chỉ số ANNN cho ngành giao thông thủy được xác định dựa vào thời gian không đảm bảo độ sâu thông thuyền. Do độ sâu mực nước thay đổi theo dọc tuyến sông/kênh nên độ sâu thông thuyền được xác định tại mặt cắt bất lợi nhất, đó là mặt cắt có độ sâu mực nước thấp nhất trên toàn tuyến sông/kênh. Mức độ ANNN đối với giao thông thủy sẽ được xác định trên cơ sở số ngày không đảm bảo lưu thông, nghĩa là số ngày mà độ sâu mực nước trung bình ngày nhỏ hơn độ sâu yêu cầu ứng với cấp kỹ thuật của tuyến sông/kênh. Thời gian không đảm bảo độ sâu thông thuyền càng nhỏ thì an ninh cho ngành giao thông thủy càng lớn.

d. Chỉ số ANNN liên quan đến ngành công nghiệp: Cũng như ngành nông nghiệp, chỉ số ANNN cho sản xuất công nghiệp được xác định thông qua năng suất sử dụng nước của ngành công nghiệp [6], và bằng tỷ số của tổng giá trị sản phẩm của ngành công nghiệp với tổng lượng nước đã sử dụng cho ngành công nghiệp (USD/m^3). Chỉ số này càng cao thì mức độ đảm bảo ANNN cho ngành công nghiệp càng cao.

$$\text{Hiệu quả sử dụng nước trong ngành công nghiệp} = \frac{GDP_{cn}}{W_{cn}} \quad (14)$$

Trong đó GDP_{cn} là tổng giá trị sản phẩm trong vùng của ngành công nghiệp (USD) và W_{cn} là tổng lượng nước sử dụng trong công nghiệp (m^3).

3.4. Nhóm chỉ số liên quan đến các rủi ro thiệt hại do thiên tai

Rủi ro thiệt hại thiên tai do nước gây ra ở các vùng châu thổ bao gồm rủi ro thiệt hại do lũ lụt, hạn hán, sạt lở đất và xâm nhập mặn gây ra. Các rủi ro, thiệt hại do thiên tai gây ra, tùy theo mức độ của nó sẽ tác động tới ANNN của khu vực. Chỉ số ANNN liên quan đến rủi ro thiệt hại do nước gây ra được tổng hợp từ 5 chỉ số phụ sau:

a. Chỉ số ANNN dựa vào khả năng ứng phó thiên tai: Chỉ số này được đánh giá dựa vào tiềm lực kinh tế của người dân trong việc ứng phó với thiên tai và được biểu diễn thông qua mức thu nhập bình quân đầu người GDP ($USD/người/năm$).

b. Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do hạn hán gây ra: Thiệt hại do hạn hán gây ra có thể đánh giá dựa vào mức độ thiệt hại tính trên đầu người trong một năm ($USD/người/năm$) và tần suất xuất hiện hạn hán trong năm. Trong điều kiện thiếu thông tin số liệu nêu trên thì tỷ lệ % giữa diện tích bị hạn hán và tổng diện tích đất canh tác sẽ được sử dụng để đánh giá mức độ rủi ro, thiệt hại do hạn hán gây ra [11].

$$\text{Mức độ rủi ro thiệt hại do hạn hán} = \frac{\text{Diện tích đất canh tác bị hạn}}{\text{Tổng diện tích đất canh tác}} \times 100\% \quad (15)$$

c. Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do lũ lụt: Thiệt hại do lũ lụt gây ra có thể đánh giá dựa vào mức độ thiệt hại tính trên đầu người trong một năm ($USD/người/năm$), tỷ lệ phần trăm giữa diện tích bị lũ lụt và tổng diện tích đất canh tác, tỷ lệ phần trăm số người sống trong vùng ngập lũ so với tổng dân số của vùng, và tần suất xảy ra lũ lụt.

d. Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do xâm nhập mặn: Xâm nhập mặn xảy ra chủ yếu ở các khu vực tiếp giáp trực tiếp với biển và chưa có hệ thống đê bao khép kín. Theo Mùi [16], với độ mặn từ 1 g/L trở xuống sẽ không ảnh hưởng lớn đến sinh hoạt và sản xuất; độ mặn từ 1-3 g/L sẽ ảnh hưởng lớn đến sinh hoạt và sản xuất; độ mặn từ 4 g/L trở lên sẽ không thể dùng được cho sinh hoạt và sản xuất. Thiệt hại do xâm nhập mặn gây ra có thể đánh giá dựa vào mức độ thiệt hại tính trên đầu người trong một năm ($USD/người/năm$), tỷ lệ phần trăm giữa diện tích bị nhiễm mặn và tổng diện tích đất canh tác, và tần suất xảy ra xâm nhập mặn.

e. Chỉ số ANNN dựa vào rủi ro thiệt hại do sạt lở đất: Sạt lở đất xảy ra chủ yếu tại các khu vực ven sông, làm hư hại các công trình, nhà cửa và sản xuất của người dân. Thiệt hại cho sạt lở đất có thể đánh giá dựa vào mức độ thiệt hại tính trên đầu người một năm ($USD/người/năm$).

3.5. Nhóm chỉ số ANNN liên quan đến bảo vệ môi trường và hệ sinh thái

Các hoạt động phát triển trên lưu vực sẽ làm thay đổi chế độ dòng chảy và chất lượng nước của các dòng sông. Ngoài ra, việc xây dựng các con đập thủy điện chắn ngang dòng sông sẽ gây cản trở cho sự di cư của các loài thủy sinh từ vùng châu thổ lên phía thượng nguồn và ngược lại. Những yếu tố này có nguy cơ gây ảnh hưởng rất lớn tới môi trường và hệ sinh thái của các vùng châu thổ. Vì vậy, chỉ số ANNN liên quan đến bảo vệ môi trường, hệ sinh thái sẽ được tổng hợp từ 3 chỉ số phụ sau:

a. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ duy trì dòng chảy cho môi trường và hệ sinh thái: Để duy trì môi trường và hệ sinh thái dòng sông, trên thế giới đã đưa ra khái niệm dòng chảy môi trường. Đây là dòng chảy cần được duy trì để đảm bảo sự tồn tại và phát triển bình thường của hệ sinh thái và môi trường dòng sông. Có nhiều phương pháp để xác định dòng chảy môi trường này. Theo phương pháp Tennant của Mỹ, giá trị dòng chảy môi trường được tính theo tỷ lệ phần trăm của lưu lượng dòng chảy trung bình nhiều năm và dòng chảy thực tế của tháng kiệt nhất phải lớn hơn dòng chảy môi trường [16]. Một cách tính khác dựa trên khái niệm đưa ra bởi Ủy hội sông Mê Công quốc tế tại Điều 6 của Hiệp định Mê Công 1995, đó là dòng chảy trên sông phải luôn được duy trì ở mức “Không nhỏ hơn dòng chảy tự nhiên tháng nhỏ nhất chấp nhận được trong từng tháng mùa khô”. Giá trị dòng chảy tối thiểu tự nhiên này được tính toán theo Hướng dẫn kỹ thuật thực hiện Thủ tục “Duy trì dòng chảy trên dòng chính” của Ủy hội sông Mê Công quốc tế.

b. Chỉ số ANNN dựa vào kết quả đánh giá chất lượng nước: Chất lượng nước trong vùng có thể đánh giá dựa vào chỉ số chất lượng nước (WQI) và chỉ số này được tính toán theo một trong bốn phương pháp đã được Călmuc và các cộng sự [27] mô tả kỹ lưỡng trong bài báo của mình. Ở Việt Nam, chỉ số WQI được tính theo hướng dẫn của Tổng cục môi trường theo Quyết định số 879/QĐ-TCMT ngày 1 tháng 7 năm 2011 [28]. Mức độ đảm bảo an ninh về chất lượng nước sau đó được phân chia theo giá trị WQI.

c. Chỉ số ANNN dựa vào mức độ ảnh hưởng của phát triển thượng nguồn: Việc gia tăng khai thác sử dụng tài nguyên nước của các dòng sông cho mục tiêu phát triển kinh tế của các quốc gia trong lưu vực, một mặt sẽ mang lại những lợi ích nhất định cho các quốc gia đó, nhưng mặt khác cũng gây ra những tác động tiêu cực tới môi trường và hệ sinh thái cho vùng châu thổ. Các tác động tiêu cực bao gồm thay đổi chế độ dòng chảy, giảm phù sa bùn cát và chất dinh dưỡng, ngăn cản sự di chuyển của các loài thủy sinh. Mức độ tác động của các hoạt động phát triển trên lưu vực đến hệ sinh thái và môi trường dòng sông có thể tính toán thông qua các mô hình toán [29, 30].

3.6. Nhóm chỉ số liên quan đến quản lý TNN và hợp tác quốc tế

Công tác quản lý tài nguyên nước và hợp tác quốc tế đóng vai trò rất quan trọng trong việc đảm bảo ANNN của lưu vực sông xuyên biên giới. Vì vậy, trong Nghiên cứu này, ba chỉ số ANNN được đề xuất, bao gồm chỉ số ANNN dựa vào kết quả quản lý tài nguyên nước ở vùng châu thổ của Việt Nam và Campuchia và chỉ số ANNN dựa vào kết quả hợp tác quốc tế giữa quốc gia có vùng châu thổ và các quốc gia khác trong lưu vực.

a. Chỉ số ANNN dựa vào kết quả quản lý TNN ở Việt Nam và Campuchia: Các nội dung chủ yếu của quản lý tài nguyên nước bao gồm xây dựng và phát triển thể chế chính sách quản lý TNN cho phù hợp để thực hiện QLTHHTNN và QLTHLV, thành lập và vận hành hiệu quả các tổ chức quản lý lưu vực sông; xây dựng nguồn nhân lực đủ năng lực để thực hiện các nội dung của QLTHHTNN và QLTHLV, và tổ chức thực hiện các nội dung quản lý tài nguyên nước trong thực tế.

b. Chỉ số ANNN dựa vào kết quả của hợp tác quốc tế: Các nội dung chủ yếu của hợp tác quốc tế về TNN bao gồm thiết lập các cơ chế hợp tác song phương và đa phương, xây dựng các thể chế và chính sách hợp tác, tổ chức triển khai các chương trình hợp tác nhằm quản lý và phát triển bền vững tài nguyên nước và các tài nguyên liên quan trong lưu vực.

Trên cơ sở đánh giá kết quả thực tế đạt được của công tác quản lý tài nguyên nước tại vùng châu thổ và kết quả hợp tác quốc tế trong khai thác, sử dụng, quản lý và bảo vệ tài nguyên nước trong lưu vực, có thể đưa ra các thang điểm đánh giá các chỉ số ANNN này.

3.7. Chuẩn hóa các chỉ số ANNN

Chuẩn hóa các chỉ số là bước quan trọng của quá trình ra quyết định nhằm chuyển đổi các thành phần được đo lường bằng các đơn vị khác nhau thành một thang đo và đơn vị chung để có thể so sánh được với nhau. Kết quả của việc chuẩn hóa sẽ phản ánh tình trạng và giá trị mong muốn của mỗi chỉ số. Để có thể chuẩn hóa các chỉ số, trước hết trên cơ sở thông tin, số liệu sẵn có đã thu thập được, tiến hành tính toán các thông số một cách định lượng hoặc định tính. Các thông số này sau đó sẽ được chuẩn hóa với thang điểm từ 1 tới 5 thông qua việc sử dụng các kết quả của các nghiên cứu trước đây (nếu có), suy luận lô-gíc hoặc tham khảo ý kiến của các chuyên gia, các nhà khoa học. Ví dụ, Ngân hàng Phát triển Châu Á [5] kiến nghị các thang điểm 1, 2, 3, 4, và 5 để đo lường hiệu quả sử dụng nước của ngành công nghiệp, tương ứng với các giá trị là 0-2,1; 2,1-5,5; 5,5-20; 20-50; và > 50 USD/m³ nước sử dụng. Ở đây cũng cần lưu ý rằng các thang điểm (ngưỡng) này có thể khác nhau khi áp dụng cho các vùng khác nhau, phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của từng vùng và thời điểm tính toán các chỉ số ANNN. Ngoài ra, không phải tất cả các chỉ số đã được trình bày trong khung chỉ số sẽ được sử dụng để tính toán ANNN cho vùng châu thổ. Việc lựa chọn chỉ số nào để tính toán hoàn toàn phụ thuộc vào sự sẵn có của thông tin, số liệu của vùng đó.

Tiếp theo, chỉ số của nhóm chỉ số được tính theo phương pháp trọng số trên cơ sở của điểm số của các chỉ số ANNN và được xác định theo công thức sau:

$$WSI_i = \frac{\sum_{j=1}^m v_j WSI_{i,j}}{v} \tag{16}$$

Trong đó WSI_i là chỉ số ANNN của nhóm chỉ số thứ i , $WSI_{i,j}$ là điểm số của chỉ số thứ j của nhóm thứ i , i là số thứ tự của nhóm, j là số thứ tự của chỉ số, m là tổng số chỉ số ANNN của nhóm, v_j là trọng số chỉ số thứ j , và v là tổng trọng số của nhóm chỉ số.

Cuối cùng, chỉ số ANNN cho toàn vùng châu thổ sẽ được tổng hợp từ các chỉ số ANNN của các nhóm chỉ số theo công thức sau:

$$WSI = \frac{\sum_{i=1}^n w_i WSI_i}{w} \tag{17}$$

Trong đó WSI là chỉ số ANNN vùng; WSI_i : chỉ số ANNN của nhóm chỉ số thứ i ; n là tổng số các nhóm chỉ số; w_i là trọng số của nhóm chỉ số thứ i ; và w là tổng trọng số của các nhóm chỉ số ANNN.

Trọng số của các chỉ số hoặc nhóm chỉ số được xác định bằng phương pháp phân tích lô-gíc trên cơ sở đặc điểm và điều kiện của từng vùng châu thổ, kết hợp với tham khảo ý kiến của các chuyên gia, các nhà khoa học. Ngoài ra, cũng có thể tham khảo, sử dụng các trọng số đã được sử dụng bởi các nghiên cứu trước đây.

3.8. Phân cấp mức độ đảm bảo ANNN của các chỉ số

Kết quả tính toán các điểm số về chỉ số ANNN sẽ được sử dụng để đo lường mức độ an ninh nguồn nước cho vùng châu thổ. Theo Abloelnga và các cộng sự [9], mức đảm bảo ANNN được chia thành 5 mức từ 1 đến 5 như ở Bảng 2.

Bảng 2. Phân cấp mức độ đảm bảo ANNN của các chỉ số.

STT	Thang điểm	Mức độ bảo đảm ANNN	Mức độ bảo đảm ANNN của chỉ số
1	< 1,5	Rất thấp	Khu vực có mức độ an toàn rất thấp đối với hầu hết các khía cạnh của an ninh nước. Khu vực bị ảnh hưởng rất nghiêm trọng bởi các vấn đề liên quan đến nước. Ngoài ra, việc quản lý và quản trị tài nguyên nước trong khu vực cũng không hiệu quả.

STT	Thang điểm	Mức độ bảo đảm ANNN	Mức độ bảo đảm ANNN của chỉ số
2	1,5–2,5	Thấp	Khu vực không an toàn đối với hầu hết các khía cạnh của an ninh nước. Khu vực bị ảnh hưởng bởi một số vấn đề liên quan đến nước. Cần tăng cường quản lý và quản trị tài nguyên nước trong khu vực.
3	2,5–3,5	Trung bình	ANNN của khu vực đạt yêu cầu đối với các khía cạnh của ANNN, tuy vẫn còn tồn tại một số vấn đề liên quan đến nước. Đã có các công cụ quản lý và quản trị tài nguyên nước nhưng vẫn chưa thực sự đem lại các kết quả như mong đợi.
4	3,5–4,5	Cao	Khu vực có mức độ an toàn cao đối với hầu hết các khía cạnh của an ninh nước. Hầu như không có bất kỳ vấn đề gì liên quan đến nước trong khu vực. Các công cụ quản lý và quản trị tài nguyên nước đã và đang đem lại hầu hết các kết quả như mong đợi.
5	> 4,5	Rất cao	Khu vực có độ an toàn rất cao đối với tất cả các khía cạnh của an ninh nguồn nước. Không có các vấn đề nào liên quan đến nước trong khu vực. Các công cụ quản lý và quản trị tài nguyên nước đã và đang đem lại các kết quả như mong đợi.

4. Kết luận và kiến nghị

Đánh giá ANNN cho một khu vực là một quá trình phức tạp, đòi hỏi một cách tiếp cận tổng hợp và có hệ thống. Đã có rất nhiều nghiên cứu liên quan đến ANNN, nhưng chưa có một nghiên cứu nào về ANNN cho vùng châu thổ của các lưu vực sông quốc tế. Nghiên cứu này đã lần đầu tiên xây dựng và phát triển một bộ khung chỉ số chung để đánh giá ANNN cho vùng châu thổ sông Mê Công trên cơ sở xem xét tất cả các yếu tố có thể ảnh hưởng đến ANNN của vùng.

Việc đánh giá mức độ đảm bảo ANNN cho bất kỳ vùng châu thổ nào không thể chỉ dựa vào các chỉ số về số lượng và chất lượng nguồn nước mà phải dựa vào 6 nhóm chỉ số liên quan đến nguồn nước, cấp nước sinh hoạt, phát triển các ngành kinh tế, công tác phòng chống rủi ro, thiên tai do nước gây ra, bảo vệ môi trường sinh thái, và quản lý tài nguyên nước. Đặc biệt, đối với các lưu vực sông quốc tế, tỷ lệ nguồn nước đến từ nước ngoài và tình hình hợp tác giữa các quốc gia trong lưu vực đóng vai trò rất quan trọng trong đảm bảo ANNN của vùng. Lưu ý rằng không phải tất cả các chỉ số đã được trình bày trong khung chỉ số sẽ được sử dụng để tính toán ANNN cho vùng châu thổ. Việc lựa chọn chỉ số nào, thông số nào và phương pháp nào để tính toán phụ thuộc hoàn toàn vào sự sẵn có của thông tin, số liệu của vùng nghiên cứu.

Bộ chỉ số được Nhóm tác giả đề xuất trong nghiên cứu này cho phép các nhà hoạch định chính sách, các nhà quản lý và các bên liên quan tiến hành đánh giá và cập nhật tình hình ANNN, xác định các yếu tố ảnh hưởng đến ANNN và đưa ra các giải pháp phù hợp nhằm quản lý hiệu quả và bền vững tài nguyên nước cho các vùng châu thổ. Để có được những quyết sách kịp thời và phù hợp nhằm đảm bảo an ninh nguồn nước cho các vùng châu thổ, Nhóm nghiên cứu đề xuất cần tiến hành đánh giá các chỉ số ANNN thường xuyên (định kỳ 3-5 năm/lần). Để đạt được mục tiêu này, Nhóm nghiên cứu cũng đề xuất cần triển khai xây dựng một chương trình giám sát, đo đạc các thông số liên quan đến các chỉ số ANNN một cách thường xuyên và có hệ thống.

Cuối cùng, khung đánh giá chỉ số ANNN được Nhóm nghiên cứu phát triển là khung chung, có thể áp dụng cho các vùng châu thổ của các lưu vực sông quốc tế khác thông qua việc điều chỉnh các chỉ số trên cơ sở xem xét các điều kiện thực tế của lưu vực.

Đóng góp của các tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.T., N.H.P., N.Đ.Đ.; Phương pháp nghiên cứu: T.H.T.; N.Đ.Đ.; V.M.T.; Phân tích, đánh giá kết quả: T.H.T., N.Đ.Đ., V.M.T., N.T.Q.; Viết bản thảo bài báo: T.H.T.; Chỉnh sửa bài báo: N.H.P.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả gửi lời cảm ơn chân thành tới (i) Bộ Khoa học Công nghệ (thông qua Văn phòng các Chương trình trọng điểm cấp nhà nước và Vụ Khoa học Xã hội, Nhân văn và Tự nhiên) đã hỗ trợ và cấp kinh phí để thực hiện Đề tài độc lập cấp nhà nước (Mã số:

ĐTĐL.CN-48/19, và (ii) Ủy ban nhân dân, các sở, ban, ngành liên quan của các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long đã hỗ trợ, cung cấp thông tin trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

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. Arab, N.U.; Abubakr, A.; Balkhi, M.H.; Bazaz, A.I.; Yousuf, Z.; Hafeez, M.; Mansoor, A.B.; Razak, N., Ahmad, I. Water security and its scarcity: A review. *Pharma Innovation J.* **2021**, 10(1), 217–219.
2. Dennis, L.E.; Grady, C.A. Watery research boundaries: A bibliometric and network science approach to explore gaps and overlaps in water research. *Water Secur.* **2022**, 16, 100117.
3. Gain, A.K.; Giupponi, C.; Wada, Y. Measuring global water security towards sustainable development goals. *Environ. Res. Lett.* **2016**, 11, 124015.
4. Global Water Partnership. Assessing water security with appropriate indicators. Proceedings from the GWP workshop, Global Secretariat, Stockholm, Sweden, 2014.
5. Asian Development Bank. Measuring Water Security in Asia and the Pacific. Asian Water Development Outlook, Manila, Philippines, 2014.
6. Makin, I.; Arriens, W.L.; Prudente, N. Indicators for assessing national water security: Asia Water Development Outlook 2013. Proceedings from the GWP workshop: Assessing water security with appropriate indicators, 2013, pp. 53–81.
7. Marttunen, M.; Mustajoki, J.; Sojamo, S.; Ahopelto, L.; Keskinen, M. A Framework for Assessing Water Security and the Water–Energy–Food Nexus: The Case of Finland. *Sustainability* **2019**, 11, 2900.
8. Koontanakulvong, S.; Dounmanee, P. Thailand’s Water Security situation in the context of the world and ASEAN. Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future. Proceedings of the 11th Kovacs Colloquium, Paris, France, 2015.
9. Aboelnga, H.T.; Ribbe, L.; Frechen, F.B.; Saghir, J. Urban Water Security: Definition and Assessment Framework. *Resour.* **2019**, 9, 178.
10. Jensen, O.; Wu, H. Urban water security indicators: Development and pilot. *Environ. Sci. Policy* **2018**, 83, 33–45.
11. Babel, M.; Shinede, V.R. A framework for water security assessment at basin scale. *APN Sci. Bull.* **2018**, 8(1), 27–32.
12. Teixeira, A.L.F.; Bhaduri, A.; Bunn, S.E.; Ayrimoraes, S.R. Operationalizing Water Security Concept in Water Investment Planning: Case Study of São Francisco River Basin. *Water* **2021**, 13, 3658.
13. Hatmoko, W.; Firmansyah, R.R.; Fathony, A. Water security of river basins in West Java. *IOP Conf. Series: Earth Environ. Sci.* **2019**, 419, 012140.
14. Dong, Q.; Liu, X. Risk assessment of water security in Haihe River Basin. *Water Sci. Eng.* **2014**, 7(2), 119–132.
15. Dang, N.M.; Tu, V.T.; Babel, M.S.; Sharma, D. Water security assessment for the Red River Basin, Vietnam. Conference of Water Security and Climate Change in Cologne, 2017.
16. Mùi, N.T. Nghiên cứu an ninh nguồn nước cho phát triển bền vững lưu vực sông Mã. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, chuyên ngành môi trường đất, 2018, mã số: 9.44.03.03.
17. Thang, L.V.; Thanh, N.H.; Tuan, N.V. Security for Water Source of Mekong River and Impacts on Vietnam National Security. *Resour. Environ.* **2019**, 9(4), 71–79.
18. Hong, V.N.H. Water Security in the Mekong River Basin Challenges, Causes and Solutions. *Am. Sci. Res. J. Eng. Technol. Sci.* **2020**, 64(1), 187–199.

19. Quang, N.M. Đồng bằng sông Cửu Long trước nguy cơ mất an ninh nguồn nước: Những nguyên nhân và thách thức. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Việt Nam* **2020**, tr. 3.
20. Mekong River Commission. State of the Basin Report, 2018.
21. Mekong River Commission and International Centre for Environmental Management. Strategic Environmental Assessment of Hydropower on the Mekong Mainstream, 2010, Vientiane, Lao PDR.
22. UNU. Water Security and the Global Water Agenda. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, 2013.
23. Xia, J.; Campana, M.; Jia, S.; Sheng, Z. Introduction to the Featured Collection: Water Security — New Technologies, Strategies, Policies, and Institutions. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **2021**, 51(4), 527–529.
24. Vachnadze, R. Prioritization of performance measures using analytic hierarchy process. *Int. J. Analytic Hierarchy Process* **2016**, 8(3), 490–501.
25. Assefa, Y.T.; Babel, M.S.; Susnik, J.; Shinde, V.R. Development of a Generic Domestic Water Security Index, and its application in Addis Ababa, Ethiopia. *Water* **2019**, 11, 37.
26. Oluwasanya, G.; Perera, D.; Qadir, M.; Smakhtin, V. Water Security in Africa: A Preliminary Assessment. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, Report Series 13, 2022.
27. Călmuc, V.A.; Călmuc, M.; Țopa, M.C.; Timofti, M.; Iticescu, C.; Lucian P. Georgescu, L.P. Various methods for calculating the water quality index. *Annals of “Dunarea De Jos” University of Galati– Fascicle II*, **2018**, 2, 171–178.
28. Tổng cục môi trường. Quyết định về việc ban hành sổ tay hướng dẫn tính toán chỉ số chất lượng nước, **2011**.
29. Mekong River Commission. Study on Sustainable Management and Development of the Mekong River including Impacts of Mainstream Hydropower Projects, Vientiane, Lao PDR, 2017.
30. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Ủy ban sông Mê Công Việt Nam. Nghiên cứu tác động của các công trình thủy điện trên dòng chính sông Mê Công, 2015.

Development a framework for water security assessment for the Mekong Delta

Truong Hong Tien^{1*}, Nguyen Dinh Dat¹, Pham Tuong¹, Vu Minh Thien¹, Nguyen Huy Phuong¹, Nguyen Trung Quan¹

¹ Viet Nam National Mekong Committee, 23 Hang Tre, Ha Noi;
thtien652004@gmail.com; dinhdat143@gmail.com; phamtuong307@gmail.com;
vumthien@gmail.com; huyphuongmk@gmail.com; quantnn@gmail.com

Abstract: Ensuring water security for human life and ecosystems becomes the top concern of countries around the world. Many studies on water security at different levels have been conducted, but there is no specific study for a delta of the international river basin such as the Mekong Delta. The objective of this study is to develop an indicator framework for assessment of the water security for the Mekong Delta. The main result of the study is an indicator framework comprizing 6 dimensions on water resources, domestic water supply, water for economic development, water-related disasters, ecological and environment protection, and water governance. The trans-boundary nature of the international water has been carefully integrated into the assessment indicators. The water security assessment framework proposed in this study will help policy makers, managers and relevant stakeholders conduct assessment and determine appropriate solutions for ensuring water security for the Mekong Delta of Viet Nam and Cambodia.

Keywords: Water security; Plain; River delta; Ecosystem; Disaster risk; Transboundary.

Bài báo khoa học

Phân tích xu thế biến đổi của lượng mưa khu vực Tây Nguyên giai đoạn 1990–2021

Nguyễn Văn Tín¹, Cấn Thế Việt², Nguyễn Hải Âu³, Trần Đức Dũng³, Vũ Thị Vân Anh¹, Cấn Thu Văn^{1*}

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Tp. Hồ Chí Minh; nvtin@hcmunre.edu.vn; vtvanh@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

² Viện Thủy lợi và môi trường – Đại học Thủy lợi; theviet8387@gmail.com

³ Viện Môi trường và Tài nguyên – Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh; haiauvtn@gmail.com; dungtranducvn@gmail.com

*Tác giả liên hệ: ctvan@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84–983738347

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2022; Ngày phản biện xong: 18/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Phân tích, đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa năm từ giai đoạn 1990–2021 tại khu vực Tây Nguyên để xác định xu thế BĐKH xảy ra ở Tây Nguyên nhằm phục vụ các nghiên cứu về BĐKH cũng như dự báo tác động của BĐKH đến các ngành, lĩnh vực liên quan đến lượng mưa tại Tây Nguyên. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp kiểm nghiệm ANOVA và phương trình hồi quy tuyến tính để đánh giá xu thế biến đổi lượng mưa năm ở Tây Nguyên. Các kết quả được đánh giá dựa trên quá trình phân tích thống kê ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,1$. Nghiên cứu đánh giá xu thế biến đổi lượng mưa tại 12 trạm đo mưa ở Tây Nguyên, kết quả cho thấy có 5/12 trạm có xu thế giảm và 7/12 trạm mưa có xu thế tăng, tốc độ tăng nhanh nhất là 25,1 mm/năm tại An Khê và tốc độ giảm mạnh nhất là 16,8 mm/năm tại Đak Nông. Đối với $R_{max1day}$ trong 12 trạm đo mưa ở Tây Nguyên có 6 trạm có xu thế giảm, 6 trạm còn lại có xu thế tăng. Kết quả nghiên cứu đã đóng góp thêm vào cơ sở dữ liệu cho áp dụng kiểm định phi tham số trong lĩnh vực khí tượng khí hậu ở Tây Nguyên.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu; Xu thế; Kiểm định ANOVA.

1. Đặt vấn đề

Khí hậu tài nguyên thiên nhiên đặc biệt, là điều kiện thường xuyên của mọi quá trình chuyên hóa, phát triển. Những đặc trưng cơ bản của khí hậu và quy luật diễn biến của nó đã chi phối động lực phát triển trong tự nhiên và xã hội. Vì thế, việc hiểu biết khí hậu tại một vùng, thậm chí một phạm vi hẹp hơn là nền tảng không thể thiếu cho mọi công tác tổ chức, quy hoạch, thiết kế, điều hành trong sản xuất, đời sống. Trong các yếu tố khí hậu, lượng mưa là yếu tố được quan tâm nhiều nhất và là yếu tố khó dự báo nhất, biến động của lượng mưa có thể dẫn đến thay đổi cán cân cân bằng nước và ảnh hưởng đến các lĩnh vực kinh tế – xã hội.

Tây Nguyên chịu ảnh hưởng của khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo với những nét đặc sắc liên quan tới ảnh hưởng của độ cao địa hình và ảnh hưởng chắn gió của dãy Trường Sơn. Một đặc điểm quan trọng của khí hậu Tây Nguyên là sự tương phản giữa hai mùa mưa ẩm rất sâu sắc [1]. Lượng mưa trong suốt mùa khô, từ tháng 11 đến tháng 3 thường chỉ chiếm 7–8% lượng mưa toàn năm. Trái lại, vào mùa hạ lượng mưa rất lớn, đóng góp trên 90% lượng mưa toàn năm và nâng lượng mưa toàn năm lên những giá trị thuộc loại cao ở nước ta: 1800–2800 mm/năm [2–4]. Những năm gần đây tình trạng thiếu hụt nước trong

những tháng mùa khô đã trở thành mối quan tâm thường xuyên tại các tỉnh Tây Nguyên, thiệt hại kinh tế do thiên tai hạn hán lên tới hàng nghìn tỷ đồng mỗi năm. Do vậy, bên cạnh việc tiếp tục nâng cao chất lượng dự báo, cảnh báo khô hạn, một trong những yêu cầu cấp bách của cộng đồng và những người hoạch định chính sách trung hạn hiện nay đặt ra là xác định thời điểm kết thúc quá trình khô hạn nói trên.

Mưa là một trong những yếu tố khí tượng có tính bất đồng nhất và biến động lớn theo không gian và thời gian. Sự hình thành mưa phụ thuộc phức tạp vào nhiều quá trình khác nhau như các hình thái thời tiết, độ ổn định khí quyển, đặc điểm địa lý, điều kiện địa hình của địa phương. Hiểu biết đầy đủ về đặc điểm và quy luật biến thiên theo không gian và thời gian của mưa sẽ góp phần nâng cao chất lượng các bản tin dự báo mưa cũng như công tác phòng chống thiên tai.

Trong những năm gần đây do ảnh hưởng của Biến đổi khí hậu làm cho các yếu tố khí hậu ở Tây Nguyên có sự thay đổi rõ rệt trong đó có lượng mưa thể hiện trong kịch bản BĐKH và nước biển dâng cho Việt Nam năm 2016 và năm 2020 [5–6]. Các nghiên cứu về xu thế biến đổi lượng mưa được áp dụng rộng rãi trong nước và trên thế giới như Fernández và css đã phân tích xu thế biến đổi của lượng mưa và nhiệt độ tại lưu vực sông Genil (Đông nam Tây Ban Nha) từ 1970–2010 sử dụng kiểm định phi tham số Mann–Kendall, nghiên cứu đã chỉ xác định được xu thế tăng của nhiệt độ tại lưu vực sông Genil, tuy nhiên đối với lượng mưa xu thế biến đổi không rõ ràng [7], năm 2017, [8] đã đánh giá xu thế biến đổi lượng mưa và hạn hán ở Aegean, Thổ Nhĩ Kỳ, nghiên cứu này sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính đã xác định xu thế biến đổi của lượng mưa các tháng 12, 1, 2, 3 tại Aegean có xu thế giảm, năm 2018, [9] đã phân tích cụ thể biến đổi lượng mưa tháng ở sông Limbang, Malaysia sử dụng kiểm định Mann–Kendall và Spearman’s Rho, kết quả của nghiên cứu cho thấy xu thế của lượng mưa trên lưu vực sông Limbang tăng/giảm khác nhau thể hiện tính bất đồng nhất của lượng mưa theo thời gian.

Trong nước có nhiều nghiên cứu về xu thế biến đổi của lượng mưa [10–11] đã áp dụng Mann–Kendall “Kiểm nghiệm phi tham số xu thế biến đổi của một số yếu tố khí tượng giai đoạn 1961–2007”, [12] đã đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa thời đoạn lớn nhất ở Tp. Hồ Chí Minh giai đoạn 1971–2016 bằng kiểm định phi tham số Mann–Kendall, [13] đã nghiên cứu đặc điểm xu thế biến đổi mưa nhiệt tỉnh Kiên Giang.

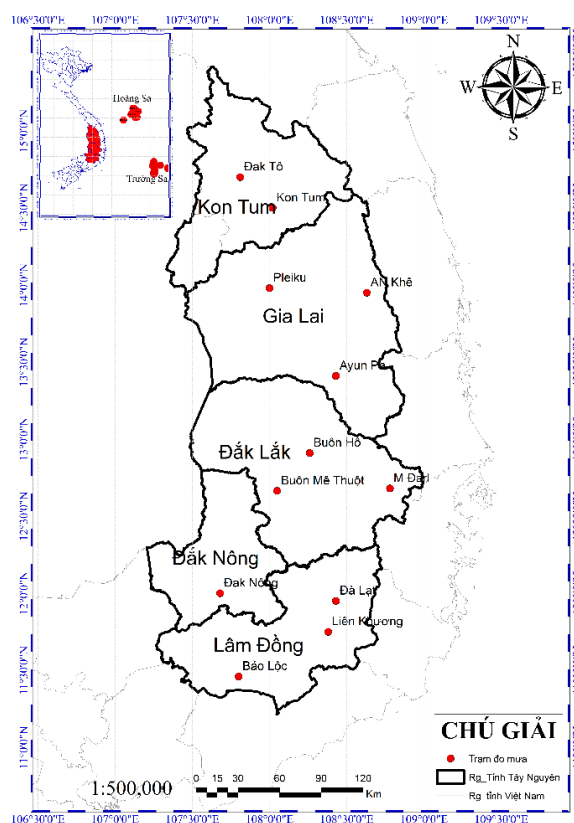
Tại Tây Nguyên, năm 2014, [14] đã hoàn thành đề tài nghiên cứu cấp Bộ “Nghiên cứu điều kiện khí hậu nông nghiệp phục vụ phát triển kinh tế–xã hội và phòng tránh thiên tai vùng Tây Nguyên”. Kết quả của đề tài cho thấy xu thế biến đổi lượng mưa cực đại trong 1 ngày và và trong 5 ngày liên tiếp ($R \times 5\text{day}$) tăng trên hầu hết các trạm và chỉ giảm ở 3 trạm (Đà Lạt, Ayunpa và Đăk Nông). Mức độ tăng nhanh nhất của lượng mưa cực đại trong 1 ngày được ghi nhận là 12,7 mm/10năm (tại Buôn Ma Thuột). Đối với mưa lớn và mưa rất lớn, kết quả tính toán cũng cho thấy xu hướng tăng trên hầu hết các trạm ở Tây Nguyên. từ đó đến nay chưa có nghiên cứu nào cập nhật xu thế biến đổi của lượng mưa ở Tây Nguyên vì vậy bài báo này nhằm mục đích cập nhật đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa tại Tây Nguyên trên cơ sở chuỗi số liệu quan trắc từ năm 1990–2021 phục vụ các nghiên cứu về BĐKH cũng như dự báo tác động của BĐKH đến các ngành, lĩnh vực tại Tây Nguyên. Ngoài ra nghiên cứu này sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính kết hợp với kiểm định ANOVA để xác định các trạm thỏa mãn mức ý nghĩa thống kê (đảm bảo độ tin cậy), kiểm định ANOVA giúp cho ta biết trạm nào có xu thế đảm bảo độ tin cậy với mức sai số thống kê cho phép, đây là điều mà phương pháp hồi quy tuyến tính thông thường không làm được.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu

Số liệu sử dụng trong bài báo là lượng mưa năm tại các trạm quan trắc mưa ở Tây Nguyên: Trạm Đăk Tô, Kon Tum, P lầy Cu, An Khê, Ayunpa, M’ Đrăc, Buôn Mê Thuột,

Buôn Hồ, Đắk Nông, Liên Khương, Đà Lạt, Bảo Lộc. Vị trí các trạm thể hiện như Hình 1 và bảng 1.



Hình 1. Vị trí các trạm mưa tại Tây Nguyên.

Bảng 1. Danh sách các trạm đo mưa sử dụng.

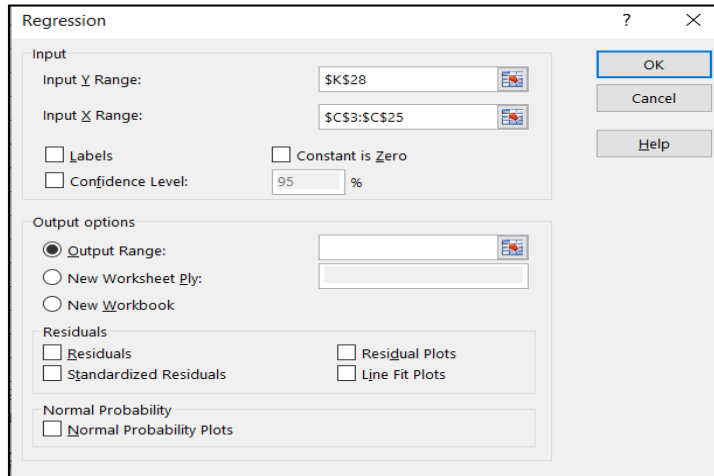
STT	Trạm	KD	VD	Yếu tố	Thời gian
1	Đăk Tô	107.82	14.70	Lượng mưa ngày	1990–2021
2	Kon Tum	107.62	14.33	Lượng mưa ngày	1990–2021
3	P Lây Cu	108.00	13.98	Lượng mưa ngày	1990–2021
4	An Khê	108.63	13.95	Lượng mưa ngày	1990–2021
5	AyunPa	108.90	13.42	Lượng mưa ngày	1990–2021
6	M'đrăc	108.78	12.68	Lượng mưa ngày	1990–2021
7	B.M. Thuật	108.05	12.67	Lượng mưa ngày	1990–2021
8	Buôn Hồ	108.27	12.92	Lượng mưa ngày	1990–2021
9	Đăk Nông	107.68	12.00	Lượng mưa ngày	1990–2021
10	Liên Khương	108.38	11.75	Lượng mưa ngày	1990–2021
11	Đà Lạt	108.43	11.95	Lượng mưa ngày	1990–2021
12	Bảo Lộc	107.80	11.47	Lượng mưa ngày	1990–2021

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để xác định xu thế biến đổi của lượng mưa, bài báo sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính. Phương trình hồi quy tuyến tính có dạng: $x(t) = at + b$ (*). Trong đó, a và b là các hệ số hồi quy. Xu thế biến đổi của chuỗi được thể hiện thông qua phân tích hệ số góc a, dấu của hệ số a xác định xu thế tăng (khi $a > 0$) hoặc giảm (khi $a < 0$), còn giá trị tuyệt đối của a cho biết mức độ tăng giảm của chuỗi.

Các hệ số a và b trong phương trình xu thế được kết hợp với kiểm nghiệm ANOVA để xác định độ tin cậy của đường xu thế. Kiểm định ANOVA với mức ý nghĩa Alpha = 0,1 (xác suất phạm sai lầm loại 1 không quá 10% có nghĩa khi Alpha nhỏ hơn 5% thì phương

trình xu thế đảm bảo độ tin cậy. Nếu Alpha > 0,1 phương trình không đảm bảo độ tin cậy thống kê. Các bước này được thực hiện trên công cụ Regression statistics của phần mềm Excel như hình 2.



Hình 2. Hộp thoại Regression.

Để đánh giá độ tin cậy (ý nghĩa thống kê), theo mức ý nghĩa P-value. Nếu giá trị này thấp hơn 0,1, thì đạt yêu cầu. Nếu Ý nghĩa P-value lớn hơn 0,1 không đạt yêu cầu. Kết quả được thể hiện ở hình 3.

Regression Statistics								
Multiple R	0.10649							
R Square	0.01134							
Adjusted R	-0.03574							
Standard E	3.087173							
Observatic	23							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regressor	1	2.295692	2.2956917	0.240875	0.6286644			
Residual	21	200.1434	9.5306399					
Total	22	202.4391						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-62.1686	194.7693	-0.319191	0.752735	-467.2135	342.8764	-467.214	342.8764
X Variable	0.047628	0.097044	0.4907901	0.628664	-0.154187	0.249443	-0.15419	0.249443

Hình 3. Hộp thoại ANOVA.

3. Kết quả và thảo luận

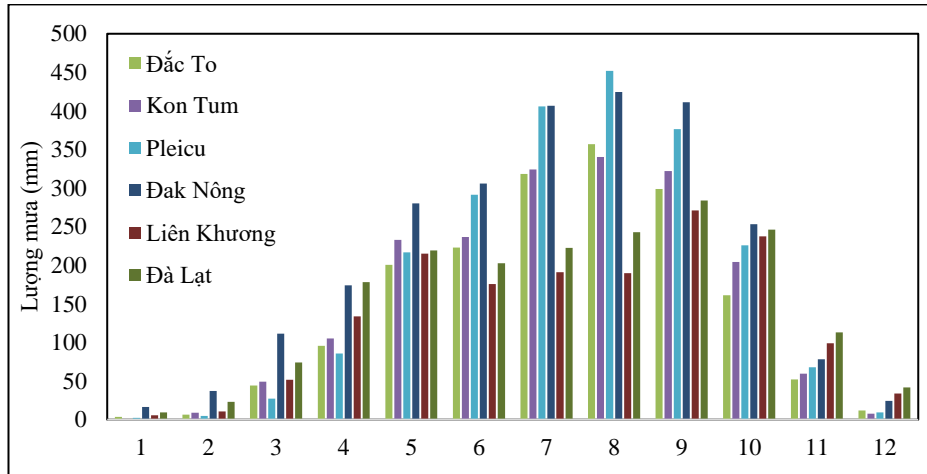
3.1. Đặc điểm mưa theo không gian ở Tây Nguyên

Bảng 2 và hình 4 thể hiện diễn biến của lượng mưa tháng tại các trạm khu vực Tây Nguyên, trên toàn khu vực biến trình lượng mưa khá tương đồng giữa các trạm, lượng mưa cao nhất trong các tháng mùa mưa từ tháng 5–10 với lượng mưa phổ biến từ 200–400 mm (trừ trạm Liên Khương và Đà Lạt, Ayunpa, An Khê từ tháng 5 đến tháng 8 lượng mưa khoảng từ 113–190 mm. Các tháng chuyển mùa (tháng 4) có lượng mưa chủ yếu từ 88–174 mm, và thấp nhất tại Ayunpa, An Khê thuộc Gia Lai.

Bảng 2. Phân bố lượng mưa trong các mùa.

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Ayunpa	2	3	15	51	161	113	119	154	213	211	152	30	1224
An Khê	26	10	21	56	152	108	130	148	214	360	355	154	1734
Đắc To	4	7	44	95	201	223	318	357	299	161	52	12	1773
Kon Tum	1	9	49	105	233	237	324	341	322	204	60	8	1893
Pleicu	2	5	27	86	217	291	406	452	376	226	68	10	2166
Buôn Hồ	8	6	17	79	201	192	197	259	285	191	128	36	1599

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Đak Nông	16	37	111	174	280	306	407	425	411	253	78	24	2523
M Đak	64	28	34	88	200	131	112	139	228	371	506	328	2228
BMT	6	5	27	85	239	246	246	314	349	210	115	25	1867
Liên Khương	6	11	52	134	215	176	191	190	271	237	99	34	1615
Bảo Lộc	60	58	147	227	265	314	430	462	416	370	194	88	3031
Đà Lạt	10	23	74	178	219	203	223	243	284	246	113	42	1858



Hình 4. Biến trình lượng mưa tháng tại Tây Nguyên.

Hình 4 thể hiện biến trình lượng mưa tháng lượng mưa tăng dần từ tháng 1 đến tháng 8 đạt đỉnh vào tháng 8 trên toàn Tây Nguyên, sau đó lượng mưa giảm trên tại tất cả các trạm trên khu vực Tây Nguyên. Hình 5 thể hiện bản đồ phân bố lượng mưa trung bình nhiều năm tại Tây Nguyên, kết quả cho thấy lượng mưa trung bình nhiều năm dao động từ 1220–3020 mm, phân bố lượng mưa năm không đều giữa các khu vực ở Tây Nguyên với mức chênh lệch lượng mưa cao nhất lên đến gần 2000 mm.

Lượng mưa trung bình năm cao nhất tại khu vực TP. Bảo Lộc tỉnh Lâm Đồng (khoảng từ 2600–3020 mm), và Đak Nông tỉnh Đak Nông từ 2400–2600 mm tiếp đến là tỉnh Đak Lăk lượng mưa từ 1700–1900 m, phân bố lượng mưa TBNN thấp nhất tại Ayunpa tỉnh Gia Lai và Đak Tô tỉnh Kon Tum lượng mưa từ 1220–1500 mm.

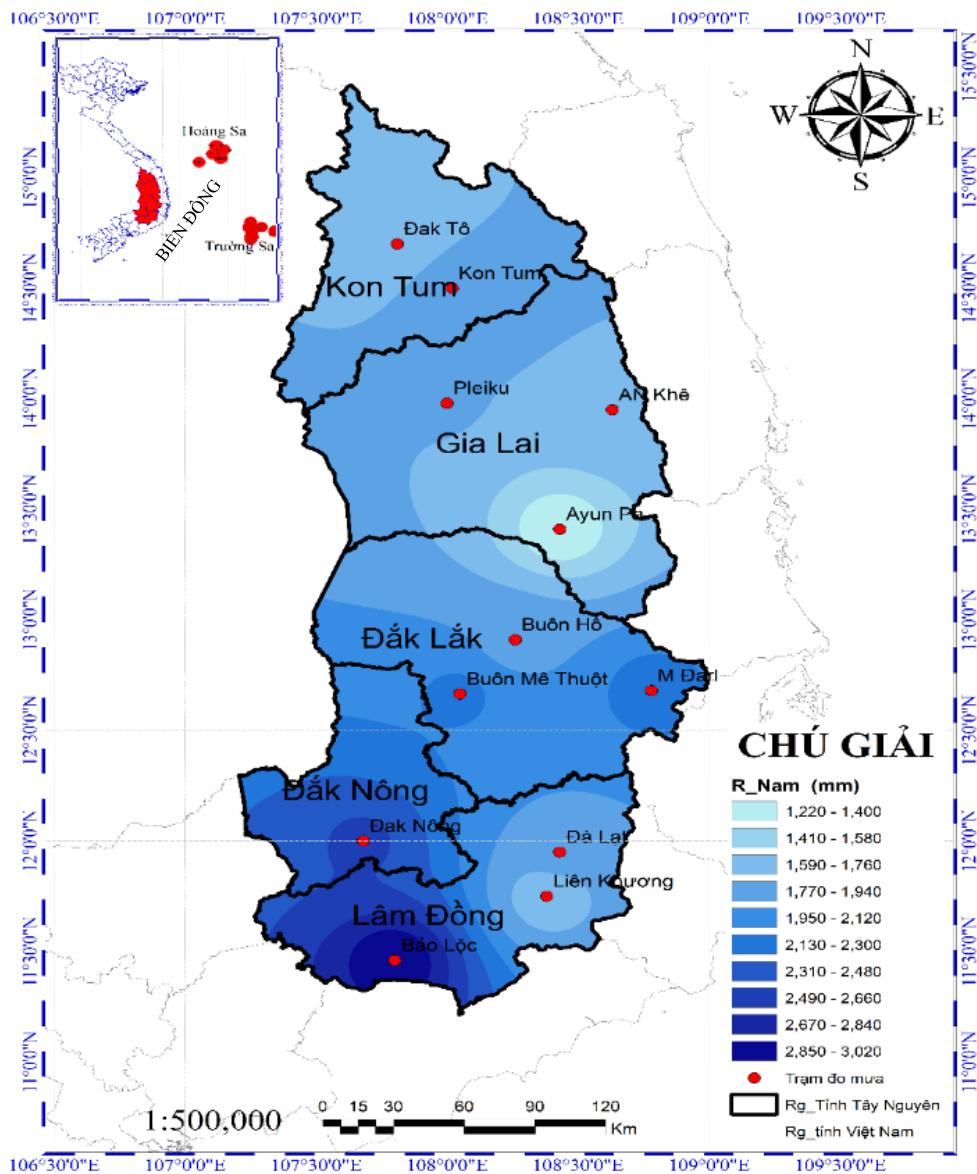
Mưa là yếu tố có tính biến động lớn trong các yếu tố khí hậu của Tây Nguyên, lượng mưa trên địa bàn tỉnh có sự thay đổi theo cả không gian và thời gian. Tại cùng một trạm lượng mưa tháng trong các năm cao có thể gấp 2 đến 3 lần so với năm có lượng mưa thấp. Từ Bảng 3 nhận thấy biến động của lượng mưa trong các tháng là khá lớn, đặc biệt trong các tháng từ 12–3 biến suất chủ yếu từ 150 đến trên 200% (đây là các tháng mùa khô), tiếp đến là các tháng chuyển mùa (tháng 4, 11). Trong các tháng mùa mưa có lượng mưa cao do vậy biến suất thấp hơn, nhưng cũng dao động phổ biến trong khoảng từ 40–70%.

Biến suất cao nhất là 297% tại trạm Pleiku vào tháng I, biến suất thấp nhất là 25% vào tháng 8 cũng tại trạm Pleiku. Nhìn chung các tháng mùa khô mức độ biến đổi cao hơn so với các tháng mùa mưa (Bảng 3).

Bảng 3. Độ lệch chuẩn (δ , mm) và biến suất tương đối (C_v , %) của lượng mưa.

Tháng		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ayunpa	δ	5	7	22	48	68	66	59	64	99	110	107	48
	C_v	234	225	144	95	42	58	49	42	46	52	71	157
An Khê	δ	29	12	21	55	70	74	87	53	104	164	249	206
	C_v	111	112	98	100	46	68	67	36	48	46	70	134
Đắc Tô	δ	8	11	29	60	81	88	108	125	138	109	62	20
	C_v	214	165	66	62	41	39	34	35	46	68	119	172
Kon Tum	δ	2	15	45	57	106	96	118	89	142	116	57	14

Tháng		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pleiku	Cv	221	161	92	54	46	41	36	26	44	57	96	174
	δ	7	9	31	61	96	158	173	115	138	122	57	17
Buôn Hồ	Cv	297	197	112	71	44	54	43	25	37	54	84	177
	δ	12	14	20	48	70	90	86	136	109	96	90	41
Đak Nông	Cv	157	234	122	61	35	47	44	52	38	50	70	113
	δ	25	59	56	113	108	125	123	145	132	114	61	27
M Đak	Cv	155	159	50	65	39	41	30	34	32	45	78	111
	δ	67	31	40	116	70	68	56	81	79	183	380	348
BMT	Cv	105	112	120	132	35	52	50	58	35	49	75	106
	δ	14	13	33	66	89	115	94	142	117	139	90	33
Liên Khương	Cv	228	248	122	77	37	47	38	45	34	66	78	134
	δ	10	22	50	85	90	71	78	88	139	103	72	48
Bảo Lộc	Cv	182	199	96	64	42	41	41	46	51	43	72	141
	δ	92	53	87	132	145	111	165	203	130	171	100	75
Đà Lạt	Cv	154	91	59	58	55	35	38	44	31	46	52	86
	δ	14	32	47	77	75	87	65	100	100	87	80	44
	Cv	149	139	64	43	34	43	29	41	35	36	71	106



Hình 5. Bản đồ phân bố lượng mưa trung bình nhiều năm tại Tây Nguyên.

3.2. Xu thế biến đổi lượng mưa năm ở Tây Nguyên

Xu thế biến đổi của lượng mưa năm: Để đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa, nghiên cứu sử dụng phương trình hồi quy tuyến tính và kiểm định ANOVA để xác định mức ý nghĩa thống kê (nghiên cứu sử dụng P_value = 0,1).

Bảng 4. Hệ số góc A1 và mức ý nghĩa của phương trình xu thế lượng mưa năm ở Tây Nguyên.

STT	Trạm	Hệ số góc A1	Pvalue
1	Ayun Pa	-10,0	0,03
2	AN Khê	25,1	0,02
3	Pleiku	-5,2	0,47
4	Kon Tum	5,3	0,33
5	Bảo Lộc	8,3	0,46
6	Đà Lạt	4,9	0,24
7	Liên Khương	17,7	0,01
8	Buôn Hồ	-1,2	0,78
9	Buôn Mê Thuột	-2,6	0,65
10	Đak Nông	-16,8	0,06
11	Đak Tô	2,1	0,79
12	M Đak	9,5	0,50

Bảng 4 thể hiện hệ số góc của phương trình xu thế lượng mưa năm tại Tây Nguyên, kết quả cho thấy có 5/12 trạm có xu thế giảm và 7/12 trạm mưa có xu thế tăng, tốc độ tăng nhanh nhất là 25,1 mm/năm tại An Khê và tốc độ giảm mạnh nhất là -16,8 mm/năm tại Đak Nông. Tuy nhiên xét về ý nghĩa thống kê chỉ có các trạm Ayunpa, An Khê, Liên Khương, Đak Nông thỏa mãn P_value < 0,1, các trạm còn lại không thỏa mãn mức ý nghĩa thống kê như vậy phương trình xu thế không đảm bảo tính chặt chẽ.

3.2.1. Xu thế biến đổi của lượng mưa mùa mưa

Tương tự như lượng mưa năm, bảng 5 thể hiện hệ số góc của phương trình xu thế biến đổi lượng mưa mùa mưa ở Tây Nguyên, các trạm Ayunpa, Pleiku, Buôn Hồ, Buôn Mê Thuột, Đak Nông lượng mưa có xu thế giảm, 7/12 trạm còn lại có xu thế tăng, tuy nhiên chỉ có các trạm Ayunpa, An Khê, Liên Khương, Đak Nông thỏa mãn ý nghĩa thống kê. Tốc độ xu thế tăng nhanh nhất là tại An Khê tăng 9,5 mm/năm và giảm mạnh nhất tại Đak Nông 14,3 mm/năm.

Bảng 5. Hệ số góc A1 và mức ý nghĩa của phương trình xu thế lượng mùa mưa ở Tây Nguyên.

STT	Trạm	Hệ số góc A1	Pvalue
1	Ayun Pa	-9,5	0,01
2	AN Khê	9,5	0,08
3	Pleiku	-3,9	0,57
4	Kon Tum	4,4	0,42
5	Bảo Lộc	3,8	0,65
6	Đà Lạt	3,4	0,35
7	Liên Khương	16,3	0,00
8	Buôn Hồ	-1,4	-0,33
9	Buôn Mê Thuột	-2,8	0,57
10	Đak Nông	-14,3	0,03
11	Đak Tô	1,5	0,83
12	M Đak	7,5	0,59

3.2.2. Xu thế biến đổi của lượng mưa mùa mưa

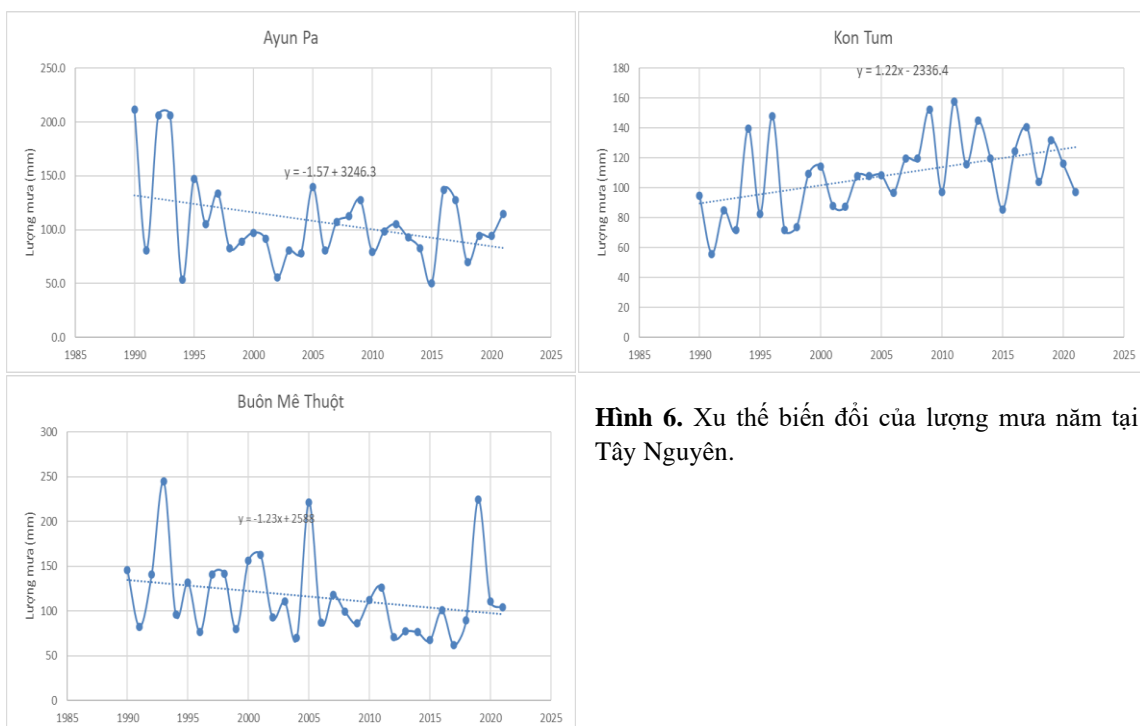
Bảng 6 thể hiện xu hệ số góc phương trình xu thế biến đổi của lượng mưa mùa khô, kết quả cho thấy 9/12 trạm ở Tây Nguyên có xu thế tăng, 3/12 trạm có xu thế giảm, mặc dù vậy xu thế tăng/giảm ở các trạm này không thỏa mãn ý nghĩa thống kê trừ trạm An Khê có $P_value < 0,1$, tốc độ xu thế biến đổi lượng mưa mùa khô tại An Khê là 14,9 mm/năm cao nhất trong 12 trạm ở Tây Nguyên.

Bảng 6. Hệ số góc A1 và mức ý nghĩa của phương trình xu thế lượng mưa mùa khô ở Tây Nguyên.

STT	Trạm	Hệ số góc A1	Pvalue
1	Ayun Pa	-0,1	0,98
2	AN Khê	14,9	0,06
3	Pleiku	-1,1	0,62
4	Kon Tum	1,1	0,62
5	Bảo Lộc	5,6	0,34
6	Đà Lạt	2,0	0,52
7	Liên Khương	2,2	0,47
8	Buôn Hồ	0,5	0,85
9	Buôn Mê Thuột	0,5	0,86
10	Đak Nông	-1,8	0,65
11	Đak Tô	0,9	0,68
12	M Đakr	2,0	0,51

3.2.3. Xu thế biến đổi của lượng mưa một ngày lớn nhất

Kết quả xác định xu thế của lượng mưa năm thể hiện trên bảng 7 cho thấy, trong 12 trạm đo mưa ở Tây Nguyên có 6 trạm có xu thế giảm (các trạm Ayunpa, Bảo Lộc, Buôn Hồ, Buôn Mê Thuột, Đak Nông, Đak Tô), 6 trạm còn lại có xu thế tăng là An Khê, Pleiku, Kon Tum, Đà Lạt, Liên Khương, M Đrak. Tuy nhiên xét về mặt ý nghĩa thống kê với $P_value < 0,1$ (xác suất phạm sai lầm loại I không quá 10%) trong kiểm định ANOVA thì chỉ có các trạm Ayunpa, Kon Tum, Buôn Mê Thuột thỏa mãn, tức là phương trình xu thế đảm bảo độ tin cậy, trong đó hai trạm có tốc độ xu thế giảm là Ayunpa giảm 1,57 mm/năm, Buôn Mê Thuột giảm 1,23 mm/năm còn tại Kon Tum tốc độ xu thế tăng không đáng kể với khoảng 0,01 mm/năm. Phương trình xu thế tại các trạm thể hiện tại hình 6.



Hình 6. Xu thế biến đổi của lượng mưa năm tại Tây Nguyên.

Bảng 7. Hệ số góc A1 và mức ý nghĩa của phương trình xu thế lượng mưa $R_{max1day}$ ở Tây Nguyên.

STT	Trạm	Hệ số góc A1	Pvalue
1	Ayun Pa	-1,57	0,04
2	AN Khê	1,25	0,25
3	Pleiku	0,04	0,95
4	Kon Tum	1,22	0,01
5	Bảo Lộc	-0,75	0,39
6	Đà Lạt	0,42	0,20
7	Liên Khương	0,30	0,53
8	Buôn Hồ	-1,03	0,30
9	Buôn Mê Thuột	-1,23	0,2
10	Đak Nông	-0,41	0,69
11	Đak Tô	-0,31	0,74
12	M Đak	0,56	0,77

4. Kết luận

Bài báo đã đánh giá đặc điểm và xu thế biến đổi lượng mưa năm tại Tây Nguyên kết quả cho thấy. Về phân bố không gian của lượng mưa năm: Dao động từ 1220–3020 mm, phân bố lượng mưa năm không đều giữa các khu vực ở Tây Nguyên với mức chênh lệch lượng mưa cao nhất lên đến gần 2000 mm. Lượng mưa trung bình năm cao nhất tại khu vực TP. Bảo Lộc tỉnh Lâm Đồng (khoảng từ 2600–3020 mm), và Đak Nông tỉnh Đak Nông từ 2400–2600 mm tiếp đến là tỉnh Đak Lăk lượng mưa từ 1700–1900 m, phân bố lượng mưa TBNN thấp nhất tại Ayunpa tỉnh Gia Lai và Đak Tô tỉnh Kon Tum lượng mưa từ 1220–1500 mm.

Về xu thế biến đổi của lượng mưa giai đoạn 1990–2021: Lượng mưa năm kết quả cho thấy có 5/12 trạm có xu thế giảm và 7/12 trạm mưa có xu thế tăng, tốc độ tăng nhanh nhất là 25,1 mm/năm tại An Khê và tốc độ giảm mạnh nhất là -16,8 mm/năm tại Đak Nông.

Đối với $R_{max1day}$: trong 12 trạm đo mưa ở Tây Nguyên có 6 trạm có xu thế giảm (các trạm Ayunpa, Bảo Lộc, Buôn Hồ, Buôn Mê Thuột, Đak Nông, Đak Tô), 6 trạm còn lại có xu thế tăng là An Khê, Pleiku, Kon Tum, Đà Lạt, Liên Khương, M Đak.

Mặc dù vậy do nghiên cứu chỉ sử dụng số liệu mưa của 12 trạm trong khi đó Tây Nguyên là khu vực rộng với địa hình phức tạp lên kết quả nghiên cứu chưa thể hiện rõ xu thế biến đổi của lượng mưa tại từng tiểu khu vực ở Tây Nguyên, cần phải bổ sung các trạm đo mưa nhân dân tại các tỉnh ở Tây Nguyên để có mật độ trạm dày hơn, ngoài ra nghiên cứu cũng chưa so sánh phương pháp xác định xu thế hồi quy tuyến tính so với các phương pháp khác như xu thế Sen'slop và kiểm định Mann-Kendall.

Đóng góp của các tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.V.T., C.T.Van.; Xử lý số liệu: C.T.Viet., V.T.V.A., T.Đ.D., N.V.T.; Tính toán: N.V.T., C.T.Viet., N.H.A., T.Đ.D., C.T.Van.; Viết bản thảo bài báo: N.V.T., C.T.Van.; Chỉnh sửa bài báo: N.V.T., C.T.V.

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. Ngử, N.Đ. Khí hậu Tây Nguyên. Viện KTTV xuất bản, Hà Nội, 1985.
2. Xiển, N.; Toàn, P.N.; Đắc, P.T. Đặc điểm khí hậu miền Bắc Việt Nam. Nhà xuất bản khoa học, 1968.
3. Chinh, N.D. Đề tài nghiên cứu khoa học. Kiểm kê, đánh giá tài nguyên khí hậu Việt Nam, 2002.
4. Ngử, N.Đ.; Hiệu, N.T. Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 2004.
5. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản Biến đổi khí hậu. Nhà xuất bản Bộ Tài nguyên môi trường, 2020.

6. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam. Nhà xuất bản Bộ Tài nguyên môi trường, 2016.
7. Fernández–Chacón, F.; Pulido–Velázquez, D.; Jiménez–Sánchez, J. et al. Trends analysis of precipitation and temperature in the Alto Genil basin (Southeast Spain) from 1970 to 2010. EGU General Assembly Conference Abstracts. 2016, 18, EPSC2016–14606.
8. Güner, B.Ü. Trend analysis of precipitation and drought in the Aegean region, Turkey: Trend analysis of precipitation and drought. *Meteorol. Appl.* **2017**, *24*(2), 239–249.
9. Krishnan, M.V.N.; Prasanna, M.V.; Vijith, H. Statistical analysis of trends in monthly precipitation at the Limbang River Basin, Sarawak (NW Borneo), Malaysia. *Meteorol. Atmos. Phys.* **2018**, *131*(2), 1–14.
10. Hà, H.T.M.; Tân, P.V. Xu thế và mức độ biến đổi của nhiệt độ cực trị ở Việt Nam trong giai đoạn 1961–2007. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2009**, *25*(3S), 412–422.
11. Thành, N.Đ.; Tân, P.V. Kiểm nghiệm phi tham số xu thế biến đổi của một số yếu tố khí tượng giai đoạn 1961–2007. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN* **2012**, 1–8.
12. Tín, N.V. Đánh giá xu thế biến đổi của lượng mưa thời đoạn lớn nhất ở Tp. Hồ Chí Minh giai đoạn 1971–2016 bằng kiểm định phi tham số Mann–Kendall. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, *683*, 52–55.
13. Tuyết, B.T.; Minh, P.T. Nghiên cứu đặc điểm xu thế biến đổi mưa nhiệt tỉnh Kiên Giang. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, *685*, 36–47.
14. Cường, H.Đ. Nghiên cứu điều kiện khí hậu nông nghiệp phục vụ phát triển kinh tế – xã hội và phòng tránh thiên tai vùng Tây Nguyên. Đề tài cấp Bộ TNMT, 2014.
15. Hùng, H.Đ. Nghiên cứu phân vùng khí hậu khu vực Tây nguyên. Luận văn thạc sĩ khoa học, Trường ĐH Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội, 2014.
16. Chinh, N.D. Kiểm kê, đánh giá tài nguyên khí hậu Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ, Hà Nội, 2006.
17. Mandal, R.B. Patterns of regional geography – an international perspective. Printer by R.S.Printer, New Delhi – 28, 1990.
18. Stern, H.; de Hoedt, G. Objective classification of Australian climates. Australian Meteorology Magazine, 2000.
19. Ngử, N.Đ.; Hiệ, N.T. Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, 2004.
20. Tài, N.H. Phân vùng khí hậu tự nhiên lãnh thổ Việt Nam, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Tổng cục, Hà Nội, 1992.

Analysis of the trends of annual rainfall in Central Highlands region during the periods from 1990 to 2021

Nguyen Van Tin¹, Can The Viet², Nguyen Hai Au³, Tran Duc Dung³, Vu Thi Van Anh¹, Can Thu Van^{1*}

¹ HCMC University of Natural Resources and Environment, nvtin@hcmunre.edu.vn; vtvanh@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

² Institute for water resources and environment research – Thuyloi University; theviet8387@gmail.com

³ Institute for Environment and Resources, Vietnam National University of Ho Chi Minh City; haiavutn@gmail.com; dungtranducvn@gmail.com

Abstract: This paper evaluated the trends of annual rainfall in Central Highlands region during the periods from 1990–2021 to serve the research on climate change as well as

impacts of climate change to sectors and fields in the Central Highlands. This study applies non-parametric ANOVA test and linear regression method. This paper evaluates at 12 Gauge-stations in Central Highlands region. The results are evaluated based on statistical analysis at a meaningful level of $\alpha = 0.1$. The results show that most of the annual rainfall in 5/12 stations have tend to decrease and 7/12 stations tend to increase. The strongest increase is 25.1 mm/year in An Khe and the strongest decrease is -16.8 mm/year in Dak Nong. With Rmax1day in 12 stations in Central Highlands region. There are 6/12 stations have tend to decrease, 6/12 stations have tend to increase. The research has also provided the locality with a research tool on climate, helping agencies and organizations better understand the climate characteristics, understand the climate characteristics better, and have strategies and solutions to adapt and mitigate the impacts of change of rainfall on the local Socio-Economic.

Keywords: Climate change; Trend; ANOVA.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu thống kê xoáy thuận nhiệt đới có sự thay đổi về hướng đột ngột trong khi di chuyển trên Biển Đông

Hoàng Gia Nam¹, Võ Văn Hòa^{2*}, Dư Đức Tiến¹, Trần Anh Đức¹, Đặng Đình Quân¹, Mai Khánh Hưng¹

¹ Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia; namhoangkt95@gmail.com; duduction@gmail.com; ducbarca88@gmail.com; quandangding92@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail

² Đài Khí tượng Thủy văn khu vực đồng bằng Bắc Bộ; vovanhoa80@yahoo.com

*Tác giả liên hệ: vovanhoa80@yahoo.com; Tel.: +84-912509932

Ban Biên tập nhận bài: 2/11/2022; Ngày phản biện xong: 20/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Bài báo dựa trên dữ liệu quỹ đạo bão chuẩn (*best-track*) trên Biển Đông để xác định các cơn bão, áp thấp nhiệt đới có tính chất thay đổi hướng bất thường trong quỹ đạo giai đoạn 2011-2021. Các tiêu chuẩn xác định bất thường về sự thay đổi hướng dựa trên một số nghiên cứu gần đây cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương, bao gồm: quỹ đạo bao gồm XTNĐ quay trái trong 24 giờ với góc quay (so sánh với đường đi trung bình trong 12 giờ trước và sau khi xuất hiện quay) $\geq 30^\circ$ (kí hiệu là XTNĐ quay trái), XTNĐ quay phải trong 24 giờ với góc quay (so sánh với đường đi trung bình trong 12 giờ trước và sau khi xuất hiện quay) $\geq 45^\circ$ hoặc bão đang di chuyển theo hướng tây bắc đột ngột chuyển hướng sang đông hoặc đông bắc nhưng phải có khoảng cách $\leq 2,5$ vĩ độ giữa hai điểm của quỹ đạo bằng 1 kinh độ đông so với điểm quay của XTNĐ (kí hiệu là bão quay phải). Bên cạnh đó là việc khảo sát thống kê theo các năm có tính chất ElNino hoặc LaNina liên quan đến số lượng XTNĐ xảy ra các bất thường trong quỹ đạo này.

Từ khóa: Di chuyển bất thường của XTNĐ trên Biển Đông; ENSO.

1. Mở đầu

Như đã biết, hầu hết các cơn bão và áp thấp nhiệt đới (gọi chung là XTNĐ) được hình thành trên biển và có xu hướng di chuyển vào đất liền trong quá trình phát triển trong đó nguồn cung cấp năng lượng chủ yếu đến từ đại dương. Khi di chuyển về phía đất liền, quỹ đạo và cường độ của bão và ATNĐ sẽ bị ảnh hưởng và thay đổi do cấu trúc của bão, trường dòng dẫn và nguồn cung cấp năng lượng bị thay đổi do tác động của đất liền (địa hình, đường bờ biển, ma sát, ...). Ngay cả trường hợp khi bão không đổ bộ vào đất liền, mà di chuyển dọc theo bờ biển có địa hình thì cấu trúc của bão, đặc biệt là trường gió tiếp tuyến sẽ bị ảnh hưởng đáng kể như khi nghiên cứu cơ bão George khi di chuyển về phía quần đảo Hispaniola [1] và cơn bão Ingrid khi di chuyển dọc theo bờ biển gần Darwin [2].

Một cách khái quát, khi cơn bão di chuyển về phía đất liền và tới một khoảng cách nào đó thì sẽ bị ảnh hưởng bởi các hiệu ứng từ đất liền như hình dáng và hướng của bờ biển, độ cao địa hình (tùy theo độ cao địa hình có thể gây ra hiệu ứng chắn [3-4]). Kết quả khảo sát quỹ đạo XTNĐ trên khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương (TBTBD) cho thấy các XTNĐ di chuyển hướng tây hoặc tây bắc thường có sự thay đổi hướng đột ngột về phía bắc với đặc trưng là di chuyển chậm theo hướng tây và tăng tốc nhanh sau khi đột ngột chuyển lên phía bắc [5]. [6] đã cho rằng sự thay đổi hướng lên phía bắc của XTNĐ trên vùng TBTBD là do

sự tương tác giữa hoàn lưu XTNĐ với đới gió mùa quy mô lớn trong đó phạm vi tương tác vào khoảng 2500 km. [7] đã chỉ ra sự đổi hướng của XTNĐ thường được gắn liền với dạng xoáy thuận của một hình thể sóng quy mô cận tháng và lan truyền về phía Bắc-Tây Bắc trên khu vực TBTDB. [8] nghiên cứu vai trò của hoàn lưu gió mùa tới sự chuyển hướng của XTNĐ cho thấy sự chuyển hướng xảy ra tại vị trí tâm XTNĐ gần với tâm rãnh gió mùa hoặc tại điểm chia đôi dòng dẫn đường trên quy mô dao động MJO và chính sự tăng cường của đới gió tây nam quy mô synóp đã làm XTNĐ di chuyển về phía bắc và đưa XTNĐ vào quỹ đạo đông bắc. Trong nghiên cứu này đã sử dụng số liệu tái phân tích kết hợp với mô phỏng từ mô hình khu vực.

Xác định sự thay đổi đột ngột khi XTNĐ di chuyển thường dựa trên vị trí thay đổi trong 12 giờ đến 24 giờ của XTNĐ. Bài báo sẽ dựa trên các tiêu chuẩn khi nghiên cứu đặc điểm dị thường của quỹ đạo trên vùng TBTDB [9–10]. Số liệu tính toán và phương pháp xác định các đặc điểm dị thường của quỹ đạo bão trên Biển Đông được trình bày trong phần 2. Phần 3 là các kết quả tính toán trong đó có mở rộng thêm các góc tính toán cho việc xác định dị thường quỹ đạo so với nghiên cứu gốc của Cheung. Một số thống kê về các XTNĐ xảy ra sự thay đổi đột ngột trong quỹ đạo ở những năm xảy ra ElNino hoặc LaNina cũng được thực hiện. Phần 4 đưa ra một số kết luận ban đầu cho giai đoạn 2011–2021.

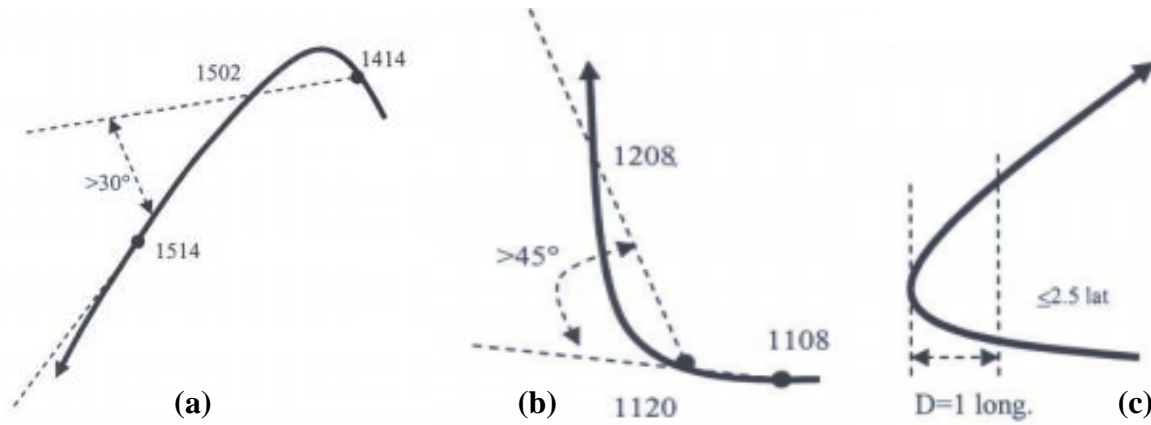
2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu sử dụng số liệu quỹ đạo bão chuẩn (*best-track*) của Trung tâm cảnh báo bão Tokyo (Nhật Bản), lấy tại đường dẫn: <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>. Chi tiết các XTNĐ giai đoạn 2011–2021 được đưa ra trong Bảng 1.

Bảng 1. Các XTNĐ (tên quốc tế) giai đoạn 2011–2021 sử dụng trong nghiên cứu.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SARIKA	SANVU	SONAMU	HAGIBIS	KUJIRA	MIRINAE	MERBOK	BOLAVEN	PABUK	NURI	CHOI-WAN
HAIMA	TALIM	SHANSHAN	RAMMASUN	LINFA	NIDA	TALAS	SANBA	MUN	SINLAKU	KOGUMA
NOCK-TEN	DOKSURI	BEBINCA	KALMEGI	VAMCO	DIANMU	ROKE	SON-TINH	WIPHA	MEKKHALA	CEMPAKA
NESAT	VICENTE	RUMBIA	SINLAKU	MUJIGAE	RAI	SONCA	BEBINCA	PODUL	HIGOS	LUKIT
HAITANG	KAI-TAK	CIMARON	HAGUPIT	MELOR	MERANTI	HAITANG	BARIJAT	MATMO	NOUL	CONSON
NALGAE	GAEMI	JEBI			AERE	HATO	MANGKHUT	NAKRI	LINFA	DIANMU
BANYAN	SON-TINH	MANGKHUT			SARIKA	PAKHAR	YUTU	KAMMURI	NANGKA	LIONROCK
WASHI	BOPHA	UTOR			HAIMA	NAWAR	TORAJI	PHANFONE	SAUDEL	KOMPASU
	WUKONG	USAGI			TOKAGE	GUCHOL	USAGI		MOLAVE	RAI
		WUTIP			NOCK-TEN	DOKSURI			GONI	
		NARI				KHANUN			ATSANI	
		KROSA				DAMREY			ETAU	
		HAIYAN				HAIKUI			VAMCO	
		PODUL				KIROGI			KROVANH	
						KAI-TAK				
						TEMBIN				

Các tiêu chuẩn xác định dị thường theo nghiên cứu [9–10] về sự thay đổi hướng dựa trên một số nghiên cứu gần đây cho khu vực Tây Bắc Thái Bình Dương bao gồm: quỹ đạo XTNĐ bao gồm XTNĐ quay trái trong 24 giờ với góc quay (so sánh với đường đi trung bình trong 12 giờ trước và sau khi xuất hiện quay) $\geq 30^\circ$ (kí hiệu là XTNĐ quay trái – RL, Hình 1a), bão quay phải trong 24 giờ với góc quay (so sánh với đường đi trung bình trong 12 giờ trước và sau khi xuất hiện quay) $\geq 45^\circ$ (Hình 1b) hoặc XTNĐ đang di chuyển theo hướng tây bắc đột ngột chuyển hướng sang đông hoặc đông bắc nhưng phải có khoảng cách $\leq 2,5$ vĩ độ (Hình 1c). Các tiêu chuẩn này được gọi tắt là tiêu chuẩn I. Để mở rộng khảo sát, chúng tôi sẽ bổ sung thêm trường hợp với góc quay trái là $\geq 25^\circ$ và trường hợp với góc quay phải là $\geq 35^\circ$, gọi tắt là tiêu chuẩn II.

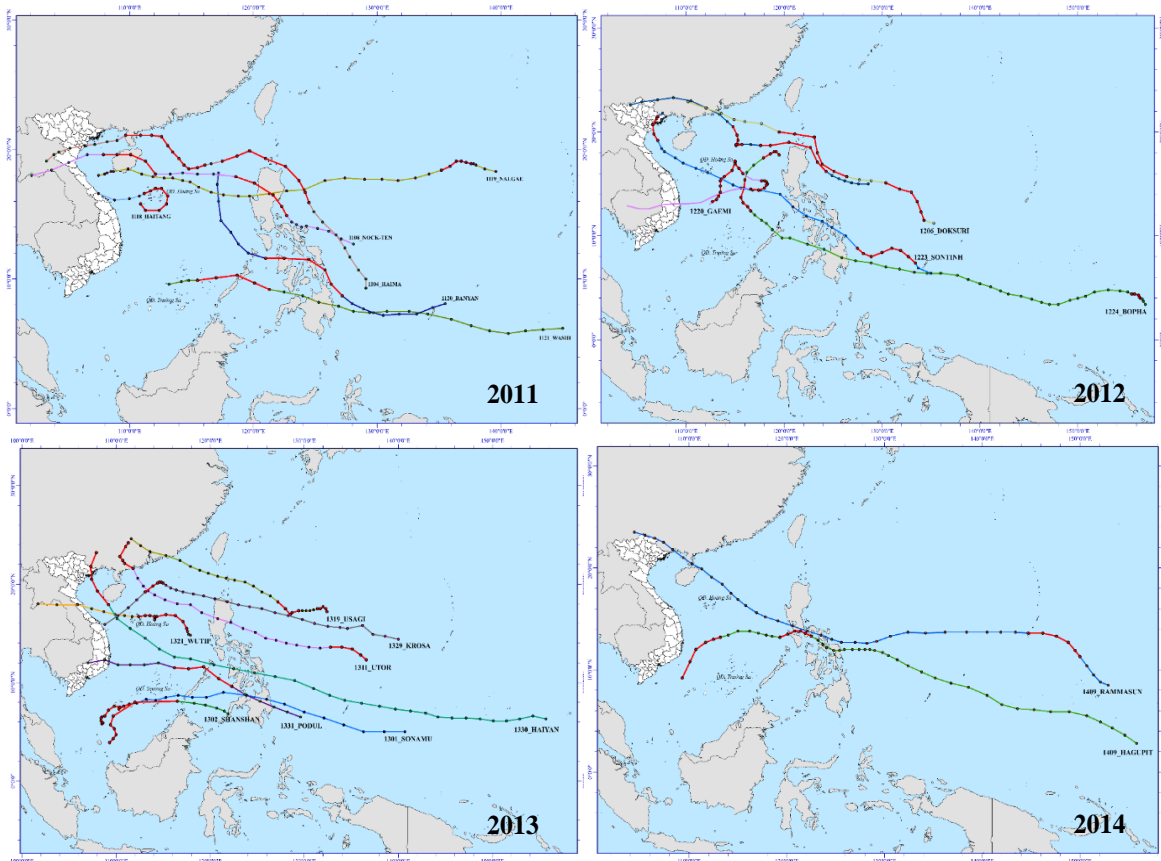


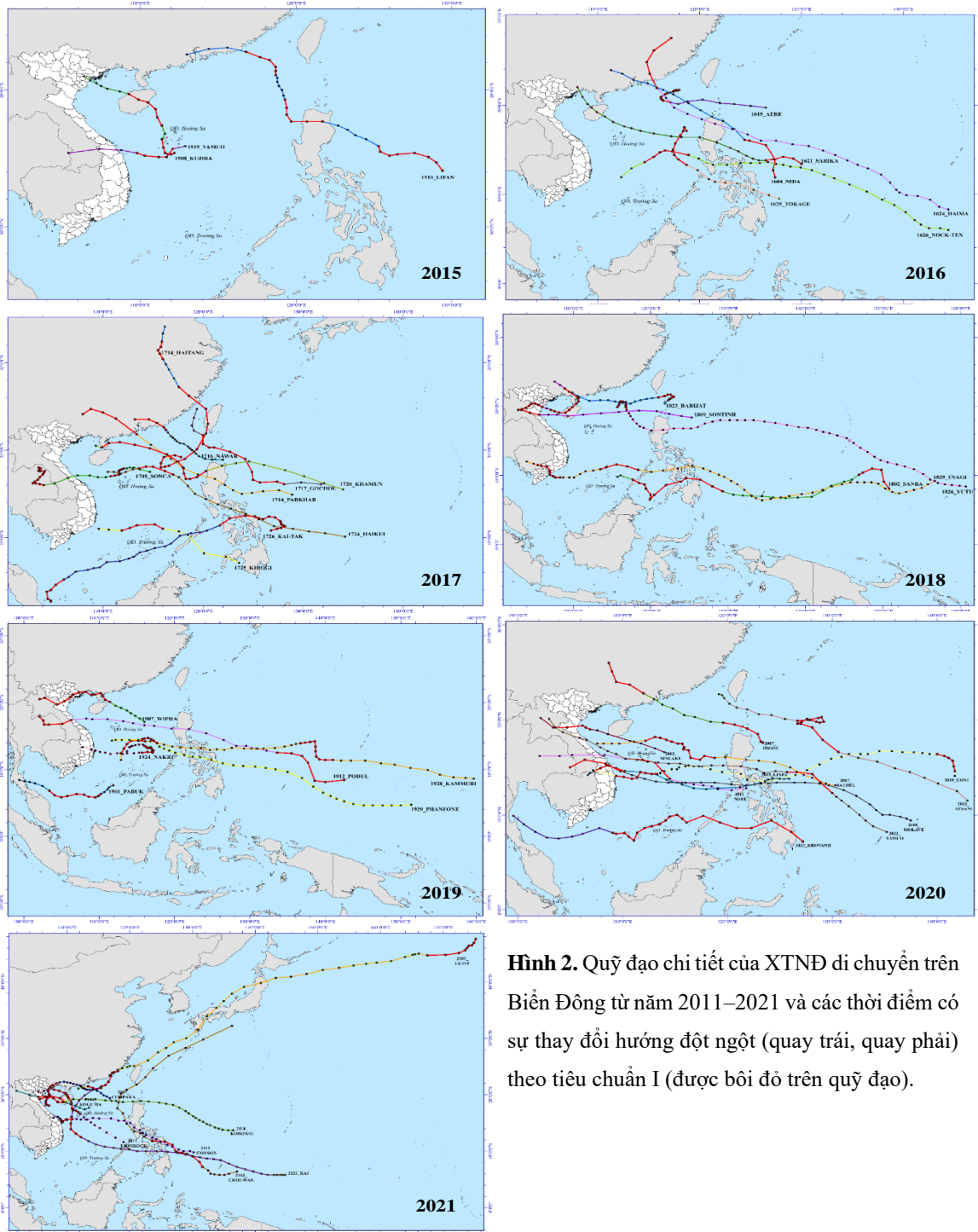
Hình 1. Sơ đồ minh họa tiêu chí xác định quay trái (a), quay phải (b và c) của XTNĐ theo nghiên cứu của Cheung (2004, 2006) [9–10].

Đối với việc khảo sát bổ sung số lượng XTNĐ có những sự thay đổi về hướng bất thường trong quá trình di chuyển trong những năm có ElNino hoặc LaNina, chúng tôi sử dụng dữ liệu của Trung tâm Dự báo khí hậu quốc gia của Mỹ (NCEP) tại đường dẫn https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php trong đó sử dụng chỉ số ONI (*Oceanic Nino Index*) để xác định pha hoạt động của Nino.

3. Kết quả nghiên cứu

Sử dụng tiêu chuẩn I, các giai đoạn XTNĐ thay đổi hướng đột ngột sang trái hoặc phải đã được tính toán và minh họa lại chi tiết trong hình 2, trong đó đường màu đỏ thể hiện sự thay đổi hướng đột ngột của XTNĐ. Chi tiết hơn về thông tin XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột (quay trái, quay phải) theo tiêu chuẩn I và II và ứng với phân loại các năm ElNino hoặc LaNina được đưa ra lần lượt trong bảng 2 và 3.





Hình 2. Quỹ đạo chi tiết của XTNĐ di chuyển trên Biển Đông từ năm 2011–2021 và các thời điểm có sự thay đổi hướng đột ngột (quay trái, quay phải) theo tiêu chuẩn I (được bôi đỏ trên quỹ đạo).

Bảng 2a. Thông tin XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột (quay trái, quay phải, được bôi vàng) theo tiêu chuẩn I.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SARIKA	SANVU	SONAMU	HAGIBIS	KUJIRA	MIRINAE	MERBOK	BOLAVEN	PABUK	NURI	CHOL-WAN
HAIMA	TALIM	SHANSHAN	RAMMASUN	LINFA	NIDA	TALAS	SANBA	MUN	SINLAKU	KOGUMA
NOCK-TEN	DOKSURI	BEBINCA	KALMEGI	VAMCO	DIANMU	ROKE	SON-TINH	WIPHA	MEKKHALA	CEMPAKA
NESAT	VICENTE	RUMBIA	SINLAKU	MUJIGAE	RAI	SONCA	BEBINCA	PODUL	HIGOS	LUPIT
HAITANG	KAL-TAK	CIMARON	HAGUPIT	MELOR	MERANTI	HAITANG	BARIJAT	MATMO	NOUL	CONSON
NALGAE	GAEMI	JEBI			AERE	HATO	MANGKHUT	NAKRI	LINFA	DIANMU

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
BANYAN	SON-TINH	MANGKHUT			SARIKA	PAKHAR	YUTU	KAMMURI	NANGKA	LIONROCK
WASHI	BOPHA	UTOR			HAIMA	NAWAR	TORAJI	PHANPHONE	SAUDEL	KOMPASU
	WUKONG	USAGI			TOKAGE	GUCHOL	USAGI		MOLAVE	RAI
		WUTIP			NOCK-TEN	DOKSURI			GONI	
		NARI				KHANUN			ATSANI	
		KROSA				DAMREY			ETAU	
		HAIYAN				HAIKUI			VAMCO	
		PODUL				KIROGI			KROVANH	
						KAI-TAK				
						TEMBIN				

Bảng 2b. Số lượng XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột ứng với phân loại các năm ElNino hoặc LaNina.

Năm	Số cơn	Cơn dị thường	Dị thường	Quay trái	Quay phải	ENSO
2011	8	6	17	16	1	La Nina
2012	9	5	35	19	16	La Nina
2013	14	9	33	25	8	La Nina
2014	5	2	6	6	0	El Nino
2015	5	3	12	6	6	El Nino
2016	10	6	14	5	9	El Nino
2017	16	9	47	32	15	La Nina
2018	9	5	29	22	7	El Nino
2019	8	6	27	13	14	El Nino
2020	14	10	34	25	9	La Nina
2021	9	8	24	18	6	La Nina
Tổng	107	69	278	187	91	
El Nino	37	22	88	52	36	
La Nina	70	47	190	135	55	

Bảng 3a. Thông tin XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột (quay trái, quay phải, được bôi vàng) theo tiêu chuẩn II.

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
SARIKA	SANVU	SONAMU	HAGIBIS	KUJIRA	MIRINAE	MERBOK	BOLAVEN	PABUK	NURI	CHOL-WAN
HAIMA	TALIM	SHANSHAN	RAMMASUN	LINFA	NIDA	TALAS	SANBA	MUN	SINLAKU	KOGUMA
NOCK-TEN	DOKSURI	BEBINCA	KALMEGI	VAMCO	DIANMU	ROKE	SON-TINH	WIPHA	MEKKHALA	CEMPAKA
NESAT	VICENTE	RUMBIA	SINLAKU	MUJIGAE	RAI	SONCA	BEBINCA	PODUL	HIGOS	LUPIT
HAITANG	KAI-TAK	CIMARON	HAGUPIT	MELOR	MERANTI	HAITANG	BARIJAT	MATMO	NOUL	CONSON
NALGAE	GAEMI	JEBI			AERE	HATO	MANGKHUT	NAKRI	LINFA	DIANMU
BANYAN	SON-TINH	MANGKHUT			SARIKA	PAKHAR	YUTU	KAMMURI	NANGKA	LIONROCK
WASHI	BOPHA	UTOR			HAIMA	NAWAR	TORAJI	PHANPHONE	SAUDEL	KOMPASU
	WUKONG	USAGI			TOKAGE	GUCHOL	USAGI		MOLAVE	RAI
		WUTIP			NOCK-TEN	DOKSURI			GONI	
		NARI				KHANUN			ATSANI	
		KROSA				DAMREY			ETAU	
		HAIYAN				HAIKUI			VAMCO	

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
		PODUL				KIROGI KAI-TAK			KROVANH	
						TEMBIN				

Bảng 3b. Trong đó màu xanh ứng với các cơn được xác định thêm từ tiêu chuẩn II và số lượng XTNĐ có sự thay đổi hướng đột ngột ứng với phân loại các năm ElNino hoặc LaNina.

Năm	Số cơn	Cơn dị thường	Dị thường	Quay trái	Quay phải	ENSO
2011	8	7	26	21	5	La Nina
2012	9	8	48	27	21	La Nina
2013	14	11	41	28	13	La Nina
2014	5	4	8	6	2	El Nino
2015	5	3	17	10	7	El Nino
2016	10	6	16	5	11	El Nino
2017	16	10	63	46	17	La Nina
2018	9	6	40	29	11	El Nino
2019	8	7	30	19	11	El Nino
2020	14	11	44	28	16	La Nina
2021	9	8	42	31	11	La Nina
Tổng	107	81	375	250	125	
El Nino	37	26	111	69	42	
La Nina	70	55	264	181	83	

Theo các bảng thống kê tại các bảng 2.b và 3.b có thể thấy số lượng XTNĐ có sự thay đổi đột ngột về hướng tồn tại nhiều ở các năm có pha LaNina hơn là pha ElNino. Theo nghiên cứu [10], sự thay đổi hướng của XTNĐ liên quan đến ba nhân tố gồm: trường áp cơ bản (tức là lực gradient khí áp), lực Coriolis (hay lực lệch địa tĩnh) và nội lực của XTNĐ gây ra bởi sự quay của trái đất (tương tự như đã được chỉ ra trong nghiên cứu [11]). Tuy nhiên, sự điều chỉnh lại hoặc thay đổi đột ngột của trường dòng dẫn (*steering current*) quy mô lớn hoặc của các hệ thống thời tiết do hoàn lưu bất thường liên quan đến ENSO sẽ làm thay đổi áp suất và trường gió. Do đó, những thông tin về quy mô lớn, đặc biệt là những đặc điểm dị thường của ENSO có thể giúp hiểu được các dị thường trong khi di chuyển của XTNĐ. Ở pha ElNino, sự thay đổi đột ngột của rãnh phía tây có thể làm tăng cường độ của cao áp cận nhiệt (Sub-tropical high pressure, kí hiệu STHP) và do đó có khả năng hoặc đẩy STHP về phía nam để tăng cường sự phát triển của phần phía bắc của XTNĐ và liên quan đến sự lệch trái của XTNĐ. Ở pha LaNina, sự rút lui của STHP về phía đông và/hoặc cường độ giảm dần của nó có xu hướng làm cho các XTNĐ không còn chịu ảnh hưởng bởi dòng dẫn đường dẫn đến các chuyển động quay vòng.

4. Kết luận

Dựa trên số liệu quan trắc XTNĐ của JMA trong giai đoạn 2011–2021 và các tiêu chí xác định thay đổi hướng di chuyển của XTNĐ (tiêu chí I theo nghiên cứu [10] và tiêu chí II được thay đổi dựa trên tiêu chí I), bài báo đã thống kê được số lượng cơn XTNĐ có sự thay đổi bất thường (dị thường) trong quá trình di chuyển. Cụ thể, theo tiêu chí I, trong tổng số 107 XTNĐ được nghiên cứu, có 69 cơn có thay đổi bất thường trong đó có 22 cơn xảy ra trong thời kỳ hoạt động của ElNino và 47 cơn xảy ra trong thời kỳ hoạt động của LaNina. Trong thời gian hoạt động của 107 cơn này, tổng cộng có 278 lần có sự thay đổi hướng dị thường trong đó có 187 lần quay trái và 91 lần quay phải. Các kết quả tương tự cũng được tìm thấy khi áp dụng tiêu chí II nhưng số lượng cơn XTNĐ, số lần thay đổi hướng di chuyển bất thường (quay trái và phải) đều tăng lên do với khi áp dụng tiêu chí I do áp dụng góc xác định nhỏ hơn.

Kết quả thống kê cho thấy số trường hợp đổi hướng di chuyển sang trái chiếm tỷ lệ nhiều hơn nhiều so với quay phải. Nguyên nhân là do ảnh hưởng của áp cao cận nhiệt Tây Bắc Thái Bình Dương hoặc nội tại của XTNĐ. Ngoài ra, dựa trên phân loại theo các năm có ảnh hưởng của LaNina hoặc ElNino, số lượng các XTNĐ có thay đổi quỹ đạo dị thường ở các năm có LaNina là lớn hơn so với các năm có ElNino (cho cả quay trái và quay phải với biên độ lớn hơn 50%). Trong nghiên cứu tiếp theo, sai số dự báo của các mô hình khu vực và toàn cầu (bao gồm dự báo tất định và tổ hợp) sẽ được khảo sát chi tiết, qua đó đánh giá bổ sung tính dự báo được của các quá trình thay đổi đột ngột về hướng di chuyển của các XTNĐ trên Biển Đông.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.V.H., D.Đ.T.; Tổng quan tài liệu: H.G.N., D.Đ.T.; Tính toán, xử lý số liệu và phân tích kết quả: T.A.Đ., Đ.Đ.Q., M.K.H.; Viết bản thảo bài báo: H.G.N., D.Đ.T.; Chỉnh sửa bài báo: V.V.H.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin gửi lời cảm ơn tới đề tài NCKH cấp Bộ “Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo đổi hướng di chuyển và thay đổi cường độ bão, áp thấp nhiệt đới khi đi vào vùng bờ biển Việt Nam”, mã số TNMT.2022.06.01 đã hỗ trợ để nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này cũng là kết quả thực hiện của một nội dung trong đề tài nói trên.

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 bất kỳ nghiên cứu nào trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Bart, G.; Heymsfield, G.M.; Tian, L.; Halverson, J.B.; Guillory, A.; Mejia, M.I. Hurricane Georges's Landfall in the Dominican Republic: Detailed Airborne Doppler Radar Imagery. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **2000**, *81*, 999–1018.
2. May, P.T.; Kepert, J.D.; Keenan, T.D. Polarimetric Radar Observations of the Persistently Asymmetric Structure of Tropical Cyclone Ingrid. *Mon. Wea. Rev.* **2008**, *136*, 616–630.
3. Hsu, L.H.; Kuo, H.C.; Fovell, R.G. On the geographic asymmetry of typhoon translation speed across the mountainous island of Taiwan. *J. Atmos. Sci.* **2013**, *70*, 1006–1022.
4. Hsu, L.H.; Su, S.; Fovell, R.G.; Kuo, H.C. On typhoon track deflections near the east coast of Taiwan. *Mon. Wea. Rev.* **2018**, *146*, 1495–1510. Doi: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-17-0208.1>
5. Liguang, W.; Zhongping, N.; JingJing, D.; Huijun, Z. Sudden Tropical cyclone track Changes over the Western North Pacific: A Composite Study. *Mon. Wea. Rev.* **2013**, *141*(8), 2597–2610. Doi: 10.1175/MWR-D-12-00224.1.
6. Carr, L.E.; Elsberry, R.L. Monsoonal interactions leading to sudden tropical cyclone track changes. *Mon. Wea. Rev.* **1995**, *123*, 265–290.
7. Ko, K.C.; Hsu, H.H. Sub-monthly circulation features associated with tropical cyclone tracks over the East Asian monsoon area during July–August season. *J. Meteor. Soc. Japan* **2006**, *84*, 871–889.
8. Wu, L.; Zong, H.; Liang, J. Observational analysis of sudden tropical cyclone track changes in the vicinity of the East China Sea. *J. Atmos. Sci.* **2011**, *68*, 3012–3031.
9. Cheung, N.K.W. Tropical cyclone formation and movement in the Western North Pacific and North Indian Ocean Basins: the roles of ENSO and the Asian monsoon, DPhil thesis, School of Geography and the Environment, University of Oxford, UK, 2004.
10. Cheung, N.K.W. The roles of ENSO on the occurrence of abruptly recurving tropical cyclones over the Western North Pacific Ocean Basin. *Adv. Geosci.* **2006**, *6*, 139–148. Doi: 10.5194/adgeo-6-139-2006.
11. Yu, S.H.; Lu, S.Y. Introduction to tropical climatology, China Meteorological Press, Beijing, in Chinese, 1986.

Statistics of abruptly recurving tropical cyclones over the East Sea

Hoang Gia Nam¹, Vo Van Hoa^{2*}, Du Duc Tien¹, Tran Anh Duc¹, Dang Dinh Quan¹, Mai Khanh Hung¹

¹ National Hydro–Meteorological Forecasting Center; namhoangkt95@gmail.com; duduction@gmail.com; ducbarca88@gmail.com; quandangdinh92@gmail.com; maikhanhhung18988@gmail

² Northern Delta Regional Hydro–Meteorological Center; vovanhoa80@yahoo.com

Abstract: The paper is based on the best-track dataset of tropical cyclones (TCs) over the East Sea in period of 2011–2021 in order to find out the abruptly recurving TCs. The criteria is chosen including: 1) a tropical cyclone which recurves left within 24 h, with a recurving angle (comparing its mean path of 12h before and after the occurrence of its recurvature) ≥ 300 ; A tropical cyclone which recurves right within 24 h, with a recurving angle (comparing its mean path of 12h before and after the occurrence of its recurvature) $\geq 45^\circ$ or a tropical cyclone moving northwestward which suddenly turns to east or northeast but there must be a distance $\leq 2.5^\circ$ latitude between two points of the track at 1° longitude east of its recurving point is a recurving-right tropical cyclone. In addition, the roles of ENSO on the occurrence of the abruptly recurving TCs is also analyzed.

Keywords: The abruptly recurving TCs over the East Sea; ENSO.

Bài báo khoa học

Giải pháp quản lý, giám sát hoạt động kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo khí tượng thủy văn

Đỗ Huy Dương^{1*}, Ngô Tiên Giang², Nguyễn Thị Hân¹, Trần Văn Duẩn¹, Nguyễn Thị Thanh Nga¹

¹ Trung tâm Quan trắc Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;
dhduong@monre.gov.vn; hanhankttv@gmail.com; duantranthanh@gmail.com;
thanhnga256@gmail.com

² Trung tâm Ứng dụng công nghệ khí tượng thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;
ntgiang1975@gmail.com

*Tác giả liên hệ: dhduong@monre.gov.vn; Tel: +84-983661088

Ban Biên tập nhận bài: 10/11/2022; Ngày phản biện xong: 22/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Hệ thống kiểm định, hiệu chuẩn các phương tiện đo khí tượng thủy văn (KTTV) có vai trò rất to lớn trong hoạt động lường, đảm bảo số liệu đo đạc chính xác hơn, phục vụ công tác phòng chống thiên tai và tuân thủ theo hướng dẫn của Tổ chức Khí tượng Thế giới – WMO về công tác kiểm định, hiệu chuẩn. Tuy nhiên, hiện tại, công cụ quản lý, giám sát thông tin về phương tiện đo chưa thực sự linh hoạt nên phần nào khó khăn trong công tác quản lý. Vì vậy, ứng dụng công nghệ thông tin trong quản lý hệ thống phương tiện đo KTTV sẽ góp phần hiệu quả hơn trong công tác quản lý nhà nước về KTTV. Sử dụng phương pháp thống kê, phân tích và kỹ thuật lập trình để kiểm soát và thông báo tình trạng kiểm định của các thiết bị được lưu trữ trên hệ quản trị cơ sở dữ liệu mã nguồn mở MySQL, ngôn ngữ JSP và được kết nối với giao diện nền web được lựa chọn trong bài báo này. Kết quả cho phép quản lý, giám sát hoạt động kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo KTTV trong và ngoài mạng lưới KTTV quốc gia. Hệ thống có các tính năng phân cấp theo mức độ quản lý và sử dụng khác nhau mang lại hiệu quả thiết thực trong công tác xây dựng kế hoạch, kiểm tra, thống kê, lập báo cáo....

Từ khóa: Kiểm định; Hiệu chuẩn; Phương tiện đo; Truy vấn; Báo cáo.

1. Mở đầu

Theo hướng dẫn của Tổ chức khí tượng thế giới WMO về công tác kiểm định, hiệu chuẩn với mục đích đề thúc đẩy tiêu chuẩn hóa quan trắc khí tượng, đảm bảo thống nhất giữa quan trắc và thống kê [1–2]. Số liệu quan trắc hợp lệ chỉ có thể được lấy khi chương trình đảm bảo chất lượng toàn diện được áp dụng cho cả thiết bị và mạng lưới. Kiểm định, hiệu chuẩn là các yếu tố vốn có của một chương trình đảm bảo chất lượng. Các yếu tố khác bao gồm yêu cầu, lựa chọn phương tiện đo, địa điểm, bảo dưỡng và lưu trữ. Trên phạm vi quốc tế, việc mở rộng các chương trình đảm bảo chất lượng bao gồm các đánh giá là rất quan trọng để thiết lập các bộ dữ liệu tương thích. Do tầm quan trọng của tiêu chuẩn hóa xuyên biên giới quốc gia, một số hiệp hội khu vực WMO đã thành lập: Trung tâm thiết bị khu vực (RIC) để tổ chức và hỗ trợ các hoạt động tiêu chuẩn hóa và hiệu chuẩn [3–6].

Trước khi sử dụng các phép đo khí quyển với một phương tiện đo cụ thể cho mục đích khí tượng, cần thiết phải trả lời các câu hỏi sau: Độ chính xác của hệ thống đo lường là gì? Độ biến thiên của các phép đo trong hệ thống đo lường là gì? Những thay đổi hoặc sai số nào

sẽ có trong dữ liệu được cung cấp bởi hệ thống đo nếu vị trí của nó bị thay đổi? Sẽ có thay đổi hoặc sai số nào trong dữ liệu nếu thay thế một phương tiện đo khác trong hệ thống đo cùng một yếu tố thời tiết? Để trả lời những câu hỏi này và để đảm bảo tính hợp lệ và tin cậy của các phép đo được tạo ra bởi các phương tiện đo khí tượng hoặc hệ thống đo lường, cần có sự kết hợp giữa kiểm định, hiệu chuẩn trong phòng thí nghiệm và kiểm định, hiệu chuẩn lưu động [7–12]. Hiện nay, tại một số nước trên thế giới, công tác kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo khí tượng thủy văn sử dụng phương pháp kiểm định hiệu chuẩn lưu động như: Nhật Bản, Phần Lan, Italia, HongKong, Hàn Quốc, Trung Quốc... Các chương trình kiểm định, hiệu chuẩn cần được phát triển và chuẩn hóa, dựa trên môi trường hoạt động của thiết bị và tác động của biến đổi khí hậu tại các vùng/miền với tính chất cực đoan khác nhau [13–20].

Nói chung, một hệ thống kiểm định được thiết lập để đảm bảo hệ thống đo lường sẽ đáp ứng các yêu cầu về hiệu suất, bảo dưỡng trong mọi điều kiện vận hành, lưu trữ và vận chuyển dự kiến. Các chương trình kiểm định được thiết lập để phát triển dữ liệu và độ tin cậy của các đầu đo sử dụng trong mạng lưới theo các tiêu chuẩn ISO [7].

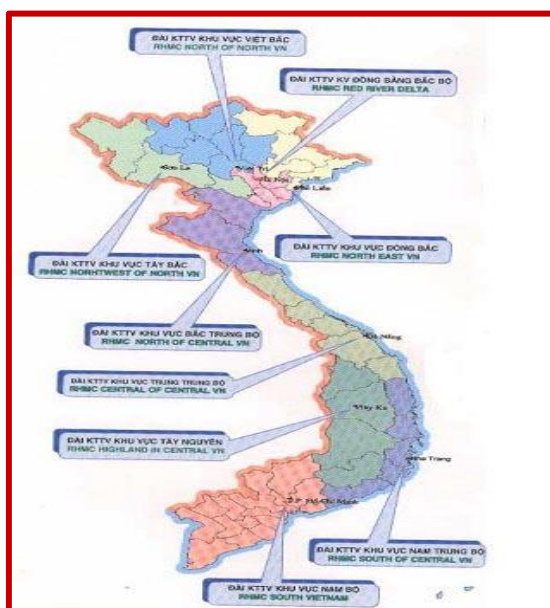
Tại khu vực II Châu Á, có 2 trung tâm dụng cụ khu vực đặt tại Trung Quốc (*Beijing*) và Nhật Bản (*Tsukuba*) [4]. Tại Việt Nam, công tác kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo KTTV đóng vai trò quan trọng bởi giá trị thông tin KTTV quan trắc được phục vụ đa lĩnh vực, là cơ sở pháp lý để chuẩn hóa dữ liệu quan trắc trong và ngoài ngành KTTV, góp phần tăng hiệu quả trong phòng chống thiên tai, phát triển kinh tế xã hội.

Chính vì vậy, cùng với quá trình tự động hoá quan trắc đang được phát triển nhanh không chỉ trong ngành KTTV mà cả các lĩnh vực khác, việc quản lý hệ thống phương tiện đo KTTV còn mang ý nghĩa cơ sở pháp lý trong việc đảm bảo tính công bằng, thống nhất trong quá trình quan trắc thu thập dữ liệu KTTV, phục vụ công tác phòng chống thiên tai hiệu quả hơn, đáp ứng định hướng theo chiến lược phát triển ngành khí tượng thủy văn Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Với mục đích đưa ra thông tin chính xác về việc kiểm định, hiệu chuẩn của từng phương tiện trên toàn hệ thống, trước tiên là của ngành KTTV, do đó phạm vi nghiên cứu được thực hiện trên toàn mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn của ngành trong đó có bổ sung các thông tin từ các mạng lưới quan trắc chuyên ngành (Hình 1).



Hình 1. Mạng lưới quan trắc các Đài khí tượng thủy văn khu vực.

2.2. Thống kê, thu thập thông tin, tài liệu

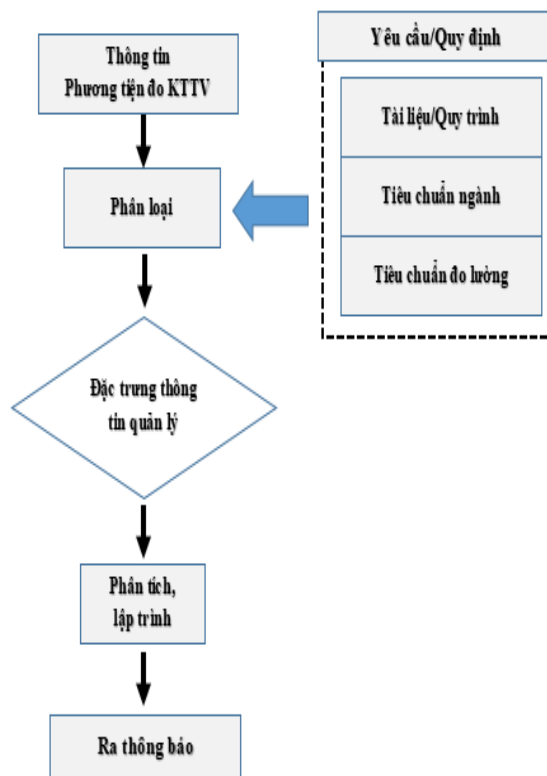
Các phương tiện đo KTTV từ các Đài KTTV khu vực đang được quản lý, vận hành được thống kê, phân loại theo yếu tố quan trắc, đặc tính kỹ thuật, thời gian yêu cầu kiểm định, hiệu chuẩn, hãng sản xuất và đơn vị vận hành theo từng Đài KTTV khu vực để làm cơ sở trong việc thiết kế hệ thống và truy vấn thông tin theo mã định danh của phương tiện đo.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Để đáp ứng được yêu cầu bao quát đầy đủ các thông tin, phương pháp điều tra khảo sát và thu thập thông tin tài liệu được áp dụng trên toàn bộ các trạm KTTV trong mạng lưới KTTV quốc gia và các điểm trạm thu đo KTTV hiện có.

Trên cơ sở dữ liệu thu thập, sử dụng phương pháp đánh giá phân loại nhóm thông tin để đưa ra các đặc trưng thông tin cần quản lý theo điểm trạm, đơn vị quản lý và chức năng của từng phương tiện đo KTTV. Trong quá trình phân tích, phân loại; các tài liệu về quy trình, quy phạm, tiêu chuẩn ngành và tiêu chuẩn đo lường cũng được sử dụng để bảo đảm tính tổng hợp, nhất quán của thông tin trong hệ thống kiểm định thiết bị KTTV.

Với các thông tin thu thập và được phân loại, phương pháp phân tích và lập trình để kiểm soát và thông báo tình trạng kiểm định của các thiết bị được lưu trữ trên hệ quản trị cơ sở dữ liệu mã nguồn mở MySQL, ngôn ngữ JSP và được kết nối với giao diện nền web.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

CSDL và website quản trị thông tin kiểm định KTTV với đối tượng chính là các thông tin kiểm định của từng thiết bị được đưa vào sử dụng trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Hệ thống quản trị dựa trên hai phân loại chính bao gồm: Các thiết bị đo (tên, chủng loại) và phân loại theo nguyên lý đo.

Đồng thời, hệ thống cũng lưu trữ, bổ sung thông tin để có thể biết được: Hoặc thiết bị đã kiểm định đang ở vị trí, khu vực nào theo đối tượng quản lý; Hoặc một thiết bị sẽ được xem xét kiểm định tại khu vực, ngày/tháng nào.

Như vậy, hệ thống không chỉ cho phép kiểm đếm hệ thống thiết bị mà còn cho phép đánh giá tình trạng, đưa ra các thông tin cảnh báo về thiết bị theo vị trí địa lý, khu vực mà đối tượng được quản lý. Mặt khác, hệ thống cũng cho phép đánh giá khối lượng công việc cần thực hiện trong năm (cho hệ thống cơ bản của quốc gia) cũng như bổ sung thông tin kiểm định các mạng chuyên dùng (khi có yêu cầu) và khả năng tích hợp liên thông trong toàn hệ thống kiểm định KTTV.

3.1. Quản trị thông tin dữ liệu về kiểm định

CSDL là một hệ thống lưu trữ thông tin được sắp xếp rõ ràng, phân lớp ngăn nắp những thông tin lưu trữ, cho phép người dùng mở rộng và có thể tùy chỉnh để thay đổi linh hoạt cấu

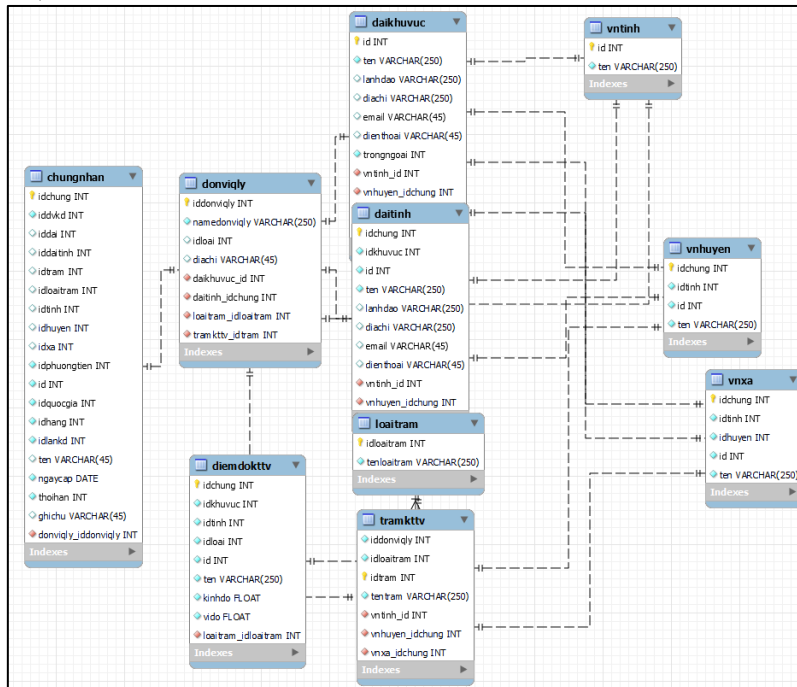
trúc bên trong. Một máy chủ cơ sở dữ liệu MySQL đáp ứng nhiều tính năng linh hoạt. Nó có khả năng chứa và xử lý các ứng dụng được nhúng sâu để chạy kho dữ liệu khổng lồ lên đến hàng terabytes thông tin. Đặc tính đáng chú ý của MySQL là sự linh hoạt về platform với tất cả các phiên bản của Windows, Unix và Linux đang được hỗ trợ. Với kiến trúc storage-engine cho phép các chuyên gia cơ sở dữ liệu cấu hình máy chủ cơ sở dữ liệu MySQL đặc trưng cho các ứng dụng chuyên biệt. Dù ứng dụng là website dung lượng lớn phục vụ hàng triệu người/ngày hay hệ thống xử lý giao dịch tốc độ cao thì MySQL đều đáp ứng được khả năng xử lý khắt khe của mọi hệ thống. Với những tiện ích tải tốc độ cao, cơ chế xử lý nâng cao khác và đặc biệt bộ nhớ caches, MySQL đưa ra tất cả những tính năng cần có cho hệ thống khó tính hiện nay.

Xuất phát điểm thông tin cần giải quyết trong bài toán này được dựa trên thông tin cần quan tâm đối với một thiết bị khi đưa vào trong hệ thống đó là cần phải trả lời được các yêu cầu của thông tin kiểm định hiện hành bao gồm: Thiết bị đó được đặt ở đâu (chủ sở hữu, vị trí địa lý); Thông tin về nơi sản xuất và hãng sản xuất; Thông tin về thiết bị (kiểu hiển thị, kiểu đo đạc,...); Thông tin về các quá trình kiểm định (lần đầu, các lần tiếp theo, các thông tin hiệu chỉnh); Thời hạn hiện tại (tại thời điểm kiểm tra hoặc sử dụng) còn trong hạn không, thời gian bao nhiêu; Thông tin về đơn vị và cá nhân chịu trách nhiệm kiểm định.

Do vậy, thông tin bảng dữ liệu chi tiết nhất của một thiết bị cần phải đáp ứng được đầy đủ các thông tin nêu trên. Trên cơ sở thông tin chi tiết của một trạm, các dữ liệu khác sẽ được triển khai bảo đảm cung cấp đầy đủ thông tin cho bảng dữ liệu cuối, bao gồm:

Thông tin thứ nhất: Đơn vị quản lý

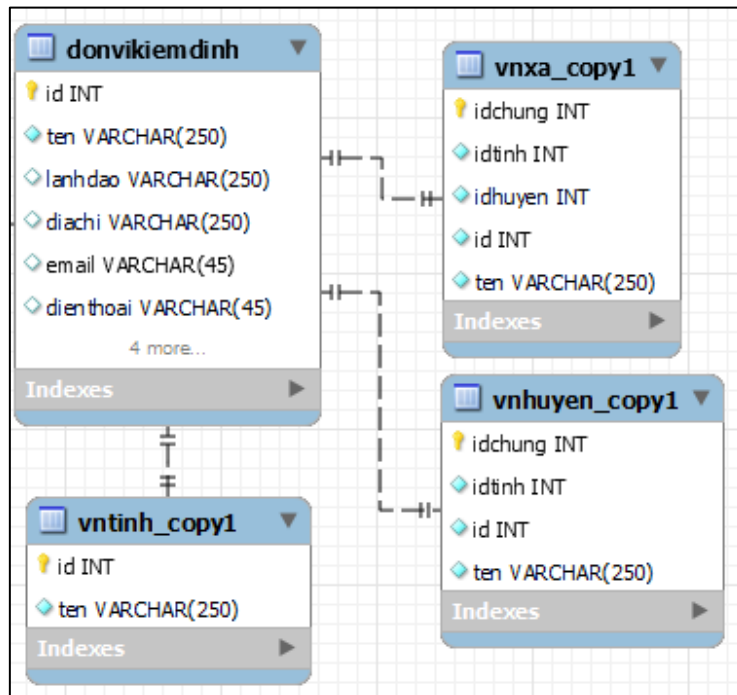
Đơn vị quản lý phải thể hiện được thông tin chi tiết về chức năng, nhiệm vụ của đơn vị đang quản lý các thiết bị đó để có những kiến nghị hoặc cập nhật tình trạng phù hợp. Theo cấu trúc của Tổng cục KTTV, các thông tin sẽ bao hàm thông tin từ cấp Trung ương đến cấp đài khu vực, đài tỉnh và trạm đo. Trong mỗi thông tin đó phải bao hàm vị trí về mặt địa lý của thông tin (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ quản lý liên hệ thông tin vị trí địa lý điểm trạm.

Thông tin thứ hai: Đơn vị cấp kiểm định

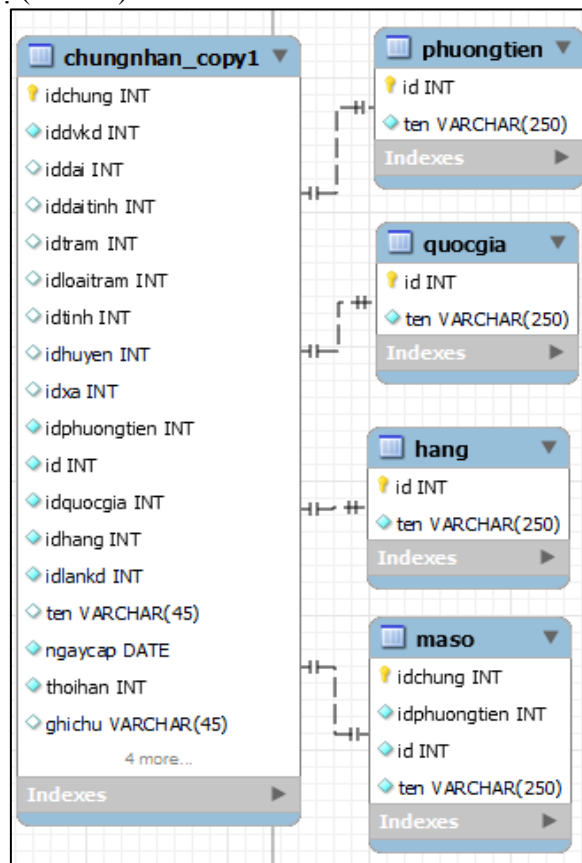
Thông tin đơn vị cấp kiểm định cần được minh bạch hóa, bao gồm người đại diện, kỹ thuật, ngày cấp, thông tin liên hệ và địa chỉ (Hình 4).



Hình 4. Sơ đồ liên kết đơn vị quản lý.

Thông tin thứ ba: Thông tin thiết bị

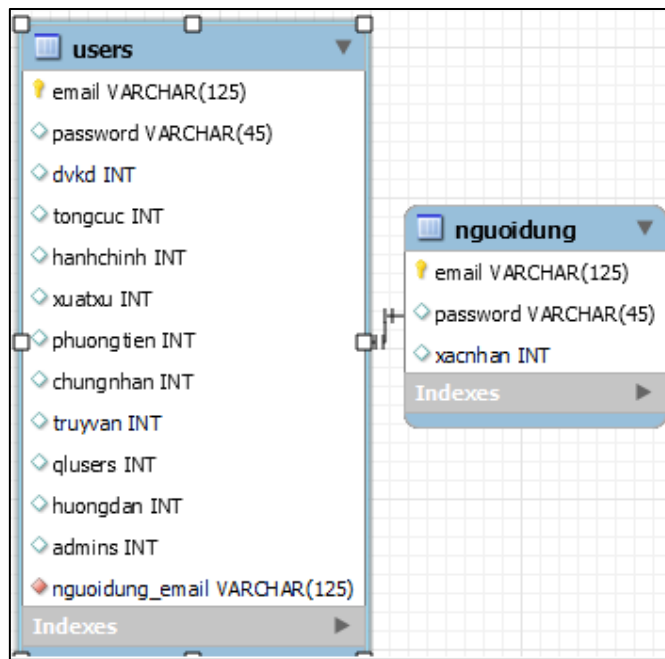
Mỗi thiết bị cụ thể cần xác định rõ xem đơn vị sản xuất ra thiết bị đó thuộc quốc gia, hãng nào,... thuộc nhóm phương tiện đo yếu tố nào. Trên cơ sở đó cần thu thập ghi lại thông tin mã của từng thiết bị (Hình 5).



Hình 5. Sơ đồ liên kết thông tin thiết bị.

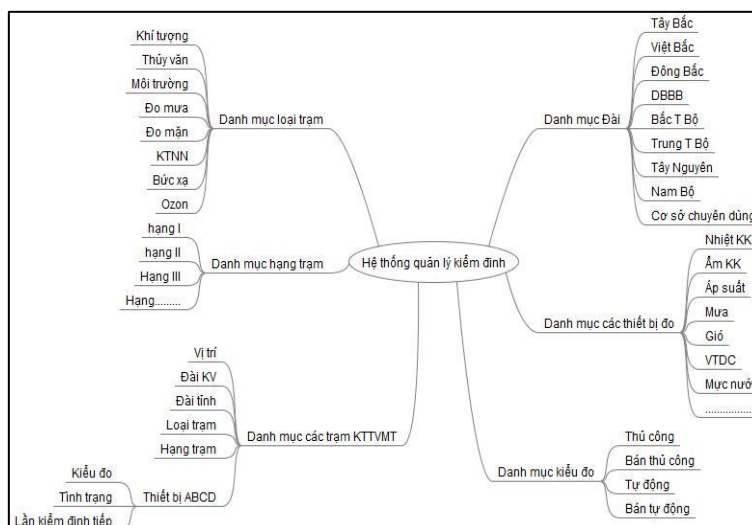
Thông tin thứ tư: Quyền người dùng

Quyền người dùng được xác lập nhằm cho phép người sử dụng truy cập, cập nhật bổ sung thông tin, cấp kiểm định cũng như truy vấn quá trình cấp kiểm định của một thiết bị.



Hình 6. Mô hình cấp quyền truy cập.

Tóm lại, cấu trúc cơ bản của CSDL kiểm định được mô tả thông qua sơ đồ hình 7.



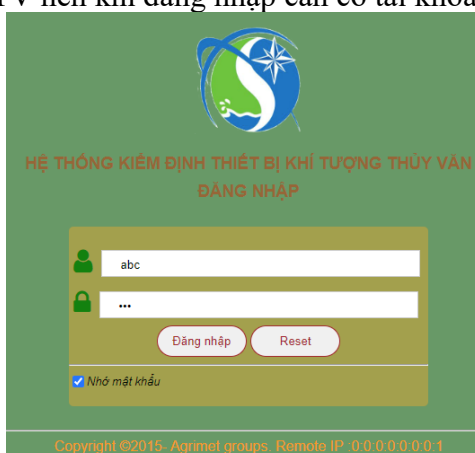
Hình 7. Sơ đồ quản lý thông tin kiểm định.

3.2 Thiết lập giao diện người dùng

Như đã mô tả, để đáp ứng được việc cập nhật thông tin đầy đủ, kịp thời và sử dụng được các nguồn lực khác nhau nhưng thống nhất, đối với bài toán quản lý thông tin kiểm định và cấp kiểm định thiết bị phương tiện KTTV tốt nhất được thực hiện trên nền web và được phân quyền cụ thể.

Trong bài toán quy mô nhỏ, sử dụng sự hỗ trợ đa dạng của cộng đồng,... trong hệ thống này đề tài sử dụng ngôn ngữ JSP để thực hiện. Khi đó, mỗi sự thay đổi trên hệ thống CSDL sẽ được phản ánh trung thực nhưng không ảnh hưởng đến thông tin lưu trữ một cách tức thời.

Vì đây là hệ thống không cho phép người dùng sử dụng rộng rãi mà được bao hàm trong phạm vi của Tổng cục KTTV nên khi đăng nhập cần có tài khoản cụ thể.



Hình 8. Giao diện đăng nhập.

Sau khi đăng nhập, sẽ xuất hiện màn hình chính cho phép thực hiện các tác vụ tùy thuộc vào cấp độ của người dùng.



Hình 9. Giao diện trang chính.

Mỗi cấp độ người dùng là mức độ cho phép người đó chỉ được nhập thông tin hoặc được phép xem, chỉnh sửa; đồng thời cũng định danh đến từng đơn vị trạm KTTV nhằm tối đa nguồn lực cho phép sớm cập nhật và quản lý hệ thống một cách hiệu quả.

Mỗi người dùng sẽ được cấp một tài khoản định danh với tên và mật khẩu, trong đó mật khẩu được mã hóa một chiều MD5.

Users	Pass	Đơn vị kiểm định	Thông tin đài trạm	Thông tin hành chính	Thông tin xuất xứ	Thông tin phương tiện	Cấp chứng nhận	Truy vấn	Quản trị Users	Quản lý hướng dẫn	Quyền Admin	
abc	900150963cd24b0d9637d28e17772	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	
ntgiang1975@gmail.com	daaf4344e376cad8b42e7a7b04060810	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	1 ✓	

[Cập nhật thay đổi](#)

Hình 10. Giao diện cấp quyền truy cập.

Với quyền cấp chứng nhận kiểm định; người dùng sẽ cấp chứng nhận chi tiết cho từng thiết bị khí kiểm định trong đó sẽ đưa ra thông tin cụ thể của các lần kiểm định trước hoặc lần đầu.

ĐƠN VỊ / CƠ QUAN CẤP KIỂM ĐỊNH: Toàn bộ |
 ĐƠN VỊ / CƠ QUAN ĐƯỢC KIỂM ĐỊNH: Toàn bộ |
 Các thông tin bổ sung chi tiết:
 Tên trạm / điểm đo KTTV: Toàn bộ |
 Loại trạm / điểm đo KTTV: Toàn bộ

THÔNG TIN PHƯƠNG TIỆN DO:
 Tên phương tiện: Toàn bộ |
 Nước sản xuất: Toàn bộ |
 Hãng: Toàn bộ |
 Số serial: Toàn bộ

INDEX	Mã số phương tiện	Ngày kiểm định	Thời hạn	Ghi chú	

Hình 11. Giao diện cấp chứng nhận kiểm định.

Với quyền truy vấn, người sử dụng có thể lựa chọn nhiều kịch bản khác nhau theo tính năng từ cơ quan cấp kiểm định, đơn vị được cấp, phương tiện đo,... đến chi tiết quá trình kiểm định của một loại thiết bị cụ thể; đồng thời các thông số trên hệ thống (qua thang màu) sẽ định danh rõ mức độ còn, quá hạn cụ thể của thời gian kiểm định.

The screenshot displays a web interface for querying information. On the left, there are several filter sections: 'Thông tin chung' (General info) with dropdowns for 'Nơi cấp kiểm định' and 'Nơi được kiểm định'; 'Thông tin trạm, điểm đo' (Station/point info) with dropdowns for 'Loại trạm' and 'Tên trạm'; and 'Thông tin phương tiện đo' (Instrument info) with dropdowns for 'Phương tiện đo', 'Quốc sản xuất', and 'Hãng'. The main area is titled 'Thông tin chung về thiết bị' and contains a table with the following data:

index	Mã số phương tiện	Ngày kiểm định	Thời hạn kiểm định	Ghi chú	Thăng còn lại
11	YnjRiqRoWz	2022-10-07	0	A5DaDo8lwB	-2
1	DMBs4btV7X	2022-10-05	24	9y0fciGgJf	21
1	AKYInhydZN	2022-09-21	12	Kiểm định lần đầu	8

At the bottom, there is a 'LƯU Ý:' section with a color-coded bar indicating the status: 'đã đến hạn kiểm định' (red), 'còn 1 tháng' (green), 'còn 3 tháng' (green), 'còn 6 tháng' (green), 'còn 12 tháng' (green), and 'còn trên 12 tháng' (green).

Hình 12. Giao diện truy vấn thông tin.

Hệ thống liên kết giữa website và CSDL với nền tảng mã nguồn mở cho phép có thể cài đặt trên hệ thống server nền windows hoặc linux nhưng yêu cầu phải cài đặt máy chủ tương ứng với cấu hình nền java (*Apache Tomcat, Internet Information Services (IIS), Apache HTTP server*).

4. Kết luận và kiến nghị

1. Giải pháp quản lý, giám sát hoạt động kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo KTTV giúp chủ động cho các đơn vị gồm Trung tâm Quan trắc KTTV và các Đài KTTV khu vực trong việc lập kế hoạch, tổ chức vận hành kiểm định, hiệu chuẩn theo định kỳ đảm bảo thuận tiện, hiệu quả, không để sai sót, không để chậm trễ.

2. Hệ thống có khả năng truy xuất thông tin về phương tiện đo theo từng Đài KTTV khu vực hoặc thông tin chung trên toàn mạng lưới quan trắc KTTV nên đảm bảo tính linh hoạt, thuận tiện trong quản lý, giám sát phương tiện đo.

3. Việc phân cấp đến người dùng đảm bảo tính chính xác, thuận tiện trong việc nhập hoặc chỉnh sửa thông tin về phương tiện đo trong quá trình sử dụng.

4. Hệ thống đảm bảo tính mở nên có thể giám sát được số lượng và lập báo cáo các phương tiện đo KTTV ngoài mạng lưới KTTV khi được đưa vào kiểm định, hiệu chuẩn tại Tổng cục KTTV, phục vụ hiệu quả công tác quản lý, điều hành.

Đóng góp của tác giả: Phân tích hệ thống và xây dựng ý tưởng, giải pháp và kỹ thuật xử lý: Đ.H.D., N.T.G.; N.T.H.: Thu thập và tổng quan các thông tin liên quan hệ thống kiểm định phương tiện đo KTTV của WMO và một số Trung tâm thiết bị Khu vực; T.V.D., N.T.T.N.: cung cấp cơ sở thực tiễn trong quá trình kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo khí tượng và thủy văn; lớp thông tin phục vụ quản lý, truy vấn để làm nền tảng phân tích và thiết kế hệ thống.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu, xây dựng hệ thống quản lý về công tác kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo trong lĩnh vực khí tượng thủy văn, mã số TNMT.2020.996.02. Bên cạnh đó, tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của Phòng Thiết bị kiểm định, Trung tâm Quan trắc KTTV trong quá trình trao đổi, thảo luận để xây dựng và thiết kế hệ thống quản lý, giám sát hoạt động kiểm định, hiệu chuẩn phương tiện đo khí tượng thủy văn.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là 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. WMO. 2018 edition – Volume V: Quality Assurance and Management of Observing Systems. 2018 Eds. Space-based Observations, Volume IV update, 2017 update – Part II: Observing systems, 2017 update – Part I: Measurement of meteorological variables.
2. WMO. CBS-TECO-2018-Paper-1890 China Met. Metrology RIC Beijing BianZejiang.
3. CIMO/ ET-OpMet-1/Doc. 4.1 (26.XI.2015). Draft of Calibration Strategy.
4. <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jmacenter/ric/About%20us/Facility/Facility.html>
5. <https://www.jma.go.jp/jma/jmaeng/jmacenter/ric/Material%20and%20Information/Material-traceability/MMC-2016%20Presentation%20from%20JMA.pdf>.
6. KMA's standard observatories: plan and role of CIMO Testbed and Lead Centre.
7. https://library.wmo.int/pmb_ged/iom_109_en/Session4/O4_01_Dobre_Metrologica1_Traceability_Examples.pdf
8. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of Measurement-Part 3: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), 2008.
9. Lu, T.; Chen, C. Uncertainty Evaluation of Humidity Sensors Calibrated by Saturated Salt Solutions. *Measurement* **2007**, *40*, 591–599.
10. Bertiglia, F.; Lopardo, G.; Merlone, A.; Roggero, G.; Cat Berro, D.; Mercalli, L. et al. Traceability of ground based air temperature measurements: a case study on the meteorological observatory of Moncalieri (Italy). *Int. J. Thermophys.* **2015**, *36*, 589–601.
11. Lopardo, G.; Marengo, D.; Meda, A.; Merlone, A.; Moro, F.; Pennechi, F.R. et al. Traceability and online publication of weather station measurements of temperature, pressure and humidity. *Int. J. Thermophys.* **2012**, *33*, 1633.
12. Merlone, A.; Iacomini, L.; Tiziani, A.; Marcarino, P. A liquid bath for accurate temperature measurements. *Measurement* **2007**, *40(4)*, 422–427.
13. Merlone, A.; Roggero, G. In situ calibration of meteorological sensor in extreme environment. Metrology for Meteorology and Climate Conference, Brdo, Slovenia, September 2014, 15–18.
14. Musacchio, C.; Bellagarda, S.; Merlone, A.; Maturilli, M.; Graeser, J.; Vitale, V.; Viola, A.; Liberatori, E.; Sparapani, R. Metrology activities in Ny-Ålesund (Svalbard). Metrology for Meteorology and Climate Conference, Brdo, Slovenia, 2014, 15–18 September.
15. Saxholm, S.; Heinonen, M. A calibration system for PTU devices. *Measurement* **2010**, *43*, 1583–1588.
16. Zhang, C.; Zhang, W.; Webb, D.J. et al. Optical Fibre Temperature and Humidity Sensor. *Electronics Letters* **2010**, *46*, 643–644. <https://doi.org/10.1049/el.2010.0879>.
17. Yu, Y. et al. Multi-Channel Impedance Measurement System for Polymer Humidity Sensors. *Measurement* **2021**, *176*, 109113.
18. Sharma, H.; Vaidya, U.; Ganapathysubramanian, B. A Transfer Operator Methodology for Optimal Sensor Placement Accounting for Uncertainty. *Building Environ.* **2019**, *155*, 334–349. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.054>.
19. Martins, L.L.; Ribeiro, A.S.; e Sousa, J.A. et al. Measurement Uncertainty of Dew-Point Temperature in a Two-Pressure Humidity Generator. *Int. J. Thermophys* **2012**, *33*, 1568–1582. <https://doi.org/10.1007/s10765-011-1005-z>.
20. Hans, I.; Burgdorf, M.; Buehler, S.A. et al. An Uncertainty Quantified Fundamental Climate Data Record for Microwave Humidity Sounders. *Remote Sen.* **2019**, *11*, 548. <https://doi.org/10.3390/rs11050548>.

21. Yang, Z.; Zhang, H.; Wang, Q. et al. Uncertainty Evaluation of Wind Speed Sensor in Automatic Weather Station. *IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci.* **2021**, 768, 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/768/1/012008>.
22. Wei, M.; Zeng, Y.; Wen, C. et al. Comparison of MCM and GUM Method for Evaluating Measurement Uncertainty of Wind Speed by Pitot Tube. *MAPAN* **2019**, 34, 345–355. <https://doi.org/10.1007/s12647-019-00339-3>.
23. Wei, M.; Zeng, Y.; Zou, L. et al. Analysis of the Influence of Water–Vapor Correction Term on the Measurement Uncertainty of Wind Speed. *MAPAN* **2019**, 34, 333–343. <https://doi.org/10.1007/s12647-019-00338-4>.

Solutions to manage and supervise inspection and calibration of hydrometeorological measuring instruments

Do Huy Duong^{1*}, Ngo Tien Giang², Nguyen Thi Han¹, Tran Van Duan¹, Nguyen Thi Thanh Nga¹

¹ Center for Hydro-Meteorological Observation, Vietnam Meteorological Hydrological Administration; dhduong@monre.gov.vn; hanhankttv@gmail.com; duantranthanh@gmail.com; thanhnga256@gmail.com

² Center for Hydro-Meteorological Technology Application, Vietnam Meteorological Hydrological Administration; ntgiang1975@gmail.com

Abstract: The system of verification and calibration of hydrometeorological measuring instruments plays a huge role in measurement activities, ensuring more accurate measurement data, serving disaster prevention and compliance. according to the guidelines of the World Meteorological Organization (WMO) on testing and calibration. However, at present, tools to manage and monitor information about measuring instruments are not really flexible, so it is somewhat difficult to manage. Therefore, the application of information technology in the management of the system of hydrometeorological measuring instruments will contribute more effectively to the state management of hydrometeorology. Using statistical methods, analysis and programming techniques to control and report the inspection status of devices stored on open–source database management system MySQL, JSP language and connected connected to the web–based interface selected in this paper. The results allow management and supervision of inspection and calibration of hydrometeorological measuring instruments inside and outside the national hydrometeorological network. The system has hierarchical features according to different levels of management and use, bringing practical efficiency in planning, checking, statistics, reporting, etc.

Keywords: Accreditation; Calibration; Measument; Query; Report.

Bài báo khoa học

Gián đoạn gió mùa mùa hè trên khu vực Nam Bộ trong các thập kỷ gần đây

Vũ Thị Mai Hoa¹, Nguyễn Minh Trường^{1*}

¹ Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; vumaihoa1998@gmail.com, truongnm@vnu.edu.vn

*Tác giả liên hệ: truongnm@vnu.edu.vn; Tel: +84-912075253

Ban Biên tập nhận bài: 11/11/2022; Ngày phản biện xong: 23/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Trong bài báo này, gián đoạn gió mùa mùa hè (GDGM) trên khu vực Nam Bộ được nghiên cứu trong 4 thập kỷ 1981–2020. Sử dụng số liệu tái phân tích, kết quả cho thấy các đợt gián đoạn chủ yếu kéo dài 3–5 ngày, rất hiếm khi vượt quá 10 ngày. GDGM xảy ra nhiều nhất vào tháng 9, khi có sự tăng vọt cả về số đợt và số ngày gián đoạn. Số ngày, số đợt, và độ dài trung bình một đợt GDGM nhỏ nhất trong các năm El Nino, lớn nhất vào các năm ENSO trung tính. Nguyên nhân gây GDGM trên khu vực Nam Bộ là do sự lún về phía tây của Áp cao Thái Bình Dương (ACTBD) trên mực 850 hPa. Ở giữa tầng đối lưu, mực 500 hPa, còn có sự khơi sâu về phía nam của một rãnh áp thấp trên khu vực Đông Á, đẩy phần phía tây của ACTBD xâm nhập vào Biển Đông trước ngày gián đoạn. Từ đầu đến cuối mùa gió mùa, có thể thấy sự biến đổi về cường độ, qui mô, và vị trí của ACTBD cũng như rãnh thấp trên khu vực Đông Á.

Từ khóa: Gián đoạn gió mùa; Gió vĩ hướng; ENSO; ERA5.

1. Mở đầu

Gió mùa mùa hè (GMMH) là một hình thái thời tiết có ảnh hưởng quyết định đến khu vực Nam Bộ khi nó phân hóa khí hậu khu vực thành 2 mùa rõ rệt là mùa khô và mùa mưa [1]. Những hiểu biết và dự báo sự biến đổi theo mùa của GMMH bao gồm gián đoạn gió mùa (GDGM) có tầm quan trọng đặc biệt khi mà lượng mưa cung cấp cho khu vực này phần lớn là mưa GMMH, vì thế GDGM sẽ ảnh hưởng lớn đến tổng lượng mưa và từ đó ảnh hưởng đến các hoạt động kinh tế-xã hội ở khu vực này. Ngoài ra, mối liên hệ giữa hiện tượng ENSO với GDGM cũng cần được tìm hiểu khi mà ENSO được coi là một trong những nguyên nhân chính gây ra sự biến động hàng năm của gió mùa ở Việt Nam [2–3].

Cho đến nay, đã có nhiều công trình nghiên cứu về GDGM dựa trên các chỉ tiêu và phương pháp xác định khác nhau. Ở Ấn Độ, vì là yếu tố quan trọng nhất của gió mùa do tác động trực tiếp đến kinh tế xã hội nên lượng mưa là cơ sở để xác định các đợt hoạt động và GDGM trong nhiều nghiên cứu về khu vực này. [4–6] đã sử dụng số liệu lượng mưa ngày trên khu vực trung tâm Ấn Độ để xác định thời kỳ GDGM của gió mùa mùa hè Ấn Độ (ISM). Nghiên cứu sau này [7] đã khẳng định chỉ tiêu của [6] là tốt hơn cả để xác định GDGM của ISM, trong đó nó được xác định là khoảng thời gian mà dị thường lượng mưa có độ lệch chuẩn nhỏ hơn -1 trong ít nhất 3 ngày liên tiếp.

Tương tự số liệu lượng mưa, số liệu bức xạ sóng dài đi ra khỏi bầu khí quyển (OLR) quan trắc bằng vệ tinh cũng được sử dụng để nghiên cứu gián đoạn GMMH [8–9]. [10] sử dụng các dị thường OLR trung bình ngày trong 17 năm (1979–1995) để xác định các sự kiện

gián đoạn khi dị thường OLR trung bình ngày, tính trung bình ở Ấn Độ (18° – 28° N, 73° – 82° E), vượt quá $+10 \text{ Wm}^{-2}$ trong tối thiểu 4 ngày liên tiếp. Trong khi đó, [11] đã tính toán sự khác biệt dị thường OLR trung bình giữa hai khu vực là tiểu lục địa Ấn Độ (10° – 30° N, 65° – 85° E) và vùng xích đạo Ấn Độ Dương (10° S– 5° N, 75° – 95° E) và xác định các giai đoạn hoạt động và GDGM là khi chỉ số này lần lượt là âm và dương.

Các nghiên cứu khác [12–13] chỉ ra rằng thời kỳ gió mùa gián đoạn trùng với thời kỳ gió đông mạnh nhất và gió đông sẽ yếu dần đi vào cuối thời kỳ gián đoạn. Trong các nghiên cứu [14–15], đã sử dụng gió vĩ hướng mực 850 hPa để xác định các đợt GDGM với tiêu chí là khi gió vĩ hướng mực 850 hPa suy yếu ($< 3 \text{ m/s}$) chiếm ưu thế trên khu vực (10° – 20° N, 65° – 95° E) của Ấn Độ. Cũng từ việc nghiên cứu xu hướng suy yếu của gió mùa tây nam trên bán đảo Ấn Độ trong khoảng thời gian từ năm 1950–2002, [16] đã kết luận số ngày gió mùa gián đoạn/yếu là những ngày có gió vĩ hướng trung bình mực 850 hPa trên khu vực (10° – 20° N, 70° – 80° E) bằng hoặc nhỏ hơn $9\text{--}11 \text{ m/s}$. [17] trước đó cũng đã đề xuất một chỉ tiêu dựa trên cường độ gió vĩ hướng 850 hPa trên khu vực (10° – 20° N, 70° – 80° E), đại diện cho vị trí của dòng siết gió tây tầng thấp, trong việc xác định các đợt gián đoạn của ISM. Trong giai đoạn gián đoạn, dòng siết gió tây tầng thấp di chuyển qua mũi phía nam của Ấn Độ, dẫn đến lượng mưa trên Ấn Độ giảm và ức chế đối lưu trên khu vực phía đông xích đạo Ấn Độ Dương.

Cũng có nhiều nghiên cứu về hoạt động của GMMH trên khu vực Việt Nam, trong đó có cả những nghiên cứu sử dụng chỉ số gió vĩ hướng để xác định GDGM. Ví dụ, khi phân tích chỉ tiêu U850hPa, lượng mưa và gradient kinh hướng của nhiệt độ mực trên cao, [1] đã chỉ ra rằng chỉ tiêu U850hPa có thể sử dụng để xây dựng chỉ số GMMH cho khu vực Nam Bộ. [3] đã xác định các đặc trưng GMMH ở Việt Nam dựa trên chỉ số VSMI được tính bằng gió vĩ hướng mực 850 hPa (5° – 15° N; 100° – 110° E) (m/s). Số đợt gián đoạn được xác định là khoảng thời gian gió đông thay thế gió tây trong mùa GMMH, hay nói cách khác là khi chỉ số VSMI có dấu “–”. Ngoài ra, kết quả cũng cho thấy trong mùa hè El Nino và trung gian–pha nóng, số đợt gián đoạn ít hơn so với mùa hè La Nina và trung gian–pha lạnh. Tương tự, [2] cũng sử dụng chỉ số gió vĩ hướng mực 850 hPa để đưa ra chỉ số GMMH và xác định GDGM trên khu vực Nam Bộ.

Những nghiên cứu nói trên cho thấy số liệu gió vĩ hướng mực 850 hPa có thể được sử dụng để xác định các đợt GDGM trên khu vực Nam Bộ. Ưu điểm của chỉ số này là vừa phản ánh được hoàn lưu quy mô lớn, đồng thời phản ánh được một phần cơ chế mưa của khu vực nghiên cứu. Sử dụng chỉ số gió vĩ hướng, mục tiêu của bài báo này là phân tích sự biến đổi của GDGM trên khu vực Nam Bộ theo thời gian (thập kỷ, năm, tháng trong năm) và mối quan hệ với ENSO. Ngoài ra, phân tích tổng hợp hình thế thời tiết những ngày trước và sau gián đoạn cũng được thực hiện, đây là những điều chưa được đề cập đến trong các nghiên cứu trước đây cho khu vực Nam Bộ. Tiếp theo, mục 2 dưới đây mô tả số liệu và phương pháp nghiên cứu, mục 3 đưa ra kết quả và thảo luận, trong khi kết luận được tóm tắt trong mục 4.

2. Số liệu và phương pháp

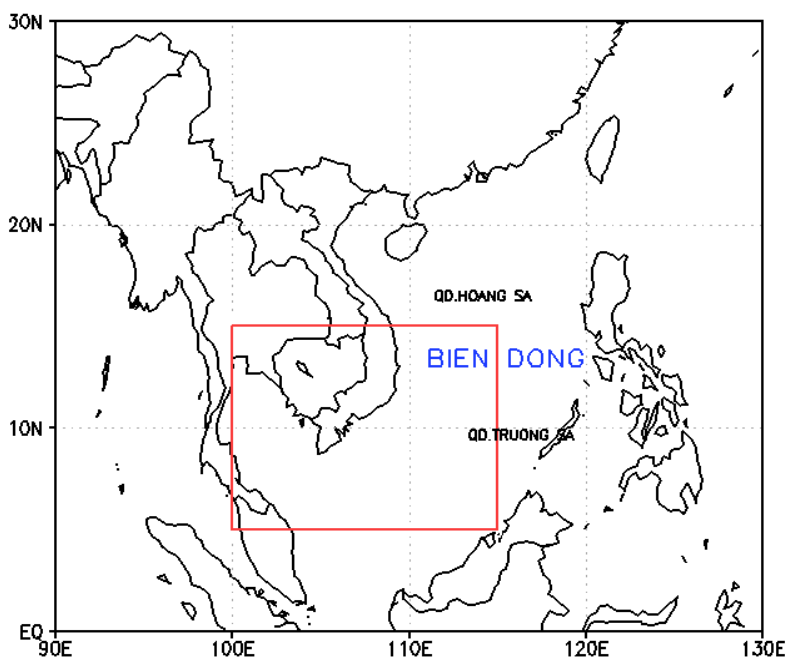
2.1. Số liệu

Số liệu được sử dụng trong nghiên cứu này là số liệu tái phân tích trung bình ngày được cung cấp bởi Trung tâm Dự báo Hạn vừa Châu Âu (ERA5), có độ phân giải $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$. Trong đó, các trường gió vĩ hướng và độ cao địa thế vị tại các mực đẳng áp cơ bản trong thời kỳ 1981–2020 được sử dụng để xác định ngày và các hình thế thời tiết trong thời kỳ GDGM. Ngoài ra, nghiên cứu đã sử dụng chỉ số Nino đại dương (ONI) của Cơ quan Quản lý Đại dương và Khí quyển Quốc gia Hoa Kỳ (NOAA) để xác định thời kỳ ENSO. Đây là những nguồn số liệu đang được sử dụng rất nhiều trong các nghiên cứu gần đây trên thế giới cho mục đích tương tự và được cho trên các website:

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=overview> và http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Như đã nói, chỉ số gió vĩ hướng là chỉ số gió mùa được sử dụng rộng rãi trên thế giới, vì vậy nghiên cứu này đề xuất sử dụng gió vĩ hướng tái phân tích mực 850 hPa lấy trung bình trong miền (5°–15°N, 100°–115°E) để xác định các đợt gián đoạn của GMMH cho khu vực Nam Bộ (Hình 1). Có thể thấy là kích thước miền tính chỉ số GMMH trong bài báo này tương đương với kích thước miền tính chỉ số gió mùa trong các nghiên cứu trước đây. Tiếp theo, chỉ tiêu [18] được sử dụng để xác định ngày bùng nổ và kết thúc của GMMH trên khu vực Nam Bộ, từ đó xác định được các đợt gián đoạn trong thời kỳ GMMH. Cụ thể là:



Hình 1. Miền tính chỉ số GMMH cho khu vực Nam Bộ (Hình chữ nhật màu đỏ).

- Ngày bùng nổ GMMH là ngày đầu tiên của chuỗi có gió vĩ hướng liên tục dương và có chứa hậu bùng nổ. Hậu bùng nổ là hậu đầu tiên sau ngày 25/04 (bắt đầu từ hậu 24) thỏa mãn đồng thời cả hai điều kiện: Gió vĩ hướng trung bình > 0 trong hậu bùng nổ; Trong bốn hậu liên tiếp, gồm cả hậu bùng nổ, gió vĩ hướng trung bình > 0 trong ít nhất 3 hậu và gió vĩ hướng trung bình của bốn hậu đó phải > 1 m/s.

- Ngày kết thúc GMMH được xác định là ngày trước ngày đầu tiên của chuỗi có gió vĩ hướng liên tục âm và chứa hậu kết thúc. Hậu kết thúc được định nghĩa là hậu sau ngày 15/09 (bắt đầu từ hậu 53) thỏa mãn: Gió vĩ hướng trung bình < 0 trong hậu kết thúc; Trong bốn hậu liên tiếp, bao gồm cả hậu kết thúc, có dưới ba hậu có gió vĩ hướng trung bình > 0 , gió vĩ hướng trung bình của bốn hậu < 1 m/s. Sau hậu kết thúc, không xuất hiện hậu nào thỏa mãn điều kiện của hậu bùng nổ GMMH.

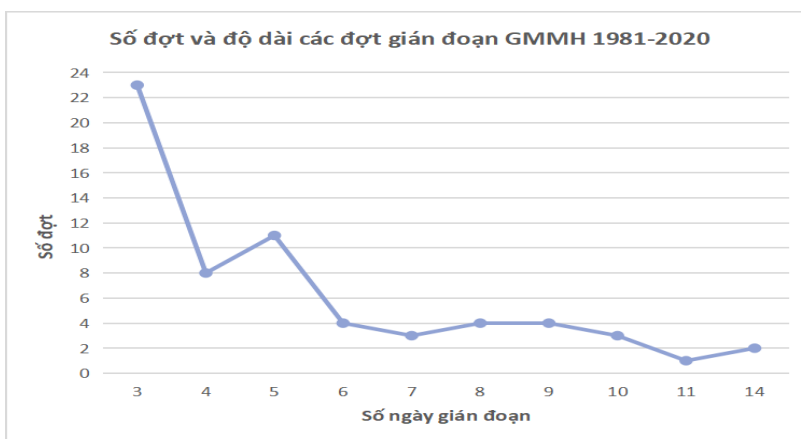
- Sau khi xác định được ngày bắt đầu và kết thúc của GMMH trên khu vực nghiên cứu, các đợt gián đoạn gió mùa sẽ được xác định khi gió vĩ hướng đổi từ dấu dương sang dấu âm và duy trì ít nhất 3 ngày liên tục trong mùa GMMH đã được xác định.

Thời kỳ ENSO sẽ được xác định thông qua chỉ số ONI tại vùng Nino 3.4 được quy định theo NCAR/NCEP như sau: Pha El Nino là các giai đoạn có chỉ số ONI lớn hơn hoặc bằng 0.5 tối thiểu phải liên tục trong 5 tháng liên tiếp; Pha La Nina là các giai đoạn có chỉ số ONI nhỏ hơn hoặc bằng $-0,5$ tối thiểu phải liên tục trong 5 tháng liên tiếp; Các giai đoạn còn lại có chỉ số ONI nằm trong khoảng từ $-0,5$ đến 0,5 là các pha trung tính của ENSO. Chỉ số này được tính toán dựa trên giá trị dị thường nhiệt độ mặt nước biển trung bình trượt ba tháng tại vùng Nino 3.4, cho khu vực (5°S–5°N, 120°–170°W).

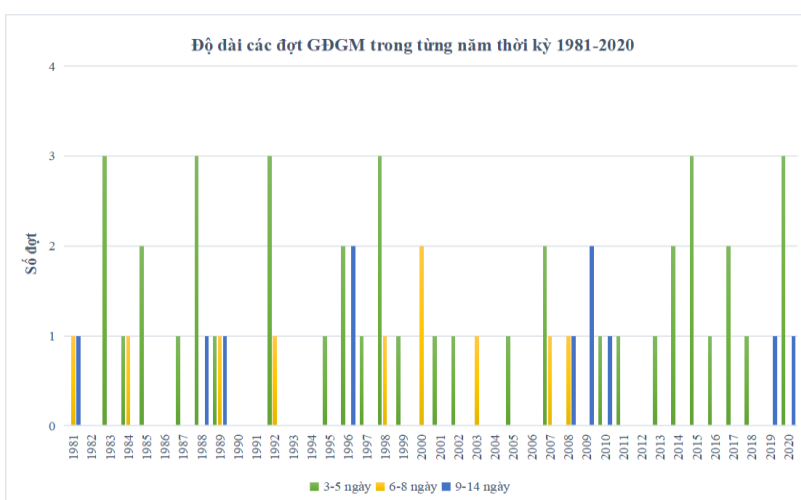
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thống kê qua các thập kỷ

Độ dài các đợt GDGM trên khu vực Nam Bộ thời kỳ 1981–2020 được biểu diễn trong Hình 2. Có thể thấy, độ dài một đợt gián đoạn GMMH trên khu vực Nam Bộ trung bình là 5 ngày, kéo dài nhất có thể lên đến 14 ngày. Các đợt gián đoạn chủ yếu kéo dài từ 3 đến 5 ngày khi có đến 23 đợt gián đoạn kéo dài 3 ngày, 8 đợt kéo dài 4 ngày và 11 đợt kéo dài 5 ngày. Số lượng các đợt gián đoạn GMMH kéo dài từ 6 ngày trở lên có xu hướng giảm rất nhanh, chỉ còn khoảng 4 đến 1 đợt. Như vậy, các đợt gián đoạn GMMH kéo dài hơn 10 ngày có thể xem là các sự kiện hiếm, khi hơn 1 thập kỷ mới xảy ra 1 lần.

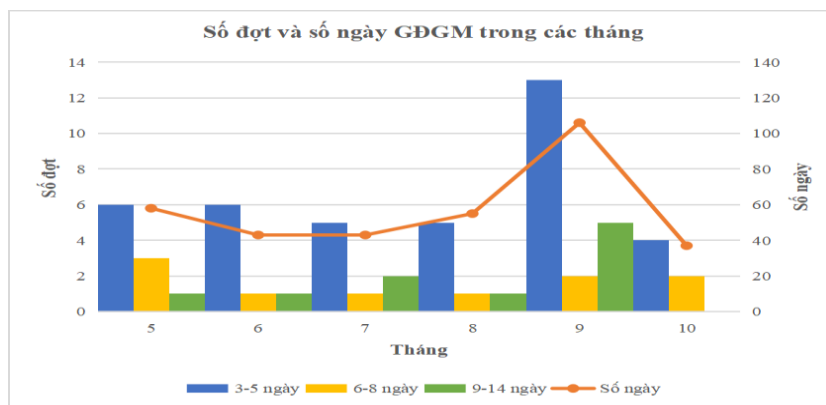


Hình 2. Độ dài các đợt GDGM trên khu vực Nam Bộ thời kỳ 1981–2020.



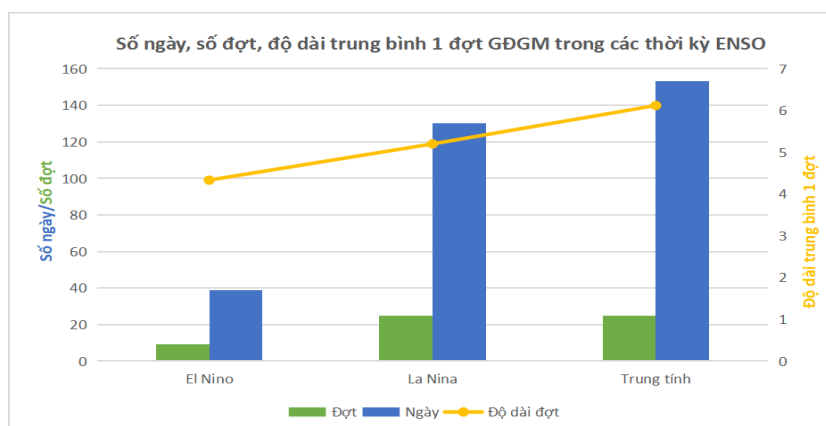
Hình 3. Độ dài các đợt gián đoạn qua từng năm trên khu vực Nam Bộ trong thời kỳ 1981–2020.

Hình 3 mô tả biến đổi số đợt và độ dài của các đợt gián đoạn GMMH qua từng năm trên khu vực Nam Bộ trong thời kỳ 1981–2020. Hầu hết số đợt GDGM xảy ra trong các năm trên khu vực Nam Bộ có thời gian kéo dài từ 3–5 ngày và có thể xảy ra đến 3 đợt trong 1 năm. Các đợt gián đoạn kéo dài hơn chỉ xảy ra từ 1 đến 2 đợt/năm, và chủ yếu chỉ có 1 đợt. Một điều đặc biệt là vào thập kỷ sau năm 2010 có đến 8 năm không xuất hiện đợt gián đoạn nào kéo dài 6–8 ngày. Những năm GMMH không bị gián đoạn bao gồm: 1982, 1986, 1990, 1991, 1993, 1994, 2004, 2006, và 2012. Tuy nhiên, xu thế tuyến tính theo thời gian của số đợt GDGM với độ dài khác nhau không thỏa mãn kiểm nghiệm Mann–Kendall với độ tin cậy 5% (kết quả không đưa ra). Điều này cho thấy nguy cơ thiếu hụt nguồn nước ở qui mô thập kỷ do biến đổi số đợt GDGM là điều khó có thể xảy ra trên khu vực Nam Bộ.



Hình 4. Số ngày và số đợt GĐGM trong các tháng gió mùa trên khu vực Nam Bộ thời kỳ 1981–2020.

Hình 4 biểu diễn số ngày và số đợt GĐGM trong các tháng GMMH (tháng 5 – tháng 10) trên khu vực Nam Bộ thống kê trong thời kỳ 1981–2020. Có thể thấy gián đoạn GMMH khu vực Nam Bộ xảy ra nhiều nhất vào tháng 9 khi có sự tăng vọt cả về số đợt và số ngày gián đoạn. Đáng chú ý là có tới 5 đợt gián đoạn kéo dài 9–14 ngày xảy ra trong tháng này, chiếm 50% số đợt kéo dài 9–14 ngày trong cả mùa GMMH. Về mặt khí hậu, điều này cho thấy nguy cơ mất cân bằng cán cân nước, nếu có, sẽ bắt đầu xảy ra trong tháng 9. Các tháng còn lại như tháng 5 có số đợt và số ngày gián đoạn cao thứ 2, sau đó giảm dần vào các tháng 6–8 khi GMMH bước vào giai đoạn thịnh hành và hoạt động ổn định. Sang tháng 10 khi GMMH chuẩn bị kết thúc, số đợt và số ngày GĐGM có sự giảm đáng kể khi chỉ xảy ra 6 đợt với 37 ngày gián đoạn.



Hình 5. Số ngày, số đợt và độ dài trung bình đợt GĐGM trên khu vực Nam Bộ trong các thời kỳ ENSO giai đoạn 1981–2020.

Hình 5 mô tả số ngày, số đợt và độ dài trung bình của một đợt GĐGM trong các thời kỳ ENSO trên khu vực Nam Bộ giai đoạn 1981–2020. Kết quả cho thấy số ngày và số đợt gián đoạn GMMH trên khu vực Nam Bộ trong thời kỳ El Nino thấp hơn rất nhiều so với thời kỳ La Nina và thời kỳ ENSO trung tính. Trong khi thời kỳ El Nino chỉ có số đợt gián đoạn là 9, số ngày gián đoạn là 39 ngày thì trong thời kỳ La Nina lên đến 21 đợt với 106 ngày GĐGM. Thứ vị là con số tương ứng cho thời kỳ trung tính là 25 đợt và 153 ngày, cao hơn cả thời kỳ La Nina.

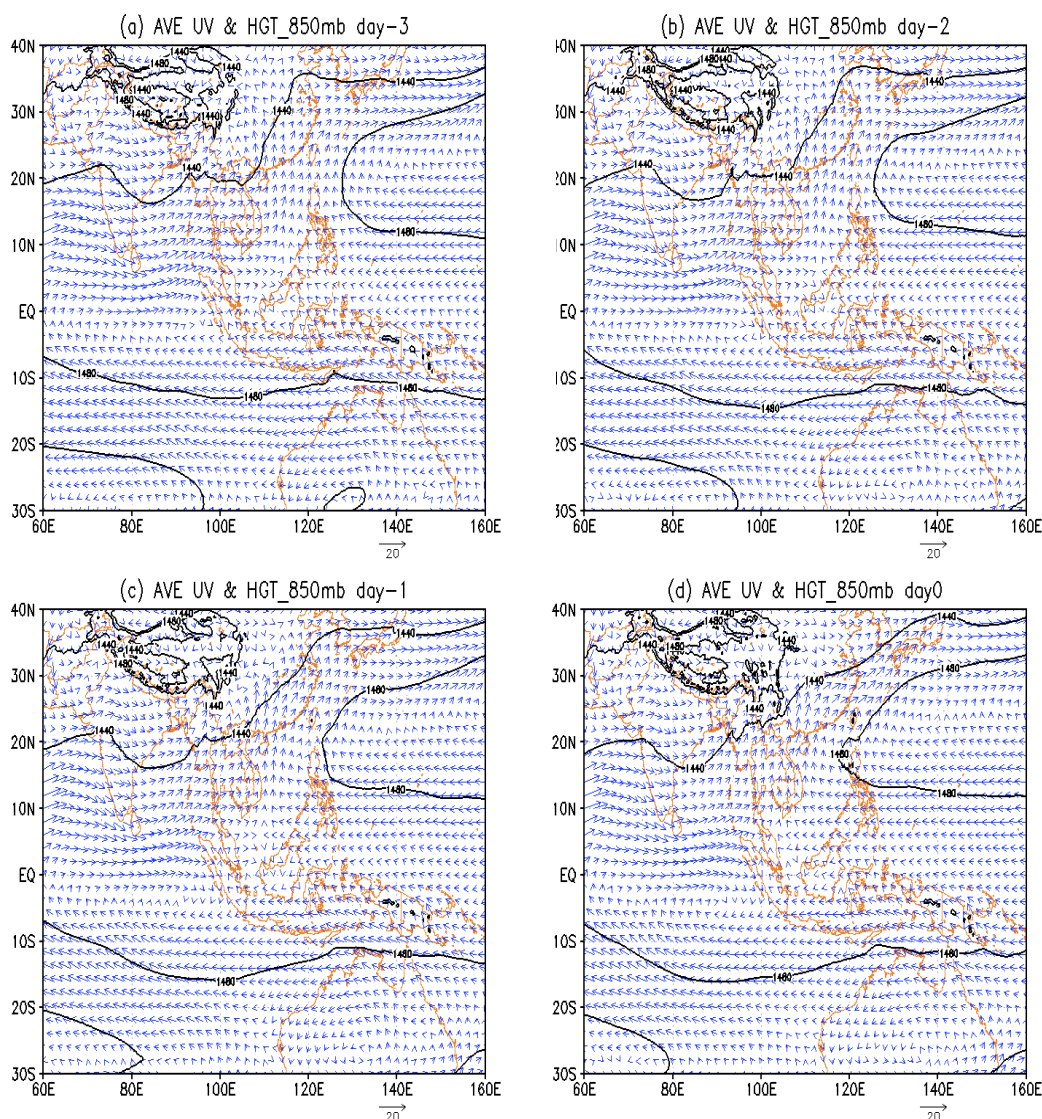
Ngoài ra, thời gian trung bình của một đợt gián đoạn GMMH trong thời kỳ El Nino cũng không kéo dài như trong thời kỳ La Nina. Cụ thể là trong thời kỳ El Nino các đợt gián đoạn kéo dài chỉ khoảng 4 ngày còn thời kỳ La Nina là khoảng 5 ngày và thời kỳ trung tính là khoảng 6 ngày. Điều này cho thấy các đợt GĐGM trong thời kỳ trung tính và La Nina kéo dài và mạnh hơn so với thời kỳ El Nino, đặc biệt là trong thời kỳ trung tính khi mà tần suất xảy ra gián đoạn cũng như độ dài trung bình cho một đợt gián đoạn đều cao hơn hẳn so với thời kỳ El Nino.

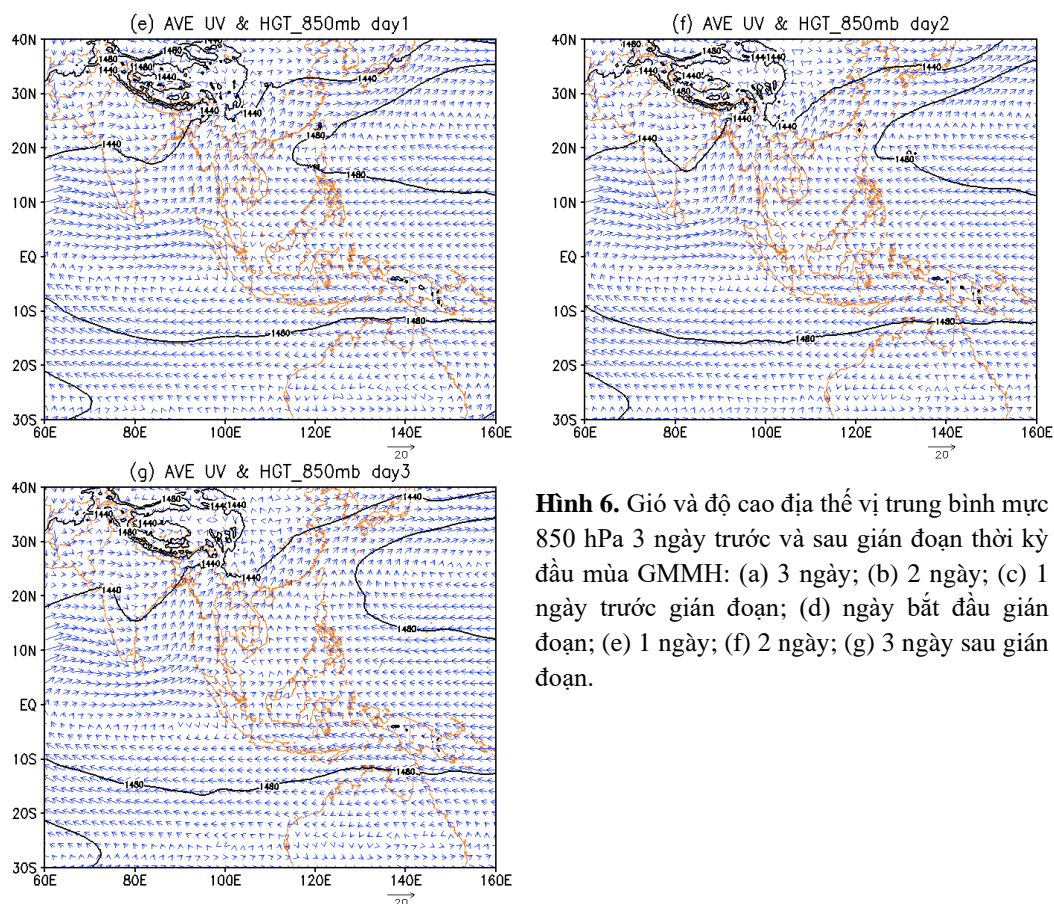
3.2. Phân tích tổng hợp

Gián đoạn GMMH trên khu vực Nam Bộ xuất hiện do sự biến đổi của các trung tâm khí áp và hoàn lưu quy mô lớn. Trong mục này, phân tích tổng hợp (composite analysis) được sử dụng để mô tả diễn biến hình thế thời tiết thời kỳ GĐGM trên các mực 850 và 500 hPa. Dưới đây, thuật ngữ “đầu mùa” được định nghĩa một cách định tính là thời kỳ sau khi bùng nổ gió mùa cho đến hết Tháng 7, trong khi “cuối mùa” là thời kỳ còn lại cho đến khi GMMH kết thúc.

3.2.1. Thời kỳ đầu mùa

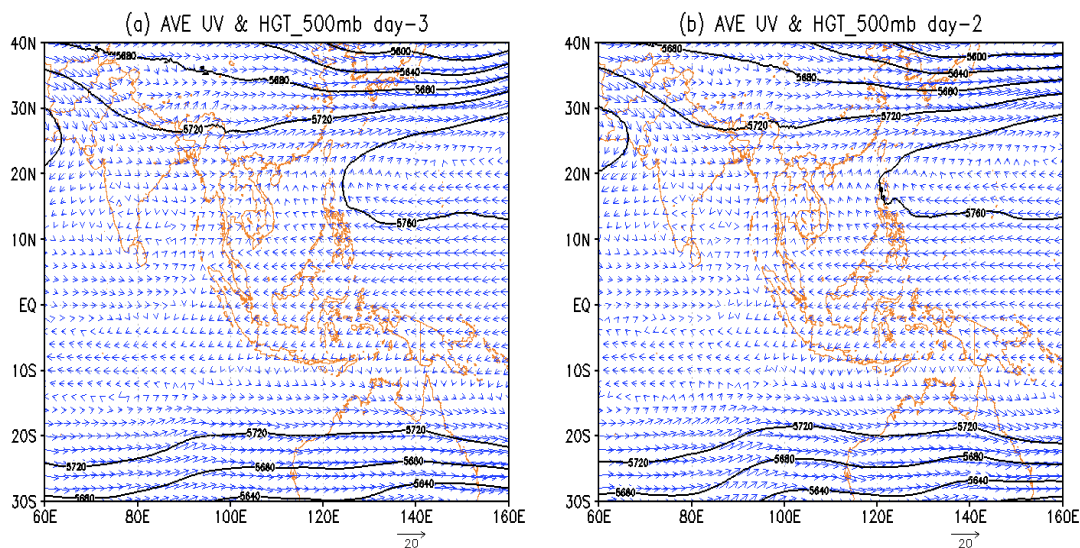
Hình 6 biểu diễn sự biến đổi của hình thế thời tiết mực 850 hPa trong 3 ngày trước và sau GĐGM thời kỳ đầu mùa. Trên mực 850 hPa trước ngày gián đoạn, áp cao Tây Bắc Thái Bình Dương (ACTBD) có xu thế mở rộng phạm vi hoạt động về phía tây và ảnh hưởng trực tiếp đến khu vực Biển Đông, thể hiện định tính bằng đường đẳng cao 148 dam. Trong khi đó, áp cao Mascarene suy yếu nhanh ở nam bán cầu (Hình 6a–6c). Vào ngày gió mùa bắt đầu gián đoạn, hoàn lưu gió đông ở rìa phía nam của ACTBD đã đẩy lùi gió tây đang hoạt động trên khu vực về phía tây, hoàn lưu gió đông–đông nam ở rìa phía nam của áp cao này đã thay thế cho gió tây trong những ngày GĐGM trên khu vực Nam Bộ. Sau khi xảy ra gián đoạn gió mùa, lướn ACTBD có xu hướng rút dần về phía đông, phạm vi hoạt động thu hẹp so với ngày bắt đầu gián đoạn, tạo điều kiện thuận lợi cho gió mùa hoạt động trở lại (Hình 6e–6g) trong những ngày sau đó.

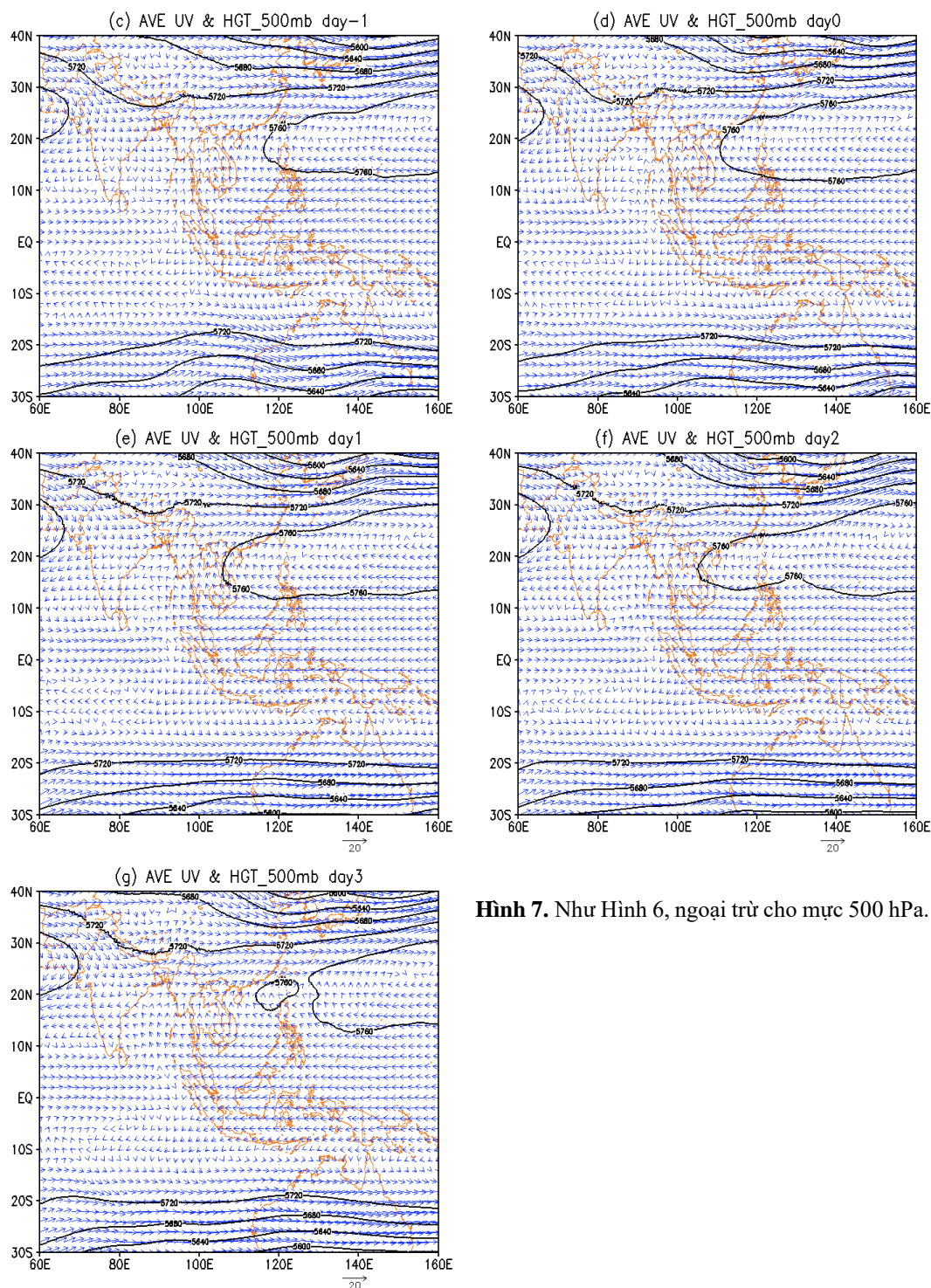




Hình 6. Gió và độ cao địa thế vị trung bình mực 850 hPa 3 ngày trước và sau gián đoạn thời kỳ đầu mùa GMMH: (a) 3 ngày; (b) 2 ngày; (c) 1 ngày trước gián đoạn; (d) ngày bắt đầu gián đoạn; (e) 1 ngày; (f) 2 ngày; (g) 3 ngày sau gián đoạn.

Trên mực 500 hPa (Hình 7), có thể thấy rõ hơn quá trình lấn về phía tây của ACTBD, trong đó từ ngày -3 đến ngày 1, áp cao này lấn về phía tây khoảng 30° kinh tuyến, đồng thời với 1 rãnh áp thấp di chuyển về phía đông và khơi sâu nhất trong ngày 1 trên khu vực Đông Á, đẩy phần phía tây của ACTBD dịch về phía nam. Đáng chú ý là đảo Java trở thành biên giới tự nhiên ngăn gió đông xích đạo ở phía đông và gió tây xích đạo ở phía tây, và cả hai đới gió này gần như cùng phát triển trong thời kỳ GDGM. Dọc theo vĩ tuyến 10°N , hoàn lưu gió đông ở rìa phía nam của ACTBD phát triển và bao trùm toàn bộ khu vực Nam Bộ. Tuy nhiên, vào những ngày trước gián đoạn, khi ACTBD chưa phát triển xuống dưới tầng thấp, gió Tây Nam mực 850 hPa vẫn khống chế khu vực Nam Bộ do đó chưa thực sự xảy ra GDGM như đã thấy trên đây.

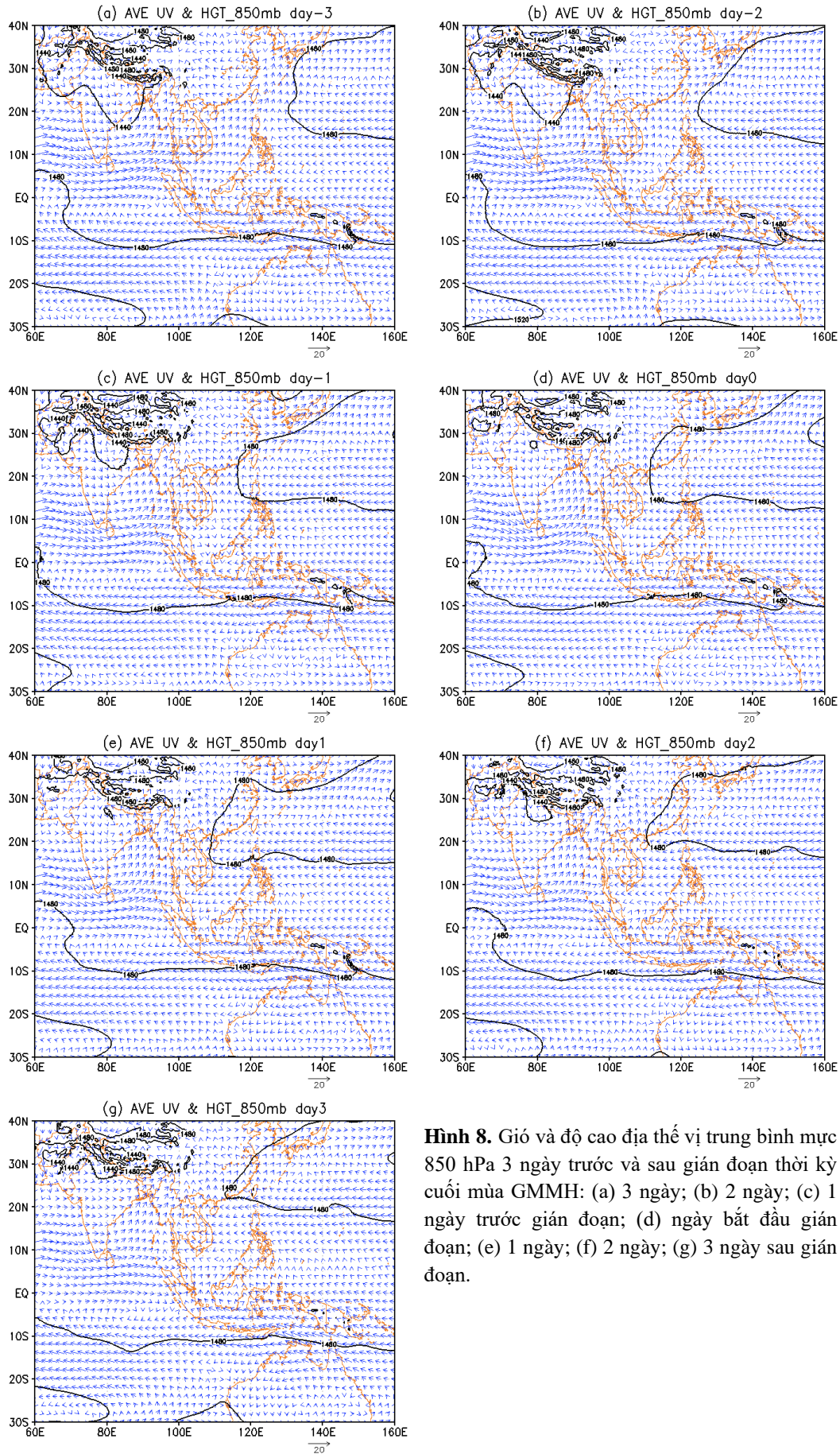




Hình 7. Như Hình 6, ngoại trừ cho mực 500 hPa.

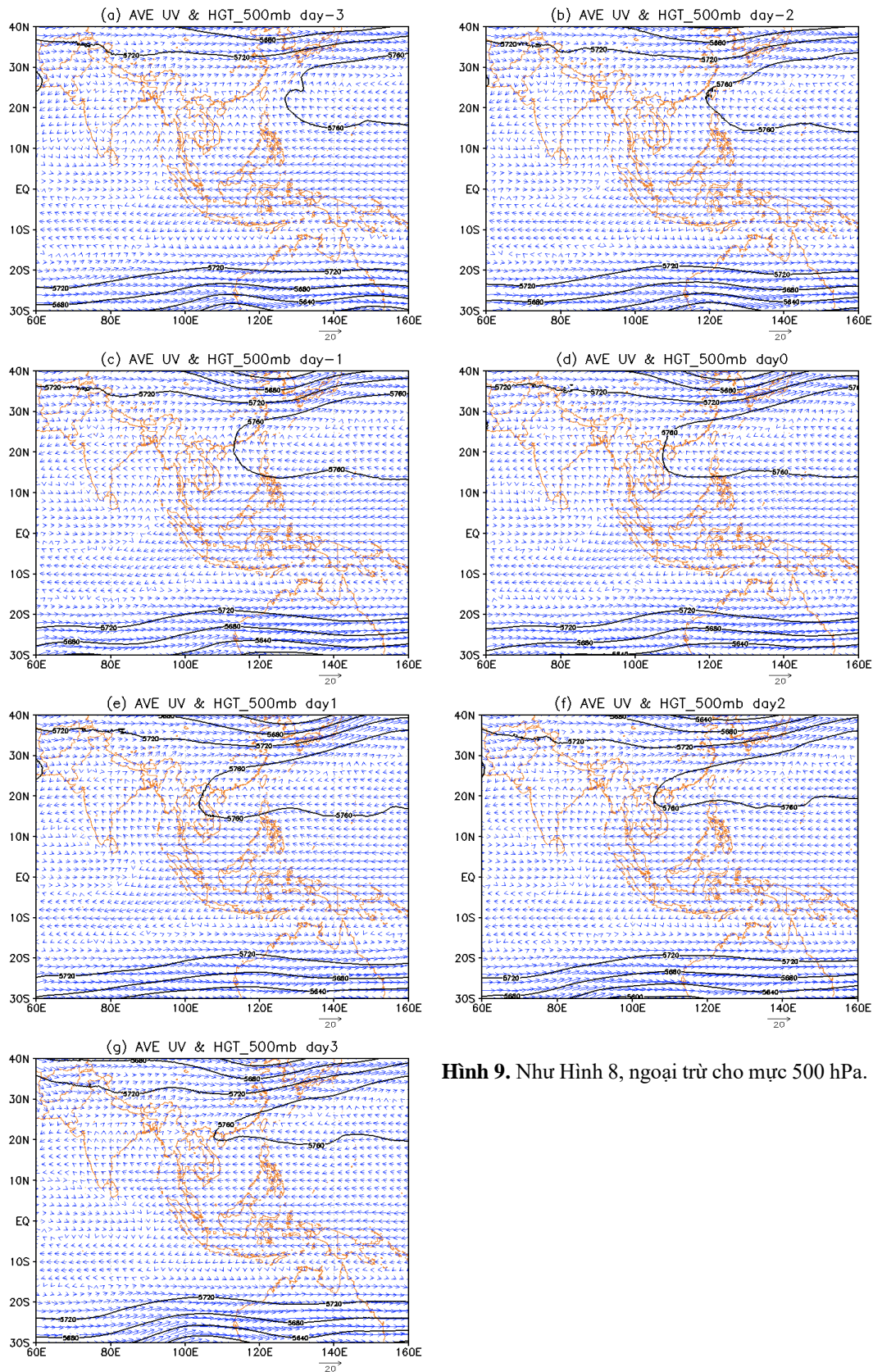
3.2.2. Thời kỳ cuối mùa

Hình 8 biểu diễn sự biến đổi theo thời gian của hình thế thời tiết trong 3 ngày trước và sau GDGM ở mực 850 hPa vào thời kỳ cuối mùa GMMH. Trên mực này ACTBD cũng có xu thế mở rộng phạm vi hoạt động về phía tây và ảnh hưởng trực tiếp đến khu vực Biên Đông tại thời điểm gió mùa bắt đầu gián đoạn (Hình 8a–8d). Tuy nhiên có 2 sự khác biệt dễ nhận thấy so với thời kỳ đầu mùa: 1) ACTBD mở rộng hơn rất nhiều theo chiều kinh hướng, phạm vi hoạt động của nó cũng mở rộng hơn về phía tây so với thời kỳ đầu mùa, đường 148 dam thậm chí áp sát Trung Bộ; 2) vị trí của áp cao này cũng dịch nhiều về phía bắc khi mà trục của nó ở khoảng 27°–30°N, trong khi vào đầu mùa vị trí trục của áp cao chỉ khoảng 23°–25°N.



Hình 8. Gió và độ cao địa thế vị trung bình mực 850 hPa 3 ngày trước và sau gián đoạn thời kỳ cuối mùa GMMH: (a) 3 ngày; (b) 2 ngày; (c) 1 ngày trước gián đoạn; (d) ngày bắt đầu gián đoạn; (e) 1 ngày; (f) 2 ngày; (g) 3 ngày sau gián đoạn.

So với thời kỳ đầu mùa, vào thời kỳ cuối mùa GMMH không có nhiều khác biệt trong sự biến đổi hình thể thời tiết trên mực 500 hPa (Hình 9), ngoại trừ ACTBD mở rộng hơn theo chiều kinh hướng và trục của nó nằm cao hơn về phía bắc trên mực này, giống như đã mô tả cho mực 850 hPa trong Hình 8. Ngoài ra, rãnh trên khu vực Đông Á cũng phát triển và khời sâu hơn so với đầu mùa GMMH. Điều này có thể hiểu được khi bắt đầu sang mùa thu, xoáy thuận hành tinh bắt đầu phát triển về phía xích đạo trong tiến trình mùa hàng năm.



Hình 9. Như Hình 8, ngoại trừ cho mực 500 hPa.

4. Kết luận

Dựa trên số liệu thống kê trong 4 thập kỷ 1981–2020 về số ngày và số đợt gián đoạn GMMH trên khu vực Nam Bộ cho thấy các đợt GĐGM trên khu vực Nam Bộ chủ yếu kéo dài từ 3 đến 5 ngày. Tính trung bình, các đợt gián đoạn GMMH kéo dài hơn 10 ngày chỉ xảy ra 1 lần trong hơn 1 thập kỷ. Đáng chú ý là vào thập kỷ sau năm 2010 có đến 8 năm không xuất hiện đợt gián đoạn nào kéo dài 6–8 ngày. Sử dụng chỉ số gió vĩ hướng, có những năm GMMH không bị gián đoạn, hầu như tương đồng với kết quả của nghiên cứu [3]. Về phân bố theo tháng, các đợt gián đoạn xảy ra nhiều nhất và kéo dài nhất vào Tháng 9 sau đó là đến Tháng 5, giảm dần vào các Tháng 6–8 khi mà GMMH ở khu vực Nam Bộ đã bước vào giai đoạn hoạt động ổn định.

Khi xem xét mối liên hệ giữa gián đoạn GMMH với ENSO, kết quả cho thấy số ngày và số đợt gián đoạn GMMH trên khu vực Nam Bộ trong thời kỳ El Nino thấp hơn rất đáng kể so với thời kỳ La Nina. Hơn nữa, thời gian kéo dài trung bình của một đợt gián đoạn GMMH trong thời kỳ El Nino cũng ngắn hơn, với khoảng 4 ngày so với khoảng 5 ngày trong thời kỳ La Nina. Đặc biệt, trong thời kỳ ENSO trung tính, cả số ngày, số đợt và thời gian kéo dài trung bình của 1 đợt gián đoạn đều lớn nhất, cho thấy tính khó dự báo trong thời kỳ này.

Phân tích hình thế thời tiết mực 850 hPa 3 ngày trước và sau GĐGM trong thời kỳ đầu GMMH cho thấy trong khoảng thời gian trước ngày gián đoạn, khu vực Nam Bộ chủ yếu chịu sự ảnh hưởng của ACTBD đang mở rộng về phía tây, khi đó hoàn lưu gió Đông–Đông Nam từ rìa phía nam của áp cao này đã đẩy lùi và thay thế cho gió Tây–Tây Nam đang hoạt động trên khu vực trong những ngày GĐGM. Sau đó, áp cao này có xu hướng rút dần về phía đông theo thời gian, phạm vi hoạt động thu hẹp là dấu hiệu cho sự kết thúc gián đoạn vào những ngày sau đó [12–13]. Vào thời kỳ cuối mùa GMMH, ACTBD mở rộng hơn rất nhiều theo chiều kinh hướng so với thời kỳ đầu mùa, vị trí của áp cao này cũng cao hơn về phía bắc.

Trên mực 500 hPa, sự lún về phía tây của ACTBD được thể hiện rõ ràng hơn gắn liền với đó là sự di chuyển về phía đông và khơi sâu của một rãnh trên khu vực Đông Á. Chính rãnh này đã đẩy phần phía tây của ACTBD dịch chuyển xuống phía nam, tạo điều kiện thuận lợi cho hoàn lưu gió đông ở rìa phía nam của áp cao này thống trị khu vực Nam Bộ trên mực 500 hPa. So với thời kỳ đầu mùa, sự khác biệt trên mực 500 hPa bao gồm: 1) ACTBD mở rộng hơn rất nhiều theo chiều kinh hướng; 2) Trục của áp cao này cũng tiến xa hơn về phía bắc; và 3) Rãnh trên khu vực Đông Á khơi sâu hơn. Tất cả những dấu hiệu trong mô tả phân tích tổng hợp trên đây có thể ứng dụng trong thực tiễn để cảnh báo các đợt GĐGM xảy ra trên khu vực Nam Bộ.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.M.T.; Lựa chọn miền tính, thời gian tính: V.T.M.H., N.M.T.; Tính và xử lý số liệu: V.T.M.H.; Viết bản thảo bài báo: V.T.M.H.; Chỉnh sửa bài báo: N.M.T.

Lời cảm ơn: Số liệu dùng trong nghiên cứu này được cung cấp bởi Trung tâm Dự báo Môi trường Hoa Kỳ, Trung tâm Dự báo Thời tiết Hạn vừa Châu Âu.

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 bất kỳ nghiên cứu nào trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Minh Trường và cộng sự. Đặc điểm hoàn lưu và thời tiết thời kỳ bùng nổ gió mùa mùa hè trên khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài QG–10–07, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2012.
2. Chu Thị Thu Hường và cộng sự. Nghiên cứu sự dịch chuyển mùa của các hệ thống gió mùa và ảnh hưởng của nó đến sự biến động thời tiết trên khu vực Việt Nam. Báo cáo tổng hợp, đề tài khoa học và công nghệ cấp bộ TNMT, 2018.

3. Mậu, N.Đ. Nghiên cứu đánh giá và dự tính biến động của các đặc trưng gió mùa mùa hè ở Việt Nam. Luận án tiến sỹ Khoa học Trái đất Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, 2018.
4. Gadgil, S.; Joseph P.V. On breaks of the Indian monsoon. *Earth Planet. Sci.* **2003**, *112*, 529–558.
5. Mandke, S.K.; Sahai, A.K.; Shinde, M.A.; Joseph, S.; Chattopadhyay, R. Simulated changes in active/break spells during the Indian summer monsoon due to enhanced CO₂ concentrations: assessment from selected coupled atmosphere–ocean global climate models. *Int. J. Climatol.* **2007**, *27*, 837–859.
6. Rajeevan, M.; Gadgil, S.; Bhate, J. Active and break spells of the Indian summer monsoon. *J. Earth Syst. Sci.* **2010**, *119*, 229–247.
7. Pai, D.S.; Sridhar, L.; Kumar, M.R.R. Active and break events of Indian summer monsoon during 1901–2014. *Clim. Dyn.* **2016**, *46*, 3921–3939.
8. Xu, K.; Lu, R. Break of the western North Pacific summer monsoon in early August. *J. Clim.* **2015**, *28*, 3420–3434.
9. De, U.S.; Mukhopadhyay, R.K. Breaks in monsoon and related precursors. *Mausam.* **2002**, *53*, 309–318.
10. Krishnan, R.; Zhang, C.; Sugi, M. Dynamics of breaks in the Indian summer monsoon. *J. Atmos. Sci.* **2000**, *57*, 1354–1372.
11. Vecchi, G.A.; Harrison, D.E. Monsoon breaks and subseasonal sea surface temperature variability in the Bay of Bengal. *J. Clim.* **2002**, *15*, 1485–1493.
12. Ramamurthy, K. Monsoon of India: Some aspects of the ‘break’ in the Indian southwest monsoon during July and August. *Forecasting Manual.* **1969**, *18*(3), 1–57.
13. Sikka, D.R.; Gadgil, S. Large-scale rainfall over India during the summer monsoon and its relation to the lower and upper tropospheric vorticity. *MAUSAM* **1978**, *29*, 219–231.
14. Magana, V.; Webster, P.J. Atmospheric circulations during active and break periods of the Asian monsoon. Preprints of the Eighth Conference on the Global Ocean–Atmosphere–Land System (GOALS). Amer. Meteorol. Soc., Atlanta, GA, Jan 28–Feb 2, 1996.
15. Webster, P.J.; Magaña, V.O.; Palmer, T.N.; Shukla, J.; Tomas, R.A.; Yanai, M.; Yasunari, T. Monsoons: Processes, predictability, and the prospects for prediction. *J. Geophys. Res.: Oceans.* **1998**, *103*, 14451–14510.
16. Joseph, P.V.; Simon, A. Weakening trend of the southwest monsoon current through peninsular India from 1950 to the present. *Current Sci.* **2005**, *89*, 687–694.
17. Joseph, P.V.; Sijikumar, S. Intraseasonal variability of the low-level jet stream of the Asian summer monsoon. *J. Clim.* **2004**, *17*, 1449–1458.
18. Wang, B.; LinHo, Y.Z.; Lu M.M. Definition of South China Sea monsoon onset and commencement of the East Asia summer monsoon. *J. Clim.* **2004**, *17*, 699–710.

Summer monsoon breaks over South Vietnam in the latest decades

Vu Thi Mai Hoa¹, Nguyen Minh Trung^{1*}

¹ Faculty of Hydrology, Meteorology & Oceanography, VNU Hanoi University of Science; vumaihoa1998@gmail.com, trungnm@vnu.edu.vn

Abstract: In this study, summer monsoon breaks (SMB) over South Vietnam in 4 decades 1981–2020 were investigated. Using reanalysis ERA5 data, it can be seen that SMB spells often last for 3–5 days, and very rarely exceed 10 days. In annual march, SMB peaks in September when both SMB–day and SMB–spell number dramatically increase. SMB–day and SMB–spell number and SMB–spell length are smallest in El Nino years, but largest in neutral ENSO years. The reason that causes SMB over South Vietnam is due to westward expansion to Bien Dong basin of the subtropical Pacific high (SPH) at 850–hPa level. In the middle troposphere, at 500–hPa level, there is also a trough that deepens southward over East Asia and pushes the western part of SPH into Bien Dong basin prior to SMB. During the summer monsoon march, one may observe changes in intensity, scale, and position of SPH and the trough over East Asia.

Keywords: Summer monsoon breaks; Zonal winds; ENSO; ERA5.

Bài báo khoa học

Khả năng ứng dụng số liệu DSM trong giám sát và đánh giá vi phạm hành lang kỹ thuật công trình trạm quan trắc khí tượng bề mặt

Võ Văn Hòa^{1*}, Lê Minh Tuấn¹, Phạm Văn Hanh¹

¹ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực đồng bằng Bắc Bộ; vovanhoa80@yahoo.com; letuantv@gmail.com; hanhkttv@gmail.com

*Tác giả liên hệ: vovanhoa80@yahoo.com; Tel.: +84-912509932

Ban Biên tập nhận bài: 12/11/2022; Ngày phản biện xong: 24/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng số liệu mô hình số độ cao vật thể bề mặt (DSM) để lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật công trình trạm quan trắc khí tượng bề mặt. Số liệu DSM được sử dụng được khai thác từ nguồn số liệu NextMap World30 miễn phí trên mạng Internet. Quá trình đánh giá và lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật sử dụng nguồn số liệu NextMap World30 được thực hiện cho 12 trạm quan trắc khí tượng bề mặt trên khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Kết quả đánh giá cho thấy sai số độ cao của nguồn số liệu NextMap World30 tương đối nhỏ ở các khu vực đồng bằng và có sai số lớn ở các khu vực có địa hình thay đổi phức tạp. Kết quả phân tích các bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật sử dụng nguồn số liệu NextMap World30 (số liệu công bố năm 2014) cho thấy một số các trạm quan trắc khí tượng bề mặt ở khu vực đồng bằng Bắc Bộ đã có xảy ra vi phạm án ngữ bởi các vật thể cố định theo các mức độ khác nhau. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với thực tế vi phạm đã diễn ra tại trạm.

Từ khóa: Số liệu DSM; Hành lang kỹ thuật; Nguồn NextMap World30.

1. Mở đầu

Trong 20 năm gần đây, đất nước phát triển mạnh mẽ, mật độ xây dựng các công trình nhà ở, giao thông, hạ tầng cơ sở phát triển nhanh chóng. Do đó, việc vi phạm hành lang an toàn kỹ thuật trạm khí tượng bề mặt ngày càng phức tạp và nghiêm trọng ảnh hưởng đến chất lượng số liệu quan trắc. Kết quả đánh giá vi phạm hành lang kỹ thuật trên mạng lưới trạm quan trắc khí tượng bề mặt (trạm thủ công) theo qui định trong Luật KTTV cho thấy có đến 121/182 trạm đã, đang xảy ra vi phạm (chiếm đến 66,5%). Các khu vực xảy ra nhiều vi phạm nhất là Nam Bộ (có đến 24/24 trạm bị vi phạm), Nam Trung Bộ (14/14 trạm), Tây Bắc (20/22 trạm), Đông Bắc (17/25 trạm), Việt Bắc (15/28 trạm), đồng bằng Bắc Bộ (11/14 trạm), Bắc Trung Bộ (6/22 trạm), Trung Trung Bộ (5/15 trạm). Như vậy, có thể thấy việc vi phạm hành lang kỹ thuật công trình trạm quan trắc khí tượng bề mặt đang xảy ra trên phạm vi toàn quốc [1].

Ngày 19 tháng 6 năm 2016, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Nghị định số 38 để qui định chi tiết một số điều của Luật KTTV trong đó tại các Điều 6, 7 và 8 của Nghị định đã qui định rất chi tiết (định lượng hóa) về hành lang kỹ thuật cho các loại công trình KTTV [2-3]. Kể từ khi Nghị định 38 có hiệu lực từ 1 tháng 7 năm 2016 cho đến nay, các UBND các tỉnh, thành phố đã xây dựng và ban hành kế hoạch tổ chức triển khai Nghị định 38 trong đó có yêu cầu Ngành KTTV cần sớm công bố các mốc chỉ giới hành lang kỹ thuật cho các trạm KTTV đóng trên địa bàn tỉnh để phục vụ công tác xử lý vi phạm cũng như điều chỉnh quy hoạch của địa phương. Tuy nhiên, việc triển khai xây dựng các mốc chỉ giới hành lang kỹ thuật cho các

trạm KTTV đã gặp nhiều khó khăn, hạn chế do thiếu về nguồn kinh phí và vướng mắc, nhất là tại các trạm đã có vi phạm bởi các công trình xây dựng kiên cố, tồn tại nhiều năm.

Để giải quyết các bất cập nói trên, việc nghiên cứu ứng dụng các nguồn số liệu viễn thám là hướng đi phù hợp cho cả hiện tại (để lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật) cũng như trong tương lai (để giám sát và ngăn chặn kịp thời các vi phạm có thể xảy ra). Dữ liệu mô hình độ cao số (DEM) và mô hình bề mặt số (DSM) đã được phát triển và sử dụng phổ biến cho trong nhiều bài toán liên quan đến GIS, quản lý tài nguyên thiên nhiên, xây dựng cơ sở hạ tầng, giám sát thiên tai,... [4–16]. Tuy nhiên, việc ứng dụng các nguồn số liệu này cho bài toán quản lý vi phạm hành lang kỹ thuật công trình KTTV vẫn chưa được thực hiện. Bài báo này sẽ trình bày kết quả thử nghiệm ứng dụng số liệu mô hình số bề mặt (*Digital Surface Model – DSM*) được chiết xuất từ nguồn NextMap World30 để thiết lập các bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật cho mạng lưới quan trắc khí tượng bề mặt trên khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Phần 2 sẽ mô tả phương pháp lập bản đồ hiện trạng vi phạm và tập dữ liệu được sử dụng. Kết quả lập bản đồ hiện trạng được đưa ra trong phần 3. Cuối cùng là kết luận và kiến nghị.

2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguồn dữ liệu NextMap World30

Bộ dữ liệu DSM toàn cầu mang nhãn hiệu NEXTMap World30 là sản phẩm bản quyền của hãng Intermap Technologies – được tích hợp bởi thuật toán trộn dữ liệu (*fusion*) bản quyền từ những nguồn dữ liệu sẵn có như SRTM v2.1, ASTER GDEM v2, GTOPO30 và sau đó, được hiệu chỉnh độ cao dựa trên dữ liệu LIDAR chụp từ vệ tinh ICESat. Sản phẩm là bộ dữ liệu DSM đồng nhất trên toàn cầu với độ phân giải ngang 30 m và có độ tin cậy cao do lấp đầy những khu vực không có dữ liệu, loại trừ được những sai số và những điểm dị thường. Bộ dữ liệu NEXTMap World30 được cung cấp với các tính năng kỹ thuật [17–18] như sau:

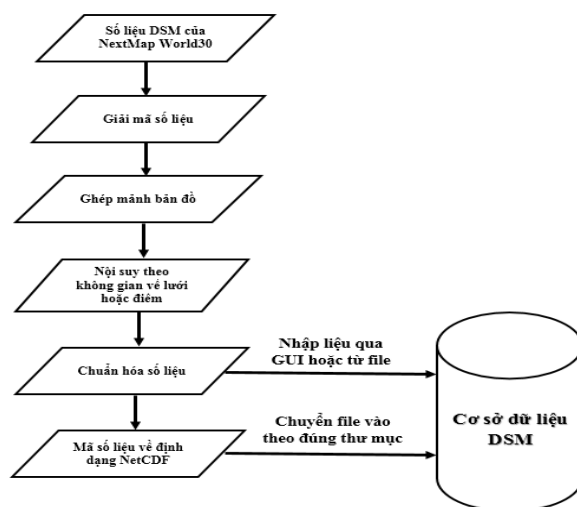
- Độ phân giải không gian mô hình số bề mặt địa hình: 30 m × 30 m;
- Độ chính xác độ cao từ 5 đến 10 m;
- Sai số trung bình bình phương (RMSE) 10 m theo chiều độ cao (được đánh giá theo phương pháp sai số tuyến tính LE95) và theo chiều vị trí không gian (được đánh giá theo phương pháp sai số khoảng cách CE95);
- Dữ liệu độ cao cho từng pixel chứa trong định dạng *.bil – 32bit
- Độ cao mặt nước biển được gán giá trị 0;
- Hệ tọa độ địa lý, datum WGS–84.

Bộ dữ liệu NEXTMap World30 được cung cấp dưới định dạng *.TIF với dạng ảnh chứa thông tin GPS đi kèm và có thể dễ dàng đọc được bởi các phần mềm GIS/ viễn thám thông dụng như ArcGIS, MapInfo, Global Mapper,... Nghiên cứu ứng dụng nguồn dữ liệu DSM từ bộ dữ liệu NEXTMap World30 được cung cấp miễn phí, ứng dụng để tính toán vi phạm hành lang kỹ thuật (HLKT) cho mạng lưới quan trắc khí tượng bề mặt trên khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Để có được bộ dữ liệu này, trước tiên phải đăng ký tài khoản tại địa chỉ [19]. Sau khi đã được cấp tài khoản, có thể truy cập dữ liệu tại địa chỉ [20] trong đó có thể truy suất dữ liệu DSM của bất kỳ vị trí nào trên trái đất. Dữ liệu DSM được chia theo các mảnh bản đồ địa lý, kích thước 5 x 5 độ địa lý. Ví dụ mảnh diện tích từ: 15° đến 20° vĩ độ N; 105° đến 110° kinh độ E. Tại đây ta có thể tải dữ liệu DSM của khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Sau khi đã lấy được dữ liệu, tiếp tục sử dụng phần mềm Global Mapper để xử lý file dạng *.TIF để lấy các giá trị DSM cũng như thực hiện chuyển đổi về hệ tọa độ VN 2000.

2.2. Phương pháp xử lý số liệu và lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật

Hình 1 dưới đây đưa ra qui trình chuẩn hóa số liệu DSM cũng như đưa số liệu sau khi đã chuẩn hóa để đưa vào CSDL quản lý số liệu DSM. Khái niệm “chuẩn hóa” dữ liệu ở đây được hiểu là quá trình xử lý số liệu ban đầu để ra một dạng dữ liệu mới đáp ứng được yêu

cầu của các nội dung nghiên cứu và gồm các bước thực hiện như sau: Giải mã số liệu gốc; Tìm kiếm và ghép các mảnh bản đồ; Nội suy dữ liệu về các điểm hoặc lưới theo yêu cầu; Chuyển đổi dữ liệu về dạng số nguyên dương để giảm dung lượng lưu trữ và tăng hiệu suất nhập/truy xuất số liệu vào/ra CSDL.



Hình 1. Sơ đồ qui trình chiết xuất số liệu DSM từ nguồn NEXTMAP WORLD30.

Tại bước giải mã số liệu gốc, tùy theo định dạng số liệu gốc được cung cấp để tiến hành giải mã để lấy ra các giá trị cụ thể. Nghiên cứu này sử dụng các phần mềm sẵn có đi kèm với bộ số liệu NextMap World30 để tiến hành giải mã số liệu và cũng truy xuất số liệu ra các định dạng phổ biến như text, xls,... Sau khi tất cả số liệu DSM cần thiết đã được giải mã, bước tiếp theo là từ khu vực nghiên cứu, tiến hành xác định được cần ghép dữ liệu từ bao nhiêu mảnh bản đồ đang có để đảm bảo dữ liệu bao phủ toàn bộ khu vực nghiên cứu. Khu vực nghiên cứu ở đây chính là phạm vi xung quanh trạm quan trắc với bán kính 500 m tính từ tọa độ của mốc cao độ đặt trong vườn quan trắc khí tượng.

Với số lượng mảnh bản đồ số liệu DSM từ nguồn NEXTMap World30 đã được xác định, bước tiếp theo là đưa dữ liệu từ lưới theo quy định của NEXTMap World30 về lưới tính toán của nghiên cứu. Cụ thể, để phục vụ cho cả mục đích so sánh các nguồn số liệu DSM với nhau cũng như đánh giá với số liệu đo thực tế (tại một số vị trí đo cụ thể ngoài thực địa) và phục vụ quá trình tính toán, hiển thị bản đồ vi phạm trên lưới, quá trình nội suy theo không gian sẽ được thực hiện cho 2 dạng gồm:

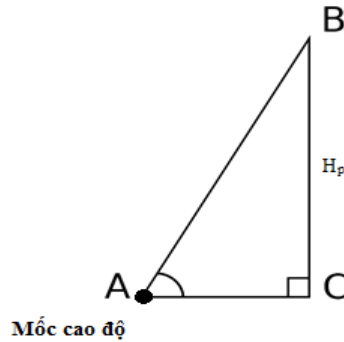
- + Nội suy từ lưới NEXTMap World30 về điểm không chế để phục vụ đánh giá: sử dụng phương pháp nội suy điểm gần nhất;
- + Nội suy từ lưới NEXTMap World30 về lưới bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật: sử dụng phương pháp nội suy song tuyến tính

Lưới bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật là dưới lưới tròn có tâm tại vị trí mốc cao độ đặt trong vườn quan trắc khí tượng. Lưới tròn đồng tâm này gồm các đường tròn có bán kính lần lượt là 10 m, 50 m, ... đến 500 m theo phương bán kính (hay nói cách khác là độ phân giải theo phương bán kính là 50 m). Theo góc phân vị, đề tài sử dụng 12 góc phương vị chính từ hướng 0 độ đến 330 độ (độ phân giải theo phương bán kính là 30 độ). Lý do chỉ lựa chọn 12 góc phương vị là do phạm vi lập bản đồ là tương đối nhỏ nên việc chia quá nhỏ góc phương vị không chi tiết hóa được thêm mức độ vi phạm nhưng lại làm tăng khối lượng xử lý và lưu trữ dữ liệu lên rất nhiều. Như vậy, tổng số nút lưới của lưới bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật là $11 \times 12 = 132$ nút lưới.

Để lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật, trong nghiên cứu này, chúng tôi căn cứ theo Điểm a, Khoản 2, Điều 7 của Nghị định 38/2016/NĐ-CP nhưng cách thức tính toán vi phạm sẽ căn cứ vào chênh lệch độ cao của vật thể và độ cao lý thuyết Hp (Hình 2).

Giá trị H_p được tính từ mốc cao độ (A) với khoảng cách AC đã biết (khoảng cách từ mốc đến vật thể (C)) và góc BAC cố định là 10 độ.

Quá trình xử lý số liệu DSM từ nguồn NEXTMap World30 cũng như tạo lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật nói trên được áp dụng cho 12 trạm quan trắc khí tượng bề mặt trên khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Các trạm khí tượng Láng và Hà Đông không được đưa vào nghiên cứu do từ 2014 đến nay tại khu vực xung quanh của các trạm này có sự biến động lớn về cơ sở hạ tầng nên tính chính xác của nguồn số liệu NEXTMap World30 (được công bố năm 2014) không được đảm bảo.



Hình 2. Sơ đồ minh họa cách tính độ cao lý thuyết của một điểm bất kỳ theo Điểm a, Khoản 2, Điều 7 của Nghị định 38/2016/NĐ-CP.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Đánh giá sai số so với các điểm khống chế

Dựa trên phương pháp đánh giá, các bảng từ 1 đến 2 đưa ra kết quả tính toán các chỉ số về vị trí (ΔXY) và sai số về độ cao (ΔH). Từ các bảng này có thể nhận thấy như sau:

- Tại hầu hết các trạm, sai số về vị trí là không quá lớn. Hay nói cách khác vị trí dữ liệu Nextmap world30 dùng để nội suy về điểm khống chế là rất gần;

- Về mặt trung bình, sai số độ cao âm (giá trị độ cao Nextmap world30 cho lớn hơn so với thực tế) được tìm thấy tại các trạm Ba Vì, Hưng Yên, Nam Định, Nho Quan, Sơn Tây. Trong khi sai số dương (giá trị độ cao Nextmap world30 cho nhỏ hơn so với thực tế) được tìm thấy ở các trạm còn lại;

- Nếu xét về giá trị tuyệt đối của ΔH , dữ liệu độ cao được nội suy từ nguồn Nextmap world30 cho chất lượng tốt nhất tại các trạm Văn Lý, Thái Bình, Sơn Tây, Ninh Bình, Nho Quan, Nam Định (có $|\Delta H| < 1m$), kế tiếp là các trạm Hưng Yên, Hải Dương (có $1m < |\Delta H| < 5m$). Các trạm có sai số độ cao lớn nhất là Ba Vì, Chí Linh và Cúc Phương (có $|\Delta H| > 10m$). Như vậy, có thể thấy, các trạm nằm ở khu vực địa hình cao hoặc khu vực có địa hình phức tạp có sai số lớn hơn nhiều so với các trạm ở khu vực đồng bằng.

Các kết quả đánh giá ở trên chưa tính đến quá trình biến đổi của vật thể theo thời gian. Cụ thể, số liệu Nextmap World30 được cung cấp năm 2014 trong khi việc đo đạc các điểm khống chế được thực hiện trong năm 2021–2022. Tuy nhiên, qua khảo sát thực tế thì sự biến động là không lớn.

Tương tự như trên, kết quả tính toán và so sánh sai số vị trí và độ cao giữa nguồn số liệu DSM được đo đạc từ thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK tại 02 trạm được khảo sát là trạm khí tượng Hà Nam và trạm khí tượng Ninh Bình. Có thể thấy sai số vị trí giữa điểm dữ liệu từ Phantom 4 RTK được lấy để nội suy về điểm khống chế gần nhất là không đáng kể, trung bình không lệch quá 0.3m. Nếu so sánh với nguồn dữ liệu NextMap World30, thì sai số vị trí từ nguồn Phantom 4 RTK là nhỏ hơn. Tương tự, khi so sánh sai số độ cao của vật thể cũng cho kết quả tương tự. Cụ thể, về trung bình, ΔH từ nguồn Phantom 4 RTK có giá trị nhỏ hơn so với nguồn NextMap World30. Hay nói cách khác, số liệu DSM được đo đạc từ Phantom 4 RTK cho độ chính xác tốt hơn so với NextMap World30 (giả thiết là không có

sự thay đổi của vật thể từ năm 2014 cho đến nay). Nếu so sánh chi tiết cho trạm Hà Nam và trạm Ninh Bình có thể thấy khuynh hướng sai số giữa hai tập số liệu tương đối giống nhau. Cụ thể, những điểm có sai số nhỏ hoặc lớn là thường trùng nhau giữa hai tập số liệu, chỉ có 1 vài điểm không chế là có sự khác biệt về dấu của sai số.

Bảng 1. Kết quả đánh giá sai số vị trí giữa điểm lưới DSM được lựa chọn để nội suy về 18 điểm không chế cho 12 trạm khí tượng bề mặt.

Điểm không chế	Ba Vì	Chí Linh	Cúc Phương	Hà Nam	Hải Dương	Hung Yên	Nam Định	Nho Quan	Ninh Bình	Sơn Tây	Thái Bình	Văn Lý
1	0,35	0,67	0,05	0,1	0,72	0,22	0,1	0,28	0,24	0,07	0,08	0,12
2	0,88	0,73	0,25	0,25	0,18	0,14	0,2	0,24	0,11	0,15	0,09	0,11
3	0,43	0,32	0,14	0,08	0,13	0,09	0,26	0,25	0,1	0,12	0,11	0,13
4	0,56	0,33	0,13	0,19	0,28	0,16	0,29	0,23	0,08	0,25	0,08	0,02
5	0,21	0,26	0,09	0,28	0,1	0,65	0,33	0,16	0,05	0,17	0,17	0,11
6	0,05	0,31	0,14	0,62	0,12	0,15	0,09	0,16	0,26	0,08	0,11	0,15
7	0,16	0,18	0,24	0,18	0,11	0,18	0,38	0,13	0,25	0,08	0,2	0,08
8	0,04	0,37	0,04	0,21	0,09	0,32	0,43	0,3	0,28	0,13	0,2	0,14
9	0,49	0,69	0,04	0,08	0,21	1,27	0,2	0,37	0,31	0,16	0,16	2,75
10	0,04	0,74	0,19	0,28	0,08	0,13	0,25	0,05	0,27	0,13	0,19	0,14
11	0,3	0,29	0,16	0,07	0,18	0,22	0,26	0,11	0,23	0,21	0,16	0,02
12	0,05	0,13	0,23	0,25	0,01	0,08	0,23	0,2	0,18	0,11	0,1	0,15
13	0,09	0,32	0,03	0,17	0,41	0,04	0,11	0,11	0,08	0,1	0,24	0,06
14	0,25	0,58	0,03	0,21	0,27	0,2	0,28	0,24	0,1	0,09	0,08	0,04
15	0,1	0,64	0,14	0,12	0,08	0,59	0,15	0,23	0,15	0,08	0,06	0,13
16	0,15	0,13	0,18	0,18	0,22	0,21	0,31	0,12	0,08	0,17	0,07	0,23
17	0,17	0,21	0,09	0,34	0,06	0,27	0,05	0,2	0,19	0,06	0,35	0,12
18	0,08	0,12	0,02	0,37	1,07	0,13	0,04	0,22	0,12	0,09	0,23	0,13
Trung bình	0,24	0,39	0,12	0,22	0,24	0,28	0,22	0,20	0,17	0,13	0,15	0,26

Bảng 2. Kết quả đánh giá sai số độ cao giữa DSM và độ cao đo đạc tại 18 điểm không chế cho 12 trạm khí tượng bề mặt.

Điểm không chế	Ba Vì	Chí Linh	Cúc Phương	Hà Nam	Hải Dương	Hung Yên	Nam Định	Nho Quan	Ninh Bình	Sơn Tây	Thái Bình	Văn Lý
1	-10,61	15,24	-12,43	-0,76	-0,1	-4	-3,35	-1,21	-0,91	0,79	0,31	-0,31
2	-9,75	14,82	0,45	0,01	0,13	-3,64	-2,97	-1,05	-0,32	2,3	0,5	0,44
3	-11,46	14,21	-9,73	-0,62	-0,53	-3,46	-2,33	-1,27	-1,9	5,1	-0,01	-2,14
4	-11,9	15,12	-21,26	-1,16	0,22	-3,64	-2,99	-1,72	-1,87	8,39	-0,07	-2,11
5	-10,87	14,87	-16,5	-0,62	0,99	-4,39	-3,36	-1,36	-1,6	7,18	0,23	-1,24
6	-12,46	13,67	19,12	4,53	9,17	-3,3	-1,77	-1,98	2,87	3,02	3,08	0,93
7	-11,96	14,7	20,61	7,37	9,24	-3,93	-2,16	-1,95	3,01	0,39	2,9	-0,49
8	-13,24	15,39	15,89	6,45	8,58	-3,04	-1,87	-2,08	3,12	18,05	3,96	-0,64
9	-13,03	10,44	18,87	5,77	8,3	-2,92	-1,78	-2,29	-2,3	17,65	4,91	-0,77
10	-14,2	8,45	19,03	6,28	4,2	-2,89	-0,17	-2,65	-2,69	12,17	1,8	-0,83
11	-14,04	8,21	22,79	14,48	4,46	-2,95	-0,67	-2,54	-4,34	13,28	0,88	1,75
12	-14	12,1	19,17	14,69	3,95	-3,07	0,73	-2,23	-3,22	12,23	-0,63	1,51
13	-13,88	11,93	19,43	4,71	4,43	-3,07	5,57	-2,15	-1,56	9,03	-1,69	-0,08
14	-13,79	13,65	18,36	4,65	5,03	-2,83	0,07	-2,22	7,42	9,27	1,51	-1,28
15	-13,95	13,58	18,65	8,38	4,53	-3,29	-0,22	0,34	6,4	3,36	1,24	4,78
16	-13,9	12,75	24	8,68	5,14	-1,46	-0,32	0,72	2	4,68	-0,32	4,29
17	-13,35	12,17	22,1	5,81	4,99	-1,47	0,38	0,03	0,41	4,91	0,38	-0,2
18	-13,18	1,68	24,88	6,27	6,64	-1,52	-1,28	-0,15	6,47	3,08	0,68	0,51
Trung bình	-12,75	12,39	11,30	5,27	4,41	-3,05	-1,03	-1,43	0,61	7,49	1,09	0,23

3.2. Đánh giá kết quả lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật

3.2.1. Hiện trạng vi phạm dựa trên số liệu DSM được chiết xuất từ nguồn NextMap World30

Kết quả lập bản đồ cho thấy vi phạm xảy ra tại 04 trạm gồm trạm khí tượng Ba Vì, Cúc Phương, Hưng Yên, Hà Nam và Nam Định (Hình 3 – Hình 4). Các trạm còn lại không có vi phạm trong phạm vi 100 m tính từ 4 góc vườn ra xung quanh (do không vi phạm nên không đưa ra các bản đồ hiện trạng vi phạm). Trong đó vi phạm lớn nhất xảy ra tại trạm khí tượng Ba Vì và Cúc Phương là rất lớn. Tại các trạm Hưng Yên, Hà Nam và Nam Định mức độ vi phạm không nhiều, chủ yếu trong phạm vi xung quanh 20–40 m. Cần lưu ý ở đây là nguồn số liệu DSM từ Nextmap World30 được công bố cho từ năm 2014. Hay nói cách khác, hiện trạng vi phạm được xác định có hiệu lực trong năm 2014. Do đó, các trạm không có vi phạm được hiểu là của năm 2014 và không có nghĩa hiện tại không có vi phạm (ví dụ như trạm khí tượng Láng).

Nguyên nhân dẫn đến các vi phạm theo số liệu Nextmap World30 (công bố năm 2014) ở các trạm (căn cứ theo các ghi chép trong hồ sơ của trạm và thực tế diễn biến tại vị trí đặt trạm được các quan trắc viên báo cáo) như sau:

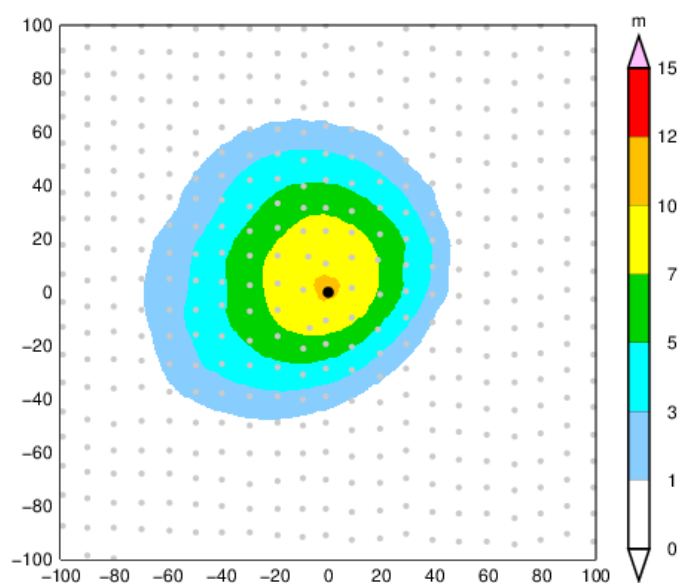
- Trạm khí tượng Ba Vì: vi phạm chủ yếu là do cây cao xung quanh vườn quan trắc. Đến thời điểm hiện tại đã được cắt bỏ phần lớn nhưng vẫn tồn tại một khu vực cây cao ở phía bắc của vườn (thuộc trang trại của một hộ dân như trong hình 5a).

- Trạm khí tượng Cúc Phương: vi phạm chủ yếu là do cây cao xung quanh vườn quan trắc. Đến thời điểm hiện tại vi phạm vẫn còn tồn tại do khu vực cây xung quanh vườn quan trắc là thuộc rừng đặc dụng quốc gia nhưng diện tích và mức độ vi phạm có thay đổi so với năm 2014 do sự thay đổi trong sinh trưởng của các cây là khác nhau sau 8 năm (Hình 5b).

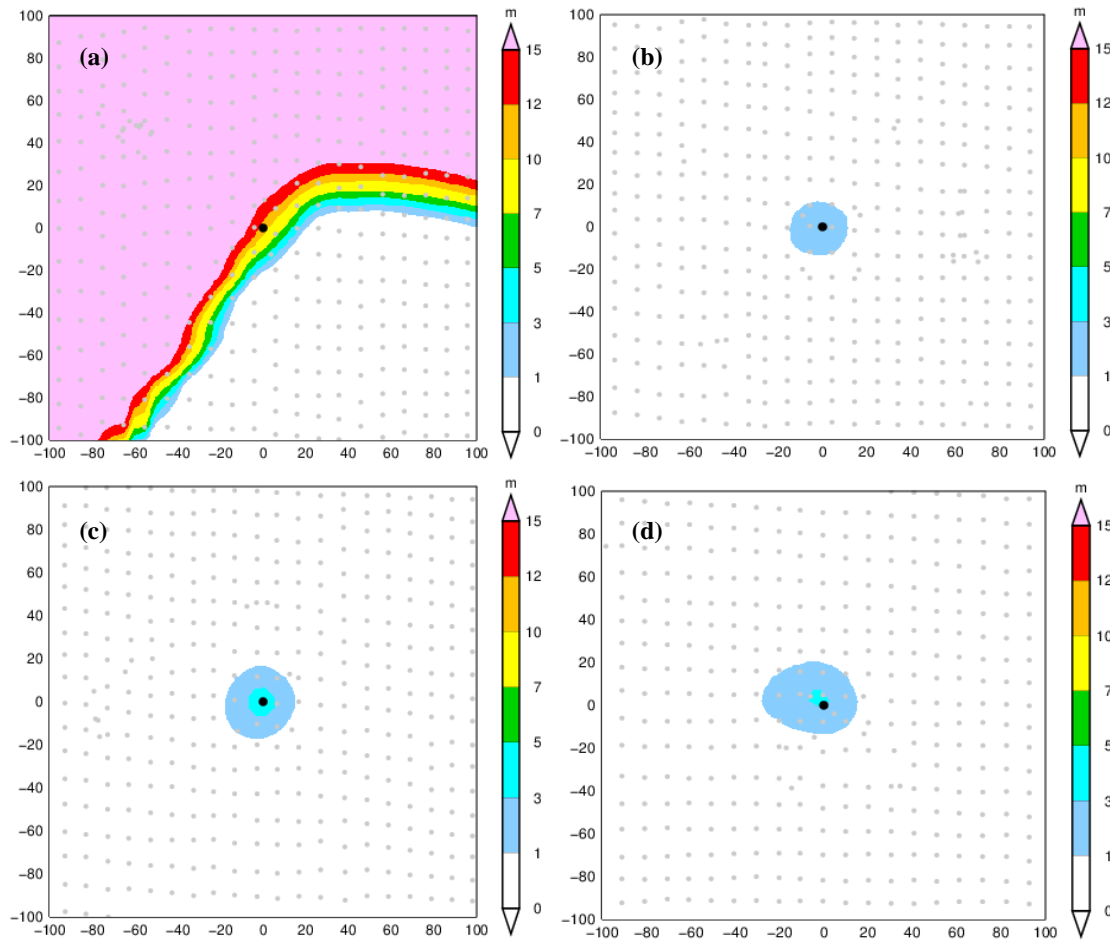
- Trạm khí tượng Hưng Yên: vi phạm do cây và nhà cửa xung quanh trạm. Trên thực tế, tại thời điểm năm 2014, trạm khí tượng Hưng Yên được di dời sang địa điểm hiện tại, khi đó đây là vùng đất trống có nhiều cây cao và xung quanh có một số nhà dân đã xây dựng kiên cố (nhà 3 tầng). Hiện tại, cây cao xung quanh trạm đã được cắt bỏ, nhưng vẫn còn tồn tại một số nhà dân ở phía Đông của vườn quan trắc (Hình 5c).

- Trạm Nam Định: vi phạm do các cây cối và một số công trình nhà, xưởng xung quanh trạm. Hiện tại, vi phạm chủ yếu xảy ra ở phía Đông của vườn do tồn tại dãy nhà xưởng có độ cao vượt quá độ cao cho phép (Hình 5d).

- Trạm Hà Nam: vi phạm do các công trình xây dựng từ năm 2005 và 2011 theo như ghi chép tại trạm (Hình 6).



Hình 3. Bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật của trạm khí tượng Ba Vì theo nguồn số liệu Nextmap World30 công bố năm 2014 (chấm đen là tọa độ của mốc trạm).



Hình 4. Bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật của trạm khí tượng theo nguồn số liệu Nextmap World30 công bố năm 2014 (chấm đen là tọa độ của mốc trạm): (a) Cúc Phương; (b) Nam Định; (c) Hưng Yên; (d) Hà Nam.



Hình 5. Ảnh chụp hiện trạng khu vực xung quanh vườn các trạm quan trắc khí tượng tại thời điểm tháng 12 năm 2022: (a) Ba Vi; (b) Cúc Phương; (c) Nam Định; (d) Hưng Yên.



Hình 6. Ảnh chụp hiện trạng khu vực xung quanh vườn quan trắc khí tượng của trạm Hà Nam tại thời điểm tháng 12 năm 2022.

4. Kết luận và kiến nghị

Dựa trên các nguồn số liệu DSM được chiết xuất từ nguồn NextMap World30, bài báo đã thực hiện đánh giá chất lượng các nguồn số liệu này, đồng thời lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc cho 12 trạm khí tượng bề mặt thuộc khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Các kết quả đánh giá, so sánh và phân tích cho một số kết quả chính như sau:

- Bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc được lập từ số liệu DSM có sự phù hợp với thực tế tại một số trạm.

- Số liệu DSM từ NextMap World30 từ nguồn miễn phí có độ chính xác tương đối tốt tại những trạm ở khu vực bằng phẳng và nhưng lại có sai số lớn các các khu vực có bề mặt phức tạp. Nguyên nhân là do độ phân giải ngang của nguồn số liệu này còn chưa đủ cao để nắm bắt được chi tiết các vật thể xung quanh trạm.

Mặc dù đạt được một số kết quả khả quan như trên, nhưng kết quả nghiên cứu vẫn còn một số tồn tại như việc khác biệt trong thời gian của các dữ liệu đo đạc dẫn đến việc đánh giá, so sánh chưa được khách quan. Để khắc phục được những tồn tại này và đưa các kết quả nghiên cứu đạt được vào ứng dụng thực tế, cần tập trung triển khai một số hướng nghiên cứu như sau:

- Triển khai áp dụng số liệu DSM từ nguồn NextMap World30 để lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật cho các trạm khí tượng bề mặt ở khu vực bằng phẳng và các vật thể (cây, nhà cửa, ...) xung quanh trạm ít biến đổi từ 2014 trở lại đây.

- Nghiên cứu hiệu chỉnh số liệu DSM từ NextMap World30 cho các trạm nằm ở các khu vực địa hình phức tạp dựa trên các dữ liệu đo đạc DSM trực tiếp tại một số điểm khống chế;

- Nghiên cứu sử dụng các nguồn dữ liệu DEM/DSM từ các vệ tinh viễn thám để tăng cường khả năng cập nhật diễn biến của các vật thể (cây, nhà cửa, ...) xung quanh trạm theo thời gian để trên cơ sở đó liên tục cập nhật bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc KTTV;

- Nghiên cứu mở rộng ứng dụng số liệu DSM từ NextMap World30 để lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật cho một số dạng công trình khác như tháp ra đa thời tiết, trạm thu vệ tinh,...

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.V.H., L.M.T.; Tổng quan tài liệu: L.M.T., P.V.H.; Tính toán, xử lý số liệu và phân tích kết quả: V.V.H., L.M.T., P.V.H.; Viết bản thảo bài báo: L.M.T., V.V.H.; Chỉnh sửa bài báo: V.V.H.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin gửi lời cảm ơn tới đề tài NCKH cấp cơ sở “Nghiên cứu ứng dụng số liệu mô hình số bề mặt (DSM) để xây dựng cơ sở dữ liệu trạm quan trắc khí tượng

khu vực đồng bằng Bắc Bộ”, mã số CS.2022.1 đã hỗ trợ để nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này cũng là kết quả thực hiện của một nội dung trong đề tài nói trên.

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 bất kỳ nghiên cứu nào trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Thăng, Đ.Đ. và cộng sự. Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng cơ sở dữ liệu các mốc chỉ giới hành lang kỹ thuật cho mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn. Áp dụng thí điểm cho Đài KTTV khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ, mã số TNMT.2018.05.21, 2021, tr. 116.
2. Tuấn, L.M. và cộng sự. Nghiên cứu ứng dụng số liệu mô hình số bề mặt (DSM) để xây dựng cơ sở dữ liệu trạm quan trắc khí tượng khu vực đồng bằng Bắc Bộ. Dự thảo báo cáo tổng kết đề tài mã số CS.2022.1, 2022, tr. 84.
3. Nghị định số 38/2016/NĐ-CP ngày 15 tháng 5 năm 2016 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật khí tượng thủy văn.
4. Anh, N.T. Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu Lidar và ảnh viễn thám độ phân giải cao để xây dựng bản đồ 3D phục vụ quản lý đô thị. Đề tài NCKH cấp Bộ, 2010.
5. Cương, T.Q. Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng mô hình số độ cao phục vụ quản lý tài nguyên thiên nhiên. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ, 2006.
6. Duy, N.B. Nghiên cứu thành lập mô hình số độ cao từ dữ liệu ảnh giao thoa và sử dụng phần mềm mã nguồn mở NEST và SNAPHU. *Tạp chí khoa học Trường đại học Cần Thơ* **2015**, 36, 77–87.
7. Minh, N.Q.; Huong, N.T.T.; Hien, L.P.; Thao, P.T.; Atkinson, P.M. Increasing the Grid DEM Resolution Using Hopfield Neural Network, A Test For Data in LangSon Province, VietNam. Proceeding of the International Symposium on Geo-Spatial and Mobile mapping technologies and summer school for Mobile mapping technology (GMMT2016), 2016, ISBN 978-604-76-914-4.
8. Thạch, L.T.; Hoàn P.X. Đánh giá mô hình số độ cao toàn cầu dựa trên mô hình số độ cao trên lãnh thổ Việt Nam. *Tạp chí khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2021**, 50, 1–7.
9. Thắm, B.T.H. Đánh giá độ chính xác của mô hình số độ cao toàn cầu trên lãnh thổ Việt Nam. Kỷ yếu Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc, 2015.
10. Hòa, H.M. Đánh giá khả năng sử dụng mô hình số độ cao toàn cầu độ phân giải 1” x 1” trong việc tính toán các số hiệu chỉnh bề mặt đất ở các khu vực rừng núi Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 33, 12–20.
11. Thành, N.T. Đánh giá độ chính xác mô hình số độ cao toàn cầu SRTM trên lãnh thổ Việt Nam. Kỷ yếu Hội nghiên cứu cơ bản trong khoa học trái đất và môi trường, 2019, 222–225.
12. Quyền, T.X. Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu LIDAR phục vụ quản lý đất đai kh vực đô thị thuộc thành phố Hà Nội. Luận án thạc sĩ khoa học, 2014, tr. 84.
13. Ninh, N.H.; Thảo, T.T.P.; Thanh, L.V.; Tấn, N.H.; Vinh, N.V. Ảnh hưởng của số lượng điểm không chế đến độ chính xác thành lập mô hình DSM mỏ núi đá Sầm – tỉnh Khánh Hòa. *Tạp chí địa cơ học, địa tin học, địa chất, trắc địa* **2022**, 1, 78–83.
14. Poon, J.; Clive, S.F.; Chunsun, Z.; Li, Z.; Gruen, A. Quality of assessment of digital surface models (DSM) generated from IKONOS imagery. *Photogrammetric Record* **2005**, 20, 162–171. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.14779730.2005.00312.x>.
15. Priestnall, G.; Jaafar, J.; Duncan, A. Extracting urban features from Lidar digital surface models. *Computers Enviro. Urban Sys.* **2000**, 24, 65–78. doi: [https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(99\)00047-2](https://doi.org/10.1016/S0198-9715(99)00047-2).
16. Pavlis, N.K.; Factor, J.K.; Holmes, S.A. Terrain – related Gravimetric Quantities Computed for the Next EGM. Proceedings of the 1st International Symposium of the International Gravity Field Service (IGFS), Istanbul, 2007, pp. 318–323.

17. https://ddsgeo.com/download/NEXTMap_World30_technical_review.pdf
18. <https://geoviet.vn/goc-ky-thuat/vn/400/464/515/0/gioi-thieu-bo-du-lieu-nextmap-world30.aspx>
19. <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/registration.htm>.
20. <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/index.htm>.

Application of digital surface model in monitoring and estimating the violations of technical safety corridor for surface meteorological observation station

Vo Van Hoa^{1*}, Le Minh Tuan¹, Pham Van Hanh¹

¹ Northern Delta Regional Hydro–Meteorological Center; vovanhoa80@yahoo.com; letuantv@gmail.com; hanhkttv@gmail.com

Abstract: This paper presents the results of research and application of digital surface model (DSM) data to map the current status of violations of the technical corridor of surface meteorological monitoring stations. The DSM data used is extracted from the free NextMap World30 data source on the Internet. The process of assessing and mapping the current status of violations of the technical corridor using NextMap World30 data sources was carried out for 12 surface meteorological observation stations in the Northern Delta region. The evaluation results show that the altitude error of NextMap World30 data source is relatively small in the delta areas and has a large error in areas with complex terrain changes. The results of analysis of maps of the current status of violations of the technical corridor using NextMap World30 data source (data published in 2014) show that a number of surface meteorological monitoring stations in the Northern Delta where there have been violations of the technical corridor by fixed objects to different degrees. This result is completely consistent with the actual violation that took place at the station.

Keywords: Digital surface elevation data (DSM); NextMap World30; Technical corridor violations.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11 đánh giá chất lượng nguồn tiếp nhận nước thải từ khu công nghiệp ra sông Cẩm Giàng, Hải Dương

Trần Hữu Thế^{1*}, Đoàn Quang Trí², Quách Thị Thanh Tuyết², Nguyễn Văn Nhật², Phạm Tiến Đức²

¹ Tỉnh ủy Phú Yên; thetranpy@gmail.com

² Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn;
doanquangtrikttv@gmail.com; tuyetkttv@gmail.com; vannhat.tv@gmail.com;
ducpham.vhma@gmail.com

*Tác giả liên hệ: thetranpy@gmail.com; Tel.: +84–913427027

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2022; Ngày phản biện xong: 23/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Nước thải công nghiệp cũng song song với sự phát triển của ngành, kéo theo nhiều hệ lụy không đáng có cho môi trường và ảnh hưởng trực tiếp đến môi trường và sức khỏe người dân. Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11 để đánh giá sự thay đổi chất lượng nước sông Cẩm Giàng khi tiếp nhận thêm nguồn thải từ khu công nghiệp (KCN) Tân Trường. Kết quả cho thấy hầu hết nồng độ các thông số ô nhiễm (TSS, COD, BOD₅, PO₄) mô phỏng trên sông Cẩm Giàng vẫn đạt giới hạn cho phép theo cột B1 của QCVN 08–MT:2015/ BTNMT. Kết quả mô phỏng các kịch bản cho thấy hầu hết nồng độ các chất ô nhiễm tại nguồn tiếp nhận vẫn trong phạm vi giới hạn cho phép, chỉ có nồng độ COD vượt ngưỡng giới hạn cho phép do nồng độ COD hiện trạng trên sông tiếp nhận nước thải từ KCN đã khá cao. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình mô phỏng CLN MIKE 11 có thể sử dụng để mô phỏng đánh giá diễn biến chất lượng nước từ KCN vào các nguồn tiếp nhận.

Từ khóa: Mô hình MIKE 11; Chất lượng nước; Khu công nghiệp Tân Trường.

1. Giới thiệu

Phát triển đô thị và các khu công nghiệp kéo theo đó là vấn đề xả thải gây ô nhiễm môi trường. Các nghiên cứu ứng dụng mô hình hóa trong việc giải quyết bài toán ô nhiễm chất lượng nước do nguồn thải đổ ra đã được phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây [1–5]. Thực tế diễn biến chất lượng nước phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố khí hậu, điều kiện tự nhiên và điều kiện sử dụng đất, lượng phân bón nông nghiệp, thủy sản, nước thải từ các khu công nghiệp, nước thải sinh hoạt, ... Do đó, việc ứng dụng mô hình toán để mô phỏng, tính toán, dự báo lan truyền chất ô nhiễm là phương pháp hữu hiệu và hiệu quả [6–8]. Trên thế giới đã có rất nhiều các nghiên cứu về vấn đề dự báo dòng chảy, chất lượng nước ở các lưu vực sông, hồ theo hướng sử dụng công cụ mô hình hóa kết hợp với việc phân tích ảnh viễn thám GIS [9–12].

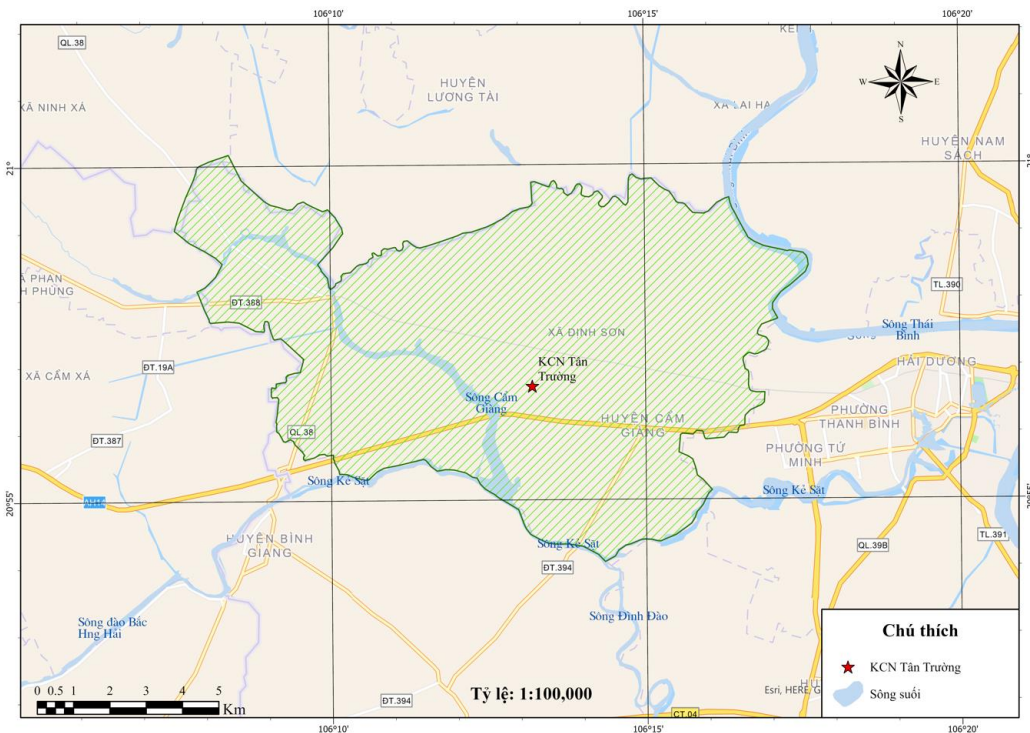
Trong những năm gần đây, ở Việt Nam những nghiên cứu ứng dụng chỉ số WQI [13], xây dựng hệ thống dự báo chất lượng nước [14], nghiên cứu kết hợp mô hình thủy lực và mô hình trí tuệ nhân tạo trong mô phỏng chất lượng nước [15], nghiên cứu đánh giá chất lượng nước sông, hồ [16–17], đánh giá chất lượng nước mặt và hiệu quả mô hình canh tác lúa [18], phân vùng chất lượng nước tại các khu vực đầm phá [19], đánh giá sức chịu tải của nguồn nước, lưu vực sông đã rất phát triển [20].

Có thể nhận thấy việc nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE 11 với mô đun thủy lực HD, mô đun truyền tải AD và mô đun Ecolab là phù hợp để mô phỏng quá trình lan truyền một số thông số ô nhiễm từ KCN Tân Trường ra sông Cẩm Giàng là nơi tiếp nhận nguồn ô nhiễm. Mục đích nghiên cứu đánh giá diễn biến chất lượng nguồn nước sông khi tiếp nhận thêm nguồn xả từ khu công nghiệp có ý nghĩa quan trọng trong việc góp phần xây dựng cơ sở dữ liệu để tính toán khả năng chịu tải của sông, từ đó có biện pháp giảm thiểu tác động của hoạt động phát triển kinh tế đến môi trường nước.

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Tuyến kênh mương chính ảnh hưởng trực tiếp từ dự án KCN Tân Trường mở rộng là tuyến kênh T1 trạm bơm Cầu Ghẽ, hiện đang chạy dọc phía Tây của khu đất quy hoạch KCN Tân Trường mở rộng (Hình 1). Tuyến kênh này có chiều dài khoảng 1.250 m, điểm cuối tại trạm bơm Cầu Ghẽ (xã Tân Trường) điểm đầu nối tuyến mương phía Bắc KCN giáp đường sắt HN–HP. Tuyến kênh T1 trạm bơm Cầu Ghẽ hiện đang có nhiệm vụ chủ yếu là cấp nước tưới tiêu nông nghiệp và thoát nước cho khu vực có diện tích khoảng 350 ha đất nông nghiệp của xã Tân Trường mở rộng và 1 phần của xã Định Sơn, trong đó có toàn bộ diện tích của dự án. Đây được xác định là tuyến kênh tiếp nhận nước mưa, nước thải (sau khi xử lý) từ hoạt động thi công xây dựng cũng như khi KCN Tân Trường mở rộng đi vào hoạt động.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

Trạm bơm Cầu Ghẽ: Trạm bơm này nằm ở cuối tuyến kênh T1, nhiệm vụ chủ yếu hiện nay là cấp và tiêu thoát nước cho khoảng 350 ha đất canh tác, trồng trọt thuộc xã Tân Trường mở rộng và 1 phần của xã Định Sơn. Tại trạm bơm này hiện nay có 12 máy bơm có công suất mỗi máy 1400 m³/h. Nước thải sau khi xả vào kênh T1 qua trạm bơm này đổ ra sông Cẩm Giàng.

Sông Cẩm Giàng là một con sông đổ ra Sông Sắt. Sông Cẩm Giàng có chiều dài 26 km. Sông Cẩm Giàng chảy qua các tỉnh Bắc Ninh, Hưng Yên, Hải Dương. Mực nước dao động theo mùa không lớn, mùa mưa dao động từ 2,5–3 m. Lòng sông rộng từ 90–120 m có hàm

lượng phù sa tương đối cao từ 200–400 g/l. Mùa khô, mực nước dao động từ 0,7–1,0 m, hàm lượng phù sa từ 50–60 g/l.

Sông Sắt dài khoảng 60 km, lấy nước tự chảy từ cống Xuân Quan (Hưng Yên), đoạn chảy qua Hải Dương dài khoảng 30 km, bắt đầu từ Cống Tranh, xã Thúc Kháng (Bình Giang) qua các huyện Bình Giang, Cẩm Giàng, Gia Lộc, cắt ngang TP.Hải Dương trước khi đổ ra sông Thái Bình qua Âu Thuyền thuộc địa phận phường Ngọc Châu. Sông Sắt vốn là sông tự nhiên. Sông Sắt là con sông có vai trò quan trọng nhất trong hệ thống đại thủy nông Bắc–Hưng–Hải, làm nhiệm vụ cung cấp nước tưới cho các huyện Bình Giang, Cẩm Giàng, Gia Lộc, Tứ Kỳ và TP. Hải Dương.

Hiện tại, nguồn nước sông Sắt được sử dụng làm nước sinh hoạt cho các địa phương hai bên bờ sông và các KCN Đại An, Phúc Điền, Tân Trường. Sông còn có nhiệm vụ tiêu thoát úng cho phần lớn diện tích của các huyện, thành phố chảy qua. Mặt khác, sông Sắt cũng là nơi tiếp nhận nước mưa, nước thải chính của khu vực, trong đó có nước thải từ KCN Tân Trường mở rộng sau khi được xử lý đạt tiêu chuẩn cột A – QCVN 40:2011/BTNMT. Trên sông Sắt cũng có các hoạt động giao thông vận tải thủy song chủ yếu là các thuyền đánh bắt cá nhỏ, thuyền vận chuyển vật liệu xây dựng nội tỉnh.

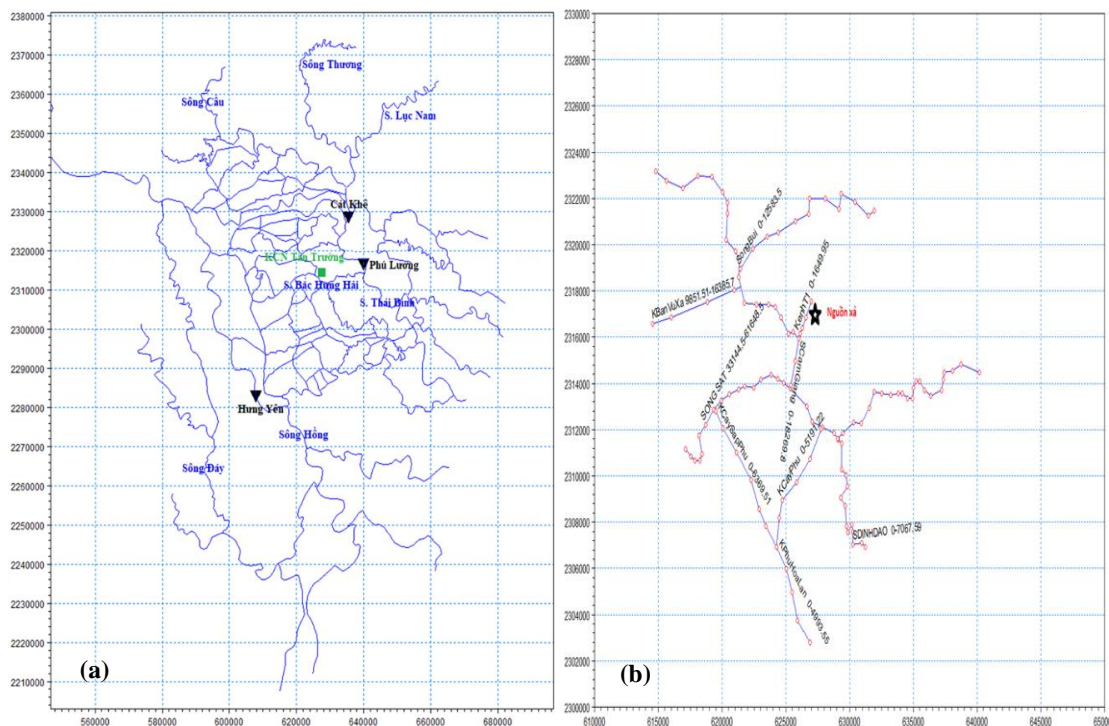
2.2. Thu thập số liệu nghiên cứu và thiết lập mô hình

Nghiên cứu kế thừa hệ thống thủy lực sông Hồng–Thái Bình từ các đề tài/ dự án đã thực hiện, số liệu biên trên và biên dưới được cập nhật với số liệu lưu lượng và mực nước năm 2017 và 2018. Số liệu tại trạm thủy văn Cát Khê, Phú Lương và Hưng Yên năm 2018 và năm 2019 được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

Biên trên là quá trình lưu lượng tại các trạm thủy văn gồm: Sơn Tây, Gia Bảy, Cầu Sơn, Chũ và Hưng Thi. Các biên dưới là các trạm đo mực nước gồm: Như Tân, Phú Lễ, Ba Lạt, Đông Quý, Đông Xuyên, Quang Phục, Cửa Cấm, Do Nghi (Hình 2a).

Mạng sông mô phỏng chất lượng nước được thu gọn với các biên như sau:

- + Biên trên là quá trình lưu lượng tại các vị trí: Mặt cắt trên cùng đoạn sông Cẩm Giàng, sông Sắt, kênh T1, kênh Vu Xá và Sông Bùi.
- + Biên dưới là quá trình mực nước tại mặt cắt cuối cùng đoạn sông Đình Đào, kênh Phú Hoa Lan và sông Sắt (Hình 2b).



Hình 2. Sơ đồ mạng lưới thủy lực sông nghiên cứu.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình thủy động lực một chiều MIKE 11 với 02 mô đun (HD và AD) hiện là một mô hình tiên phong với nhiều ứng dụng thành công trên thế giới. Các phương trình cơ bản trong phần mềm MIKE 11 bao gồm: Hệ phương trình Saint–Venant, phương trình lan truyền, khuếch tán thông số ô nhiễm và phương trình mô tả các quá trình phản ứng sinh hoá trong môi trường nước [21–23].

Do đó để tính toán mô phỏng chế độ dòng chảy trong sông, mô hình MIKE 11 dựa trên cơ sở giải hệ phương trình Saint–Venant được thiết lập bao gồm 2 phương trình tạo thành hệ hai phương trình hai ẩn có dạng như sau:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + g.A.\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{g.Q|Q|}{C^2 A.R} = 0 \tag{1-2}$$

Trong đó Q là lưu lượng (m³/s); A là diện tích mặt cắt ướt (m²); q là lưu lượng dòng ra nhập trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m³/m.s); h là mực nước (m); C là hệ số trở lực Chezy; α là hệ số phân bố động lượng; R là bán kính thủy lực hoặc bán kính trở lực.

Phương trình cơ bản của modul tải khuếch tán: Phương trình được thiết lập dựa trên định luật bảo toàn khối lượng với các giả thiết sau: Các chất được coi như xáo trộn hoàn toàn trên toàn mặt cắt; Các chất được coi là không biến đổi hoặc có tốc độ phân huỷ bậc 1; Áp dụng định luật khuếch tán Fick, nghĩa là coi các chất phân tán theo sự biến thiên nồng độ

Phương trình lan truyền, khuếch tán trong mô hình MIKE 11 có dạng sau [24–25]:

$$\frac{\partial(AC)}{\partial t} + \frac{\partial(QC)}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x}(A.D.\frac{\partial C}{\partial x}) = -A.K.C + C_2.q \tag{3}$$

Trong đó A là Diện tích mặt cắt (m²); C là hàm lượng thành phần chất (kg/m³); Q là lưu lượng (m³/s); q là lưu lượng dòng bên gia nhập tính trên 1 đơn vị chiều dài (m³/s); C₂ là hàm lượng thành phần chất dòng gia nhập (kg/m³); D là hệ số phân tán dọc trục (m²/s).

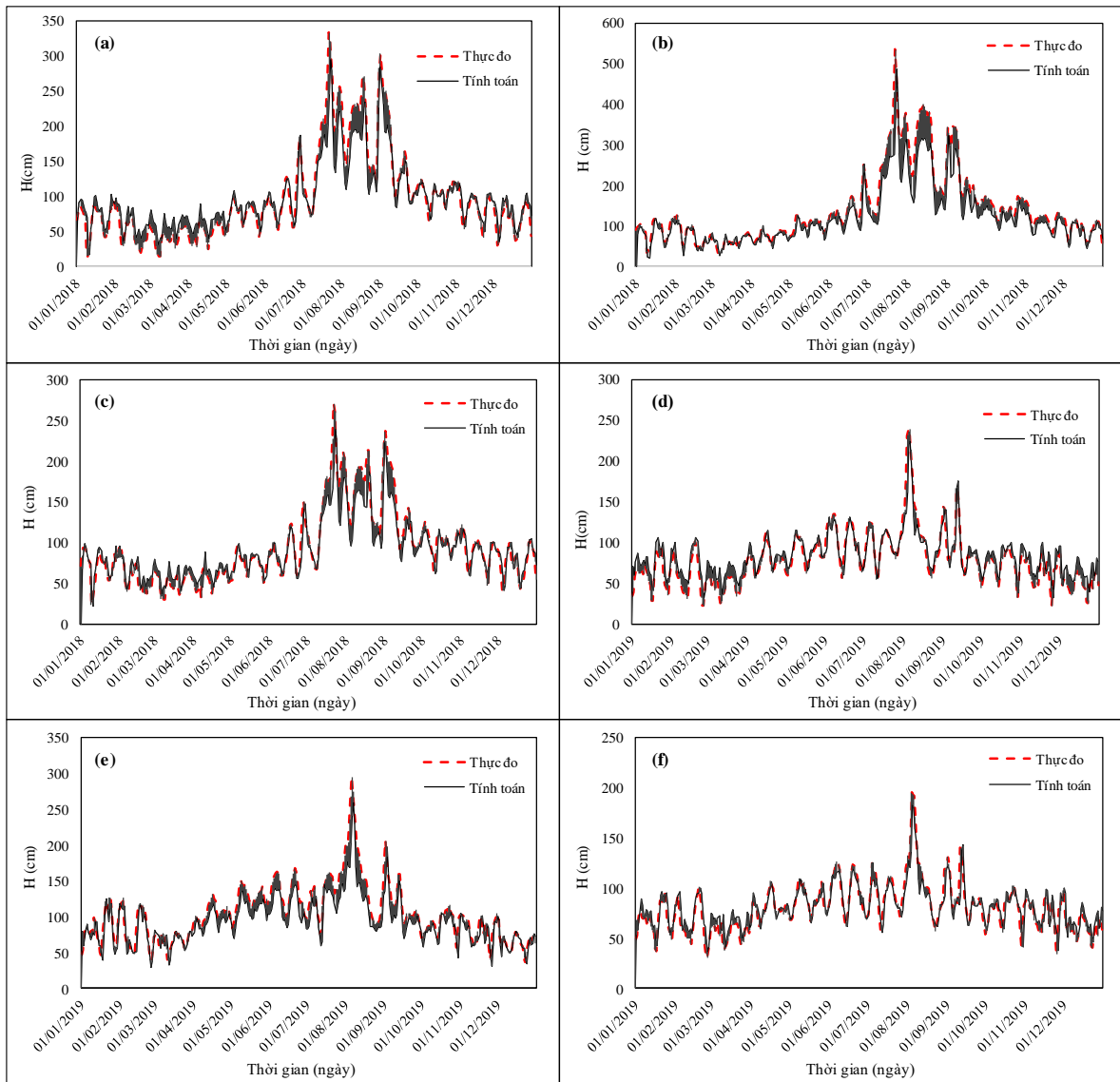
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định mô hình thủy lực

Nghiên cứu sử dụng số hiệu hiệu chỉnh mô hình thủy lực tại 03 trạm: Cát Khê, Phú Lương và Hưng Yên từ 1/1/2018–31/12/2018 và số liệu kiểm định mô hình thủy lực tại 03 trạm từ 1/1/2019–31/12/2019. Kết quả tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mực nước tại các trạm kiểm tra trong khu vực nghiên cứu cho kết quả tương đối tốt (chỉ số NASH dao động từ 0,80–0,87). Kết quả này cho thấy mô hình mô phỏng tương đối tốt quá trình thủy lực khu vực nghiên cứu. Tổng hợp kết quả đánh giá đường quá trình mực nước hiệu chỉnh, kiểm định mô hình và bảng tổng hợp đánh giá kết quả theo chỉ số NASH được thể hiện trên hình 3 và bảng 1.

Bảng 1. Đánh giá kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực.

TT	Tên trạm	NASH	
		Hiệu chỉnh	Kiểm định
1	Cát Khê	0,88	0,81
2	Phú Lương	0,87	0,82
3	Hưng Yên	0,86	0,80



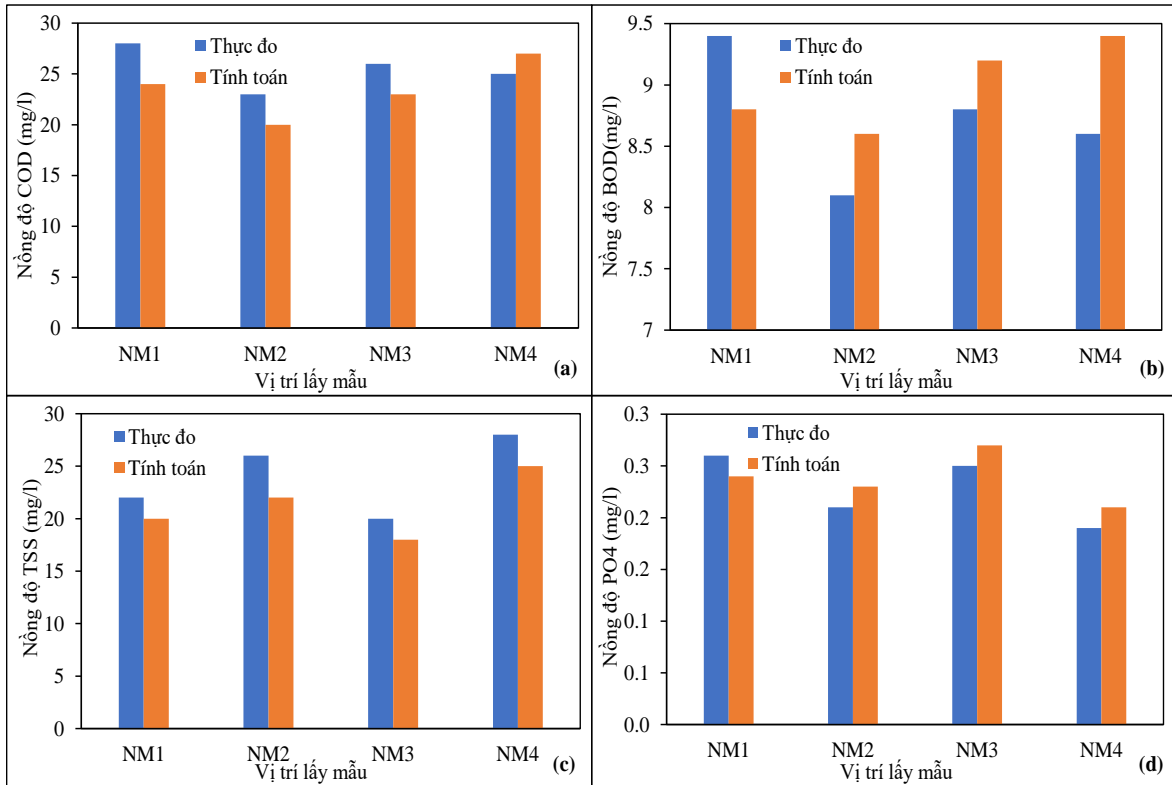
Hình 3. Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại các trạm: (a) Cát Khê; (b) Phú Lương; (c) Hưng Yên; Kết quả kiểm định mực nước tại các trạm: (d) Cát Khê; (e) Phú Lương; (f) Hưng Yên.

3.2. Kết quả mô phỏng chất lượng nước

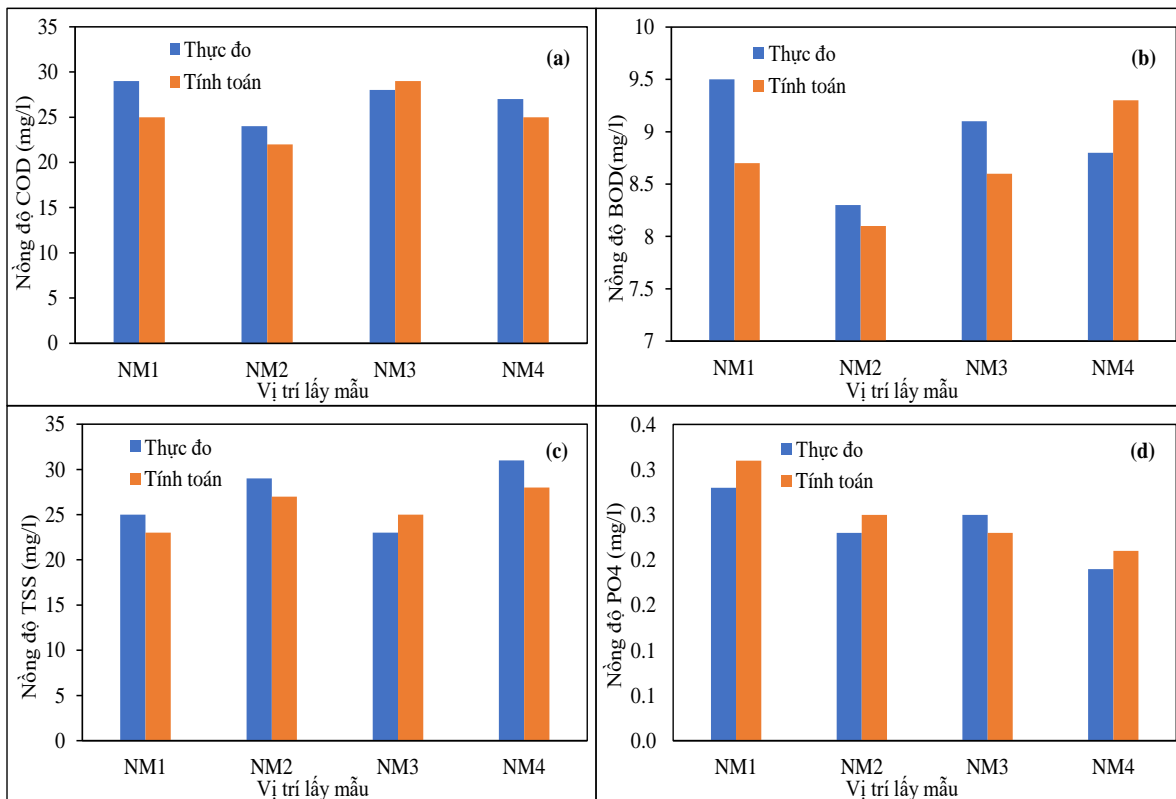
3.2.1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chất lượng nước

Sau khi hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực hệ thống sông khu vực nghiên cứu, tiến hành tích hợp mô đun thủy lực MIKE 11 HD và mô đun mô phỏng chất lượng nước MIKE 11 Ecolab vào để mô phỏng diễn biến nồng độ các thông số ô nhiễm từ nguồn thải KCN Tân Trường mở rộng. Mô hình chất lượng nước tiến hành hiệu chỉnh với số liệu khảo sát lấy mẫu tháng 7 năm 2021, kiểm định với số liệu khảo sát lấy mẫu tháng 8 năm 2021. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chất lượng nước được thể hiện trên hình 4 và hình 5.

Kết quả hiệu chỉnh và mô phỏng mô hình MIKE 11 Ecolab với một số thông số ô nhiễm tại các vị trí kiểm định cho thấy bộ thông số mô hình chất lượng nước tìm được khá phù hợp với khu vực dự án; sai số tương đối nhỏ hơn 15%. Do đó bộ thông số mô hình được sử dụng để mô phỏng các kịch bản để đánh giá tác động nguồn xả khu công nghiệp Tân Trường mở rộng đến chất lượng nước sông xung quanh khu vực Dự án như phần dưới đây của báo cáo.



Hình 4. Kết quả hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước tại các vị trí lấy mẫu: (a) COD; (b) BOD; (c) TSS; (d) PO₄.



Hình 5. Kết quả kiểm định mô hình chất lượng nước tại các vị trí lấy mẫu: (a) COD; (b) BOD; (c) TSS; (d) PO₄.

Bảng 2 là kết quả đánh giá sai số một số chất có số liệu thực đo tại các vị trí hiệu chỉnh – kiểm định mô hình.

Bảng 2. Đánh giá sai số kết quả hiệu chỉnh mô hình.

STT	Tên chất	Vị trí kiểm tra			
		NM1	NM2	NM3	NM4
1	TSS	9%	15%	10%	11%
2	COD	14%	13%	12%	8%
3	BOD ₅	6%	8%	5%	9%
4	Photphat (PO ₄)	8%	10%	9%	11%

Bảng 3. Đánh giá sai số kết quả kiểm định mô hình.

STT	Tên chất	Vị trí kiểm tra			
		NM1	NM2	NM3	NM4
1	TSS	8%	7%	9%	10%
2	COD	14%	8%	6%	7%
3	BOD ₅	8%	4%	7%	6%
4	Photphat (PO ₄)	12%	9%	8%	11%

3.2.2. Kết quả mô hình các kịch bản tính toán

Nghiên cứu tiến hành mô phỏng 02 kịch bản:

- Kịch bản 1 (KB1): Mô phỏng chất lượng nước trong trường hợp hệ thống xử lý nước thải của khu công nghiệp hoạt động bình thường, nước thải đạt cột A ($K_q = 0,9$; $K_f = 1,0$) theo QCVN 40:2011/BTNMT.

- Kịch bản 2.1 (KB21): Mô phỏng chất lượng nước trong trường hợp hệ thống xử lý nước thải xảy ra sự cố: Trường hợp xảy ra được mô phỏng như sau: tại thời điểm trước khi xảy ra sự cố, nồng độ các chất vẫn đảm bảo đạt cột A ($K_q = 0,9$; $K_f = 1,0$) theo QCVN 40:2011/BTNMT, ngay sau khi xảy ra sự cố nhà máy xử lý nước thải không hoạt động, toàn bộ nồng độ các chất thải khi đó không được xử lý về cột A, mà xả thẳng ra sông với nồng độ thu gom vào điểm xả thải tập trung (chất lượng nước thải của khu công nghiệp đạt cột B theo QCVN 40:2011/BTNMT với $K_q = 0,9$ và $K_f = 1,0$) với thời gian xả thải liên tục 8 giờ. Nồng độ các thông số ô nhiễm được thiết lập dạng chuỗi thời gian với 8 giờ liên tục là nồng độ cột B theo QCVN 40:2011/BTNMT, đến giờ thứ 9 thì nồng độ các chất trở về giá trị cột B theo QCVN 40:2011/BTNMT với $K_q = 0,9$ và $K_f = 1,0$. (Kịch bản giả định sau 8 giờ thì khắc phục hoàn toàn sự cố, nhà máy xử lý nước thải hoạt động bình thường).

- Kịch bản 2.2 (KB22): Mô phỏng chất lượng nước trong trường hợp hệ thống xử lý nước thải khắc phục sự cố và tiếp tục xả thải với tiêu chuẩn thải cột A ($K_q = 0,9$, $K_f = 1,0$) được quy định trong QCVN 40:2011/BTNMT.

Kết quả mô phỏng theo các kịch bản sẽ so sánh với giá trị của cột A2 và B1 được quy định trong QCVN 08–MT:2015/BTNMT, cụ thể như sau:

a) Kết quả mô phỏng kịch bản 1: Nhà máy xử lý nước thải hoạt động bình thường

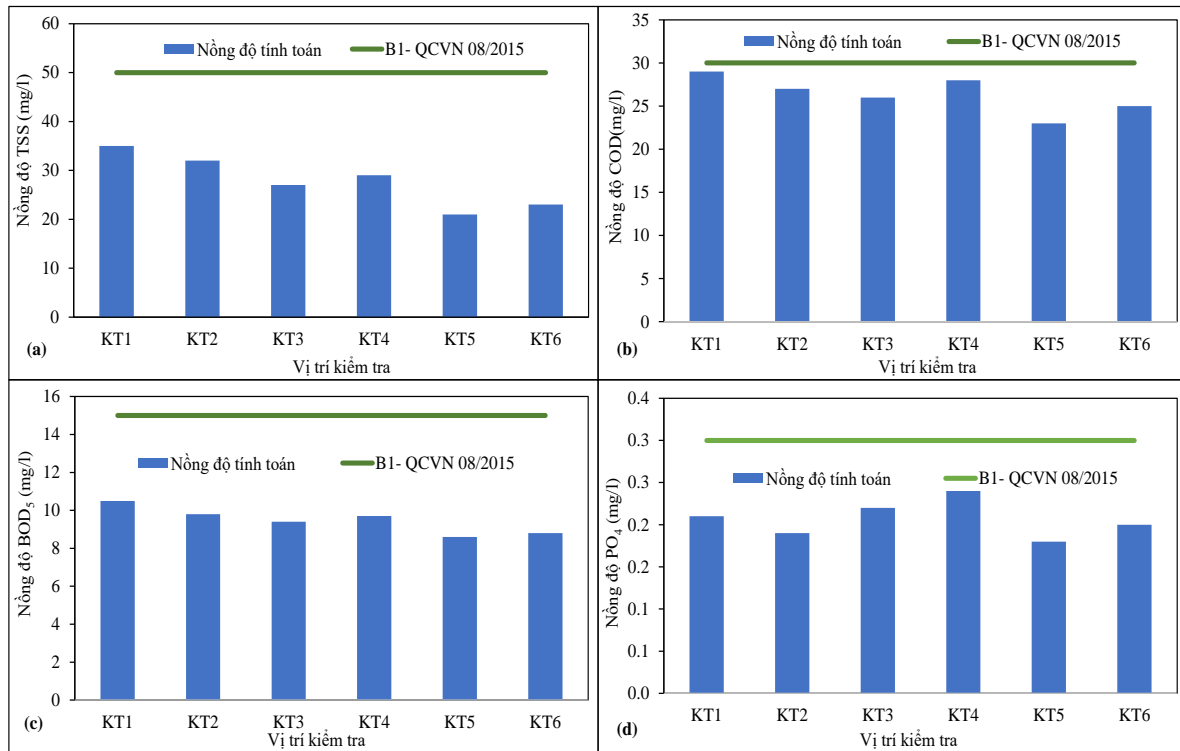
Kết quả mô phỏng với kịch bản mô phỏng nồng độ các thông số ô nhiễm được xử lý đạt chuẩn theo cột A trong QCVN 40:2011/BTNMT về nước thải công nghiệp cho thấy, trường hợp nhà máy xử lý nước thải hoạt động bình thường:

- Nồng độ TSS dưới ngưỡng giá trị nồng độ TSS giới hạn được quy định tại cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra. Nồng độ TSS cao nhất tại vị trí kiểm tra sau nguồn thải từ KCN Tân Trường mở rộng (Hình 6a).

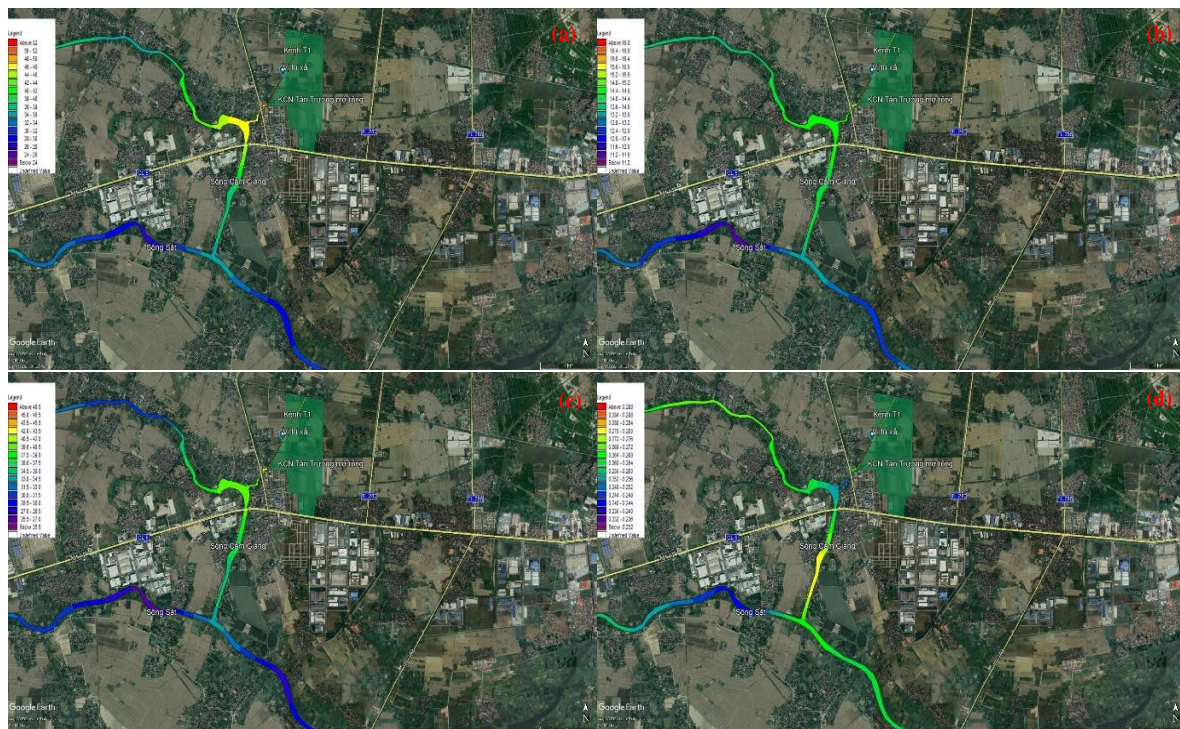
- Nồng độ COD dưới ngưỡng giá trị giới hạn được quy định tại cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra, nồng độ COD lớn nhất tại vị trí sau nguồn xả thải KCN Tân Trường mở rộng sau đó giảm dần tại các vị trí kiểm tra trên sông Cẩm Giàng và sông Sặt (Hình 6b).

- Nồng độ BOD₅ nhỏ hơn giá trị giới hạn vượt giới hạn cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra (Hình 6c).

- Nồng độ Phốt phát dưới ngưỡng B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra trên kênh T1, sông Cẩm Giàng và sông Sắt (Hình 6d).



Hình 6. Kết quả mô phỏng nồng độ các chất ô nhiễm tại các vị trí kiểm tra theo kịch bản 1 (KB1).

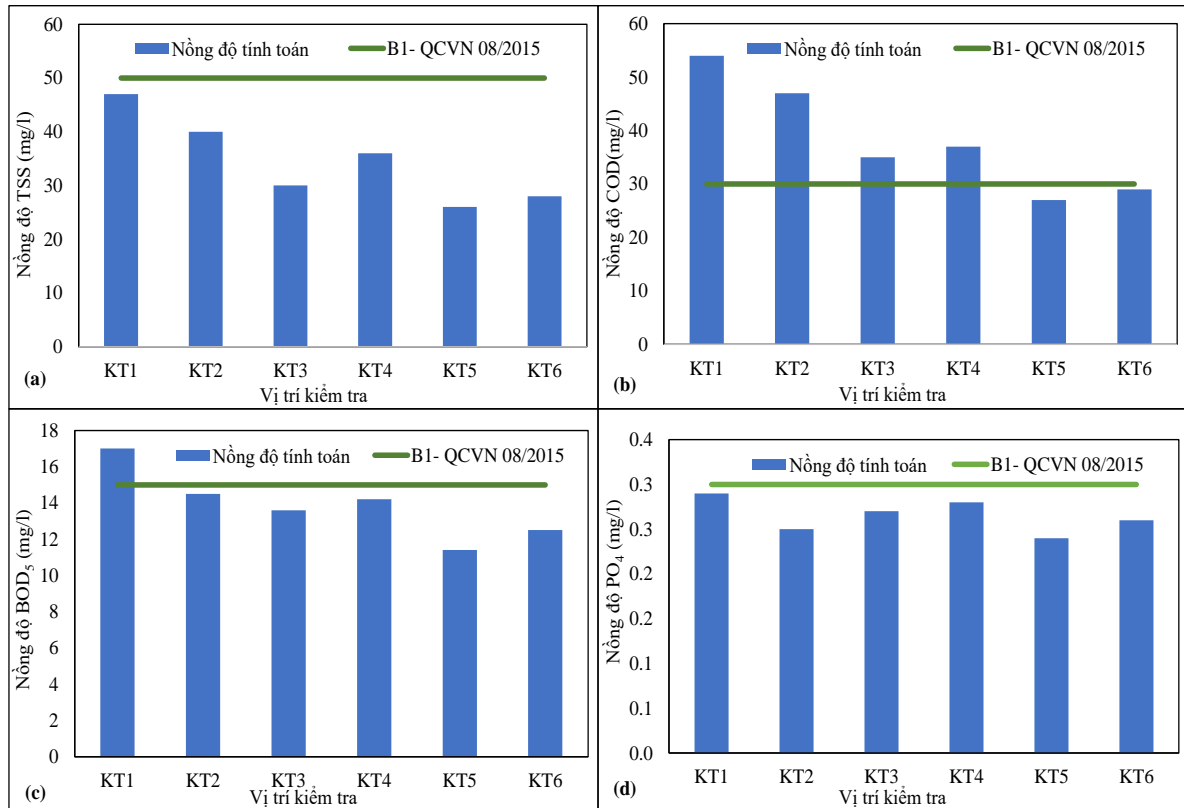


Hình 7. Kết quả mô phỏng diễn biến nồng độ chất ô nhiễm theo kịch bản 1 (KB1).

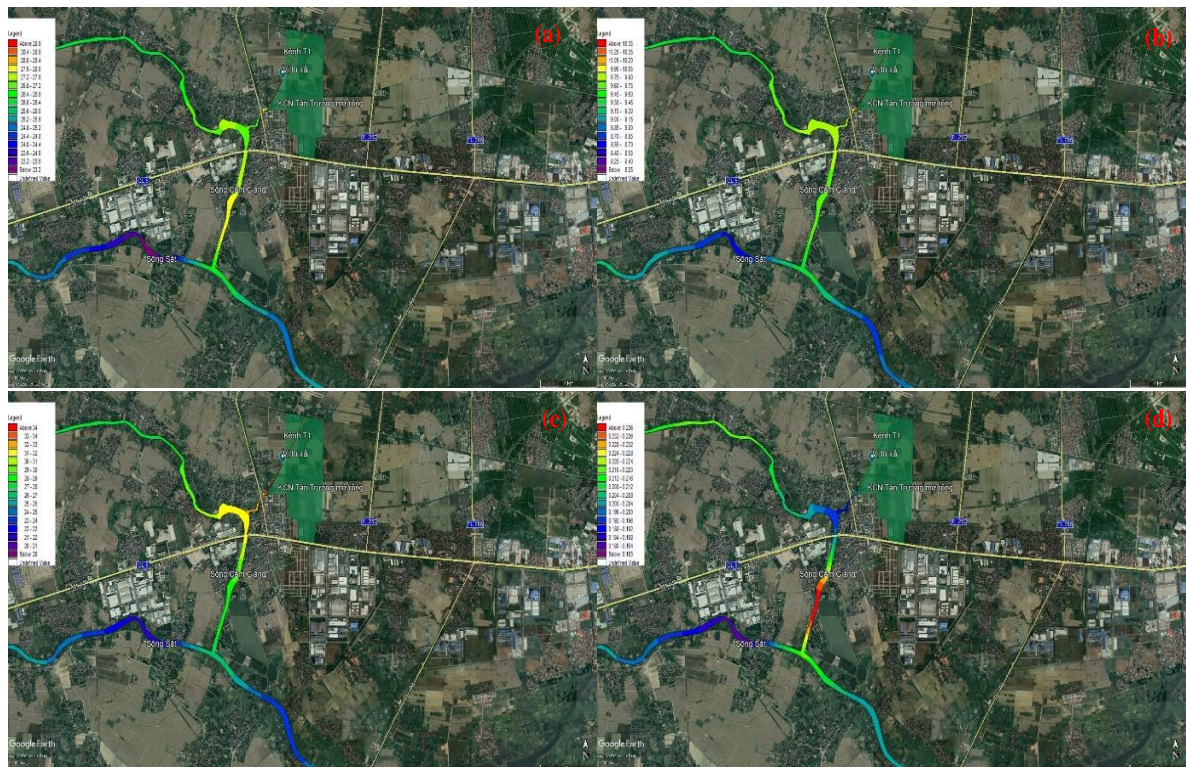
Hình 7 thể hiện kết quả nồng độ các thông số ô nhiễm TSS, COD, BOD₅ và Phốt phát lên bản đồ khu vực nghiên cứu, kết quả cho thấy nồng độ các thông số ô nhiễm tại sông Cẩm Giàng đều ở thang màu xanh và vàng, giá trị nồng độ các thông số đều đạt dưới ngưỡng B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT.

b) Kết quả mô phỏng kịch bản 2.1: Nhà máy xử lý nước thải xây ra sự cố (KB21)

Dưới đây là kết quả mô phỏng trường hợp nhà máy xử lý nước thải gặp sự cố, nước thải đạt loại B theo QCVN 40:2011/BTNMT xả thẳng ra sông trong 8 giờ đồng hồ. Kết quả mô phỏng được thể hiện dưới dạng đồ thị (Hình 8 và Hình 9).



Hình 8. Kết quả mô phỏng nồng độ các chất ô nhiễm tại các vị trí kiểm tra theo kịch bản 1 (KB21).



Hình 9. Kết quả mô phỏng diễn biến nồng độ chất ô nhiễm theo kịch bản 2.1 (KB21).

Kết quả mô phỏng cho thấy, trường hợp nhà máy xử lý nước thải tập trung xảy ra sự cố và tiếp tục thải ra ngoài môi trường thì:

- Nồng độ TSS dưới ngưỡng giá trị của cột B1 của QCVN 08–MT:2015/ BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra. Nồng độ TSS cao nhất tại vị trí kiểm tra sau nguồn thải từ KCN Tân Trường mở rộng là 47 mg/l (Hình 8a, 9c).

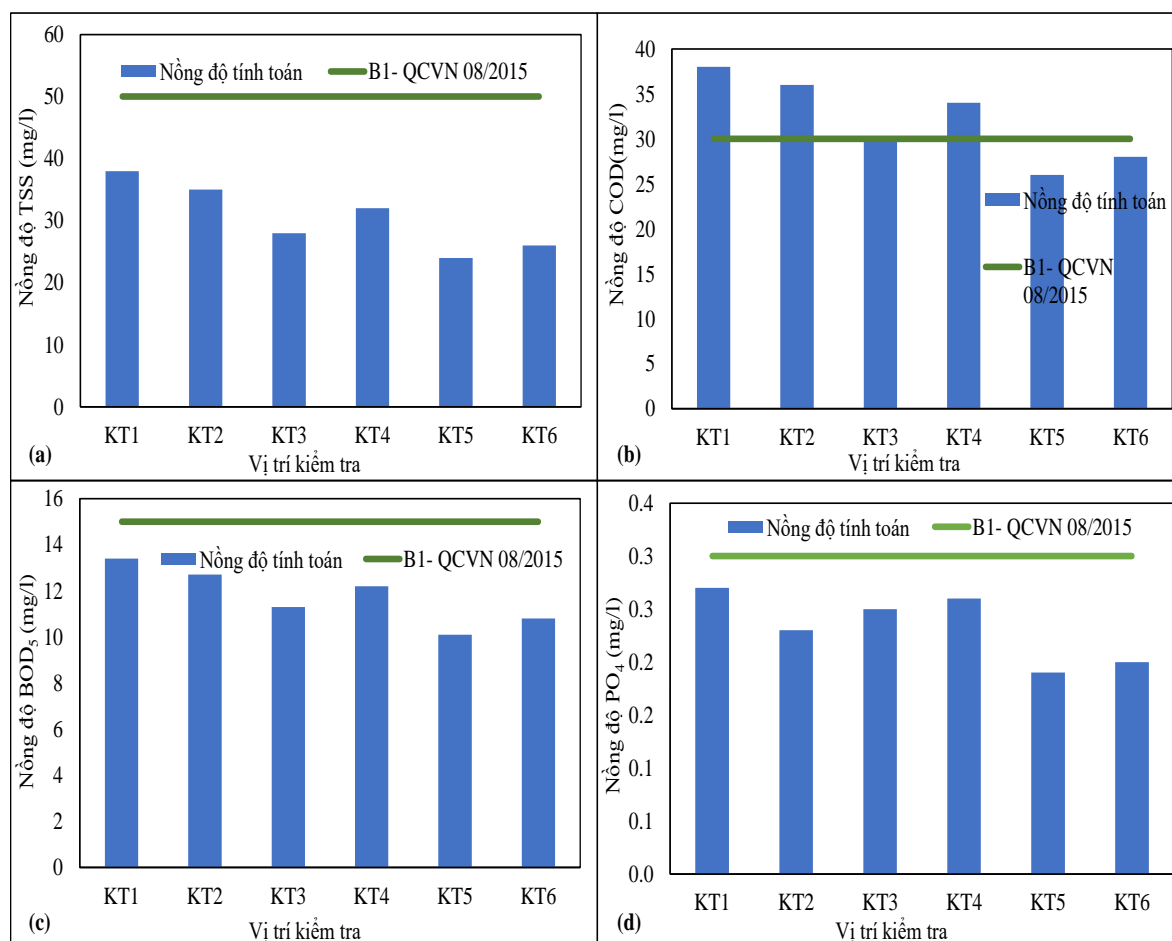
- Nồng độ COD vượt giới hạn cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại các vị trí kiểm tra từ KT1 đến KT4: đây là các vị trí kiểm tra ngay sau nguồn thải, gần điểm xả từ kênh mương tiếp nhận T1 qua trạm bơm Cầu Ghẽ ra sông Cẩm Giàng, thượng lưu sông Cẩm Giàng, hạ lưu sông Cẩm Giàng, nguyên nhân do nồng độ nền COD khu vực đã khá cao (xấp xỉ ngưỡng cho phép) và nồng độ COD khi không xử lý theo cột A mà xả thải ra sông cũng rất cao (135mg/l); 2 vị trí kiểm tra (KT5 và KT6) trên sông Sắt dưới giới hạn cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT (Hình 8b, 9a).

- Nồng độ BOD₅ nhỏ hơn giá trị giới hạn cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại 05 vị trí kiểm tra (vị trí từ KT2 đến KT5), chỉ có vị trí KT1 ngay sau điểm xả thải thì nồng độ vượt ngưỡng giới hạn cho phép (Hình 8c, 9b).

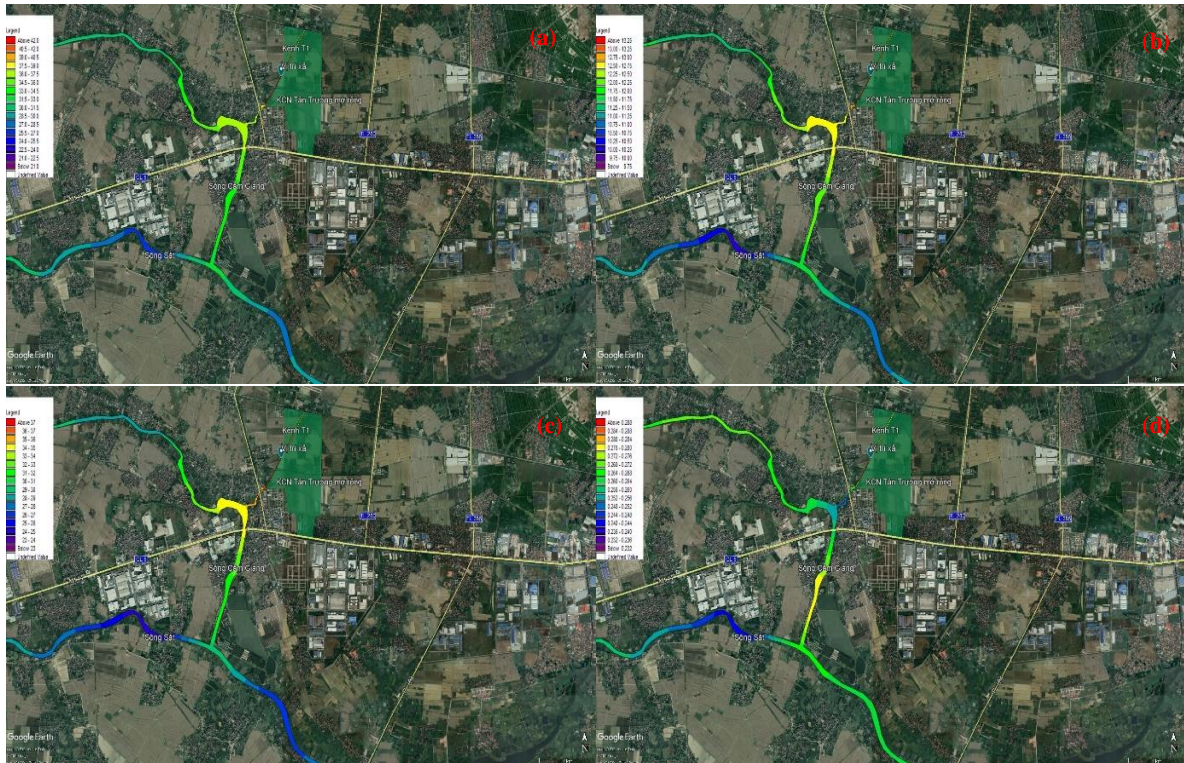
- Nồng độ Phốt phát dưới ngưỡng B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra trên kênh T1, sông Cẩm Giàng và sông Sắt (Hình 8d, 9d).

c) Kết quả mô phỏng kịch bản 2.2: Nhà máy xử lý nước thải hoạt động bình thường sau 08 tiếng xảy ra sự cố (KB22)

Để đánh giá và phân tích diễn biến nồng độ các thông số ô nhiễm từ KCN và nguồn tiếp nhận, kết quả mô phỏng được thể hiện dưới dạng đồ thị và bản đồ như Hình 10 và Hình 11.



Hình 10. Kết quả mô phỏng nồng độ các chất ô nhiễm tại các vị trí kiểm tra theo kịch bản 1 (KB21).



Hình 11. Kết quả mô phỏng diễn biến nồng độ chất ô nhiễm theo kịch bản 2.2 (KB22).

- Nồng độ TSS dưới ngưỡng quy định tại cột B1 của QCVN 08–MT:2015/ BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra. Nồng độ TSS cao nhất tại vị trí kiểm tra sau nguồn thải từ KCN Tân Trường mở rộng là 38 mg/l (Hình 10a).

- Nồng độ COD vượt giới hạn ngưỡng quy định tại cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại vị trí kiểm tra KT1, KT2 và KT4; 03 vị trí kiểm tra là KT3, KT5 và KT6 vẫn đảm bảo dưới giới hạn cho phép (Hình 10b).

- Nồng độ BOD₅ dưới ngưỡng quy định tại cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra. Nồng độ BOD₅ cao nhất tại vị trí kiểm tra sau nguồn thải (KT1) từ KCN Tân Trường mở rộng là 13,4 mg/l (Hình 10c).

- Nồng độ Phốt phat dưới ngưỡng B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra trên kênh T1, sông Cẩm Giàng và sông Sắt (Hình 10d).

Như vậy, với kịch bản mô phỏng sự cố nhà máy xử lý nước thải sau 8 giờ và khắc phục tại giờ thứ 9 thì với khả năng pha loãng và tự làm sạch của hệ thống sông Cẩm Giàng, sông Sắt thì nồng độ thông số ô nhiễm trong kênh T1 và các vị trí lân cận giảm dần và theo kết quả mô phỏng thì sau 20 giờ phần lớn nồng độ các thông số ô nhiễm sẽ đảm bảo đạt trạng thái nước sông như khi chưa xảy ra sự cố.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành chạy mô phỏng chất lượng nước các sông trong khu vực Dự án với số liệu mùa kiệt năm 2021, như vậy diễn biến nồng độ các thông số ô nhiễm trong báo cáo là kết quả mô phỏng trong điều kiện bất lợi nhất. Kết quả mô phỏng thủy lực và chất lượng nước cho thấy:

a) Về chế độ thủy văn của kênh sông tiếp nhận nguồn thải:

Theo kết quả mô phỏng, khi nguồn thải của nhà máy xử lý nước thải KCN Tân Trường mở rộng đổ vào sông Cẩm Giàng, chế độ thủy văn có sự thay đổi không đáng kể.

b) Về diễn biến chất lượng nước sông:

- Trong trường hợp hoạt động bình thường, kết quả mô phỏng cho thấy với kịch bản nhà máy xử lý nước thải của KCN Tân Trường mở rộng hoạt động bình thường thì nồng độ tất

cả các chất ô nhiễm mô phỏng đều dưới ngưỡng giới hạn cho phép tại cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại tất cả các vị trí kiểm tra. Kết quả triết xuất trong báo cáo là kết quả nồng độ lớn nhất xảy ra trong thời đoạn mô phỏng tính toán.

- Trong trường hợp sự cố, báo cáo đã mô phỏng quá trình sự cố diễn ra sau 8 giờ thì được khắc phục, có thể nhận thấy:

+ Thời điểm sau khi xảy ra sự cố, nồng độ các thông số ô nhiễm trong sông có xu hướng tăng lên sau 8 giờ liên tục xả nước thải có nồng độ theo cột B–QCVN 40:2011/BTNMT, nồng độ COD vượt ngưỡng giá trị cho phép tại cột B1 của QCVN 08–MT:2015/BTNMT tại hầu hết các vị trí kiểm tra, nồng độ BOD₅ vượt giới hạn tại vị trí sau nguồn xả thải của KCN Tân trường mở rộng, nồng độ Phốt phát và TSS vẫn đảm bảo dưới giới hạn B1 tại các vị trí kiểm tra.

+ Đến giờ thứ 9, sự cố được khắc phục, nước thải xả ra sông đã được xử lý đạt giới hạn cột A của QCVN 40:2011/BTNMT, mô hình tiếp tục mô phỏng thì sau 08 giờ đồng hồ, chất lượng nước sông tại các vị trí kiểm tra đều có xu hướng giảm dần (kết quả kịch bản 2.2) và sau khoảng 20 giờ thì nồng độ các chất trở về trạng thái ổn định như trong trường hợp không có sự cố (kịch bản 1).

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

Lời cảm ơn: Bài báo đã kế thừa và sử dụng tài liệu và số liệu thuộc báo cáo đánh giá tác động môi trường KCN Tân Trường (2021).

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

Tài liệu tham khảo

1. Doan, Q.T.; Nguyen, T.M.L.; Quach, T.T.T.; Tran, A.P.; Nguyen, C.D. Assessment of water quality in coastal estuaries under the impact of an industrial zone in Hai Phong, Vietnam. *Phys. Chem. Earth. A/B/C/* **2019**, *113*, 100–114.
2. Doan, Q.T.; Nguyen, T.M.L.; Tran, H.T.; Kandasamy, J. Application of 1D–2D coupled modeling in water quality assessment: A case study in Ca Mau Peninsula, Vietnam. *Phys. Chem. Earth. A/B/C/* **2019**, *113*, 83–99.
3. Nguyen, P.Q.A.; Gourbesville, P.; Audra, P.; Vo, N.D.; Vo, D.N.K. Methodology for Wastewater Discharge Modeling – Application to Danang Bay, Vietnam. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2020**, *505*, 012047.
4. Tri, D.Q.; Kandasamy, J.; Don, N.C. Quantitative assessment of the environmental impacts of dredging and dumping activities at sea. *Appl. Sci.* **2019**, *9*(8), 1703. <https://doi.org/10.3390/app9081703>.
5. Oliveira, V.H.; Sousa, M.C.; Morgado, F.; Dias, J.M. Modeling the Impact of Extreme River Discharge on the Nutrient Dynamics and Dissolved Oxygen in Two Adjacent Estuaries (Portugal). *J. Mar. Sci. Eng.* **2019**, *7*, 412. <https://doi.org/10.3390/jmse7110412>.
6. Tang, G.; Zhu, Y.; Wu, G.; Li, J.; Li, Z.L.; Sun, J. Modelling and analysis of hydrodynamics and water quality for rivers in the northern cold Region of China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2016**, *13*, 408.
7. Iqbal, M.M.; Shoaib, M.; Farid, H.U.; Lee, J.L. Assessment of Water Quality Profile Using Numerical Modeling Approach in Major Climate Classes of Asia. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 2258. doi:10.3390/ijerph15102258.
8. Khalifa, W.M.A. Evaluation of water quality parameters using numerical modeling approach for the El-Salam Canal in Egypt. *Int. J. Adv. Appl. Sci.* **2020**, *7*(2), 99–112.

9. Bui, H.H.; Ha, N.H.; Nguyen, T.N.D.; Nguyen, A.T.; Pham, T.T.H.; Kandasamy, J.; Nguyen, T.V. Integration of SWAT and QUAL2K for water quality modeling in a data scarce basin of Cau River basin in Vietnam. *Ecohydrol. Hydrobiol.* **2019**, *19*, 210–223.
10. Feng, T.; Wang, C.; Hou, J.; Wang, P.; Liu, Y.; Dai, Q.; Yang, Y.; You, G. Effect of inter-basin water transfer on water quality in an urban lake: A combined water quality index algorithm and biophysical modelling approach. *Ecol. Indic.* **2018**, *92*, 61–71.
11. Shi, P.; Zhang, Y.; Li, Z.; Li, P.; Xu, G. Influence of land use and land cover patterns on seasonal water quality at multi-spatial scales. *Catena* **2017**, *151*, 182–190.
12. Dai, X.; Zhou, Y.; Ma, W.; Zhou, L. Influence of spatial variation in land-use patterns and topography on water quality of the rivers inflowing to Fuxian Lake, a large deep lake in the plateau of southwestern China. *Ecol. Eng.* **2017**, *99*, 417–428.
13. Trinh, N.N.; Thịnh, N.H.Đ.; Thu, N.T.Q.; Phương, P.T.D.; Thoa, L.T.K.; Văn, C.T. Ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt sông Bảo Định đoạn chảy qua thành phố Tân An. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *744*, 28–38.
14. Hung, N.V.; Trúc, L.T.P.; Thanh, Đ.Q.; Đông, N.P.; Công, T.T. Xây dựng hệ thống dự báo chất lượng nước tự động trên kênh, rạch nội đô thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *741*, 57–74.
15. An, H.T.; Nhung, T.T.; Thủy, N.T.; Phương, T.A. Nghiên cứu kết hợp mô hình thủy lực và mô hình trí tuệ nhân tạo mô phỏng chất lượng nước sông Nhuệ – Đáy. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *739*, 67–80.
16. Cầu, L.N.; Quy, L.V.; Quỳnh, P.T. Đánh giá chất lượng nước sông Cầu trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên giai đoạn 2019–2020. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *736(1)*, 75–87.
17. Cầu, L.N.; Anh, N.T.V.; Quỳnh, P.T.; Chiên, N.T.H. Đánh giá chất lượng nước hồ chứa Hòa Bình giai đoạn 2011–2020 và đề xuất một số giải pháp phòng ngừa ô nhiễm môi trường nước hồ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *735*, 38–50.
18. Minh, H.V.T.; Tâm, N.T.; Như, Đ.T.H.; Thành, N.T.; Tỷ, T.V. Đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt và hiệu quả mô hình canh tác lúa nếp ba vụ ở Bắc Vàm Nao, An Giang. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, *732*, 38–48.
19. Anh, N.H.; Uyên, N.Đ.N.; Hồng, H.V. Phân vùng chất lượng nước hệ đầm phá Tam Giang – Cầu Hai, tỉnh Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *EME4*, 94–102.
20. Tuấn, L.N.; Huy, Đ.T. Đánh giá khả năng chịu tải của nguồn nước vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030 và đề xuất giải pháp cải thiện. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, *728*, 1–13.
21. DHI. MIKE 11_Ref, 2014.
22. DHI. MIKE 11_Short_Introduction-Tutorial, 2014.
23. DHI. MIKE11_UserManual, 2014.
24. DHI. ECOLab_UserGuide, 2014.
25. DHI. ECOLab_WQ, 2014.

Study and apply MIKE 11 model to assess the wastewater quality from industrial zones to Cam Giang River, Hai Duong Province

Tran Huu The^{1*}, Doan Quang Tri², Quach Thi Thanh Tuyet², Nguyen Van Nhat², Pham Tien Duc²

¹ Phu Yen Provincial Party Committee; thetranpy@gmail.com

² VietNam Journal of Hydrometeorology, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com; tuyetkttv@gmail.com; vannhat.tv@gmail.com; ducpham.vmha@gmail.com

Abstract: Industrial wastewater also parallels the development of the industry, leading to many unnecessary consequences for the environment and directly affecting the environment and people's health. MIKE 11 model used to assess the change in water quality of Cam Giang river when receiving additional waste sources from Tan Truong Industrial Park (IZ). The results show that most of the concentrations of pollution parameters (TSS, COD, BOD₅, PO₄) simulated on Cam Giang river still reach the allowable limit according to column B1 of QCVN 08–MT:2015/BTNMT. The results of simulation scenarios show that most of the pollutant concentrations at the receiving source are within the allowable range, only the COD concentration exceeds the allowable limit because the current COD concentration in the river continues. receiving wastewater from industrial zones is quite higher. The study results show that the MIKE 11 water quality simulation model can be used to simulate and evaluate the water quality changes from the IP to the receiving sources.

Keywords: MIKE 11 model; Water quantity; Tan Truong Industrial zone.

Bài báo khoa học

Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất tại huyện Mường Chà, tỉnh Điện Biên sử dụng các kỹ thuật phân loại K-Nearest-Neighbor và Gradient Boosting

Vũ Cao Đạt^{1*}, Nguyễn Đức Đảm¹, Phạm Thái Bình¹

¹ Trường Đại học Công nghệ GTVT, 54 Triều Khúc, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam; datvc@utt.edu.vn; damnd@utt.edu.vn; binhpt@utt.edu.vn

*Tác giả liên hệ: datvc@utt.edu.vn; Tel.: +84-384026586

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2022; Ngày phản biện xong: 23/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Bài báo tiến hành xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất tại Huyện Mường Chà, tỉnh Điện Biên sử dụng các kỹ thuật phân loại K-Nearest-Neighbor (KNN) và Gradient Boosting (GB) - là những kỹ thuật học máy có khả năng phân tích và khai phá dữ liệu lịch sử để phân loại và dự báo. Dữ liệu không gian được xây dựng bao gồm 206 vị trí sạt lở đất xảy ra trong quá khứ và 10 tham số điều kiện gây ra sạt lở đất được thu thập. Để kiểm chứng và so sánh các mô hình, các chỉ tiêu đánh giá định lượng bao gồm đường cong ROC, độ chính xác (%) được sử dụng. Kết quả đánh giá và so sánh cho thấy cả hai mô hình KNN và GB có năng lực dự báo không gian sạt lở đất cao; trong đó, mô hình GB có năng lực dự báo cao hơn so với mô hình KNN. Bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất xây dựng từ mô hình GB có độ chính xác cao có thể được sử dụng vào mục đích lập quy hoạch sử dụng đất, phục vụ phòng và chống những tác hại gây ra bởi sạt lở đất.

Từ khóa: Sạt lở đất; K-Nearest-Neighbor; Gradient Boosting; Điện Biên; Việt Nam.

1. Giới thiệu

Khu vực miền núi Phía Bắc của Việt Nam là một trong những khu vực chịu ảnh hưởng nghiêm trọng bởi sạt lở đất hàng năm [1]. Khu vực này bao gồm 15 tỉnh trong đó có tỉnh Điện Biên là tỉnh chiếm 28/8% diện tích tự nhiên của Việt Nam và có địa hình chủ yếu là dãy núi cao có độ dốc lớn và nền địa chất yếu, Vì vậy, dưới tác động của biến đổi khí hậu và quá trình đô thị hóa diễn ra mạnh mẽ trong thời gian gần đây các hiện tượng thiên tai như sạt lở đất, lũ quét và lũ ống xảy ra ngày càng nhiều và mức độ nghiêm trọng ngày càng gia tăng. Vì vậy, cần phải có những công cụ, giải pháp cần thiết và kịp thời để giảm thiểu những thiệt hại gây ra bởi thiên tai tại sạt lở đất.

Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất để xác định các khu vực có xác suất xảy ra sạt lở đất cao là nhiệm vụ cần thiết và là công cụ hữu ích để nâng cao hiệu quả phòng và chống thiên tai tại sạt lở đất [2]. Nghiên cứu và dự báo không gian sạt lở đã được thực hiện tại rất nhiều khu vực trên thế giới trong đó có Việt Nam. Nói chung, có hai cách tiếp cận chính nghiên cứu về dự báo không gian sạt lở đất bao gồm “định lượng” và “định tính” [3]. Cách tiếp cận định tính dựa vào quan điểm của các chuyên gia để xác định các trọng số cho các tham số thành phần để xác định xác suất xảy ra sạt lở đất ở một khu vực nghiên cứu nhất định. Cách tiếp cận định lượng là cách tiếp sử dụng các hàm hoặc công thức toán học dựa trên xác suất thống kê để xác định các trọng số. Cách tiếp cận định lượng được xem xét là cách tiếp cận có tính khách quan hơn và cho kết quả có độ chính xác cao hơn so với cách tiếp cận định tính [4].

Trong một vài thập kỷ gần đây, học máy (trí tuệ nhân tạo) được biết đến như là một phương pháp tính toán định lượng tiên tiến giải quyết rất nhiều các bài toán dự báo trong đó có dự báo không gian sạt lở đất, với nhiều kết quả có độ chính xác và hiệu quả cao. [5] kết hợp thuật toán trọng số lớp và các mô hình trí tuệ nhân tạo (hồi quy logistic, rừng ngẫu nhiên, máy học tăng cường độ dốc ánh sáng) trong dự báo không gian sạt lở đất khu vực hồ Tam Hiệp, Trung Quốc. [6] phát triển các mô hình lại giữa học sâu và phương pháp tập đồng bộ không đồng nhất để dự báo không gian sạt lở đất khu vực hồ Tam Hiệp, Trung Quốc. [7] xây dựng công cụ kỹ thuật tính toán bán tự động mã nguồn mở và miễn phí trong lập bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất sử dụng một vài thuật toán trí tuệ nhân tạo như máy véc tơ hỗ trợ (SVM), rừng ngẫu nhiên (RF) và XGBoost. Ở Việt Nam, một số nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất sử dụng các mô hình trí tuệ nhân tạo đã được thực hiện ở một số khu vực [8–10]. Nhìn chung, các mô hình học máy được đánh giá là cách tiếp cận độ chính xác cao và phù hợp trong xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất.

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất khu vực huyện Mường Chà, tỉnh Điện Biên sử dụng các kỹ thuật học máy điển hình như kỹ thuật phân loại K-Nearest-Neighbor (KNN) và Gradient Boosting (GB). Khu vực huyện Mường Chà, tỉnh Điện Biên được lựa chọn nghiên cứu là vùng có địa lý đồi núi hiểm trở và thường xuyên phải hứng chịu nhiều thiệt hại về người và của do sạt lở đất gây ra hàng năm. Kỹ thuật đường cong ROC và các chỉ số thống kê đánh giá định lượng được sử dụng để đánh giá và so sánh độ chính xác của các mô hình dự báo. Các công cụ như ArcGIS và Python được dùng để xây dựng cơ sở dữ liệu và mô hình hóa.

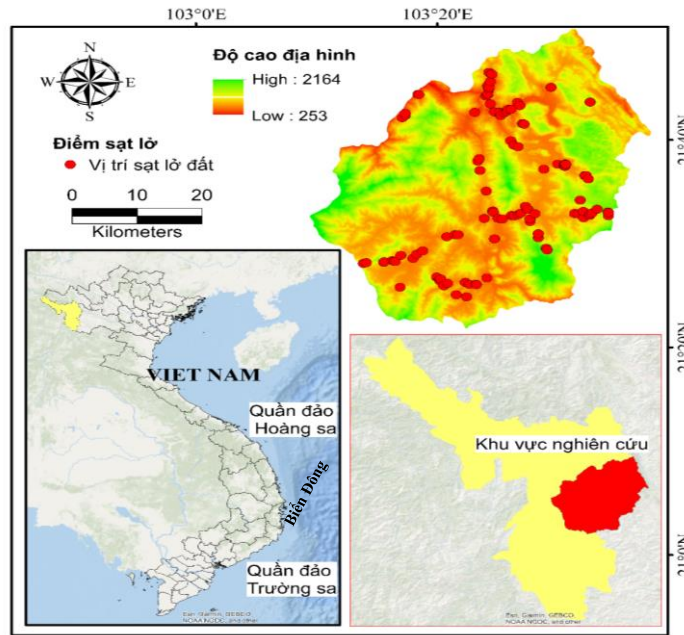
2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đặc điểm của khu vực nghiên cứu

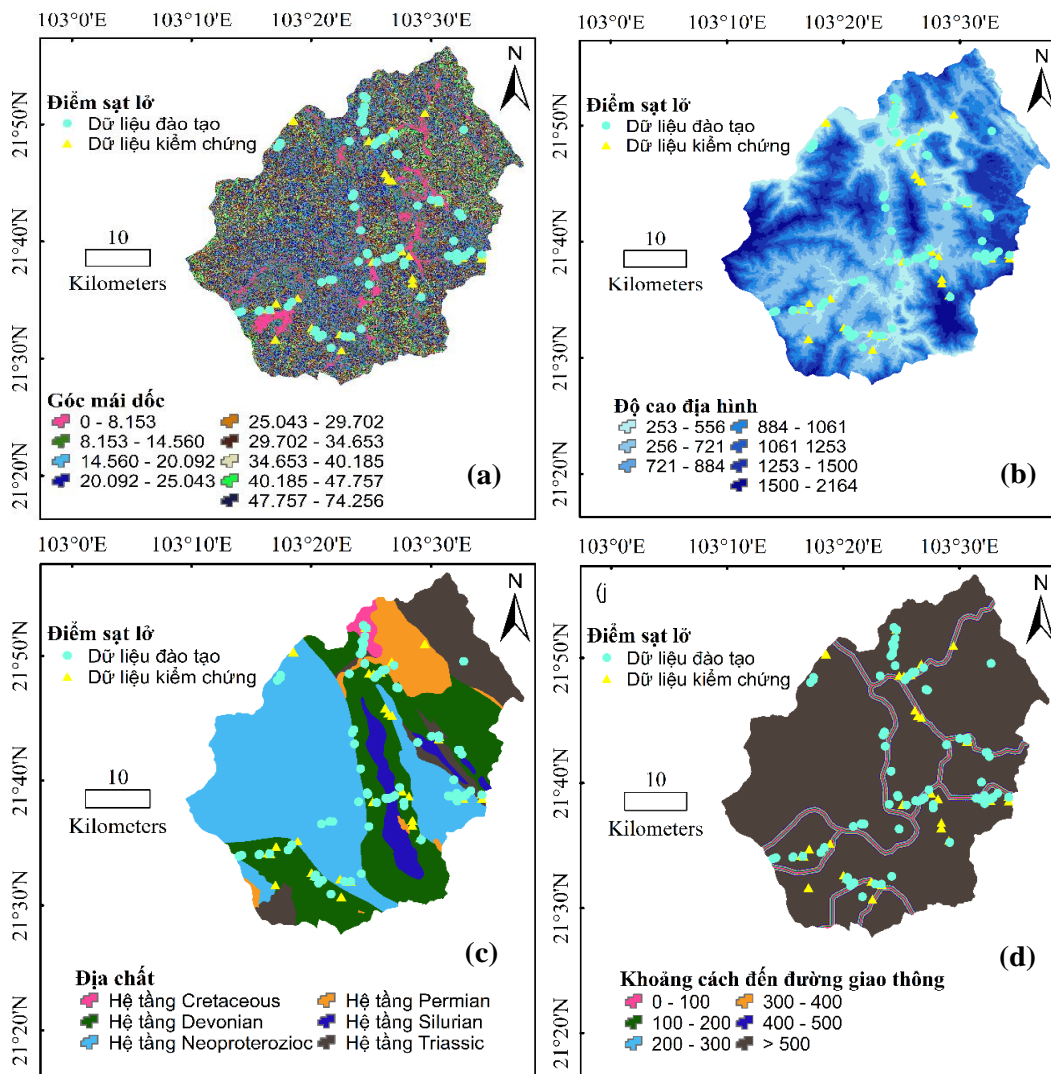
Huyện Mường Chà là một huyện miền núi thuộc vùng Tây Bắc, tỉnh Điện Biên có tọa độ địa lý kinh độ 103°49' Đông, vĩ độ 21°40' Bắc. Phía Tây Nam giáp với cộng hòa dân chủ nhân dân Lào, phía Tây giáp huyện Mường Nhé, phía Đông giáp huyện Tủa Chùa và Tuần Giáo, phía Nam giáp huyện Điện Biên, và phía Bắc giáp thị xã Mường Lay. Mường Chà đường biên giới Việt - Lào dài 56 km với tổng diện tích khoảng 1200 km², gồm 14 xã trong đó có 6 xã biên giới và 1 thị trấn. Các xã trong huyện đều là những khu vực vùng cao và sâu không thuận lợi trong giao thông, sự phân bố dân cư không tập trung. Địa hình huyện Mường Chà chủ yếu là địa hình đồi núi có độ cao trung bình so với mặt nước biển từ 350-1.500m, hướng của địa hình nghiêng dần theo hướng Tây Bắc - Đông Nam. Ngoài ra, địa hình bị chia cắt và mức độ chênh lệch địa hình lớn. Về thủy văn, huyện Mường Chà nằm trong phạm vi đầu nguồn của lưu vực sông Đà, nhiệt độ trung bình là 22°C đến 25°C, lượng mưa trung bình cả năm là 2.432 mm. Mùa mưa chủ yếu gia tăng từ tháng 4 đến cuối tháng 9 (<http://dienbien.gov.vn/portal/pages/print.aspx?p=12962>).

2.2. Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm hai dạng dữ liệu chính: hiện trạng sạt lở đất và các bản đồ thành phần các yếu tố điều kiện gây ra sạt lở đất. Trong đó, hiện trạng sạt lở đất được xây dựng từ dữ liệu thu thập từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Điện Biên kết hợp với sử dụng ảnh Google Earth (Hình 1). Có tổng cộng 206 vụ sạt lở đất trong quá khứ đã được nhận diện và thu thập. Trong đó, 70% (144) vị trí được sử dụng để xây dựng dữ liệu đào tạo và 30% (62) vị trí còn lại được sử dụng để xây dựng dữ liệu kiểm chứng. Quá trình xảy ra sạt lở đất thường chịu tác động bởi các yếu tố nguyên nhân liên quan đến địa các yếu tố liên quan đến các hoạt động của con người, sử dụng đất, địa chất-thủy văn, và hình địa mạo [9].



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu và hiện trạng sạt lở đất.



Hình 2. Một số bản đồ tham số điều kiện gây ra sạt lở đất: (a) Góc mái dốc; (b) Độ cao địa hình; (c) Địa chất; (d) Khoảng cách đến đường giao thông.

Trong nghiên cứu này, căn cứ vào cơ chế xảy ra sạt lở đất trong quá khứ và giả thiết rằng các vụ sạt lở đất xảy ra trong tương lai sẽ xảy ra dưới sự tác động của cùng các yếu tố nguyên nhân gây ra các vụ sạt lở đất trong quá khứ, tổng cộng 10 tham số điều kiện (hình dáng bề mặt địa hình, độ cao địa hình, hướng mái dốc, góc mái dốc, chỉ số bao phủ thực vật (NDVI), độ ẩm địa hình, địa chất, khoảng cách tới đường giao thông, khoảng cách tới các đứt gãy, và khoảng cách đến sông suối) đã được xác định và lựa chọn để xây dựng cơ sở dữ liệu cho bài toán dự báo không gian sạt lở đất. Trong đó, các tham số địa hình–địa mạo như độ cao địa hình, khoảng cách tới sông suối, hướng mái dốc, độ ẩm địa hình, góc mái dốc, hình dáng bề mặt địa hình được trích xuất và xây dựng từ mô hình số độ cao (DEM) với độ phân giải 30m được tải từ cơ sở dữ liệu của Hội địa chất Hoa Kỳ (<https://earthexplorer.usgs.gov>), các tham số địa chất và khoảng cách tới đứt gãy được trích xuất và xây dựng từ bản đồ địa chất Việt Nam tỷ lệ 1:200.000 thu thập từ Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam. Chỉ số NDVI được trích xuất từ cơ sở dữ liệu của Hội địa chất Hoa Kỳ (<https://earthexplorer.usgs.gov>), khoảng cách tới đường giao thông được xây dựng từ hệ thống đường trích xuất từ bản đồ kỹ thuật số của thế giới (<https://www.diva-gis.org/gdata>). Bản đồ của các tham số điều kiện được xây dựng trên nền tảng ứng dụng ArcGIS (Hình 2) và được chồng lán với bản đồ hiện trạng sạt lở đất để xây dựng cơ sở dữ liệu cho mô hình dự báo.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Kỹ thuật phân loại K–Nearest neighbors (KNN)

KNN là một thuật toán trí tuệ nhân tạo phân loại dựa trên khoảng cách Euclide giữa các trường hợp [11]. KNN phân loại và dự đoán các nhãn lớp cho các trường hợp khác nhau bằng cách đo khoảng cách Euclide ngắn nhất của nó từ các trường hợp khác [12]; trong đó, khoảng cách Euclide được tính khi xem xét tất cả các tính năng hoặc thuộc tính dưới dạng thứ nguyên [13]. Trong bài báo này, mô hình KNN được sử dụng để dự báo không gian sạt lở đất dựa trên việc phân loại nhị phân 2 nhãn: nhãn “1” thể hiện các vị trí có xảy ra sạt lở đất và nhãn “0” thể hiện các vị trí không xảy ra sạt lở đất.

2.3.2. Kỹ thuật phân loại Gradient Boosting (GB)

GB là một trong những phương pháp trí tuệ nhân tạo điển hình được sử dụng để phát triển các mô hình phân loại và hồi quy nhằm tối ưu hóa quá trình học của mô hình để giải quyết các vấn đề phi tuyến tính [13]. GB được biết đến rộng rãi hơn với tên gọi cây quyết định hoặc cây hồi quy. GB được đào tạo và xây dựng bằng cách bằng cách thêm người học mới theo cách tuần tự dần dần từ đó nhóm các mô hình dự đoán yếu, ví dụ, cây quyết định, thông qua các các nút và lá của cây quyết định, và kết quả dự đoán cuối cùng được xác định dựa trên các nút quyết định [14]. Các cây quyết định riêng lẻ là những mô hình yếu, nhưng khi được xem như một tập hợp (GB), độ chính xác của chúng được cải thiện nhiều [15]. Vì vậy, các quần thể được xây dựng dần dần theo cách tăng dần sao cho mọi quần thể sẽ sửa lỗi trong quần thể trước đó, từ đó nâng cao độ chính xác trong quá trình đào tạo mô hình.

2.3.3. Phương pháp đánh giá độ chính xác

Trong nghiên cứu này, các kỹ thuật như đường cong ROC và các chỉ số thống kê định lượng bao gồm chỉ số giá trị dự đoán âm (NPV), Kappa (K), giá trị dự đoán dương (PPV), độ chính xác (ACC), căn của sai số toàn phương trung bình gốc (RMSE), độ đặc hiệu (SPF), độ nhạy (SST), sai số tuyệt đối trung bình (MAE) được lựa chọn để đánh giá độ chính xác của các mô hình học máy. Lý thuyết và công thức tính các chỉ số này được trình bày cụ thể chi tiết trong nghiên cứu Đức, Thanh [1]. Nhìn chung, giá trị diện tích dưới đường cong ROC (AUC), K, PPV, NPV, ACC, SPF, SST càng cao thể hiện độ chính xác của mô hình là càng tốt. Ngược lại, các giá trị MAE, RMSE càng thấp thì độ chính xác của mô hình càng thấp.

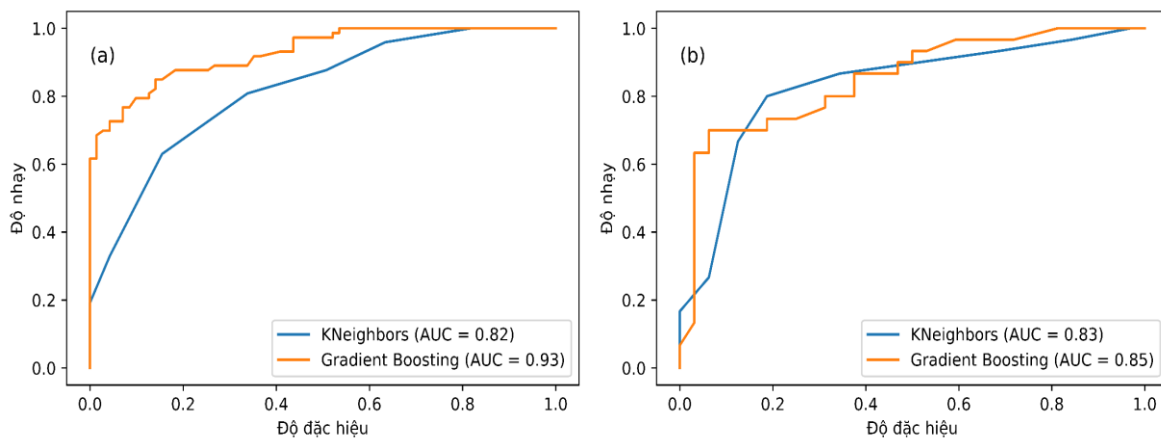
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá độ chính xác của các mô hình

Mô hình dự báo không gian sạt lở đất sử dụng kỹ thuật KNN và GB được xây dựng trên bộ dữ liệu đào tạo và được kiểm chứng trên bộ dữ liệu kiểm chứng và kết quả năng lực dự báo của các mô hình được thể hiện trên Hình 3, Hình 4 và Bảng 1. Kết quả dự báo sử dụng kỹ thuật đường cong ROC (Hình 3) thể hiện rằng giá trị AUC của cả hai mô hình KNN và GB đều cao cho cả bộ dữ liệu đào tạo và kiểm chứng. Cụ thể, Giá trị AUC của mô hình KNN và GB cho bộ dữ liệu đào tạo lần lượt là 0,82 và 0,93 trong khi đó với bộ dữ liệu kiểm chứng lần lượt là 0.83 và 0.85. Tuy nhiên, giá trị AUC của mô hình KNN cao hơn so với mô hình GB cho cả hai bộ dữ liệu đào tạo và dữ liệu kiểm chứng.

Kết quả dự báo của hai mô hình sử dụng các chỉ số thống kê khác được thể hiện ở Bảng 2. Giá trị các chỉ số thống kê của mô hình KNN lần lượt là PPV = 66,20%, NPV = 80,82%, SST = 77,05%, SPF = 71,08%, ACC = 73,61% và K = 0,471 sử dụng bộ dữ liệu đào tạo và PPV = 81,25%, NPV = 80%, SST = 81,25%, SPF = 80%, ACC = 80,65% và K = 0,613 sử dụng bộ dữ liệu kiểm chứng. Giá trị các chỉ số thống kê của mô hình GB lần lượt là PPV = 85,92%, NPV = 82,19%, SST = 82,43%, SPF = 85,71%, ACC = 84,03% và K = 0,681 sử dụng bộ dữ liệu đào tạo và PPV = 90,63%, NPV = 70%, SST = 76,32%, SPF = 87,50%, ACC = 80,65% và K = 0,610 sử dụng bộ dữ liệu kiểm chứng. Hình 3 thể hiện sự phân bố giá trị lỗi bình phương trung bình gốc (RMSE) của mô hình KNN và GB sử dụng bộ dữ liệu đào tạo và bộ dữ liệu kiểm chứng.

Nhìn chung, kết quả cho thấy cả hai mô hình KNN và GB có năng lực dự báo tốt; trong đó độ chính xác của mô hình GB tốt hơn so với mô hình KNN trong việc dự báo không gian sạt lở đất. Kết quả này phù hợp với kết quả của các nghiên cứu đã công bố [5–6].

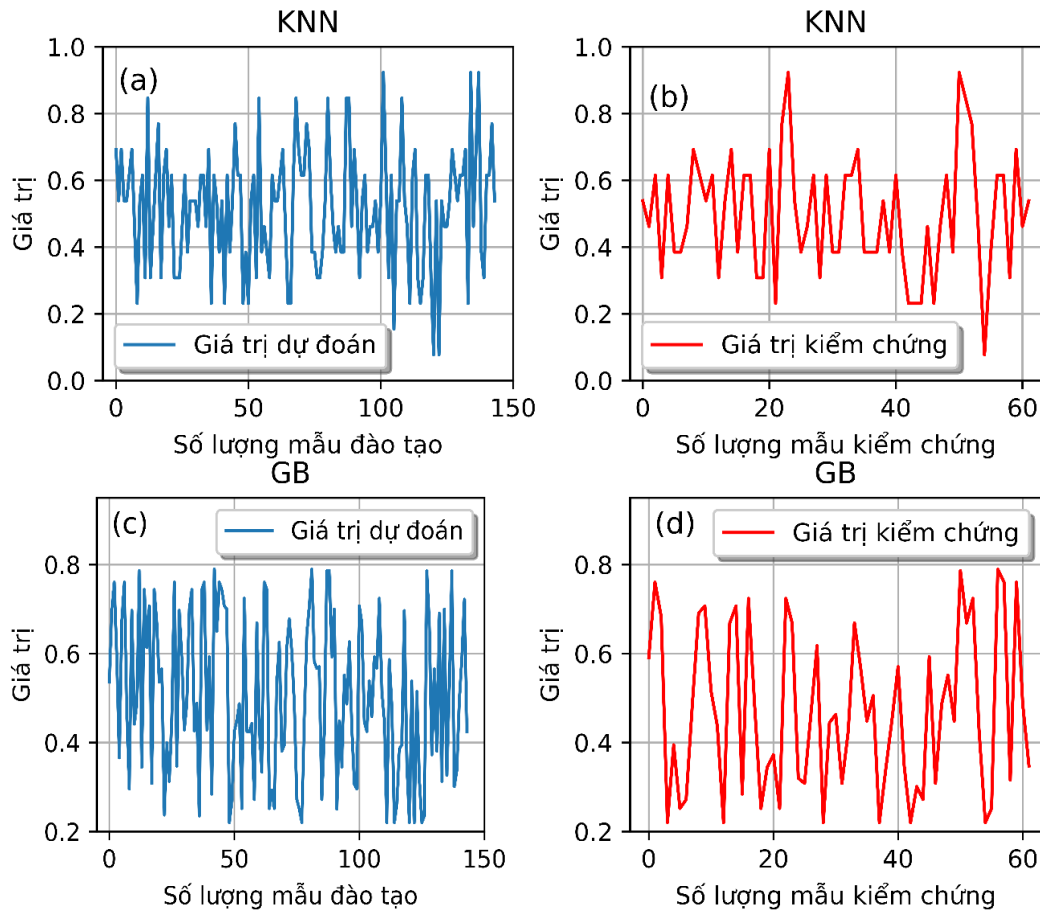


Hình 3. Giá trị AUC của các mô hình KNN và GB sử dụng: (a) Dữ liệu đào tạo; (b) Dữ liệu kiểm chứng.

Bảng 2. Hiệu suất của mô hình.

STT	Tham số	Dữ liệu đào tạo		Dữ liệu kiểm chứng	
		KNN	GB	KNN	GB
1	TP	47	61	26	29
2	TN	59	60	24	21
3	FP	24	10	6	3
4	FN	14	13	6	9
5	PPV (%)	66,20	85,92	81,25	90,63
6	NPV (%)	80,82	82,19	80,00	70,00
7	SST (%)	77,05	82,43	81,25	76,32
8	SPF (%)	71,08	85,71	80,00	87,50

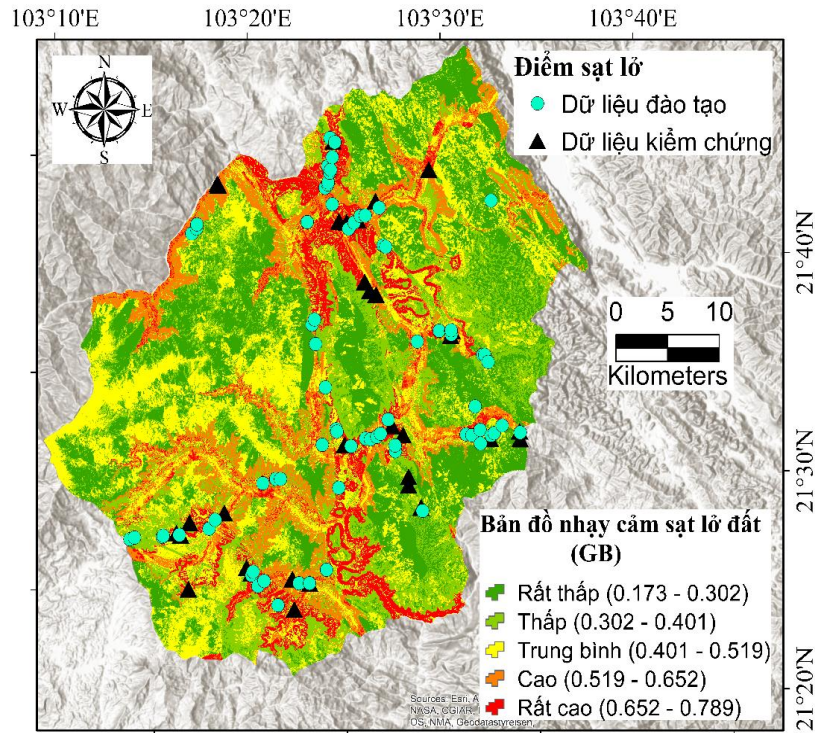
STT	Tham số	Dữ liệu đào tạo		Dữ liệu kiểm chứng	
		KNN	GB	KNN	GB
9	ACC (%)	73,61	84,03	80,65	80,65
10	K	0,471	0,681	0,613	0,610
11	RMSE	0,513	0,400	0,440	0,440
12	MAE	0,264	0,16	0,194	0,194



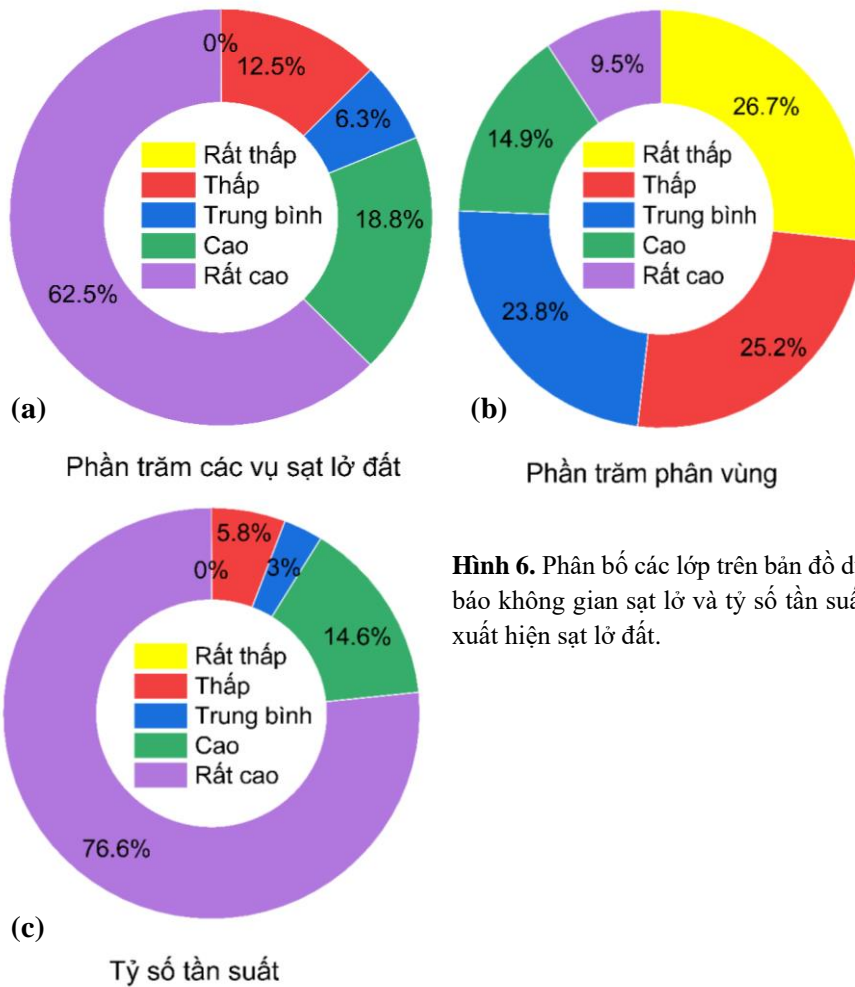
Hình 4. Giá trị lỗi bình phương trung bình gốc (RMSE) của các mô hình: (a) Đào tạo KNN; (b) Kiểm chứng KNN; (c) Đào tạo GB; (d) Kiểm chứng GB.

3.2. Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất

Bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất được xây dựng sử dụng kết quả đào tạo của mô hình GB và được thể hiện trên Hình 5. Cụ thể, giá trị xác suất xảy ra sạt lở đất cho các pixel trong khu vực nghiên cứu được xác định thông qua quá trình đào tạo mô hình GB. Các giá trị này sau đó được phân loại thành 5 lớp bao gồm: rất cao, cao, trung bình, thấp, và rất thấp sử dụng phương pháp phân loại điểm nghỉ tự nhiên được tích hợp trong ứng dụng ArcGIS [16]. Hình 6a và 6b thể hiện sự phân bố các vụ sạt lở đất trong quá khứ trên các lớp phân vùng của bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất. Để đánh giá độ chính xác của bản đồ dự báo, các vụ sạt lở đất trong dữ liệu kiểm chứng được chồng lên các lớp của bản đồ phân vùng và xác định tỷ số tần suất xuất hiện, kết quả thể hiện trên Hình 6c. Kết quả đánh giá cho thấy hầu hết các vụ sạt lở đất trong quá khứ xảy ra ở lớp xác suất rất cao và cao với giá trị tỷ số tần suất là cao nhất: Rất cao (76,6%) và cao (14,6%). Điều này chứng tỏ, bản đồ dự báo không gian sạt lở đất xây dựng từ kết quả mô hình GB có độ chính xác cao và có thể sử dụng trong việc hỗ trợ giảm thiểu tác động gây ra bởi sạt lở đất.



Hình 5. Bản đồ dự báo không gian sạt lở đất sử dụng mô hình GB.



Hình 6. Phân bố các lớp trên bản đồ dự báo không gian sạt lở và tỷ số tần suất xuất hiện sạt lở đất.

4. Kết luận

Bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất là công cụ hữu ích phục vụ cho quá trình lập quy hoạch sử dụng đất hiệu quả giảm thiểu các tác động gây ra bởi thiên tai sạt lở đất. Bài báo tiến hành sử dụng các kỹ thuật tiên tiến trí tuệ nhân tạo: KNN và GB để xây dựng bản đồ dự báo không gian sạt lở đất khu vực huyện Mường Chà, tỉnh Điện Biên. Bản đồ hiện trạng sạt lở đất đã được xây dựng với tổng cộng 206 vụ sạt lở đất trong quá khứ. Có tổng cộng 10 tham số nguyên nhân sạt lở đất đã được lựa chọn để xây dựng cơ sở dữ liệu sử dụng cho mô hình dự báo. Các kỹ thuật đánh giá định lượng như đường cong ROC đã được sử dụng để đánh giá và so sánh độ chính xác của các mô hình.

Kết quả của nghiên cứu chỉ ra rằng cả hai mô hình KNN và GB có độ chính xác cao trong xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất; Tuy nhiên, mô hình GB có độ chính xác cao hơn mô hình KNN. Vì vậy, mô hình GB có thể dùng như một công cụ tiềm năng trong xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất. Bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất khu vực huyện Mường Chà được xây dựng có độ chính xác cao, có thể được dùng trong việc quy hoạch sử dụng đất và ra quyết định liên quan đến quản lý thiên tai sạt lở đất. Trong nghiên cứu này, các tham số liên quan đến địa hình-địa mạo, địa chất, ... đã được sử dụng; Tuy nhiên, các tham số liên quan đến thủy văn như sự phân bố nước ngầm và tham số mưa chưa được xem xét. Các kỹ thuật KNN và GB được kiểm chứng có thể được áp dụng cho các khu vực khác khi xem xét đến tính đặc thù và đặc điểm riêng của từng khu vực.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.T.B., V.C.Đ., N.Đ.Đ.; Xử lý số liệu: N.Đ.Đ., V.C.Đ.; Chạy mô hình: N.Đ.Đ.; Viết bản thảo bài báo: P.T.B., V.C.Đ., N.Đ.Đ.; Chỉnh sửa bài báo: P.T.B., V.C.Đ..

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải trong đề tài “Nghiên cứu ứng dụng một số thuật toán học máy trong phân vùng nguy cơ sạt lở đất khu vực miền núi” mã số ĐTTĐ2022–16.

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. Long, D.V.; Cong, N.C.; Cuong, N.T.; Binh, N.Q.; Phuoc, V.N.D. An Assessment of Terrain Quality and Selection Model in Developing Landslide Susceptibility Map—A Case Study in Mountainous Areas of Quang Ngai Province, Vietnam. In: *Modern mechanics and applications*, Springer, 2022, pp. 959–970.
2. Trinh, T.; Luu, B.T.; Le, T.H.T.; Nguyen, D.H.; Van, T.T.; Van, N.T.H.; Nguyen, K.Q.; Nguyen, L.T. A comparative analysis of weight-based machine learning methods for landslide susceptibility mapping in Ha Giang area. *Big Earth Data* 2022, 1–30.
3. Zhang, W.; Liu, S.; Wang, L.; Samui, P.; Chwała, M.; He, Y. Landslide susceptibility research combining qualitative analysis and quantitative evaluation: A case study of Yunyang County in Chongqing, China. *Forests* 2022, 13(7), 1055.
4. Yong, C.; Jinlong, D.; Fei, G.; Bin, T.; Tao, Z.; Hao, F.; Li, W.; Qinghua, Z. Review of landslide susceptibility assessment based on knowledge mapping. *Stochastic Environ. Res. Risk Assess* 2022, 1–19.
5. Zhang, H.; Song, Y.; Xu, S.; He, Y.; Li, Z.; Yu, X.; Liang, Y.; Wu, W.; Wang, Y. Combining a class-weighted algorithm and machine learning models in landslide susceptibility mapping: A case study of Wanzhou section of the Three Gorges Reservoir, China. *Comput. Geosci.* 2022, 158, 104966.

6. Lv, L.; Chen, T.; Dou, J.; Plaza, A. A hybrid ensemble-based deep-learning framework for landslide susceptibility mapping. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2022**, 108, 102713.
7. Sahin, E.K. Implementation of free and open-source semi-automatic feature engineering tool in landslide susceptibility mapping using the machine-learning algorithms RF, SVM, and XGBoost. *Stochastic Environ. Res. Risk Assess* **2022**, 1–26.
8. Bien, T.X.; Truyen, P.T.; Phong, T.V.; Nguyen, D.D.; Amiri, M.; Costache, R.; Duc, D.M.; Le, H.V.; Nguyen, H.B.T.; Prakash, I. Landslide susceptibility mapping at sin Ho, Lai Chau province, Vietnam using ensemble models based on fuzzy unordered rules induction algorithm. *Geocarto Int.* **2022**, 1–22.
9. Đức, Đ.N.; Thanh, T.N.; Văn, P.T.; Thái, B.P. Phát triển mô hình học máy cây quyết định và cây quyết định xen kẽ thành lập bản đồ dự báo không gian sạt lở đất tại huyện Mường Nhé, tỉnh Điện Biên, Việt Nam. *Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Giao thông* **2022**, 36–56.
10. Bui, Q.D.; Ha, H.; Khuc, D.T.; Nguyen, D.Q.; von Meding, J.; Nguyen, L.P.; Luu, C. Landslide susceptibility prediction mapping with advanced ensemble models: Son La province, Vietnam. *Nat. Hazard* **2022**, 1–27.
11. Betgeri, S.N.; Vadyala, S.R.; Matthews, J.C.; Madadi, M.; Vladeanu, G. Wastewater pipe condition rating model using K-nearest neighbors. *Tunnelling Underground Space Technol.* **2023**, 132, 104921.
12. Abu Alfeilat, H.A.; Hassanat, A.B.; Lasassmeh, O.; Tarawneh, A.S.; Alhasanat, M.B.; Eyal Salman, H.S.; Prasath, V.S. Effects of distance measure choice on k-nearest neighbor classifier performance: a review. *Big Data* **2019**, 7(4), 221–248.
13. Chakrabarty, N.; Kundu, T.; Dandapat, S.; Sarkar, A.; Kole, D.K. Flight arrival delay prediction using gradient boosting classifier. In: Emerging technologies in data mining and information security. *Springer* **2019**, 651–659.
14. Khan, M.S.I.; Islam, N.; Uddin, J.; Islam, S.; Nasir, M.K. Water quality prediction and classification based on principal component regression and gradient boosting classifier approach. *J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci.* **2022**, 34(8), 4773–4781.
15. Lusa, L. Gradient boosting for high-dimensional prediction of rare events. *Comput. Stat. Data Anal.* **2017**, 113, 19–37.
16. Roy, S.; Pandit, S.; Papia, M.; Rahman, M.M.; Ocampo, J.C.O.R.; Razi, M.A. Fraile-Jurado, P.; Ahmed, N.; Hoque, M.A.A.; Hasan, M.M. Coastal erosion risk assessment in the dynamic estuary: The Meghna estuary case of Bangladesh coast. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* **2021**, 61, 102364.

Landslide susceptibility mapping at Muong Cha district, Dien Bien Province, Vietnam province using machine learning classifiers K-Nearest-Neighbor and Gradient Boosting

Vu Cao Dat^{1*}, Nguyen Duc Dam¹, Pham Thai Binh¹

¹ University of Transport and Technology, datvc@utt.edu.vn; binhpt@utt.edu.vn; damnd@utt.edu.vn

Abstract: In this research, the main objective is to build landslide susceptibility map at Muong Cha, Dien Bien province using classifiers such as K-Nearest-Neighbor (KNN) and Gradient Boosting (GB) - machine learning (artificial intelligence) techniques. Database used in this study includes 206 past and present landslide locations and 10 landslide conditioning factors collected from various sources. To validate and compare the models, quantitative indicators including ROC curve and accuracy (%) were used. The results

showed that both KNN and GB performed well for landslide susceptibility modeling and mapping but the GB model outperforms the KNN model. Landslide susceptibility map constructed from the GB model with high performance can be used for effective land use planning and better landslide hazard management at the study area.

Keywords: Landslide; K-Nearest-Neighbor; Gradient Boosting; Dien Bien; Vietnam.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu xây dựng hệ thống giám sát và cảnh báo chất lượng nước theo thời gian thực các sông Giá, Rế và Đa Độ trên địa bàn thành phố Hải Phòng

Trần Anh Phương^{1*}, Trần Thị Diệu Hằng¹, Bùi Huyền Linh¹, Nguyễn Thanh Thủy²

¹ Viện Khoa học tài nguyên nước, Bộ Tài nguyên và Môi trường;

phuongtran.monre@gmail.com; hangtd1001@gmail.com; linhlinh182096@gmail.com

² Trường Đại học Thủy lợi; thanhthuy.nguyen.wru@gmail.com

*Tác giả liên hệ: phuongtran.monre@gmail.com; Tel.: +84-961776683

Ban Biên tập nhận bài: 5/11/2022; Ngày phản biện xong: 23/12/2022; Ngày đăng bài: 25/12/2022

Tóm tắt: Giám sát và cảnh báo sớm ô nhiễm nguồn nước đóng vai trò rất quan trọng trong công tác phòng ngừa, ứng phó sự cố ô nhiễm. Các thông tin giám sát và cảnh báo sớm nếu được cung cấp thường xuyên theo thời gian thực sẽ giúp phát hiện sự cố ô nhiễm và đề ra các giải pháp ứng phó kịp thời. Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu một hệ thống giám sát và cảnh báo sớm sự cố ô nhiễm nguồn nước được phát triển cho các sông Giá, Rế và Đa Độ trên địa bàn thành phố Hải Phòng. Hệ thống bao gồm phần cứng và phần mềm trong đó phần cứng là các thiết bị quan trắc, thu nhận và server lưu trữ và xử lý số liệu. Phần mềm là hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu, công cụ xử lý và phân tích dữ liệu, công cụ cảnh báo sự cố ô nhiễm và trang web cung cấp thông tin chất lượng nước trên nền tảng GIS. Hệ thống có khả năng cung cấp thông tin đầy đủ về hiện trạng chất lượng trên bản đồ trực tuyến bao gồm: Chất lượng nước từ các đo đạc định kỳ, chất lượng nước quan trắc từ các hệ thống giám sát theo thời gian thực, lưu lượng xả, chất lượng nước của các nguồn thải, thông tin người dùng cung cấp. Hệ thống được phát triển đã cung cấp những thông tin rất hữu ích cho các nhà quản lý và người dân trong công tác bảo vệ và kiểm soát ô nhiễm của thành phố Hải Phòng.

Từ khóa: Chất lượng nước; Ô nhiễm; Giám sát; WebGIS; Thời gian thực.

1. Đặt vấn đề

Ô nhiễm nguồn nước được xác định là một trong những mối đe dọa chính với an ninh nguồn nước ở Việt Nam. Nước bị ô nhiễm có thể gây ra nhiều bệnh tật cho con người và động vật, từ đó ảnh hưởng đến vòng đời của hệ sinh thái [1]. Đặc biệt, trong những năm gần đây, gia tăng dân số, đô thị hóa và các hoạt động phát triển kinh tế thiếu kiểm soát đã làm gia tăng một lượng đáng kể tải lượng chất ô nhiễm phát thải ra môi trường nước. Trong khi đó, các hệ thống xử lý nước thải chưa được đầu tư đầy đủ và đồng bộ nên tỉ lệ nước thải không được xử lý còn chiếm một tỉ lệ lớn. Theo Bộ xây dựng, tỷ lệ xử lý nước thải ở các đô thị Việt Nam chỉ đạt khoảng 15% [2]. Đặc biệt, vấn đề ô nhiễm nguồn nước sẽ trở nên nghiêm trọng hơn nếu các sông bị ô nhiễm là nguồn cấp cho các nhà máy sản xuất nước sinh hoạt. Một số sự cố ô nhiễm xảy ra ở nước ta trong thời gian gần đây (chẳng hạn như sự cố ô nhiễm nước vào nhà máy nước sông Đà, Formosa) đã làm ảnh hưởng rất lớn đến sức khỏe và sinh hoạt của người dân. Điều này đặt ra yêu cầu cần có các giải pháp kiểm soát và bảo vệ nguồn nước cấp cho sinh hoạt một cách nghiêm ngặt.

Một trong những biện pháp hiệu quả để giảm thiểu rủi ro ô nhiễm nguồn nước là giám sát chặt chẽ diễn biến chất lượng nước theo không gian và thời gian. Nếu ô nhiễm nước được

phát hiện ở giai đoạn đầu, các biện pháp phù hợp có thể được thực hiện và có thể tránh được các sự cố ô nhiễm nghiêm trọng. Ngày nay, các giải pháp thông minh giám sát ô nhiễm nguồn nước ngày càng trở nên phổ biến với các tiến bộ trong công nghệ cảm biến, liên lạc và Internet vạn vật (IoT). Nhiều hệ thống giám sát và cảnh báo sớm ô nhiễm nguồn nước đã được thiết lập ở nhiều quốc gia. Chẳng hạn, [3] đã xây dựng mô hình chất lượng nước 2 chiều trên nền tảng MATLAB phục vụ dự báo và cảnh báo sớm chất lượng nước sự cố ô nhiễm cho các khu vực khai thác nước từ hồ chứa Tam Hiệp làm nước cấp sinh hoạt. [4] đã xây dựng khung cảnh báo sớm dựa vào GIS cho nước sạch nông thôn của Trung Quốc, trên cơ sở phân tích các thông số về sự biến đổi chất lượng nước theo không gian và thời gian. [5] đã xây dựng các chỉ số ảnh hưởng chính đến cảnh báo sớm chất lượng nước, thiết lập một hệ thống chỉ số cảnh báo sớm về an toàn cấp nước và đưa ra tiêu chuẩn phân loại cho đánh giá cảnh báo sớm an toàn nước cấp sử dụng phương pháp mô hình cảnh báo mờ dựa trên lý thuyết đánh giá mờ cho lưu vực sông Qingdao, Trung Quốc. Bang Pennsylvania, Mỹ đã xây dựng hệ thống cảnh báo sớm chất lượng nước trên lưu vực sông Susquehanna, nguồn cấp nước sinh hoạt cho một số thành phố thuộc bang này từ năm 2003. Hệ thống này được dựa trên kết hợp 9 trạm giám sát tự động, giám sát các thông số cơ bản như pH, độ đục, nhiệt độ, độ dẫn điện, DO, trong đó có 4 trạm đo thêm các thông số về hợp chất hữu cơ, với công cụ tính toán thời gian lan truyền của chất ô nhiễm trong sông từ nguồn thải đến điểm lấy nước [6]. Ở Việt Nam, quan trắc tự động trong môi trường đã được sử dụng để theo dõi và kiểm soát môi trường và đang dần dần trở nên phổ biến. Từ năm 2008, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã đầu tư xây mới 10 trạm quan trắc tự động chất lượng nước tại các lưu vực sông tại các tỉnh: Hà Nội, Bắc Ninh, Thái Nguyên, Bình Dương, Huế, Hà Nam, Lào Cai và Đắk Lắk. Ngày càng nhiều các nghiên cứu trong nước liên quan đến phát triển các hệ thống phần cứng và phần mềm phục vụ quan trắc chất lượng nước. Chẳng hạn, Trung tâm vi mạch Đà Nẵng đã phát triển trạm quan trắc môi trường nước bằng năng lượng mặt trời [7]. Công ty FarmTech phát triển hệ thống giám sát môi trường nông ngư nghiệp, cho phép người sử dụng kiểm soát chất lượng môi trường nuôi trồng thủy sản qua mạng Internet [8]. Trung tâm Phát triển Công nghệ và Thiết bị Công nghiệp Sài Gòn đã nghiên cứu và phát triển hệ thống giám sát, cảnh báo và điều khiển tự động chất lượng nước nuôi trồng thủy sản e-AQUA [9]. Nguyễn Đình Tuấn nghiên cứu xây dựng hệ thống quan trắc tự động chất lượng nước thải tại các khu công nghiệp, khu chế xuất ở TP.HCM, thí điểm tại KCN Tân Bình [10]. Trường Đại học Bách khoa đã phát triển Hệ thống giám sát chất lượng nước qua GPRS [11]. Có thể nhận thấy, các hệ thống giám sát chất lượng bao gồm cả phần cứng và phần mềm đã được nhiều đơn vị ở Việt Nam phát triển. Tuy nhiên, các hệ thống này đa số là các hệ thống riêng lẻ, chưa được tích hợp trên nền tảng WebGIS, giúp cung cấp thông tin cho người dùng một cách trực quan theo không gian và thời gian. Đồng thời, các thông tin chất lượng nước khác ngoài thông tin đo tự động như thông tin về nguồn thải, các dữ liệu đo đạc từ các nguồn khác nhau không được thể hiện ở các hệ thống này.

Hải Phòng là thành phố nằm ở vùng cửa sông ven biển, hạ lưu của hệ thống sông Hồng – Thái Bình. Do đó, chất lượng nước của thành phố thường bị ô nhiễm do sự tác động đồng thời của các hoạt động gây ô nhiễm nguồn nước tại các địa phương nằm ở thượng lưu các con sông cũng như hoạt động xả thải trên địa bàn thành phố. Để đảm bảo chất lượng nước phục vụ sinh hoạt cũng như kiểm soát ô nhiễm nguồn nước, Hải Phòng đã triển khai các chương trình quan trắc từ khá sớm. Tuy nhiên, do sử dụng các phương pháp đo truyền thống, thời gian từ khi lấy mẫu đến khi có kết quả quan trắc từ 4 – 5 ngày, dẫn đến dữ liệu về môi trường không đáp ứng được yêu cầu giám sát chất lượng nước liên tục theo thời gian thực. Do đó, việc xây dựng hệ thống giám sát và cảnh báo sớm rủi ro ô nhiễm chất lượng nước cho thành phố Hải Phòng là một yêu cầu cấp bách.

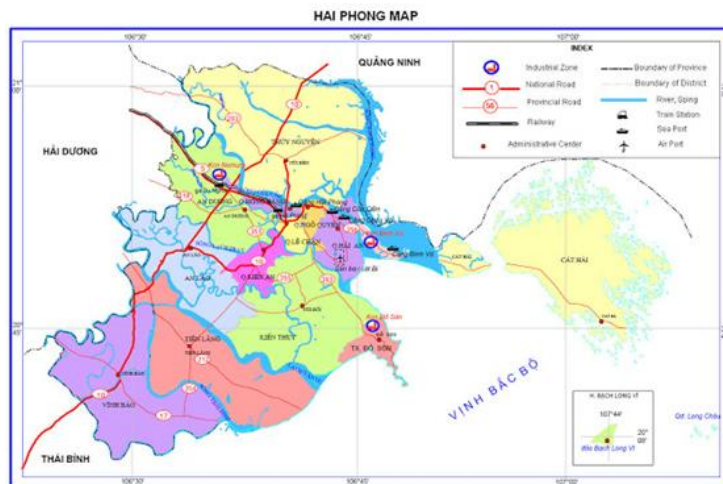
Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu một hệ thống giám sát và cảnh báo sớm sự cố ô nhiễm nguồn nước được phát triển cho các sông cấp nước chính cho sinh hoạt của thành phố Hải Phòng bao gồm sông Giá, Rế và Đa Độ. Hệ thống được thiết kế đảm bảo cung cấp đầy đủ

các thông tin về hiện trạng chất lượng nước và đưa ra các cảnh báo kịp thời khi sự cố ô nhiễm nguồn nước xảy ra. Được phát triển trên nền tảng WebGIS, hệ thống được kỳ vọng sẽ cung cấp thông tin tới mọi đối tượng trực quan và dễ tiếp cận tới mọi đối tượng người dùng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu trong bài báo này là các sông Giá, Rế và Đa Độ trên địa bàn thành phố Hải Phòng (Hình 1). Sông Rế (hệ thống thủy lợi An Kim Hải, bắt nguồn từ cống Bàng La Quảng Đát – Hải Dương về đến đập Cái Tắt xã An Đồng, An Dương) hiện nay đang cung cấp nước tưới cho hơn 10.000 ha đất nông nghiệp của huyện An Dương và cấp nước cho các nhà máy: An Dương (công suất 200.000 m³/ngày đêm), nhà máy nước Vật Cách (công suất hiện tại là 11.000 m³/ngày đêm, sẽ được nâng lên công suất 60.000 m³/ngày đêm), nhà máy nước Vật Cách mới (giai đoạn 1 đang thi công có công suất 25.000 m³/ngày đêm, theo thiết kế là 100.000 m³/ngày đêm), nhà máy nước Kim Sơn (giai đoạn 1 đang thi công có công suất 25.000 m³/ngày đêm, theo thiết kế là 200.000 m³/ngày đêm) đảm bảo đủ nước cấp cho các quận Lê Chân, Hồng Bàng, Ngô Quyền, Hải An và huyện An Dương, các cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ và 3 khu công nghiệp Nomura, Tràng Duệ và An Dương.



Hình 1. Bản đồ hệ thống sông trên địa bàn thành phố Hải Phòng.

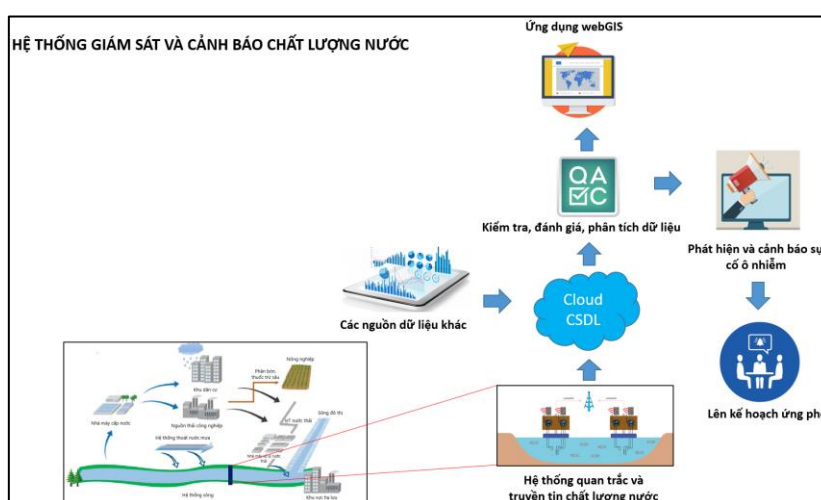
Sông Đa Độ (một chi lưu của sông Văn Úc, bắt nguồn tại cống thủy lợi Trung Trang, sau đó lại hợp lưu với sông Văn Úc trước khi đổ ra biển) nằm ở phía Tây Nam của thành phố Hải Phòng, có chiều dài 50 km với trữ lượng nước 17 triệu. Ngoài chức năng tưới tiêu cho sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản, sông Đa Độ còn là nơi cung cấp nguồn nước sinh hoạt cho các Nhà máy nước sạch của Hải Phòng gồm: nhà máy nước cầu Nguyệt (công suất 40.000 m³/ngày), nhà máy nước Hưng Đạo (công suất đến 2025 là 200.000 m³/ngày, 2050 là 300.000 m³/ngày); nhà máy nước Đình Vũ (công suất 100.000 m³/ngày) và 35 nhà máy nước sạch nông thôn, cung cấp cho đại bộ phận dân cư các quận, huyện như: Kiến An, Kiến Thụy, An Lão, Đồ Sơn, Dương Kinh.

Sông Giá, một chi lưu của sông Bạch Đằng, bắt nguồn từ cống Phi Liệt (xã Lại Xuân) đến cống Minh Đức (thị trấn Minh Đức), có chiều dài gần 17 km với trữ lượng nước trung bình khoảng 21 triệu m³, được coi là “hồ nước ngọt” của Hải Phòng. So với sông Rế và sông Đa Độ thì chất lượng nước sông Giá được đánh giá có chất lượng tốt hơn. Sông Giá đang trực tiếp phục vụ nước tưới tiêu cho khoảng 12.400 ha đất canh tác nông nghiệp, 600 ha nuôi trồng thủy sản nước ngọt, cấp nước sinh hoạt cho khoảng 300.000 dân huyện Thủy Nguyên và cho nhà máy nước Ngũ Lão (công suất đến 2025 là 100.000 m³/ngày, 2050 là 300.000 m³/ngày) và các khu công nghiệp như: Công ty xi măng Chinfon, Xi măng Hải Phòng,...

Theo báo cáo của UBND thành phố Hải Phòng về “Công tác bảo vệ môi trường và kết quả quan trắc môi trường năm 2018, nhiệm vụ và giải pháp năm 2019”, chất lượng nước thô cung cấp cho các nhà máy sản xuất nước sạch của thành phố đang ô nhiễm kéo dài, đặc biệt vào mùa mưa, gây khó khăn rất lớn cho công tác xử lý. Các chỉ số ô nhiễm phổ biến tại các nguồn nước là hợp chất Nitơ, các hợp chất hữu cơ và vi khuẩn Coliform thường vượt quá giới hạn cho phép.

2.2. Hệ thống giám sát và cảnh báo chất lượng nước

Hệ thống cảnh báo sớm sự cố ô nhiễm theo thời gian thực trên nền tảng webGIS bao gồm phần cứng và phần mềm như Hình 2. Phần cứng là hệ thống quan trắc chất lượng nước cung cấp thông tin về chất lượng nước theo thời gian thực. Phần mềm là hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu quan trắc, cảnh báo và trang web cung cấp thông tin quan trắc và dự báo chất lượng nước trên nền tảng WebGIS. Mô tả chi tiết về phần cứng và phần mềm được trình bày dưới đây:



Hình 2. Hệ thống giám sát và cảnh báo ô nhiễm nguồn nước.

1) **Phần cứng:** Phần cứng bao gồm các trạm quan trắc, thiết bị thu nhận dữ liệu tại chỗ và máy chủ lưu trữ và xử lý số liệu. Các trạm quan trắc được đặt dọc theo các sông có nhiệm vụ giám sát liên tục chất lượng nước và bộ phận thu nhận, lưu trữ dữ liệu (*datalogger*). Dữ liệu sau khi được thu nhận sẽ được truyền về máy chủ qua đường truyền 3G/4G.

2) **Phần mềm:** Phần mềm bao gồm các thành phần sau:

Quản lý cơ sở dữ liệu: Dữ liệu sau khi được thu thập sẽ được lưu trữ, quản lý trên server theo một cấu trúc cơ sở dữ liệu nhất quán. Các loại dữ liệu được lưu trữ bao gồm: 1) Dữ liệu đo đạc liên tục theo thời gian thực từ các trạm đo chất lượng nước tự động, 2) Dữ liệu đo đạc chất lượng nước định kỳ từ các cơ quan quản lý nhà nước, các công ty khai thác công trình thủy lợi, 3) Dữ liệu nguồn thải 4) Dữ liệu ảnh báo cáo hiện trạng chất lượng nước từ người dùng. Dữ liệu đo tự động sẽ tự động và ảnh chụp báo cáo hiện trạng chất lượng nước sẽ được tự động xử lý đưa vào cơ sở dữ liệu, các dữ liệu còn lại sẽ được người được phân quyền quản trị hệ thống cập nhật vào cơ sở dữ liệu trên giao diện ứng dụng Web.

Công cụ kiểm tra, đánh giá, phân tích dữ liệu: Dữ liệu sau khi được thu thập sẽ được kiểm tra, đánh giá độ chính xác và đưa ra các phân tích cần thiết. Sử dụng các dữ liệu chất lượng nước, công cụ cho phép tính chỉ số chất lượng nước WQI và đưa thông tin này lên trên ứng dụng Web cho người dùng. Ngoài ra, người dùng có tài khoản truy cập hệ thống có thể thực hiện các phân tích dữ liệu trên Web để đánh giá diễn biến chất lượng nước theo không gian và thời gian.

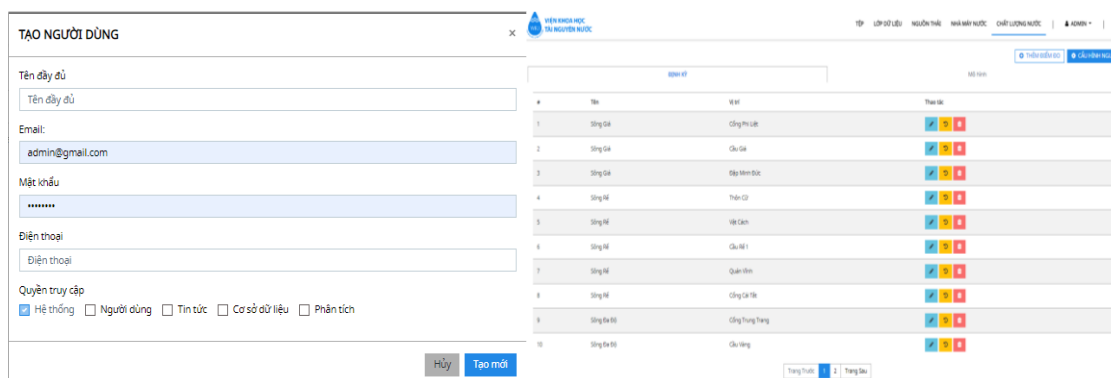
Ứng dụng Web: Ứng dụng Web được xây dựng trên nền bản đồ số GIS cho phép người dùng tương tác với hệ thống. Các thông tin về chất lượng nước, nguồn thải sẽ được cung cấp

trực quan cho người dùng. Đồng thời, người dùng có thể cung cấp các thông tin báo cáo về hiện trạng chất lượng nước qua ảnh chụp hiện trường và các thông tin mô tả liên quan. Hệ thống sẽ cập nhật theo thời gian thực các ảnh này lên trên ứng dụng Web. Ảnh chụp và các thông tin mô tả sẽ được cập nhật tại vị trí người dùng cung cấp trên bản đồ. Ngoài ra ứng dụng Web còn cho phép người dùng được phân quyền đăng các tin cảnh báo sự cố ô nhiễm cũng như các tin tức liên quan khác.

Công cụ phát hiện và cảnh báo sự cố ô nhiễm: Công cụ này cho phép đưa ra các cảnh báo ở các cấp độ khác nhau về chất lượng nước theo thời gian thực ngay khi chất lượng nước vượt quá tiêu chuẩn A2, B1 và B2 được quy định trong QCVN 08-MT:2015/BTNMT hoặc giá trị ngưỡng do người quản trị hệ thống thiết lập. Thông tin cảnh báo sẽ được gửi qua tin nhắn tới những người có trách nhiệm xử lý sự cố ô nhiễm.

3. Kết quả nghiên cứu

Hệ thống giám sát và cảnh báo ô nhiễm nguồn nước trình bày ở trên đã được áp dụng phục vụ giám sát và cảnh báo chất lượng nước cho các sông Giá, Rế và Đa Độ, cung cấp thông tin cho các công ty khai thác công trình thủy lợi, công ty nước sạch và người dân trên địa bàn thành phố Hải Phòng tại địa chỉ <https://canhbaotainguyennuoc.wri.vn/map-water>. Phần BackEnd của hệ thống bao gồm các chức năng về quản trị người dùng, cơ sở dữ liệu, phân tích kết quả và quản trị tin bài như trình bày ở Hình 3. Người dùng được phân quyền theo các cấp độ khác nhau có thể thêm/sửa/xóa toàn bộ hoặc một phần dữ liệu của hệ thống bao gồm cả dữ liệu người dùng.



Hình 3. Một số giao diện phần BackEnd của hệ thống giám sát và cảnh báo sớm chất lượng nước.

Phần FrontEnd của hệ thống là giao diện trên nền tảng WebGIS mà người dùng có thể truy cập và xem thông tin. Các thông tin được cung cấp cho người dùng bao gồm:

Thông tin chất lượng nước từ kết quả đo đạc định kỳ: Hiện nay trên 3 sông Giá, Rế và Đa Độ, Sở tài nguyên và môi trường thành phố Hải Phòng tiến hành đo đạc định kỳ chất lượng nước 3 lần/năm tại 13 điểm. Các dữ liệu đo đạc này đã được cập nhật vào hệ thống giám sát và cảnh báo. Từ các thông số chất lượng nước được đo đạc, chỉ số chất lượng nước WQI sẽ được tính toán. Trên bản đồ sẽ thể hiện chỉ số WQI này và cấp độ ô nhiễm theo các thang màu được quy định tại Quyết định số 879/QĐ-TCMT của Tổng cục Môi trường (Hình 4a). Khi người dùng nhấp con trỏ vào tại 1 vị trí quan trắc bất kỳ, thông tin chất lượng nước tại điểm đó sẽ hiển thị dưới dạng biểu đồ cho từng thông số chất lượng nước như ở Hình 4b.

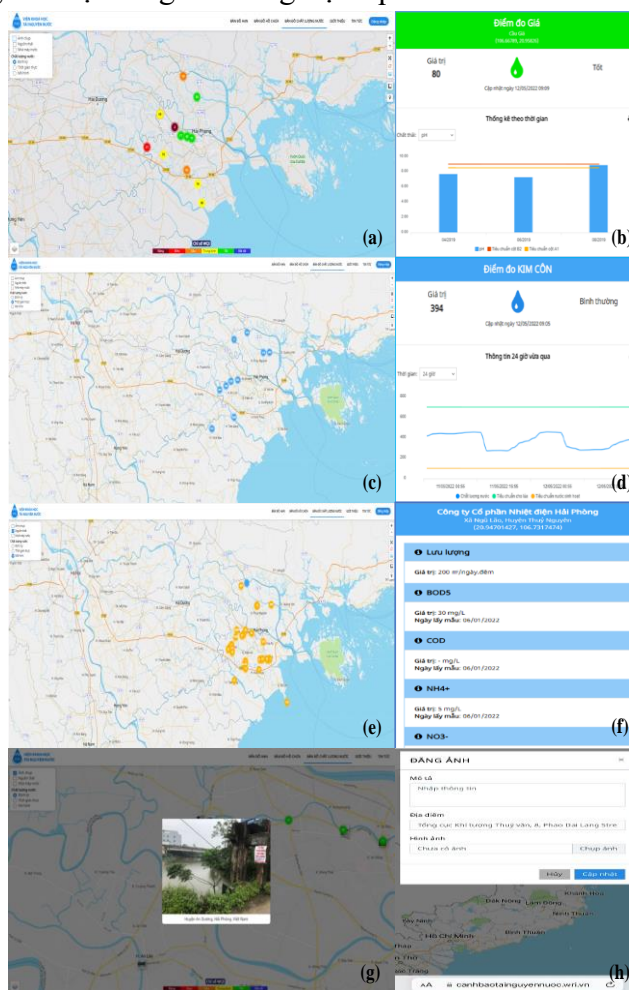
Thông tin chất lượng nước theo thời gian thực: Hiện nay ở khu vực 3 sông Giá, Rế và Đa Độ công ty cổ phần cấp nước Hải Phòng đã tiến hành lắp đặt 10 trạm đo chất lượng nước để phục vụ cảnh báo chất lượng nước đầu vào cho các nhà máy của công ty (Hình 4c). Hệ thống đã tiếp nhận các thông tin đo đạc từ các điểm đo này theo thời gian thực vào máy chủ của hệ thống. Tại mỗi điểm đo, giá trị đo đạc thông số chất lượng nước tại thời điểm đo gần nhất sẽ được hiển thị tại vị trí của điểm đo trên bản đồ. Người dùng đồng thời có thể xem

diễn biến chất lượng nước trong 24, 48, 72 giờ và 10 ngày gần nhất tại từng điểm đo như trình bày ở Hình 4d khi nhấp con trỏ vào vị trí điểm đo.

Thông tin nguồn thải: Trong quá trình nghiên cứu, các nguồn thải điểm đổ ra 3 sông đã được điều tra và xác định lưu lượng và nồng độ các chất xả thải ra sông. Hình 4e thể hiện vị trí các điểm xả thải trên 3 sông. Trên bản đồ này, thông tin về lưu lượng xả của từng nguồn xả được thể hiện tại vị trí nguồn xả. Khi người dùng nhấp vào từng nguồn thải, các thông số chất lượng nước và lưu lượng xả thải của từng nguồn thải sẽ được hiển thị dưới dạng đồ thị như ở Hình 4f.

Nhận và thể hiện thông tin từ người dùng: Hệ thống cho phép nhận thông tin người dùng cung cấp và cập nhật luôn trên Web. Người dùng điện thoại thông minh có thể chụp ảnh hiện trường, mô tả hiện trường và cung cấp thông tin lên hệ thống. Hệ thống sẽ cập nhật thông tin này lên bản đồ tại vị trí người dùng cung cấp thông tin để những người dùng khác có thể xem và biết thông tin.

Thông tin cảnh báo: Theo mặc định khi một thông số chất lượng nước bắt đầu vượt tiêu chuẩn A2 của QCVN 08-MT:2015/BTNMT, thì hệ thống sẽ tự động gửi tin nhắn cảnh báo tới các số điện thoại có liên quan để có giải pháp ứng phó kịp thời. Sau đó cứ mỗi khi có thông số chất lượng nước vượt các tiêu chuẩn B1, B2 thì hệ thống sẽ lại tiếp tục gửi tin nhắn 1 lần. Người được phân quyền quản trị có thể tự thiết lập các ngưỡng cảnh báo theo yêu cầu và mục đích sử dụng của hệ thống cho từng trạm quan trắc.



Hình 4. Giao diện hệ thống giám sát và cảnh báo chất lượng nước: (a) Điểm đo chất lượng nước định kỳ; (b) Thông tin chất lượng tại điểm đo định kỳ; (c) Điểm đo chất lượng nước tự động; (d) Thông tin chất lượng tại điểm đo tự động; (e) Các nguồn thải điểm; (f) Thông tin nguồn thải điểm; (g) Nhận và thể hiện thông tin từ người dùng; (h) Người dùng mô tả thông tin.

4. Kết luận

Trong bài báo này chúng tôi đã trình bày một hệ thống giám sát và cảnh báo chất lượng nước trên nền tảng WebGIS. Hệ thống bao gồm phần cứng và phần mềm trong đó phần mềm bao gồm các thành phần quản lý cơ sở dữ liệu, công cụ kiểm tra, đánh giá, phân tích dữ liệu, công cụ phát hiện và cảnh báo sự cố ô nhiễm và ứng dụng WebGIS. Với các thành phần này, hệ thống có khả năng cung cấp thông tin đầy đủ về hiện trạng chất lượng trên nền tảng bản đồ trực tuyến bao gồm: Chất lượng nước từ các đo đạc định kỳ của cơ quan quản lý nhà nước, chất lượng nước đo đạc liên tục theo thời gian thực, lưu lượng xả và chất lượng nước của các nguồn thải. Hệ thống cũng cho phép người dùng tương tác và cung cấp thông tin ngược trở lại cho hệ thống, góp phần hướng tới mục tiêu xây dựng một hệ thống cảnh báo sự cố ô nhiễm dựa vào cộng đồng. Đồng thời, các cảnh báo sự cố ô nhiễm sẽ được gửi qua tin nhắn SMS tới các cá nhân có trách nhiệm ứng phó sự cố nếu thông số chất lượng nước vượt quá tiêu chuẩn cho phép A2, B1, B2 hoặc các ngưỡng do người quản trị hệ thống thiết lập. Với giao diện WebGIS, các thông tin cung cấp tới người dùng một cách trực quan. Trong thời gian tới, nghiên cứu sẽ tích hợp mô-đun dự báo chất lượng nước vào hệ thống, giúp tăng thời gian cảnh báo sớm và đánh giá diễn biến chất lượng nước với độ phân giải không gian và thời gian tốt hơn.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.A.P., T.T.D.H.; Phát triển trang Web: T.A.P.; Viết bản thảo bài báo: T.A.P., T.T.D.H., N.T.T.; Xây dựng cơ sở dữ liệu: T.A.P., B.H.L., N.T.T.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Đề tài khoa học và công nghệ cấp Quốc gia “Nghiên cứu xây dựng hệ thống giám sát tự động và cảnh báo sớm chất lượng nước các sông Giá, sông Rế và sông Đa Độ phục vụ cấp nước sinh hoạt cho thành phố Hải Phòng” Mã số: ĐTĐL.CN-18/21 đã tài trợ 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. <https://thanhnien.vn/giat-minh-ty-le-thu-gom-xu-ly-nuoc-thai-o-do-thi-viet-nam-1851468351.htm>
2. Lakshmikantha, V.; Hiriyanagowda, A.; Manjunath, A.; Patted, A.; Basavaiah, J.; Anthony, A.A. IoT based smart water quality monitoring system. *Global Transitions Proceedings* **2021**, 2(2), 181–186.
3. Ding, X.; Zhang, J.; Jiang, G.; Zhang, S. Early warning and forecasting system of water quality safety for drinking water source areas in Three Gorges Reservoir Area, China. *Water* **2017**, 9(7), 465.
4. Fuquan, N.I.; Guodong, L.I.U.; Jian, Y.E.; Huazhun, R.E.N.; Shangchun, Y.A.N.G. ArcGIS-based rural drinking water quality health risk assessment. *J. Water Resour. Prot.* **2009**.
5. Li, J.; Yu, N.; Zhang, B.; Jin, L.; Li, M.; Hu, M.,... & Yu, H. Occurrence of organophosphate flame retardants in drinking water from China. *Water Res.* **2014**, 54, 53–61.
6. Swistock, B.R.; Clemens, S.; Sharpe, W.E.; Rummel, S. Water quality and management of private drinking water wells in Pennsylvania. *J. Environ. Health* **2013**, 75(6), 60–67.
7. <https://dsa.org.vn/5807-2/>
8. <https://farmtechtvietnam.com/>
9. Tuấn, N.Đ. Đề tài “Nghiên cứu xây dựng hệ thống quan trắc tự động chất lượng nước thải tại các khu chế xuất – khu công nghiệp ở TP.HCM”, 2008.

10. <https://cenintec.com/category/tin-tuc/e-aqua/>

11. <https://bkaii.com.vn/tin-tuc/212-gioi-thieu-he-thong-giam-sat-tu-dong-chat-luong-nuoc-qua-gprs>

Development of a real–time monitoring of water quality of Gia, Re and Da Do rivers in Hai Phong

Tran Anh Phuong^{1*}, Tran Thi Dieu Hang¹, Bui Huyen Linh¹, Nguyen Thanh Thuy²

¹ Water Resources Institute, Ministry of Natural Resources and Environment;
phuongtran.monre@gmail.com; hangtd1001@gmail.com; linhlinh182096@gmail.com

² Thuyloi University; thanhthuy.nguyen.wru@gmail.com

Abstract: Monitoring and early warning of water pollution play a very important role in prevention and response to pollution incidents. Monitoring and early warning information, if provided regularly in real time, will help detect pollution and saline intrusion incidents in advance, thereby proposing timely response solutions. In this paper, we introduce a monitoring and early warning system for water pollution incidents developed for Gia, Re and Da Do rivers in Hai Phong. The system consists of hardware and software sub–systems, in which the hardware is the monitoring, transmitting and receiving devices as well as server that provide information about water quality in real–time. The software includes a database management system, an pollution early warning tool, a data quality control and analysis tool and a website providing water quality information based on webGIS platform. The system is capable of providing complete information about the current quality status on the GIS platform, including: Water quality from periodic measurements, real–time water quality and discharge and pollutant concentration of pollution sources. The developed system has provided very useful information for managers and residents in the protection and control of pollution in Hai Phong.

Keywords: Water quality; Polluted; Monitor; WebGIS; Real–time.

Table of content

- 1** Tien, T.H.; Dat, N.D.; Tuong, P.; Thienl, V.M.; Phuong, N.H.; Quan, N.T. Development a framework for water security assessment for the Mekong Delta. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 1–14.
- 15** Tin, N.V.; Viet, C.T.; Au, N.H.; Dung, T.D.; Anh, V.T.V.; Van, C.T. Analysis of the trends of annual rainfall in Central Highlands region during the periods from 1990 to 2021. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 15–25.
- 26** Nam, H.G.; Hoa, V.V.; Tien, D.D.; Duc, T.A.; Quan, D.D.; Hung, M.K. Statistics of abruptly recurring tropical cyclones over the East Sea. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 26–33.
- 34** Duong, D.H.; Giang, N.T.; Han, N.T.; Duan, T.V.; Nga, N.T.T. Solutions to manage and supervise inspection and calibration of hydrometeorological measuring instruments. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 34–43.
- 44** Hoa, V.T.M.; Truong, N.M. Summer monsoon breaks over South Vietnam in the latest decades. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 44–56.
- 57** Hoa, V.V.; Tuan, L.M.; Hanh, P.V. Application of digital surface model im monitoring and estimating the violations of technical safety corridor for surface meteorological observation station. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 57–66.
- 67** The, T.H.; Tri, D.Q.; Tuyet, Q.T.T.; Nhat, N.V.; Duc, P.T. Study and apply MIKE 11 model to assess the wastewater quality from industrial zones to Cam Giang River, Hai Duong Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 67–80.
- 81** Dat, V.C.; Dam, N.D.; Binh, P.T. Landslide susceptibility mapping at Muong Cha District, Dien Bien Province, Vietnam province using machine learning classifiers K-Nearest-Neighbor and gradient boosting. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 81–90.
- 91** Phuong, T.A.; Hang, T.T.D.; Linh, B.H.; Thuy, N.T. Development of a real-time monitoring of water quality of Gia, Re and Da Do Rivers in Hai Phong. *VN J. Hydrometeorol.* **2022**, *744(1)*, 91–98.