

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 729

09-2021

MỤC LỤC

Bài báo khoa học



Q. TÔNG BIÊN TẬP TS. Đoàn Quang Trí

Trị sự và Phát hành Đặng Quốc Khánh

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

Giấy phép xuất bản

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

Tòa soạn

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

Chế bản và In tại:

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

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

Giá bán: 25.000 đồng

- 1 Nguyễn Văn Hồng, Nguyễn Phương Đông: Nghiên cứu xây dựng các kịch bản ngập cho thành phố Hồ Chí Minh dưới tác động của Biến đổi khí hậu
- 14 Bùi Tuấn Hải, Lê Việt Sơn, Nguyễn Duy Quang, Phạm Văn Trình, Bùi Thế Văn: Nghiên cứu ứng dụng mô hình PCSWMM trong mô phỏng ngập úng hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà
- 29 Nguyễn Huy An, Nguyễn Thùy Đoàn Trang, Nguyễn Thị Thảo Nguyên, Trần Văn Trọng, Trần Văn Sơn: Ứng dụng ảnh viễn thám khảo sát nhiệt độ bề mặt tại thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 2016–2020
- 40 Lê Thị Mai Vân, Bùi Thị Bích Ngọc, Đoàn Quang Trí, Trương Văn Hùng, Lê Thế Trung: Nghiên cứu tính toán chỉ số đánh giá tài nguyên nước mặt phục vụ cảnh báo, dự báo tài nguyên nước: Thí điểm lưu vực sông Srê Pôk
- 51 Trương Văn Anh, Nguyễn Ngọc Thanh, Hoàng Thị Huê, Đỗ Văn Quang, Nguyễn Đức Dương, Bùi Anh Tú, Vũ Ngọc Luân: Định giá tài nguyên nước đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh biến đổi khí hậu
- 63 Nguyễn Thị Tuyết, Phạm Thị Minh, Trần Thị Thu Thảo, Nguyễn Thị Hằng: Nghiên cứu đặc điểm, xu thế biến đổi nhiệt độ và lượng mưa trên khu vực Nam Trung Bộ giai đoạn 1989–2018
- 79 Bùi Đức Hiếu, Tạ Đình Thi, Huỳnh Thị Lan Hương, Đặng Quang Thịnh, Nguyễn Văn Đại, Nguyễn Thị Liễu, Nguyễn Anh Tuấn: Đánh giá an ninh nước tỉnh Quảng Ngãi trong bối cảnh biến đổi khí hậu
- 91 Trần Ngọc Anh, La Đức Dũng, Lý Tuấn Minh, Trần Vinh Quang, Hoàng Thái Bình, Phạm Duy Huy Bình, Nguyễn Văn Nguyên, Nguyễn Phú Luân: Đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ Radar quan trắc lưu lượng tự động tại các trạm thủy văn cấp I khu vực Tây Bắc và Việt Bắc

Bài báo khoa học

Nghiên cứu xây dựng các kịch bản ngập cho thành phố Hồ Chí Minh dưới tác động của Biến đổi khí hậu

Nguyễn Văn Hồng^{1*}, Nguyễn Phương Đông¹

¹ Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu;
nguyenvanhong79@gmail.com; donghai930tl10@gmail.com

*Tác giả liên hệ: nguyenvanhong79@gmail.com; Tel.: +84-913613206

Ban Biên tập nhận bài: 05/04/2021; Ngày phản biện xong: 22/6/2021; Ngày đăng bài: 25/9/2021

Tóm tắt: Trong những năm qua do tác động của khí hậu cực đoan nên diễn biến của mưa và triều tại thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) có nhiều thay đổi. Điều đó đã ảnh hưởng lớn đến tình trạng ngập của thành phố, gây thiệt hại cũng như gây trở ngại rất nhiều cho các hoạt động kinh tế xã hội của người dân thành phố. Vì vậy, nghiên cứu về tác động của biến đổi khí hậu đến ngập tại thành phố là rất cần thiết. Trong bài báo này, nghiên cứu đã ứng dụng mô hình MIKE FLOOD để đánh giá diễn biến ngập tại TP.HCM dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (lũ thượng nguồn gia tăng trên các sông, mưa cực đoan xảy ra thường xuyên và nước biển dâng) giai đoạn hiện trạng năm 2016 và các kịch bản được chọn cho tính toán tương lai (kịch bản RCP4.5, kịch bản RCP8.5 cho năm 2030 và 2050). Kết quả nghiên cứu cho thấy, diễn biến ngập gia tăng cả về diện tích và độ sâu ngập trong tương lai, đặc biệt là ở kịch bản RCP4.5 cho năm 2050 với diện tích ngập được mô phỏng khoảng 8757,02 ha (chiếm 1,96% so với diện tích đất tự nhiên của thành phố) và kịch bản RCP8.5 cho năm 2050 với diện tích ngập khoảng 9039,91 ha (chiếm 4,38% so với diện tích đất toàn thành phố).

Từ khóa: MIKE FLOOD; Ngập; Nước biển dâng; Mưa cực đoan; Thành phố Hồ Chí Minh.

1. Mở đầu

Biến đổi khí hậu là một vấn đề mang tính toàn cầu, đã và đang có những tác động rõ nét đến tài nguyên, môi trường, kinh tế xã hội cũng như đời sống của người dân tại rất nhiều quốc gia trên thế giới [1–2]. Việt Nam được đánh giá là một trong những quốc gia bị ảnh hưởng nặng nề bởi biến đổi khí hậu (BĐKH): mực nước biển dâng cao 1 m sẽ làm ngập diện tích cư trú của 11% dân số và 7% diện tích đất nông nghiệp [3]. Mặc dù có nhiều tác động của biến đổi khí hậu xảy ra trong tương lai, tuy nhiên ngập lụt lại là một trong những vấn đề lớn ở Việt Nam, trong đó một số bộ phận dân số sẽ dễ bị tổn thương hơn so với các nhóm khác [4–7].

Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) là một đô thị lớn bởi quy mô đô thị và vai trò, tầm cỡ về phát triển kinh tế. Tuy nhiên, quá trình đô thị hóa tạo ra những cơ hội để phát triển thì nó cũng làm tăng nguy cơ của người dân đô thị vùng ven biển đối với sự biến đổi của khí hậu. Ở TP.HCM dễ bị ngập đô thị hóa, lượng mưa lớn, dòng chảy từ thượng nguồn và nước biển dâng. Bên cạnh đó, thành phố còn được xếp vào những thành phố trên thế giới chịu ảnh hưởng nặng nề nhất bởi biến đổi khí hậu [6].

Diện tích không gian của thành phố Hồ Chí Minh từng được mở rộng từ 86,2 km² năm 1990 đến 351,1 km² năm 2010, và gần 60% tổng diện tích TP.HCM nằm dưới cao trình 1,5

m so với mực nước biển. Do đó, thành phố đối mặt với các vấn đề ngập thường xuyên trong suốt mùa mưa từ tháng 6 đến tháng 11 và chu kỳ triều cường dâng cao từ tháng 9 đến tháng 12 hàng năm và lưu lượng từ thượng nguồn của sông Sài Gòn–Đông Nai. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến tình trạng ngập ở TP.HCM, trong đó nguyên nhân khách quan là do BĐKH, mực nước biển dâng, gia tăng lượng mưa và mức đỉnh triều, do đô thị hóa tăng dẫn đến dân số gia tăng nhanh vượt ngoài khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước, cơ sở hạ tầng đô thị. Vì vậy, việc nghiên cứu tác động của BĐKH đến ngập tại thành phố là cần thiết. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đánh giá hiện trạng ngập năm 2016 và mô phỏng theo các kịch bản ngập theo RCP4.5 và RCP8.5 cho năm 2030 và 2050, bằng cách xây dựng đường cong IDF của mưa cho hiện tại và tương lai với những thời đoạn ngắn, sử dụng mô hình MIKE FLOOD để mô phỏng ngập và từ đó thành lập bản đồ ngập cho khu vực nghiên cứu [7–20].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Thành phố Hồ Chí Minh nằm ở phía Tây Nam vùng Đông Nam Bộ. Phía Bắc giáp tỉnh Bình Dương, Tây Bắc giáp tỉnh Tây Ninh, Đông và Đông Bắc giáp tỉnh Đồng Nai, Đông Nam giáp tỉnh Bà Rịa–Vũng Tàu và biển Đông, Tây và Tây Nam giáp tỉnh Long An và Tiền Giang. TP.HCM nằm ở hạ lưu các con sông lớn: sông Đồng Nai, sông Sài Gòn, sông Bé, ven rìa Đông bằng sông Cừ Long. TP.HCM nằm trong vùng có khí hậu nhiệt đới gió mùa tính chất cận xích đạo. Lượng bức xạ dồi dào, nắng trung bình 6,13 giờ/ngày. Nhiệt độ trung bình toàn năm khoảng 28,4°C. TP.HCM nằm trong khu vực khí hậu nhiệt đới gió mùa. Gió mùa mang một lượng lớn hơi ẩm từ phía Tây và Tây Nam. Với địa hình tự nhiên TP.HCM khá thấp cùng với các mục đích sử dụng đất khác nhau đã dẫn đến sự phân bố rõ ràng về không gian và lượng mưa, thậm chí là phụ thuộc vào sự khác nhau của các quận nội thành của Thành phố. Tổng lượng mưa TP.HCM dao động từ 1.200–2.100 mm/năm [8–12].



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

2.2. Sử dụng mô hình MIKE FLOOD mô phỏng ngập

Đối với mô phỏng và tính toán ngập lụt, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu, áp dụng các mô hình thủy văn, thủy lực như HEC, SWAT, WFLOW, MIKE, HEC RAS, SOBECK, MIKE,... Tại Việt Nam, có nhiều mô hình được sử dụng để tính toán lũ. Tuy nhiên, hiện nay phần mềm MIKE do Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) phát triển và được thương mại hoá bao gồm nhiều module khác nhau liên quan đến môi trường nước đã được ứng dụng rộng rãi và cho kết quả đáng tin cậy... Cụ thể là mô hình MIKE FLOOD với ưu điểm kết nối từ mạng lưới sông 1 chiều với mô hình 2 chiều cho kết quả mô phỏng diện tích ngập lụt trong thời gian ngắn, đã được ứng dụng trong nhiều nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam [19]. Với mục đích mô phỏng ngập cho TP.HCM, nghiên cứu lựa chọn mô hình MIKE FLOOD, cho phép kết nối MIKE 11 và MIKE 21 FM một cách dễ dàng thông qua các phép kết nối bên, kết nối tiêu chuẩn. Quá trình thiết lập mô hình được thể hiện trong Hình 2.

2.2.1. Mô hình MIKE 11

MIKE 11 với các ứng dụng trong mô phỏng chế độ thủy lực, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát vùng cửa sông, trong sông, hệ thống tưới, kênh dẫn và các hệ thống dẫn nước khác. Trong đó, module MIKE 11 HD mô tả quá trình thủy lực dựa trên phương trình liên tục và phương trình động lượng (hệ phương trình Saint–Venant), được giải theo lược đồ sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn (*Abbott–Inoescu*). Các bước thiết lập mô hình gồm xây dựng mạng lưới sông, mặt cắt sông, xác định biên (thượng nguồn, hạ nguồn) và các thông số mô hình. Trong nghiên cứu này, mạng lưới sông...[21]. Cụ thể trong nghiên cứu này MIKE 11 được sử dụng để mô phỏng hệ thống thủy lực mạng sông Sài Gòn–Đồng Nai với các nhánh sông chính như: sông Sài Gòn, sông Đồng Nai, sông Thị Tịch, sông Vàm Cỏ Đông, sông Lòng Tàu, sông Soài Rạp...

2.2.2. Mô hình MIKE 21 FM

MIKE 21 Flow Model FM dựa trên lưới tính linh hoạt, phối hợp giữa ô lưới hình tam giác và ô lưới hình chữ nhật, được phát triển cho các ứng dụng trong môi trường hải dương học, ven biển và cửa sông, có thể được áp dụng cho các nghiên cứu về lũ lụt trên đất liền. Gồm các module ELOS, HD, MT, PT, ST, TR; trong đó, module thủy động lực cung cấp cơ sở cho việc tính toán các quá trình được thực hiện trong nhiều module khác hoặc cũng có thể được sử dụng độc lập. Module này được xây dựng dựa trên phương trình Navier–Stokes 2, 3 chiều trung bình với hệ số Reynolds không nén kết hợp độ sâu với các giả định Boussinesq và áp suất thủy tĩnh. Sự rời rạc không gian của các phương trình cơ bản được thực hiện bằng phương pháp thể tích hữu hạn ô trung tâm với sơ đồ sai phân hiện [22-26]. Cụ thể trong nghiên cứu mô hình MIKE 21 FM sử dụng để tính toán địa hình từ lưới tính Mesh và địa hình Lidar có độ phân giải 5m x 5m “nguồn: Sở khoa học công nghệ TP.HCM” bên cạnh đó là bản đồ sử dụng đất gồm chủ yếu các loại đất ở, đất giao thông, đất cây xanh được số hóa vào để hoàn thiện dữ liệu địa hình tính toán trong mô hình MIKE 21 FM, mô hình sử dụng lưới tính tam giác với 13339 nút tính toán và 23782 phần tử.

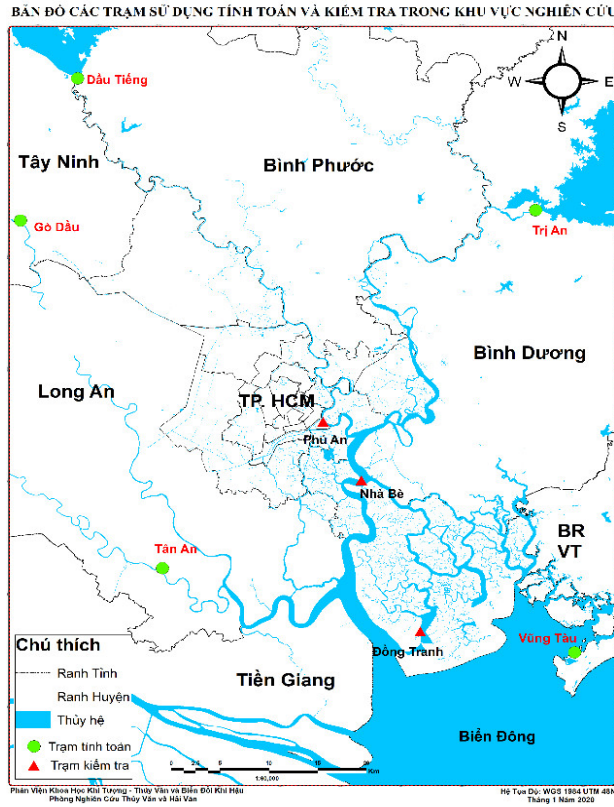
2.2.3. Kết nối mô hình 1D và 2D vào mô hình MIKE FLOOD

Phạm vi tính toán từ Hồ Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn, Hồ Trị An trên sông Đồng Nai, đến Ngã Ba Đền Đỏ hợp lưu sông Nhà Bè và qua sông Soài Rạp cùng hệ thống sông rạch khu vực Cần Giờ ra biển, bên cạnh còn có hệ thống sông Vàm Cỏ Đông lấy từ trạm thủy văn Gò Dầu, trên sông Vàm Cỏ Tây lấy từ trạm thủy văn Tân An. Vì vậy, các biên tính toán bao gồm:

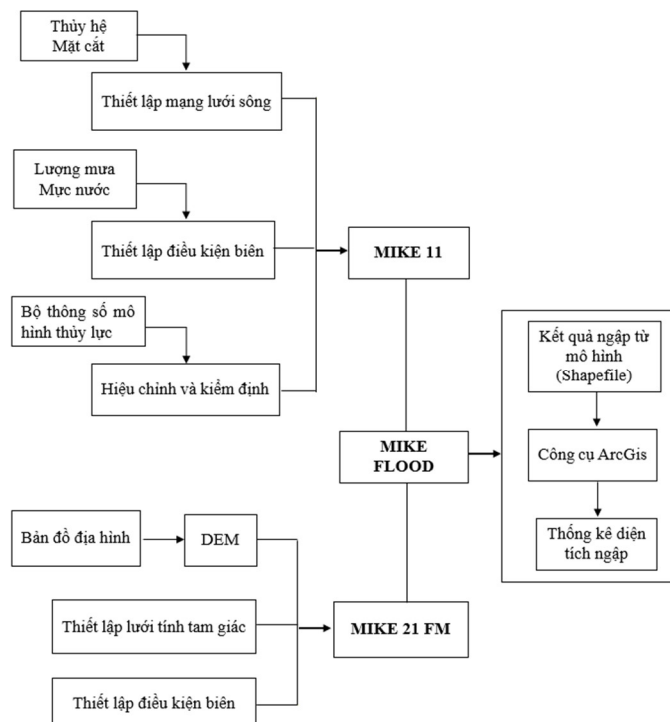
MIKE 11 được liên kết với MIKE 21FM bằng công cụ Link River Branch to Mike 21 sử dụng liên kết Lateral để liên kết các sông trong hệ thống thủy lực MIKE 11 vào địa hình khu vực TP.HCM [27-30].

Biên thượng nguồn: biên mực nước theo giờ tại các trạm: Tân An (sông Vàm Cỏ Tây), Gò Dầu (sông Vàm Cỏ Đông) từ 0:00 ngày 01/01/2016 đến 23:00 ngày 30/11/2016 và biên lưu lượng theo ngày từ 01/01/2016 đến 30/11/2016 của các hồ: Dầu Tiếng (sông Sài Gòn) và Trị An (sông Đồng Nai).

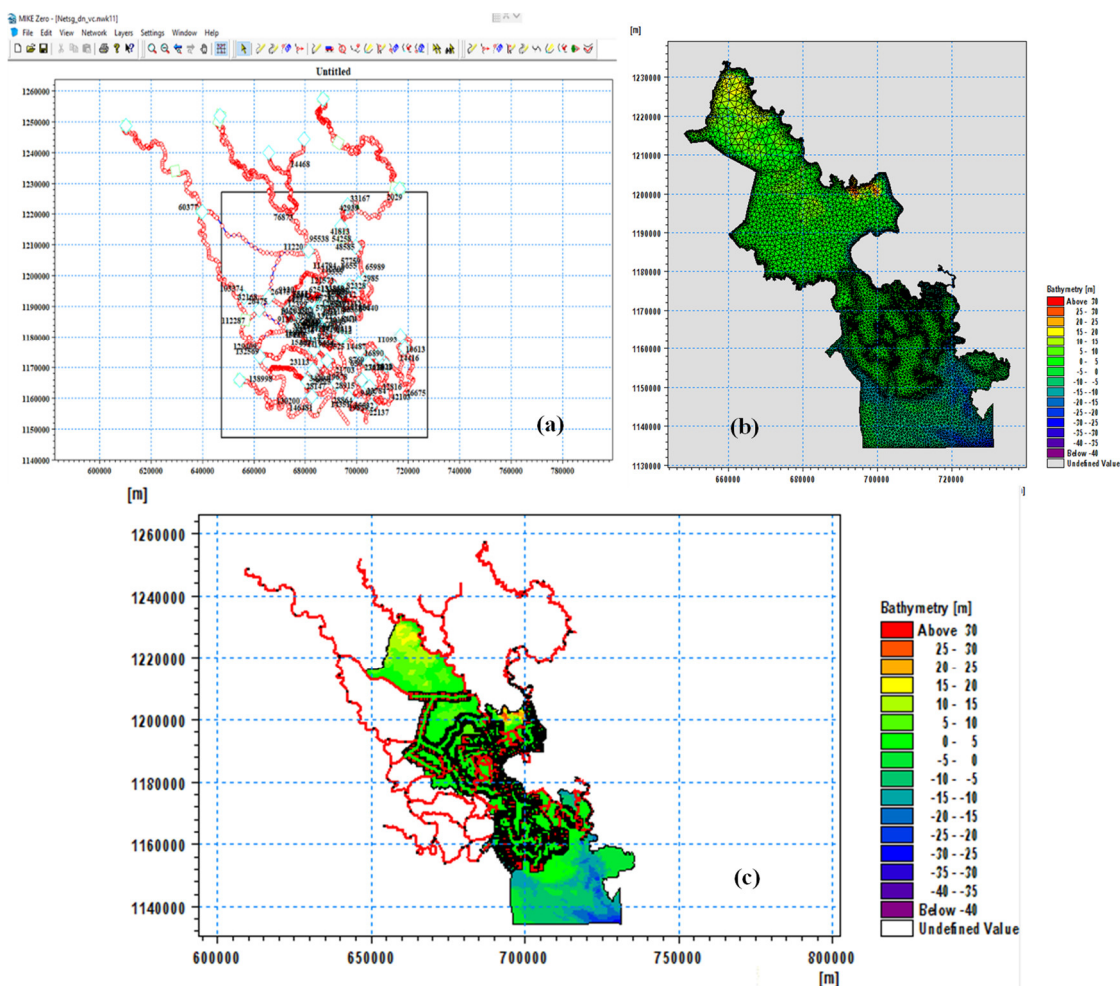
Biên hạ nguồn: sử dụng số liệu mực nước quan trắc tại trạm Vũng Tàu từ 0:00 ngày 01/01/2016 đến 23:00 ngày 30/11/2016.



Hình 2. Bản đồ các trạm tính toán và kiểm tra tại khu vực nghiên cứu.



Hình 3. Quá trình thiết lập mô hình mô phỏng ngập.



Hình 4. (a) Sơ đồ thủy lực mạng sông Sài Gòn–Đồng Nai; (b) Dữ liệu địa hình trong mô hình MIKE 21 FM; (c) Liên kết MIKE 11 HD và MIKE 21 FM.

MIKE 11 được kết nối với MIKE 21FM bằng công cụ kết nối nhánh sông với MIKE 21 (Link river branch to MIKE 21); sử dụng kết nối bên (Lateral) để kết nối bờ phải và bờ trái các nhánh sông trong hệ thống thủy lực MIKE 11 vào địa hình khu vực TP.HCM trong MIKE 21 với số ô lưới kết nối (Hình 4a-4c).

2.3. Mô hình mưa thiết kế

Trong nghiên cứu này sử dụng mưa thời đoạn 3h để tính toán ngập lụt vì có đặc điểm cho trận mưa đặc trưng ở khu vực TP.HCM, bên cạnh đó sử dụng phương pháp cường độ mưa tức thời để xác định đỉnh mưa cho trận mưa đại biểu và theo các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau, từ đó dựa vào nghiên cứu về phân bố mưa của TP. Hồ Chí Minh [14] [18] nhằm xác định hệ số mưa trước đỉnh phục vụ xây dựng biểu đồ mưa thiết kế.

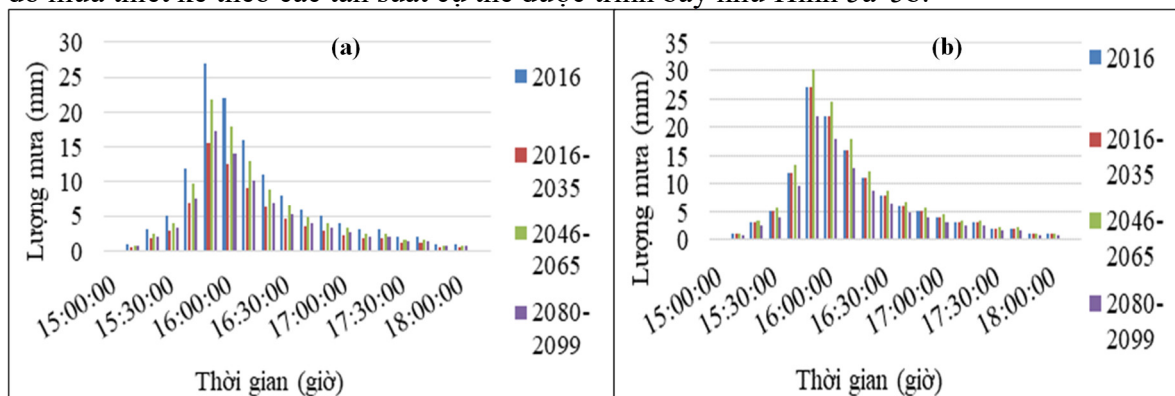
2.4. Xây dựng kịch bản tính toán ngập

Trong nghiên cứu này đề xuất 5 kịch bản tính toán ảnh hưởng của tổ hợp mưa, triều và lũ đến tình hình ngập trên địa bàn TP.HCM. Các kịch bản này bao gồm việc đánh giá ngập với điều kiện hiện tại và kịch bản có xét đến yếu tố đô thị hoá và BĐKH. Đối với việc đô thị hoá, sử dụng dữ liệu đô thị hoá đến năm 2025 theo quy hoạch phát triển không gian đô thị. Đối với BĐKH, sử dụng kịch bản BĐKH của Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành năm 2016 [20]. Kịch bản hiện trạng xét trong trường hợp là kịch bản nền để so sánh. Các kịch bản cụ thể như sau:

Bảng 1. Các kịch bản tính toán ngập.

STT	Kịch bản	Ký hiệu	Mưa	Triều	Lũ	Địa hình	BĐKH
1	Hiện trạng	Hientrang	Hiện trạng	Hiện trạng	Hiện trạng	Hiện trạng	Không xét
2	Đến năm 2050 có xét BĐKH-RPC4.5	2050RPC4.5	50%	50%	50%	Quy hoạch	2050R PC4.5
3	Đến năm 2050 có xét BĐKH-RPC8.5	2050RPC8.5	50%	50%	50%	Quy hoạch	2050R PC8.5
4	Đến năm 2030 có xét BĐKH-RPC4.5	2030RPC4.5	20%	20%	20%	Quy hoạch	2030R PC4.5
5	Đến năm 2030 có xét BĐKH-RPC8.5	2030RPC8.5	20%	20%	20%	Quy hoạch	2030R PC8.5

Ngoài kịch bản lũ ở thượng nguồn, nước biển dâng ở hạ nguồn, nghiên cứu còn xét đến yếu tố mưa nhập bên ở khu vực nghiên cứu. Bằng việc lựa chọn trận mưa đại biểu có thời đoạn 3h vào ngày 26/09/2016 gây ngập nặng nề TP.HCM cho kịch bản hiện trạng. Chúng tôi tiến hành thành lập biểu đồ mưa thiết kế dựa vào đường IDF theo phương pháp mưa đại biểu, từ đó chúng tôi lựa chọn kịch bản mưa thời đoạn trong tương lai theo các kịch bản IDF. Biểu đồ mưa thiết kế theo các tần suất cụ thể được trình bày như Hình 5a-5b.



Hình 5. (a) Biểu đồ mưa thiết kế tần suất 50%; (b) Biểu đồ mưa thiết kế tần suất 20%.

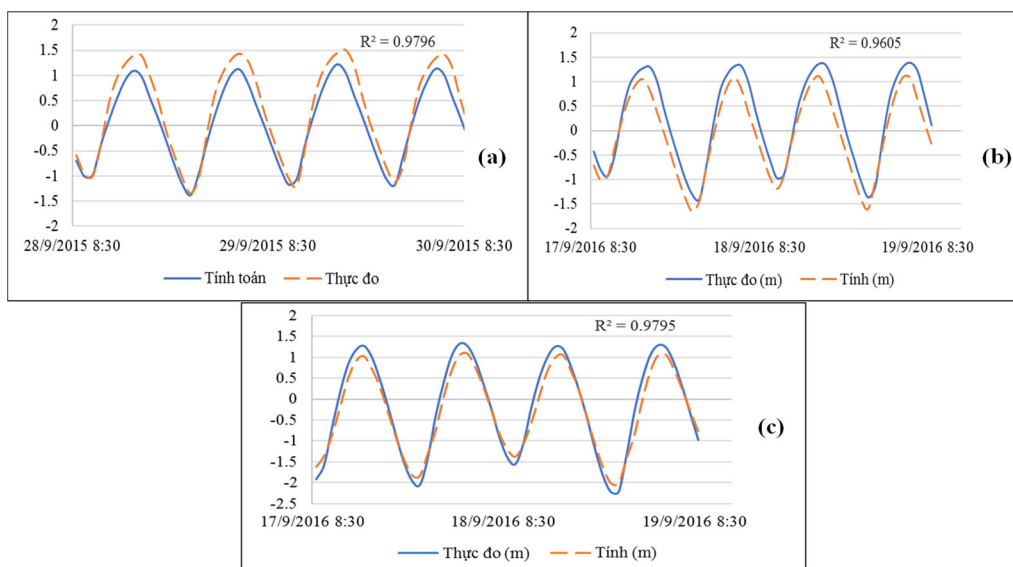
3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả hiệu chỉnh–kiểm định mô hình

Hiệu chỉnh mô hình qua hệ số nhám Manning được chọn trong khoảng 12–45 ($m^{1/3}/s$) tùy vào đoạn sông. Mô hình thủy lực được hiệu chỉnh và kiểm định ở trạm thủy văn Phú An, Nhà Bè và Đồng Tranh.

Thời gian hiệu chỉnh mô hình từ 9:00 ngày 28/09/2015 đến 09:00 giờ ngày 30/09/2015, sau khi hiệu chỉnh bộ thông số tính toán mô hình phù hợp, mô hình được kiểm định lại từ 9:00 ngày 17/09/2016 đến 9:00 ngày 19/09/2016.

Kết quả tính toán mực nước được hiệu chỉnh và kiểm định cho giá trị tương quan với số liệu thực đo đạc trên 0,95 ở trạm Phú An, Nhà Bè và Đồng Tranh (Hình 6a-6c). Như vậy, cơ sở dữ liệu đầu vào mô hình MIKE FLOOD đã xây dựng đủ tin cậy để áp dụng tính toán mô phỏng ngập cho khu vực nghiên cứu.



Hình 6. (a) Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại Phú An tháng 9/2015; (b) Kết quả kiểm định mực nước Nhà Bè tháng 9/2016; (c) Kết quả kiểm định mực nước Đồng Tranh tháng 9/2016.

3.2. Kết quả tính toán mực nước trên sông Sài Gòn

Nghiên cứu đã tính toán thủy lực cho khu vực thành phố từ 1/10–30/11/2016. Từ mực tiêu phục vụ tính toán ngập, mực nước tháng 10 (tháng có mực nước cao nhất năm 2016) được sử dụng để trình bày kết quả đặc trưng mực nước tại các trạm Thị Tịch, Nhà Bè, Tam Thôn Hiệp. Trong thời gian 01/10–31/10, mực nước tại ba nhánh sông Sài Gòn là Nhà Bè, Tam Thôn Hiệp và ngã ba sông Thị Tịch khá cao, cao nhất ở trạm ngã ba Thị Tịch khoảng 1,731 m (Bảng 2). Những thời điểm này, khả năng bị ngập là rất cao ở một số quận huyện, vì địa hình tại khu vực nghiên cứu thuộc vùng trung bình và có nhiều điền trũng.

Bảng 2. Đặc trưng mực nước tính toán (m) năm 2016.

Đặc trưng (m)	Ngã ba Thị Tịch	Nhà Bè	Tam Thôn Hiệp
Min	-2,249	-2,117	-2,093
TB	-0,061	-0,078	-0,117
Max	1,731	1,62	1,369

Bảng 3. Đặc trưng mực nước tính toán (m) theo kịch bản RCP4.5 cho năm 2030.

Đặc trưng (m)	Ngã ba Thị Tịch	Nhà Bè	Tam Thôn Hiệp
Min	-2,068	-1,996	-2,000
TB	0,102	0,033	-0,013
Max	1,717	1,709	1,498

Bảng 4. Đặc trưng mực nước tính toán (m) theo kịch bản RCP4.5 cho năm 2050.

Đặc trưng (m)	Ngã ba Thị Tịch	Nhà Bè	Tam Thôn Hiệp
Min	-1,752	-1,647	-1,637
TB	0,448	0,423	0,371
Max	2,218	2,102	1,892

Bảng 5. Đặc trưng mực nước tính toán (m) theo kịch bản RCP8.5 cho năm 2030.

Đặc trưng (m)	Ngã ba Thị Tính	Nhà Bè	Tam Thôn Hiệp
Min	-2,282	-2,013	-2,014
TB	0,118	0,033	-0,013
Max	1,688	1,722	1,483

Bảng 6. Đặc trưng mực nước tính toán (m) theo kịch bản RCP8.5 cho năm 2050.

Đặc trưng (m)	Ngã ba Thị Tính	Nhà Bè	Tam Thôn Hiệp
Min	-1,742	-1,464	-1,451
TB	0,708	0,619	0,563
Max	2,254	2,270	2,080

Từ kết quả tính toán theo kịch bản RCP4.5 cho năm 2030, triều cường đạt giá trị cao nhất vào ngày 17/10/2030. Kịch bản RCP4.5 cho năm 2050, triều cường cao nhất vào ngày 18/10/2050; Kịch bản RCP8.5 cho năm 2050, triều cường cao nhất vào ngày 17/10/2050, cho năm 2030, triều cường cao nhất vào ngày 18/10/2030 (Bảng 3-6).

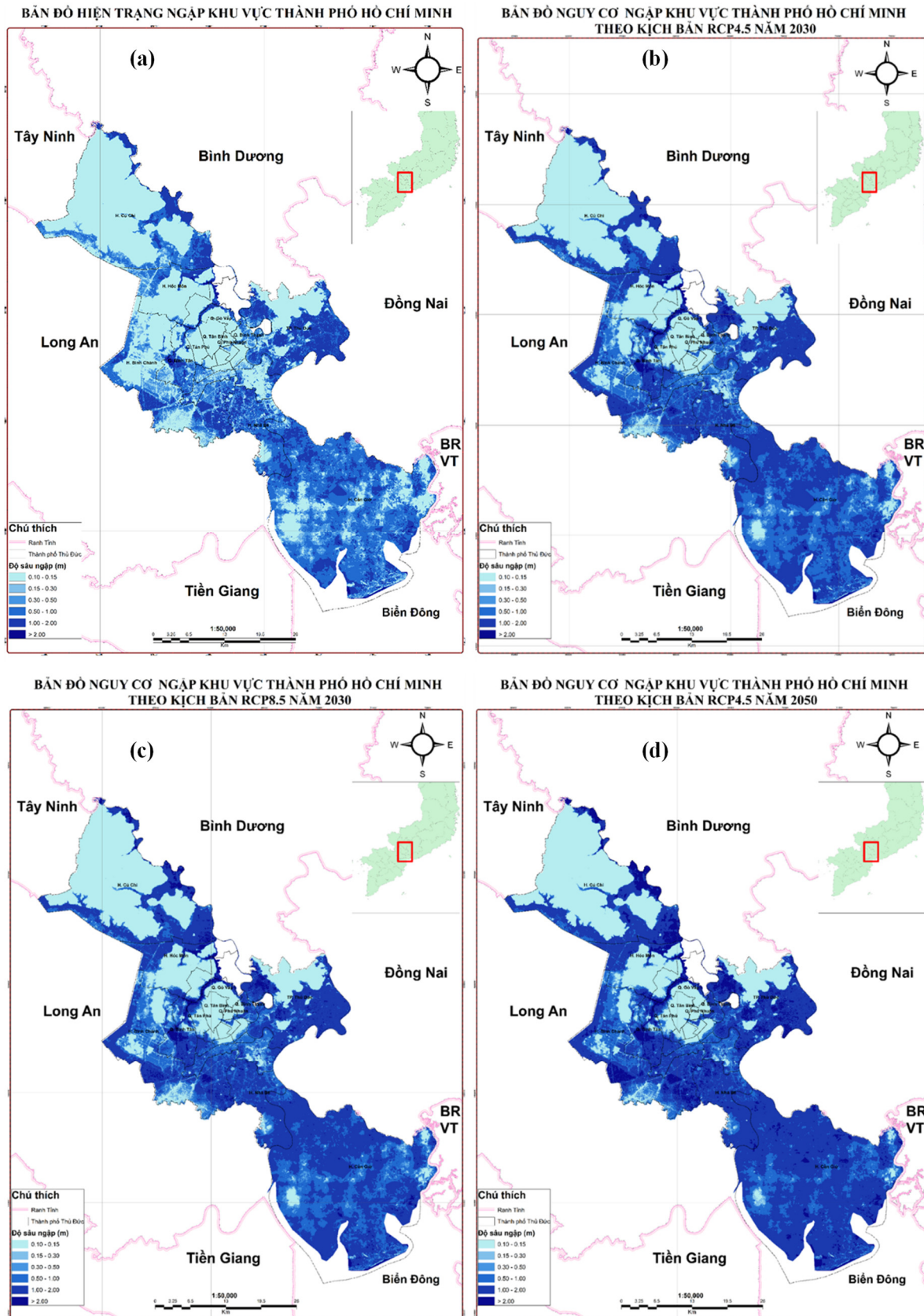
3.2. Kết quả tính toán ngập cho khu vực nghiên cứu

Theo số liệu thống kê năm 2016, trên toàn TP.HCM có khoảng 40 điểm ngập. Các điểm ngập tập trung ở các quận huyện ngoại thành như huyện Bình Chánh, Nhà Bè, quận Thủ Đức, quận 9, và quận 2 với độ sâu trung bình khoảng từ 0,3–0,4 m và nhiều điểm ngập trong các quận nội thành như quận Bình Thạnh, quận 12, Tân Bình, Gò Vấp, quận 11 và một đoạn đường Nguyễn Hữu Cảnh, quận 1.

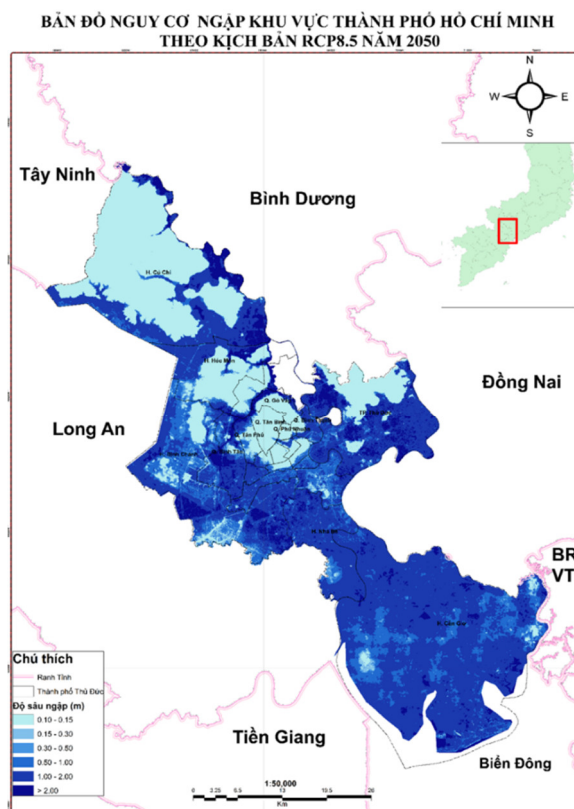
Kết quả mô phỏng ngập được so sánh với số liệu thống kê các điểm ngập, từ Trung tâm Điều hành chương trình chống ngập nước TP.HCM cho thấy: Các kết quả tính toán mô phỏng ngập từ mô hình khá phù hợp với giai đoạn hiện trạng năm 2016 (Hình 7a), các tuyến đường ngập trong hiện trạng năm 2016 cho kết quả khá chính xác, chênh lệch sai số giữa hiện trạng thực đo và kết quả ngập ở một số đường lần lượt là: đường Nguyễn Hữu Cảnh khoảng 0,05 m, đường Quốc Hương, Nguyễn Văn Hưởng khoảng 0,03 m, Quốc lộ 1A và Huỳnh Tấn Phát lần lượt là 0,05 m. Diện tích ngập cao nhất trong nghiên cứu này dựa vào tỷ lệ giữa diện tích ngập so với diện tích tự nhiên của toàn quận, huyện. Tương ứng quận, huyện nào có tỷ lệ ngập cao thì có diện tích ngập cao. Các kết quả nghiên cứu thực hiện mô phỏng ngập tại khu vực nghiên cứu ở các kịch bản tương lai cho năm 2030, năm 2050; theo hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5.

Kết quả mô phỏng ngập theo các kịch bản được cho thấy:

+ Đối với năm 2030, cả hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 mức độ ngập tăng lên so với kết quả mô phỏng năm 2016. Tổng diện tích ngập trong hai kịch bản này là 4056,3 ha (chiếm 1,96% diện tích thành phố), cao hơn so với kết quả hiện trạng 2016 khoảng 2465,2 ha (tương ứng với tỷ lệ ngập là 1,19%) (Hình 7b-7c).



Hình 7. (a) Bản đồ ngập cao nhất cho TP.HCM theo hiện trạng năm 2016; (b) Bản đồ ngập cao nhất cho TP.HCM năm 2030 theo kịch bản RCP 4.5; (c) Bản đồ ngập cao nhất cho TP.HCM năm 2030 theo kịch bản RCP 8.5; (d) Bản đồ ngập cao nhất cho TP.HCM năm 2050 theo kịch bản RCP 4.5.



Hình 8. Bản đồ ngập cao nhất cho TP.HCM năm 2050 theo kịch bản RCP 8.5.

Bảng 7. Diện tích ngập của TP.HCM theo các kịch bản.

TT	Kịch bản	Năm	Diện tích ngập (ha)	Tỷ lệ ngập (%)	Quận/huyện ngập nhiều nhất
1	Hiện trạng	2016	1591,1	0,77	Quận 9
2	RCP 4.5	2030	4056,3	1,96	H. Cần Giờ
3		2050	8757,02	4,27	H. Cần Giờ
4	RCP 8.5	2030	4056,3	1,96	H. Cần Giờ
5		2050	9039,91	4,38	H. Cần Giờ

+ Kịch bản ngập đến năm 2050 với kịch bản RCP4.5, các kết quả mô phỏng cho thấy, diện tích ngập và mức ngập tăng lên. Ở kịch bản này, tổng diện tích ngập khoảng 8757,02 ha (chiếm 4,27% diện tích toàn thành phố) cao hơn so với kết quả hiện trạng 2016 khoảng 7165,9 ha (tỷ lệ ngập tương ứng chiếm 3,29% so với diện tích ngập hiện trạng và chiếm 4,27% so với diện tích toàn thành phố) (Hình 7d).

+ Đối với kịch bản RCP8.5 năm 2050 thì hơn 4,38% diện tích của TP.HCM có nguy cơ bị ngập, với tổng diện tích ngập khoảng 9039,91 ha. So sánh với kết quả ngập hiện trạng năm 2016 thì trong kịch bản này, tổng diện tích ngập tăng 7448,8 ha và tỷ lệ ngập tăng tương ứng là 3,61% (Hình 8).

Theo các kết quả nghiên cứu, huyện Cần Giờ, Bình Chánh, Nhà Bè và các quận 9, 8, 7, 2 là những quận, huyện chịu ảnh hưởng nặng bởi ngập ở cả thời điểm hiện tại và trong tương lai.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá các diễn biến của chế độ mực nước trên sông Sài Gòn–Đồng Nai theo hiện trạng 2016 và các kịch bản BĐKH được thiết kế. Các kết quả tính toán cho giai

đoạn ngập giai đoạn năm 2016 với tổng diện tích ngập của TP.HCM khoảng 1591,1 ha chiếm 0,77% diện tích khu vực nghiên cứu. Theo các mô phỏng ngập theo các kịch bản RCP4.5 năm 2030 có diện tích ngập là 4056,3 ha năm 2050 là 8757,02 ha, tỉ lệ ngập lần lượt là 1,96% và 4,27%. Tương tự kịch bản RCP 8.5 năm 2030 có diện tích ngập là 4956,3 ha, năm 2050 là 9039,91 ha có tỉ lệ ngập lần lượt là 1,96% và 4,38%, vùng chịu ảnh hưởng ngập nặng nhất của BĐKH là các quận, huyện khu vực phía Nam–Tây Nam và Đông Nam thành phố (thuộc các quận 9, 8, 7 và các huyện Bình Chánh, Nhà Bè, Cần Giò), do đây là những vùng thấp trũng, độ cao trung bình trên dưới 1 m và cao nhất 2 m, thấp nhất 0,5 m. Báo cáo này còn có một số hạn chế là chưa đưa hệ thống thoát nước và công trình cơ sở hạ tầng vào để tính toán (cống, hầm ga, cửa xả và các cống, đê biển, đê ngăn triều). Các yếu tố động lực khác có liên quan như sự nâng hạ địa chất, sự thay đổi địa hình, sụt lún đất do khai thác nước ngầm, thay đổi đường bờ biển, ảnh hưởng của thủy triều, nước dâng do bão, nước dâng do gió mùa,... chưa được xét đến trong các kịch bản này. Các kết quả nghiên cứu trên chỉ là kết quả nghiên cứu ban đầu, độ tin cậy chưa cao, cần được tiếp tục nghiên cứu thêm.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học “Xây dựng mô hình dự báo, cảnh báo và quản lý ngập cho đô thị thông minh tại Thành phố Hồ Chí Minh”, Sở KHCN TP.HCM và dự án “Xây dựng kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH giai đoạn 2020–2030, tầm nhìn 2050 cho thành phố HCM”, Sở TNMT TP.HCM.

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. IPCC. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
2. IPCC. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013.
3. Global facility for Disaster Reduction and Recovery. Country Profile Vietnam, 2015
4. ADB–ICEM. Ho Chi Minh City Adaptation Climate Changes, 2010.
5. Adger, Niel. Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam, 1999. World Development 27 (2): 249–69. doi:10.1016/S0305–750X(98)00136–3.
6. Asian Development Bank. Ho Chi Minh City Adaptation to climate change – Summary report, 2010.
7. IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects, 2014.
8. Phân Viện Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Nghiên cứu xây dựng cơ sở dữ liệu các đặc trưng khí tượng thủy văn phục vụ phòng chống ngập úng khu vực TP. HCM, 2008.
9. Phân viện Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Nghiên cứu và xây dựng mô hình đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến các yếu tố tự nhiên, con người kinh tế – xã hội Tp.HCM, 2011.
10. Phân viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Nghiên cứu tính toán ngập úng lưu vực quận 12 – Thành phố Hồ Chí Minh bằng mô hình MIKE FLOOD, 2015.

11. Hoàng, T.T.; Nam, B.C.; Thịnh, N.N. Nghiên cứu tính toán mưa rào dòng chảy hạ lưu sông Sài Gòn làm đầu vào cho bài toán chống ngập. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2012**, 622, 17–21.
12. Phân viện KTTV&BDKH. Xây dựng, cập nhật kế hoạch hành động ứng phó với BĐKH giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến 2050 trên địa bàn TPHCM. Dự án Sở TNMT TP.HCM, 2020.
13. Tuấn, L.N. Nghiên cứu, cập nhật các kịch bản BĐKH của thành phố Hồ Chí Minh theo phương pháp luận và kịch bản mới của ủy ban liên chính phủ về BĐKH (IPCC) và Bộ Tài nguyên và Môi trường. Đề tài Sở Khoa học và Công nghệ TPHCM, 2017.
14. Việt, L.V. Xây dựng cơ sở dữ liệu mưa cho TP. HCM. Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, 2008.
15. Hiếu, T.V. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp Thành phố: Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập và thoát nước đô thị–Nội thành TP.HCM, 2003.
16. Sâm, L. Báo cáo Đề tài NCKH độc lập cấp nhà nước: Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chống ngập cho thành phố Hồ Chí Minh. Viện Khoa học Thủy lợi Miền nam, 2010.
17. Tuấn, L.N; Kim, T.T; Phùng, N.K. Nguy cơ ngập do triều tại Thành phố Hồ Chí Minh trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng. *Tap chí Phát triển Khoa học & Công nghệ: Chuyên san Khoa học Tự nhiên* **2018**, 2(6),182-191.
18. Khiêm, M.V. Đề tài cấp Thành phố: Nghiên cứu khả năng đáp ứng của hệ thống thoát nước trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh trong điều kiện biến đổi khí hậu, 2017–2019.
19. Bình, H.T; Anh, T.N; Khá, Đ.Đ. Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2010**, 26(3S), 34-42.
20. Bộ Tài Nguyên và Môi Trường. Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, 2016.
21. Mirhosseini, G.; Srivastava, P.; Fang, X. Developing Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves for Alabama under Future Climate Scenarios Using Artificial Neural Networks. *J. Hydrol. Eng.* **2014**, 19(11), 04014022. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000962](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000962).
22. Afrin, S.; Islam, M.M.; Rahman, M.M. Development of IDF Curve for Dhaka City Based on Scaling Theory under Future Precipitation Variability Due to Climate Change. *Int. J. Environ. Sci. Dev.* **2015**, 6(5), 332-335.
23. Wang, X.; Huang, G.; Liu, J. Projected increases in intensity and frequency of rainfall extremes through a regional climate modeling approach. *J. Geophys. Res. Atmos.* **2014**, 119, 271–286. <https://doi.org/10.1002/2014JD022564>.
24. Bart, V.D.H.; Peter, S.; Albert, K.T. Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective. Scientific Report WR2014–01, KNMI, De Bilt, the Netherlands, 2014.
25. Zhou, Q.; Su, J.; Arnbjerg–Nielsen, K.; Ren, Y.; Luo, J.; Ye, Z.; Feng, J. A GIS–Based Hydrological Modeling Approach for Rapid Urban Flood Hazard Assessment. *Water* **2021**, 13, 1483. <https://doi.org/10.3390/w13111483>.
26. IPCC Fifth Assessment Report. Climate Change 2013 – The Physical Science Basis. *Cambridge University Press, Cambridge, UK*, **2013**, pp. 1535.
27. DHI. Mike 11 – HD User Manual, 2014.
28. DHI. MIKE FLOOD User Guide, 2014.
29. DHI. Mike Flood modelling of river flooding step by step tranining guide, 2014.
30. DHI. MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM. Hydrodynamic Module, Scientific documentation, 2014.

Studying on building the flood scenarios in ho chi minh city by the impacts of climate change

Nguyen Van Hong^{1*}, Nguyen Phuong Dong¹

¹Sub-Institute of HydroMeteorology and Climate Change;
nguyenvanhong79@gmail.com; donghai930tl10@gmail.com

Abstract: In the recent years, due to the impact of extreme climate, the characteristics of rain and tide in Ho Chi Minh City has changed. That has greatly affected the flooding of the city, causing damage as well as greatly impact on the socio-economic activity of the city's people. Therefore, this study on the climate change impacts to flood in the city is really necessary. In this study, Using the MIKE FLOOD model to assess the impact of inundation in HCMC under the influence of climate change (floods upstream in rivers, frequent extreme precipitation and sea level rise in downstream of Sai Gon and Dong Nai rivers) in period in 2016 and climate change scenarios (Scenarios of RCP4.5, RCP8.5 for 2030 and 2050). The results show that flooding has increased in both flood area and depth in the future, especially in the climate change scenario RCP4.5 for 2050 with flood area simulated about 8757,02 ha (occupying 1,96% of the city's total area) and RCP8.5 for 2050 with an area of 9039,91 ha (accounting for 4,38% of the city's total area).

Keywords: MIKE FLOOD; Flooding; Sea level rise; Extreme rain; Ho Chi Minh City.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu ứng dụng mô hình PCSWMM trong mô phỏng ngập úng hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà

Bùi Tuấn Hải^{1*}, Lê Việt Sơn¹, Nguyễn Duy Quang¹, Phạm Văn Trinh¹, Bùi Thế Văn¹

¹ Phòng Quy hoạch Thủy lợi Bắc Bộ, Viện Quy hoạch Thủy lợi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn; buituanhai@gmail.com; levietson2211@gmail.com; nguyenduyquang.wru@gmail.com; trinhpv274@gmail.com; vanbt53@wru.vn

*Tác giả liên hệ: buituanhai@gmail.com; Tel.: +84-989336330

Ban Biên tập nhận bài: 28/5/2021; Ngày phản biện xong: 12/7/2021; Ngày đăng bài: 25/9/2021

Tóm tắt: Hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà là một trong những hệ thống thủy lợi lớn nhất vùng Đồng bằng Bắc Bộ. Tiêu úng trong hệ thống Bắc Nam Hà thời gian qua luôn là một trong những vấn đề căng thẳng; hàng năm ngập úng gây ảnh hưởng lớn đến sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là trong các năm gần đây như các năm 2016, 2017 và 2018. Nghiên cứu đã sử dụng mô hình PCSWMM để mô phỏng ngập úng hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà, mục đích xây dựng mô hình phục vụ cho công tác quản lý điều hành tiêu úng phục vụ sản xuất nông nghiệp. Kết quả mô phỏng, hiệu chỉnh mô hình với trận mưa trong tháng 10/2017 và kiểm định lại với trận mưa tháng 9/2003 cho kết quả khá tốt với việc so sánh đường quan hệ mực nước giữa thực đo và tính toán từ mô hình. Nghiên cứu đã xây dựng kết nối 1 chiều và 2 chiều trong mô hình PCSWMM, kết quả đã xây dựng bản đồ ngập lụt, úng với trận mưa tháng 7/2017.

Từ khóa: PCSWMM; Mô phỏng ngập úng; Hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà.

1. Mở đầu

Hệ thống thủy lợi Bắc Nam Hà (BNH) là một trong những hệ thống thủy lợi lớn nhất vùng Đồng bằng Bắc Bộ, được bao bọc bởi 4 sông lớn: sông Hồng, sông Đào, sông Đáy và sông Châu với tổng diện tích tự nhiên của hệ thống 100.261 ha trong đó có 60.000 ha diện tích đất canh tác. Tiêu úng trong hệ thống BNH thời gian qua luôn là một trong những vấn đề căng thẳng, hàng năm ngập úng gây ảnh hưởng lớn đến sản xuất nông nghiệp. Tiêu úng trong hệ thống BNH chủ yếu dùng động lực, với tình trạng thiết bị đã xuống cấp như hiện nay thì việc vận hành trong điều kiện thời tiết bình thường cũng đã rất khó khăn. Trường hợp lũ cao kết hợp triều cường như năm 1996, 2017 một số trạm bơm lớn cũng phải ngừng hoạt động như: trạm bơm Như Trác, Hữu Bị, Cốc Thành lại rơi vào thời điểm lúa mới cấy thì thiệt hại cho sản xuất nông nghiệp là không thể tránh khỏi.

Đặc biệt trong các năm gần đây, tình hình thiên tai đã gây ra thiệt hại rất lớn đối với sản xuất nông nghiệp thuộc hệ thống BNH theo báo cáo của Viện Quy hoạch Thủy lợi (2019) [1]: Diện tích ngập úng vụ mùa năm 2016 là 19.380 ha, năm 2014 là 4.295 ha. Tháng 10/2017, tỉnh Nam Định với diện tích lúa bị ngập lụt, úng là 29.265 ha, diện tích hoa màu, rau màu bị ngập là 3.377 ha. Tháng 7/2018, hệ thống BNH bị ngập khoảng 2.468 ha. Để có thể tìm ra giải pháp hạn chế, khắc phục tình trạng ngập lụt, úng hiện nay ở hệ thống BNH, cần phải có công cụ để mô phỏng ngập lụt cho toàn bộ hệ thống ứng với các kịch bản/phương án tính toán khác nhau một cách khoa học.

Trong những năm gần đây, khá nhiều công cụ mô hình thủy văn, thủy lực đã và đang được sử dụng trong các nghiên cứu trong và ngoài nước. Một trong những mô hình được sử dụng nhiều hiện nay trong giải quyết bài toán tiêu úng đó là mô hình SWMM của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ. Mô hình SWMM [2] được đánh giá là một trong những mô hình được sử dụng rộng rãi trong thủy văn đô thị và chất lượng nước [3]. Trên thế giới, mô hình SWMM đã được nghiên cứu ứng dụng từ lâu. Các nghiên cứu sử dụng SWMM trong đánh giá vấn đề biến đổi khí hậu ảnh hưởng như thế nào đến cơ sở hạ tầng đô thị vốn đã xuống cấp ở nhiều khu vực [4–5]. Một số nghiên cứu so sánh giữa mô hình SWMM và các mô hình thủy văn khác [3, 6–8] đã chỉ ra ưu điểm và nhược điểm của mô hình trong mô phỏng chế độ thủy văn đô thị.

Mô hình SWMM đã được nghiên cứu ứng dụng khá nhiều trong giải quyết bài toán tiêu úng trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Một số kết quả nghiên cứu SWMM ở Việt Nam có thể kể đến Nghiên cứu mô phỏng thoát nước đô thị Huế trong trận mưa tháng 10 năm 2010 [9], một nội dung thuộc đề tài nghiên cứu khoa học [10], trong đó đã xác định bộ thông số thủy văn – thủy lực hợp lý cho xây dựng tập bản đồ cảnh báo nguy cơ ngập úng do mưa. Kết quả từ nghiên cứu ứng dụng mô hình SWMM tính toán tiêu thoát nước lưu vực sông Tô Lịch [11] được tác giả Phạm Thị Hương Lan và nnk triển khai trong nghiên cứu đánh giá nhanh thủy văn (RHA) có sự tham gia của cộng đồng [12–13]. Ngoài ra, mô hình SWMM còn ứng dụng trong phân tích mạng lưới thoát nước khu đô thị mới ở Hồ Chí Minh [14]; Tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước mưa đô thị ảnh hưởng triều cường [15]; Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập & thoát nước đô thị nội thành TP. Hồ Chí Minh [16].

Với phiên bản cập nhật mô hình SWMM, bổ sung giao diện GIS thân thiện hơn với người dùng là PCSWMM hiện đang được sử dụng ở rất nhiều nước trong nghiên cứu vấn đề tiêu nước mặt do mưa, mô phỏng dòng chảy 2 chiều [17] nghiên cứu sử dụng PCSWMM cho lưu vực sông Myponga, Nam Úc [18] nghiên cứu cho thung lũng Sorrento, San Diego, California. Đối với vùng nông thôn có thể kể đến nghiên cứu [19] đã áp dụng PCSWMM trong mô phỏng khu vực nông thôn lưu vực Ontario, Canada. Mô hình PCSWMM với rất nhiều cải tiến so với SWMM ngoài giao diện GIS và có ở việc mô phỏng thủy văn, thủy lực và mô phỏng dòng chảy ngập úng 2 chiều [20]. Do đó, việc nghiên cứu ứng dụng PCSWMM trong mô phỏng bài toán ngập lụt, úng cho hệ thống BNH là vấn đề cần được xem xét và đánh giá khả năng mô phỏng các trận ngập lụt, úng trong thực tế là cần thiết.

Mục tiêu của nghiên cứu là ứng dụng mô hình PCSWMM trong mô phỏng các trận ngập lụt, úng trong thực tế, từ đó để triển khai các nghiên cứu tiếp theo trong đề xuất các giải pháp cho tình trạng ngập úng hiện nay của hệ thống BNH.

2. Phương pháp nghiên cứu

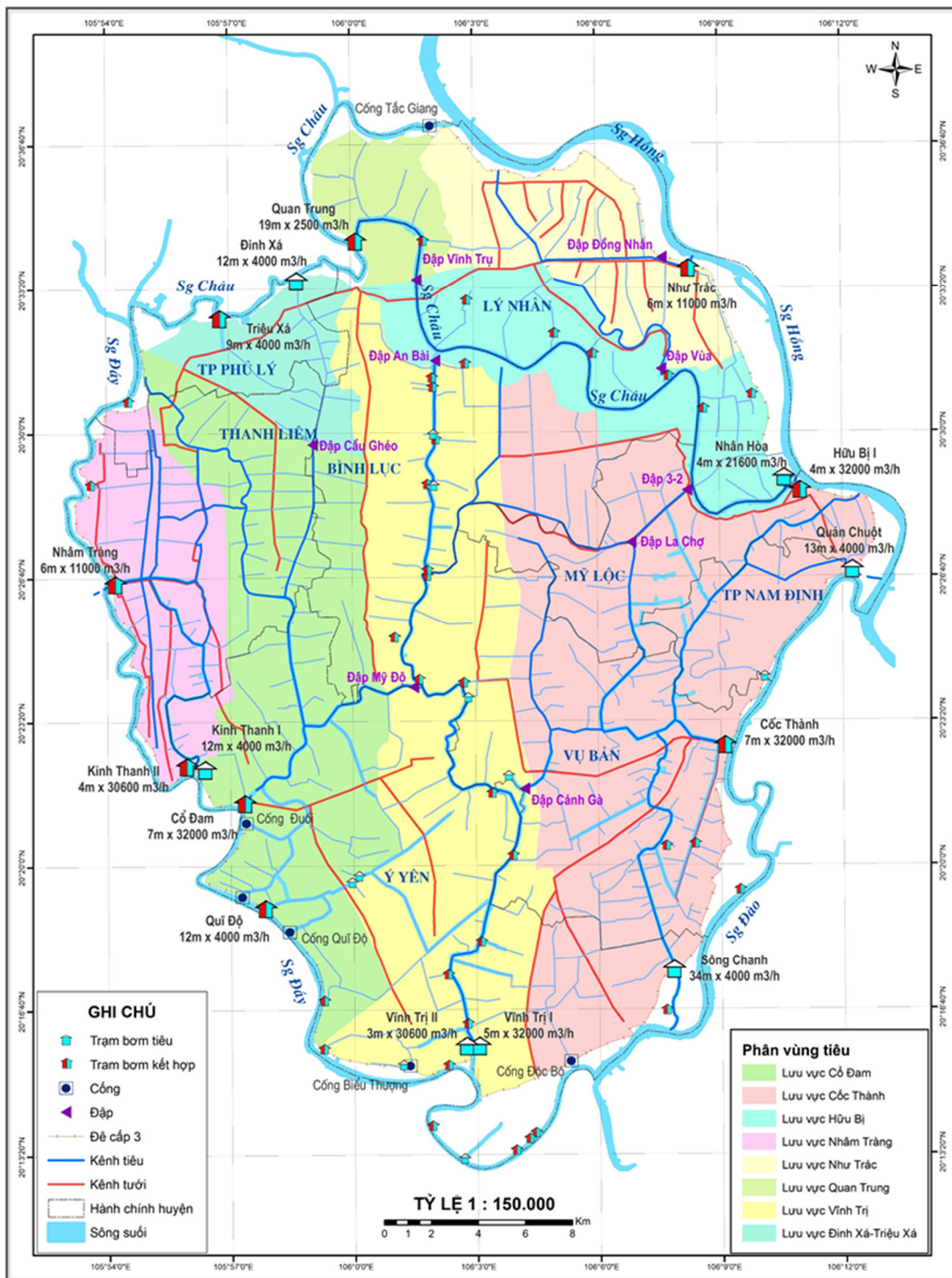
2.1 Khu vực nghiên cứu

Hệ thống thủy lợi BNH với tổng diện tích tự nhiên của hệ thống 100.261 ha trong đó phần diện tích trong đê là 85.326 ha gồm có 60.000 ha diện tích đất canh tác bao gồm 8 huyện, thành phố của 2 tỉnh Nam Định và Hà Nam. Tỉnh Nam Định gồm: thành phố Nam Định, huyện Mỹ Lộc, Vụ Bản, Ý Yên; tỉnh Hà Nam gồm: thành phố Phủ Lý, huyện Thanh Liêm, Bình Lục, Lý Nhân. Ngoài ra có 12.200 ha ở vùng trong búi ngoài đê, ảnh hưởng đến việc tiêu của hệ thống [21].

Đến năm 2020, tổng diện tích đất tự nhiên của các huyện, thành phố thuộc hệ thống BNH là 100.261ha, trong đó: đất nông nghiệp là 62.883ha, chiếm 62,72%; Đất phi nông nghiệp là 35.743ha, chiếm 35,65%; Đất chưa sử dụng là 1.635ha, chiếm 1,63% [22]. Hệ thống kênh mương và công trình đầu mối tiêu hệ thống BNH khá hoàn chỉnh từ đầu mối, kênh chính đến kênh cấp III. Các trạm bơm tiêu đầu mối ra sông Hồng có trạm bơm (TB): Như Trác, Hữu Bị; bơm ra sông Đáy gồm các TB: Nhâm Tràng, Kênh Thanh, Cổ Đam, Quy Độ, Vĩnh Trị 1, Vĩnh Trị 2, Yên Bằng, Yên Quang; bơm ra sông Đào gồm các TB: Cốc Thành, Sông Chanh,

Quán Chuột; bơm ra sông Châu gồm Quang Trung, Đinh Xá, Triệu Xá. Xem chi tiết các công trình đầu mối tiêu ở hình 1.

BẢN ĐỒ HỆ THỐNG TIÊU THOÁT NƯỚC BẮC NAM HÀ



Hình 1. Bản đồ hệ thống thủy lợi BNH.

2.2. Mô hình PCSWMM

2.2.1. Giới thiệu mô hình PCSWMM

Mô hình PCSWMM (*Personal Computer Storm Water Management Model*) là một mô hình mô phỏng động lực học dòng chảy nước mưa, thường được sử dụng cho những mô

phòng đơn lẻ hoặc dài hạn về số lượng và chất lượng dòng chảy cho những khu vực mà diện tích đô thị là chủ yếu [20]. Thành phần dòng chảy mặt trong PCSWMM là kết quả của việc thu gom nước từ các bề mặt hứng nước (*Subcatchment*), đó là nơi nhận lượng mưa, hình thành dòng chảy và tải lượng ô nhiễm. Thành phần truyền tải của PCSWMM vận chuyển dòng chảy này thông qua một hệ thống những đường ống, kênh mương, thiết bị trữ nước/ xử lý, bơm và công trình điều tiết. PCSWMM theo dõi số lượng và chất lượng của dòng chảy sinh ra trong phạm vi mỗi lưu vực thu nước và theo dõi lưu lượng, độ sâu dòng chảy, chất lượng nước trong mỗi ống hoặc kênh trong suốt thời đoạn mô phỏng (bao gồm rất nhiều các bước thời gian). Phương trình thể hiện sự bảo toàn khối lượng và động lượng đối với dòng chảy tự do không ổn định trong kênh hoặc đường ống trong mô hình PCSWMM được áp dụng là phương trình Saint-Venant và có thể được biểu thị như sau:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \tag{2}$$

Trong đó x là khoảng cách (m); t là thời gian (giây); A là diện tích mặt cắt ngang (m²); Q là lưu lượng trong kênh hoặc đường ống (m³/s); H là mực nước trong kênh hoặc ống dẫn (Z + Y) (m); Z là độ cao của đáy kênh hoặc đáy ống dẫn (m); Y là độ sâu nước trong kênh hoặc của ống dẫn (m); S_f là độ dốc ma sát (tồn thất đầu trên một đơn vị chiều dài); g là gia tốc trọng trường (m/s).

Độ dốc ma sát S_f có thể được biểu thị theo phương trình Manning, được sử dụng để mô hình hóa dòng chảy đều:

$$S_f = \left(\frac{n}{1.486}\right)^2 \frac{Q|U|}{AR^{4/3}} \tag{3}$$

Trong đó n là hệ số nhám Manning; R là bán kính thủy lực của mặt cắt ngang dòng chảy (m); U là vận tốc dòng chảy, bằng Q/A (m/s).

Đối với mô hình 1 chiều (1D), PCSWMM sử dụng phương pháp sai phân ẩn-lùi Euler để làm tăng độ ổn định của mô hình [23]. Đối với mô hình 2 chiều (2D), PCSWMM 2D mở rộng cách tiếp cận dòng chảy động lực học hoàn toàn 1D trong PCSWMM – USEPA SWMM5 để lập mô hình dòng chảy bề mặt tự do 2 chiều (2D) [24]. Mô hình 2 chiều PCSWMM sử dụng các phương trình Saint-Venant để giải quyết từng thành phần của một ô tính toán, dọc theo một mạng lưới các môi nổi và các ống dẫn mở đại diện cho vấn đề.

PCSWMM 2D đại diện cho miền tính toán 2 chiều bằng lưới lục giác (hexagonal) hoặc lưới chữ nhật (*rectangular*) cho toàn bộ khu vực nghiên cứu và đại diện cho mỗi ô lưới tính toán 2 chiều (2D cells) với các nút tính toán 2 chiều (2D nodes). Cao độ đáy trung bình trong mỗi ô được sử dụng làm cao độ đáy nút tính toán (2D nodes). Các nút liền kề liên kết với nhau bởi các kênh hở chữ nhật hoặc trong một số trường hợp là các ống dẫn (2D conduits). Một diện tích bề mặt nhỏ thường là 0,1 m² được cung cấp cho các nút (2D nodes) và sau đó mỗi ô (2D cells) có một ống dẫn (2D conduits) được kết nối với diện tích bề mặt của mỗi ô để duy trì tính liên tục của tính toán. Chiều dài và chiều rộng của ống dẫn được điều chỉnh dựa trên tỷ lệ cụ thể phụ thuộc vào số lượng liên kết được kết nối với nút, được xác định theo kinh nghiệm từ các thử nghiệm kích bản, trường hợp tính toán khác nhau. Cuối cùng, PCSWMM tính toán vận tốc nước trung bình theo độ sâu cho mỗi ô (2D cells) thông qua tính toán tổng vector của các vận tốc liên quan đến mỗi dòng chảy rời khỏi ô (2D cells).

PCSWMM coi máy bơm như các liên kết có mối quan hệ được xác định trước giữa tốc độ dòng chảy Q và mực nước H hoặc một số thay thế phù hợp. Mối quan hệ này được xác định bởi Đường cong đặc tính bơm do người sử dụng cung cấp.

2.2.2. Thiết lập mô hình PCSWMM cho hệ thống BNH

- Lập sơ đồ tính toán trong PCSWMM

Sơ đồ tính toán cho hệ thống BNH trong PCSWMM bao gồm:

+ 273 tiêu lưu vực (*subcatchments*) liên kết với 24 trạm mưa (*rain gage*); Chi tiết thiết lập các tiêu lưu vực tiêu trong mô hình PCSWMM ở Hình 4a.

+ 377 nút (*junctions*); 12 trạm bơm tiêu trực tiếp ra các sông tiêu qua 12 cửa xả (*outfalls*) và các công trình điều tiết trên hệ thống. Chi tiết thiết lập các nút và cửa xả trong mô hình PCSWMM ở Hình 4b.

+ 355 đoạn kênh tiêu (*conduits*) được khảo sát năm 2020 từ 27 tuyến kênh tiêu nội đồng hệ thống BNH với tổng chiều dài các tuyến khảo sát là khoảng 323 km. Chi tiết thiết lập các kênh tiêu trong mô hình PCSWMM ở Hình 4c.

+ Liên kết trong mô hình 1 chiều PCSWMM: các tiêu lưu vực tiêu được liên kết với 24 trạm mưa chuyên dụng của Công ty Khai thác công trình thủy lợi (KTCTTL) BNH (với nguyên lý các tiêu lưu vực sẽ liên kết với trạm mưa gần nhất); các tiêu lưu vực tiêu này được kết nối vào 377 nút tiêu; các nút tiêu được liên kết bởi các hệ thống kênh tiêu (*conduits*) và chảy qua các trạm bơm ra cửa xả tại 12 vị trí.

- Quyết định số 5470/QĐ-BNN-TCTL ngày 28/12/2016 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ban hành Quy trình vận hành hệ thống BNH, trong đó có một số nội dung chính liên quan đến Vận hành tiêu nước như sau:

+ Quy trình hướng dẫn chi tiết trình tự vận hành các trạm bơm và các đập điều tiết phân vùng tiêu tương ứng với các trường hợp lượng mưa trên hệ thống và mực nước lũ ngoài sông.

+ Quy trình cũng quy định rõ mực nước không chế tại các vị trí trạm bơm và các điểm đo nội đồng tương ứng với các thời kỳ sinh trưởng của cây lúa.

+ Quy trình cũng quy định mực nước tối đa ngoài sông cho phép vận hành trạm bơm.

- Thiết lập vận hành công trình trong PCSWMM:

+ Vận hành trạm bơm: 13 trạm bơm đầu mỗi tiêu thuộc hệ thống BNH được thiết lập vận hành theo đường đặc tính bơm thực tế của các máy bơm. Các đường đặc tính bơm này được thiết lập ở dạng Pump Curve trong mô hình PCSWMM.

Vận hành trạm bơm trong mô hình PCSWMM có thể được thiết lập ở mô đun Control Rules, các điều kiện đưa vào Control Rule bao gồm: thời gian mô phỏng (SIMULATION TIME); mực nước tại điểm nút (DEPTH) hoặc lưu lượng trên một đoạn kết nối (FLOW); kết quả thực hiện sẽ ra lệnh cho bơm hoạt động (STATUS = ON) hoặc ngắt máy bơm (STATUS = OFF).

Trong nghiên cứu này, vận hành bơm mới chỉ đưa vào dạng đường quan hệ lưu lượng mực nước tại vị trí trạm bơm như trong hình 2. Việc thiết lập Control Rules xây dựng các kịch bản vận hành bơm sẽ tiến hành trong nghiên cứu tiếp sau của nghiên cứu này.

+ Vận hành cống xả trạm bơm: 13 cống xả (*Outfalls*) tại vị trí các trạm bơm đầu mỗi tiêu, trong điều kiện vận hành thực tế các trận mưa, các cống xả mở liên tục, mực nước ngoài sông được lấy theo số liệu thực tế tại công trình do Công ty KTCTTL BNH cung cấp.

+ Vận hành các đập điều tiết trên hệ thống: trong hệ thống BNH có 8 đập điều tiết Mỹ Đô, La Chợ, Vùa, Đập 3-2, Vĩnh Trụ, An Bài, Cánh Gà, Cầu Ghéo để phân vùng tiêu cho toàn bộ hệ thống, trong điều kiện thực tế khi xảy ra mưa lớn, các đập điều tiết này được đóng lại để đảm bảo phân vùng tiêu riêng biệt, khi cần thiết mới mở để tiêu hỗ trợ giữa các vùng tiêu. Thiết lập đập điều tiết sử dụng loại Orifices trong mô hình PCSWMM.

- Liên kết mô phỏng 1 chiều và 2 chiều trong PCSWMM

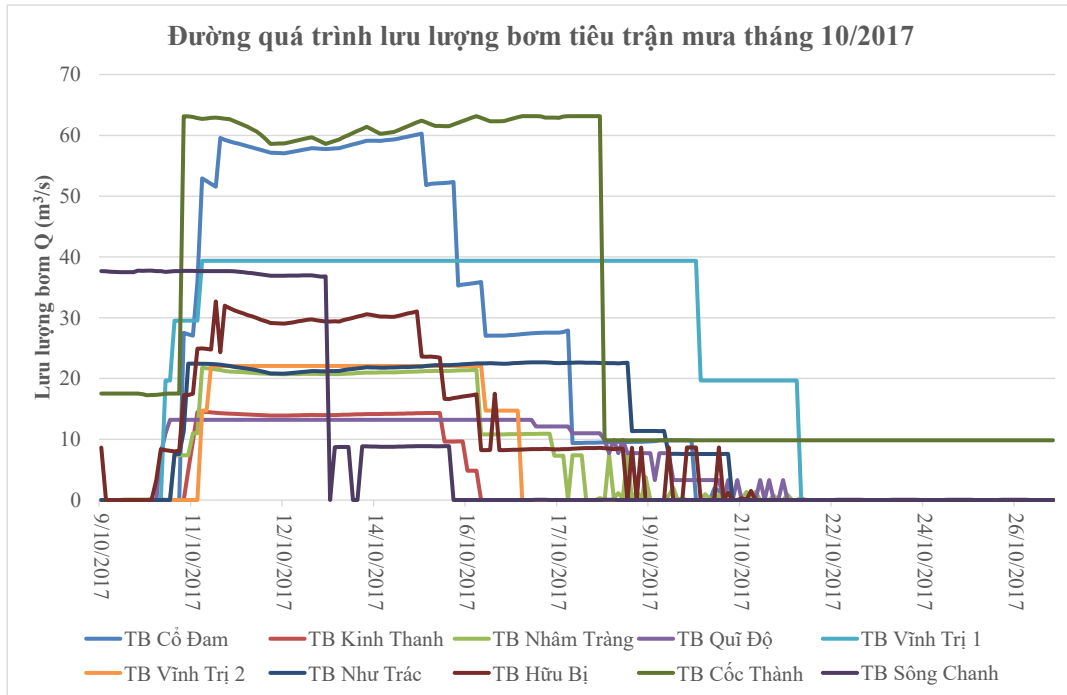
Để mô phỏng diễn biến ngập lụt, ứng hệ thống BNH, nghiên cứu đã sử dụng liên kết giữa mạng lưới thủy lực kênh tiêu 1 chiều và mô phỏng 2 chiều các khu ngập trong mô hình PCSWMM (Hình 4d) để mô phỏng diễn biến ngập lụt, ứng trên hệ thống theo thời gian diễn biến từng trận mưa. Lưới hai chiều được xây dựng dựa trên các thông số như sau:

+ Lưới tính toán: dạng lưới lục giác.

+ Ô lưới tính toán: Toàn hệ thống BNH chia thành 4.084 ô lưới tính toán.

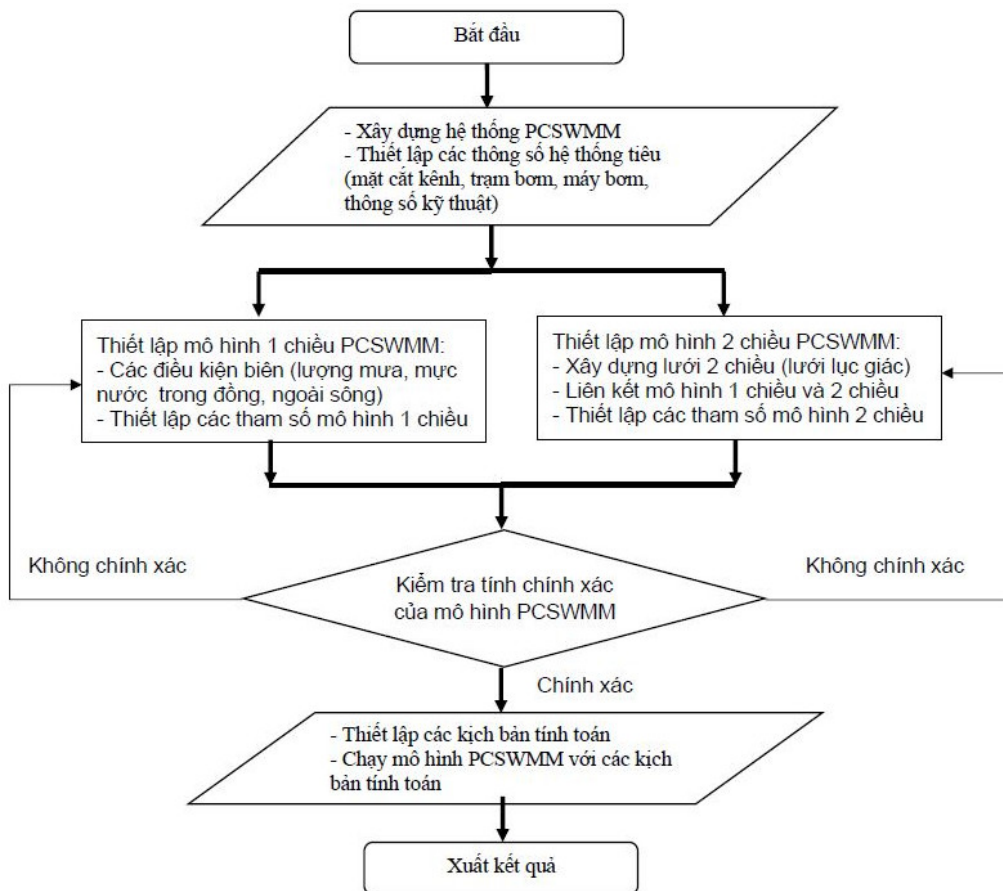
+ Cao độ địa hình: Được nội suy từ bản đồ địa hình 1/2.000 và 1/10.000, hệ tọa độ VN2000, được cung cấp bởi Trung tâm Thông tin dữ liệu và Đo đạc bản đồ đo năm 2010.

+ Số liên kết giữa 1 chiều tại nút tiêu (Junctions) và ô lưới 2 chiều (2D cells): 347 liên kết (dạng Orifices).

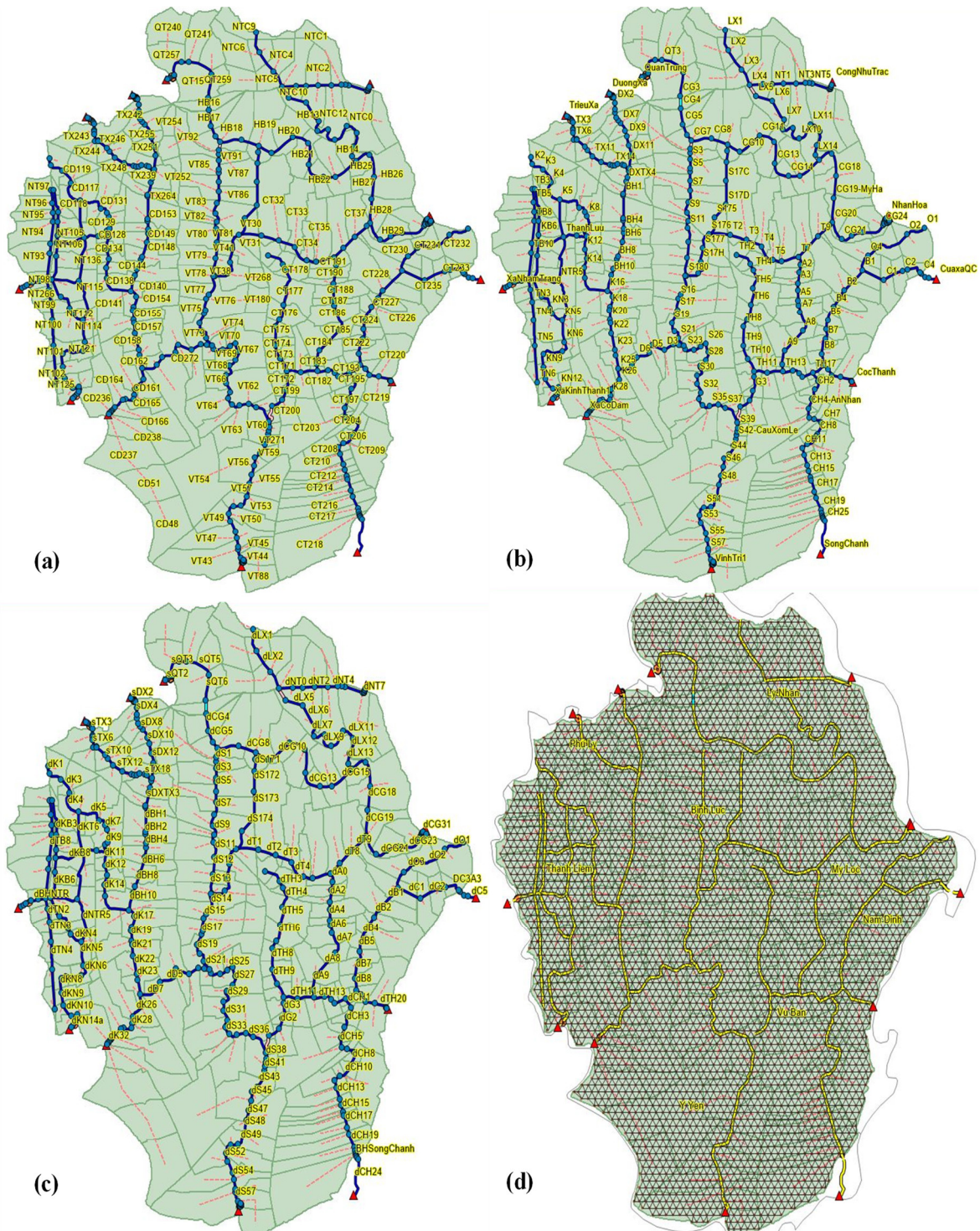


Hình 2. Lưu lượng bơm tiêu thực tế đưa vào mô hình PCSWMM.

- Sơ đồ khối tính toán dòng chảy cho hệ thống được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Sơ đồ khối tính toán dòng chảy cho hệ thống BNH.



Hình 4. (a) Thiết lập các tiêu lưu vực tiêu (Subcatchments) hệ thống thủy lợi BNH trong PCSWMM; (b) Thiết lập các nút tiêu (Junctions) và cửa xả (Outfalls) hệ thống thủy lợi BNH trong PCSWMM; (c) Thiết lập các tuyến kênh tiêu (Conduits) hệ thống thủy lợi BNH trong PCSWMM; (d) Thiết lập ô lưới 2 chiều (2D cells) trong PCSWMM.

2.3. Mô phỏng hiệu chỉnh và kiểm định mô hình PCSWMM

Để đảm bảo bộ mô hình kết nối 1 chiều và 2 chiều PCSWMM hoạt động chính xác, mô phỏng tốt trận ngập lụt trong thực tế, nhóm nghiên cứu lựa chọn trận mưa tháng 10/2017 để mô phỏng và hiệu chỉnh các tham số của mô hình. Trận mưa tháng 10/2017 gây ra ngập lụt nghiêm trọng cho hệ thống BNH, ảnh hưởng 29.256 ha diện tích nông nghiệp tỉnh Nam Định.

Bảng 1. Lượng mưa thực đo tháng 10/2017 khu vực Hà Nam thuộc hệ thống BNH.

Ngày	Khu vực Hà Nam (T10/2017)						
	Lý Nhân	Như Trác	Thanh Liêm	Nhâm Tráng	Kinh Thanh	Bình Lục	Bình quân
1	4,0	12,0	9,0	26,0	24,0	32,0	17,8
2			10,0			4,0	
3	69,0	77,0	14,0	17,0	12,0	13,0	33,7
4	3,0	21,0	109,0	134,0	75,0	55,0	66,2
5	13,0	18,0	12,0	15,0	12,0	7,0	12,8
6				7,0			1,2
7	28,0	31,0	51,0	40,0	28,0	45,0	37,2
8	11,0	8,0	12,0	12,0	1,0	8,0	8,7
9							
10	227,0	213,0	235,0	245,0	250,0	195,0	227,5
11	154,0	98,0	142,0	103,0	95,0	121,0	118,8
12		20,0			10,0		5,0
13		5,0	4,0	8,0	5,0	3,0	4,2

Bảng 2. Lượng mưa thực đo tháng 10/2017 khu vực Nam Định thuộc hệ thống BNH.

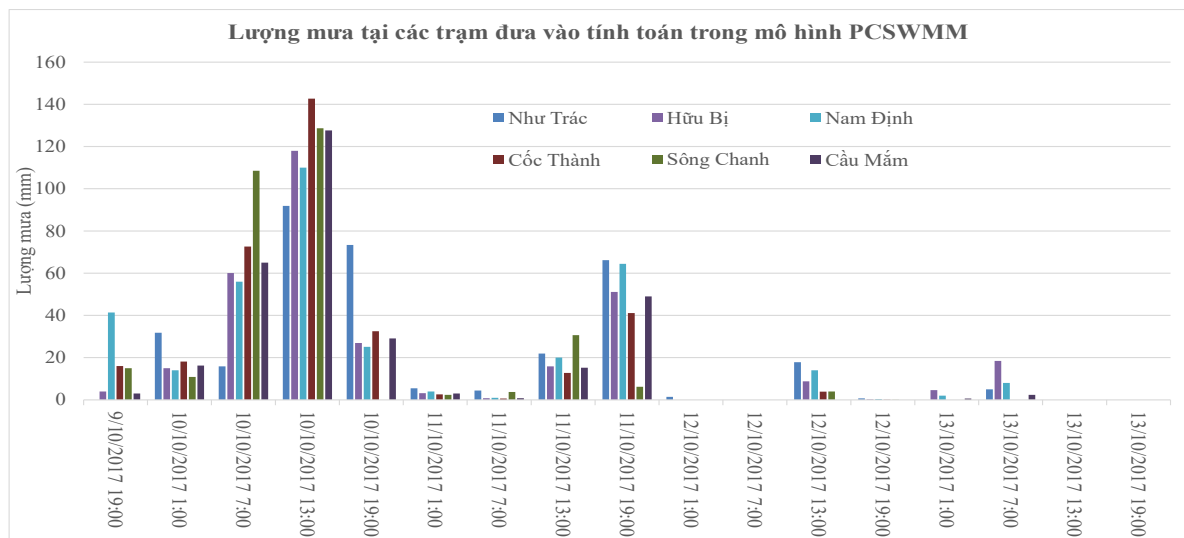
Ngày	Khu vực Nam Định (T10/2017)										
	Hữu Bị	Thành Phố	Cốc Thành	Gôi	Dần	Sông Chanh	Vĩnh Trĩ	Cổ Đàm	Ý Yên	Quĩ Độ	BQ
1		2,0	5,0	1,0	3,0			15,0	14,0	15,0	5,5
2											
3	95,0	41,0	61,0	58,0	66,0	40,0	41,0	10,0	14,0	18,0	44,4
4	8,0	7,0	41,0	62,0	69,0	24,0	10,0	74,0	36,0	52,0	38,3
5		10,0	15,0	30,0	25,0	6,0	29,0	12,0	14,0	22,0	16,3
6	6,0		21,0	15,0	17,0		5,0	4,0	12,0	10,0	9,0
7	79,0	67,0	64,0	49,0	58,0	42,0	20,0	30,0	41,0	53,0	50,3
8	11,0	6,0	3,0	1,0	4,0		2,0	7,0	2,0		3,6
9	4,0	5,0	16,0	13,0	3,0	15,0			33,0		8,9
10	220,0	207,0	266,0	252,0	238,0	248,0	197,0	282,0	246,0	242,0	239,8
11	71,0	75,0	57,0	93,0	68,0	43,0	70,0	111,0	71,0	126,0	78,5
12	9,0		4,0			4,0	20,0			9,0	4,6
13	23,0	18,0		7,0	3,0			7,0	12,0	16,0	8,6

Để kiểm định lại mô hình PCSWMM, nhóm nghiên cứu lựa chọn trận mưa tháng 9/2003 để kiểm định lại mô hình.

Bảng 3. Lượng mưa thực đo tháng 9/2003 thuộc hệ thống BNH.

Ngày	Khu vực Hà Nam (T9/2003)						Khu vực Nam Định (T9/2003)						Ý Yên
	Lý Nhân	Như Trác	Thanh Liêm	Nhâm Tràng	Bình Lục	Hữu Bị	Cốc Thành	GóI	Dần	Sông Chanh	Vinh Trĩ	Cổ Đam	
1				5		15							
2				47								22	
3								2	4,5	13	3		
4				28		45	23	15	15				
5	90	98		21						17	13	17	12
6		3	40		32	20						28	
7	7	27					8	27	40	27	15	23	57
8	3		34	187	5	90	32	31	14	205	23	17	26
9	153	231,5	258	146	140	256	260	217,5	341	194	180	190	221
10	80	82,5	80	16	89	20	146	102	103	14	120	55	57
11	10	8	20		22	15		5,5	18	2	35,5	2	10
12	19	2,5					20	20,5	25	19	22	15	27
13	4	2	36	75	29	34	70	128	52,5	149	81	65	85
14	21	17	41	10	25	8,5	15	31	13,7		61	42	40
22							2						
29	16	10,5											
30			43	7	62	30		25,5	10	30	6	29	28
Tổng	403	482	552	542	404	533,5	576	605	636,7	670	559,5	505	563

Để so sánh, đánh giá giữa số liệu mực nước tại vị trí trạm bơm và tại các vị trí đập điều tiết trong hệ thống thực đo và mô phỏng, kiểm định, trong nghiên cứu này đã sử dụng hệ số tương quan Pearson r, hệ số xác định R², hệ số hiệu quả của mô hình Nash–Sutcliffe (NSE), Sai số toàn phương trung bình RMSE và Sai số tuyệt đối MAE. Giá trị mưa đưa vào mô hình PCSWMM sẽ nội suy từ lượng mưa 6h/op tại các trạm mưa Quốc gia tại Nam Định, Hà Nam, Ninh Bình, Hưng Yên (đây là 4 trạm mưa bao phủ lên toàn bộ hệ thống BNH).

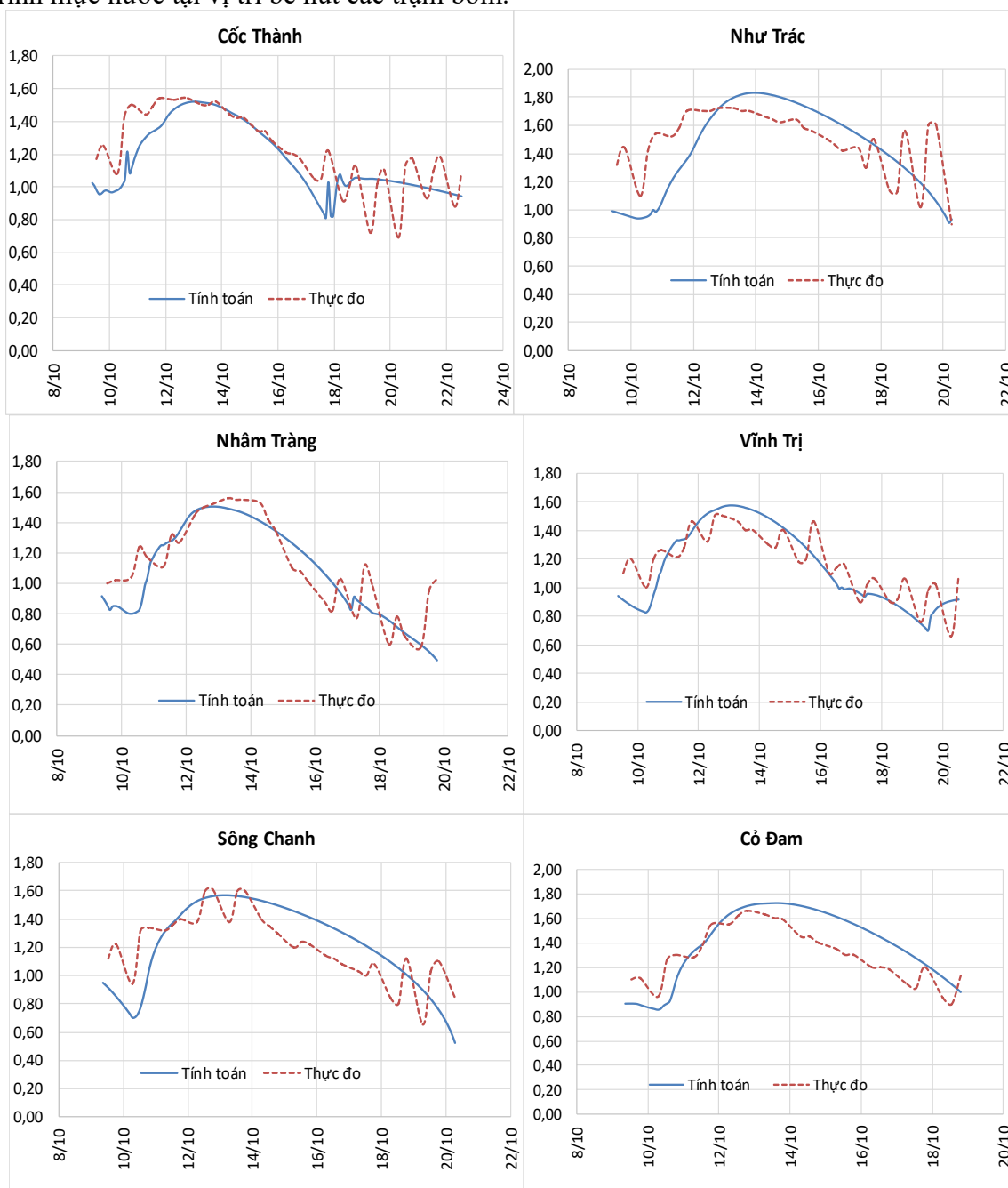


Hình 5. Giá trị mưa 6h/op đưa vào tính toán trong mô hình PCSWMM trận mưa tháng 10/2017 tại vị trí các trạm đo mưa chuyên dùng hệ thống BNH.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả mô phỏng, hiệu chỉnh mô hình PCSWMM với trận mưa tháng 10 năm 2017

Quá trình mô phỏng, hiệu chỉnh mô hình PCSWMM kết nối 1 chiều và 2 chiều, trong nghiên cứu này sử dụng số liệu thực đo tại bể hút các trạm bơm chính trong hệ thống BNH, bao gồm trạm bơm Cốc Thành, Như Trác, Nhâm Tràng, Vĩnh Trị, Sông Chanh và Cỏ Đam. Quá trình hiệu chỉnh mô hình sử dụng số liệu trận mưa thực đo từ ngày 08/10 đến 22/10 trên phạm vi hệ thống BNH. Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán từ mô hình tại vị trí 06 trạm bơm được thể hiện trong hình 6, kết quả cho thấy mô hình đã mô phỏng khá tốt quá trình mực nước tại vị trí bể hút các trạm bơm.



Hình 6. So sánh giữa giá trị thực đo và tính toán kết quả mô phỏng hiệu chỉnh mô hình trận mưa tháng 10/2017 tại vị trí các trạm bơm chính hệ thống BNH.

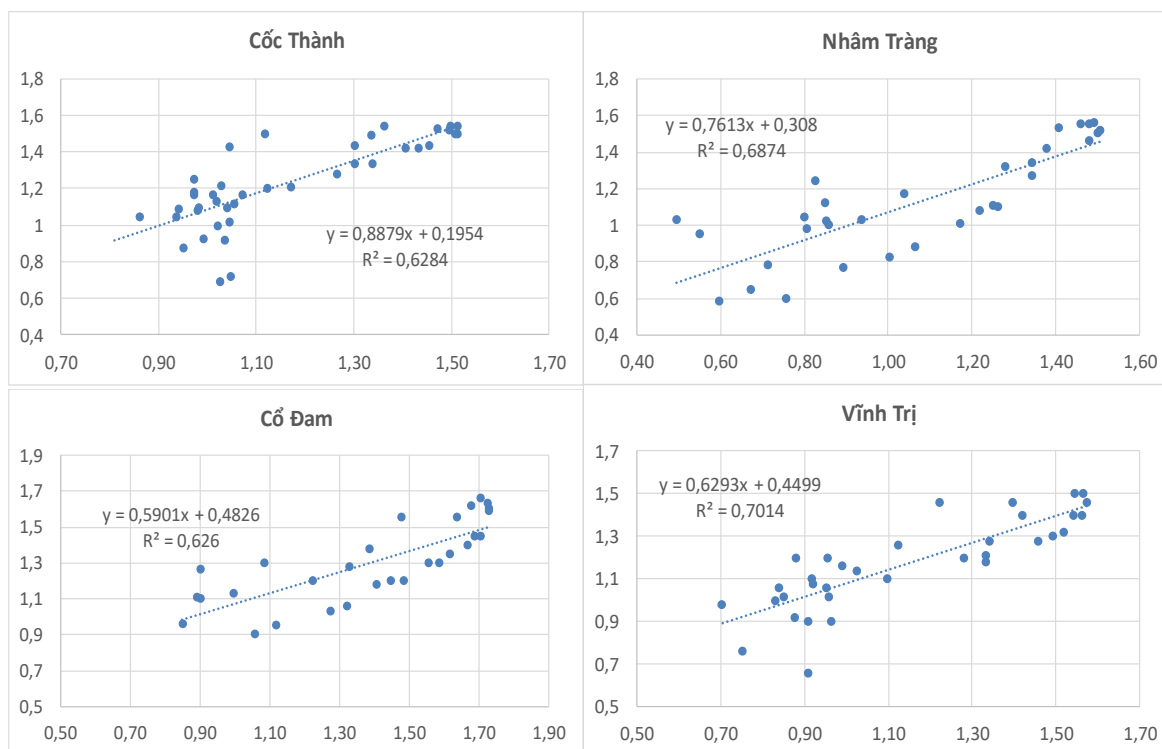
Ngoài ra, nghiên cứu cũng sử dụng 5 bộ chỉ số để đánh giá chất lượng mô hình đó là chỉ số r , R^2 , NSE, RMSE và MAE. Kết quả tính toán chi tiết các chỉ số trong bảng 4. Chỉ số r tại vị trí 4 trạm bơm dao động trong khoảng 0,79 đến 0,84; chỉ số R^2 dao động trong khoảng 0,63 đến 0,70; chỉ số NSE dao động trong khoảng 0,17 đến 0,59; sai số RMSE dao động trong khoảng 0,16 m đến 0,20 m và sai số MAE dao động trong khoảng 0,12 m đến 0,18 m.

Bảng 4. Kết quả tính toán các chỉ số đánh giá mô hình.

Chỉ số	Cốc Thành	Nhâm Tràng	Vĩnh Trị	Cổ Đam
r	0,79	0,83	0,84	0,79
R^2	0,63	0,69	0,70	0,63
NSE	0,54	0,59	0,44	0,17
RMSE (m)	0,16	0,18	0,16	0,20
MAE (m)	0,12	0,14	0,13	0,18

Qua kết quả tính toán, có thể thấy rằng khi tính cho chỉ số r và R^2 cho kết quả khá tốt; tuy nhiên chỉ số NSE cho kết quả khá thấp, đặc biệt là tại vị trí trạm bơm Vĩnh Trị và Cổ Đam, điều này có thể lý giải cho mực nước thực tế tại các trạm bơm có biến động rất lớn do quá trình vận hành của con người, trong khi đó mực nước được mô phỏng từ mô hình được tính toán từ các phương trình liên tục, động lượng (hệ phương trình Saint Venant) có xu thế là đường cong trơn, không mô phỏng được chế độ thủy lực của dòng chảy xiết và xoáy tại bể hút các trạm bơm. Vì vậy kết quả tính toán sẽ khác rất nhiều so với số liệu quan trắc thực tế, điều này có thể thấy trên bảng 4. Nếu có số liệu quan trắc mực nước trên hệ thống kênh nội đồng để so sánh thì có thể NSE sẽ cao hơn.

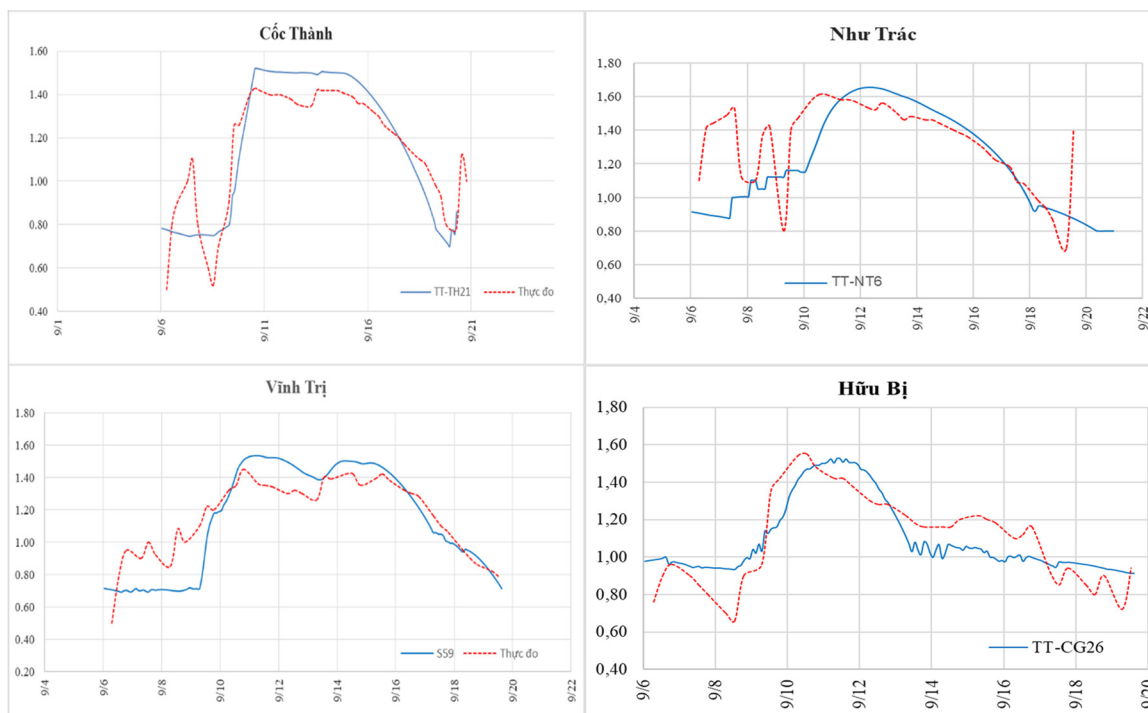
Nghiên cứu đã xây dựng các đường quan hệ tương quan giữa mô phỏng và thực đo và đã tính toán hệ số R^2 chi tiết trong hình 7.



Hình 7. Đường quan hệ tương qua giữa mô phỏng và thực đo tại vị trí các trạm bơm.

3.2. Kết quả kiểm định mô hình PCSWMM với trận mưa tháng 9 năm 2003

Kết quả kiểm định lại các thông số mô hình PCSWMM thông qua tính toán với trận mưa tháng 9/2003, kết quả mực nước giữa tính toán và thực đo ở hình 8.



Hình 8. So sánh giữa giá trị thực đo và tính toán kiểm định mô hình tại vị trí các trạm bơm chính hệ thống BNH trận mưa tháng 9/2003.

Dựa vào kết quả kiểm định mực nước tại các vị trí trạm bơm và cầu ta nhận thấy: Kết quả kiểm định tại trạm trong ngày thời gian từ 6/9 đến 20/9/2003 chênh lệch phần đỉnh giữa tính toán và thực đo không quá 25 cm. Đường biểu diễn quá trình mực nước tính toán và thực đo là tương đồng. Mô hình đủ điều kiện để mô phỏng cho diễn biến ngập lụt, ứng trên hệ thống BNH.

3.3. Kết quả mô phỏng ngập ứng hệ thống BNH

Kết quả liên kết giữa mạng lưới thủy lực kênh tiêu 1 chiều và ô lưới 2 chiều trong mô hình PCSWMM đã mô phỏng được diễn biến ngập lụt, ứng trên toàn hệ thống BNH theo bước thời gian từng giờ (Hình 9).

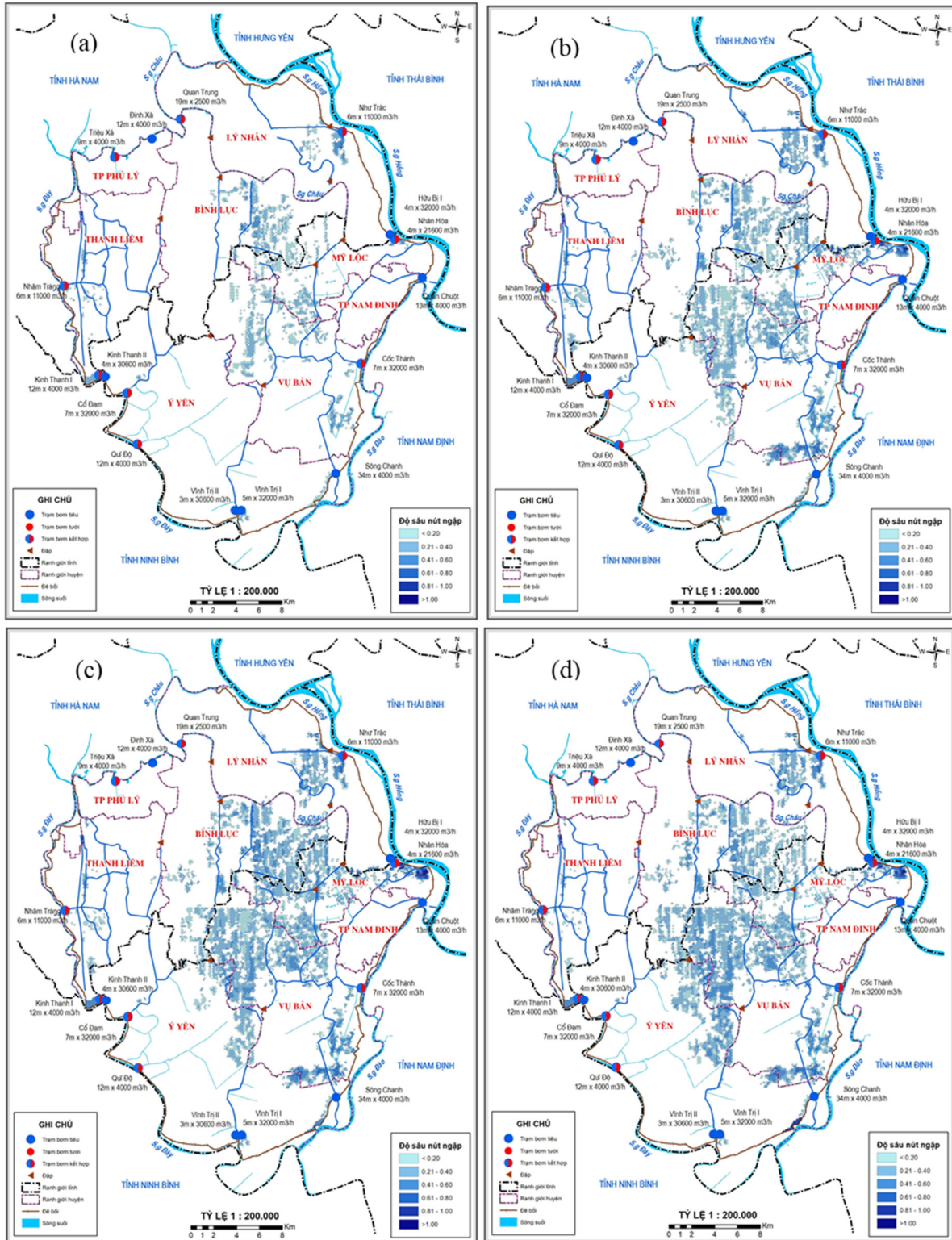
4. Kết luận

Nghiên cứu đã sử dụng mô hình PCSWMM để mô phỏng ngập ứng hệ thống thủy lợi BNH. Kết quả mô phỏng, hiệu chỉnh mô hình với trận mưa trong tháng 10/2017. Với trận mưa 10/2017, kết quả chỉ ra chỉ số r đạt 0,79–0,84; chỉ số R² đạt 0,63–0,70; chỉ số NSE đạt 0,17–0,59; sai số RMSE trong khoảng 0,16 m đến 0,20 m và sai số MAE trong khoảng 0,12 m đến 0,18m. Nghiên cứu đã kiểm định lại thông số mô hình bằng trận mưa tháng 9/2003, kết quả chỉ ra mô hình phù hợp cho mô phỏng ngập lụt, ứng. Nghiên cứu đã xây dựng kết nối 1 chiều và 2 chiều trong mô hình PCSWMM, kết quả đã xây dựng bản đồ ngập ứng tương ứng với trận mưa tháng 10/2017, đã mô phỏng diễn biến trận mưa từ 13/10 đến 21/10 trên hệ thống BNH. Kết quả nghiên cứu phục vụ dự báo ngập lụt ứng, kết quả tính toán mực nước và bản đồ ngập từ mô hình có thể được sử dụng phục vụ công tác chỉ đạo điều hành tiêu nước phục vụ sản xuất nông nghiệp.

Do đây là nghiên cứu thử nghiệm áp dụng mô hình PCSWMM trong mô phỏng diễn biến ngập lụt, ứng trong hệ thống thủy lợi ở Việt Nam, và do hạn chế về số liệu chi tiết khu vực ngập lụt, ứng nội đồng ở hệ thống BNH để kiểm định lại kết quả từ mô hình nên kết quả mô phỏng từ mô hình có thể không chính xác như trong thực tế.

Hiện này, việc xây dựng bản đồ ngập lụt, ứng của nghiên cứu còn một số tồn tại, do chưa thu thập được đầy đủ số liệu tại nội đồng, kết quả mô phỏng 2 chiều mới dựa trên mực nước tại các vị trí trên kênh trục tiêu.

Trong giai đoạn tiếp theo, sẽ nghiên cứu xây dựng kịch bản vận hành trạm bơm dựa trên mô đun Control Rules của mô hình PCSWMM, và đưa ra các bản đồ ngập lụt, ứng tương ứng với các kịch bản tính toán.



Hình 9. Quá trình diễn biến ngập hệ thống BNH trận mưa tháng 10/2017: (a) 07h ngày 11/10, (b) 07h ngày 13/10, (c) 07h ngày 15/10, (d) 07h ngày 17/10.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài Nghiên cứu khoa học cấp Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn: “Nghiên cứu dự báo tình hình ngập úng trên hệ thống thủy lợi BNH nhằm hỗ trợ ra quyết định vận hành bơm tiêu nước theo thời gian thực”, chủ trì thực hiện là Viện Quy hoạch Thủy lợi.

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. Viện Quy hoạch Thủy lợi, Báo cáo tổng kết nhiệm vụ Dự báo nguồn nước và xây dựng kế hoạch sử dụng nước phục vụ sản xuất nông nghiệp sông Châu, 2019.
2. Rossman, L.A. SWMM (stormwater management model), version 5, user manual,, Washington, DC: Environmental Protection Agency, 2004.
3. Obropta, C.C.; Kardos, J.S. Review of urban stormwater quality models: Deterministic, stochastic, and hybrid approaches. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **2007**, *43*(6), 1508–1523.
4. Grimm, N.B.; Faeth, S.H.; Golubiewski, N.E.; Redman, C.L.; Wu, J.; Bai, X.; Briggs, J.M. Global change and the ecology of cities. *Science* **2008**, *319*, 756–760.
5. Rosengerg, E.A. and et. al., Precipitation extremes and the impacts of climate change on stormwater infrastructure in Washington State. *Clim. Change* **2010**, *102*(1–2), 319–349.
6. Dietz, M.E. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. *Water Air Soil Pollut.* **2007**, *186*(1–4), 351–363.
7. Elliott, A.; Trowsdale, S. A review of models for low impact urban stormwater drainage. *Environ. Modell. Software* **2007**, *22*(3), 394–405.
8. Tsihrintzis, V.A.; Hamid, R. Modeling and management of urban stormwater runoff quality: A review. *Water Resour. Manag.* **1997**, *11*(2), 136–164.
9. Ngọc, Đ.X.; Tuyên, T.H.; Tùng, H.T. Mô phỏng thoát nước đô thị Huế trong trận mưa tháng 10 năm 2010. 2015.
10. Sở Giao thông Vận tải Thừa Thiên Huế, Ứng dụng mô hình hóa và GIS để cảnh báo nruy cơ ngập lụt cục bộ một số tuyến đường chính ở thành phố Huế. 2015.
11. Hương, P.T.L.; Văn C.T.; Nam, N.V. Nghiên cứu ứng dụng mô hình SWMM tính toán tiêu thoát nước lưu vực sông Tô Lịch. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2015**, *652*, 11–15.
12. Lan, P.T.H.; Quy, Đ.T. Đánh giá hiệu quả điều hòa thoát nước và đề xuất giải pháp quản lý bảo vệ hồ Hà Nội theo phương pháp đánh giá nhanh thủy văn (RHA) có sự tham gia của cộng đồng. *Hội thảo Khoa học thường niên Đại học Thủy lợi*, 2013.
13. Hương, P.T.L.; Văn C.T.; Nam, N.V. Khả năng ứng dụng phương pháp đánh giá nhanh thủy văn (RHA) có sự tham gia của cộng đồng trên lưu vực sông ở Việt Nam. *Hội thảo Khoa học thường niên Đại học Thủy lợi*, 2014.
14. Lân, N.T. Ứng dụng mô hình thủy văn EPA SWMM, sóng động lực trong phân tích mạng lưới thoát nước khu đô thị mới Lê Minh Xuân, huyện Bình Chánh, TP. Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* **2020**, *18*, 90–95.
15. Sáu, P.N.; Nghiên, T.Đ. Tính toán thủy lực mạng lưới thoát nước mưa đô thị ảnh hưởng triều cường. *Tạp chí Cầu đường Việt Nam* **2012**, *10*, 42.
16. Hiếu, T.V. Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập và thoát nước đô thị nội thành TP. Hồ Chí Minh, 2003.

17. Akhter, M.S.; Hewa, G.A. The Use of PCSWMM for Assessing the Impacts of Land Use Changes on Hydrological Responses and Performance of WSUD in Managing the Impacts at Myponga Catchment, South Australia. *Water* **2016**, *8*, 511. <https://doi.org/10.3390/w8110511>.
18. Bagheri, K.; Requieron, W.; Tavakol, H. A Comparative Study of 2–Dimensional Hydraulic Modeling Software, Case Study: Sorrento Valley, San Diego, California, *J. Water Manage. Model* **2020**, 1–11.
19. Talbot, M.; McGuire, O.; Olivier, C.; Fleming, R. Parameterization and Application of Agricultural Best Management Practices in a Rural Ontario Watershed Using PCSWMM. *J. Water Manage. Model* **2016**, 1–10.
20. Computational Hydraulics International (CHI). PCSWMM User Manual, 2019.
21. Dũng, L.Đ. Luận án tiến sĩ kỹ thuật “Nghiên cứu xây dựng cơ sở khoa học đề xuất giải pháp nhằm nâng cao năng lực và hiệu quả của hệ thống tiêu BNH trong điều kiện biến đổi khí hậu nước biển dâng”, Đại học Thủy lợi, Hà Nội, 2017.
22. Niên giám thống kê tỉnh Nam Định và Hà Nam năm 2020.
23. Ascher, U.; Petzold, L. Computer Method for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, 1998.
24. James, R.; Finney, K.; Perera, N.; James, W.; Peyron, N. SWMM5/PCSWMM Integrated 1D-2D modeling. In Fifty Years of Watershed Modelin—Past, Present and Future, edited by A. S. Donigian, Richard Field and Michael Baker Jr. New York: Engineering Conferences International. ECI Symposium Series, 2012.

Study on application of PCSWMM model in flooding simulation of Bac Nam Ha irrigation system

Bui Tuan Hai^{1*}, Le Viet Son¹, Nguyen Duy Quang¹, Pham Van Trinh¹, Bui The Van¹

¹ Division of Northern Water Resources Planning, Institute of Water Resources Planning, Ministry of Agriculture and Rural Development, Hanoi, Vietnam; buituanhai@gmail.com; levietson2211@gmail.com; nguyenduyquang.wru@gmail.com; trinhpv274@gmail.com; vanbt53@wru.vn

Abstract: Bac Nam Ha Irrigation System is one of the largest irrigation systems in the Northern Delta region. The problem of drainage in the Bac Nam Ha system has always been one of the stressful issues, every year it is flooded greatly affecting agricultural production, especially in recent years such as 2016, 2017 and 2018. The research has used PCSWMM model to simulate inundation of Bac Nam Ha irrigation system, purpose building a model to serve management and drainage of flood drainage for agricultural production. Results of simulation, calibration and validation of the model with the rain in October 2017 and September 2003 give quite good results with the comparison of the water relations relation between real measurements and calculations from the model. The study used the coefficient of r , R^2 , NSE and errors of RMSE, MAE to evaluate the model. The study established a one-way and two-way connection in PCSWMM model, resulting in a flooded map corresponding to the rains.

Keywords: PCSWMM; Flooding simulation; Bac Nam Ha irrigation system.

Bài báo khoa học

Ứng dụng ảnh viễn thám khảo sát nhiệt độ bề mặt tại thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 2016–2020

Nguyễn Huy Anh^{1*}, Nguyễn Thùy Đoàn Trang¹, Nguyễn Thị Thảo Nguyên¹, Trần Văn Trọng¹, Trần Văn Sơn¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường, TP. Hồ Chí Minh; anhnh@hcmunre.edu.vn; doantrang16041998@gmail.com; nttnguyen@hcmunre.edu.vn; tvtrong@hcmunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: anhnh@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84–905210473

Ban Biên tập nhận bài: 14/6/2021; Ngày phản biện xong: 9/7/2021; Ngày đăng bài: 25/9/2021

Tóm tắt: Là đô thị lớn và quan trọng của đất nước, TP. Hồ Chí Minh đang chịu sức ép lớn từ quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa, đô thị hóa. Diện tích đất đô thị, bê tông hóa tăng nhanh, đây là một trong các nguyên nhân làm cho nhiệt độ bề mặt ở thành phố gia tăng. Quá trình đảo nhiệt đô thị diễn ra mạnh, nhiệt độ giảm dần từ vùng trung tâm đô thị ra vùng ven đô. Bài báo giới thiệu kết quả sử dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 phân tích biến động nhiệt độ bề mặt TP. Hồ Chí Minh trong giai đoạn 2016–2020. Kết quả nghiên cứu cho thấy vùng có nhiệt độ bề mặt từ 30–40°C trong năm 2020 là 354,90 ha tăng 60,56 ha so với năm 2016, đồng thời vùng có nhiệt độ từ 20–30°C trong năm 2020 giảm 800ha so với năm 2016.

Từ khóa: Landsat 8; Nhiệt độ bề mặt; Biến động nhiệt độ.

1. Đặt vấn đề

Khí hậu là nhân tố ảnh hưởng trực tiếp đến toàn bộ sự sống trên trái đất. Trong những năm gần đây khí hậu đang có sự thay đổi theo chiều hướng xấu đi đối với các sinh vật sống trên trái đất, kể cả con người, đặc biệt là sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu. Có rất nhiều nguyên nhân để giải thích cho vấn đề gia tăng nhiệt độ của một khu vực nói riêng và toàn cầu nói chung. Tuy nhiên, khí hậu nóng lên nguyên nhân chủ yếu bắt nguồn từ khí nhà kính là chủ yếu mà con người là nhân tố trực tiếp tác động đến vấn đề này. Ngoài ra, cũng có một số nguyên nhân khác như hiện tượng El Nino gián tiếp thúc đẩy quá trình nóng lên toàn cầu diễn ra nhanh hơn. Dân số ngày càng tăng nhanh, đô thị hóa, công nghiệp hóa–hiện đại hóa tác động đến lớp phủ thực vật làm cho bề mặt Trái Đất thay đổi một cách nhanh chóng điều này cũng dẫn đến nhiệt độ của khí quyển khu vực đó cũng thay đổi.

Công nghệ viễn thám ngày nay đã và đang tiếp tục phát triển một cách nhanh chóng. Ảnh vệ tinh là lựa chọn hàng đầu để giải quyết các vấn đề về nghiên cứu trong các lĩnh vực quản lý tài nguyên, đánh giá biến động lớp phủ bề mặt, trích xuất dữ liệu một cách nhanh chóng và chính xác. Nhờ đó, việc sử dụng ảnh vệ tinh, đặc biệt là ảnh Landsat ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực nghiên cứu trong đó có nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt đất. Là đô thị lớn và quan trọng của đất nước, TP. Hồ Chí Minh đang chịu sức ép lớn từ quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa, đô thị hóa. Diện tích đất đô thị, bê tông hóa tăng nhanh, đây là một trong các nguyên nhân làm cho nhiệt độ bề mặt ở thành phố tăng, quá trình đảo nhiệt đô thị diễn ra mạnh. TP. Hồ Chí Minh có lượng bức xạ dồi dào, số giờ nắng trung bình đạt 160–270 giờ/tháng. Nhiệt độ không khí trung bình (nhiều năm) là 27°C,

hiệt độ cao tuyệt đối 400C, tháng có nhiệt độ trung bình cao nhất là tháng 4. Trong những năm gần đây nhiệt độ trung bình năm ở thành phố Hồ Chí Minh khá cao là 27,80, năm có nhiệt độ cao nhất là 28,6°C (2010) năm có nhiệt độ thấp nhất là 27,00 (1986) [1]. Chính vì vậy việc ứng dụng viễn thám trong nghiên cứu đánh giá biến động nhiệt độ bề mặt TP. Hồ Chí Minh là nhiệm vụ cần thiết. Do điều kiện dữ liệu ảnh Landsat và tốc độ phát triển diện tích không thám ở khu vực trung tâm lớn nên không gian nghiên cứu được lựa chọn giới hạn ở khu vực trung tâm của thành phố (không bao gồm huyện Cần Giờ và Củ Chi), về nội dung nghiên cứu chỉ giới hạn việc sử dụng ảnh vệ tinh phân tích biến động nhiệt độ bề mặt trong các năm 2016, 2018, 2020.

Trong những năm gần đây, về nghiên cứu ứng dụng viễn thám trong nghiên cứu nhiệt độ bề mặt và mức độ khô hạn thực vật (TVDI) đã đạt được những kết quả nổi bật. Năm 2012, trong công trình “Ứng dụng ảnh MODIS theo dõi thay đổi nhiệt độ bề mặt và tình trạng khô hạn đồng bằng sông Cửu Long” [2] nhóm tác giả đã sử dụng dữ liệu ảnh MODIS để tính toán nhiệt độ bề mặt đồng thời hoàn thiện quy trình tính toán chỉ số khô hạn thực vật (TVDI). Về hướng ứng dụng viễn thám trong nghiên cứu đô thị hóa có các công trình như: Ứng dụng viễn thám và GIS theo dõi quá trình đô thị hóa tại thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 1989–2019 [3], nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân loại kết hợp các kênh ảnh sẵn có cùng với ảnh tỉ số và phân loại dựa vào các mặt không thám được xem là đặc trưng của lớp phủ khu vực đô thị. Sử dụng ảnh Landsat tính toán thay đổi nhiệt độ bề mặt đô thị dựa vào việc chuyển đổi từ giá trị điểm ảnh sang giá trị năng lượng bức xạ phổ kết hợp với chỉ số khác biệt thực vật – NDVI (*Normalized Difference vegetation Index*) [4]. Trong công trình nghiên cứu “Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng đảo nhiệt đô thị bề mặt tại khu vực đô thị Bangkok, Thái Lan”, nghiên cứu đã sử dụng phương pháp phân tích ảnh viễn thám trong trích xuất nhiệt độ bề mặt từ ảnh hồng ngoại nhiệt trên vệ tinh Landsat, xác định phân bố không gian, độ lớn và các yếu tố chính tác động đến đảo nhiệt đô thị bao gồm: mật độ đô thị, tỉ lệ vùng có nhiệt độ cao, tỉ lệ diện tích thực vật phủ, tỉ lệ diện tích mặt nước, tỉ lệ diện tích bề mặt mát [5], nghiên cứu diễn biến đảo nhiệt đô thị bề mặt khu vực phía bắc TP. Hồ Chí Minh từ các kênh hồng ngoại nhiệt [6]. Sử dụng kênh hồng ngoại nhiệt và chỉ số NDVI từ Landsat để ước tính nhiệt độ bề mặt và xây dựng bản đồ nhiệt độ bề mặt đất thành phố [7–8]. Ngoài ra, còn nhiều công trình nghiên cứu liên quan đến nhiệt độ bề mặt và hiện tượng đảo nhiệt đô thị ở Việt Nam [9–12].

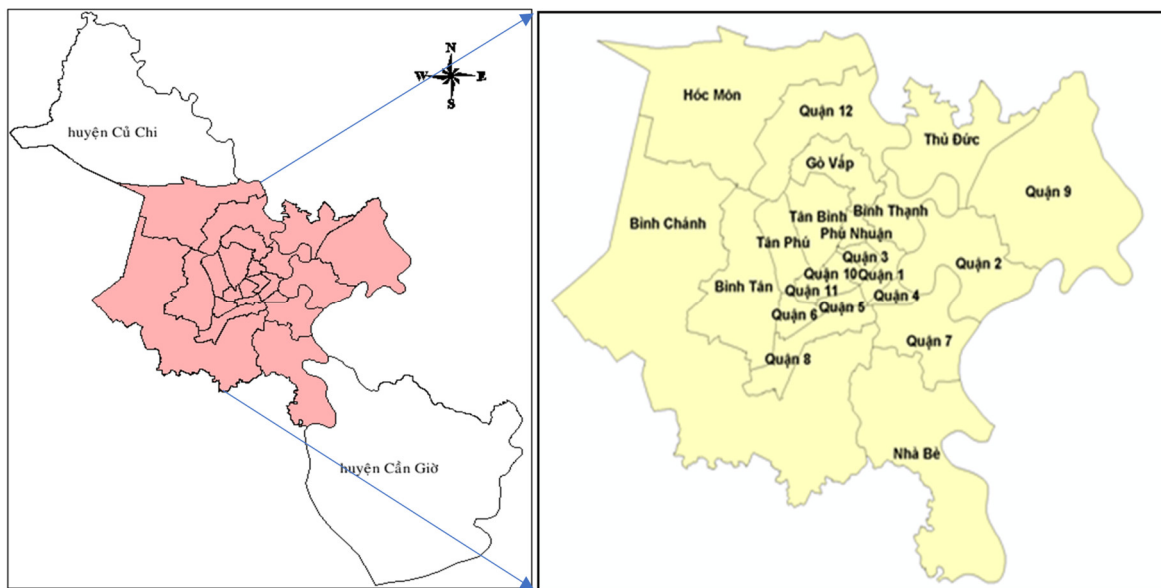
2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới hạn không gian nghiên cứu

Giới hạn không gian nghiên cứu được xác định là những quận, huyện ở khu vực trung tâm của thành phố, không bao gồm huyện Củ Chi và huyện Cần Giờ, giới hạn không gian nghiên cứu trên hình 1.

2.2. Dữ liệu

Dữ liệu trong nghiên cứu là ảnh Landsat 8 (LDCM) khu vực thành phố Hồ Chí Minh bao 22 quận huyện (ngoại trừ huyện Cần Giờ, huyện Củ Chi) được thu thập từ hội khảo sát địa chất Hoa Kỳ tại trang web earthexplorer.usgs.gov [13]. Dữ liệu ảnh Landsat thu thập đã được xử lý ở mức 1T (đã cải chính biến dạng do chênh cao địa hình), thu thập vào 3 thời điểm (28/2/2016, 22/4/2018, 23/2/2020) trong mùa khô (tháng 12 đến tháng 4 năm sau), chất lượng ảnh tốt và ít bị tác động bởi mây (tỷ lệ mây < 1%), tọa độ UTM–WGS–84 zone 48 North (Bảng 1).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

Bảng 1. Bảng dữ liệu ảnh vệ tinh landsat 8 được sử dụng trong nghiên cứu này.

STT	Loại ảnh	Ngày thu ảnh	Độ phân giải không gian
1	Landsat 8	28 tháng 2 năm 2016	30
2	Landsat 8	22 tháng 4 năm 2018	30
3	Landsat 8	23 tháng 2 năm 2020	30

Landsat 8 (LDCM) mang theo 2 bộ cảm: bộ thu nhận ảnh mặt đất (*OLI – Operational Land Imager*) và bộ cảm biến hồng ngoại nhiệt (*TIRS – Thermal Infrared Sensor*). Những bộ cảm này được thiết kế để cải thiện hiệu suất và độ tin cậy cao hơn so với các bộ cảm Landsat thế hệ trước. Landsat 8 thu nhận ảnh với tổng số 11 kênh phổ, bao gồm 9 kênh sóng ngắn và 2 kênh nhiệt sóng dài xem chi tiết ở Bảng 1. Hai bộ cảm này sẽ cung cấp chi tiết bề mặt Trái Đất theo mùa ở độ phân giải không gian 30 mét (ở các kênh nhìn thấy, cận hồng ngoại, và hồng ngoại sóng ngắn); 100 mét ở kênh nhiệt và 15 mét đối với kênh toàn sắc [14].

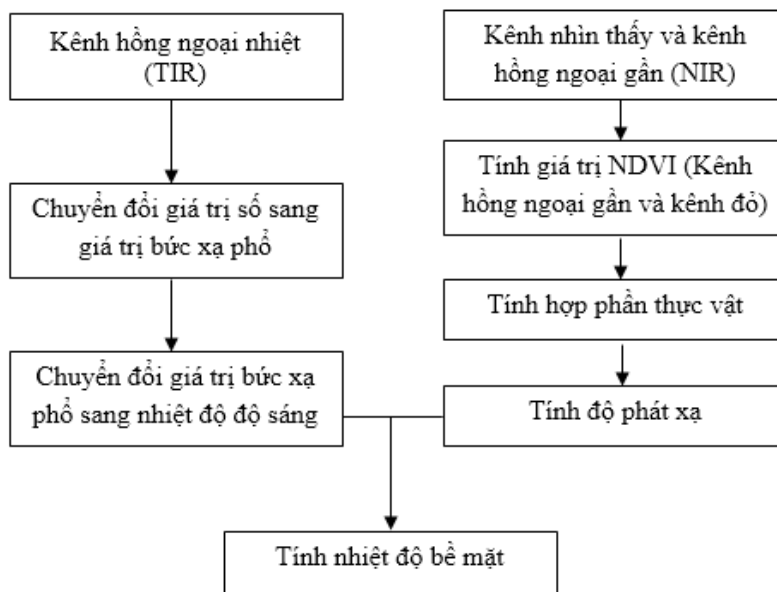
Bảng 2. Thông số ảnh vệ tinh Landsat 8 [13].

Vệ tinh	Kênh/Band	Bước sóng (micrometers)	Độ phân giải (meters)
Landsat8 bộ cảm OLI và TIRS	Kênh 1 – Costal aerosol (xanh tím) – quan sát vùng nước ven bờ và các hạt mịn.	0,433–0,453	30
	Kênh 2 – Blue (xanh lơ)	0,450–0,515	30
	Kênh 3 – Green (xanh lục)	0,525–0,600	30
	Kênh 4 – Red (Đỏ)	0,630–0,680	30
	Kênh 5 – Near Infrered (NIR) – (Cận hồng ngoại)	0,845–0,885	30
	Kênh 6 – SWIR1 (Hồng ngoại sóng ngắn 1)	1,560–1,660	30
	Kênh 7 – SWIR2 (Hồng ngoại sóng ngắn 2)	2,100–2,300	30
	Kênh 8 – Panochromatic (Toàn sắc)	0,500–0,600	15
	Kênh 9 – Cirrus (Phát hiện mật độ, độ dày mây ti)	1,360–1,390	30
	Kênh 10 – Thermal Infrered (NIR) 1 (Hồng ngoại nhiệt 1)	10,3–11,3	100
	Kênh 11 – Thermal Infrered (NIR) 2 (Hồng ngoại nhiệt 2)	11,5–12,5	100

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Quá trình giải đoán ảnh viễn thám

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp tính toán độ phát xạ từ chỉ số thực vật, từ đó tính nhiệt độ bề mặt dựa vào dữ liệu khu vực nghiên cứu từ ảnh Landsat 8. Việc sử dụng chỉ số thực vật (NDVI) để xác định độ phát xạ cho toàn bộ khu vực nghiên cứu sẽ cho kết quả nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu sát với giá trị nhiệt độ bề mặt thực tế. Việc hiệu chỉnh khí quyển sẽ giúp loại bỏ các hiệu ứng gây nhiễu khí quyển làm ảnh hưởng đến giá trị phản xạ của kênh ảnh làm giá trị nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu đáng tin cậy hơn. Quy trình nghiên cứu được thực hiện trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tiến trình thực hiện.

2.3.2. Phương pháp tính toán nhiệt độ bề mặt từ ảnh Landsat 8

Chuyển đổi giá trị số (DN) sang giá trị năng lượng bức xạ phổ: Dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat sau khi được thu thập sẽ tiến hành hiệu chỉnh bức xạ chuyển các giá trị số sang giá trị năng lượng phản xạ phổ và các công thức hiệu chỉnh này tùy thuộc vào loại ảnh Landsat. Việc tính toán giá trị phản xạ phổ đối với Landsat 8 không có mối liên hệ với giá trị bức xạ phổ, nên có thể bỏ qua bước tính giá trị bức xạ phổ của từng kênh mà chuyển sang tính trực tiếp theo các công thức sau [5, 14–15]:

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L \tag{1}$$

Trong đó L_{λ} là giá trị bức xạ phổ; M_L : hệ số đối với từng kênh ảnh cụ thể (giá trị RADIANCE_MULT_BAND_x trong file metadata ảnh Landsat 8, trong đó x là kênh ảnh); đối với band 10 của ảnh Landsat 8 thì $M_L = 0.0003342$; Q_{cal} : giá trị số của kênh ảnh; A_L : hệ số đối với từng kênh ảnh (giá trị RADIANCE_ADD_BAND_x trong file metadata ảnh Landsat 8, trong đó x là kênh ảnh) đối với band 10 của ảnh Landsat 8 thì $A_L = 0,1$.

Tính giá trị nhiệt độ độ sáng: Chuyển đổi giá trị TOA (*Top of Atmosphere*) bức xạ sang giá trị TOA nhiệt độ độ sáng bằng công thức (2) với hằng số nhiệt được cung cấp trong tệp metadata của ảnh Landsat, đối với band 10 của ảnh Landsat 8 thì $K_1 = 774.8853$; $K_2 = 1321.0789$ [5, 9–10].

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L} + 1\right)} - 273.15 \tag{2}$$

Trong đó T_B là giá trị nhiệt độ độ sáng; L là giá trị năng lượng bức xạ phổ; K_1, K_2 là hằng số của ảnh hồng ngoại nhiệt được cung cấp trong file metadata ảnh Landsat.

Tính độ phát xạ: Độ phát xạ của bề mặt tự nhiên khác nhau do các đặc tính của lớp phủ mặt đất khác nhau, như sự khác biệt giữa đồng ruộng, đô thị và đất trống [5, 10, 16]. Độ phát xạ bề mặt (ϵ) được tính dựa vào công thức (3) như sau [5, 17]:

$$\epsilon = mP_v + n \tag{3}$$

$$\text{với: } m = \epsilon_v - \epsilon_s - (1 - \epsilon_s)F\epsilon_v$$

$$n = \epsilon_s (1 + \epsilon_s)F\epsilon_v$$

Trong đó ϵ_v , ϵ_s lần lượt là độ phát xạ bề mặt của mặt phủ đầy thực vật và đất trống. Các giá trị tham khảo cho ϵ_v và ϵ_s lần lượt là 0,99 và 0,97 [5, 13]. Và F là chỉ số hình dạng, giá trị định phân bố hình học là khác nhau và $F = 0,55$ [5, 18, 19]. Vì vậy công thức (4) được thể hiện cụ thể bằng công thức (4) như sau:

$$\epsilon = 0.004 * P_v + 0.986 \tag{4}$$

Trong đó ϵ : độ phát xạ; P_v : Giá trị hợp phần thực vật (*Proportion of Vegetation*). Hợp phần thực vật được tính theo công thức:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2 \tag{5}$$

Trong đó P_v là giá trị hợp phần thực vật; Giá trị $NDVI_{\min}$ và $NDVI_{\max}$ trong khoảng từ -1 đến 1.

Tính giá trị NDVI: Giá trị hợp phần thực vật (P_v) được tính bằng công thức (5) với chỉ số thực vật (NDVI) bằng công thức (6), và các giá trị cụ thể $NDVI_{\min}$ và $NDVI_{\max}$ là giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của kênh NDVI được thống kê từ kênh ảnh [5, 17]. NDVI là một thuật toán tiêu chuẩn được thiết kế để ước tính chất lượng thảm thực vật màu xanh lá cây trên mặt đất bằng phép đo phản xạ ở bước sóng màu đỏ và cận hồng ngoại. Để tính được giá trị NDVI áp dụng công thức sau:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \tag{6}$$

Trong đó NDVI là chỉ số thực vật; NIR (*Near Infrared*) là kênh cận hồng ngoại của ảnh viễn thám Landsat 8; Kênh đỏ: Kênh ảnh thuộc vùng ánh sáng nhìn thấy màu đỏ của ảnh Landsat 8.

Ước tính nhiệt độ bề mặt: Nhiệt độ bề mặt đất LST (T_s) là nhiệt độ bức xạ được tính bằng cách sử dụng nhiệt độ độ sáng, bước sóng của bức xạ phát ra, độ phát xạ bề mặt đất theo công thức (7) như sau [3-5, 14]:

$$T_s = \frac{T_B}{1 + \left(\lambda \times \frac{T_B}{\rho} \right) \times \ln(\epsilon)} \tag{7}$$

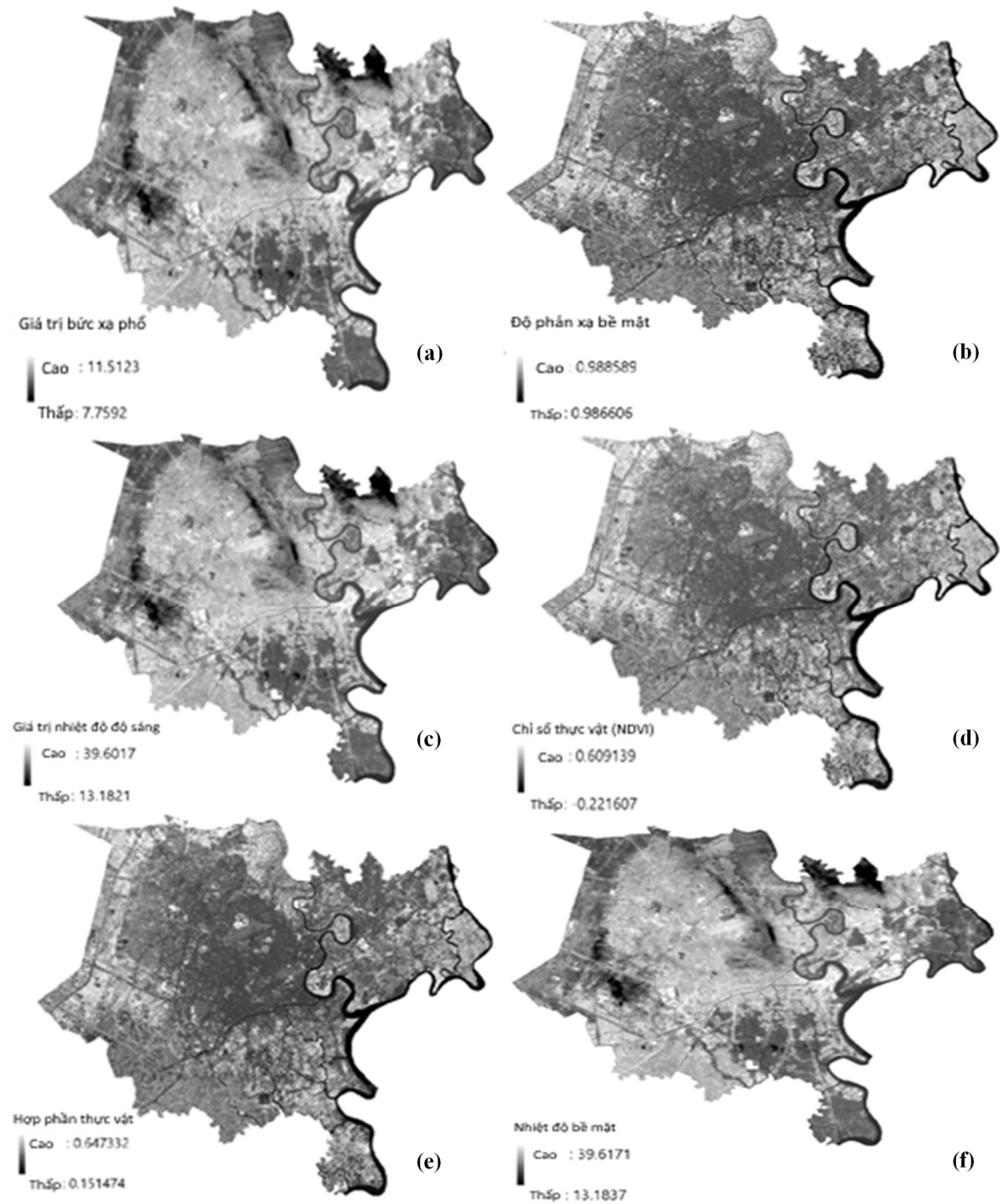
Trong đó T_s là nhiệt độ bề mặt; T_B là nhiệt độ độ sáng; λ là bước sóng của bức xạ phát ra (đối với kênh cận hồng ngoại của ảnh Landsat 8 thì $\lambda = 10.8$); ϵ là độ phát xạ; giá trị bước sóng của kênh nhiệt phát xạ $\rho = \frac{h \cdot c}{\sigma}$ ($\sigma = 1,438 \times 10^{-2} \text{ MK}$) với $\rho =$ hằng số Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$; hằng số Planck ($6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$); và $c =$ vận tốc ánh sáng ($2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$) [5, 10, 20].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Xác định các tham số

Để tính xác định được nhiệt độ bề mặt LST (T_s) khu vực nghiên cứu từ năm 2016 – 2020 đã tính lần lượt các giá trị như: chuyển đổi giá trị số (DN) sang giá trị bức xạ phổ (L); nhiệt độ độ sáng (T_b); độ phát xạ bề mặt (ϵ); giá trị hợp phần thực vật (P_v); chỉ số NDVI theo các công thức từ (1) – (7). Tất cả những giá trị này đều được sử dụng ảnh Landsat 8, bằng phần

mềm ArcGIS 10.6 (phiên bản dùng thử) và sử dụng công cụ Raster calculator, kết quả xử lý ảnh và tính toán các chỉ số được trình bày ở hình 3.



Hình 3. Kết quả tính toán các chỉ số: (a) Giá trị bức xạ phổ (ngày 28/2/2016); (b) Giá trị độ phản xạ bề mặt (ngày 28/2/2016); (c) Giá trị nhiệt độ độ sáng (ngày 28/2/2016); (d) Chỉ số thực vật – NDVI (ngày 28/2/2016); (e) Hợp phần thực vật (ngày 28/2/2016); (f) Nhiệt độ bề mặt (ngày 28/2/2016).

3.2. Đánh giá sai số

Sai số là sự sai khác giữa các giá trị thực nghiệm thu được so với giá trị mong muốn. Sai số đánh giá độ chính xác của phương pháp xác định nhiệt độ được xác định từ độ lệch trung bình Bias và sai số E (%) giữa các giá trị ước tính từ ảnh vệ tinh với giá trị đo thực tế từ trạm khí tượng theo công thức sau [6]:

$$\text{Bias} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (T_{Si}^{\text{tính}} - T_{Si}^{\text{đo}}) \tag{8}$$

$$E(\%) = \frac{|T_{Si}^{\text{tính}} - T_{Si}^{\text{đo}}|}{T_{Si}^{\text{đo}}} \times 100 \tag{9}$$

Trong nghiên cứu này do hạn chế về số liệu đo đạc nên sử dụng giá trị nhiệt độ trung bình tại trạm khí tượng Tân Sơn Hòa (quận Tân Bình) để tính toán sai số. Nhiệt độ đo đạc $T_{(do)}$ được lấy từ số liệu nhiệt độ trung bình tháng [1] tương ứng với tháng ảnh landsat được chụp (Bảng 3).

Bảng 3. Sai số tính nhiệt độ qua các thời điểm chụp ảnh.

Thời điểm chụp	T(đo)	T (tính)	Độ lệch (Bias)	Sai số (%)
28/2/2016	28,3 (tháng 2/2016)	29,4	2,1	7,69
22/4/2018	30,0 (tháng 4/2018)	31,3	1,3	4,34
23/2/2020	28,6 (tháng 2/2020)	29,4	2,1	7,69

Từ bảng 3 cho thấy độ lệch giữa nhiệt độ tính toán với nhiệt độ đo (giá trị trung bình tháng tại trạm Tân Sơn Hòa) dao động từ 1,3–2,1°C, tương ứng với sai số từ 4,34–7,69 %.

Các nghiên cứu trước đây [6, 9] đã chứng minh rằng sai số xác định nhiệt độ từ ảnh vệ tinh trong khoảng từ 0,5–2°C khi có hiệu chỉnh khí quyển đầy đủ và tùy thuộc vào các phương pháp tính toán khác nhau [6, 9]. [9] với sự thiết lập 10 điểm tự quan trắc đã đánh giá sai số cho phương pháp xác định nhiệt độ từ ảnh vệ tinh là ±1,95°C. Vì vậy, giá trị sai số được tính toán trong bảng 3 là có thể chấp nhận được, phương pháp xác định nhiệt bề mặt từ vệ tinh là đáng tin cậy, có thể dùng hỗ trợ cho các bài toán môi trường và biến đổi khí hậu, trong điều kiện lưới trạm đo mặt đất còn thiếu.

3.3. Nhiệt độ bề mặt

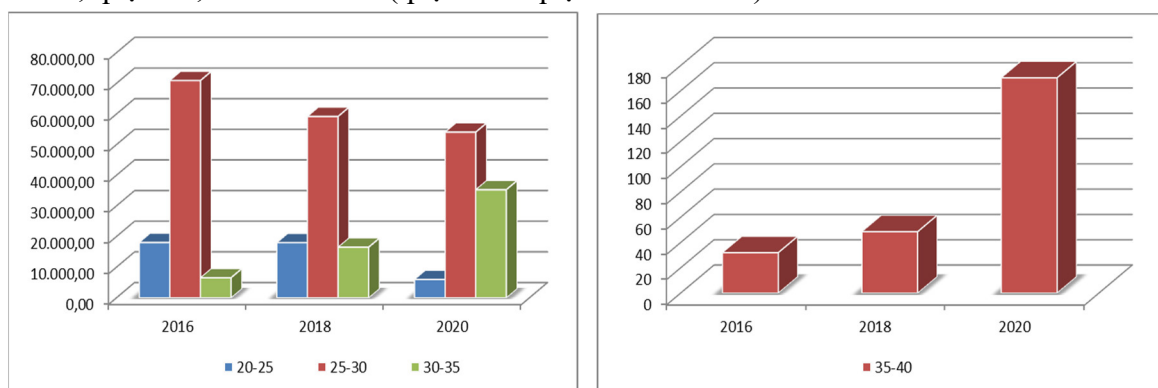
Từ kết quả phân tích ảnh viễn thám đã xác định được diện tích và phân bố nhiệt độ bề mặt tại TP. Hồ Chí Minh vào các thời điểm 28/2/2016, 22/4/2018, 23/2/2020, thời kỳ tính toán nhiệt độ bề mặt tập trung vào các tháng mùa khô (tháng 2, 3, 4).

Bảng 4. Diện tích các cấp nhiệt tại TP. Hồ Chí Minh qua các năm.

Nhiệt độ	Diện tích (ha)		
	28/02/2016	22/04/2018	23/02/2020
<20	0,00	1769,4	7,47
20–25	18.091,71	18.044,95	6.025,14
25–30	70.955,55	59.238,46	54.102,06
30–35	6.580,08	16.557,93	35.319,78
35–40	31,95	48,55	170,28
>40	0,00	0,00	34,29

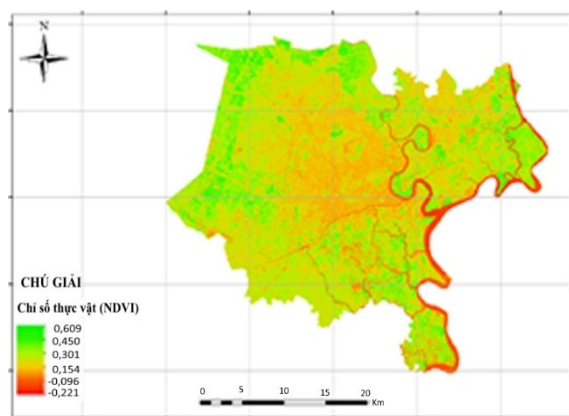
Từ bảng 4 và hình 5 trình bày nhiệt độ các tháng mùa khô tại TP. Hồ Chí Minh qua các năm từ 2016, 2018, 2020. Kết quả cho thấy vào mùa khô (tháng 2, 3, 4) với mức nhiệt độ trên 40°C có chiều hướng tăng dần, các năm 2016, 2018 kết quả phân tích ảnh chưa xuất hiện, tuy nhiên đến năm 2020 thì mức nhiệt này đã xuất hiện có diện tích 34,29 ha. Ngược lại vùng có nhiệt độ từ 20–25°C có chiều hướng giảm, theo đó năm 2016 có diện tích là 18.091,71 ha, 2018 diện tích là 18.044,95 ha và đến năm 2020 diện tích là 6.025,14 ha. Như vậy, có thể thấy mức nhiệt cao (từ 30–40°) có xu thế tăng dần, năm 2016 diện tích là 6.612,03 ha đến năm 2020 tăng lên là 35.524,35 ha. Khu vực phân bố chủ yếu ở các quận trung tâm như Phú Nhuận, Tân Bình, quận 10, 6, 3, 11. Mức nhiệt trung bình và thấp 20–30°C có xu thế giảm dần, năm 2016 là 89.047,26 ha đến năm 2020 giảm còn 60.172,20 ha phân bố ở

những quận vùng ven có tốc độ đô thị hóa chậm hơn vùng trung tâm như huyện Nhà Bè, Bình Chánh, quận 12, TP. Thủ Đức (quận 9 và quận Thủ Đức cũ).

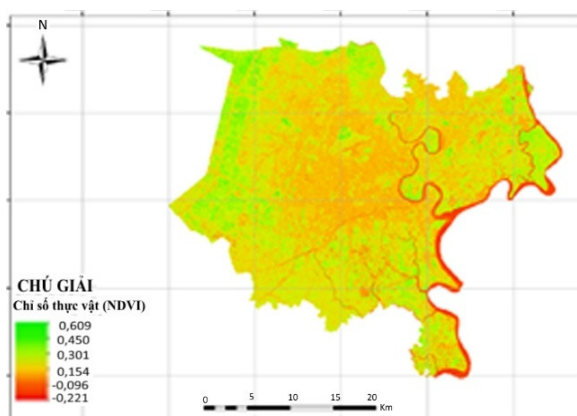


Hình 4. Biến động nhiệt độ theo các năm.

Kết quả tính chỉ số thực vật – NDVI ngày 28/02/2016 (hình 5) và ngày 23/02/2020 (hình 6) cho thấy, chỉ số NDVI có giá trị thấp nhất (vùng màu đỏ) tập trung chủ yếu là các đối tượng các thủy hệ. Theo đó tại khu vực có giá trị NDVI thấp nhất là khu vực mặt nước như sông Sài Gòn, hệ thống kênh, rạch trên địa bàn thành phố. Khu vực dân cư, các tòa nhà, các công trình xây dựng ở trung tâm thành phố hoặc đất trồng, đất ruộng khô thì giá trị NDVI ở vào mức thấp đến trung bình thấp. Các khu vực có cây bụi, công viên cây xanh, rừng trồng là nơi có giá trị NDVI từ trung bình cao đến cao.



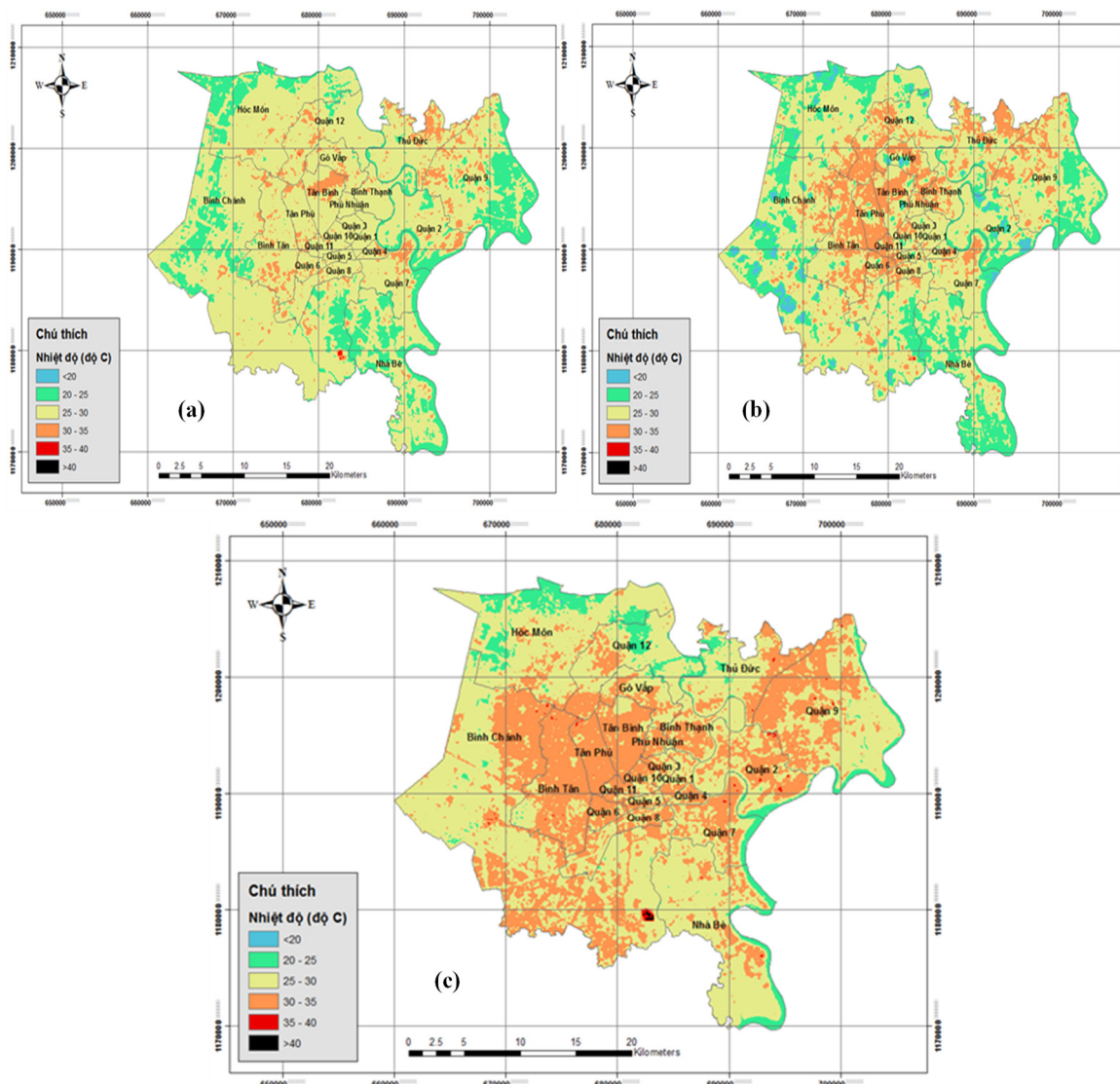
Hình 5. Giá trị NDVI ngày 28/2/2016.



Hình 6. Giá trị NDVI ngày 23/2/2020.

Từ kết quả tính toán NDVI (hình 5, 6) cho thấy thảm thực vật khu vực nghiên cứu suy giảm rõ rệt trong giai đoạn 2016–2020, nhất là các khu vực các huyện Hóc Môn, Bình Chánh, Nhà Bè và TP. Thủ Đức (quận 9 và quận Thủ Đức cũ). Nguyên nhân là do từ năm 2016–2020 quá trình công nghiệp hóa, đô thị hóa diễn ra mạnh ở các huyện, quận vùng ven, diện tích thảm thực vật bị chuyển đổi sang đất khu dân cư, đất các công trình xây dựng.

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy năm 2016 vùng nhiệt độ cao (30–40°C) có diện tích 6.612,03 ha vùng có nhiệt độ từ 20–30°C có diện tích 89.047,26 ha, tương tự năm 2018 vùng có nhiệt độ (30–40°C) có diện tích 16.606,48 ha vùng có nhiệt độ từ 20–30°C có diện tích 79.052,81 ha và năm 2020 vùng có nhiệt độ (30–40°C) có diện tích 35.524,35 ha vùng có nhiệt độ từ 20–30°C có diện tích 60.134,67.052,81 ha.



Hình 7. Nhiệt độ bề mặt TP. Hồ Chí Minh giai đoạn 2016–2020: (a) Nhiệt độ ngày 28/2/2016; (b) Nhiệt độ ngày 22/4/2018; (c) Nhiệt độ ngày 23/2/2020.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thực hiện được quy trình sử dụng ảnh Landsat để khảo sát nhiệt độ bề mặt thông qua phương pháp xác định nhiệt độ bề mặt bằng cách tính hệ số phát xạ áp dụng chỉ số thực vật NDVI. Phương pháp này có ưu điểm là tính ra giá trị hệ số phát xạ chính xác trên từng điểm ảnh, do đó mức độ chi tiết và chính xác của các bản đồ nhiệt độ bề mặt khu vực nghiên cứu có độ chính xác cao.

Kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ độ bề mặt tại khu vực trung tâm TP. Hồ Chí Minh liên tục biến động qua các năm. Đồng thời nhiệt bề mặt của khu vực nghiên cứu chịu sự tác động bởi các yếu tố năng lượng nhận được từ mặt trời, lớp phủ thực vật, hoạt động của con người.

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

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

Tài liệu tham khảo

1. Bầy N.T.; Phùng, N.K. Đặc điểm khí tượng thủy văn thành phố Hồ Chí Minh. NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, **2018**.
2. Hương, H.T.T.; Quang, T.C. Ứng dụng ảnh modis theo dõi sự thay đổi nhiệt độ bề mặt đất và tình hình khô hạn vùng đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí khoa học – Đại học Cần Thơ* **2012**, 24a, 49–59.
3. Hạo, L.V.; Mi, L.T.P. Ứng dụng viễn thám và GIS theo dõi quá trình đô thị hóa tại thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 1989–2019. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 720, 48–59.
4. Thuận, N.Đ.; Vân, P.V. Ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt 12 quận nội thành, thành phố Hà Nội giai đoạn 2005–2015. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* **2016**, 8(14), 1319–1330.
5. Cần, N.T.; Diệp, N.T.H.; Sanwit, I.; Pariwate V.; Minh, V.Q. Phân tích yếu tố ảnh hưởng hiện tượng đảo nhiệt đô thị bề mặt tại khu vực đô thị Bangkok, Thái Lan. *Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, chuyên san Khoa học Trái đất và Môi trường* **2019**, 1(35), 53–62.
6. Vân, T.T.; Bảo H.D.X.; Đinh Thị Kim Phượng Đ.T.K.; Mai N.T.T; Nhung Đ.T.M. Đặc điểm môi trường nhiệt và diễn biến đảo nhiệt đô thị bề mặt khu vực bắc thành phố Hồ Chí Minh. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* **2017**, 49(A), 11–20.
7. Tuyết, N.H.A.; Thân, N.H. Ứng dụng viễn thám đánh giá biến động nhiệt độ bề mặt huyện dầu tiếng tỉnh Bình Dương trong bối cảnh biến đổi khí hậu giai đoạn 2004 – 2019. Kỷ yếu hội nghị Nghiên cứu khoa học trong “Khoa học trái đất và Môi trường” **2019**, 357–360. <https://doi.org/10.15625/vap.2019.000154>.
8. Hùng, N.V.; Hòa, N.H.; Nghĩa, N.H. Sử dụng ảnh landsat xây dựng bản đồ nhiệt độ bề mặt đất khu vực thành phố Sơn La giai đoạn 2015–2019. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Lâm nghiệp* **2019**, 6, 77–87.
9. Vân, T.T.; Lan, H.T.; Trung, L.V. Nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt đô thị dưới tác động của quá trình đô thị hóa ở Thành phố Hồ Chí Minh bằng phương pháp viễn thám. *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất* **2011**, 33(3), 347–359.
10. Hùng, T.L. Nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt bằng dữ liệu ảnh đa phổ Landsat. *Tạp chí các Khoa học về Trái đất* **2014**, 36, 82–89.
11. Quang, L.Đ. Sự hình thành đảo nhiệt ở nội thành thành phố Hà Nội. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2005**, 530, 44–46.
12. Anh, L.V.; Anh, T.T. Nghiên cứu nhiệt độ bề mặt đất sử dụng phương pháp tính toán độ phát xạ từ chỉ số thực vật. *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất* **2014**, 36(2), 184–192.
13. Hội khảo sát địa chất Hoa Kỳ. Online available: <http://earthexplorer.usgs.gov>.
14. Department of the Interior U.S. Geological Survey. Landsat 8 Data User’s, Handbook, USA, 2016.
15. LANDSAT Conversion to Radiance, Reflectance and At-Satellite Brightness Temperature (NASA).
16. Van De Griend, A.A.; Owe, M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *Int. J. Remote Sens.* **1993**, 14, 1119–1131. <https://doi.org/10.1080/01431169308904400>.
17. Carlson, T.C.; Ripley, D.A. On the relationship between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sens. Environ.* **1997**, 62, 241–252. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1).
18. Sobrino, J.; Jimenez-Munoz, J.C.; Paolini, L. Land surface temperature retrieval from Landsat TM 5. *Remote Sens. Environ.* **2004**, 90, 434–440.
19. Wang, H.; Zhang, Y.; Tsou, J.; Li, Y. Surface Urban Heat Island Analysis of Shanghai (China) Based on the Change of Land Use and Land Cover. *Sustainability*

2017, 9(9), 1538. <https://doi.org/10.3390/su9091538>.

20. Holben, B.N. Characteristics of maximum value composite image from temporal AVHRR data. *Int. J. Remote Sens.* **1986**, 7, 1417–1434.
21. U.S. EPA, Trees and Vegetation, Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2008.
22. U.S. EPA, Green Roofs, Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies, Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2008.

Application of remote sensing of Ho Chi Minh city's surface temperature in period 2016–2020

Nguyen Huy Anh^{1*}, Nguyen Thuy Doan Trang¹, Nguyen Thi Thao Nguyen¹, Tran Van Trong¹, Tran Van Son¹

¹ University of Natural Resources and Environment, Hochiminh City; anhnh@hcmunre.edu.vn; doantrang16041998@gmail.com; nttnguyen@hcmunre.edu.vn; tvtrong@hcmunre.edu.vn

Abstract: As a large and important city of the country, Ho Chi Minh City is under great pressure from the process of industrialization, modernization, and urbanization. The rapid escalation of urban land area and concreting is one of the causes for the increase in surface temperature in the city. This paper presents the results of using images of the Landsat 8 satellite to analyse the surface temperature fluctuations in Ho Chi Minh City from 2016 to 2020. Research results indicated that the area with a surface temperature of 30–40° Celsius in 2020 was 354.90 ha, an increase of 60.56 ha compared to 2016, while the area with a temperature of 20–30° Celsius in 2020 decreased by 800 ha compared to 2016.

Keywords: Landsat 8; Surface temperature; Temperature change.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu tính toán chỉ số đánh giá tài nguyên nước mặt phục vụ cảnh báo, dự báo tài nguyên nước: Thí điểm lưu vực sông Srê Pôk

Lê Thị Mai Vân^{1*}, Bùi Thị Bích Ngọc¹, Đoàn Quang Trí², Trương Văn Hùng¹, Lê Thế Trung¹

¹ Trung tâm Cảnh báo và Dự báo tài nguyên nước; lethimaivantnn@gmail.com; bichngoc209hunre@gmail.com; truongvanhung888@gmail.com; lethetrung.tnmt@gmail.com

² Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn; doanquangtriktvt@gmail.com

*Tác giả liên hệ: lethimaivantnn@gmail.com; Tel: +84-982420298

Ban Biên tập nhận bài: 05/05/2021; Ngày phản biện xong: 15/07/2021; Ngày đăng bài: 25/09/2021

Tóm tắt: Đánh giá số lượng, chất lượng nhằm đưa ra dự báo, cảnh báo nguy cơ thiếu hụt và suy giảm tài nguyên nước là vấn đề cấp thiết được đặt ra hiện nay. Nghiên cứu này áp dụng một số phương pháp tính toán các chỉ số đánh giá tài nguyên nước mặt: chỉ số đánh giá số lượng và chỉ số đánh giá chất lượng nước mặt cho lưu vực sông Srê Pôk. Kết quả tính toán thử nghiệm các chỉ số đánh giá tài nguyên nước mặt trên lưu vực sông Srê Pôk tháng 12/2020 cho thấy trong 9 tiểu vùng có chỉ số căng thẳng thấp, có 01 tiểu vùng ở mức căng thẳng trung bình, chất lượng nước tháng 1/2021 tính theo chỉ số WQI cho thấy chất lượng nước sông Srê Pôk rất tốt có thể sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt, chất lượng nước tháng 3 có thể sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù hợp. Tuy nhiên, tháng 2/2021 WQI kém chỉ sử dụng được cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác. Bộ chỉ số được áp dụng tính toán đánh giá tài nguyên nước mặt phục vụ công tác cảnh báo, dự báo tài nguyên nước cho các cấp quản lý và nâng cao tính thực tiễn của bản tin cảnh báo, dự báo đến các đối tượng sử dụng.

Từ khóa: Chỉ số đánh giá tài nguyên nước; Căng thẳng; Bản tin; Srê Pôk.

1. Đặt vấn đề

Trong bối cảnh hiện nay, sự phát triển dân số cùng với các nhu cầu sử dụng nước phục vụ các hoạt động dân sinh kinh tế gia tăng nhanh chóng, mặt khác tài nguyên nước không phải là vô hạn và có nguy cơ trở nên khan hiếm. Thực tế, ở nước ta việc khai thác, sử dụng và phân bổ nguồn nước đã và đang được thực hiện trên nhiều lưu vực sông đặc biệt là trên các lưu vực sông có tình hình kinh tế phát triển mạnh [1–3]. Tuy nhiên, với nhu cầu sử dụng nước tăng cao, gây tranh chấp giữa các ngành sử dụng nước dẫn đến tình trạng khai thác quá mức nguồn nước tại các lưu vực sông gây ra nguy cơ cạn kiệt, thiếu nước đặc biệt là vào mùa khô. Ngoài ra, biến đổi khí hậu toàn cầu đang diễn ra mạnh mẽ đã tác động tới các thủy hệ, làm tăng thêm sự thay đổi phức tạp và nghiêm trọng liên quan tới nguồn nước, trong những năm gần đây việc tính toán cảnh báo, dự báo tài nguyên nước là mối quan tâm lớn từ cấp quản lý đến các đối tượng sử dụng tài nguyên nước [4–6]. Nhằm đưa ra cái nhìn tổng quan về tài nguyên nước, hỗ trợ ra quyết định cho các cấp quản lý cần nghiên cứu tính toán các chỉ số đánh giá tài nguyên nước về cả số lượng và chất lượng.

Một số nước trên thế giới hiện nay đã và đang sử dụng các chỉ số đánh giá tài nguyên nước phù hợp với điều kiện phát triển và yêu cầu phát triển cụ thể của từng nước để đánh giá khả năng nguồn nước của các lưu vực sông [7–12]. Ở Việt Nam trong một số báo cáo như Đánh giá tổng quan ngành nước, Chiến lược Quốc Gia về tài nguyên nước có đưa ra các chỉ số đánh giá tài nguyên nước mặt. Về tổng quan cho thấy chưa có nhiều nghiên cứu về chỉ số đánh giá tài nguyên nước về cả số lượng và chất lượng được thực hiện. Trong đó, nghiên cứu [13] đã đưa ra một số phương pháp xác định chỉ số căng thẳng tài nguyên nước và bước đầu áp dụng cho vùng Nam trung bộ, nghiên cứu [14] đã tiến hành đánh giá mức độ căng thẳng nguồn nước lưu vực sông Mã, nghiên cứu [15] đã đề xuất các chỉ số tài nguyên nước mặt và tính toán thí điểm cho lưu vực sông Vệ. Phần mềm tính toán chỉ số chất lượng nước cho lưu vực sông Srê Pôk được đưa ra trong nghiên cứu [16], tuy nhiên kết quả nghiên cứu chỉ dừng lại ở bước xây dựng phần mềm tính toán.

Sông Srê Pôk là một trong những sông nhánh chính của sông Mê Kông, bắt nguồn từ các vùng núi phía Bắc, Đông Bắc và Đông của tỉnh Đắk Lắk, có độ cao từ 800–2.000 m. Trước khi đổ vào sông Mê Kông, sông Srê Pôk nhận thêm nguồn nước rất lớn từ sông Sê San và sông Sê Kong, vị trí điểm nhập lưu với sông Mê Kông ở ngay sát thành phố Stung Treng – Vương quốc Campuchia. Như vậy, đây là lưu vực sông (LVS) liên tỉnh, liên quốc gia nằm vị trí quan trọng trong vấn đề an ninh nguồn nước quốc gia và quốc tế cho nên cần thực hiện tốt công tác quản lý, khai thác bền vững tài nguyên nước trong khu vực, đảm bảo quyền lợi và công bằng giữa các bên liên quan.

Hiện nay các nghiên cứu đã đưa ra các chỉ số đánh giá tài nguyên nước mặt và tính toán thử nghiệm cho các vùng cụ thể, tuy nhiên chỉ mới đánh giá về mặt số lượng. Mục đích nghiên cứu này sẽ tiến hành đánh giá căng thẳng tài nguyên nước về cả số lượng và chất lượng, kết quả nghiên cứu sẽ góp phần hoàn thiện quy định kỹ thuật về cảnh báo, dự báo tài nguyên nước nói chung và tài nguyên nước mặt nói riêng, hỗ trợ ra quyết định cho các cấp quản lý, đảm bảo quyền lợi cho các đối tượng, hộ dùng nước.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

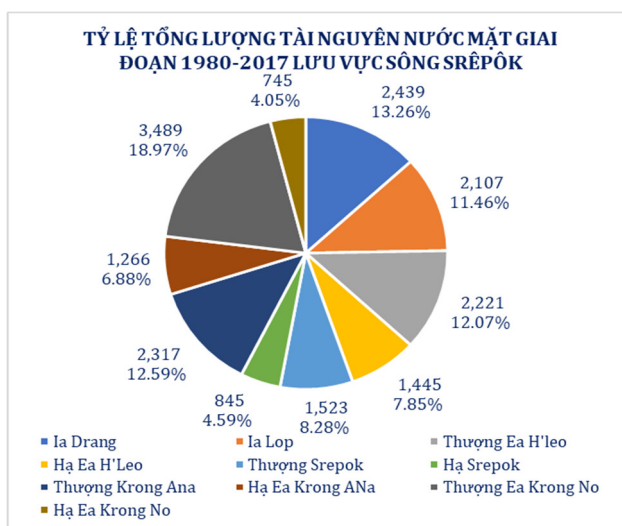
2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Srê Pôk phía Bắc giáp với lưu vực sông Sêsan, phía Nam giáp lưu vực sông Đồng Nai, phía Tây là đường phân lưu của sông Mê Kông, phía Đông giáp lưu vực sông Srê Pôk. Sông Srê Pôk là nhánh sông cấp I của sông quốc tế Mê Kông. Sông Srê Pôk chảy qua 4 tỉnh Đắk Lắk, Đắk Nông, Gia Lai và Lâm Đồng của Việt Nam rồi chảy sang Campuchia nhập lưu với sông Mê Kông ở Stung Treng. Sông Srê Pôk có 41 nhánh cấp I, hầu hết bắt nguồn từ các vùng núi phía Đông Bắc, Đông và đông nam của tỉnh Đắk Lắk, tức là từ các vùng núi bên sườn Đông của dãy Trường Sơn, có độ cao từ 800–2.000 m. Sông suối trong lưu vực phân bố theo hình nan quạt, mở rộng ở thượng và trung lưu, thu hẹp ở hạ lưu. Vị trí địa lý tự nhiên của lưu vực Srê Pôk nằm trong phạm vi 107°30' đến 108°45' kinh độ Đông và 11°53' đến 13°55' vĩ độ Bắc. Với tổng diện tích tự nhiên là 30.100 km², thuộc lãnh thổ Việt Nam là hơn 18.200 km² được chia ra làm hai lưu vực độc lập nhau là lưu vực thượng Srê Pôk có diện tích là 12.527 km² với 11.200 km² thuộc tỉnh Đắk Lắk và lưu vực suối Ia Đrăng–Ea Lốp–Ea H'Leo có diện tích là 5.737 km² [17].

Dòng chính sông Srê Pôk có tổng lượng dòng chảy năm đạt 18,4 tỷ m³ (chuỗi dữ liệu 1980–2017). Lưu vực sông Srê Pôk có tổng lượng nước trong mùa khô đạt 3.312,3 triệu m³, chiếm 18,01% và trong mùa mưa đạt 15.083,79 triệu m³, chiếm 81,99% tổng lưu lượng hàng năm. Nhìn chung, trong 16 tiểu lưu vực, tiểu lưu vực Thượng Ea Krông Nô có lượng nước lớn nhất, tiểu lưu vực Hạ Ea Krông Nô là hai lưu vực có lượng nước thấp nhất [17].



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Srê Pôk.



Hình 2. Tỷ lệ tài nguyên nước mặt trung bình năm trên lưu vực sông Srê Pôk.

Hiện trạng khai thác sử dụng tài nguyên nước mặt cụ thể với các ngành trên lưu vực sông Srê Pôk được thống kê như sau: nước mặt được khai thác để cung cấp nước đô thị trong lưu vực Srê Pôk gồm 9 công trình với tổng lưu lượng khai thác là 23,100 m³/ngày. Số lượng công trình cấp nước nhỏ hàng ngày bao gồm 88.760 công trình. Tổng số khu công nghiệp và cụm công nghiệp sử dụng nguồn nước mặt với quy mô 191 hecta, tổng lượng nước sử dụng là 7.640 m³/ngày. Trên lưu vực Srê Pôk, tổng số lượng hồ chứa là 890 hồ, trong đó có 128 hồ trên 3 triệu m³, 196 hồ trên 0.5 triệu m³ và 566 hồ nhỏ. Tổng diện tích tưới trên lưu vực sông Srê Pôk là 119.023,53 hecta. Trên lưu vực sông Srê Pôk có 5 nhà máy thủy điện thuộc quy

trình vận hành liên hồ chứa theo Quyết định 1201 và 55 nhà máy thủy điện vừa và nhỏ, tổng công suất lắp máy 1.170,32 MW. Trong đó có 5 nhà máy thủy điện thuộc quy trình vận hành liên hồ chứa với tổng công suất 950 MW, 55 nhà máy thủy điện vừa và nhỏ có tổng công suất 212,93 MW. Trên cơ sở phân tích đặc điểm và hiện trạng các công trình khai thác tài nguyên nước, lưu vực sông Srê Pôk được phân chia thành 10 tiểu vùng dự báo được thể hiện trên Bảng 1.

Bảng 1. Phân chia tiểu vùng dự báo trên lưu vực sông Srê Pôk.

TT	Tiểu vùng dự báo	Tiểu lưu vực sông	Diện tích (km ²)	TT	Tiểu vùng dự báo	Tiểu lưu vực sông	Diện tích (km ²)
1	Ia Drang	1	584,3			36	42,1
		2	382,3			38	9,7
2	Ia Lop	1	19,3			39	508,7
		2	21,5	7	Thượng Ea Krong	18	11
		3	904,8		No	25	26,5
		9	744,4			26	638,6
		58	67,5			27	141,3
3	Thượng Ea H'leo	4	1041,7			28	102,6
		5	601,7			29	46,4
		6	465,1			30	1024,7
		7	54			31	352,5
		8	336,3			32	317,5
		8	383,1			33	250,9
		9	18,6			34	8,8
		58	344,7	8	Hạ Ea Krong No	37	866,6
5	Thượng Krong Ana	10	230,8	9	Thượng Srê Pôk	40	537,9
		11	198			41	70,5
		12	24,8			42	119,5
		13	51,7			43	150,9
		14	564,9			45	212,8
		15	18,6			46	12,8
		16	27,1			47	251,5
		17	489,1			48	104,4
		18	698,3			49	90,4
		21	93,8			50	334,3
6	Hạ Krong Ana	22	21,4			51	124,9
		24	362,3			52	56,8
		19	11,7			55	107,2
		20	20,2			56	322,6
		23	11,3	10	Hạ Srê Pôk	53	77,3
		24	323,9			54	297,5
		34	79,3			56	117,4
35	109,8			57	899,3		



Hình 3. Bản đồ phân chia tiểu lưu vực sông Sré Pôk.

2.2. Một số phương pháp tính toán các chỉ số đánh giá số lượng tài nguyên nước

2.2.1. Chỉ số Falkenmark

Chỉ số Falkenmark là chỉ số phổ biến nhất trên thế giới để đánh giá tình trạng căng thẳng về nước. Chỉ số được định nghĩa là tổng lượng dòng chảy năm đáp ứng nhu cầu sử dụng của con người. Chỉ số này thường được sử dụng trong đánh giá trên phạm vi quốc gia khi mà dữ liệu có sẵn nhằm cung cấp kết quả trực quan và dễ hiểu. Dựa trên việc sử dụng bình quân đầu người, các điều kiện nước trong một khu vực có thể được phân loại như: không căng thẳng, căng thẳng, khan hiếm và cực kì khan hiếm (Bảng 2) [14].

Bảng 2. Cấp độ căng thẳng tài nguyên nước theo chỉ số Falkenmark.

Chỉ số (m ³ /đầu người)	Tình trạng
> 1700	Không căng thẳng
1000–1700	Căng thẳng
500–1000	Khan hiếm
< 500	Cực kỳ khan hiếm

2.1.2. Chỉ số căng thẳng tài nguyên nước WSI

Chỉ số WSI được định nghĩa là khoảng thiếu hụt tương đối giữa giá trị thực tế và ngưỡng tương ứng của mỗi chỉ số căng thẳng. WSI là giá trị trung bình có trọng số của các chỉ số WSIP, WSIE và WSID và được tính theo công thức:

$$WSI_j = \sum_{i=1}^n \rho_i WSI_{ij} \tag{1}$$

Trong đó WSI_j là chỉ số căng thẳng tài nguyên nước tổng hợp của vùng j ; ρ_i là trọng số của mỗi chỉ số căng thẳng tài nguyên nước thành phần; $WSIP$ là chỉ số căng thẳng tài nguyên nước tính theo dân số; $WSIE$ là chỉ số căng thẳng nước tính theo môi trường sinh thái; $WSID$ là chỉ số căng thẳng nước tính theo phát triển kinh tế.

Khi $WSI_{ij} < 0$ nghĩa là không có căng thẳng về nước ở vùng j về mặt chỉ số i . Hiển nhiên chỉ số căng thẳng tài nguyên nước tổng hợp WSI_j sẽ nằm trong khoảng $0 < 1$. Giá trị WSI_j càng lớn thì sự thiếu hụt nước càng nghiêm trọng. Cũng giống như chỉ số Falkenmark, WSI chưa tính đến chất lượng nước [18].

2.1.3. Chỉ số khan hiếm nước RWS

Đây là chỉ số hàm chứa thông tin về tiềm năng nguồn nước có sẵn. Nó được xác định bởi tỉ lệ sử dụng nước hàng năm so với tổng lượng nước ngọt sẵn có, có thể xem như tỉ lệ phần trăm của tổng số năng lượng tái tạo tài nguyên nước hoặc là tỉ lệ phần trăm tài nguyên nước nội địa đã đưa vào biển nước khử muối để xác định tài nguyên nước mặn [16]. Việc sử dụng biển nước khử muối là không đáng kể trên quy mô toàn cầu, nhưng nó là rất quan trọng ở một số vùng, như ví dụ ở các tiểu Vương quốc Ả Rập thống nhất, nơi nước khử muối chiếm 18% nước hàng năm. Chỉ tiêu này được xác định bằng tỉ lệ:

$$R_{ws} = \frac{W-S}{Q} \tag{2}$$

Trong đó Rws là chỉ số khan hiếm nước; W là lượng nước ngọt sử dụng hàng năm; S là lượng nước khử muối; Q là lượng nước có sẵn hàng năm được tính theo công thức:

$$Q = R + \alpha \sum D_{up} \tag{3}$$

Trong đó R là lượng tài nguyên nước nội địa; D_{up} là tổng lượng tài nguyên nước từ bên ngoài chảy vào trong nước và α là tỉ lệ của tài nguyên nước bên ngoài mà có thể được sử dụng. Các yếu tố α chịu ảnh hưởng bởi chất lượng của các nước xuyên biên giới, tiêu thụ thực tế của tài nguyên nước trong khu vực thượng nguồn và khả năng tiếp cận của các nước.

Các mức độ nghiêm trọng của áp lực về nước được phân loại như sau: (1) $RWS < 0,1$: Không có áp lực về nước; (2) $0,1 < RWS < 0,2$: Áp lực thấp; (3) $0,2 < RWS < 0,4$: Áp lực vừa phải; (4) $0,4 < RWS$: Áp lực cao [18].

2.1.4. Chỉ số sức ép khai thác, sử dụng nguồn nước DPS

Khai thác quá mức nguồn nước sẽ làm ảnh hưởng đến quá trình thủy văn và khả năng tái tạo của nguồn nước. Do đó, hệ số khai thác nguồn nước, được xác định tỉ lệ phần trăm nhu cầu sử dụng nước so với tổng lượng nước có sẵn trong tự nhiên:





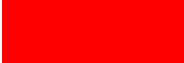

$$PS = \frac{W_u}{W} \tag{4}$$

Trong đó W_u là tổng nhu cầu nước cho các ngành trên toàn lưu vực (m^3); W là tổng lượng nước tự nhiên trên toàn lưu vực (m^3).

Nếu $DPS = 20\%$: Mức căng thẳng vẫn nằm trong giới hạn khai thác sử dụng. DPS trong khoảng 30–40% là mức căng thẳng cao [18].

Để hoàn thiện công tác cảnh báo, dự báo, cũng như thực hiện tốt công tác quản lý, khai thác bền vững tài nguyên nước cần tính toán được chỉ số căng thẳng trong khai thác, sử dụng tài nguyên nước cho LVS Srê Pôk như sau: (1) $DPS \leq 20\%$: căng thẳng thấp; (2) $20\% < DPS < 40\%$ là mức căng thẳng trung bình; (3) $DPS \geq 40\%$ là mức căng thẳng cao. Để đánh giá chất lượng nước mặt LVS Srê Pôk nghiên cứu sử dụng chỉ số WQI với các cấp độ được thống kê trong Bảng 3.

Bảng 3. Đánh giá chất lượng nước theo chỉ số WQI.

Giá trị WQI	Chất lượng nước	Phù hợp với mục đích sử dụng	Màu	Hiện thị
91–100	Rất tốt	Sử dụng tốt cho mục đích cấp nước sinh hoạt	Xanh nước biển	
76–90	Tốt	Sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù hợp	Xanh lá cây	
51–75	Trung bình	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác	Vàng	
26–50	Kém	Sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác	Da cam	
10–25	Ô nhiễm nặng	Nước ô nhiễm nặng, cần các biện pháp xử lý trong tương lai	Đỏ	
< 10	Ô nhiễm rất nặng	Nước nhiễm độc, cần có biện pháp khắc phục, xử lý	Nâu	

2.2. Phương pháp tính các chỉ số đánh giá chất lượng tài nguyên nước (WQI)

Chỉ số đánh giá chất lượng nước WQI được tính toán theo hướng dẫn trong Quyết định số 879/QĐ–TCMT ngày 01 tháng 7 năm 2011 của Tổng cục Môi trường về ban hành sổ tay hướng dẫn tính toán chỉ số chất lượng nước.

$$WQI_{SI} = \frac{q_i - q_{i+1}}{BP_{i+1} - BP_i} (BP_{i+1} - C_p) + q_{i+1} \tag{5}$$

Trong đó BP_i là nồng độ giới hạn dưới của giá trị thông số quan trắc được quy định trong Bảng 3 tương ứng với mức i ; BP_{i+1} là nồng độ giới hạn trên của giá trị thông số quan trắc được quy định trong Bảng 3 tương ứng với mức $i+1$; q_i là giá trị WQI ở mức i đã cho trong bảng tương ứng với giá trị BP_i ; q_{i+1} là giá trị WQI ở mức $i+1$ cho trong bảng tương ứng với giá trị BP_{i+1} ; C_p là giá trị của thông số quan trắc được đưa vào tính toán.

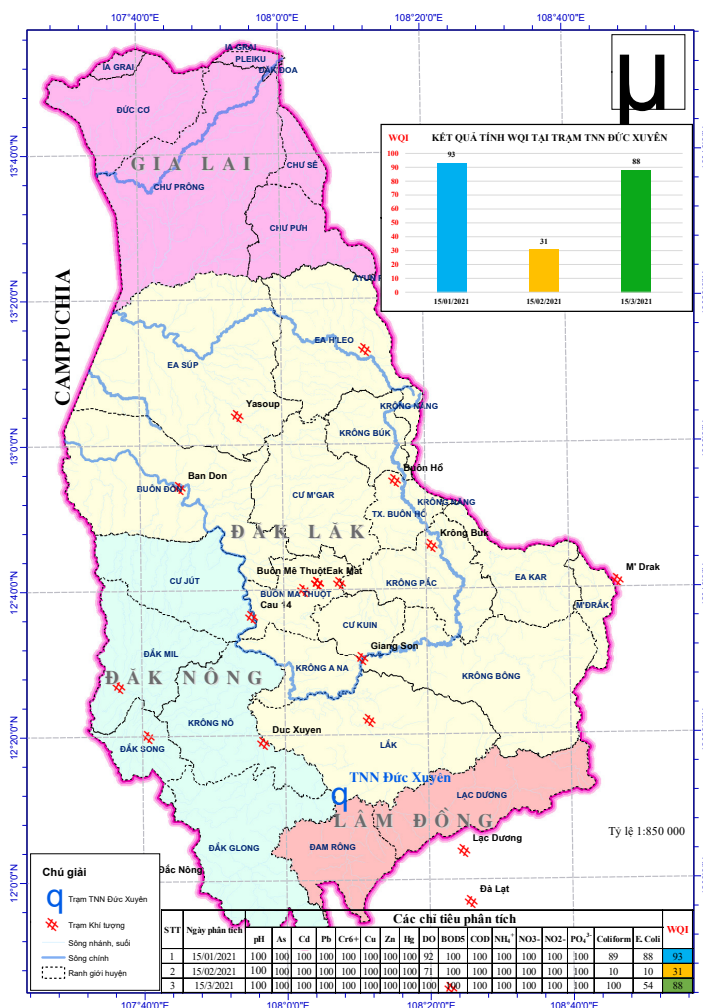
Bảng 1. Bảng quy định giá trị q_i và Bp_i .

i	q_i	Giá trị BP_i quy định đối với từng thông số								
		BOD ₅	COD	T°C	N–NH ₄	N–NO ₃	N–NO ₂	P–PO ₄	Coliform	E.coli
1	100	≤ 4	≤ 10	≤ 4	< 0,3	≤ 2	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 2.500	≤ 20
2	75	6	15	6	0,3	5	–	0,2	5.000	50
3	50	15	30	15	0,6	10	–	0,3	7.500	100
4	25	25	50	25	0,9	15	–	0,5	10.000	200
5	10	≥ 50	≥ 150	≥ 50	≥ 5	≥ 15	≥ 0,05	≥ 4	> 10.000	> 200

Sau khi tính toán WQI đối với từng thông số trên, việc tính toán WQI được áp dụng như sau:

$$WQI = \frac{WQI_{pH}}{100} \left[\frac{1}{5} \sum_{a=1}^5 WQI_a \times \frac{1}{2} \sum_{b=1}^2 WQI_b \times WQI_c \right]^{1/3} \tag{6}$$

Trong đó WQI_a là giá trị WQI đã tính toán đối với 5 thông số: DO, BOD₅, COD, N–NH₄, P–PO₄; WQI_b là giá trị WQI đã tính toán với 2 thông số: TSS, độ đục; WQI_c là giá trị WQI đã tính toán với thông số Tổng Coliform; WQI_{pH} là giá trị WQI đã tính toán với thông số pH.



Hình 5. Bản đồ chất lượng nước quý I/2021 theo chỉ số WQI tại trạm Đức Xuyên.

4. Kết luận

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu tổng quan và phương pháp tính toán các chỉ số đánh giá số lượng và chất lượng tài nguyên nước hiện có: chỉ số Falkenmark, chỉ số căng thẳng nước WSI, chỉ số khan hiếm nước Rws, chỉ số WQI... Trên cơ sở đó lựa chọn chỉ số PDs áp dụng tính toán đánh giá số lượng và chỉ số WQI để đánh giá chất lượng nước mặt cho các tiểu lưu vực trên LVS Srê Pôk, phục vụ công tác cảnh báo dự báo tài nguyên nước trên lưu vực.

Kết quả tính toán đánh giá số lượng tài nguyên nước mặt LVS Srê Pôk theo chỉ số PDs cho thấy, trong tháng 12 năm 2020, trên lưu vực sông Srê Pôk có 9 tiểu vùng thuộc ngưỡng căng thẳng thấp với PDs < 20%, tiểu vùng thượng EaKrong Ana ở mức căng thẳng trung bình với PDs nằm trong khoảng 22,4–28,6%.

Kết quả tính toán đánh giá chất lượng nước quý I/2021 theo chỉ số WQI với 17 thông số quan trắc cho $WQI_{\text{tháng 1}} = 93$ cho thấy chất lượng nước sông Srê Pôk tháng 1/2021 rất tốt, có thể đáp ứng cho mục đích sinh hoạt; với $WQI_{\text{tháng 3}} = 88$ cho thấy chất lượng nước tháng 3/2021 đạt loại tốt có thể sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù hợp. Tháng 2/2021 do chỉ số DO, Coliform và Ecoli hạ thấp dẫn tới chất lượng nước đánh giá theo WQI kém với $WQI_{\text{tháng 2}} = 31$ chỉ sử dụng được cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác.

Kết quả nghiên cứu đánh giá tài nguyên nước mặt lưu vực sông Srê Pôk thông qua các chỉ số về số lượng và chất lượng đã cho thấy tình trạng và mức độ căng thẳng nguồn nước trên 10 tiểu lưu vực sẽ là nguồn thông tin dữ liệu quan trọng, làm cơ sở phục vụ công tác dự báo, cảnh báo tài nguyên nước cũng như đề xuất xây dựng chính sách quản lý, quy hoạch

khai thác sử dụng và phát triển bền vững lưu vực sông Srê Pók hiện tại cũng như trong tương lai. Tuy nhiên, để nâng cao chất lượng kết quả tính toán các chỉ số căng thẳng cân đảm bảo độ tin cậy ngay từ bước tính toán dự báo tài nguyên nước cũng như hạn chế sai số quan trắc, phân tích chất lượng nước. Hơn hết, đối với một số vùng trên lưu vực sông Srê Pók, việc khai thác sử dụng tài nguyên nước dưới đất khá phổ biến, nhưng khi tính toán dự báo lại chưa tích hợp giữa tài nguyên nước mặt và nước dưới đất dẫn đến sai số trong quá trình tính toán dự báo, cảnh báo mức độ căng thẳng. Do vậy, cần nghiên cứu tích hợp giữa nguồn tài nguyên nước mặt và nước dưới đất để nâng cao chất lượng dự báo, cảnh báo tài nguyên nước trong tương lai.

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

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành dựa trên kết quả nghiên cứu đề tài cấp bộ “Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn nhằm đề xuất bổ sung, hoàn thiện quy định về cảnh báo, dự báo TNN”, mã số TNMT.2018.02.06.

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. Cư, N.V.; Sơn, N.H. Phát triển bền vững tài nguyên và môi trường nước lưu vực sông Hương tỉnh Thừa Thiên Huế. *Tap chí khoa học, Đại học Huế* **2009**, 50, 17–26.
2. Bích, Đ.T.N.; Đơn, N.C. Phân bổ hợp lý tài nguyên nước lưu vực sông Srepok. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 703, 60–68.
3. Phú, H. Phát triển bền vững tài nguyên nước lưu vực sông Serepok. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 708, 13–22.
4. Minh, N.H.; Vân, T.T.; Vinh, L.T.; Thái, H.T. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông Lô. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2015**, 651, 3–8.
5. Hoàng, L.V.; Thăng, L.V.; Hoàng, H.Đ.T. Tài nguyên nước mặt vùng đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Nam trong bối cảnh của biến đổi khí hậu. *Khoa học và công nghệ, kinh tế sinh thái* **2011**, 40, 128–133.
6. Hiếu, B.Đ.; Hương, H.T.L.; Liễu, N.T.; Thịnh, Đ.Q.; Diệp, B.N. Nghiên cứu đánh giá rủi ro đến tài nguyên nước mặt do biến đổi khí hậu: Áp dụng cho tỉnh Quảng Ngãi. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 711, 1–13.
7. Wichakul, S.; Tachikawa, Y.; Shiiba, M.; Yorozu, K. Developing a regional distributed hydrological model for water resources assessment and its application to the Chao Phraya River Basin. *J. Japan Soc. Civ. Eng. Ser B1 (Hydraulic Engineering)* 2013, 69(4), I_43-I_48. https://doi.org/10.2208/jscejhe.69.I_43.
8. Dessu, S.B.; Melesse, A.M.; Bhat, M.G.; McClain, M.E. Assessment of water resources availability and demand in the Mara River Basin. *Catena* **2014**, 115, 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.11.017>.
9. Metobwa, O.G.M.; Mourad, K.A.; Ribbe, L. Water Demand Simulation Using WEAP 21: A Case Study of the Mara River Basin, Kenya. *Int. J. Nat. Resour. Ecol. Manage.* **2018**, 3(1), 9-18.
10. Dessu, S.B.; Melesse, A.M.; Bhat, M.G.; Price, R.M.; Seid, A.H.; Debede, S.A.; McClain, M.E. Development and application of a priority rated optimization model (PROM) for multi-sector water resource management systems. *Environ. Modell. Software* **2019**, 113, 84-97. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.11.014>.

11. Young, W.A.; Harshdeep, N.R. Managing Water Resources in Large River Basins. *Water* 2020, 12(12), 3486. <https://doi.org/10.3390/w12123486>.
12. Yan, J.; Jia, S.; Lv, A.; Zhu, W. Water Resources Assessment of China's Transboundary River Basins Using a Machine Learning Approach. *Water Resour. Res.* 2018, 55(1), 632-655. <https://doi.org/10.1029/2018WR023044>.
13. Trang, P.T.T.; Hương, H.T.L.; Đại, N.V.; Thủy, N.H. Một số phương pháp xác định chỉ số căng thẳng tài nguyên nước và bước đầu áp dụng cho vùng Nam Trung Bộ. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 644, 20–21.
14. Hà, N.N.; Giang, N.T.; Trình, N.M. Chỉ số tài nguyên nước mặt lưu vực sông Vệ, *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2016**, 32(3S), 67–76.
15. Phú, H.T. Nghiên cứu xây dựng phần mềm tính toán chỉ số chất lượng nước WQI cho lưu vực sông Srêpok. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 702, 31–40.
16. Nghiên cứu và báo cáo của Daniel Constable, Các lưu vực sông Sê San và Srê Pôk , 2015.
17. Báo cáo thuyết minh quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông Sê San – Srê Pôk . Dự án Quản lý tổng hợp Tài nguyên nước Mê Công, 2020.
18. Brown, A.; Matlock, M.D. A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies. White paper No. 106, University of Arkansas, The Sustainability Consortium, 2011.

Research on calculating surface water resource assessment index for warning and forecasting of water resources: Case study on the Srepok River basin

Le Thi Mai Van^{1*}, Bui Thi Bich Ngoc¹, Doan Quang Tri², Truong Van Hung¹, Le The Trung¹

¹ National Center for Water Resources Planning and Investigation; lethimaivantnn@gmail.com; bichngoc209hunre@gmail.com; lethetrung.tnmt@gmail.com

² Vietnam Journal of Hydrometeorology, Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration; doanquangtrikttv@gmail.com

Abstract: The study evaluated the quantity and quality of water to forecast the risk of shortage and decline of water resources. This study applied several methods to calculate the surface water indicators: quantitative evaluation index and surface water quality assessment index for the Srepok River basin. The results of experimental calculation and assessment of surface water resources in the basin in December 2020 showed that in 9 sub-regions with low index, there was 1 sub-region with a medium result. The quality of water in January 2021 which calculated according to the WQI index shows that the water quality of the Srepok River was very good and can be used for domestic water supply purposes, the water quality calculated in March can be used for domestic water supply purposes but it needed proper treatments. However, the WQI of February 2021 showed poor results and could only be used for navigation and other equivalent purposes. The set of indicators was applied to calculate and assess surface water resources to serve the warning and forecast of water resources for all levels of management and to improve the practicality of warning and forecast bulletins to users.

Keywords: Water resource assessment index; Stress; News; Srepok.

Bài báo khoa học

Định giá tài nguyên nước đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh biến đổi khí hậu

Trương Văn Anh^{1*}, Nguyễn Ngọc Thanh¹, Hoàng Thị Huệ¹, Đỗ Văn Quang², Nguyễn Đức Dương¹, Bùi Anh Tú², Vũ Ngọc Luân²

¹ Hanoi University of Nature resources and Environment; nnthanh@hunre.edu.vn; tvanh@hunre.edu.vn; hthue@hunre.edu.vn

² Thuy Loi University; quangkttl@tlu.edu.vn

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

Ban Biên tập nhận bài: 8/4/2021; Ngày phản biện xong: 18/6/2021; Ngày đăng bài: 25/9/2021

Tóm tắt: Nước là một nguồn tài nguyên thiên nhiên đặc biệt, thiết yếu cho mọi sự sống trên trái đất nhưng cũng cần thiết cho phát triển nhiều ngành kinh tế chủ chốt của mỗi vùng miền. Nước cũng là nơi tiếp nhận các nguồn xả thải để trở nên bị nhiễm bẩn đến không còn khả năng là nguồn cấp cho các yêu cầu sử dụng nước khác, gây ra sự khan hiếm nước do phát triển KTXH ở ngay những nơi có nguồn tài nguyên nước dồi dào. Định giá TNN đang là một trong những công cụ giúp các nhà hoạch định chính sách có thể quản lý tổng hợp TNN một cách bền vững hơn thông qua việc cân bằng giữa chi phí sản xuất, bao gồm cả chi phí xử lý xả thải, và giá nước để có thể có được những dịch vụ về nước tốt hơn trong tương lai. Bài báo này đề xuất phương pháp định giá TNN đồng bằng sông Hồng, có xét đến những tác động của BĐKH ảnh hưởng đến chi phí cũng như cơ hội sử dụng nước của ngành công nghiệp, nông nghiệp và nước cấp sinh hoạt.

Từ khóa: Định giá tài nguyên nước; Biến đổi khí hậu; Quản lý tài nguyên nước; Kinh tế nước; Mức sẵn lòng chi trả.

1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam cũng như nhiều nước đang phát triển khác, các nhà hoạch định chính sách đang phải đối mặt với tình trạng khan hiếm nước do phát triển kinh tế xã hội dẫn đến sự suy giảm nguồn cung nước trên đầu người [1]. Để giải quyết vấn đề này, phương pháp truyền thống chỉ dựa vào nâng cao hiệu quả nguồn cung, từ đó chính phủ các nước cố gắng đầu tư vào cơ sở hạ tầng cấp nước dẫn đến sự giải quyết không triệt để vấn đề khan hiếm nước đến từ cả hai phía là cung và cầu [2-3]. Trong trường hợp này, định giá tài nguyên nước, coi nước như một loại hàng hoá có giá trị kinh tế, là giải pháp mà các quốc gia phát triển đang sử dụng làm công cụ giúp các nhà ra quyết định đưa ra được những chính sách phù hợp trong việc quản lý nguồn tài nguyên nước cho sự phát triển bền vững của toàn lưu vực sông [3-5]. Theo rất nhiều nghiên cứu như [3-4, 6], định giá nước chính là phương tiện giúp các chính quyền thực hiện các chính sách công về nước.

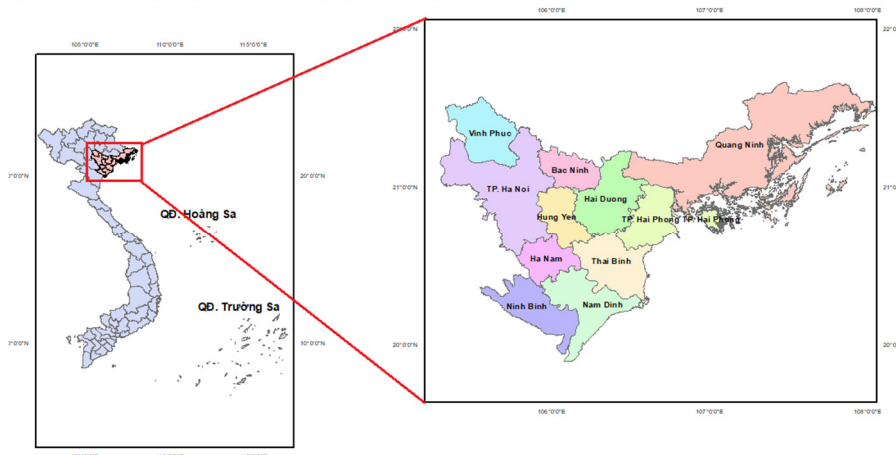
Theo đó, định giá nước một cách công bằng và bình đẳng là điều quan trọng để duy trì và mở rộng hệ thống nguồn nước và đảm bảo an toàn vệ sinh. Ở nhiều quốc gia, người tiêu dùng trả quá ít tiền cho các dịch vụ cấp nước. Doanh thu từ tiền nước thậm chí còn không bao gồm chi phí vận hành và bảo trì các công trình cấp nước, chứ chưa nói đến đầu tư cho phát triển cơ sở hạ tầng dẫn đến nguồn nước cấp không đảm bảo vệ sinh hay tiêu chuẩn về chất lượng không đáp ứng được các yêu cầu dùng nước hoặc không đủ nguồn nước sạch cấp cho các nhu cầu thường xuyên [7]. Do vậy, thông thường biểu giá nước và nước thải giúp

xác định mức doanh thu mà các nhà cung cấp dịch vụ nhận được từ người sử dụng trong các hệ thống tập trung hoặc bán tập trung để xử lý, làm sạch và phân phối nước ngọt thích hợp, cũng như đảm bảo việc thu gom, xử lý và xả nước thải sau đó. Điều này cần đảm bảo ngay cả trong những hệ thống có nguồn tài nguyên nước dồi dào. Tuy nhiên, vì nước là một nguồn tài nguyên đặc biệt, không có nước thì không có sự sống, nên việc coi nước là một loại hàng hoá như các loại tài nguyên thiên nhiên khác (dầu, than, gỗ...) trong một thị trường truyền thống sẽ dẫn đến không sự phân bổ kém hiệu quả và không công bằng. Do vậy, việc lựa chọn phương pháp tiếp cận trong định giá tài nguyên nước ở các quốc gia, thậm chí vùng miền, sẽ rất khác nhau. Và việc lựa chọn được phương pháp tiếp cận phù hợp với điều kiện địa phương sẽ là công cụ hữu hiệu giúp cho các nhà ra quyết định quản lý bền vững nguồn tài nguyên quý giá này mà vẫn đảm bảo phát triển hiệu quả kinh tế xã hội ở địa phương. Bài báo này phân tích điều kiện hiện trạng và đề xuất phương pháp định giá tài nguyên nước cho đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Theo đó tác động của BĐKH đến cả cung và cầu trong hệ thống được đề xuất xem xét trong quy trình xác định các phương pháp thực hiện cho phù hợp với điều kiện hiện nay ở Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập tài liệu

2.1 Giới thiệu về khu vực nghiên cứu

Việt Nam có hai đồng bằng lớn: đồng bằng sông Hồng ở phía bắc và đồng bằng sông Cửu Long ở phía nam. Đồng bằng sông Hồng nằm ở phía Bắc Việt Nam, được coi là khu vực đông dân cư nhất của đất nước khoảng 22,62 triệu dân sống tập trung trên diện tích khoảng 21.260 km² và chỉ 8,13 triệu trong số đó sống ở các thành phố. Mật độ dân số trung bình đạt 1.064 người/ km² [8], trong đó một phần đáng kể làm việc trong lĩnh vực trồng trọt. Mặc dù có mật độ dân số cao, đồng bằng sông Hồng đã trải qua sự tăng trưởng nhân khẩu học đáng kể trong những năm 1950, với dân số tăng từ 6,5 triệu lên hơn 22 triệu cho đến nay; đồng thời, sản lượng nông nghiệp ghi nhận mức tăng đáng kể. Việc mở rộng sản xuất trang trại đó diễn ra trên các trang trại quy mô rất nhỏ: hai triệu rưỡi trang trại hiện có diện tích trung bình 0,28 ha cho hai hoặc ba lao động, và diện tích đất canh tác trên đầu người khoảng 630 m² đất. Đồng bằng sông Hồng hiện sản xuất 20% sản lượng nông nghiệp của cả nước, lượng nuôi trồng thủy sản chiếm 9%, nhu cầu nước công nghiệp chiếm 50% trên tổng nhu cầu của cả nước và thủy điện đóng góp khoảng 37% vào sản lượng điện quốc gia. Nhu cầu nước tăng cao trong hiện tại và tương lai làm tăng áp lực lên nguồn cung cấp nước, đòi hỏi phải có một cách quản lý bền vững, đảm bảo sự phát triển lâu dài cho nguồn nước ở đây. Trong nghiên cứu này, định giá TNN đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh BĐKH sẽ là một trong những công cụ đặc lực giúp các nhà ra quyết định có cái nhìn tổng quát chung về cung-cầu của sử dụng nước trong điều kiện hiện trạng và tương lai để có thể đưa ra những quyết sách quản lý bền vững nguồn tài nguyên này.



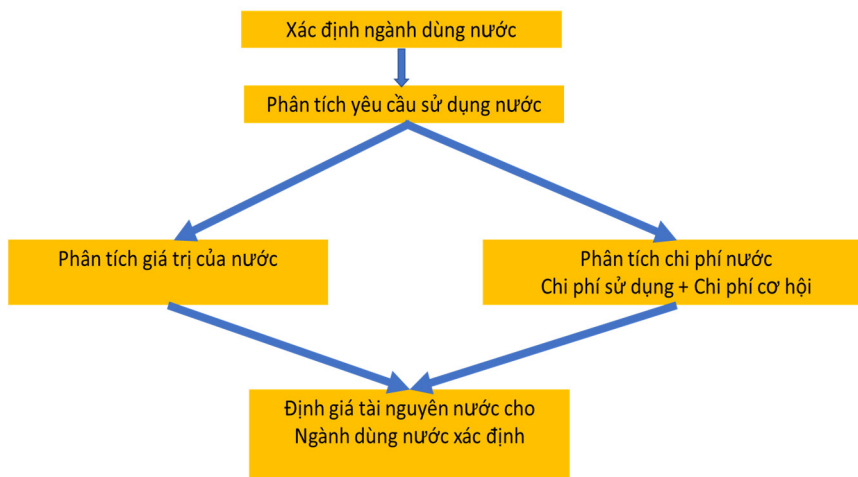
Hình 1. Vị trí địa lý vùng đồng bằng sông Hồng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong kinh tế tài nguyên, giá trị kinh tế là thước đo số tiền tối đa mà một cá nhân sẵn sàng bỏ ra để có được một số hàng hoá và dịch vụ dựa trên lợi ích mà họ thu được từ hàng hoá hay dịch vụ đó. Sự đánh giá phúc lợi này là một sự nhấn mạnh thông thường trong khái niệm về mức sẵn lòng chi trả (*Willing to pay – WTP*). Ví dụ như, giá trị của nước đối với người sử dụng là số tiền tối đa mà người sử dụng sẽ sẵn sàng trả cho việc sử dụng tài nguyên.

Theo đó, nước là một nguồn tài nguyên có giá trị cho mọi sự sống và các quá trình phát triển kinh tế xã hội. Ngày nay, nhu cầu sử dụng nước ngày một cao, ngoài mục đích sinh hoạt, còn phục vụ cho phát triển các ngành kinh tế như năng lượng, công nghiệp, nông nghiệp, dịch vụ,... khiến nó trở thành nguồn tài nguyên có sự cạnh tranh khốc liệt trong khai thác sử dụng. Do vậy, vai trò của quản lý tài nguyên nước đang được nghiên cứu rất nhiều trong những thập kỷ qua. Kể từ sau hội nghị quốc tế Duplin về nước và môi trường năm 1992, cộng đồng khoa học đã thừa nhận quản lý hiệu quả nguồn nước bao gồm cả quản lý nước như một loại hàng hoá. Theo đó, đặc tính sử dụng nước được phân tích trên cả 3 yếu tố, giá trị của nước, chi phí sử dụng nước và chi phí cơ hội để sử dụng tài nguyên nước. Sự tồn tại của chi phí cơ hội sử dụng khác nhau làm thay đổi đặc tính “tự do” của nước và yêu cầu ưu tiên sử dụng nước. Ưu tiên của giá trị nước được xác định trên cơ sở nhận thức về giá trị của nước và phản ánh trong các chính sách về nguồn nước [9–13]. Có rất nhiều nghiên cứu về định giá nước cho công nghiệp [5, 14, 15], nông nghiệp [10–12, 16] và sinh hoạt [17–18] theo hướng tiếp cận của mức sẵn lòng chi trả từ phía cầu.

Trong nghiên cứu này, giá trị của nước được đánh giá qua mức sẵn lòng chi trả của hộ sử dụng nước. Chi phí sử dụng nước là toàn bộ chi phí mà nhà sản xuất phải bỏ ra tạo ra thành phẩm cung cấp đến các hộ dùng nước, để sản xuất ra 1 m³ nước, bao gồm cả chi phí cơ hội cho sử dụng nước. Quy trình đề xuất định giá tài nguyên nước được trình bày trên hình 2.



Hình 2. Quy trình định giá TNN cho một ngành dùng nước xác định.

Trong quy trình này, mỗi ngành dùng nước có các yêu cầu sử dụng nước khác nhau về số lượng và chất lượng. Từ đó dẫn đến việc nhận thức về giá trị của nước cũng khác nhau và đòi hỏi chi phí nước cũng khác nhau. Để phân tích giá trị của nước đối với từng ngành dùng nước, phương pháp tiếp cận là xác định mức sẵn lòng chi trả của các đối tượng dùng nước khác nhau, chi phí nước được xác định bởi các nhà sản xuất cung ứng nước.

- Mức sẵn lòng chi trả được xác định dựa trên phương pháp đánh giá ngẫu nhiên CVM [11, 13, 19]. Về cơ bản, phương pháp này dựa trên điều tra khảo sát hộ dùng nước về mức sẵn lòng chi trả của họ về lượng tài nguyên mà họ sử dụng. Mẫu phiếu điều tra được xây dựng dựa trên các đặc tính của hộ dùng nước và nguồn cung cấp nước như nhu cầu sử dụng

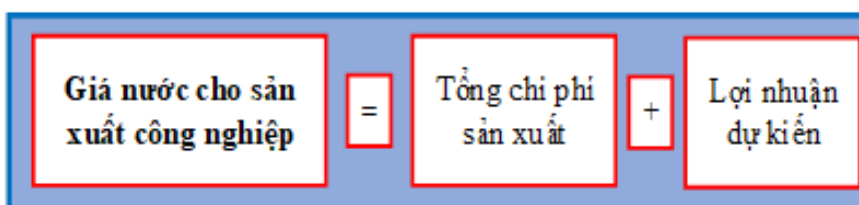
nguồn nước đảm bảo cả về số lượng và chất lượng, giới tính, độ tuổi, lượng nước thường sử dụng hàng tháng, cách ứng phó với tình trạng khan hiếm nước, ô nhiễm nước,...

- Chi phí nước là chi phí từ phía cung, bao gồm cả chi phí đầu tư, sản xuất, phí tài nguyên và lợi nhuận yêu cầu từ phía nhà sản xuất. Chi phí này sẽ được xác định từ phía nhà cung ứng, và là một điểm giá khởi đầu để đưa vào bảng khảo sát mức sẵn lòng chi trả.

2.2.1. Áp dụng quy trình trong định giá tài nguyên nước cấp công nghiệp

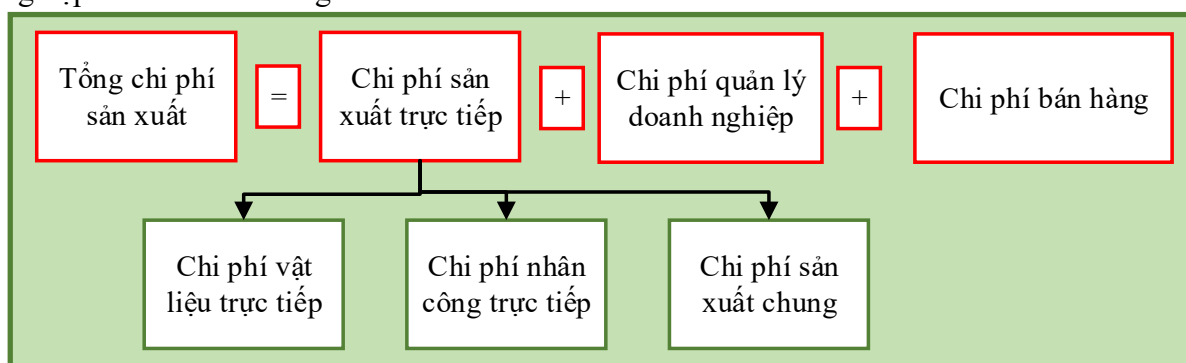
Dựa trên quy trình đề xuất ở trên, định giá TNN cho sản xuất công nghiệp được thực hiện như sau:

B1. Xác định giá nước từ bên cung cấp dịch vụ



Hình 3. Công thức định giá nước cho sản xuất công nghiệp dựa trên tổng chi phí sản xuất và lợi nhuận dự kiến.

Trong công thức này, Tổng chi phí sản xuất gồm chi phí sản xuất trực tiếp, chi phí quản lý doanh nghiệp, chi phí bán hàng được xác định từ Thông tư số 25/2014/TT-BTC ngày 17 tháng 02 năm 2014 của Bộ Tài chính và Thông tư liên tịch số 75/2012/TTLT-BTC-BXD-BNNPTNT ngày 15 tháng 05 năm 2012 của Liên Bộ Tài chính-Bộ Xây dựng-Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.



Hình 4. Công thức xác định Tổng chi phí sản xuất.

Giá thành toàn bộ 1 m³ nước sạch làm cơ sở tính giá nước sạch bình quân được xác định theo công thức sau:

$$Z_{tb} = \frac{C_t}{SL_{tp}} \quad (1)$$

Trong đó Z_{tb} là giá thành toàn bộ 01 m³ nước sạch bình quân (đồng/m³); C_t là tổng chi phí sản xuất, kinh doanh nước sạch hợp lý, hợp lệ ứng với sản lượng nước thương phẩm (đồng); SL_{tp} là sản lượng nước thương phẩm, được xác định như sau:

$$SL_{tp} = SL_{sx} - KL_{hh} \quad (2)$$

Trong đó SL_{tp} là sản lượng nước thương phẩm (m³/năm); SL_{sx} là sản lượng nước sản xuất; KL_{hh} là khối lượng nước hao hụt.

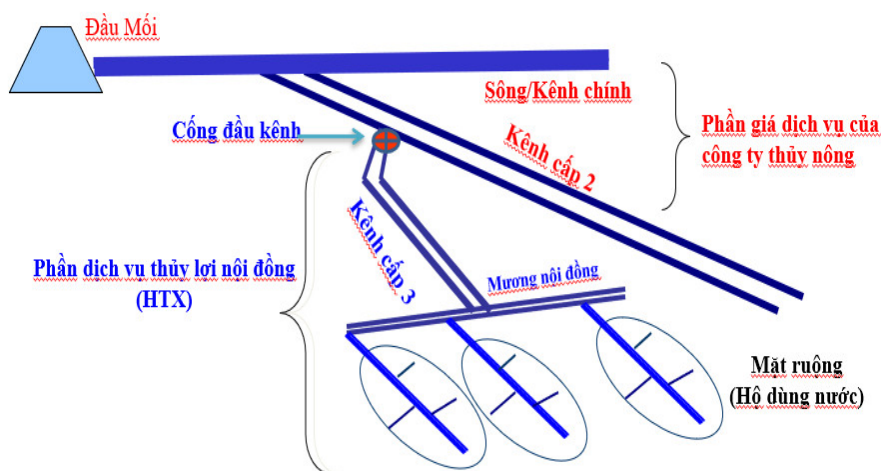
Lợi nhuận dự kiến tính toán theo quy định của Nhà nước. Theo đó tỷ suất lợi nhuận là tỷ lệ phần trăm (%) của khoản lợi nhuận tính trên giá thành toàn bộ và không được làm cho tổng giá lớn hơn giá thị trường.

B2. Xác định giá nước từ bên sử dụng dịch vụ

Mức sẵn lòng chi trả của doanh nghiệp chính là số tiền mà người tiêu dùng sẵn lòng trả thêm để có được dịch vụ đảm bảo/tốt hơn về số lượng và chất lượng ngay cả trong các điều kiện cực đoan như BDKH hay phát triển kinh tế xã hội làm suy giảm nguồn nước cấp. Trên quan điểm này, nghiên cứu tiên hành tham vấn ý kiến doanh nghiệp sử dụng nước với mức tham vấn ban đầu là giá nước hiện hành từ phía cung cấp dịch vụ (chi phí không thể giảm bớt) và người sử dụng có thể chi trả thêm bao nhiêu để có được nguồn cấp ổn định hoặc/và nâng cao chất lượng dịch vụ.

2.2.2. Áp dụng quy trình trong định giá tài nguyên nước cấp nông nghiệp

Theo quy định hiện hành của Nhà nước và cơ chế chính sách trong quản lý khai thác hệ thống thủy lợi, giá nước tưới phục vụ sản xuất nông nghiệp hiện nay gồm hai thành phần: (1) Giá nước tưới tính từ đầu mỗi công trình thủy lợi đến đầu kênh cấp hai (là khoản kinh phí cung cấp nước tưới từ phía công ty TNHH MTV KTCTTL) và (2) Chi phí cấp nước nội đồng cho sản xuất nông nghiệp từ phía Hợp tác xã (Hình 5).

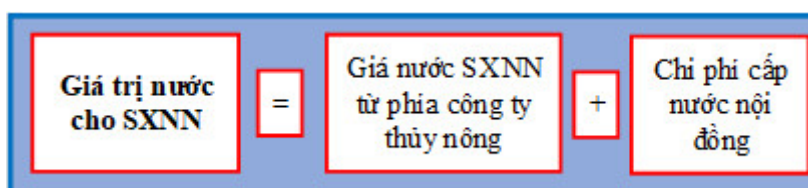


Hình 5. Sơ đồ hệ thống thủy lợi.

Trong đó giá nước tưới tính từ đầu mối công trình thủy lợi đến đầu kênh cấp hai được xác định dựa trên chi phí sản xuất của các công ty TNHH MTV KTCTTL theo nguyên tắc tính đúng, tính đủ và căn cứ vào các văn bản quy định hiện hành của Nhà nước. Phân giá này được Nhà nước chi trả cho các đơn vị quản lý hệ thống công trình thủy lợi và còn được gọi là giá thành của sản phẩm.

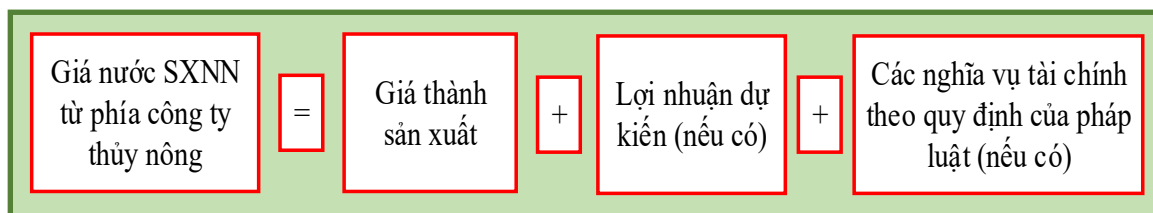
Chi phí cấp nước nội đồng cho sản xuất nông nghiệp là mức phí mà người sử dụng nước tưới phải bỏ ra để đưa nước tưới từ hệ thống kênh chính, kênh cấp hai về công trình kênh, mương, rạch, đường ống dẫn nước tưới, tiêu nước trong phạm vi từ điểm giao nhận sản phẩm, dịch vụ thủy lợi đến khu đất canh tác. Theo đó, đề xuất định giá nước cho sản xuất nông nghiệp được tính toán theo 2 bước sau:

B1. Xác định giá nước từ bên cung cấp dịch vụ



Hình 6. Các thành phần của giá trị nước cho sản xuất nông nghiệp theo phía cung cấp dịch vụ.

Trong đó Giá nước SXNN từ phía công ty thủy nông được tính bằng phương pháp hạch toán chi phí, gồm các thành phần sau: giá thành sản xuất, lợi nhuận dự kiến (nếu có), các nghĩa vụ tài chính theo quy định của pháp luật (nếu có) như hình 7.



Hình 7. Phương pháp xác định giá nước SXNN từ phía công ty thủy nông.

- Chi phí cấp nước nội đồng được xác định từ Quyết định của UBND tỉnh.

B2. Xác định giá nước từ bên sử dụng dịch vụ

- Mức sẵn lòng chi trả của người sử dụng dịch vụ được xác định bằng phương pháp định giá ngẫu nhiên (CVM) thông qua điều tra người sử dụng dịch vụ với giá tham khảo khởi điểm là giá nước hiện hành tại địa phương (được xác định ở B1) và tham vấn về giá tăng thêm mà người dân có thể sẵn sàng chi trả để có nguồn nước cấp ổn định kể cả trong điều kiện cực đoan.

2.2.3. Áp dụng quy trình trong định giá tài nguyên nước cấp sinh hoạt

Đối với sinh hoạt, công thức xác định giá nước sinh hoạt tương tự như trường hợp nước cấp công nghiệp (hình 5). Theo đó,

- Giá thành sản xuất và lợi nhuận được xác định bởi bên cung ứng nước. Giá thành này trong thời điểm hiện tại sẽ là mức giá khởi điểm để điều tra mức sẵn lòng chi trả của các hộ dùng nước ở bước sau.

- Mức sẵn lòng chi trả được tính toán dựa trên các phiếu điều tra theo phương pháp CVM cho các đối tượng sử dụng nước khác nhau. Mẫu phiếu điều tra được thiết kế trên cơ sở phát triển từ giá nước hiện hành với các yếu tố nội tại và ngoại lai xuất hiện như: nâng cao chất lượng dịch vụ cung ứng, trong điều kiện khan hiếm nước, tác động của BĐKH đến nhu cầu dùng nước... Sau đó, mức sẵn lòng chi trả trung bình được đề xuất tính theo công thức (3).

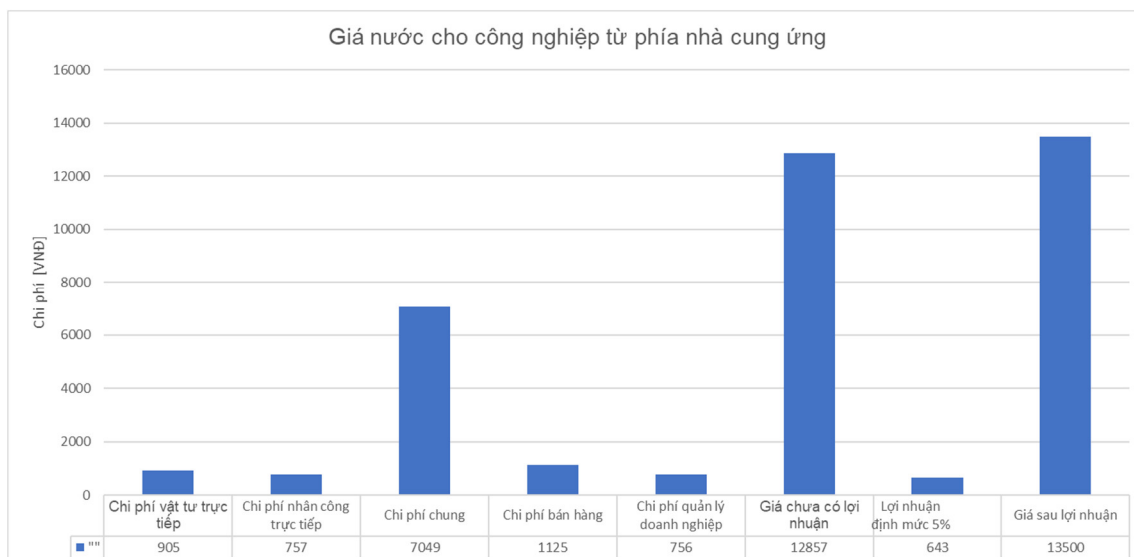
$$WTP = C + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 \quad (3)$$

Trong đó WTP là mức sẵn lòng chi trả; X_1 là tuổi của người được phỏng vấn; X_2 là giới tính của người được phỏng vấn; X_3 trình độ học vấn của người được phỏng vấn; X_4 thu nhập của hộ gia đình; X_5 lượng nước sử dụng bình quân hàng tháng của cả gia đình; X_6 biến đổi khí hậu; C là hệ số chặn của mô hình hồi quy; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ là các hệ số tương ứng của các biến.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Định giá tài nguyên nước cấp công nghiệp

Áp dụng quy trình và phương pháp đề xuất ở hình 3 để xác định giá nước cấp công nghiệp điển hình cho tỉnh Nam Định cho thấy, chi phí sản xuất trung bình khoảng 13.500đ/m³ nước.

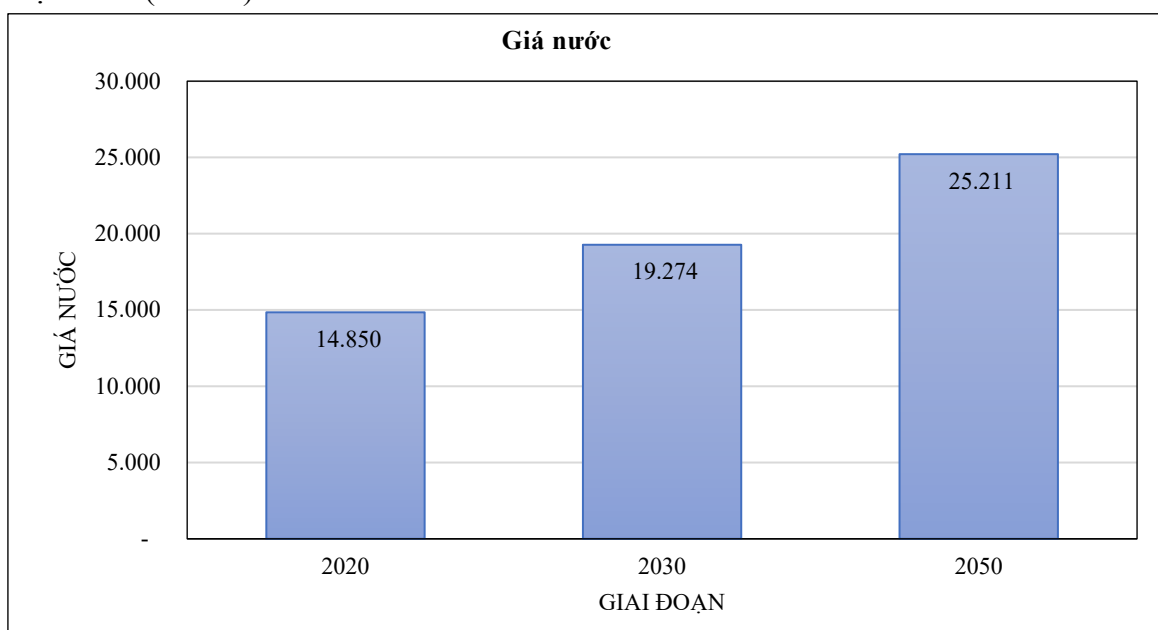


Hình 8. Giá nước từ phía nhà cung ứng.

Hình 8 cho thấy trong các loại chi phí, chi phí chung là loại chi phí lớn nhất, chi phí này bao gồm vốn đầu tư, chi phí duy tu bảo dưỡng định kỳ, phí khai thác tài nguyên và phí xả thải. Chi phí này chiếm trên 50% tổng giá nước cung ứng. Tiếp đến là chi phí bán hàng bao gồm cả tiền lương, bảo hiểm và phụ cấp cho cán bộ công nhân viên; chi phí sản xuất trực tiếp; chi phí nhân công trực tiếp và chi phí quản lý doanh nghiệp đều chiếm dưới 10% giá thành phẩm. Lợi nhuận chiếm 5% trên giá thành phẩm. Như vậy, tổng mức giá cung ứng là 13.500 đ/m³ nước cấp công nghiệp.

Mức sẵn lòng chi trả được xác định theo phương CVM cho 13 công ty sản xuất công nghiệp ở Nam Định, theo đó, mức trung bình mà các công ty sẵn lòng chi trả thêm là 10% tổng giá thành phẩm hiện tại để có được dịch vụ tốt hơn trong hiện tại. Do vậy giá nước cấp công nghiệp trong thời điểm hiện tại là 14.850 đ/m³.

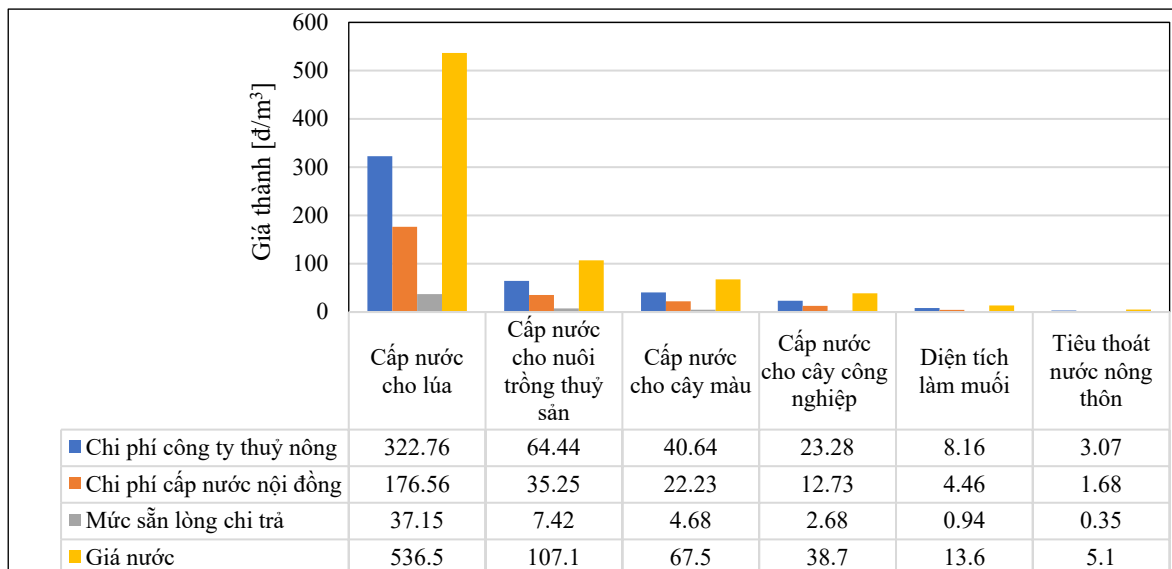
Trong điều kiện BĐKH, khi nguồn nước cấp bị suy giảm, với giả định chi phí giữ nguyên hiện tại (giá thành vật tư, nhân công,... không có biến động theo thời gian) sẽ tăng lên 30% thành 19.279 đ/m³ nước trong giai đoạn 2030 và 70% thành 25.211 đ/m³ nước trong giai đoạn 2050 (Hình 9).



Hình 9. Giá nước theo các giai đoạn.

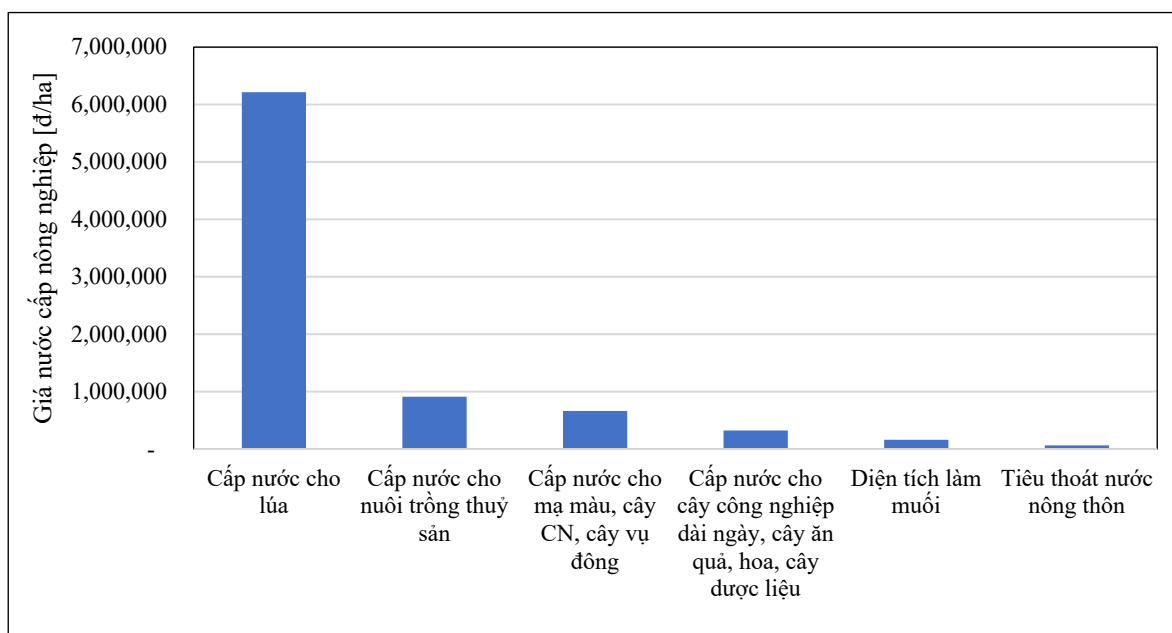
3.2. Định giá tài nguyên nước cấp nông nghiệp

Áp dụng quy trình và phương pháp đề xuất ở hình 6 để xác định giá nước cấp nông nghiệp. Các loại hình sản xuất nông nghiệp chính vùng đồng bằng sông Hồng bao gồm trồng lúa, trồng màu, cây công nghiệp, làm muối và nuôi trồng thủy sản. Ngoài ra, phí tiêu thoát nước nông thôn cũng được tích hợp trong giá nước để duy tu bảo dưỡng hệ thống. Hình 10 thể hiện giá nước cho một m³ nước cấp cho loại hình sản xuất nông nghiệp khác nhau.



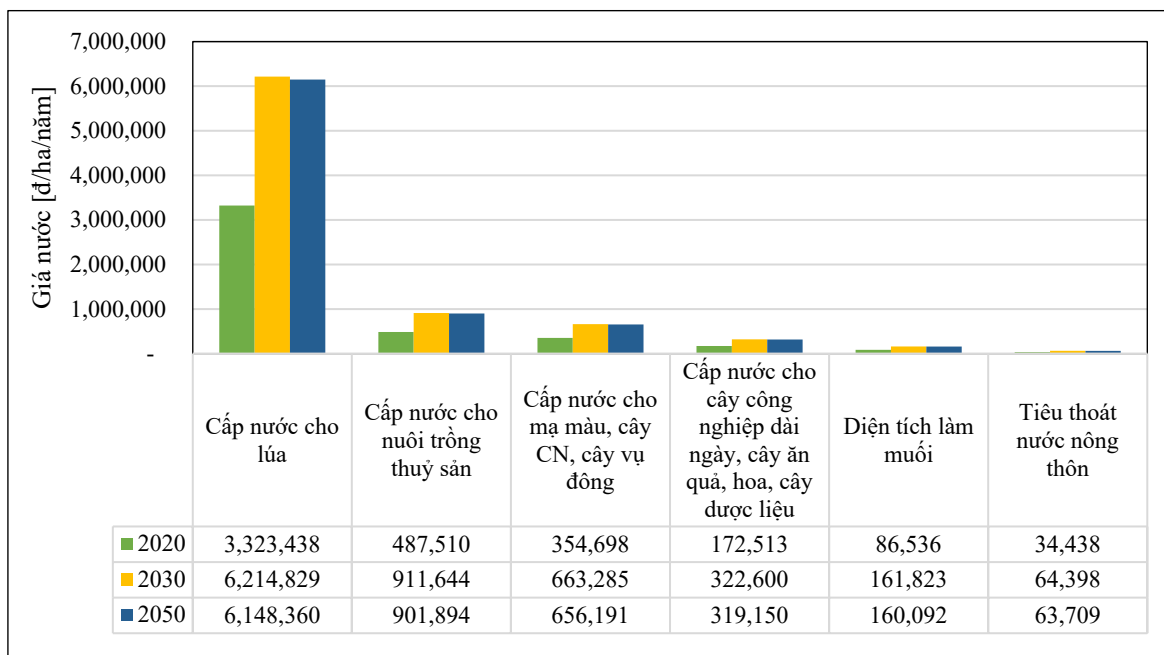
Hình 10. Giá 1m³ nước cấp cho sản xuất công nghiệp.

Hình 10 cho thấy phân bổ chi phí của nước cấp nông nghiệp, trong đó chi phí công ty thủy nông là cao nhất, sau đó đến chi phí cấp nước nội đồng bằng khoảng 50–60% chi phí của công ty thủy nông. Mức sẵn lòng chi trả của các hộ dùng nước giao động khoảng trên dưới 10% chi phí cấp nước nội đồng. Cùng từ hình này cho thấy, nước cấp cho lúa có giá thành cao nhất, do nhu cầu sử dụng nước của loại cây trồng này lớn kéo theo chi phí sản xuất lớn. Tiếp đến là nước cho nuôi trồng thủy sản, cấp nước trồng màu và cây công nghiệp. Giá nước cho làm muối là nhỏ nhất. Nếu tính chi phí cho cấp nước tưới cho một ha sản xuất nông nghiệp, kết quả được thể hiện ở hình 11.



Hình 11. Giá nước trên 1 ha sản xuất nông nghiệp trong 1 năm.

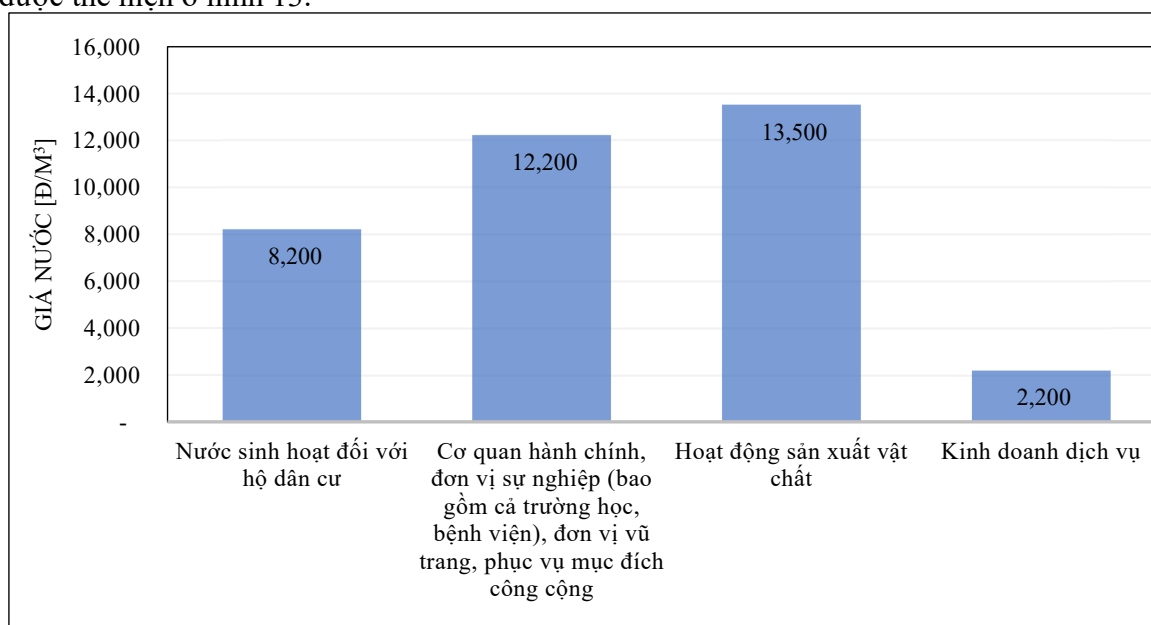
Theo đó, giá nước cấp cho ruộng lúa là cao nhất, khoảng 3.300.000 triệu đồng/ha/ năm, tiếp đến là nuôi trồng thủy sản, khoảng trên 490.000/ha/năm; trồng màu khoảng 350.000/ha/năm. Chi phí cho cấp nước trồng cây công nghiệp là khoảng 170.000đ/ha/năm, làm muối khoảng 90.000đ/ha/năm và duy tu bảo dưỡng hệ thống tiêu thoát nước khoảng 30.000đ/ha/năm. Trong điều kiện BĐKH, khi nhiệt độ và lượng mưa thay đổi, nhu cầu sử dụng nước cấp nông nghiệp cũng thay đổi, từ đó giá thành phẩm nước cấp công nghiệp cũng thay đổi. Theo đó, đến giai đoạn 2030 và 2050, giá nước của hầu hết các loại hình sản xuất nông nghiệp đều tăng gấp đôi.



Hình 12. Giá nước cho sản xuất nông nghiệp theo các giai đoạn.

3.3. Định giá tài nguyên nước cấp sinh hoạt

Áp dụng quy trình đề xuất ở hình 3, tiến hành tính toán giá nước sinh hoạt điển hình cho tỉnh Nam Định. Chi phí sản xuất cho các loại hình nước cấp sinh hoạt và sản xuất khác nhau được thể hiện ở hình 13.



Hình 13. Giá nước của nhà cung ứng tính theo tổng chi phí thành phẩm.

Về mức sẵn lòng chi trả tính trên phía nhu cầu, áp dụng công thức (3) xác định được mức sẵn lòng chi trả của hộ đã sử dụng nước máy và chưa sử dụng nước máy trên địa bàn thông qua tính toán thống kê trên số mẫu phiếu điều tra như sau:

$$WTP_{\text{hộ đang sử dụng nước máy}} = 16468,97 - 17,864\text{Age} - 230,014\text{Gen} - 186,81\text{Edu} - 197,94\text{Inc} - 55,81\text{X} + 1,49\text{Cli}$$

Và

$$WTP_{\text{hộ chưa sử dụng nước máy}} = 8785,62 - 23,36\text{Age} - 482,83\text{Gen} + 117,12\text{Edu} + 534,60\text{Inc} + 224,65\text{X} + 41,13\text{Cli}$$

Trong đó C là hệ số hiệu chỉnh; Age là biến độ tuổi; Gen là biến giới tính; Edu là biến học vấn; Inc là biến thu nhập; X là lượng nước sử dụng; Cli là biến khí hậu.

Các biến này sau khi được thu thập trên phiếu điều tra đều được chuẩn hoá về thang giá trị như nhau từ 0–1. Kết quả cho thấy, đối với hộ đang sử dụng nước máy, các biến ảnh hưởng lớn nhất là giới tính, trình độ và thu nhập có ảnh hưởng nhiều hơn cả. Biến ảnh hưởng của BDKH có ảnh hưởng rất ít đến giá thành mà người sử dụng sẵn sàng chi trả. Tuy nhiên đối với những hộ chưa sử dụng nước máy, ngoài giới tính, độ tuổi và thu nhập, lượng nước sử dụng cũng là biến quan trọng để xác định mức sẵn lòng chi trả. Kết quả tính toán cho thấy mức sẵn lòng chi trả của hộ đã sử dụng nước máy là 13.163đ/m³ nước, cao hơn gần 20% so với mức giá hiện tại để có thể có được dịch vụ cung cấp nước tốt hơn. Đối với hộ chưa sử dụng nước máy là 12.414 đồng/m³.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã đề xuất được quy trình xác định giá nước cho 3 ngành dùng nước chính vùng đồng bằng sông Hồng trong điều kiện BDKH bao gồm sinh hoạt, công nghiệp và nông nghiệp. Quy trình này cho phép xác định từng thành phần trong xác định giá trị của nước bao gồm: giá trị của nước được xác định từ phía cầu thông qua nghiên cứu mức sẵn lòng chi trả của các hộ dùng nước trên hệ thống; và tổng chi phí sản xuất bao gồm chi phí sử dụng và chi phí cơ hội tích hợp tính toán từ phía cung. Kết quả cho thấy, mức sẵn lòng chi trả từ phía người sử dụng dịch vụ trong trường hợp nước cấp sản xuất giao động trong khoảng trên dưới 10%, tuy nhiên đối với nước cấp sinh hoạt là 20%. Trong điều kiện BDKH, giá nước tăng do nguồn cung giảm, có thể lên đến hơn 50% như trường hợp nước cấp công nghiệp và nông nghiệp.

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

Lời cảm ơn: Bài báo này là kết quả nghiên cứu của đề tài “Định giá tài nguyên nước đồng bằng sông Hồng trong bối cảnh biến đổi khí hậu”, mã số TNMT.2018.02.16 của trường Đại học Tài Nguyên và Môi trường Hà Nội, do PGS.TS. Nguyễn Ngọc Thanh làm chủ nhiệm.

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. 2030 Water Resources Group. Việt Nam: Khuôn khổ kinh tế về nước để đánh giá các thách thức của ngành nước. *Géopolitique des ressources minières en Asie du Sud-Est* 2017, 189–236. <http://dx.doi.org/10.2307/j.ctt1f116fp.9>.
2. Grafton, R.Q.; Garrick, D.E.; Horne, J. Water Misallocation: Governance Challenges and Responses, 2017, pp.1–51. Online available: https://www.researchgate.net/publication/331297130_Water_Misallocation_Governance_Challenges_and_Responses.

3. Butterworth, J.; Warner, J.; Moriarty, P.; Smits, S.; Batchelor, C. Finding practical approaches to integrated water resources management. *Water Altern.* **2010**, 3(1), 68–81.
4. Allan, J.A. Virtual water: a long term solution for water short Middle Eastern economies?. *London Sch. Orient. African Stud. Univ. London* **1997**, 9, 24–29. Online available: <http://www.ciaonet.org/wps/aln02/>.
5. Anand, P.B. Scarcity, Entitlements and the Economics of Water in Developing Countries. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2007.
6. Inglezakis, V.J.; Pouloupoulos, S.G.; Arkhangelsky, E.; Zorpas, A.A.; Menegaki, A.N. Chapter 3 – Aquatic Environment. *Environ. Dev.* **2016**, 137–212.
7. Narasimhan, S. Water Pricing: Potential And Problems. *Int. J. Agric. Econ. Manag.* **2016**, 6, 1, 5–8. Online available: <http://www.ripublication.com>.
8. Tổng cục thống kê. Niên giám thống kê, 2019.
9. Briscoe, J. Water as an economic good: the idea and what it means in practice. *World Congr. Int. Comm. Irrig. Drain.* **1996**, 9, 177–202.
10. Namyenya, A.; Sserunkuuma, D.; Bagamba, F. Willingness to pay for irrigation water and its determinants among rice farmers at Doho Rice Irrigation Scheme (DRIS) in Uganda. *J. Dev. Agric. Econ.* **2014**, 6(8), 345–355. <http://dx.doi.org/10.5897/jdae2014.0580>.
11. Alemayehu, T. Smallholder Farmer’s Willingness to Pay for Improved Irrigation Water: A Contingent Valuation Study in Koga Irrigation Project, Ethiopia. *J. Econ. Sustain. Dev.* **2014**, 5(19), 5–16.
12. Mallios, Z.; Latinopoulos, P. Willingness to pay for irrigation water: A case study in Chalkidiki, Greece. *Proc. 7th Int. Conf. Environ. Sci. Technol. Vols a B*, **2001**, 566–573.
13. Boman, M. Applying the Contingent Valuation Method in Resource Accounting: A Bold Proposal, 2003.
14. Li, K. Dynamic optimization of input production factors for urban industrial water supply and demand management. *J. Environ. Manage.* **2020**, 270, 110807. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110807>.
15. WWF Germany. Linking water risk and financial value – Part 3: New valuation tool and database, 2019, pp. 20. Online Available: https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf_waterrisk_financialvalue_part3_web.pdf.
16. Leyva, J.C.; Sayadi, S. Economic valuation of water and willingness to pay analysis in tropical fruit production in South–Eastern Spain. *Spanish J. Agric. Res.* **2005**, 3(1), 25. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2005031-121>.
17. Al–Saidi, M. Urban water pricing in Yemen: a comparison of increasing block tariffs to other pricing schemes. *Water Int.* **2017**, 42(3), 308–323. <http://dx.doi.org/10.1080/02508060.2016.1269283>.
18. “Pricing Urban Water_ Principles and Compromises.pdf.” .
19. Arrow, K.; Solow, R.; Portney, P.R.; Leamer, E.E.; Radner, R.; Schuman, H. Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation. *Fed. Regist.* **1993**, 58(10), 4601–4614.
20. Thông tư số 25/2014/TT–BTC ngày 17 tháng 02 năm 2014 của Bộ Tài chính.
21. Thông tư liên tịch số 75/2012/TTLT–BTC–BXD–BNNPTNT ngày 15 tháng 05 năm 2012 của Liên Bộ Tài chính–Bộ Xây dựng–Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

Water pricing in the Red River Delta under climate change condition

Truong Van Anh^{1*}, Nguyen Ngoc Thanh¹, Hoang Thi Hue¹, Do Van Quang², Nguyen Duc Duong¹, Bui Anh Tu², Vu Ngoc Luan²

¹ Hanoi University of Nature resources and Environment; nnthanh@hunre.edu.vn; tvanh@hunre.edu.vn; hthue@hunre.edu.vn

² Thuy Loi University; quangkttl@tlu.edu.vn

Abstract: Water is a special natural resource which is essential for all life on earth but also necessary for the development of many key economic sectors on the world. Water is also the receiving sources of waste, then becomes so contaminated and no longer capable of supplying other water requirements, causing water scarcity due to socio-economic development even where is abundant water resources. Pricing water resources is one of the tools to help policy makers manage water resources in a more sustainable way by balancing production costs, including waste treatment costs, and the future investigation cost to be able to get better water services in the future. This paper proposes a method for pricing water resources in the Red River Delta, taking into account the impacts of climate change on the costs and opportunities of water use for industry, agriculture and domestic water supply.

Keywords: Water pricing; Climate change; Water resources management; Economic water use; Willing to pay.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu đặc điểm, xu thế biến đổi nhiệt độ và lượng mưa trên khu vực Nam Trung Bộ giai đoạn 1989–2018

Nguyễn Thị Tuyết^{1*}, Phạm Thị Minh^{1*}, Trần Thị Thu Thảo¹, Nguyễn Thị Hằng²

¹ Khoa Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM; nttuyet@hcmunre.edu.vn; minhpt201@gmail.com; ttthao@hcmunre.edu.vn;

² Khoa Đại cương, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM; hang.nguyen687@gmail.com

*Tác giả liên hệ: minhpt201@gmail.com; nttuyet@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84–936069249

Ban Biên tập nhận bài: 08/5/2021; Ngày phản biện xong: 26/6/2021; Ngày đăng bài: 25/9/2021

Tóm tắt: Trong bài báo này nhóm tác giả sử dụng số liệu trong 30 năm qua (1989–2018) về lượng mưa, nhiệt độ của 03 trạm khí tượng cơ bản: Tuy Hòa, Nha Trang, Phan Thiết để đánh giá xu thế biến đổi lượng mưa và nhiệt độ của khu vực Nam Trung Bộ. Kết quả cho thấy xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình của các trạm trên theo thời gian trong 10 năm gần đây tăng gấp đôi so giai đoạn 1989–1998 và còn xu thế biến đổi nhiệt độ trung bình theo không gian tương đối nhỏ. Ngoài ra xu thế biến đổi nhiệt độ cực trị là đáng kể. Cụ thể nhiệt độ tối thấp tăng khoảng 0,04°C/năm, còn nhiệt độ tối cao tăng khoảng 0,01°C/năm. Đối với lượng mưa, xu thế biến đổi của lượng mưa không nhất quán giữa các khu vực và các thời kỳ. Sự thay đổi về tổng lượng mưa năm của trạm Tuy Hòa và Nha Trang đều thể hiện xu thế tăng nhẹ khoảng 0,1 đến 1,4 mm/năm, còn trạm Phan Thiết xu thế biến đổi lượng mưa năm giảm 1,7 mm/năm.

Từ khóa: Xu thế nhiệt độ; Mưa; Nhiệt độ; Xu thế lượng mưa.

1. Mở đầu

Nhiệt độ và lượng mưa là yếu tố đặc trưng cho sự khác biệt các vùng khí hậu. Tuy nhiên, trong xu thế ấm lên toàn cầu, nhiệt độ và lượng mưa có sự thay đổi ở một số khu vực trên thế giới, trong đó có Việt Nam. Cụ thể tại Việt Nam trong 50 năm qua, nhiệt độ trung bình tăng 0,7°C, lượng mưa trên các khu vực phía Bắc có xu thế giảm, song tăng từ vĩ tuyến 17 trở vào [1]. Khu vực Nam Trung Bộ bao gồm các tỉnh Bình Định, Phú Yên, Khánh Hoà, Ninh Thuận, Bình Thuận với diện tích đất nông nghiệp của vùng chiếm trên 76% diện tích tự nhiên [2–4]. Mặc dù trong những thập kỉ qua đã có những bước tiến lớn nhưng vùng Nam Trung Bộ vẫn là một trong những vùng có tỉ lệ có đời sống thấp ở Việt Nam. Bên cạnh đó, điều kiện tự nhiên, môi trường, khí hậu và các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, lũ lụt có sự thay đổi rõ rệt, gây thiệt hại lớn đến sản xuất nông nghiệp – nguồn thu nhập chính của người dân nơi đây. Vì vậy, việc đánh giá sự thay đổi của nhiệt độ và lượng mưa có vai trò quan trọng trong việc cung cấp thông tin khí hậu, phục vụ phát triển bền vững kinh tế-xã hội tại khu vực này.

Việc điều tra, đánh giá tài nguyên khí hậu được tiến hành từ giữa thập kỷ 60 của thế kỷ XX, ở Miền Bắc, [5–7] trong đó đã phác họa cơ bản về phân bố theo không gian và thời gian của nhiệt độ, lượng mưa và một số yếu tố khác như bức xạ, nắng, ... Do yêu cầu trong công tác quy hoạch sản xuất, đặc biệt là sản xuất nông nghiệp cho từng vùng, Nha Khí tượng đã giúp các địa phương tổ chức công tác thu thập số liệu, biên soạn đặc điểm khí hậu địa phương cho

tính. Các công trình góp phần không nhỏ đến công tác quy hoạch và phát triển kinh tế-xã hội của địa phương. Trong giai đoạn, 1976–1980, công trình nghiên cứu về “Khí hậu Tây Nguyên” và “Khí hậu Tây Bắc” [8–10] đã phân tích được vai trò của bức xạ, hoàn lưu, địa hình trong việc hình thành khí hậu cho từng vùng. Năm 2002, [11] thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học “Kiểm kê, đánh giá tài nguyên khí hậu Việt Nam” trên cơ sở bổ sung số liệu đánh giá đến năm 2000 và bộ bản đồ tỷ lệ 1: 1.000.000. Đến năm 2004, [12] đã xuất bản quyển sách “Khí hậu và Tài nguyên khí hậu Việt Nam” với mạng lưới trạm quan trắc 150 trạm khí hậu và 500 trạm đo mưa, thời kỳ 1960–2000 với một số yếu tố nhiệt độ, mưa,... Ngoài ra, có nhiều nghiên cứu về vấn đề lượng mưa, nhiệt ở Việt Nam như: Nghiên cứu xu thế biến đổi nhiệt độ cực trị và lượng mưa ngày cực đại ở Việt Nam trong giai đoạn 1961–2007 [13–15], sự biến đổi của nhiệt độ cực trị hoặc tăng lượng mưa ngày cực đại, nhất là sự tăng nhanh của nhiệt độ cực tiểu tháng là nguyên nhân dẫn tới giảm số đợt rét đậm và tăng số đợt nắng nóng, hạn hán hoặc lũ lụt ở Việt Nam.

Việc đánh giá khí hậu khu vực Nam Trung Bộ, đã được thực hiện trong đề tài “Nghiên cứu bổ sung đặc điểm Khí hậu Thủy văn tỉnh Khánh Hòa, Bình Định, Bình Thuận” với nguồn số liệu được cập nhật đến năm 2014 [16]. Tuy nhiên, với sự thay đổi về điều kiện tự nhiên, xã hội và môi trường trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay, đã làm thay đổi đặc trưng cơ bản của một số yếu tố khí hậu. Vì vậy, mục đích của bài báo là nghiên cứu đặc điểm và xu thế biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa trên khu vực Nam Trung Bộ với chuỗi số liệu 30 năm (1989–2018) tại 03 trạm khí tượng cơ bản (Tuy Hòa, Nha Trang, Phan Thiết), vừa đảm bảo ổn định về mặt thống kê, vừa đảm bảo độ chính xác trong kết quả phân tích và đánh giá.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở dữ liệu

Số liệu được sử dụng trong nghiên cứu này là số liệu nhiệt độ không khí trung bình, mưa tháng 03 trạm quan trắc khí tượng cơ bản của khu vực Nam Trung Bộ. Độ dài chuỗi số liệu được sử dụng là từ 1989–2018. Danh sách các trạm khí tượng lấy số liệu để tính toán, phân tích được thể hiện trong bảng 1 và hình 1.

Bảng 1. Danh sách các trạm khí tượng lấy số liệu tại khu vực Nam Trung Bộ [3].

Tên Trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Độ dài chuỗi
Tuy Hòa	109 ⁰ 17'E	13 ⁰ 05'N	1989–2018
Nha Trang	109 ⁰ 12'E	12 ⁰ 15'N	1989–2018
Phan Thiết	108 ⁰ 06'E	10 ⁰ 56'N	1989–2018



Hình 1. Bản đồ khu vực Nam Trung bộ [17].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phân tích đặc điểm

Để phân tích được đặc điểm lượng mưa và nhiệt độ ở khu vực Nam Trung Bộ tác giả sử dụng công thức giá trị trung bình trên chuỗi số liệu [18–19]:

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (1)$$

Trong đó \bar{f} là giá trị trung bình trường khí tượng; f_i là giá trị trường khí tượng; n là độ dài chuỗi số liệu.

Để phân tích đặc điểm phân bố theo không gian tác giả xem xét các biến trình năm của vùng. Xét sự biến đổi của mưa theo năm, tháng, theo mùa.

Hệ số biến thiên

$$C_v = \frac{s_x}{\bar{x}} \quad (2)$$

Trong đó C_v là hệ số biến thiên (còn được gọi là biến suất tương đối hay hệ số biến động); s_x là mức độ dao động trung bình; \bar{x} là độ lớn chuỗi.

Hoặc có thể được viết dưới dạng:

$$C_v = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Biên độ

$$Q_A = \max\{x_t, t = 1..n\} - \min\{x_t, t = 1..n\} = x_{max} - x_{min} \quad (4)$$

Trong đó Q_A là biên độ; x_{max} là giá trị lớn nhất; x_{min} là giá trị nhỏ nhất.

Phương sai và độ lệch chuẩn

Phương sai:

$$\widetilde{D}_x = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2 \quad (5)$$

Trong đó \widetilde{D}_x là phương sai mẫu; $X_t, t = 1..n$ là chuỗi các giá trị quan trắc của X.

Độ lệch chuẩn

$$s_x = \sqrt{\widetilde{D}_x} \quad (6)$$

Trung vị:

$$Me = q_{0,5} = \begin{cases} X_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} & \text{với } n \text{ lẻ} \\ \frac{X_{(n/2)} + X_{(n/2+1)}}{2} & \text{với } n \text{ chẵn} \end{cases} \quad (7)$$

Trong đó $Me = q_{0,5}$ là trung vị; n là số thành phần của chuỗi.

2.2.2. Phân tích xu thế

Xét sự biến đổi của mưa theo năm, tháng và theo mùa, vẽ đường đồng mức và xu thế qua các giai đoạn 1989–1998, 1999–2008 và 2009–2018. Xu thế biến đổi của lượng mưa năm (lượng mưa theo mùa) thể hiện khi biểu diễn phương trình hồi quy của lượng mưa năm (lượng mưa theo mùa) là hàm của thời gian [18–19]:

$$y = A_0 + A_1 t \quad (8)$$

Trong đó y là đặc trưng yếu tố cần khảo sát, t là số năm, A_0, A_1 , là các hệ số hồi quy. Biểu diễn mối quan hệ giữa lượng mưa tại các trạm và khoảng thời gian nghiên cứu để nhận xét. Hệ số này cho biết xu thế tăng hoặc giảm của lượng mưa ($A_1 > 0$: tăng, $A_1 < 0$: giảm).

Đối với nhiệt độ, do ý nghĩa thực tế của nhiệt độ cực trị (nhiệt độ tối thấp tháng I – T_m và nhiệt độ tối cao tháng VI – T_x) đối với sự phát triển kinh tế xã hội của khu vực Nam Trung Bộ là quan trọng, nên trong phần này tác giả chỉ xem xét xu thế biến đổi nhiệt độ cực trị.

Xu thế biến đổi nhiệt độ cực trị có thể thể hiện khi biểu diễn phương trình hồi quy của chênh lệch T_m hoặc T_x so với trung bình của cả chuỗi số liệu (30 năm) là hàm của thời gian (công thức 8). Trong đó y là chênh lệch T_m hoặc T_x , t là số thứ tự năm và A_0, A_1 là các hệ số hồi quy. Hệ số A_1 cho biết hướng dốc của đường hồi quy, nói lên xu thế biến đổi tăng hay

giảm của Tm hoặc Tx theo thời gian. Nếu A₁ âm nghĩa là nhiệt độ giảm theo thời gian và ngược lại.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm và xu thế biến đổi nhiệt độ khu vực Nam Trung Bộ

3.1.1. Đặc điểm nhiệt độ

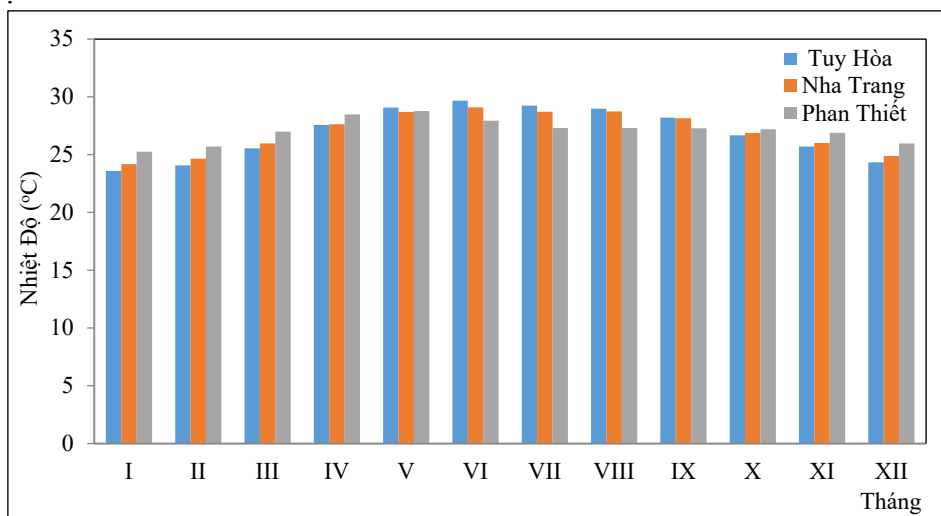
Đặc điểm nhiệt độ mà ta nói đến ở đây là nhiệt độ không khí. Nhiệt độ không khí là yếu tố khí hậu thể hiện rõ nhất, bởi sự ảnh hưởng của vị trí địa lý, hoàn lưu không chế, chế độ nắng [20],... Nằm trong vành đai nhiệt đới Bắc bán cầu, khu vực Nam Trung Bộ có một nền nhiệt độ cao và khá ổn định. Theo số liệu đặc trưng nhiệt độ của 3 trạm khí tượng trong hình 2, 3, 4, 5, và 6 cho thấy Nam Trung Bộ có sự biến đổi nhiệt độ theo thời gian và không gian. Nhiệt độ các tháng có sự biến đổi nhỏ, tuy nhiên cũng có sự phân bố khá rõ ràng trong năm (hình 2). Cụ thể chênh lệch nhiệt độ trung bình của Tuy Hòa giữa tháng nóng nhất và tháng lạnh nhất là 6,1°C, nhiệt độ không khí cao nhất xuất hiện vào tháng 5–9, trong đó tháng có nhiệt độ tối cao là tháng 6 (29,7°C), nhiệt độ không khí thấp nhất xuất hiện vào tháng 1 (23,6°C). Nha Trang chênh lệch nhiệt độ trung bình giữa tháng nóng nhất và tháng lạnh nhất là 5,0°C, nhiệt độ không khí cao nhất xuất hiện vào tháng 5–9, trong đó tháng có nhiệt độ tối cao là tháng 6 (29,1°C), nhiệt độ không khí thấp nhất xuất hiện vào tháng 1 (24,2°C). Phan Thiết chênh lệch nhiệt độ trung bình giữa tháng nóng nhất và tháng lạnh nhất là 3,7°C, nhiệt độ không khí cao nhất xuất hiện vào tháng 4–9, trong đó tháng có nhiệt độ tối cao là tháng 5 (28,8°C), nhiệt độ không khí thấp nhất xuất hiện vào tháng 1 (25,2°C). Như vậy biên độ nhiệt độ năm được thu hẹp từ bắc vào nam. Ngoài ra, giá trị nhiệt độ tối cao trung bình ở khu vực Nam Trung Bộ thường trên 29°C (hình 3), cực đại xảy ra vào tháng 6 hoặc tháng 7 với trị số 35–37°C. Thời điểm xuất hiện giá trị nhiệt độ tối cao trung bình thường trùng với thời điểm xuất hiện giá trị cực đại nhiệt độ không khí trung bình trong năm. Đối với nhiệt độ tối cao hàng tháng trong năm của trạm Tuy Hòa dao động từ 30,5–38,3°C, nhiệt độ tối cao tuyệt đối cao nhất thường xảy ra vào tháng tháng V, VI (hình 4). Trạm Nha Trang dao động từ 30,7–37,9°C, tối cao tuyệt đối vào tháng 7. Trạm Phan Thiết nhiệt độ tối cao tuyệt đối dao động từ 31,7–37,3°C. Trong đó trạm Tuy Hòa cao hơn trạm Nha Trang và Phan Thiết là do địa hình khu vực Nam Trung Bộ khá phức tạp, tiếp giáp với núi và biển.

Đối với nhiệt độ tối thấp trung bình khá tương đồng cả về mặt thời gian và trị số. Cụ thể, tại Trạm Tuy Hòa nhiệt độ không khí thấp nhất xuất hiện vào tháng 1 (21,2°C), thời điểm xuất hiện và trị số xảy ra tương tự trong hai trạm Nha Trang và Phan Thiết (hình 5).

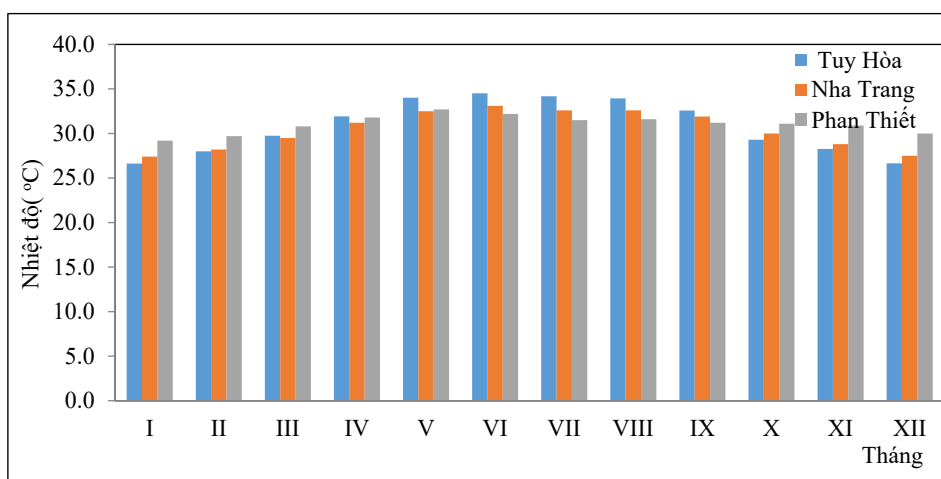
Nhiệt độ tối thấp tuyệt đối quan sát từ năm 1989–2018 các vùng đồng bằng ven biển trên khu vực Nam Trung Bộ khoảng từ 15,1–23,2°C, hầu hết trị số tối thấp tuyệt đối này đều thấy ở cả ba trạm Tuy Hòa, Nha Trang và Phan Thiết trong tháng 1 (hình 6), là tháng hoạt động mạnh nhất của gió mùa mùa đông.

Ngoài ra, nghiên cứu còn tính toán một số đặc trưng thống kê cho nhiệt độ trung bình năm của 3 trạm Tuy Hòa, Nha Trang và Phan Thiết (bảng 2). Kết quả cho thấy, nhiệt độ trung bình năm của 3 trạm từ bắc vào nam không khác biệt nhiều, khoảng biến thiên nhiệt độ trung bình năm của trạm Phan Thiết nhỏ nhất, nghĩa là nhiệt độ trung bình năm của trạm Phan Thiết khá đồng nhất so với trạm Tuy Hòa và trạm Nha Trang. Về mức độ tập trung của chuỗi số liệu, trạm Phan Thiết có độ tập trung cao hơn hay ít tản mạn hơn so với hai trạm còn lại thể hiện qua giá trị phương sai và độ lệch chuẩn đều nhỏ (bảng 2). Còn mức độ giao động giữa trung bình và độ lớn của chuỗi trong hai trạm Tuy Hòa và Phan Thiết nhỏ hơn so với trạm Nha Trang, trong khi đó giá trị trung vị của 3 trạm Tuy Hòa, Nha Trang và Phan Thiết tương tự nhau và so với giá trị trung bình không khác biệt nhiều, kết quả này chứng tỏ chuỗi số liệu khảo sát không có điểm bất thường về mặt khí hậu.

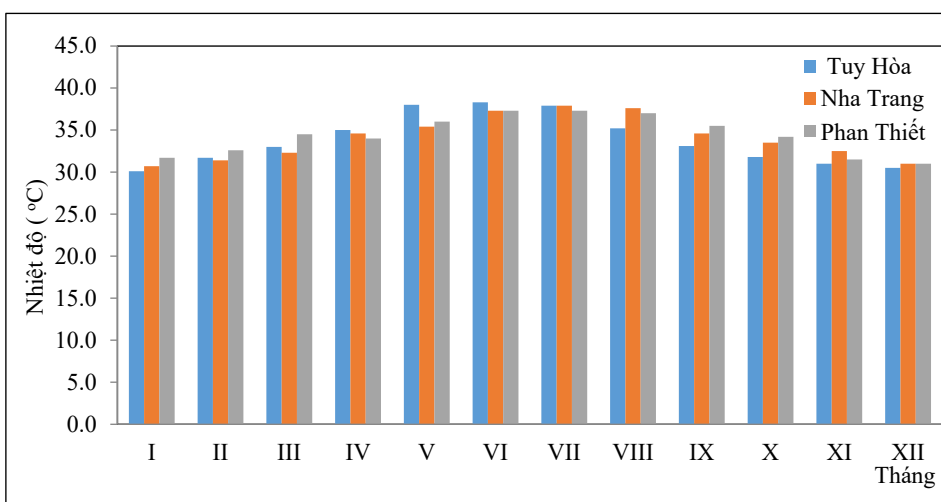
Vì các tỉnh thuộc khu vực Nam Trung Bộ chủ yếu nuôi trồng thủy sản nên yếu tố nhiệt độ rất quan trọng, đặc biệt là các giá trị nhiệt độ cực trị, ảnh hưởng tới ngưỡng nhiệt độ sinh học các loại cá, tôm, mực,... Do vậy, trong phần tiếp theo tác giả chỉ xem xét xu thế biến đổi nhiệt độ cực trị.



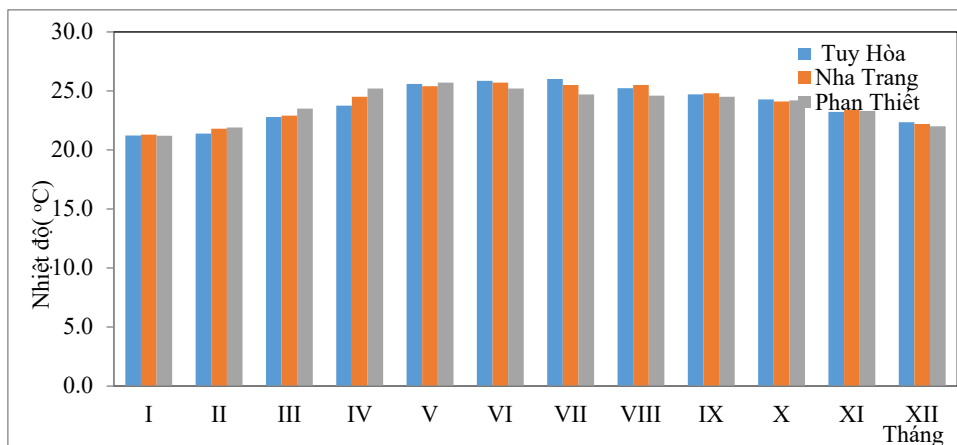
Hình 2. Biểu đồ nhiệt độ trung bình tháng.



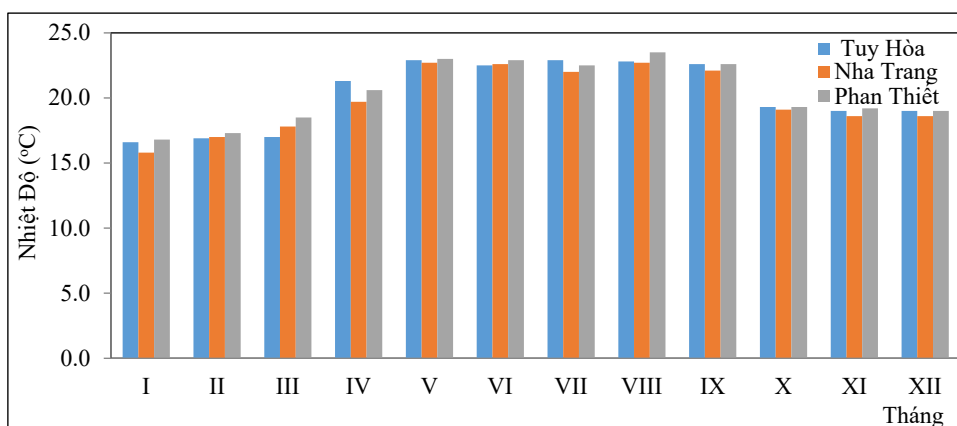
Hình 3. Biểu đồ nhiệt độ tối cao trung bình.



Hình 4. Biểu đồ nhiệt độ tối cao tuyệt đối.



Hình 5. Biểu đồ nhiệt độ tối thấp trung bình.



Hình 6. Biểu đồ nhiệt độ tối thấp tuyệt đối.

Bảng 2. Các đặc trưng số của phân bố nhiệt độ trung bình năm (Đơn vị: (°C)).

		Tuy Hòa	Nha Trang	Phan Thiết
Tổng		806.64	808.87	812.61
Trị trung bình	TB	26,89	26,96	27,09
Khoảng biến thiên	R	1,41	1,87	1,16
Phương sai	D	0,12	0,17	0,08
Độ lệch chuẩn	ĐLC	0,35	0,41	0,28
Hệ số biến sai	Cv	0,01	0,02	0,01
Số giữa (trung vị)	Tg	26,93	26,95	27,00

3.1.2. Xu thế biến đổi nhiệt độ

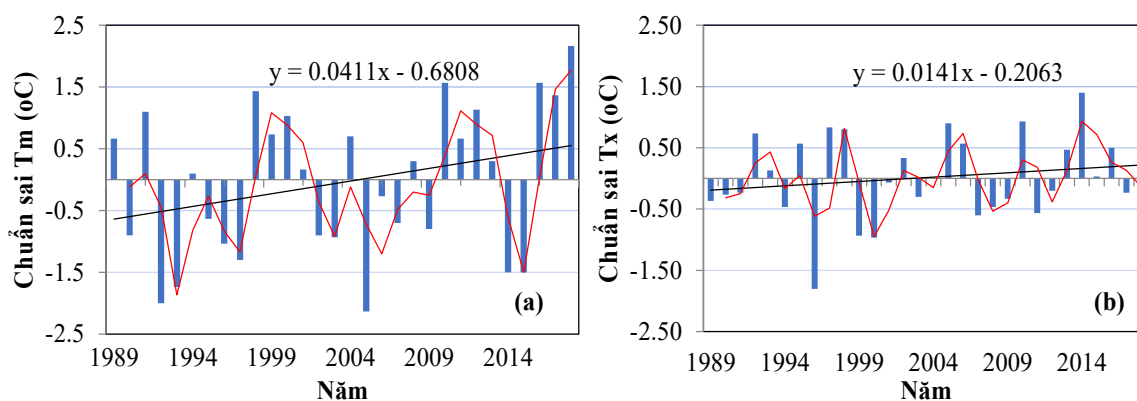
Trong phần này tác giả xem xét xu thế biến đổi nhiệt độ tối thấp của tháng I – Tm; và xu thế biến đổi nhiệt độ tối cao tháng VI – Tx. Trong đó xu thế biến đổi của nhiệt độ cực trị có thể thể hiện khi biểu diễn phương trình hồi quy của dị thường Tm hoặc Tx so với trung bình của cả chuỗi số liệu là hàm của thời gian. Nhìn chung, nhiệt độ tối thấp (Tm) tháng I của khu vực Nam Trung Bộ có xu thế tăng thể hiện ở hệ số $A_1 < 0$, trong khi đó nhiệt độ tối cao (Tx) tháng VI lại có xu thế tăng chậm hơn ($A_1 > 0$) (hình 7). Giá trị chuẩn sai của Tm âm dương xen kẽ giữa các năm nhưng xu thế chung là tăng, và một số năm có những biến đổi đột ngột, đặc biệt sau năm 2004 tốc độ tăng nhanh hơn so với giai đoạn trước. Đối với Tx xu thế biến đổi tăng lên không rõ ràng, với tốc độ tăng chậm hơn so với Tm. Như vậy, ngưỡng nhiệt độ ở khu

vực Nam Trung Bộ hầu hết bị thu hẹp lại, tức là nhiệt độ tối thấp ngày càng tăng với tốc độ tăng khoảng 0,04°C/năm còn nhiệt độ tối cao ngày càng tăng với tốc độ tăng chậm hơn Tm khoảng 0,03°C/năm. Kết quả này cho thấy điều kiện khắc nghiệt của thời tiết, mà hệ quả là hiện tượng hạn hán có thể kéo dài hơn, do đó ảnh hưởng không nhỏ đến sản xuất nông nghiệp tại địa bàn các tỉnh khu vực Nam Trung Bộ. Vì ngưỡng nhiệt độ của cây trồng, vật nuôi và thủy hải sản phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ tối thấp và nhiệt độ tối cao. Do đó, các cơ quan liên quan cần có những cảnh báo cần thiết để các ngành nông nghiệp triển khai nghiên cứu các loại giống cây trồng cũng như thủy hải sản thích hợp phục vụ phát triển kinh tế của các tỉnh thuộc khu vực Nam Trung Bộ.

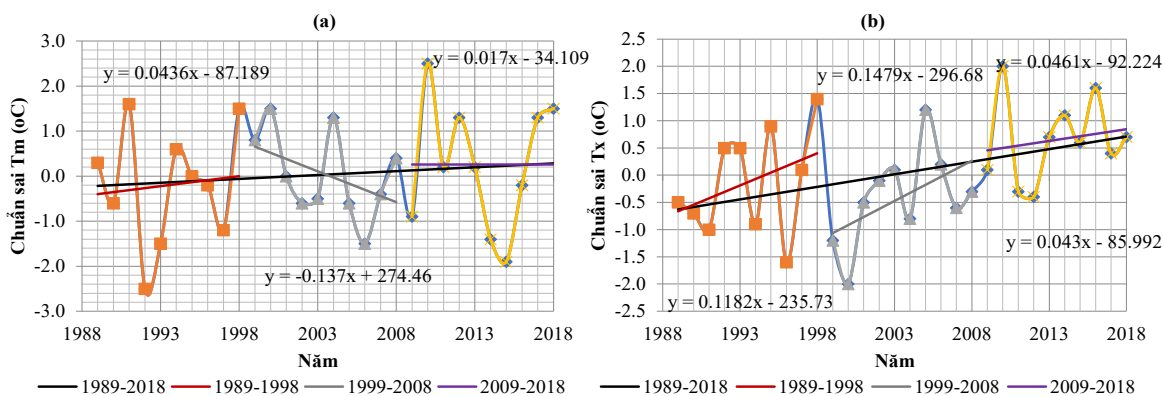
Mặc dù, hầu hết các địa phương thuộc khu vực Nam Trung Bộ đều có xu thế biến đổi Tm và Tx chung như hình 7. Xong một số địa phương, cụ thể tại các trạm lại có những đặc điểm riêng biệt khi xem xét xu thế biến đổi Tm và Tx trong 10 năm liên tiếp (1989–1998 giai đoạn I; 1999–2008 giai đoạn 2; 2009–2018). Hình 8 đến hình 10 lần lượt là xu thế biến đổi của Tm tháng I và Tx tháng VI theo năm tại các trạm Tuy Hòa, Nha Trang và Phan Thiết. Đối với trạm Tuy Hòa và Phan Thiết xu thế Tm và Tx đều có xu thế tăng thể hiện ở hệ số A1 lớn hơn 0. Trong khi đó xu thế Tx ở trạm Nha Trang có xu hướng giảm còn Tm có xu hướng tăng. Đặc biệt, trạm Phan Thiết xu thế Tm tăng mạnh gấp 4 so với xu thế của Tx, kết quả này cho thấy ngưỡng nhiệt độ cực trị bị thu hẹp và có xu hướng tăng (Hình 10).

Khi xét ba giai đoạn 1989–1998 (giai đoạn I), 1999–2008 (giai đoạn II) và 2009–2018 (giai đoạn III), ở trạm Tuy hòa chuẩn sai Tm và Tx đều có giá trị dương âm xen kẽ giữa các năm, và chuẩn sai Tm ở giai đoạn III dương cao hơn giai đoạn I và II. Tuy nhiên xu thế biến đổi Tm ở trạm Tuy Hòa trong giai đoạn I tăng, giai đoạn II giảm mạnh, còn giai đoạn III giảm nhẹ hơn so với giai đoạn II (hình 8). Xu thế biến đổi Tm trong hai giai đoạn II và III ngược so với xu thế biến đổi Tm chung của khu vực Nam Trung Bộ. Đối với Tx tại trạm Tuy Hòa lại có xu thế biến đổi tương đồng với xu thế biến đổi chuẩn sai Tx chung của của khu vực Nam Trung Bộ. Đặc biệt trong những năm gần đây (giai đoạn III) và giai đoạn I chuẩn sai Tx tăng đột biến so với giai đoạn II.

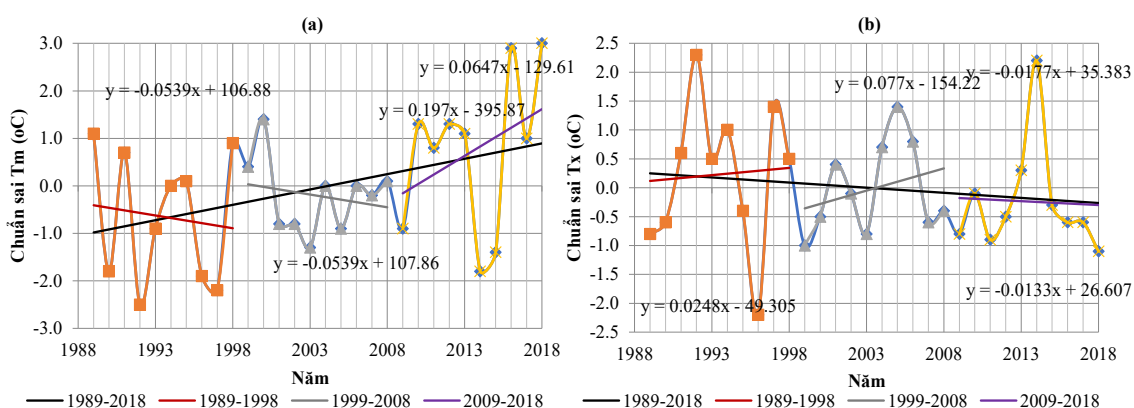
Ngược với trạm Tuy Hòa, tại trạm Nha Trang chuẩn sai của Tm hầu như âm ở tất cả các năm trong giai đoạn I và II, và xu thế biến đổi Tm trong giai đoạn I và II đều giảm, còn xu thế biến đổi của Tm trong các năm trở lại đây tăng gấp 4 lần so với hai giai đoạn trước (hình 9). Đối với chuẩn sai của Tx tại trạm Nha Trang có giá trị dương và âm xen kẽ giữa các năm, còn xu thế biến đổi Tx có xu hướng giảm trong các năm gần đây (giai đoạn III) (Hình 9). Tương tự trạm Nha Trang, xu thế biến đổi chuẩn sai của Tm tại trạm Phan Thiết tăng mạnh trong các năm gần đây (giai đoạn III) (Hình 10). Còn xu thế của Tx tại trạm Phan Thiết giảm nhẹ trong các năm gần đây (giai đoạn II, III) (Hình 10). Ngoài yếu tố nhiệt độ, thì mưa cũng là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến các ngành nông nghiệp và du lịch dịch vụ. Phần tiếp theo tác giả phân tích các đặc điểm và xu thế biến đổi lượng mưa của khu vực Nam Trung Bộ.



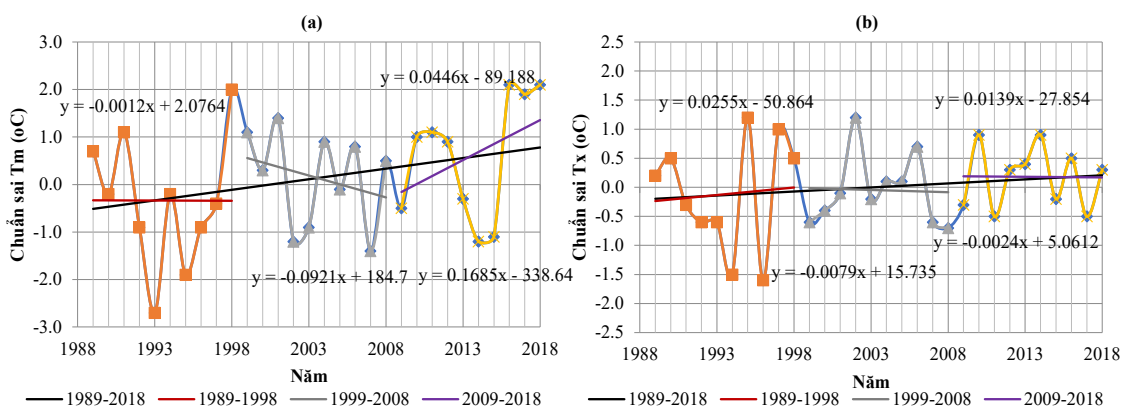
Hình 7. Chuẩn sai của Tm trung bình 3 trạm tại khu vực Nam Trung Bộ tháng I (a) và Tx trung bình 3 trạm tại khu vực Nam Trung Bộ tháng VI (b) theo năm và trung bình trượt 2 năm (đường màu đỏ) cùng với đường xu thế tuyến tính theo thời gian.



Hình 8. Xu thế biến đổi của chuẩn sai Tm tháng I (a) và chuẩn sai Tx tháng VI (b) tại trạm Tuy Hòa trong các giai đoạn.



Hình 9. Xu thế biến đổi của chuẩn sai Tm tháng I (a) và chuẩn sai Tx tháng VI (b) tại trạm Nha Trang trong các giai đoạn.



Hình 10. Xu thế biến đổi của chuẩn sai Tm tháng I (a) và chuẩn sai Tx tháng VI (b) tại trạm Phan Thiết trong các giai đoạn.

3.2. Đặc điểm và xu thế biến đổi lượng mưa khu vực Nam Trung Bộ

Mưa là một yếu tố chính của khí hậu, là một trong những thành phần của cân cân nước. Khu vực Nam Trung Bộ là một trong những vùng có nền nhiệt cao, nên mưa là nhân tố quan trọng vì nó chi phối thời vụ, cơ cấu cây trồng, năng suất và chất lượng sản phẩm nông nghiệp đặc biệt là ở vùng núi. Chế độ mưa trên khu vực Nam Trung Bộ được hình thành từ nhiều nguyên nhân khác nhau, diễn ra khá phức tạp. Trong ba nhân tố cơ bản hình thành chế độ

mưa thì nhân tố hoàn lưu và địa hình đóng vai trò chính. Sự khống chế của các khối không khí nhiệt đới và không khí xích đạo biển có tiềm lượng nhiệt ẩm cao là tiền đề cơ bản cho sự hình thành một chế độ mưa khá phong phú trên khu vực tỉnh nhưng đó mới chỉ là điều kiện cần. Vì các nhiễu động khí quyển như dải hội tụ nhiệt đới, xoáy thuận nhiệt đới, sóng đông, rãnh gió mùa, các dòng thăng cưỡng bức do địa hình, dông... mới là những nhân tố gây mưa trực tiếp. Những nhân tố này đan xen lẫn nhau, phối hợp với nhau tạo ra một chế độ mưa rất đa dạng và không ổn định. Do vậy lượng mưa trong từng tháng, từng mùa, cũng như từng năm có sự khác nhau.

3.2.1. Phân bố lượng mưa năm

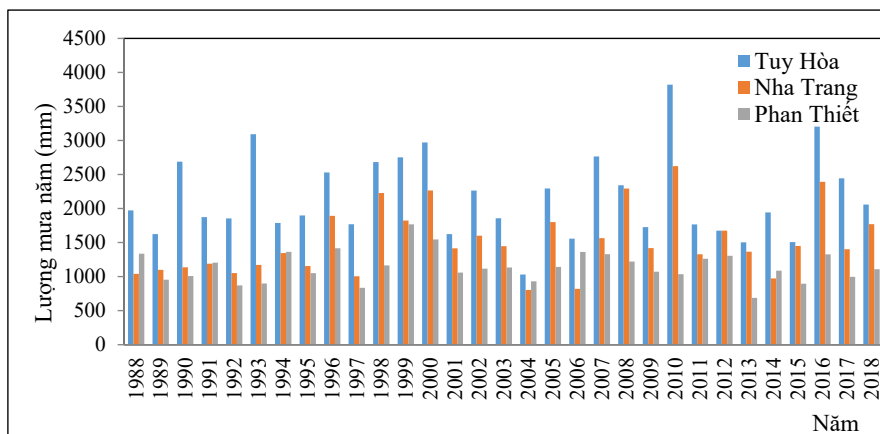
Qua số liệu đo đạc được (Bảng 3, Hình 11) cho thấy tại Khu vực Nam Trung Bộ, phân bố lượng mưa giảm dần từ Bắc xuống Nam. Đặc điểm quan trọng của yếu tố mưa là sự biến động lượng mưa theo năm, tháng. Lượng mưa trung bình các tháng trong mùa mưa ở Tuy Hòa, Nha Trang, Phan Thiết dao động trong khoảng 185.8mm đến 601,8 mm (bảng 3). Sự phân bố lượng mưa trong mùa mưa theo không gian và thời gian không đồng đều. Nơi nhiều mưa nhất và ít mưa nhất chênh lệch nhau rất lớn. Trạm Tuy Hòa tổng lượng năm trung bình từ 2000–2200mm. Hàng năm tại trạm Tuy Hòa có lượng mưa lớn nhất, như năm 2000 lượng mưa đạt trên 3800 mm; năm có tổng lượng mưa thấp nhất là 2004 là 1030 mm (Hình 11). Chênh lệch giữa tháng có lượng mưa cao nhất và tháng có lượng mưa thấp nhất là 575,6 mm, lượng mưa cao nhất xuất hiện vào tháng 9–12, trong đó tháng có lượng mưa cao nhất là tháng 10 (601,8 mm), lượng mưa thấp nhất xuất hiện vào tháng 2 (26,2 mm) (Bảng 3).

Trong khi đó trạm Nha Trang tổng lượng năm trung bình từ 1500–1800 mm, năm có lượng mưa cao nhất là năm 2010, lượng mưa 2622 mm, năm thấp nhất là năm 2004 lượng là 802 mm. Chênh lệch tổng lượng mưa giữa tháng có lượng mưa cao nhất và tháng có lượng mưa thấp nhất tại trạm Nha Trang là 379,0 mm, lượng mưa cao nhất xuất hiện vào tháng 9–12, trong đó tháng có lượng mưa cao nhất là tháng 11 (394,3 mm), lượng mưa thấp nhất xuất hiện vào tháng 2 (15,3 mm) (Bảng 3). Trạm Phan Thiết tổng lượng năm trung bình từ 1000–1500 mm thấp hơn hai trạm Tuy Hòa và Nha Trang, năm có lượng mưa cao nhất là năm 1999 với lượng mưa 1768 mm, năm thấp nhất là năm 2013 (686 mm) (Hình 11). Chênh lệch tổng lượng mưa giữa tháng có lượng mưa cao nhất và tháng có lượng mưa thấp nhất là 203.0mm, lượng mưa cao nhất xuất hiện vào tháng 5–10, trong đó tháng có lượng mưa cao nhất là tháng 9 (203,4 mm), lượng mưa thấp nhất xuất hiện vào tháng 2 (0,4 mm) (Bảng 3).

Ngoài ra, nghiên cứu còn tính toán một số đặc trưng thống kê cho lượng mưa năm của 3 trạm Tuy Hòa, Nha Trang và Phan Thiết (Bảng 4). Kết quả cho thấy, lượng mưa trung bình năm của 3 trạm từ bắc vào nam giảm dần, khoảng biến thiên lượng mưa năm cũng giảm dần từ bắc vào nam. Về mức độ tập trung của chuỗi số liệu, trạm Phan Thiết có độ tập trung cao hơn hay ít tản mạn hơn so với hai trạm còn lại thể hiện qua giá trị phương sai và độ lệch chuẩn đều nhỏ (Bảng 4). Đối với mức độ giao động giữa trung bình và độ lớn của chuỗi trong hai trạm Tuy Hòa và Phan Thiết nhỏ hơn so với trạm Nha Trang, giá trị trung vị của 3 trạm cũng giảm từ bắc vào nam tương tự với giá trị trung bình, kết quả này chứng tỏ chuỗi số liệu khảo sát không có điểm bất thường về mặt khí hậu.

Bảng 3. Lượng mưa trung bình tháng và năm tại các trạm Khu vực Nam Trung Bộ – đơn vị: (mm).

Tháng	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Năm
Tuy Hòa	74,5	26,2	44,5	58,5	100,3	54,1	50,8	63,4	246,9	601,8	567,6	273,6	2157,0
Nha Trang	45,7	15,3	37,8	45,1	77,2	51,5	46,4	55,5	185,8	331,2	394,3	251,1	1501,0
Phan Thiết	6,2	0,4	3,9	27,9	153,4	142,9	191,4	167,3	203,4	151,9	70,9	24,8	1114,0



Hình 11. Biến trình lượng mưa năm các trạm Tuy Hòa, Nha Trang, Phan Thiết.

Bảng 4. Các đặc trưng số của phân bố lượng mưa năm (Đơn vị (mm)).

		Tuy Hòa	Nha Trang	Phan Thiết
	Tổng	64896,90	45493,10	34140,18
Trị trung bình	TB	2163,23	1516,44	1138,01
Khoảng biến thiên	R	2789,30	1820,10	1081,58
Phương sai	D	375076,15	221666,45	49921,52
Độ lệch chuẩn	ĐLC	612,43	470,81	223,43
Hệ số biến sai	Cv	0,28	0,31	0,20
Số giữa (trung vị)	Tg	1900,00	1440,00	1120,00

3.2.2. Mưa cực trị

Lượng mưa ngày lớn nhất khu vực Nam Trung Bộ thường xảy ra khi chịu ảnh hưởng của hoàn lưu bão, áp thấp nhiệt đới, dải hội tụ nhiệt đới, nhiễu động nhiệt đới .v.v... Nhưng đáng kể nhất là khi có sự kết hợp của nhiều loại hình thời tiết khác nhau. Lượng mưa ngày lớn nhất trong những tháng mùa mưa có thể đạt từ 100–200 mm, đặc biệt trong 2 tháng chính của mùa mưa là tháng 10 và 11 lượng mưa ngày lớn nhất có năm lên đến 200–600 mm (Bảng 5).

Bảng 5. Lượng mưa ngày lớn nhất tháng (Đơn vị: (mm)).

Tháng	Tuy Hòa	Nha Trang	Phan Thiết
I	259,7	109,6	49,1
II	66,9	24,1	3,1
III	119,6	241,1	46,4
IV	155,9	96,7	116,3
V	118,2	68,8	94,3
VI	269,7	152,6	105,9
VII	555,0	103,0	86,6
VIII	73,8	59,5	113,7
IX	148,0	154,1	102,8
X	628,9	363,5	107,5
XI	371,7	381,3	215,1
XII	27,1	259,4	90,4

Lượng mưa lớn tập trung trong thời gian ngắn, có ý nghĩa rất quan trọng, bởi đó chính là nguyên nhân gây ra những hiện tượng thời tiết thủy văn nguy hiểm, lũ, lụt, sạt lở.v.v....

3.2.3. Phân bố lượng mưa theo mùa

Thông thường để xác định mùa mưa và mùa ít mưa người ta dùng phương pháp định lượng và phương pháp khách quan: Phương pháp định lượng nhờ dựa vào lượng mưa (không tính đến nguyên nhân gây mưa); Phương pháp khách quan (căn cứ vào nguyên nhân gây mưa). Ở đây dựa vào phương pháp định lượng, tức là dùng chỉ tiêu tổng lượng mưa tháng trung bình nhiều năm 100 mm và số ngày mưa trung bình từ 10 ngày trở lên hoặc tần suất trên 75% số năm xuất hiện lượng mưa tháng có từ 100mm trở lên làm chỉ tiêu cho mùa mưa, ngược lại là mùa ít mưa [2].

Theo chỉ tiêu trên, mùa mưa khu vực Nam Trung Bộ tập trung từ tháng 8 đến tháng 12 dương lịch mà đỉnh điểm vào tháng 10, 11, mùa mưa nơi đây được đánh giá là tương đối ngắn. lượng mưa trong mùa mưa thường là hệ quả từ những tác động của bão hay ATNĐ. Mùa khô là những tháng còn lại. Trạm Tuy Hòa lượng mưa mùa mưa các năm chiếm từ 70–83% lượng mưa năm. Năm có lượng mưa nhiều vào mùa mưa là 1993, 1998; 1999; 2010; 2016; Lượng mưa mùa khô chiếm tỷ trọng từ 17,3–27,9%, những năm có LANINA xuất hiện thì lượng mưa mùa khô tăng (năm 1999, 2010–27,9%) (Bảng 6).

Bảng 6. Lượng mưa (mm) và tỉ trọng (%) của mùa mưa, mùa khô so với tổng lượng mưa năm giai đoạn (1989–2018) trạm Tuy Hòa.

Năm	Mùa mưa (mm)	Tỉ trọng (%)	Mùa khô (mm)	Tỉ trọng (%)
1989	1219,2	78,4	404,9	21,6
1990	2343,0	73,5	345,8	26,5
1991	1467,6	77,1	405,3	23,0
1992	1617,7	70,2	236,9	29,8
1993	2980,5	72,8	111,7	27,3
1994	1513,9	76,8	273,8	23,2
1995	1690,5	76,1	208,0	23,9
1996	2191,9	74,4	337,3	25,6
1997	1366,1	77,6	402,4	22,4
1998	2478,5	73,7	203,9	26,3
1999	2410,7	73,9	340,5	26,1
2000	2232,2	74,3	738,2	25,7
2001	1166,5	78,8	457,0	21,2
2002	1920,7	75,3	343,4	24,7
2003	1345,2	77,7	511,9	22,3
2004	722,6	82,7	308,1	17,3
2005	2174,8	74,5	119,6	25,5
2006	1051,3	79,6	505,8	20,4
2007	2394,9	74,0	369,5	26,1
2008	1337,3	77,8	1003,5	22,2
2009	1022,9	79,9	703,0	20,1
2010	3257,5	72,1	562,5	27,9
2011	1293,8	78,1	472,7	22,0
2012	1202,1	78,6	472,9	21,4

Năm	Mùa mưa (mm)	Tỉ trọng (%)	Mùa khô (mm)	Tỉ trọng (%)
2013	968,3	80,3	534,3	19,7
2014	1824,1	75,6	119,2	24,4
2015	1278,6	78,2	227,7	21,9
2016	2907,7	72,9	295,5	27,1
2017	1552,9	76,7	891,2	23,3
2018	1703,9	76,1	353,5	23,9

Trạm Nha Trang Lượng mưa mùa mưa chiếm tỉ trọng từ 59–70% gồm những năm: 1991, 1995, 1996, 1999, 2000, 2001, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2011, 2012, 2014. Lượng mưa mùa mưa chiếm tỉ trọng từ 85–90% gồm những năm: 1993, 1998, 2002, 2005, 2010, 2016, 2018 (Bảng 7). Lượng mưa lớn tập trung trong thời gian ngắn, có ý nghĩa rất quan trọng, bởi đó là nguyên nhân gây ra hiện tượng thời tiết thủy văn nguy hiểm, lũ, lụt, sạt lở.v.v... Nếu chỉ tính riêng lượng mưa mùa thì giá trị cực đại và cực tiểu có lượng mưa chênh lệch nhau 0,3–1,0 lần, trong mùa khô mưa chênh lệch nhau lớn 3,5–40 lần.

Bảng 7. Lượng mưa (mm) và tỉ trọng (%) của mùa mưa, mùa khô so với tổng lượng mưa năm giai đoạn (1989–2018) Trạm Nha Trang.

Năm	Mùa mưa (mm)	Tỉ trọng (%)	Mùa khô (mm)	Tỉ trọng (%)
1989	851,1	77,5	247,0	22,5
1990	974,1	85,8	161,8	14,3
1991	670,8	56,4	517,9	43,6
1992	810,9	77,1	240,6	22,9
1993	1069,5	91,3	101,3	8,7
1994	927,6	68,9	417,8	31,1
1995	907,5	78,5	247,9	21,5
1996	1504,6	79,5	387,7	20,5
1997	854,5	85,1	149,8	14,9
1998	2020,5	90,7	207,1	9,3
1999	1536,4	84,3	286,5	15,7
2000	1725,0	76,2	539,4	23,8
2001	925,5	65,4	489,2	34,6
2002	1492,1	93,2	108,3	6,8
2003	1113,2	77,0	332,7	23,0
2004	435,8	54,3	366,9	45,7
2005	1678,2	93,2	122,5	6,8
2006	566,5	69,1	253,5	30,9
2007	1248,3	79,8	315,4	20,2
2008	1799,5	78,5	493,4	21,5
2009	817,5	57,7	600,5	42,4
2010	2272,8	86,7	350,0	13,4
2011	910,3	68,6	417,3	31,4
2012	1012,9	60,5	661,8	39,5
2013	980,2	71,8	385,6	28,2
2014	815,2	83,9	157,0	16,2

Năm	Mùa mưa (mm)	Tỉ trọng (%)	Mùa khô (mm)	Tỉ trọng (%)
2015	1301,4	89,7	149,1	10,3
2016	2196,8	91,8	195,4	8,2
2017	854,3	61,0	546,9	39,0
2018	1572,3	88,8	197,5	11,2

Trạm Phan Thiết lượng mưa mùa mưa các năm chiếm từ 85–95% lượng mưa năm (Bảng 8), có nhiều năm lượng mưa mùa mưa chiếm tỷ trọng trên 97% tổng lượng mưa năm. Lượng mưa mùa khô chiếm tỷ trọng rất nhỏ, những năm có LANINA xuất hiện thì lượng mưa mùa khô tăng (năm 1999 là 17.4%).

Bảng 8. Lượng mưa (mm) và tỉ trọng (%) của mùa mưa, mùa khô so với tổng lượng mưa năm giai đoạn (1988–2018) Trạm Phan Thiết.

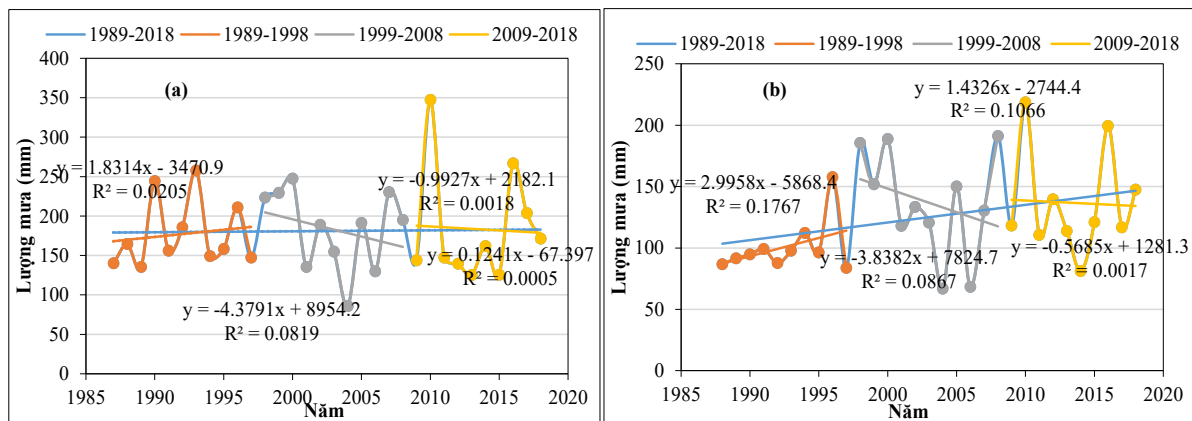
Năm	Mùa mưa (mm)	Tỉ trọng (%)	Mùa khô (mm)	Tỉ trọng (%)
1989	898,1	94,2	55,4	5,8
1990	987,8	98,0	19,7	2,0
1991	1177,3	97,8	27,0	2,2
1992	860,8	98,9	9,4	1,1
1993	868,1	98,0	17,7	2,0
1994	1301,4	97,3	36,2	2,7
1995	1034,0	95,8	44,8	4,2
1996	1392,1	98,2	25,2	1,8
1997	800,1	94,7	44,9	5,3
1998	988,7	98,2	17,9	1,8
1999	1571,7	82,6	332,1	17,4
2000	1362,0	93,6	93,1	6,4
2001	1027,9	88,0	139,6	12,0
2002	1050,3	93,9	67,7	6,1
2003	1110,2	98,6	15,3	1,4
2004	919,9	98,1	18,1	1,9
2005	1102,9	99,9	1,6	0,1
2006	1239,8	94,6	70,2	5,4
2007	1321,4	93,3	95,2	6,7
2008	1190,8	97,9	25,4	2,1
2009	936,3	86,9	141,1	13,1
2010	939,8	91,1	92,3	8,9
2011	1213,9	97,3	33,5	2,7
2012	1152,6	87,2	169,3	12,8
2013	660,9	96,2	25,9	3,8
2014	1052,3	97,1	31,8	2,9
2015	823,5	99,6	3,0	0,4
2016	1184,0	94,2	73,0	5,8
2017	936,0	82,5	199,0	17,5
2018	1074,5	98,1	20,5	1,9

3.2.4. Xu thế biến đổi lượng mưa

Để xét xu thế và chu kỳ biến đổi của chế độ mưa trong các thời kỳ, cũng giống như yếu tố nhiệt độ. Ở đây cũng đưa ra 3 thời kỳ, thời kỳ từ năm 1989–1998, thời kỳ từ năm 1999–2008 và thời kỳ từ năm 2009–2018 để đánh giá chung cho sự chênh lệch về chế độ mưa Khu vực Nam Trung Bộ. Hình 12a, xu thế lượng mưa năm tại trạm Tuy Hòa cả giai đoạn 1989–2018 với hàm xu thế có dạng $y = 0,1241x - 67,397$ (x là năm, y là lượng mưa) cho thấy xu hướng tăng với tốc độ 0,1mm/năm. Trong đó giai đoạn từ năm 1989–1998 với hàm xu thế có dạng $y = 1,831x - 3470,9$ cho thấy xu hướng tăng với tốc độ 1,8mm/năm, giai đoạn từ năm 1999–2008 với hàm xu thế có dạng $y = -4,3791x + 8954,2$ cho thấy xu thế giảm với tốc độ 4,3mm/năm. Giai đoạn từ năm 2009–2018 với hàm xu thế có dạng $y = -0,9927x + 2182,1$ cho thấy xu thế giảm với tốc độ 0,9mm/năm.

Xu thế tổng lượng mưa năm tại trạm Nha Trang cả giai đoạn 1989–2018 với hàm xu thế có dạng $y = 1,4326x - 2744,4$ (x là năm, y là lượng mưa) cho thấy xu hướng tăng lên với tốc độ 1,4 mm/năm (Hình 12b). Trong đó giai đoạn 1989–1998 hàm xu thế có dạng $y = 2,9958x - 5865,4$ cho thấy xu hướng tăng với tốc độ 2,9mm/năm. Giai đoạn từ năm 1999–2008 với hàm xu thế có dạng $y = -3,8382x + 7824,7$ cho thấy xu hướng giảm xuống với tốc độ -3,8 mm/năm, giai đoạn từ năm 2009–2018 với hàm xu thế có dạng $y = -0,5685x + 1281,3$ cho thấy xu thế giảm xuống với tốc độ 0,56mm/năm.

Xu thế tổng lượng mưa năm tại trạm Phan Thiết cả giai đoạn 1989–2018 với hàm xu thế có dạng $y = -1,7749x + 4699,3$ (x là năm, y là lượng mưa) cho thấy xu hướng giảm với tốc độ 1,7 mm/năm. Trong đó giai đoạn từ năm 1989 – 1998 với hàm xu thế có dạng $y = -3,3194x + 7707,5$ (x là năm, y là lượng mưa) cho thấy xu hướng giảm xuống với tốc độ -3,3mm/năm (Hình 13), giai đoạn từ năm 1999–2008 với hàm xu thế có dạng $y = -18,59x + 3849,3$ cho thấy xu thế giảm xuống với tốc độ -18 mm/năm. giai đoạn từ năm 2009–2018 với hàm xu thế có dạng $y = -0,9404x + 2973,8$ cho thấy xu thế giảm xuống với tốc độ -0,9mm/năm. Như vậy, trong 10 năm gần đây, lượng mưa năm ở cả ba trạm Tuy Hòa, Nha Trang và Phan Thiết đều có xu thế giảm. Kết quả này giải thích cho các đợt nắng nóng và hạn xảy ra ở ở một số tỉnh thuộc khu vực Nam Trung Bộ.



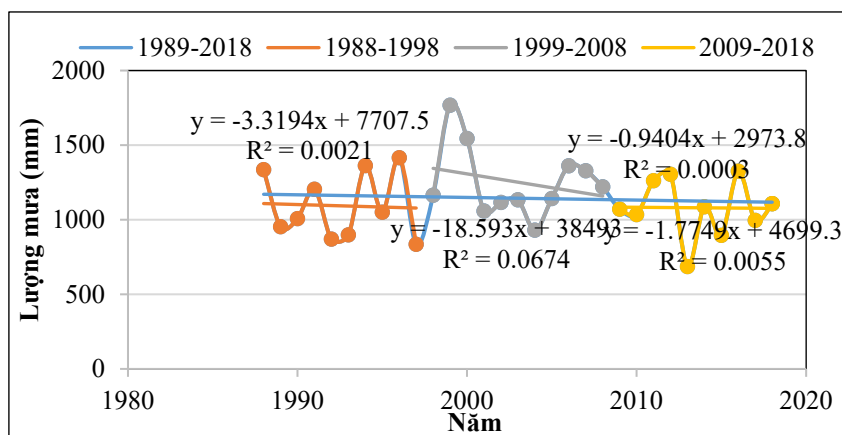
Hình 12. (a) Xu thế biến đổi lượng mưa năm tại trạm Tuy Hòa; (b) Xu thế biến đổi lượng mưa năm tại Nha Trang.

4. Kết luận

Qua nghiên cứu chuỗi số liệu về nhiệt độ và lượng mưa tại 3 trạm của khu vực Nam Trung Bộ giai đoạn 1988–2018, cho thấy nhiệt độ các tháng có sự biến đổi nhỏ, tuy nhiên cũng có sự phân bố khá rõ ràng trong năm. Trong năm có tháng 4 và tháng 5, 6 là các tháng nóng nhất trong năm, nhiệt độ tối cao có khi lên đến 36–37°C, tháng 1 và tháng 12 là 2 tháng lạnh nhất trong năm, nhiệt độ tối thấp có khi xuống đến 17–18°C. Nhiệt độ không khí trung bình năm dao động từ 25–27°C, nhiệt độ trung bình năm (T_{tb}) ở Nam Trung Bộ có xu thế tăng

theo thời gian. Nhiệt độ trung bình năm thời điểm cao nhất rơi vào năm 1998 (Tuy Hòa, Phan Thiết) là 27,7°C, tại Nha Trang năm 2016 nhiệt độ trung bình năm lên tới 28,1°C. Xu thế biến đổi chuẩn sai Tm và Tx trung bình của các trạm Tuy Hòa, Nha Trang, Phan Thiết đều có xu hướng tăng, trong đó chuẩn sai Tm có xu hướng tăng nhanh hơn so với chuẩn sai Tx. Kết quả này cho thấy ngưỡng nhiệt độ ở khu vực Nam Trung Bộ bị thu hẹp lại. Đặc biệt, chuẩn sai Tm của trạm Phan Thiết tăng mạnh, trong khi đó chuẩn sai Tx giảm nhẹ, nghĩa là nhiệt độ tối thấp của trạm Phan Thiết những năm gần đây luôn lớn hơn so với trung bình nhiều năm và tốc độ tăng là 0.17°C/năm, còn tốc độ giảm của chuẩn sai Tx là không đáng kể 0.004°C/năm.

Về lượng mưa, lượng mưa trung bình năm ở trạm Phan Thiết đạt từ 1400–1700mm, tại Tuy Hòa từ 1800–2200mm và cao hơn Nha Trang và Phan Thiết, (năm 1999 và 2007, 2010 là năm có lượng mưa vượt lượng mưa TBNN, lượng mưa tập chung chủ yếu vào tháng 9–11) chiếm từ 85–93%. Mùa khô kéo dài từ tháng 1 đến tháng 8 mưa chỉ chiếm 5–30% tổng lượng mưa năm. Đối với xu thế tổng lượng mưa ở trạm Tuy hòa và Nha Trang giai đoạn 1989–1998 có xu hướng tăng nhẹ, giai đoạn 1999–2008 và giai đoạn 2009–2018 đều có xu hướng giảm rõ rệt. Riêng trạm Phan Thiết xu thế lượng mưa đều giảm rõ rệt trong tất cả các giai đoạn. Các kết quả nghiên cứu trên đây có thể là một nguồn tham khảo hữu ích cho việc hoạch định chiến lược phát triển kinh tế xã hội, du lịch dịch vụ của khu vực Nam Trung Bộ.



Hình 13. Xu thế biến đổi lượng mưa năm tại Phan Thiết.

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

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

Tài liệu tham khảo

1. Thuc, T.; Thang, N.V.; Huong, H.T.L.; Khiem, M.V.; Hien, N.X.; Phong, D.H. Kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam. Viện KTTV&Môi trường, 2016.
2. Đài KTTV Khu Vực Nam Trung Bộ. Đặc điểm Khí hậu Thủy văn tỉnh Khánh Hòa, Bình Định, Bình Thuận. 2001. <http://kttvntb.gov.vn>.
3. Đài Khí Tượng Thủy Văn Khu Vực Nam Trung Bộ. Đặc Điểm Khí Hậu và Thủy Văn Tỉnh Khánh Hòa. Sở Khoa Học Và Công Nghệ Tỉnh Khánh Hòa, 2004.
4. Đài Khí Tượng Thủy Văn Khu Vực Nam Trung Bộ. Đặc Điểm Khí Hậu Thủy Văn Tỉnh Bình Thuận. Sở Khoa Học và Công Nghệ Tỉnh Bình Thuận, 1996.
5. Xiển, N.; Toàn, P.N.; Đắc, P.T. Đặc điểm khí hậu miền Bắc Việt Nam. Nhà xuất bản khoa học, 1968.

6. Cương, Đ.Đ. Khí hậu Việt Nam. Sài Gòn: Khai Trí. 1968.
7. Toàn, P.N.; Đắc, P.T. Đặc điểm khí hậu Việt Nam. *NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội* 1992, 232, 201–206.
8. Đắc, P.T. Khí Hậu Hà Tây. *NXB Hà Tây*, 1971, tr.199.
9. Ngử, N.Đ. Khí hậu Tây Nguyên. *Viện KTTV xuất bản, Hà Nội*, 1985.
10. Hiệu, N.T. Khí hậu Tây Bắc. *Viện KTTV xuất bản*. 1980.
11. Chinh, N.D. Đề tài nghiên cứu khoa học “Kiểm kê, đánh giá tài nguyên khí hậu Việt Nam”, 2002.
12. Ngử, N.Đ.; Hiệu, N.T. Khí hậu và tài nguyên khí hậu Việt Nam. *NXB Nông nghiệp, Hà Nội*, 2004.
13. 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.
14. Hằng, V.T.; Hường, C.T.T.; Tân, P.V. Xu thế biến đổi của lượng mưa ngày cực đại ở Việt Nam giai đoạn 1961–2007. *Tap chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội* 2009, 25(3S), 423–430.
15. 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, 02, 1–12.
16. Đề tài “Nghiên cứu bổ sung đặc điểm Khí hậu Thủy văn tỉnh Khánh Hòa, Bình Định, Bình Thuận”, 2014.
17. <https://cungphuot.info/lich-trinh-du-lich/nam-trung-bo>.
18. Wilks Daniel, S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. *Ithaca New York*. 1997, 59, 255.
19. Tân, P.V. Phương pháp thống kê khí hậu học. Đại học Quốc Gia Hà Nội. 1999.
20. Minh, T.C. Khí hậu và khí tượng đại cương. NXB Đại học quốc gia Hà Nội. 2007.

Studying characteristics and the trend in changing rainfall and temperature of the south central region of Viet Nam

Nguyen Thi Tuyet^{1*}, Pham Thi Minh^{1*}, Tran Thi Thu Thao¹, Nguyen Thi Hang²

¹ Department of Meteorology, Hydrology and Climate change, Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment; nttuyet@hcmunre.edu.vn; minhpt201@gmail.com; tttthao@hcmunre.edu.vn;

² Department of General Science Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment; hang.nguyen687@gmail.com.

Abstract: In this article, the author uses 30-year period (1989–2018) in precipitation and temperature of TuyHoa, NhaTrang, and PhanThiet meteorological stations to assess the trend of rain change and temperature of the South Central region of Việt Nam. The results show that the trend of average temperature variation of the above stations over time in the last 10 years has doubled compared to the period 1989–1998 and the trend of spatial average temperature variation is relatively small. In addition, the trend of extreme temperature variation is significant. Specifically, the minimum temperature increases about 0.04°C/year, while the maximum temperature increases about 0.01°C/year. As for rainfall, the trend of rainfall variation is not consistent across regions and periods. The change in the total annual rainfall of TuyHoa and NhaTrang stations both shows a slight increase of about 0.1 to 1.4ml/year, while at PhanThiet station, the trend of annual rainfall change decreases by 1.7ml/year.

Keywords: The trend of temperature; Rain; Temperature; The trend of amount of rain.

Bài báo khoa học

Đánh giá an ninh nước tỉnh Quảng Ngãi trong bối cảnh biến đổi khí hậu

Bùi Đức Hiếu^{1*}, Tạ Đình Thi², Huỳnh Thị Lan Hương³, Đặng Quang Thịnh³, Nguyễn Văn Đại³, Nguyễn Thị Liễu³, Nguyễn Anh Tuấn³

¹ Văn phòng Bộ Tài nguyên và Môi trường; duchieuct@gmail.com;

² Đại biểu Quốc hội Khóa XV, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường; tadinhtthi@gmail.com;

³ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Bộ Tài nguyên và Môi trường; huynhlanhuong@gmail.com; thinh dangq@gmail.com; nguyendai.tv@gmail.com; lieuminh2011@gmail.com; athnvn@gmail.com;

*Tác giả liên hệ: duchieuct@gmail.com, Tel.: +84-977365365

Ban Biên tập nhận bài: 8/7/2021; Ngày phản biện xong: 6/8/2021; Ngày đăng bài: 25/9/2021

Tóm tắt: Trên thế giới và ở Việt Nam, các nghiên cứu đề xuất đánh giá, lượng hóa mức độ an ninh nước đã được nghiên cứu nhưng chưa có nhiều nghiên cứu đánh giá an ninh nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu, đặc biệt là việc áp dụng các bộ chỉ số/bộ tiêu chí để đánh giá. Nghiên cứu sử dụng phương pháp xây dựng bộ chỉ số để đánh giá an ninh nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu ở tỉnh Quảng Ngãi. Nghiên cứu đã thu thập tài liệu, dữ liệu thực tiễn tại địa phương, kết quả điều tra khảo sát thực tế tại Quảng Ngãi. Thông qua phương pháp xin ý kiến chuyên gia, 17 chỉ số thành phần, 04 nhóm chỉ số chính được xác định để tính toán an ninh nước. Kết quả tính toán và so sánh cho thấy: (i) Chỉ số an ninh nước ở các thời kỳ tương lai đều thấp hơn so với thời kỳ hiện tại; (ii) Chỉ số an ninh nước ở tương lai có xét đến biến đổi khí hậu thấp hơn so với chỉ số không có biến đổi khí hậu; (iii) Chỉ số an ninh nước ở kịch bản RCP8.5 thấp hơn kịch bản RCP4.5 ở cùng thời kỳ 2046–2065. Kết quả của bài báo là tiền đề để đề xuất các giải pháp nhằm cải thiện an ninh nước ở tỉnh Quảng Ngãi.

Từ khóa: An ninh nước; Biến đổi khí hậu; Quảng Ngãi.

1. Mở đầu

Hiện nay, trên thế giới có nhiều khái niệm về an ninh nước; tại Việt Nam, hiện các cơ quan quản lý nhà nước, các đề tài nghiên cứu chủ yếu sử dụng cụm từ “an ninh nguồn nước” và “an ninh tài nguyên nước”, nhưng về bản chất thì nội hàm là tương tự nhau. Tổng hợp lại thì định nghĩa của Ủy ban Liên hợp quốc về nước [1] bao hàm tương đối đầy đủ các nội dung về an ninh nước, cụ thể an ninh nước được đảm bảo khi một cộng đồng người dân được đáp ứng đủ nước một cách cơ bản cả về số lượng lẫn chất lượng để duy trì cuộc sống, phát triển kinh tế-xã hội, nhưng không bị ảnh hưởng bởi vấn đề ô nhiễm nước và các thảm họa liên quan đến nước; và quan trọng là tất cả các yếu tố nêu trên phải được duy trì trong điều kiện hệ sinh thái vẫn được bảo tồn, cuộc sống hoà bình, chính trị ổn định. Như vậy an ninh nước được đảm bảo khi: (i) Cộng đồng người dân có đủ nước để sử dụng cho đời sống, sinh hoạt, ăn uống và phục vụ phát triển kinh tế-xã hội; (ii) Chất lượng nước được đảm bảo, sử dụng nước không bị ô nhiễm; (iii) Không bị ảnh hưởng bởi các thảm họa, thiên tai liên quan đến nước; (iv) Tất cả các yếu tố nêu trên phải được duy trì trong điều kiện hệ sinh thái vẫn được bảo tồn,

cộng đồng sống trong hoà bình, chính trị ổn định. Nghiên cứu này sử dụng cụm từ “an ninh nước” với định nghĩa như trên.

Với khái niệm như vậy, việc đo lường an ninh nước không đơn giản và nhiều công cụ đã được thiết lập để lượng hóa đối tượng này [2]. Trong một đánh giá cho Khu vực Châu Á–Thái Bình Dương [3], an ninh nước của 46 quốc gia có những điều kiện tài nguyên nước khác nhau và phát triển khác nhau được đánh giá thông qua 5 chỉ thị gồm: các nhu cầu căn bản, sản xuất lương thực, dòng chảy môi trường, quản lý rủi ro và sự độc lập. Đánh giá này là tương đối toàn diện, so sánh được nhiều các quốc gia với nhau nhưng phải đảm bảo có đủ số liệu, vì trên thực tế mỗi quốc gia có hệ cơ sở dữ liệu, cách thức tính toán, ngoại suy khác nhau. Trong nghiên cứu về chỉ số an ninh nước [4], để tính được an ninh nước cần 03 nhóm chỉ số phụ gồm tài nguyên nước, môi trường nước và kinh tế–xã hội, trong đó sử dụng 15 yếu tố được lựa chọn để thiết lập một đánh giá tổng hợp về an ninh nước ở lưu vực sông Hoàng Hà. Các chỉ tiêu cụ thể bao gồm: (i) Hợp phần tài nguyên nước; (ii) Hợp phần môi trường nước; (iii) Hợp phần kinh tế–xã hội.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu liên quan đến an ninh nước vẫn chưa nhiều và chưa có nghiên cứu nào thiết lập được bộ chỉ số về an ninh nước cho khu vực nghiên cứu liên quan đến luận án. Đến nay có một số nghiên cứu liên quan đến an ninh nước gồm:

Năm 2015, Nghiên cứu “Phát triển và ứng dụng một khung đánh giá an ninh nguồn nước cho thành phố Hà Nội” [5] đã chỉ ra chỉ số an ninh nước của Hà Nội và chỉ số tổng hợp an ninh nước (WSI) tương ứng với các năm 2005, 2010 và 2015. Qua đó, nghiên cứu chỉ ra rằng các chỉ số an ninh nước của Thành phố Hà Nội tăng dần theo thời gian. Dựa trên phương pháp tính bình quân số học, coi trọng số của các chỉ số, nhóm chỉ số, khu vực, nghiên cứu đã chia Hà Nội thành 4 khu vực (Trung tâm, Bắc, Tây và Nam) và 5 nhóm chỉ số theo các tiêu chí: Hộ gia đình; Kinh tế; Môi trường; Thiên tai và quản trị, quản lý.

Một trong những nghiên cứu gần đây về an ninh nước ở Việt Nam [6] nghiên cứu về an ninh nước cho phát triển bền vững lưu vực sông Mã. Nghiên cứu xây dựng được bộ chỉ số an ninh nước lưu vực sông Việt Nam gồm 18 chỉ số chia làm 6 nhóm chỉ số an ninh nước: (i) Nhóm chỉ số an ninh nước liên quan đến nước đến lưu vực sông; (ii) Nhóm chỉ số an ninh nước liên quan đến cung cấp nước sạch cho dân sinh; (iii) Nhóm chỉ số an ninh nước dựa vào mức độ kinh tế sử dụng nước của lưu vực sông; (iv) Nhóm chỉ số an ninh nước liên quan đến bảo vệ hệ sinh thái và môi trường dòng sông; (v) Nhóm chỉ số an ninh nước dựa vào các rủi ro, thiệt hại do thiên tai; (vi) Nhóm chỉ số an ninh nước liên quan đến quản lý tài nguyên nước, quản lý lưu vực sông, phân cấp mức độ đảm bảo an ninh nước lưu vực. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã đề xuất một số định hướng giải pháp công trình, phi công trình nhằm đảm bảo an ninh nước lưu vực.

Trên thế giới, mặc dù có nhiều nghiên cứu về an ninh nước, kể cả các nghiên cứu đề xuất việc đánh giá, lượng hóa mức độ an ninh nước nhưng chưa có nhiều nghiên cứu đánh giá an ninh nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu, đặc biệt là việc áp dụng các bộ chỉ số/bộ tiêu chí để đánh giá vấn đề này. Đối với tình hình trong nước, mặc dù đã có nhiều vấn đề phát sinh về an ninh nước trên cả nước nói chung và ở Quảng Ngãi nói riêng nhưng Việt Nam chưa có nhiều nghiên cứu về an ninh nước, ngay cả trong các văn bản pháp luật của Nhà nước cũng chưa đề cập đến vấn đề này, đặc biệt việc nghiên cứu an ninh nước trong điều kiện biến đổi khí hậu. Do đó Nghiên cứu nhằm đánh giá mức độ an ninh nước trong điều kiện biến đổi khí hậu tại Việt Nam thông qua bộ chỉ số, áp dụng thử nghiệm cho một tỉnh là Quảng Ngãi.

2. Phương pháp và số liệu nghiên cứu

2.1. Phương pháp tính toán, lựa chọn chỉ số an ninh nước

Phương pháp xin ý kiến chuyên gia là phương pháp được lựa chọn để xác định bộ chỉ số về an ninh nước.

Quá trình lựa chọn các chỉ số an ninh nước được thực hiện cụ thể qua 8 bước, 3 giai đoạn trước, trong và sau khi tham vấn như sau:

- Giai đoạn trước khi tham vấn ý kiến chuyên gia:
 - + Bước 1: Lựa chọn nhóm chuyên gia có liên quan tới quá trình tham vấn, số lượng 10 người (gồm các chuyên gia là những nhà khoa học, nhà quản lý liên quan đến nội dung nghiên cứu đến từ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Viện Khoa học tài nguyên nước, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Cục Quản lý tài nguyên nước, Cục Biến đổi khí hậu, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Ngãi).
 - + Bước 2: Xây dựng các chỉ số về an ninh nước dựa trên các tổng quan nghiên cứu và đánh giá sự phù hợp.
 - + Bước 3: Xây dựng các câu hỏi nhằm xin ý kiến tham vấn của các chuyên gia và các nhà khoa học liên quan.
- Giai đoạn tham vấn ý kiến chuyên gia:
 - + Bước 4: Tiến hành tham vấn lần 1. Buổi họp tham vấn ý kiến chuyên gia được tổ chức. Các chuyên gia được đề nghị đánh giá mức độ đồng thuận với bộ chỉ số đưa ra. Mức đồng thuận được sắp xếp từ 1–5 như sau: (i) rất không liên quan; (ii) không liên quan; (iii) có ít nhiều liên quan; (iv) liên quan; (v) rất liên quan.
 - + Bước 5: Phân tích dữ liệu vòng 1. Sau khi thu thập dữ liệu bằng Phương pháp Delphi, mỗi nhóm tác giả lựa chọn quy tắc khác nhau để tổng hợp và phân tích kết quả, hai quy tắc hay sử dụng là KAMET và Khung DPSIR (giá trị Kendal được để đánh giá sự phù hợp của chỉ số cần tham vấn. Mức độ đồng thuận được cho điểm theo các ngưỡng 0,0–0,1; > 0,1–0,3; > 0,3–0,5; > 0,5–0,7; > 0,7–1,0 tương đương với mức độ đồng thuận rất yếu; yếu; trung bình; mạnh; rất mạnh).
- Dựa vào kết quả đánh giá, các giá trị Trung vị (Md); Độ lệch tứ phân vị (Q); Giá trị trung bình (q_i) và Phương sai (%) theo quy tắc KAMET được tính toán.
- + Bước 6: Áp dụng phương pháp xin ý kiến chuyên gia vòng 2. Bảng câu hỏi được gửi cho các chuyên gia trong vòng 2 để tham vấn ý kiến đồng thuận hoặc mức độ ổn định trong câu trả lời của các thành viên. Chỉ số không được sử dụng khi một chuyên gia không trả lời chắc chắn các câu hỏi đưa ra [7].
 - Giai đoạn sau khi tham vấn ý kiến chuyên gia:
 - + Bước 7: Phân tích dữ liệu vòng 2. Sau khi dữ liệu được thu thập tại vòng 2, tiến hành phân tích kết quả. Việc phân tích dựa trên quy tắc KAMET như trên. Các chỉ số Trung vị (Md); Độ lệch tứ phân vị (Q); Giá trị trung bình (q_i) và Phương sai (%) được tính toán lại ở bước này.
- Trong trường hợp tất cả các câu hỏi được chấp thuận hoặc từ chối; hoặc Giá trị trung bình cao hơn 3,5 và Phương sai thấp hơn 15%, phương pháp xin ý kiến kết thúc [7].
- + Bước 8: Phân tích và tổng hợp kết quả. Căn cứ kết quả của các bước nêu trên, chỉ số cuối cùng được lựa chọn để thực hiện tính toán.

2.2. Số liệu sử dụng trong tính toán

Kịch bản biến đổi khí hậu tỉnh Quảng Ngãi được chiết xuất từ kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam cập nhật năm 2016 do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu [8] xây dựng như sau:

- Số liệu khí hậu thực đo đến 2014 được dùng cho việc hiệu chỉnh mô hình và so sánh kết quả tính toán với số liệu thực đo; số liệu này từ các trạm: An Chí, Ba Tư, Lý Sơn, Quảng Ngãi, Sơn Giang.

- Kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng theo hai kịch bản nồng độ khí nhà kính là kịch bản trung bình RCP4.5 và kịch bản cao RCP8.5.

- Sự thay đổi trong tương lai của các biến khí hậu và mực nước biển là so với giá trị thực đo của thời kỳ cơ sở (1986–2005).

- Kết quả tính toán từ các mô hình của các biến khí hậu được chiết xuất theo giá trị trung bình ngày trong giai đoạn từ năm 1986 đến năm 2100.
- Biến đổi khí hậu trong tương lai được phân tích và trình bày cho giai đoạn đầu thế kỷ (2016–2035), giữa thế kỷ 21 (2046–2065) và cuối thế kỷ 21 (2080–2099).
- Các số liệu tự nhiên, kinh tế, xã hội được phân tích từ các kết quả điều tra, khảo sát, các tài liệu thu thập liên quan.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Bộ chỉ số an ninh nước

Bộ chỉ số cuối cùng sau khi xin ý kiến chuyên gia gồm 04 chỉ số chính và 17 chỉ số thành phần. Các chỉ số này đã bám sát định nghĩa của UN–Water như nêu tại phần mở đầu. Cụ thể, các chỉ số được mô tả và diễn giải theo các công thức tính toán như Bảng 1.

Bảng 1. Chỉ số an ninh nước cả năm ở thời điểm hiện tại.

Chỉ số chính	Chỉ số cuối cùng sau khi xin ý kiến chuyên gia
Hệ sinh thái	Hiện trạng ô nhiễm
	Sức ép nước
	Chỉ số tài nguyên nước
	Mặt đệm
	Hệ số suy giảm hệ sinh thái
	Tần suất lũ
Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước	Tần suất lũ
	Số ngày hạn hán
	Tỉ lệ diện tích ngập lụt
	Lượng mưa trung bình năm
Kinh tế–Xã hội	Nhiệt độ trung bình năm
	Chi phí cho nước, vệ sinh
	Chi trả cho dịch vụ nước và nước thải
Tài nguyên nước và con người	Hệ số khan hiếm nước
	Hệ số biến đổi nước đến lưu vực sông
	Hệ số khai thác nước
	Dân số được tiếp cận nước sạch
	Tỷ lệ người dân được tiếp cận hệ thống thu gom nước thải đạt tiêu chuẩn

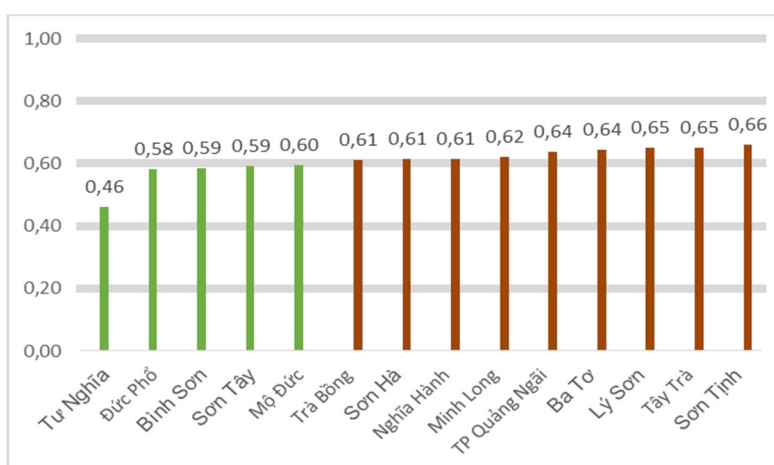
3.2. Tính toán an ninh nước của Quảng Ngãi ở thời điểm hiện tại

3.2.1. Chỉ số an ninh nước cả năm

Chỉ số an ninh nước cả năm tính cho thời điểm hiện tại của cả tỉnh Quảng Ngãi được đánh giá ở mức cao (0,61) (Bảng 2). Trong đó, chỉ số kinh tế–xã hội ở mức rất thấp (0,1198), tiếp theo là chỉ số Tài nguyên nước và con người ở mức cao (0,71), chỉ số Hệ sinh thái ở mức cao (0,74), chỉ số Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước ở mức rất cao (0,86). So sánh giữa các huyện về chỉ số an ninh nước cả năm ở thời điểm hiện tại, 08 huyện (Trà Bồng, Sơn Hà, Nghĩa Hành, Minh Long, Ba Tơ, Lý Sơn, Tây Trà, Sơn Tịnh) và thành phố Quảng Ngãi có chỉ số an ninh nước ở mức cao, dao động từ 0,61 đến 0,66, trong đó huyện Sơn Hà là cao nhất ở mức 0,66 do có các chỉ số thành phần đều ở mức cao. Các huyện còn lại có chỉ số an ninh nước trung bình, dao động từ 0,46 (huyện Tư Nghĩa) đến 0,60 (huyện Mộ Đức) (Hình 1).

Bảng 2. Chỉ số an ninh nước cả năm ở thời điểm hiện tại.

TT	Huyện	Hệ sinh thái	Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước	Kinh tế-xã hội	Tài nguyên nước và con người	Chỉ số an ninh nước cả năm
1	Ba Tơ	0,81	0,92	0,1304	0,74	0,65
2	Bình Sơn	0,66	0,91	0,0586	0,75	0,60
3	Đức Phổ	0,65	0,77	0,1488	0,75	0,58
4	Lý Sơn	0,45	0,86	0,1222	0,41	0,46
5	Minh Long	0,78	0,91	0,1241	0,73	0,64
6	Mộ Đức	0,68	0,74	0,1709	0,75	0,59
7	Nghĩa Hành	0,83	0,84	0,1760	0,76	0,65
8	Sơn Hà	0,90	0,92	0,1122	0,71	0,66
9	Sơn Tây	0,83	0,92	0,0503	0,68	0,62
10	Sơn Tịnh	0,78	0,82	0,1179	0,75	0,61
11	Tây Trà	0,76	0,92	0,1073	0,65	0,61
12	TP Quảng Ngãi	0,68	0,86	0,0657	0,76	0,59
13	Trà Bồng	0,79	0,92	0,1363	0,72	0,64
14	Tur Nghĩa	0,75	0,79	0,1569	0,75	0,61
	Cả tỉnh	0,74	0,86	0,1198	0,71	0,61



Hình 1. Chỉ số an ninh nước cả năm so sánh giữa các huyện ở thời điểm hiện tại.

3.2.2. Chỉ số an ninh nước mùa cạn

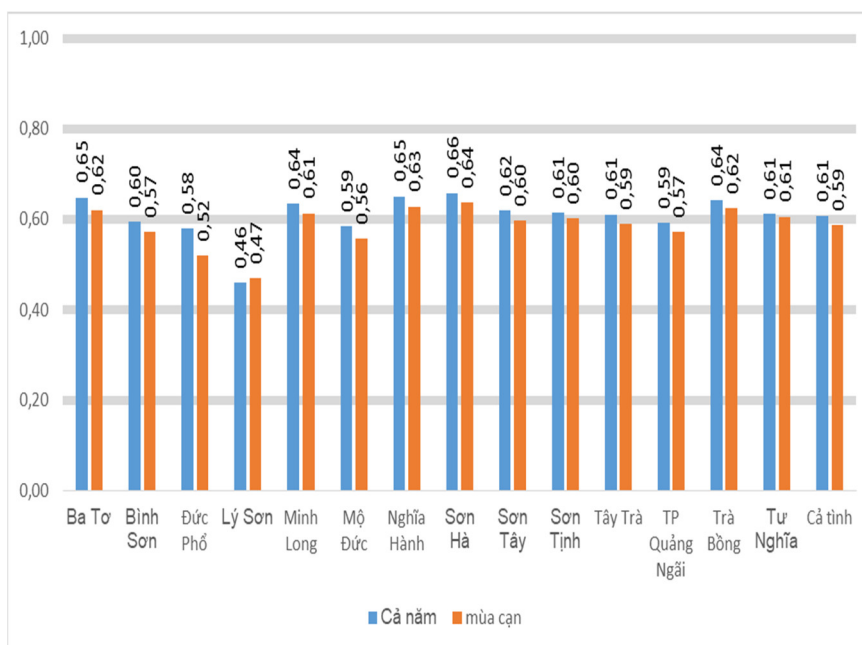
Chỉ số an ninh nước mùa cạn tính cho thời điểm hiện tại của cả tỉnh Quảng Ngãi được đánh giá ở mức trung bình (0,59). Trong đó, chỉ số kinh tế-xã hội ở mức rất thấp (0,1198), cả ba chỉ số Hệ sinh thái, Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước, Tài nguyên nước và con người đều ở mức cao (lần lượt là 0,73, 0,80, 0,69) (Bảng 3).

Bảng 3. Chỉ số an ninh nước mùa cạn ở thời điểm hiện tại.

TT	Huyện	Hệ sinh thái	Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước	Kinh tế-xã hội	Tài nguyên nước và con người	Chỉ số an ninh nước cả năm
1	Ba Tơ	0,81	0,92	0,1304	0,74	0,65
2	Bình Sơn	0,66	0,91	0,0586	0,75	0,60
3	Đức Phổ	0,65	0,77	0,1488	0,75	0,58

TT	Huyện	Hệ sinh thái	Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước	Kinh tế-xã hội	Tài nguyên nước và con người	Chỉ số an ninh nước cả năm
4	Lý Sơn	0,45	0,86	0,1222	0,41	0,46
5	Minh Long	0,78	0,91	0,1241	0,73	0,64
6	Mộ Đức	0,68	0,74	0,1709	0,75	0,59
7	Nghĩa Hành	0,83	0,84	0,1760	0,76	0,65
8	Sơn Hà	0,90	0,92	0,1122	0,71	0,66
9	Sơn Tây	0,83	0,92	0,0503	0,68	0,62
10	Sơn Tịnh	0,78	0,82	0,1179	0,75	0,61
11	Tây Trà	0,76	0,92	0,1073	0,65	0,61
12	TP Quảng Ngãi			0,0657		0,59
	Ngãi	0,68	0,86		0,76	
13	Trà Bồng	0,79	0,92	0,1363	0,72	0,64
14	Tư Nghĩa	0,75	0,79	0,1569	0,75	0,61
	Cả tỉnh	0,73	0,80	0,1198	0,69	0,59

Về so sánh giữa chỉ số an ninh nước mùa cạn với chỉ số an ninh nước cả năm: hầu hết các huyện đều có chỉ số an ninh nước mùa cạn thấp hơn so với an ninh nước cả năm; trong đó chênh lệch nhiều nhất là huyện Đức Phổ (mức chênh 0,06), các huyện còn lại và thành phố Quảng Ngãi có mức chênh giao động từ 0,01 đến 0,03; riêng huyện Lý Sơn thì ngược lại, chỉ số an ninh nước mùa cạn cao hơn cả năm với mức chênh 0,01. Tính trên toàn tỉnh, chỉ số an ninh nước mùa cạn thấp hơn chỉ số an ninh nước cả năm là 0,02 (so sánh giữa 0,59 - mức an ninh nước trung bình và 0,61 - mức an ninh nước cao) (Hình 2).



Hình 2. So sánh giữa chỉ số an ninh nước mùa cạn với chỉ số an ninh nước cả năm.

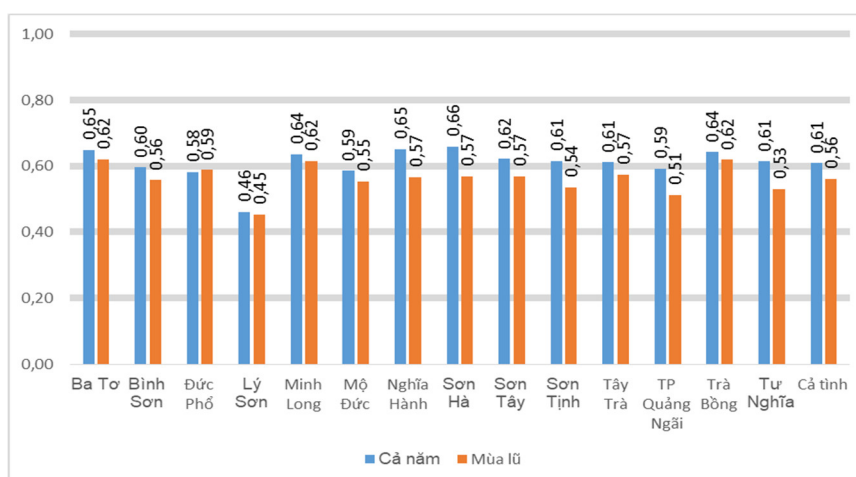
3.2.3. Chỉ số an ninh nước mùa lũ

Chỉ số an ninh nước mùa lũ tính cho thời điểm hiện tại của cả tỉnh Quảng Ngãi được đánh giá ở mức trung bình (0,56). Trong đó, chỉ số kinh tế-xã hội ở mức rất thấp (0,1198), ba chỉ số Hệ sinh thái, Tài nguyên nước và con người và chỉ số Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước ở mức cao (lần lượt là 0,70, 0,71, 0,71) (Bảng 4).

Bảng 4. Chỉ số an ninh nước mùa lũ ở thời điểm hiện tại.

TT	Huyện	Hệ sinh thái	Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước	Kinh tế-xã hội	Tài nguyên nước và con người	Chỉ số an ninh nước cả năm
1	Ba Tơ	0,87	0,74	0,1304	0,74	0,62
2	Bình Sơn	0,68	0,73	0,0586	0,76	0,56
3	Đức Phổ	0,74	0,70	0,1488	0,76	0,59
4	Lý Sơn	0,62	0,67	0,1222	0,41	0,45
5	Minh Long	0,88	0,72	0,1241	0,73	0,62
6	Mộ Đức	0,62	0,66	0,1709	0,76	0,55
7	Nghĩa Hành	0,63	0,70	0,1760	0,76	0,57
8	Sơn Hà	0,70	0,76	0,1122	0,71	0,57
9	Sơn Tây	0,80	0,74	0,0503	0,68	0,57
10	Sơn Tịnh	0,58	0,69	0,1179	0,75	0,54
11	Tây Trà	0,79	0,75	0,1073	0,65	0,57
12	TP. Quảng Ngãi	0,48	0,74	0,0657	0,76	0,51
13	Trà Bồng	0,88	0,74	0,1363	0,72	0,62
14	Tư Nghĩa	0,56	0,65	0,1569	0,76	0,53
	Cả tỉnh	0,70	0,71	0,1198	0,71	0,56

Về so sánh giữa chỉ số an ninh nước mùa lũ với chỉ số an ninh nước cả năm: hầu hết các huyện đều có chỉ số an ninh nước mùa lũ thấp hơn so với an ninh nước cả năm; trong đó chênh lệch nhiều nhất là 02 huyện Nghĩa Hành và Sơn Hà (đều có mức chênh 0,09), tiếp theo là 02 huyện Sơn Tịnh, Tư Nghĩa và thành phố Quảng Ngãi (đều có mức chênh 0,08); riêng huyện Đức Phổ thì ngược lại, chỉ số an ninh nước mùa lũ cao hơn cả năm với mức chênh 0,01. Tính trên toàn tỉnh, chỉ số an ninh nước mùa lũ thấp hơn chỉ số an ninh nước cả năm là 0,05 (so sánh giữa 0,56 - mức an ninh nước trung bình và 0,61 - mức an ninh nước cao) (Hình 3).



Hình 3. So sánh giữa chỉ số an ninh nước mùa lũ với chỉ số an ninh nước cả năm.

3.3. Tính toán an ninh cho thời kỳ tương lai (ở giai đoạn 2046 – 2065) có xét đến và không xét đến biến đổi khí hậu

3.3.1. Kết quả tính toán an ninh nước cho thời kỳ tương lai không xét đến biến đổi khí hậu

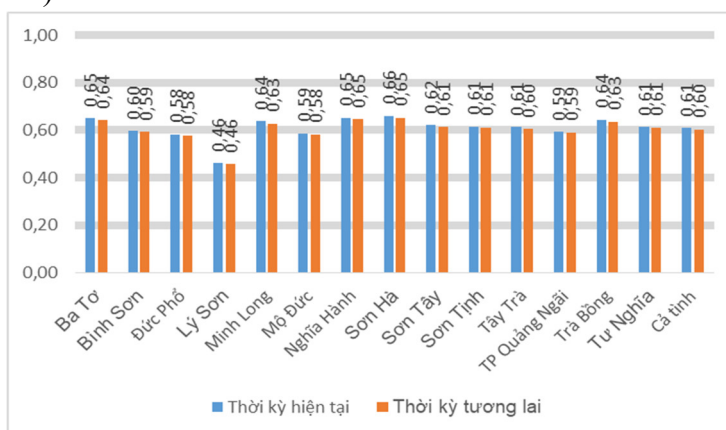
Chỉ số an ninh nước cả năm của tỉnh ở mức trung bình (0,6). Trong đó: chỉ số kinh tế-xã hội ở mức rất thấp (0,1189); các chỉ số Hệ sinh thái và chỉ số Tài nguyên nước và con người

ở mức cao (lần lượt là 0,72 và 0,71); chỉ số Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước ở mức rất cao (0,86) (Bảng 5).

Bảng 5. Chỉ số an ninh nước trong tương lai không xét đến biến đổi khí hậu.

TT	Huyện	Hệ sinh thái	Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước	Kinh tế – Xã hội	Tài nguyên nước và con người	Chỉ số an ninh nước cả năm
1	Ba Tơ	0,77	0,92	0,1277	0,74	0,64
2	Bình Sơn	0,64	0,91	0,0582	0,75	0,59
3	Đức Phổ	0,63	0,77	0,1488	0,75	0,58
4	Lý Sơn	0,44	0,86	0,1195	0,41	0,46
5	Minh Long	0,75	0,91	0,1208	0,73	0,63
6	Mộ Đức	0,67	0,74	0,1713	0,75	0,58
7	Nghĩa Hành	0,81	0,84	0,1756	0,76	0,65
8	Sơn Hà	0,87	0,92	0,1121	0,71	0,65
9	Sơn Tây	0,80	0,92	0,0493	0,68	0,61
10	Sơn Tĩnh	0,76	0,82	0,1173	0,75	0,61
11	Tây Trà	0,74	0,92	0,1048	0,65	0,60
12	TP Quảng Ngãi	0,67	0,86	0,0650	0,76	0,59
13	Trà Bồng	0,76	0,92	0,1379	0,72	0,63
14	Tur Nghĩa	0,74	0,79	0,1561	0,75	0,61
	Cả tỉnh	0,72	0,86	0,1189	0,71	0,60

So sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại với thời kỳ 2046–2065 chưa xét đến biến đổi khí hậu: về tổng thể chỉ số an ninh nước hầu như không biến động nhiều giữa hai thời kỳ này, xu hướng chung là an ninh nước ở thời kỳ 2046–2065 có thấp hơn nhưng không đáng kể. Cụ thể: có 09 huyện (Ba Tơ, Đức Phổ, Lý Sơn, Minh Long, Nghĩa Hành, Sơn Hà, Sơn Tây, Tây Trà và Trà Bồng) có mức an ninh nước ở thời kỳ 2046–2065 thấp hơn so với hiện tại (mức chênh tối thiểu 0,01); còn 04 huyện (Bình Sơn, Mộ Đức, Sơn Tĩnh, Tur Nghĩa) và thành phố Quảng Ngãi có mức an ninh nước không thay đổi giữa hai thời kỳ. Xét cả tỉnh thì chỉ số an ninh nước ở thời kỳ tương lai chưa xét đến biến đổi khí hậu ở mức trung bình, trong khi đó ở thời kỳ hiện tại an ninh nước ở mức cao, nhưng mức chênh chỉ là tối thiểu 0,01 (0,61 so với 0,60) (Hình 4).



Hình 4. So sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại với thời kỳ tương lai chưa xét đến biến đổi khí hậu.

3.3.2. Kết quả tính toán an ninh nước cho thời kỳ tương lai (giai đoạn 2046–2065) có xét đến biến đổi khí hậu (xét các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5)

a) Kịch bản RCP 4.5 giai đoạn 2046–2065

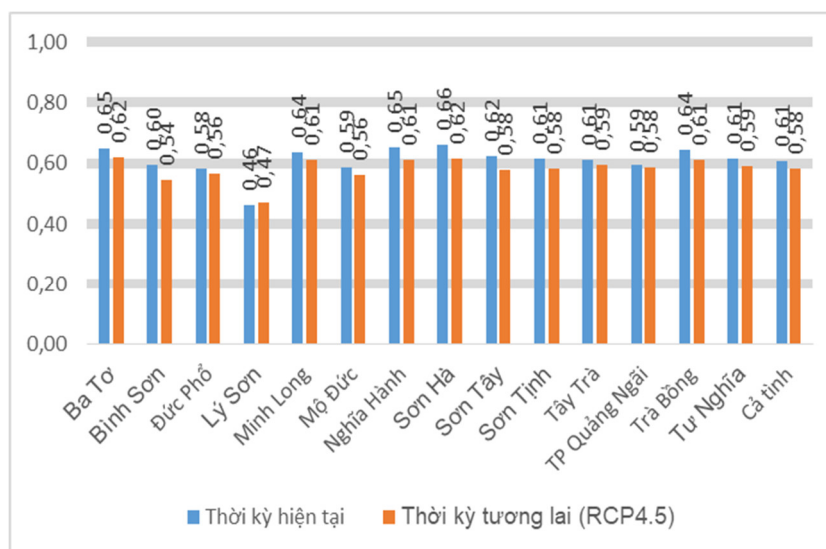
Chỉ số an ninh nước cả năm theo kịch bản RCP4.5 thời kỳ 2046–2065 của cả tỉnh Quảng Ngãi được đánh giá ở mức trung bình (0,58). Trong đó, chỉ số kinh tế-xã hội ở mức rất thấp

(0,1189), ba chỉ số còn lại là Hệ sinh thái, Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước, Tài nguyên nước và con người đều ở mức cao (lần lượt là 0,65, 0,77 và 0,79) (Bảng 6).

So sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại với kịch bản RCP4.5 thời kỳ 2046–2065: chỉ số an ninh nước của 12 huyện và thành phố Quảng Ngãi ở thời kỳ hiện tại đều tốt hơn so với kịch bản RCP4.5 thời kỳ 2046–2065 (mức chênh từ 0,05 đến 0,01); chỉ riêng huyện Lý Sơn là ngược lại. Cụ thể: huyện Bình Sơn có mức chênh chỉ số an ninh nước nhiều nhất với 0,05, ba huyện Nghĩa Hành, Sơn Hà, Sơn Tây có mức chênh 0,04, ít nhất là thành phố Quảng Ngãi ở mức 0,01. Riêng huyện Lý Sơn chỉ số an ninh nước ở thời kỳ hiện tại kém hơn so với kịch bản RCP4.5 thời kỳ 2046–2065 với mức chênh 0,01. Xét cả tỉnh thì chỉ số an ninh ở thời kỳ hiện tại cao hơn so với kịch bản RCP4.5 thời kỳ 2046–2065 với mức chênh 0,03 (so sánh giữa 0,61 - mức cao và 0,58 - mức trung bình) (Hình 5).

Bảng 6. Chỉ số an ninh nước cả năm theo kịch bản RCP4.5 thời kỳ 2046–2065.

TT	Huyện	Hệ sinh thái	Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước	Kinh tế-xã hội	Tài nguyên nước và con người	Chỉ số an ninh nước cả năm
1	Ba Tơ	0,72	0,79	0,1277	0,84	0,62
2	Bình Sơn	0,55	0,76	0,0582	0,81	0,54
3	Đức Phổ	0,58	0,71	0,1488	0,82	0,56
4	Lý Sơn	0,45	0,91	0,1195	0,41	0,47
5	Minh Long	0,71	0,80	0,1208	0,81	0,61
6	Mộ Đức	0,55	0,67	0,1713	0,84	0,56
7	Nghĩa Hành	0,66	0,74	0,1756	0,87	0,61
8	Sơn Hà	0,74	0,82	0,1121	0,79	0,62
9	Sơn Tây	0,73	0,77	0,0493	0,76	0,58
10	Sơn Tịnh	0,66	0,72	0,1173	0,82	0,58
11	Tây Trà	0,66	0,84	0,1048	0,76	0,59
12	TP Quảng Ngãi	0,67	0,75	0,0650	0,85	0,58
13	Trà Bồng	0,73	0,80	0,1379	0,78	0,61
14	Tư Nghĩa	0,68	0,69	0,1561	0,84	0,59
	Cả tỉnh	0,65	0,77	0,1189	0,79	0,58



Hình 5. So sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại với kịch bản RCP4.5 thời kỳ 2046–2065.

b) Kịch bản RCP 8.5 giai đoạn 2046–2065

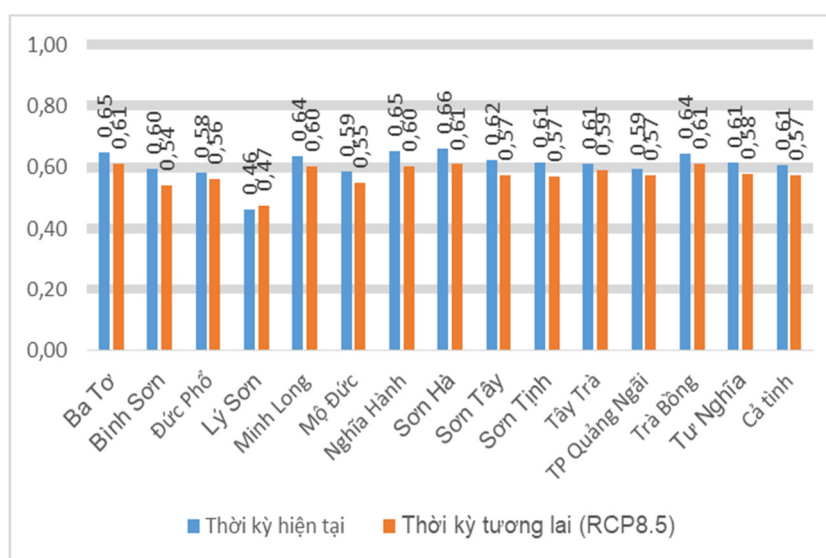
Chỉ số an ninh nước cả năm theo kịch bản RCP8.5 thời kỳ 2046–2065 của cả tỉnh Quảng Ngãi được đánh giá ở mức trung bình (0,57). Trong đó, chỉ số kinh tế-xã hội ở mức rất thấp

(0,1189), ba chỉ số còn lại là Hệ sinh thái, Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước, Tài nguyên nước và con người đều ở mức cao (lần lượt là 0,65, 0,76 và 0,77) (Bảng 7).

So sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại với kịch bản RCP8.5 thời kỳ 2046–2065: chỉ số an ninh nước của 12 huyện và thành phố Quảng Ngãi ở thời kỳ hiện tại đều cao hơn so với kịch bản RCP8.5 thời kỳ 2046–2065 (mức chênh từ 0,06 đến 0,02); chỉ riêng huyện Lý Sơn là ngược lại. Cụ thể: huyện Bình Sơn có mức chênh chỉ số an ninh nước nhiều nhất với 0,06, bốn huyện Nghĩa Hành, Sơn Hà, Sơn Tây, Sơn Tịnh có mức chênh 0,05; 2 huyện Đức Phổ, Tây Trà và thành phố Quảng Ngãi có mức chênh lệch ít nhất đều là 0,02. Riêng huyện Lý Sơn chỉ số an ninh nước ở thời kỳ hiện tại kém hơn so với kịch bản RCP8.5 thời kỳ 2046–2065 với mức chênh 0,01. Xét cả tỉnh thì chỉ số an ninh ở thời kỳ hiện tại cao hơn so với kịch bản RCP8.5 thời kỳ 2046–2065 với mức chênh 0,04 (so sánh giữa 0,61 - mức cao và 0,57 - mức trung bình) (Hình 6).

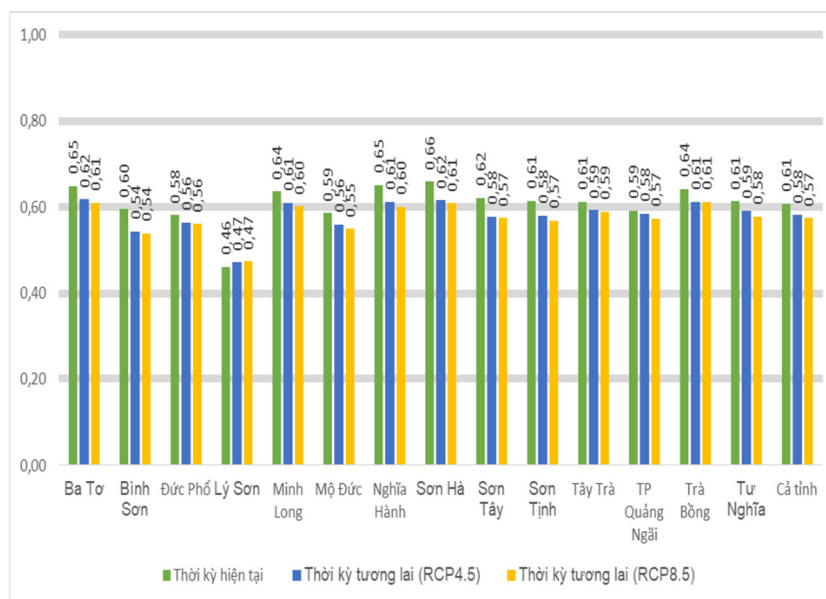
Bảng 7. Chỉ số an ninh nước cả năm theo kịch bản RCP8.5 thời kỳ 2046–2065.

TT	Huyện	Hệ sinh thái	Thiên tai và hiểm họa liên quan đến nước	Kinh tế-xã hội	Tài nguyên nước và con người	Chỉ số an ninh nước cả năm
1	Ba Tơ	0,72	0,78	0,1277	0,81	0,61
2	Bình Sơn	0,55	0,75	0,0582	0,80	0,54
3	Đức Phổ	0,58	0,71	0,1488	0,80	0,56
4	Lý Sơn	0,45	0,91	0,1195	0,41	0,47
5	Mình Long	0,71	0,78	0,1208	0,80	0,60
6	Mộ Đức	0,55	0,65	0,1713	0,82	0,55
7	Nghĩa Hành	0,66	0,73	0,1756	0,84	0,60
8	Sơn Hà	0,74	0,81	0,1121	0,78	0,61
9	Sơn Tây	0,73	0,77	0,0493	0,75	0,57
10	Sơn Tịnh	0,66	0,69	0,1173	0,81	0,57
11	Tây Trà	0,66	0,84	0,1048	0,75	0,59
12	TP Quảng Ngãi	0,67	0,72	0,0650	0,84	0,57
13	Trà Bồng	0,73	0,81	0,1379	0,77	0,61
14	Tư Nghĩa	0,67	0,65	0,1561	0,83	0,58
	Cả tỉnh	0,65	0,76	0,1189	0,77	0,57



Hình 6. So sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại với kịch bản RCP8.5 thời kỳ 2046–2065.

Hình dưới đây thể hiện sự khác nhau giữa an ninh nước ở thời kỳ hiện tại và thời kỳ tương lai có xét đến biến đổi khí hậu ở kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5.



Hình 7. So sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại và giai đoạn 2046–2065 ở cả hai kịch bản RCP4.5 và kịch bản RCP8.5.

4. Kết luận

Thông qua các kết quả áp dụng bộ chỉ số để tính toán tại tỉnh Quảng Ngãi, chỉ số an ninh nước của cả tỉnh ở các thời điểm và các kịch bản như sau:

- Ở thời điểm hiện tại, chỉ số an ninh nước cả năm tính cho thời điểm hiện tại của cả tỉnh Quảng Ngãi được đánh giá ở mức cao. 08 huyện (Trà Bồng, Sơn Hà, Nghĩa Hành, Minh Long, Ba Tơ, Lý Sơn, Tây Trà, Sơn Tịnh) và thành phố Quảng Ngãi có chỉ số an ninh nước ở mức cao, các huyện còn lại có chỉ số an ninh nước trung bình.

- Ở giai đoạn 2046–2065:

- + So sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại với thời kỳ 2046–2065 chưa xét đến biến đổi khí hậu thì về tổng thể chỉ số an ninh nước hầu như không biến động nhiều giữa hai thời kỳ này, xu hướng chung là an ninh nước ở thời kỳ 2046–2065 có thấp hơn nhưng không đáng kể. Chỉ số an ninh nước cả năm của tỉnh Quảng Ngãi được đánh giá ở mức cao.

- + Trong khi đó, với kịch bản RCP4.5 thời kỳ 2046–2065 (tức là có xét đến biến đổi khí hậu) thì chỉ số an ninh nước cả tỉnh chỉ ở mức trung bình, thấp hơn so với thời điểm hiện tại (so sánh giữa 0,61 ở thời điểm hiện tại - mức cao với 0,58 ở thời kỳ 2046–2065 kịch bản RCP4.5 - mức trung bình).

- + Tiếp theo, nếu so sánh chỉ số an ninh nước giữa thời kỳ hiện tại với kịch bản RCP8.5 thời kỳ 2046–2065 (kịch bản cực đoan hơn) thì chỉ số an ninh nước cũng chênh lệch nhiều hơn so với kịch bản RCP4.5 với mức chênh 0,04 (so sánh giữa 0,61 ở thời điểm hiện tại - mức cao với 0,57 ở thời kỳ 2046–2065 kịch bản RCP8.5 - mức trung bình).

Những hạn chế trong phạm vi về thời gian và nội dung, bài báo chưa đề cập đến các vấn đề sau:

- Chưa xây dựng được trọng số của các chỉ số cũng như nhóm chỉ số đánh giá an ninh nước, điều này dẫn đến việc chưa sắp xếp được thứ tự chỉ số thành phần nào tác động đến chỉ số an ninh nước cuối cùng nhiều hay ít.

- Chỉ số thành phần đầu vào liên quan đến nhiều ngành, lĩnh vực, số liệu tính toán cho cả giai đoạn hơn 100 năm, phải chia ra các thời kỳ, nên một số chỉ số dùng mô hình để tính toán hoặc ngoại suy.

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

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của các cơ quan trực thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường gồm: Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Cục Quản lý tài nguyên nước, Cục Biến đổi khí hậu, Văn phòng Bộ; và Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Ngãi trong quá trình khảo sát và thực hiện nghiên cứu này.

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

Tài liệu tham khảo

1. UN–Water. Water Security & the Global Water Agenda A UN–Water Analytical Brief. 2014.
2. WaterAid. Water security framework. 2012.
3. GWP. Assessing water security with appropriate indicators, Proceedings from the GWP workshop. 2014.
4. Xiaoli, J.; Chunhui, L.; Yanpeng, C.; Xuan, W.; Lian, S. An improved method for integrated water security assessment in the Yellow River basin, China. 2015.
5. Hải, N.Đ. Phát triển và ứng dụng một khung đánh giá an ninh nguồn nước cho thành phố Hà Nội. 2015.
6. Mùi, N.T. Nghiên cứu an ninh nguồn nước cho phát triển bền vững lưu vực sông Mã. Luận án tiến sỹ Đại học Thủy lợi. 2019.
7. Chu, H.C.; Hwang, G.J. A Delphi–based approach to developing expert systems with the cooperation of multiple experts. 2007.
8. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam. 2016.

Water Security Assessment Results of Quang Ngai Province in the Context of Climate Change

Bui Duc Hieu^{1*}, Huynh Thi Lan Huong², Dang Quang Thinh², Nguyen Van Dai², Nguyen Thi Lieu², Nguyen Anh Tuan²

¹ Ministerial Office, Ministry of Natural Resources and Environment; duchieucect@gmail.com;

² Member of 15 National Assembly, Vietnam Administration of Seas and Islands, Ministry of Natural Resources and Environment; tadinhtthi@gmail.com;

³ Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change, Ministry of Natural Resources and Environment; huynhlanhuong@gmail.com; thinhdangq@gmail.com; nguyendai.tv@gmail.com; lieuminh2011@gmail.com; athnvn@gmail.com;

Abstract: There are many researches on water security, including water security assessments and quantifications, but there is few studies on applying indicators to assess water security in the context of climate change. In this paper, a set of indicators were developed to assess water security based on climate change projections of Quang Ngai province. Indicator–based assessment results were calculated based on investigation data and were thresholded from very low to very high. The results show that: (i) future water security indices are lower than present; (ii) climate change related water security indices are lower than non–climate change indices; (iii) water security indices in RCP8.5 are lower than in RCP4.5 in the period of 2046–2065. These results are key information to propose measures for enhancing water security situations in Quang Ngai province.

Keywords: Water Security; Climate Change; Quang Ngai.

Bài báo khoa học

Đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ Radar quan trắc lưu lượng nước tự động tại một số các trạm thủy văn hạng I khu vực Tây Bắc và Việt Bắc

Trần Ngọc Anh^{1*}, La Đức Dũng², Lý Tuấn Minh¹, Trần Vinh Quang¹, Hoàng Thái Bình³, Phạm Duy Huy Bình¹, Nguyễn Văn Nguyên², Nguyễn Phú Luân²

¹ Trung tâm Động lực học Thủy khí Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; tranngocanh@hus.edu.vn; lytuanminh122@gmail.com; tranvinhquang@hus.edu.vn; phambinh@hus.edu.vn

² Tổng cục Khí tượng Thủy văn, Bộ Tài nguyên và Môi trường; dunglaktv@gmail.com; nguyentaybac@gmail.com; luansdu@gmail.com

³ Viện Địa lý, Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; binhht060774@gmail.com

*Tác giả liên hệ: tranngocanh@hus.edu.vn; Tel.: +84-915051515

Ban Biên tập nhận bài: 1/7/2021; Ngày phản biện xong: 7/8/2021; Ngày đăng bài: 25/9/2021

Tóm tắt: Các công nghệ quan trắc tự động hóa như đo lưu lượng nước bằng Radar đang được lựa chọn triển khai lần đầu ở Việt Nam tại một số các trạm thủy văn do có nhiều ưu điểm về tính liên tục và mật độ dữ liệu, an toàn cho quan trắc viên và hạn chế các sai số chủ quan. Tuy nhiên, đã có những quan ngại về mức độ khả thi và tính chính xác của dữ liệu theo công nghệ mới này và vì vậy cần có các đánh giá cụ thể và chi tiết hơn. Bài báo này tập trung đánh giá về khả năng ứng dụng công nghệ Radar quan trắc lưu lượng tự động (phi tiếp xúc) sử dụng số liệu tại một số trạm thủy văn có quan trắc lưu lượng khu vực Tây Bắc và Việt Bắc, thông qua đánh giá chất lượng mối quan hệ $Q \sim (V_{mặt}, H)$ so với quan hệ $Q \sim H$ theo truyền thống. Kết quả cho thấy, bên cạnh các ưu điểm nêu trên, công nghệ Radar có tiềm năng cung cấp dữ liệu tương đối chính xác tại các trạm có chế độ dòng chảy ổn định và tăng cường mức độ tin cậy ở các trạm có chế độ tương đối phức tạp như hiện tượng nước vật nhưng chưa được đánh giá với các trạm thủy văn có chế độ phức tạp hơn như chảy ngược hay có ảnh hưởng của dòng triều.

Từ khóa: Quan trắc lưu lượng tự động; Công nghệ quan trắc bằng Radar; Tây Bắc; Việt Bắc.

1. Mở đầu

Mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn nước ta đã được xây dựng từ những năm đầu của thế kỷ trước và được quan tâm đầu tư mạnh mẽ trong những năm gần đây, tuy nhiên, vẫn còn có nhiều trạm quan trắc thủy văn đang sử dụng các phương pháp đo thủ công hoặc bán thủ công và vì thế đã ảnh hưởng đến chất lượng số liệu, sự an toàn của quan trắc viên cũng như chưa đáp ứng được tính tức thời và tần suất của số liệu quan trắc phục vụ công tác dự báo và cảnh báo thiên tai. Trong số các yếu tố quan trắc thủy văn, lưu lượng nước sông là một yếu tố rất quan trọng, được sử dụng trong nhiều ngành và lĩnh vực khác nhau, nhất là quản lý tài nguyên nước, thủy điện, thủy lợi... nhưng công tác quan trắc còn gặp nhiều khó khăn [1–2]. Các phương pháp hiện đại, chính xác để đo trực tiếp và tức thời lưu lượng nước (sau đây gọi tắt là lưu lượng) thường chỉ thuận lợi với các kênh nhân tạo, các đường ống dẫn nước hoặc trong các đoạn sông đặc thù và thường khó khả thi trong sông thiên nhiên với

hiều biến đổi bất quy tắc và điều kiện áp dụng phức tạp [3–4]. Do vậy, các phương pháp phổ biến để quan trắc hiện nay (cả tự động, bán tự động hay thủ công) đều đo lưu tốc và diện tích mặt cắt ngang để từ đó tính toán ra giá trị lưu lượng tại trạm quan trắc [3].

Khi sử dụng phương pháp thủ công quan trắc lưu lượng trên sông, thường mất nhiều thời gian nhất là trong điều kiện lũ lớn, do vậy số liệu thường chứa đựng nhiều sai số, nguy hiểm cho quan trắc viên làm việc trực tiếp trên sông và khó lòng quan trắc kịp thời để xác định được diễn biến của các sự kiện xảy ra nhanh như lũ trên một số các sông suối khu vực phía bắc và miền trung nước ta. Các phương pháp hiện đại đã được đề xuất để ứng dụng các công nghệ mới hướng đến quan trắc tự động, từ xa (không tiếp xúc trực tiếp với dòng nước) và có nhiều ứng dụng thành công trên thế giới [5–9] như tại Mỹ, Hà Lan, Bỉ, Nhật... Gần đây, các thiết bị đo lưu tốc sử dụng công nghệ Radar đang được quan tâm nghiên cứu và đề xuất đầu tư ở Việt Nam do ưu điểm quan trắc không cần tiếp xúc với dòng chảy, phương pháp lắp đặt đơn giản, có thể lắp trên các công trình hiện có như cầu giao thông, công ngăn dòng, có thể quan trắc tự động và liên tục. Một số thiết bị đã được đề xuất sử dụng trong các dự án đầu tư cụ thể như: “*Quan trắc giám sát, nguồn nước xuyên biên giới Việt Nam – Trung Quốc*” do Cục Quản lý tài nguyên nước làm chủ đầu tư, trong đó đầu tư 8 trạm sử dụng thiết bị quan trắc lưu lượng tự động công nghệ radar (RQ30), “*Quản lý tổng hợp tài nguyên nước Mê Công*” do Bộ Tài nguyên và Môi trường làm chủ đầu tư, trong đó đầu tư 10 trạm quan trắc tài nguyên nước, 14 trạm thủy văn đo lưu lượng tự động sử dụng thiết bị radar (RQ30); “*Đầu tư xây dựng mạng lưới quan trắc giám sát tài nguyên nước và tăng cường công tác điều phối việc vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn và lưu vực sông Cờ*” thuộc Hợp phần 2 của Dự án “*Sửa chữa và nâng cao an toàn đập*” (WB8) do Tổng cục Khí tượng Thủy văn làm chủ đầu tư, đang chuẩn bị đầu tư lắp đặt 17 thiết bị đo lưu lượng tự động không tiếp xúc cho các trạm thủy văn, tài nguyên nước... và đang có một số quan ngại về tính khả thi và mức độ chính xác của việc triển khai các hệ thống thiết bị công nghệ mới này.

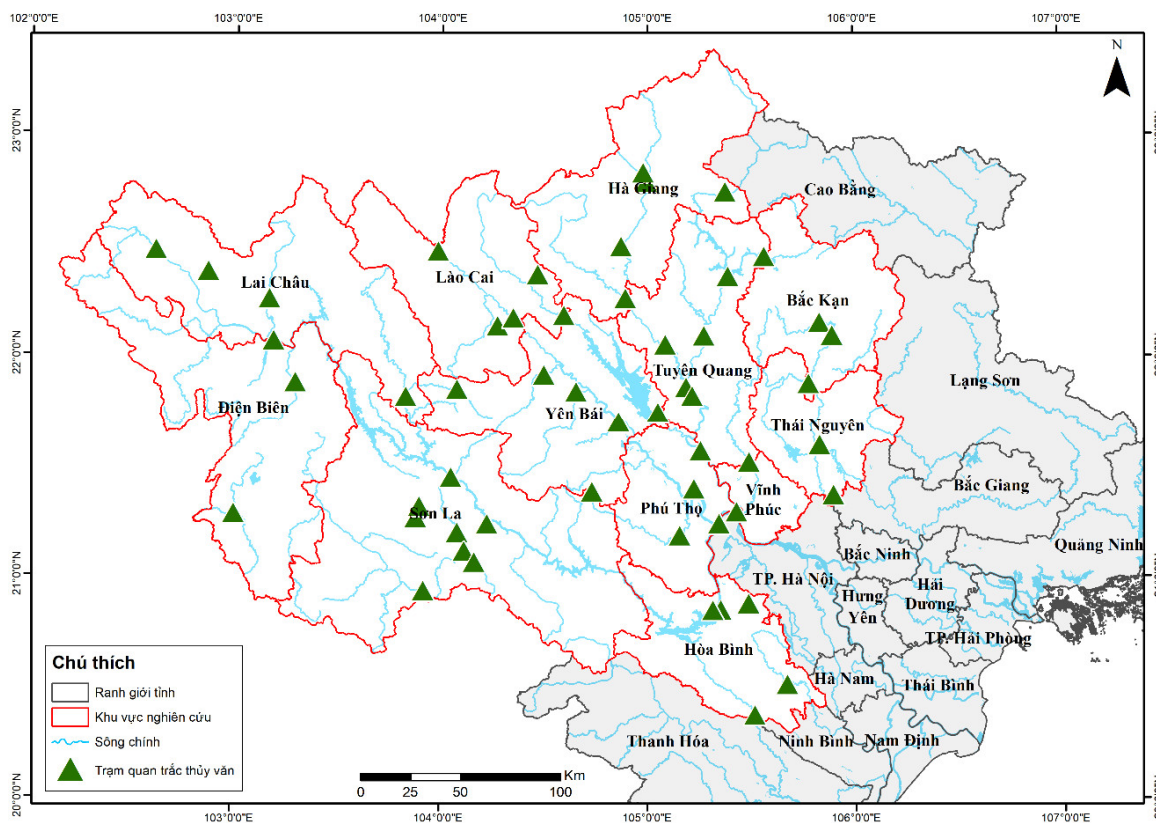
Tuy việc nghiên cứu đánh giá tính chính xác và khả năng áp dụng của công nghệ radar đã được chú ý từ lâu trên thế giới [9] qua việc phân tích đánh giá trong phòng thí nghiệm [8] cũng như tại thực tiễn các sông, suối [4, 7, 9, 11] đã cho thấy tiềm năng trong thực tế của công nghệ phụ thuộc vào các điều kiện cụ thể của sông ngòi. Nhưng tại Việt Nam vẫn chưa có nghiên cứu cụ thể để xác định, đặc biệt với hệ thống trạm hiện nay trên mạng lưới trạm quan trắc thuộc Tổng cục Khí tượng Thủy văn. Nguyên lý chung của hệ thống quan trắc lưu lượng bằng công nghệ radar là đưa “thêm” lưu tốc mặt tại (một số) thủy trực đại biểu được quan trắc trực tiếp bằng sensor lưu tốc và cùng với giá trị mực nước tức thời quan trắc bằng sensor đo khoảng cách để xác định được quan hệ với lưu lượng chảy qua mặt cắt ngang [12], từ đó tăng cường mức độ chính xác so với không có đo lưu tốc và vẫn đáp ứng về tính “không tiếp xúc” và tự động, liên tục của công nghệ. Nghiên cứu này thu thập dữ liệu hiện có tại một số trạm thủy văn có quan trắc lưu lượng tại khu vực Tây Bắc và Việt Bắc, phân tích, đánh giá chuỗi số liệu để xác định thủy trực có quan hệ tốt với lưu tốc trung bình mặt cắt và tính toán lưu lượng từ giá trị lưu tốc mặt và mực nước tại mỗi thời điểm, qua đó đánh giá tính khả thi của việc tăng cường độ chính xác và thay thế phương pháp quan trắc hiện nay bằng việc xây dựng mối quan hệ giữa lưu lượng với mực nước và lưu tốc mặt. Điều đó sẽ gián tiếp khẳng định tiềm năng lắp đặt thiết bị đo lưu tốc bằng công nghệ radar để quan trắc lưu lượng tại các trạm được đánh giá. Phương pháp này cũng sẽ được sử dụng cho các trạm còn lại có dữ liệu để xác định sơ bộ khả năng lắp đặt trước khi tiến hành các khảo sát kỹ lưỡng hơn về các điều kiện cụ thể như công trình lắp đặt để không chế điểm đo mực nước, xác định thủy trực đo lưu tốc, cách thức truyền số liệu và các yếu tố có liên quan khác.

2. Giới thiệu về khu vực và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại các tỉnh thuộc khu vực Tây Bắc, Việt Bắc, nằm trong các lưu vực sông Hồng–Thái Bình và lưu vực sông Mã bao gồm: Lai Châu, Điện Biên, Sơn La,

Hòa Bình, Hà Giang, Tuyên Quang, Lào Cai, Yên Bái, Thái Nguyên, Bắc Kạn, Phú Thọ và Vĩnh Phúc (Hình 1).



Hình 1. Bản đồ mạng lưới trạm quan trắc thủy văn khu vực Tây Bắc và Việt Bắc.

2.2. Khảo sát thực địa

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, nhóm tác giả đã đến thực địa tại một số trạm thủy văn trong khu vực để tiến hành khảo sát sơ bộ hiện trạng quan trắc và tính khả thi ban đầu của việc áp dụng phương pháp quan trắc tự động bằng công nghệ Radar (Hình 2–3).



Hình 2. Một số hình ảnh khảo sát thực địa tại các trạm được sử dụng để nghiên cứu đánh giá.

2.3. Phương pháp, nguyên lý và số liệu

2.3.1. Tổng quan về công nghệ Radar quan trắc mực nước tự động

Thiết bị đo lưu lượng và mực nước không tiếp xúc sử dụng sóng Radar là loại thiết bị tiên tiến, có thể gắn cố định trên thành cầu hoặc các công trình đo với nguyên lý phản xạ sóng từ mặt nước. Ưu điểm của loại thiết bị này là có thể gắn cố định tại vị trí (các) thủy trực

đại biểu của dòng chảy, kết hợp với mực nước và mặt cắt ngang sông đã được cập nhật tại vị trí quan trắc để xác định lưu lượng, có thể đo liên tục và truyền phát số liệu tự động, có thể ứng dụng cho các sông có công trình cứng (cầu, đảo, trụ, cánh tay đôn) không chế được dao động mực nước và thủy trực đại biểu (Hình 3) hoặc có thể gắn trên công trình đo bằng cáp treo ngang sông hoặc cáp tự hành [3]. Thiết bị quan trắc sử dụng loại công nghệ này đã được phát triển và áp dụng ở nhiều nước trên thế giới như tại Italia, Mỹ, Úc,... và đã chứng tỏ được sự linh hoạt và ưu điểm của công nghệ này .



Hình 3. Hình ảnh thiết bị RQ30 lắp đặt tại trạm Tài nguyên nước Thanh Thủy, Hà Giang.

2.3.2. Nguyên lý hoạt động, tính toán lưu lượng

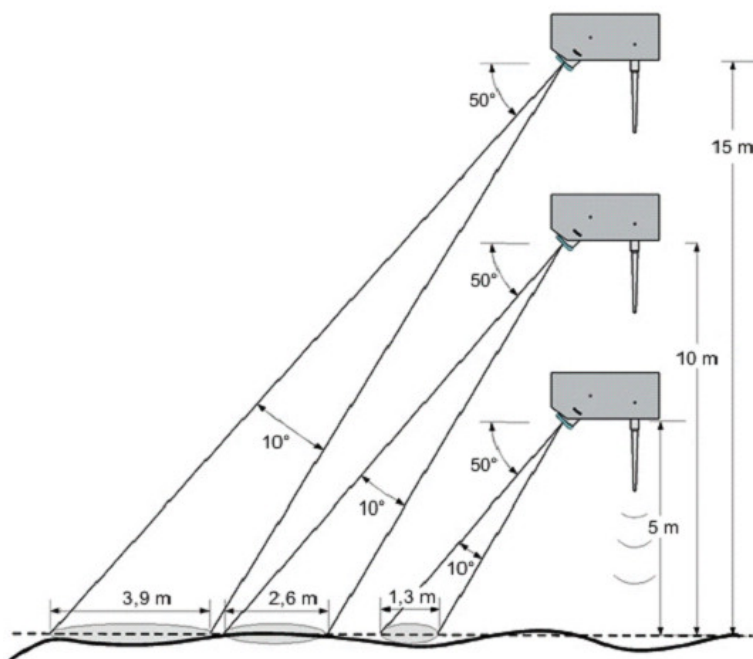
Với công nghệ Radar quan trắc lưu lượng tự động, có nhiều hệ thống thiết bị khác nhau đã được chế tạo và thử nghiệm, có hệ thống bao gồm cả 3 thành phần: hệ thống Radar (xuyên đất) đo mặt cắt ngang sông được bố trí ở nhiều điểm khác nhau trên mặt cắt ngang [6–7], Radar đo mực nước và Radar đo lưu tốc bề mặt [12]; có hệ thống chỉ gồm 2 hệ thống Radar đo mực nước và lưu tốc bề mặt. Trong đó loại thiết bị đầu tiên có độ chính xác cao hơn và có thể áp dụng cho cả các khu vực lòng sông thiếu ổn định trong khi loại thiết bị sau thì ứng dụng đơn giản hơn, không yêu cầu khắt khe về công trình lắp đặt nhưng chỉ phù hợp ở khu vực lòng sông ổn định. Trong điều kiện hiện nay ở Việt Nam, có sự quan tâm lớn dành cho loại thiết bị đo mực nước và vận tốc đồng thời, do vậy nó sẽ là ưu tiên trong khuôn khổ bài báo này để đánh giá tiềm năng lắp đặt ở một số các trạm đo ở khu vực Tây Bắc và Việt Bắc.

a) Mực nước

Mực nước được tính bằng cách sử dụng phép đo thời gian truyền và nhận tín hiệu. Radar gửi các xung ngắn theo phương vuông góc với mặt nước. Thời gian truyền và nhận các xung này sẽ được ghi lại, từ đó tính toán được khoảng cách từ thiết bị đến mặt nước và xác định mực nước [3, 6–8]. Nhìn chung, yêu cầu lắp đặt sensor phải vuông góc với mặt nước và không chế được mực nước cao nhất và thấp nhất hoặc bố trí nhiều sensor.

b) Lưu tốc

Lưu tốc dòng chảy được quan trắc dựa trên sự thay đổi tần số Doppler. Một tín hiệu radar có tần số 24 GHz được truyền về phía mặt nước. Tín hiệu bị phản xạ một phần, nước chuyển động gây ra sự thay đổi tần số do hiệu ứng Doppler. Lưu tốc bề mặt được tính toán dựa trên tín hiệu phản xạ này qua một phép phân tích quang phổ. Tín hiệu phải được truyền đi một góc so với mặt nước, giá trị của góc này được phần mềm đo lại để tự động hiệu chỉnh lưu tốc tính toán [3, 6–8, 12] (Hình 4).



Hình 4. Minh họa phương pháp quan trắc lưu lượng của hệ thống Radar [12].

c) Tính toán lưu lượng

Lưu lượng Q sẽ được tính toán bởi công thức [12]:

$$Q = V_{tb} * A(H) \tag{1}$$

Trong đó A là diện tích mặt cắt ngang ứng với mực nước H , phụ thuộc vào hình dạng mặt cắt ngang (thường đã được nhập sẵn trong phần mềm tính toán), V_{tb} là lưu tốc trung bình mặt cắt. Do hệ thống RQ30 không đo được V_{tb} mà chỉ đo được lưu tốc bề mặt V_m , lưu tốc trung bình được tính toán nhờ hệ số chuyển đổi k qua công thức:

$$V_{tb} = V_m * k \tag{2}$$

Hệ số k có thể được xác định bởi các phép đo tham chiếu và xác định trước, sau đó dựa trên mực nước và lưu tốc mặt, hệ thống có thể xác định liên tục giá trị Q theo thời gian.

2.3.3. Phương pháp đánh giá

a) Số liệu

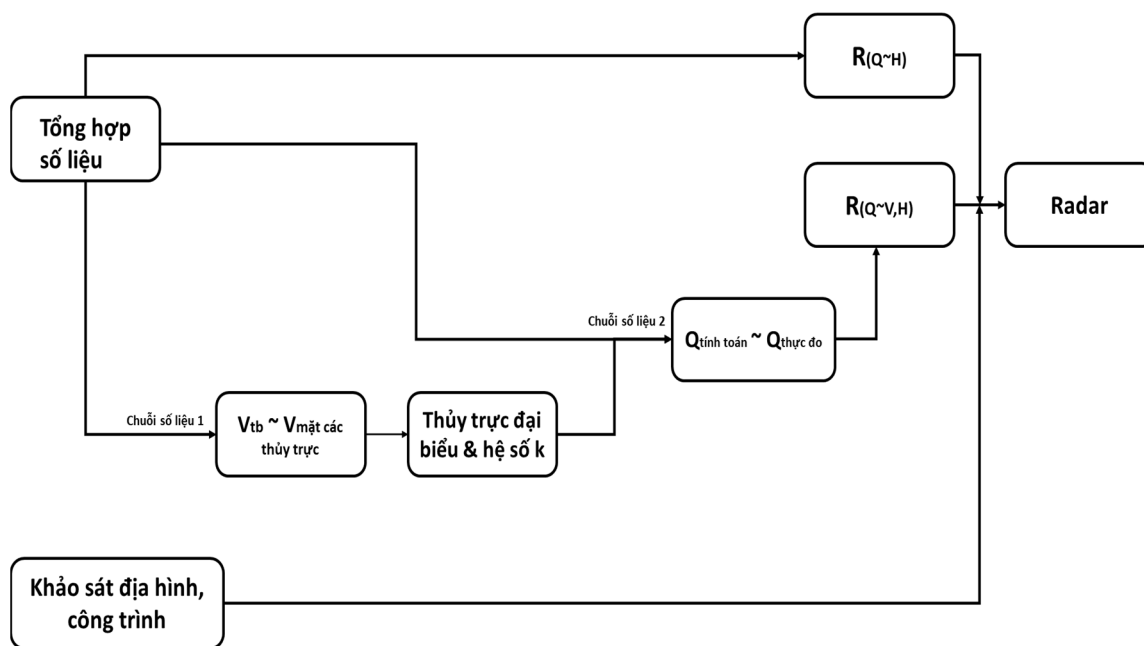
Các số liệu được sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập từ số đo chi tiết lưu lượng của các trạm thủy văn trong khu vực nghiên cứu gồm có 8 trạm (Bảng 1). Do công nghệ Radar chỉ đo đặc lưu tốc bề mặt nên để có thể xác định được vị trí thủy trực phù hợp lắp đặt sensor đo lưu tốc, chỉ các thủy trực đo theo phương pháp 3 điểm trở lên (để xác định được giá trị lưu tốc mặt) mới được sử dụng để đánh giá mức độ tương quan giữa lưu tốc bề mặt với lưu tốc trung bình mặt cắt. Tại mỗi trạm, có ít nhất 50 số liệu đo quan trắc lưu lượng, đảm bảo không chế đầy đủ và bố trí tương đối đều từ mực nước thấp nhất đến cao nhất trong giai đoạn 2017–2020, được xử lý và đưa vào đánh giá nhằm đảm bảo độ tin cậy của các quan hệ thống kê. Một số các trạm khác đang sử dụng ADCP, về nguyên tắc có thể trích xuất thông tin về phân bố lưu tốc trên thủy trực từ mặt xuống đáy, nhưng do hạn chế về phần mềm nên trong nghiên cứu này chưa có điều kiện đánh giá. Mặt khác, để đảm bảo an toàn cho quan trắc viên, một số ca đo lưu lượng trong điều kiện lũ lên nhanh, lũ lớn, mất ổn định do đóng mở cửa xả thủy điện, lũ nguy hiểm,... các trạm đo đã áp dụng phương án đo giảm đường, giảm điểm, trong nhiều trường hợp chỉ đo lưu tốc tại 1 điểm trên thủy trực đại biểu (ứng với 0,6h) do vậy thiếu số liệu quan trắc lưu tốc mặt để đánh giá. Điều này đã hạn chế số lượng dữ liệu có thể đưa vào tính toán ở các trạm.

Bảng 1. Thống kê số liệu của các trạm được dùng để đánh giá.

STT	Trạm	Sông	Năm số liệu	Chuỗi số liệu
1	Nậm Giàng	Nậm Na	2019 – 2020	55 lần đo
2	Hoà Bình	Đà	2017 – 2019	61 lần đo
3	Na Sang	Nậm Mực	2018 – 2019	49 lần đo
4	Đầu Đẳng	Gâm	2018 – 2019	113 lần đo
5	Bảo Yên	Chảy	2018 – 2019	53 lần đo
6	Yên Bái	Hồng	2018 – 2019	111 lần đo
7	Chiêm Hóa	Gâm	2018 – 2019	43 lần đo
8	Lào Cai	Hồng	2018 – 2019	98 lần đo

b) Phương pháp

Dựa vào chuỗi số liệu của các trạm thủy văn, tùy theo độ dài chuỗi mà sẽ chọn lọc một khoảng dữ liệu (chuỗi dữ liệu 1) để kiểm tra, lựa chọn thủy trực đại biểu và tính toán hệ số k. Sau khi đã có được những thông số này, khoảng dữ liệu còn lại (chuỗi dữ liệu 2) sẽ được sử dụng để tính toán V_{tb} từ V_m của thủy trực đã lựa chọn trước đó. Đưa giá trị V_{tb} vào công thức (1), ta tính được lưu lượng mô phỏng theo phương pháp tính toán của Radar. Sau đó các giá trị này sẽ được so sánh với các giá trị lưu lượng thực đo có trong sổ đo của trạm, để đánh giá được khả năng ứng dụng công nghệ Radar quan trắc lưu lượng tự động (Hình 5).

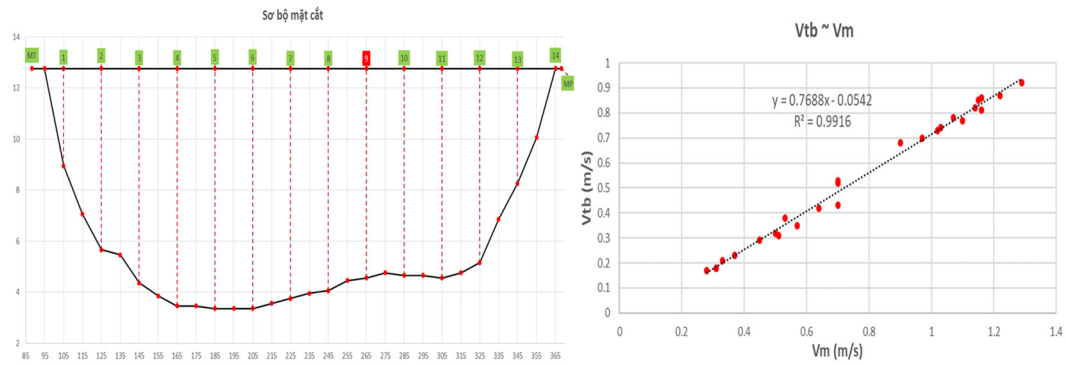


Hình 5. Phương pháp đánh giá tương quan cho việc nghiên cứu áp dụng Radar.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Lựa chọn thủy trực đại biểu tại các trạm

Chuỗi số liệu 61 lần đo tại trạm Thủy văn Hòa Bình đã được trích xuất gồm có lưu tốc bề mặt V_m (giả thiết bằng với số đo tại điểm 0,2h) tại 11 thủy trực và giá trị lưu tốc trung bình mặt cắt được tính toán theo quy phạm để hình thành 11 cặp chuỗi thống kê và tiến hành tính toán mức độ tương quan. Kết quả cho thấy V_m tại thủy trực số 9, cho hệ số tương quan cao nhất, $k = 0,99$ và sẽ được sử dụng để xác định lưu lượng từ giá trị V_m quan trắc này (Hình 6). Quy trình tương tự được xác định cho các trạm thủy văn còn lại với các kết quả trình bày trong Bảng 2.



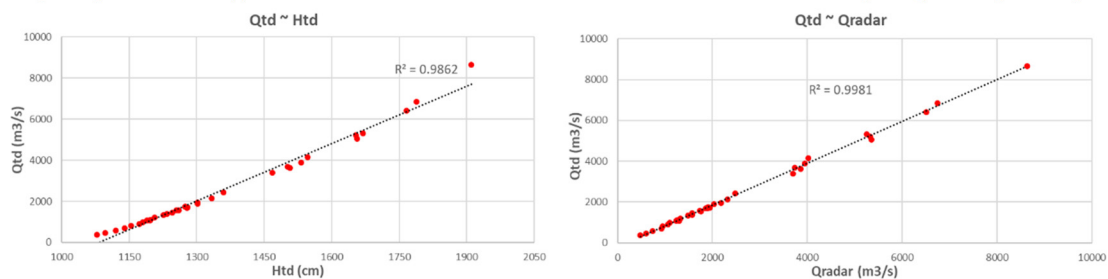
Hình 6. Mặt cắt ngang trạm Hòa Bình và quan hệ lưu tốc mặt tại thủy trực “đại biểu” với lưu tốc trung bình mặt cắt ngang.

Bảng 2. Xác định thủy trực lắp đặt sensor đo lưu tốc và hệ số k tại các trạm thủy văn.

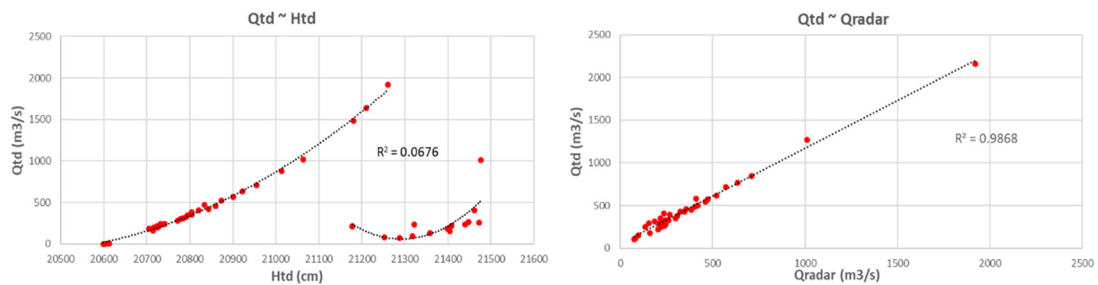
TT	Tên trạm	Tổng số thủy trực quan trắc	Số lượng thủy trực có số liệu V_m	Số hiệu thủy trực đại biểu về V_m	Hệ số tương quan $V_{tb} \sim V_m$	Hệ số k
1	Hòa Bình	14	11	9	0,99	0,76
2	Nậm Giàng	12	10	4	0,94	0,9
3	Nà Sang	9	6	6	0,98	0,77
4	Đầu Đẳng	14	8	12	0,99	0,73
5	Bảo Yên	11	10	7	0,98	0,74
6	Yên Bái	9	7	7	0,97	0,86
7	Chiêm Hóa	9	7	5	0,98	0,72
8	Lào Cai	9	7	8	0,99	0,95

3.2. Đánh giá kết quả mô phỏng Q theo quan hệ ($Q \sim H$) và $Q \sim (H, V_m)$

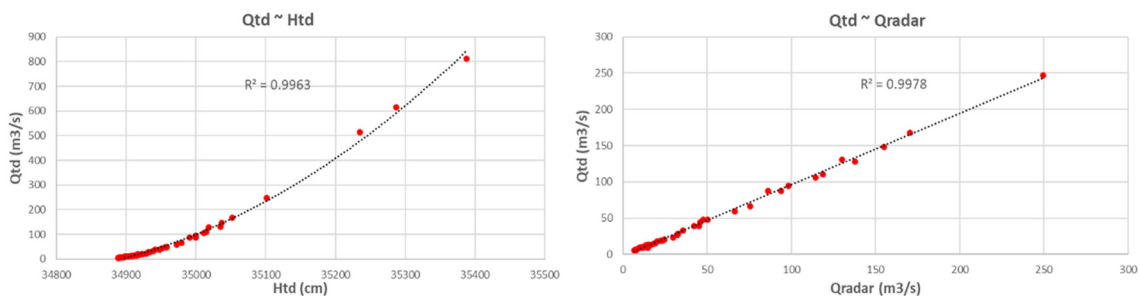
Sau khi đã xác định được thủy trực đo lưu tốc bề mặt, với mỗi lần đo sẽ xác định được V_{tb} theo công thức (2) và tính diện tích mặt cắt ướt $A(H)$ tương ứng để xác định được Q_{radar} theo công thức (1). Mỗi lần đo sẽ có giá trị Q_{radar} , V_m và H_{thucdo} , để từ đó xác định các quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ và hệ số tương quan giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar} = f(H, V_m)$ với các hệ số tương quan tương ứng. Các kết quả tính toán biểu diễn trên các Hình 7–14 và tổng hợp trong Bảng 3.



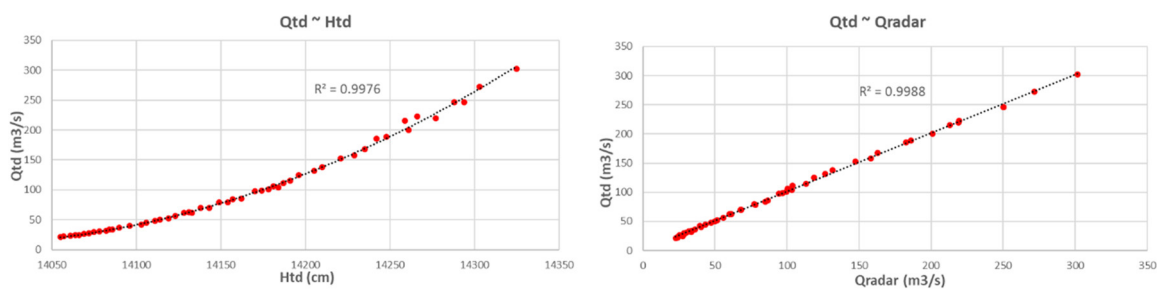
Hình 7. Quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ (trái) và quan hệ giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ (phải) tại trạm Hòa Bình.



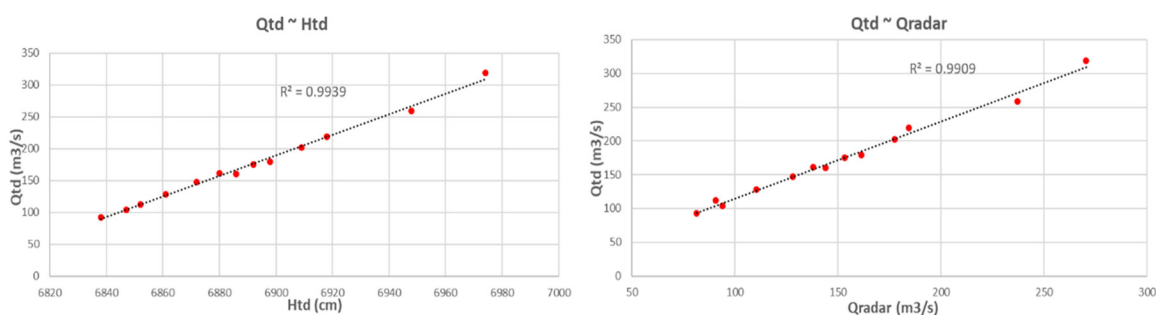
Hình 8. Quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ (trái) và quan hệ giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ (phải) tại trạm Nậm Giàng.



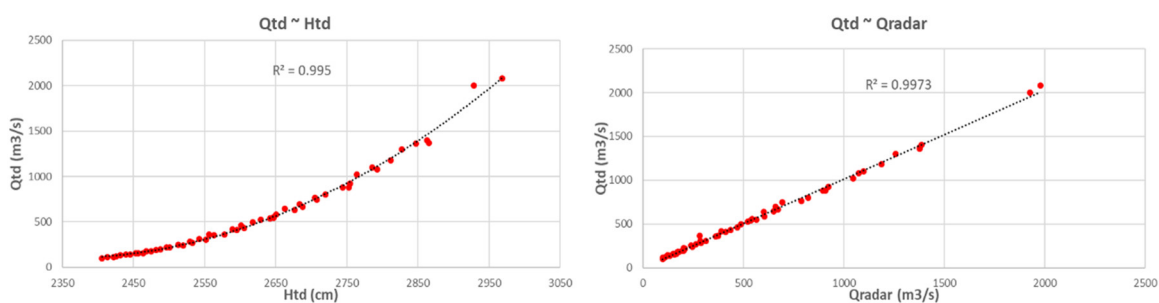
Hình 9. Quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ (trái) và quan hệ giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ (phải) tại trạm Na Sang.



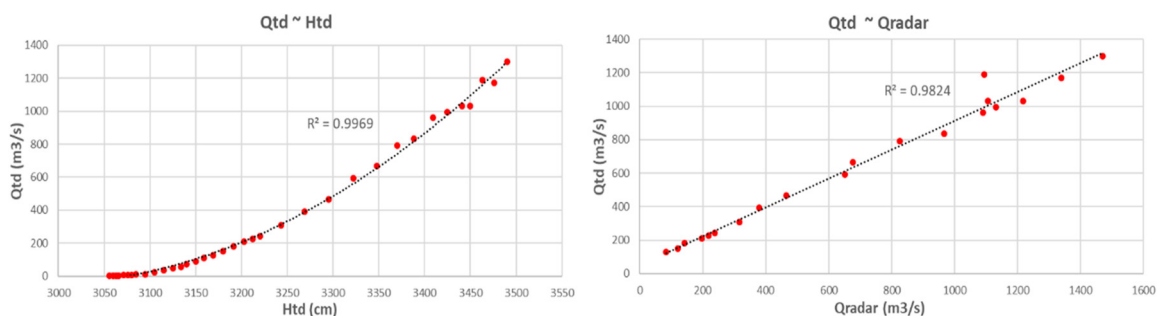
Hình 10. Quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ (trái) và quan hệ giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ (phải) tại trạm Đàu Đàng.



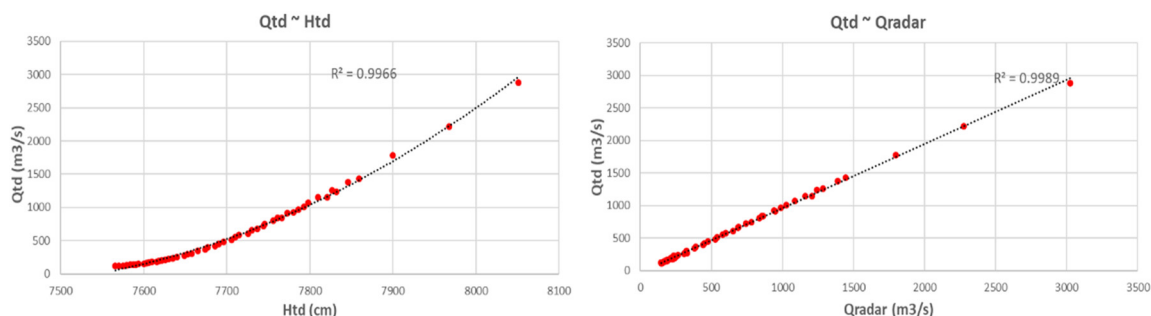
Hình 11. Quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ (trái) và quan hệ giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ (phải) tại trạm Bảo Yên.



Hình 12. Quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ (trái) và quan hệ giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ (phải) tại trạm Yên Bái.



Hình 13. Quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ (trái) và quan hệ giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ (phải) tại trạm Chiêm Hóa.



Hình 14. Quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ (trái) và quan hệ giữa $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ (phải) tại trạm Lào Cai.

Bảng 3. So sánh tương quan của quan hệ $Q_{thucdo} \sim H_{thucdo}$ và $Q_{thucdo} \sim Q_{radar}$ tại các trạm.

TT	Tên trạm	Hệ số tương quan R^2	
		$(Q_{thucdo} \sim H_{thucdo})$	$(Q_{thucdo} \sim Q_{radar})$
1	Hòa Bình	0,9862	0,9981
2	Nậm Giàng	0,0676	0,9868
3	Na Sang	0,9963	0,9978
4	Đầu Đẳng	0,9976	0,9988
5	Bảo Yên	0,9939	0,9909
6	Yên Bái	0,995	0,9973
7	Chiêm Hóa	0,9969	0,9824
8	Lào Cai	0,9966	0,9989

Có thể thấy khá trực quan, nếu sử dụng thêm sensor đo lưu tốc bề mặt tại thủy trực đại biểu về lưu tốc nhằm bổ sung thêm yếu tố trong mối quan hệ lưu lượng–mức nước–lưu tốc bề mặt, kết quả tính toán lưu lượng được cải thiện đáng kể về độ chính xác so với việc sử dụng quan hệ lưu lượng–mức nước truyền thống. Cụ thể, ở một số trạm có mối quan hệ chặt chẽ, tuyến tính giữa lưu lượng và mức nước (như trạm Hòa Bình, Na Sang, Đầu Đẳng, ...) thể hiện qua hệ số tương quan $R^2 > 0,9$ thì bổ sung thêm lưu tốc bề mặt vẫn góp phần làm chính xác hơn giá trị lưu lượng với hệ số R^2 tăng lên đến 0,99. Ưu thế về độ chính xác của quan hệ mới này được thể hiện rõ ở một số trạm có dòng chảy phức tạp hơn, khi mối quan hệ $Q \sim H$ khá phức tạp (như trạm Nậm Giàng có dòng chảy đang chịu ảnh hưởng bởi điều tiết của thủy điện Nậm Na 3 cách trạm khoảng 3 km) thì khi có thêm sensor đo lưu tốc, hệ số tương quan đã tăng lên một cách đáng kể đạt $R^2 \sim 0,98$.

Tuy nhiên, đối với một số trạm đo có hiện tượng dòng chảy ngược do nước vật hoặc thủy triều, về mặt nguyên lý thì công nghệ đo sẽ không đảm bảo độ chính xác. Nhưng do có hạn chế về số liệu chi tiết thu thập được (tại các trạm đo ADCP chưa trích xuất trực tiếp số liệu quan trắc theo độ sâu trên các thủy trực) nên nghiên cứu này chưa có điều kiện đánh giá.

4. Kết luận

Qua các phân tích và đánh giá, có thể nhận thấy ở hầu hết các trạm có số liệu để khảo sát, việc lắp đặt thêm các sensor đo lưu tốc tại thủy trực đại biểu đã lựa chọn, có thể cải thiện được đáng kể chất lượng của giá trị lưu lượng tính toán, đặc biệt tại trạm có chế độ dòng chảy phức tạp như tại trạm Nậm Giàng. Ưu thế đối với các trạm đo có đặc tính vòng lũ hay nước vật cũng có thể được làm rõ hơn, tuy nhiên do các trạm lắp đặt ADCP hiện nay chưa cho phép trích xuất số liệu lưu tốc bề mặt cũng như phương pháp đo giảm điểm trong điều kiện nguy hiểm tại các trạm đã hạn chế cơ hội chứng minh ưu thế này của công nghệ đo Radar.

Tại một số các trạm còn lại như trạm Na Sang, Đầu Đẳng, ... mặc dầu việc trang bị thêm sensor đo lưu tốc sẽ có cải thiện thêm độ chính xác của lưu lượng tính toán, tuy nhiên do bản thân chế độ dòng chảy tương đối ổn định, lưu lượng tính toán theo quan hệ $Q \sim H$ truyền thống đã đảm bảo yêu cầu thì việc bổ sung thêm radar đo lưu tốc sẽ chỉ tăng cường thêm độ chính

xác (chỉ cần bổ sung sensor đo mực nước liên tục), cần cân nhắc để đảm bảo hiệu quả và tiết kiệm kinh phí đầu tư cũng như duy trì và vận hành.

Mặt khác, nghiên cứu này cũng giới thiệu cách thức để xác định được vị trí lắp đặt các sensor đo lưu tốc (thủy trực “đại biểu”) nhằm đảm bảo độ chính xác của giá trị lưu lượng tính toán. Và đồng thời cũng cho thấy rằng, với bản chất của công nghệ đo, việc xác định các hệ số tương quan là rất cần thiết do đó cần duy trì đủ số lượng quan trắc bằng các phương pháp chi tiết (như sử dụng lưu tốc kế hay ADCP) đảm bảo xác định quan hệ ổn định thống kê, đặc biệt khi mặt cắt có sự biến động thì cần tổ chức quan trắc để cập nhật lại hệ số k .

Do thời gian và số liệu còn hạn chế, nghiên cứu này chưa đánh giá tính khả thi của công nghệ đo Radar cho các trạm thủy văn có dòng chảy hai chiều và kiến nghị cần có thêm các đánh giá bổ sung chi tiết nhằm làm sáng tỏ hơn các điều kiện áp dụng của công nghệ đo lưu lượng bằng Radar. Kiến nghị Tổng cục Khí tượng Thủy văn yêu cầu quan trắc bổ sung thêm lưu tốc mặt ở các trạm đo ADCP hiện nay, nhằm hỗ trợ các nghiên cứu chi tiết và đầy đủ hơn trong tương lai, hướng đến xây dựng quy trình lắp đặt và quan trắc bằng công nghệ mới nói chung và công nghệ Radar nói riêng tại Việt Nam.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ TNMT: “Nghiên cứu, đề xuất đổi mới công nghệ quan trắc, giám sát thủy văn, tài nguyên nước mặt phù hợp với các loại hình sông ở Việt Nam”, mã số TNMT. 2018.02.14, và nhận được sự hỗ trợ nhiệt tình, đầy đủ của các cán bộ thuộc các Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Bắc và Việt Bắc, tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn.

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. Rantz, S.E. Measurement and computation of streamflow, vol 1., Measurement of stage and discharge. *U.S. Geol. Surv. Water Supply Pap.* **1982**, 2175, pp. 284.
2. Sauer, V.R.; Meyer, R.W. Determination of error in individual discharge measurements. *U.S. Geol. Surv. Open File Rep.* **1992**, 4–6(16), 92–144.
3. Fukami, K.; Yamaguchi, T.; Imamura, H.; Tashiro, Y. Current status of river discharge observation using non-contact current meter for operational use in Japan. *World Environmental and Water Resources Congress*, Ahupua’a, Hawaii, 2008, pp. 1–10.
4. Teague, C.C.; Barrick, D.E.; Lilleboe, P.M.; Cheng, R.T. Extended UHF radar observations of river flow velocity and comparisons with in-situ measurements. Proceeding of 9th International Symposium on River Sedimentation, Ministry of Water Resource, Yichang, China, 2004.
5. Plant, W.J.; Keller, W.C.; Hayes, K.; Spicer, K.R. Streamflow properties from time series of surface velocity and stage. *J. Hydraul. Eng.* **2005**, 131(8), 657–664.
6. Costa, J.E.; Spicer, K.R.; Cheng, R.T.; Haeni, F.P.; Melcher, N.B.; Thurman, E.M. Measuring stream discharge by non-contact methods: A proof-of-concept experiment. *Geophys. Res. Lett.* **2000**, 27, 553–556.
7. Costa, J.E.; Cheng, R.T.; Haeni, F.P.; Melcher, N.; Spicer, K.R.; Hayes, E.; Plant, W.; Hayes, K.; Teague, C.; Barrick, D. Use of radars to monitor stream discharge by noncontact methods. *Water Resour. Res.* **2006**, 42, W07422. <https://doi.org/10.1029/2005WR004430>.

8. Gupta, R.P.; Bhonde, K.G.; Khandagale, H.R. Testing and Calibration of Contact-Free Radar Type Discharge Sensor in Development of Water Resources in India (V. Garg et al. eds.). *Water Sci. Technol. Lib.* **2017**, *75*, 407–417.
9. Welber, M.; Le Coz, J.; Laronne, J.B.; Zolezzi, G.; Zamler, D.; Dramais, G.; Hauet, A.; Salvaro, M. Field assessment of noncontact stream gauging using portable surface velocity radars (SVR). *Water Resour. Res.* **2016**, *52*, 1–19. <https://doi.org/10.1002/2015WR017906>.
10. Fulton, J.; Ostrowski, J. Measuring real-time streamflow using emerging technologies: Radar, hydroacoustics, and the probability concept. *J. Hydrol.* **2008**, *357(1)*, 1–10.
11. Melcher, N. B.; Costa, J.E.; Haeni, F.P.; Cheng, R.T.; Thurman, E.M.; Buursink, M.; Spicer, K.R.; Hayes, E.; Plant, W.J.; Keller, W.C.; Hayes, K. River discharge measurements by using helicopter-mounted radar. *Geophys. Res. Lett.* **2002**, *29(22)*, 2084. <https://doi.org/10.1029/2002GL015525>.
12. User Manual of RQ-30, RQ-30a. Discharge Measurement System, Firmware version 1.8x, Sommer Messtechnik, GmbH, A-6842 Koblach, Manual version: V02, 2014.

Monitoring ability assessment of non-contact Radar technology for stream discharge at hydrological stations in North West – and Central North regions

Tran Ngoc Anh^{1*}, La Duc Dung², Ly Tuan Minh¹, Tran Vinh Quang¹, Hoang Thai Binh³, Pham Duy Huy Binh¹, Nguyen Van Nguyen², Nguyen Phu Luan²

¹ Center for Environmental Fluid Dynamic, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi (VNU); tranngocanh@hus.edu.vn; lytuanminh122@gmail.com; tranvinhquang@hus.edu.vn; phambinh@hus.edu.vn

² Vietnam Meteorological and Hydrological Administration, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE); dunglaktv@gmail.com; nguyentaybac@gmail.com; luansdu@gmail.com

³ Geology Institute, Vietnam Academy of Science and Technology (VAST); binhht060774@gmail.com

Abstract: Modern hydrological monitoring methods toward automated technology like non-contact radar equipment for stream discharge measurement have been considered and implemented in several ODA/ international donor-funded projects since their advantages in extreme conditions having high flow velocity and the presence of debris, drifting logs, and stumps. However, several concerns on the feasibility and accuracy of that equipment that need to be addressed by a detailed assessment and data analysis. Thus, this paper is dedicated to assessing the monitoring abilities of non-contact radar technology for stream discharge monitoring using the observed data at some key hydrological stations in North-West, and Central-North regions. The quality of correlation $Q \sim H$, V surface is assessed versus the conventional $Q \sim H$ relation. The results show that beyond the advantages of the automated non-contact equipment, the current Radar technology could provide quite accurate streamflow data at the hydrological stations having stable hydraulic regime, and significantly enhancing the reliability of measurement at other complex hydraulic regime stations although this paper has not yet assessed for the station in the tidal region or having backwater effects.

Keywords: Non-contact Radar; stream discharge monitoring; North-West; Central North of Vietnam.

Table of content

- 1** Hong N.V.; Dong, N.P. Studying on building the flood scenarios in Ho Chi Minh city by the impacts of climate change. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 729, 1–13.
- 14** Hai, B.T.; Son, L.V.; Quang, N.D.; Trinh, P.V.; Van, B.T. Study on application of PC-SWMM model in flooding simulation of Bac Nam Ha irrigation system. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 729, 14–28.
- 29** Anh, N.H.; Trang, N.T.D.; Nguyen, N.T.T.; Trong, T.V.; Son, T.V. Application of remote sensing of Ho Chi Minh city's surface temperature in period 2016–2020. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 729, 29–39.
- 40** Van, L.T.M.; Ngoc, B.T.B.; Tri, Đ.Q.; Hung, T.V.; Trung, L.T. Research on calculating surface water resource assessment index for warning and forecasting of water resources: Case study on the Srepok River basin. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 729, 40–50.
- 51** Anh, T.V.; Thanh, N.N.; Hue, H.T.; Quang, Đ.V.; Duong, N.D.; Tu, B.A.; Luan, V.N. Water pricing in the Red River Delta under climate change condition. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 729, 51–62.
- 63** Tuyet, N.T.; Minh, P.T.; Thao, T.T.T.; Hang, N.T.H. Studying characteristics and the trend in changing rainfall and temperature of the south central region of Viet Nam. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 729, 63–78.
- 79** Hieu, B.D.; Huong, H.T.L.; Thinh, D.Q.; Dai, N.V.; Lieu, N.T.; Tuan, N.A. Water Security Assessment Results of Quang Ngai Province in the Context of Climate Change. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 729, 79–90.
- 91** Anh, T.N.; Dung, L.D.; Minh, L.T.; Quang, T.V.; Binh, H.T.; Binh, P.D.H.; Nguyen, N.V.; Luan, N.P. Monitoring ability assessment of non-contact Radar technology for stream discharge at hydrological stations in North West and Central North regions. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 729, 91–101.