

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 725
05-2021

MỤC LỤC

Bài báo khoa học



Q. TÔNG BIÊN TẬP

TS. Bạch Quang Dũng

Thư ký - 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** **Bùi Tá Long, Lê Thị Mỹ Diệp:** Mô phỏng sự phụ thuộc xâm nhập mặn và các yếu tố thủy văn bằng MIKE 3 – Trường hợp cửa sông Vệ, Quảng Ngãi
- 17** **Huỳnh Phú:** Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước mặt theo diễn biến phát triển các vùng kinh tế của tỉnh Bạc Liêu
- 29** **Nguyễn Việt Hưng, Nguyễn Quốc Cường, Bùi Việt Hưng, Đặng Quang Thanh:** Xây dựng bản đồ ngập lụt phục vụ công tác chống ngập, quy hoạch đô thị trên bàn thành phố Hồ Chí Minh
- 39** **Nguyễn Đăng Mậu, Hoàng Thị Huyền, Vũ Quốc Tuấn:** Phân tích cơ chế gây mưa lớn từ ngày 1/8/2019 đến 5/8/2019 tại Phú Quốc
- 49** **Phạm Lê Phương, Lê Trung Hưng, Mạnh Xuân Huy, Triệu Văn Linh, Nguyễn Xuân Hoài, Hải Hồng Phan, Vũ Hải:** DigiMeto: Công cụ trợ giúp đọc giản đồ tự ghi Khí tượng thủy văn
- 60** **Lê Hoài Nam, Hồ Công Toàn, Nguyễn Văn Tín, Trần Tuấn Hoàng, Phạm Thanh Long:** Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến lĩnh vực sử dụng đất và một số giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu tại tỉnh Bình Phước
- 72** **Giáp Văn Vinh, Nguyễn Nam Đức, Nguyễn Hồng Hải:** Giải pháp mới về bản đồ để hiển thị thông tin khí tượng thủy văn
- 80** **Hoàng Trang Thư, Phạm Thị Thảo Nhi, Nguyễn Văn Thịnh, Đào Nguyễn Khôi:** Đánh giá hiện trạng sử dụng nước và năng lượng cho sản xuất lúa xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai

Bài báo khoa học

Mô phỏng sự phụ thuộc xâm nhập mặn và các yếu tố thủy văn bằng MIKE 3 – Trường hợp cửa sông Vệ, Quảng Ngãi

Bùi Tá Long^{1*}, Lê Thị Mỹ Diệp²

¹ Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM; longbt62@hcmut.edu.vn

² Viện Khoa học và Thủy lợi Miền Nam; diepmoitruongmdquangngai@gmail.com

* Tác giả liên hệ: longbt62@hcmut.edu.vn; Tel.: +84-918017376

Ban Biên tập nhận bài: 09/03/2021; Ngày phản biện xong: 6/4/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Trong nhiều năm qua, vấn đề xâm nhập mặn được quan tâm bởi ảnh hưởng tiêu cực của nó tới phát triển kinh tế-xã hội, đặc biệt tại vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long. Nhiều chương trình, đề tài nghiên cứu cho khu vực này, trong đó đa số các nghiên cứu được thực hiện ứng dụng mô hình MIKE 11 để tính toán mô phỏng. Các kết quả nhận được tập trung làm rõ phạm vi mặn được truyền vào, chưa quan tâm nhiều tới cơ chế truyền mặn (theo bề mặt hay đáy). Sự phụ thuộc phạm vi truyền mặn vào các yếu tố dòng chảy, chế độ triều chưa được quan tâm đúng mức. Bên cạnh đó, số lượng nghiên cứu về xâm nhập mặn tại miền Trung khá khiêm tốn dẫn tới nhiều vấn đề khoa học, thực tiễn tuy được đặt ra nhưng chưa tìm ra câu trả lời. Nghiên cứu này, mô hình MIKE 3 được sử dụng hướng tới làm rõ cơ chế mặn được từ biển vào sông, cũng như sự phụ thuộc phạm vi truyền mặn vào các yếu tố dòng chảy (sông), chế độ triều (biển) – chọn sông Vệ, Quảng Ngãi làm khu vực nghiên cứu. Kết quả mô phỏng được kiểm định dựa trên chuỗi số liệu thực đo liên tục trong 48 tiếng, đã cho kết quả mức tốt và rất tốt tại mặt cắt MC0 với R^2 đạt 0,825, Nash đạt 0,798, PBIAS đạt 6,919, RSR đạt 0,524. Mô hình MIKE 3 sau bước kiểm định, được áp dụng mô phỏng sự phụ thuộc mức độ, phạm vi mặn phụ thuộc vào chế độ thủy triều, lưu lượng dòng chảy. Mô hình 3 chiều cho phép làm sáng tỏ sự khác biệt về truyền mặn giữa mùa khô và mùa mưa tại sông Vệ, đặc biệt là cơ chế truyền mặn tại mặt cắt MC0, ngay vùng cửa sông.

Từ khóa: Mưa-dòng chảy; SWAT; NAM; MIKE 3; sông Vệ.

1. Mở đầu

Xâm nhập mặn là hiện tượng thủy văn tự nhiên ở các vùng ven biển khi nước mặn xâm nhập vào kênh sông và hòa trộn với nước ngọt. Đây là một trong những quá trình chính dẫn tới suy giảm cả chất lượng nước mặt và nước ngầm, làm cho nước không đạt mục tiêu sử dụng của con người [1]. Xâm nhập mặn làm tăng áp lực cho hệ thống cấp nước sinh hoạt ở các vùng dân cư ven biển nơi có khoảng 80% các thành phố lớn nhất trên thế giới [2-4]. Xâm nhập mặn cũng có thể làm thay đổi đa dạng sinh học và các quần xã thủy sinh do mất môi trường sống thích hợp cho chúng [5-7]. Xâm nhập mặn tác động sâu sắc đến nguồn nước ngọt, sinh kế của dân cư và sự phát triển xung quanh [8]. Hơn nữa, nước mặn có thể tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình sụt lún của các trầm tích mịn, kích thích tích cực sự hình thành vành đai đục gần các cửa sông nơi ô nhiễm thứ cấp xảy ra [9]. Chính vì vậy, xâm nhập mặn luôn là đối tượng nghiên cứu của nhiều tác giả ngoài nước [1-7], cũng như trong nước [11-19]. Dù đã có nhiều nghiên cứu về xâm nhập mặn nhưng vẫn còn những kiến thức cơ chế xâm nhập mặn cho đối tượng cụ thể vẫn cần được làm rõ [2].

Việt Nam hiện có 28 tỉnh, thành có biển với 125 huyện ven biển, trải dọc theo bờ biển dài hơn 3.260 km, từ Quảng Ninh đến Kiên Giang, trong đó có tỉnh Quảng Ngãi. Trong nhiều năm qua, xâm nhập mặn là một vấn đề môi trường lớn ở nhiều vùng cửa đất nước, đặc biệt là ở các cửa sông vì nó làm xáo trộn nguồn cung cấp nước dân cư, nông nghiệp, công nghiệp và đe dọa sự ổn định của các hệ sinh thái cửa sông [10]. Trong nhiều năm qua, xâm nhập mặn luôn là đối tượng nghiên cứu của nhiều nhóm các tác giả [11–17]. Các nghiên cứu khác đều sử dụng mô hình toán 1D [14–19], 2D [20]. Hạn chế của các nghiên cứu này là chưa làm rõ cơ chế mặn truyền từ biển và sông theo bề mặt hay theo đáy. Từ đó nghiên cứu này đã áp dụng mô hình diễn toán MIKE 3 để mô phỏng dòng chảy, quá trình truyền mặn ở khu vực cửa sông khu vực nghiên cứu.

Trong nghiên cứu, mô hình 3D được áp dụng để mô phỏng truyền mặn từ biển vào sông nhằm làm rõ làm rõ cơ chế truyền mặn từ biển vào sông. Nghiên cứu cũng hướng tới làm rõ sự phụ thuộc truyền mặn vào chế độ triều từ phía biển và lưu lượng dòng chảy từ phía sông. Các module MIKE 3 HD, AD được hiệu chỉnh, kiểm định trước khi được sử dụng để mô phỏng truyền mặn. Các tiêu chí đánh giá NSE, PBIAS và RSR được sử dụng để làm rõ độ chính xác kết quả mô phỏng

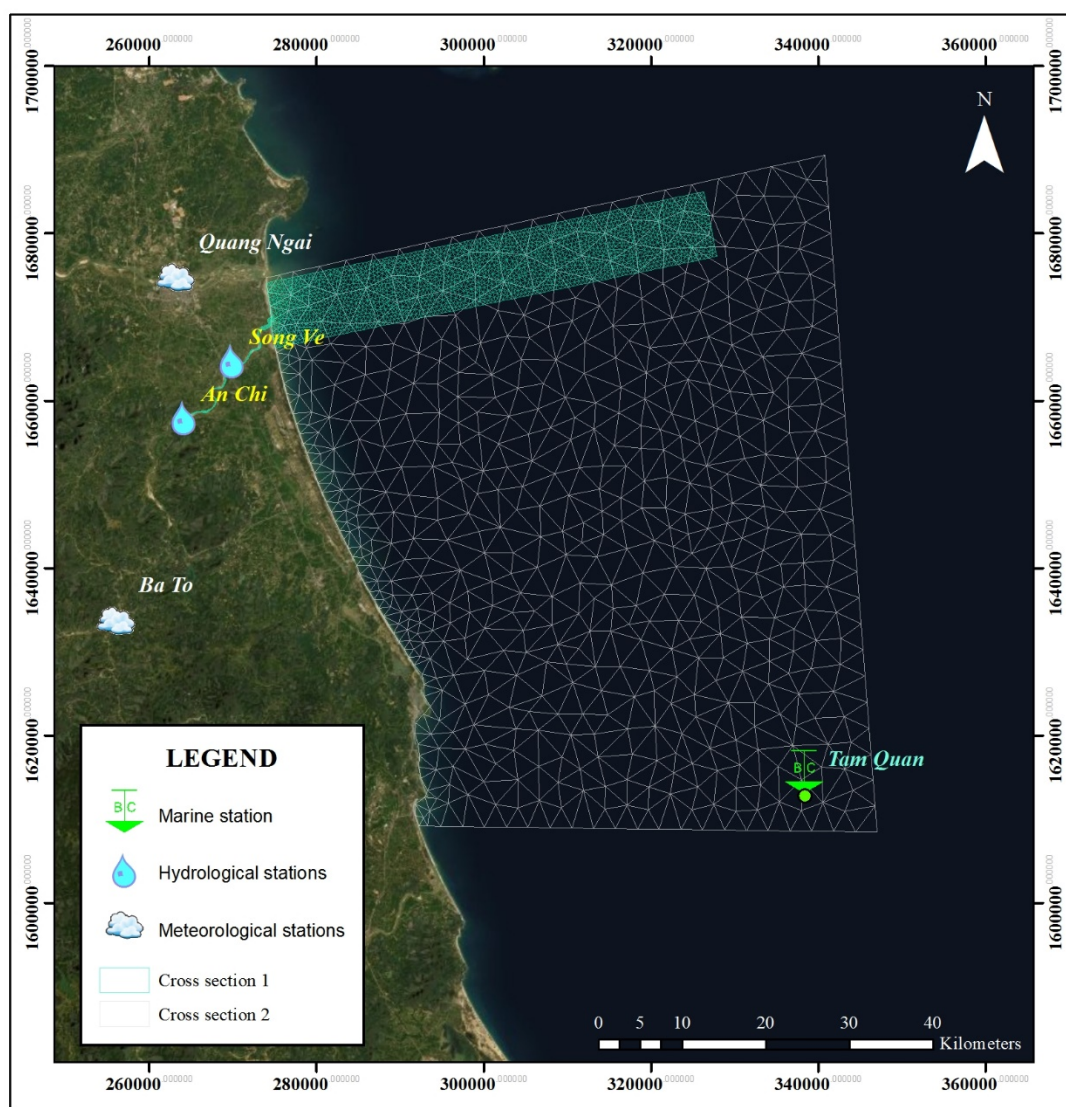
2. Phương pháp và số liệu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Sông Vệ là sông lớn thứ hai nằm trong bốn hệ thống sông lớn nhất thuộc tỉnh Quảng Ngãi, có diện tích 1263 km², chiếm 24,51% diện tích tự nhiên của tỉnh Quảng Ngãi [21]. Lưu vực sông Vệ bao gồm: toàn bộ huyện Mộ Đức; một phần lớn huyện Ba Tơ, huyện Nghĩa Hành; một phần nhỏ huyện Đức Phổ và huyện Tư Nghĩa của tỉnh Quảng Ngãi. Ranh giới lưu vực sông Vệ gồm: Phía Bắc giáp lưu vực sông Trà Khúc tỉnh Quảng Ngãi; Phía Nam giáp lưu vực sông Trà Câu tỉnh Quảng Ngãi; Phía Tây giáp lưu vực sông Trà Khúc, Sê San; Phía Đông giáp với biển Đông.

Xâm nhập mặn tại vùng hạ du sông Vệ, Quảng Ngãi là đối tượng của một số nghiên cứu gần đây [19–21]. Nghiên cứu [19] tập trung vào xâm nhập mặn sông Trà Khúc–sông Vệ, Trong nghiên cứu này sử dụng mô hình thủy động lực học 1D kết hợp với mô hình truyền tải khuếch tán để đánh giá tình hình xâm nhập mặn ở hạ lưu sông Trà Khúc–sông Vệ thuộc tỉnh Quảng Ngãi, dự báo xâm nhập mặn do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở dữ liệu năm 2002 và 2013, đưa ra đánh giá mức độ xâm nhập mặn cũng như dự báo dự báo xâm nhập mặn cho các năm 2020 và 2030. Tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ tập trung vào sông Trà Khúc, không đề cập tới sông Vệ.

Trong nghiên cứu [21], nhóm tác giả bài báo này đã sử dụng SWAT/NAM/MIKE xây dựng bộ thông số thủy văn và thủy lực phục vụ cho tính toán dòng chảy – trường hợp sông Vệ, Quảng Ngãi. Đã xác định được bộ thông số thủy văn cho khu vực hạ lưu lưu vực sông Vệ, gồm: U_{max} là lượng nước tối đa trong bể chứa mặt (mm); L_{max} là lượng ẩm lớn nhất trong bể chứa tầng rễ cây (mm); CQOF là hệ số dòng chảy mặt, không thứ nguyên, phản ánh điều kiện thấm; TOF là ngưỡng dưới của dòng chảy tràn; TIF là ngưỡng dưới của dòng chảy sát mặt; TG là giá trị ngưỡng tầng rễ cây; CKIF là hệ số thời gian dòng chảy sát mặt; CK12 là hằng số thời gian chảy truyền của dòng chảy mặt; CKBF là hằng số thời gian chảy truyền của dòng chảy ngầm. Trong nghiên cứu độc lập khác [21] đã nhận được bộ thông số thủy văn cho lưu vực sông Trà Khúc–Sông Vệ, kết quả so sánh giữa 2 bộ thông số trong [21] cho sai số không đáng kể. Nghiên cứu [20] sử dụng MIKE 21 đánh giá phạm vi và mức độ truyền mặn vùng cửa sông Vệ.



Hình 1. Vị trí, giới hạn khu vực nghiên cứu với lưới D1 (nhỏ), D2 (lớn), 2 trạm đo thủy văn, 2 trạm đo khí tượng được sử dụng.

2.2. Mô hình MIKE 3

Bộ phần mềm MIKE là sản phẩm của Viện thủy lực Đan Mạch (*DHI Water & Environment*), với các module như MIKE 11, MIKE 21, MIKE3 HD, AD, ST, MT, SW... được sử dụng để mô phỏng các quá trình thủy động lực học hai chiều, ba chiều, sự vận chuyển và khuếch tán của các chất hòa tan và lơ lửng, bùn cát; sự lan truyền của sóng biển, tính toán sa bồi ở vùng cửa sông và ven biển. Nghiên cứu ứng dụng MIKE mô phỏng truyền mặn được thực hiện trong nhiều nghiên cứu trong nước [12–17, 22]; cũng như tại nước ngoài [23–25]. Phần dưới đây trình bày những module chính, gồm MIKE 3 HD, AD được sử dụng trong nghiên cứu này, tham khảo từ [26–28].

2.2.1 MIKE 3 HD

Module MIKE 3 HD được xây dựng trên hệ phương trình Navier–Stokes trung bình Reynolds cho chất lỏng không nén được 2 hoặc 3 chiều kết hợp với giả thiết Boussinesq và giả

thiết áp suất thủy tĩnh, gồm: phương trình liên tục, động lượng, được khép kín bởi sơ đồ khép kín rôi. Với trường hợp ba chiều thì sử dụng xấp xỉ chuyển đổi hệ tọa độ sigma.

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad (1)$$

Phương trình động lượng theo phương x và y tương ứng:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \quad (3)$$

$$F_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(2A \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) \quad (4)$$

$$F_v = \frac{\partial}{\partial y} \left(2A \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(2A \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) \quad (5)$$

Trong các phương trình (1)–(5): t là thời gian; x, y và z là tọa độ Đề các; η là dao động mực nước; $u(x, y, z, t)$, $v(x, y, z, t)$, $w(x, y, z, t)$ là 3 thành phần vec tơ dòng chảy, d là độ sâu; $h = \eta + d$ là độ sâu tổng cộng; u, v và w là thành phần vận tốc theo phương x, y và z; $f = 2\Omega \sin\Phi$ là tham số Coriolis; g là gia tốc trọng trường; ρ là mật độ nước; v_t là nhớt rôi thẳng đứng; p_a là áp suất khí quyển; ρ_0 là mật độ chuẩn; S là lưu lượng do các nguồn điểm; (u_s, v_s) là vận tốc của dòng lưu lượng đi vào miền tính; F_u, F_v là các số hạng ứng suất theo phương ngang; A là độ rôi nhớt theo phương ngang. Bộ công cụ MIKE 3 HD cho phép hiệu chỉnh 2 tham số chính là độ rôi nhớt (eddy viscosity coefficient, ν , m^2/s) và chiều cao độ nhám (roughness height, k_s , m) [30].

2.2.2. MIKE 3 AD

Module tải–khuếch tán (*Advection Dispersion – AD*) trong MIKE 3 giải phương trình tải–khuếch tán cho chất bảo toàn hay hòa tan. Phương trình truyền mạn được xây dựng dựa trên định luật bảo toàn khối lượng lưu ý tới lượng chất đi vào–ra trong một khối thể tích. Phương trình lan truyền cho mạn có dạng [28]:

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial us}{\partial x} + \frac{\partial vs}{\partial y} + \frac{\partial ws}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial s}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_h \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial s}{\partial z} \right) + s_s S \quad (6)$$

Trong phương trình (6) D_v là hệ số khuếch tán rôi thẳng đứng; D_h là hệ số khuếch tán rôi theo phương ngang; S là số hạng nguồn; S_s là độ mạn của nguồn.

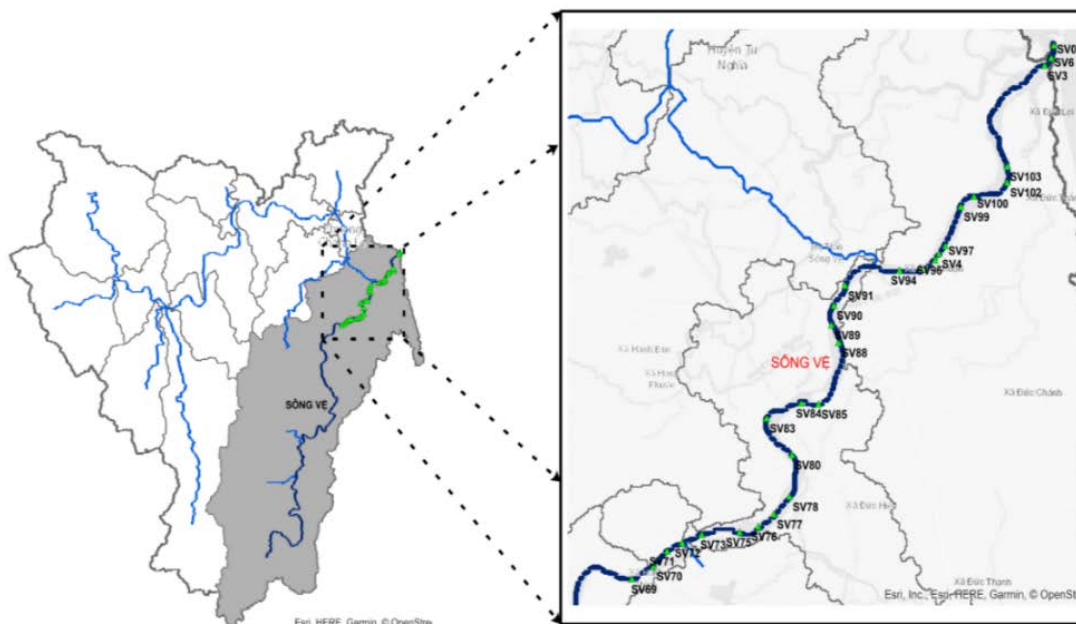
2.3. Dữ liệu

2.3.1. Địa hình

Dữ liệu DEM được lấy từ trang web <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> và sử dụng phần mềm SWAT phân chia khu vực nghiên cứu thành các lưu vực, sử dụng ArcGIS số hóa đoạn sông. Kết quả phân chia lưu vực là các file tiêu lưu vực được lưu dưới dạng shapefile [21]. Dữ liệu bản đồ và thuộc tính được sử dụng trong nghiên cứu này này gồm: bản đồ số hóa độ cao (DEM) lưu vực sông Vệ, bản đồ thổ nhưỡng, bản đồ sử dụng đất, bản đồ thảm phủ thực vật ứng với hiện trạng rừng, bản đồ mạng lưới sông suối và lưới trạm đo khí tượng thủy văn.

Dữ liệu địa hình chạy MIKE 3 trong nghiên cứu này được chia ra làm 2 nhóm. Nhóm thứ nhất liên quan tới vùng ven biển được thu thập, xử lý và chuyển vào phần mềm MIKE 3 [29],

nhóm thứ hai liên quan tới đất liền và cửa sông gồm: số liệu thực đo 19 mặt cắt thực đo được kế thừa từ công trình [21]. Đoạn sông Vệ được xem xét trong nghiên cứu này được giới hạn từ thượng nguồn sông đến cửa Lở dài 21.47 km (Hình 2).



Hình 2. Địa hình vùng cửa sông và các vị trí đo mặt cắt sông Vệ.

2.3.2. Yếu tố triều

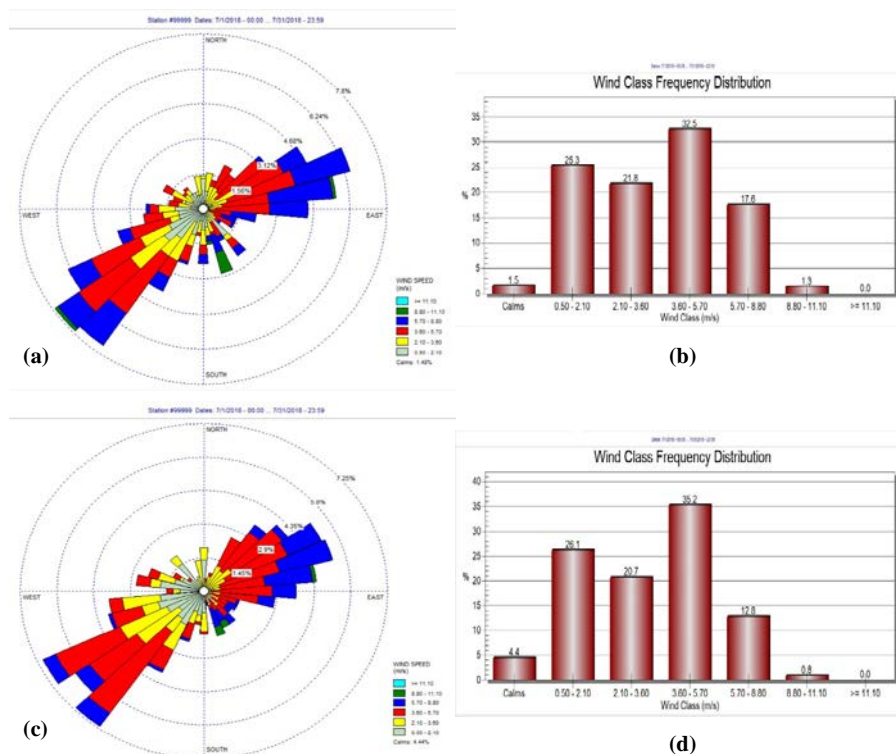
Sông Vệ chịu ảnh hưởng của biển Đông chế độ bán nhật triều với 4 thành phần thủy triều chính: M2, S2, N2, K2 được sử dụng để tính toán mô phỏng thủy lực [30]. Bộ thông số này đóng vai trò quan trọng trong module MIKE 3 HD và AD. Nghiên cứu này đã kế thừa kết quả nghiên cứu kiểm định từ đề tài cấp nhà nước theo số liệu thực đo liên tục 24/24 các thông số lưu lượng, mực nước tại 3 vị trí MC0, MC3, MC4 cho năm 2018 (Hình 1).

Bảng 1. Bảng sóng điều hòa lưu ý tới thủy triều [30].

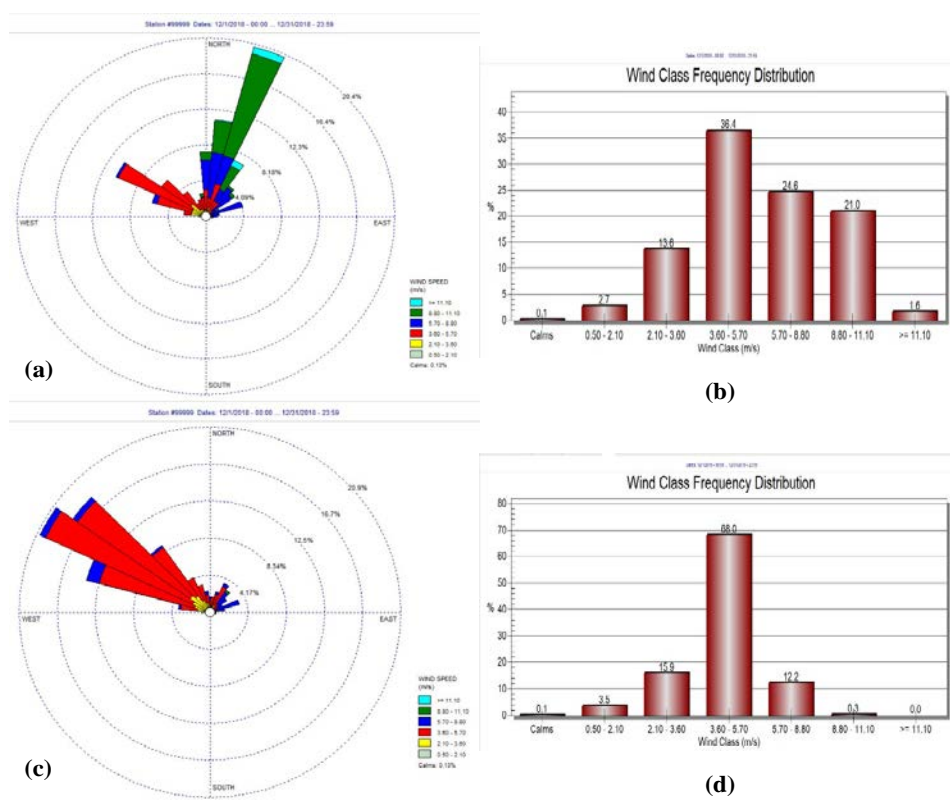
STT	Tên sóng	Ký hiệu	Chu kỳ
1	Mặt trăng chính	M2	20 giờ
2	Mặt trời chính	S2	10 giờ
3	Mặt trăng chính	O1	30 giờ
4	Mặt trăng mặt trời	K1	30 giờ

2.3.3. Số liệu khí tượng

Để chạy mô hình MIKE 3, số liệu về gió cho khu vực biển: miền D2, miền D1 được trích xuất từ mô hình WRF – sau khi bước hiệu chỉnh và kiểm định. Kết quả này được thể hiện trên Hình 3 cho thời điểm tháng 7/2018, Hình 4 cho thời điểm tháng 12/2018. Nghiên cứu [21] cho thấy vào tháng 7/2018, lưu lượng trung bình ngày dòng chảy là bé nhất, còn tháng 12/2018 có lưu lượng trung bình ngày lớn nhất. Module MIKE 3 chạy cho vùng biển yêu cầu số liệu gió theo giờ gồm vận tốc và hướng gió. Trong nghiên cứu này, đã sử dụng mô hình WRF để trích xuất theo giờ, điều mà các trạm quan trắc hiện có không thể đảm ứng được. Đã thực hiện kiểm định mô hình cho cả 2 trường hợp, lưu ý và không lưu ý tới gió, và kết quả gió là yếu tố quan trọng trong nghiên cứu này.



Hình 3. Dữ liệu khí tượng trong khu vực được sử dụng trong tính toán mô phỏng: (a) Hoa gió cho tháng 7/2018, khu vực biển; (b) Biểu đồ gió–vận tốc, tần suất tháng 7/2018, khu vực biển; (c) Hoa gió cho tháng 7/2018, khu vực sông; (d) Biểu đồ gió–vận tốc, tần suất tháng 7/2018, khu vực sông.



Hình 4. Dữ liệu khí tượng trong khu vực được sử dụng trong tính toán mô phỏng: (a) Hoa gió cho tháng 12/2018, khu vực biển; (b) Biểu đồ gió–vận tốc, tần suất tháng 12/2018, khu vực biển; (c) Hoa gió cho tháng 12/2018, khu vực sông; (d) Biểu đồ gió–vận tốc, tần suất tháng 12/2018, khu vực sông.

2.3.4. Số liệu mặn

Để có số liệu cho bài báo này, đã thực hiện đo đạc thực địa với các thiết bị: máy đo lưu lượng nước tự động ADCP (Mỹ); máy thủy chuẩn NA2 Leica, LEICA (TC805), máy đo sâu hồi âm HONDEX PS-7 (Nhật); máy đo độ mặn; mia địa hình; máy GPS cầm tay; la bàn. Các yếu tố thủy văn được ghi nhận từ 0h ngày 7-10 đến 23h ngày 8-10-2018 và đo mặt cắt ngang và dẫn nổi độ cao từ ngày 9-10 đến 10-10-2018. Đồng thời với việc đo mực nước, yếu tố độ mặn cũng được lấy mẫu và đo theo chế độ 24/24 từ 0h ngày 7-10 đến 23h ngày 8-10-2018 tại cả 3 mặt cắt: mặt cắt 0, mặt cắt 3 và mặt cắt 4 [20]. Đo lưu lượng nước bằng máy đo tự động ADCP (Mỹ) được thực hiện tại 3 mặt cắt theo chế độ 24/24 từ 0h ngày 7-10 đến 23h ngày 8-10-2018 (đồng thời với đo mực nước và đo mặn). Trên Hình 1 thể hiện miền tính toán gồm lược D1 gồm phần biển và phần sông Vệ, biên mặn phía biển được lấy bằng hằng số 32,5^{0/00} [32-33], biên mặn AD trên thượng nguồn lấy bằng hằng số 0,05^{0/00}.

2.4. Chỉ tiêu đánh giá

Chỉ số đánh giá mức độ tương quan giữa kết quả tính toán và kết quả đo đạc, được xác định theo các công thức sau:

$$NSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{sim} - Q_i^{obs})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - \bar{Q})^2}, PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_i^{sim}) \times 100}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs})} \quad (7)$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - Q_i^{sim})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i^{obs} - \bar{Q})^2}} \quad (8)$$

Tiêu chuẩn đánh giá (7) – (8) theo từng chỉ số trên được thể hiện trong [21, 31].

3. Kết quả và thảo luận

Trong khuôn khổ nghiên cứu này, mô phỏng thủy lực và truyền mặn cho một năm 2018 được thực hiện nhằm ra mối liên hệ giữa phạm vi truyền mặn với yếu tố triều phía biển và lưu lượng nước phía thượng nguồn. Kết quả này được thực hiện trong những năm gần đây và kế thừa từ các kết quả trước, đặc biệt là dựa trên bộ thông số thủy văn được thiết lập [21] cho khu vực nghiên cứu. Mô hình NAM được ứng dụng tạo ra biên lưu lượng cho sông Vệ cho đủ một năm 2018. Từ chuỗi số liệu này đã tìm được tháng với lưu lượng dòng chảy trung bình nhỏ nhất, lớn nhất. Đã chọn ra 2 tháng là 7, 12 để phân tích tương quan giữa phạm vi, mức độ truyền mặn với lưu lượng và chế độ triều. MIKE 3 HD, AD được áp dụng chạy thủy lực và mặn trong phạm vi nghiên cứu. Từ kết quả này đã thực hiện biện luận mối quan hệ giữa phạm vi truyền mặn với chế độ triều, lưu lượng dòng chảy. Lý do chọn tháng 7 mang tính đại diện cho mùa khô và tháng 12 đại diện cho mùa mưa. Trong mục này, trước tiên là trình bày kết quả hiệu chỉnh kiểm định các mô đun trong MIKE 3 được sử dụng, sau đó trình bày kết quả mô phỏng diễn biến mặn tại 2 mặt cắt MC0, MC3.

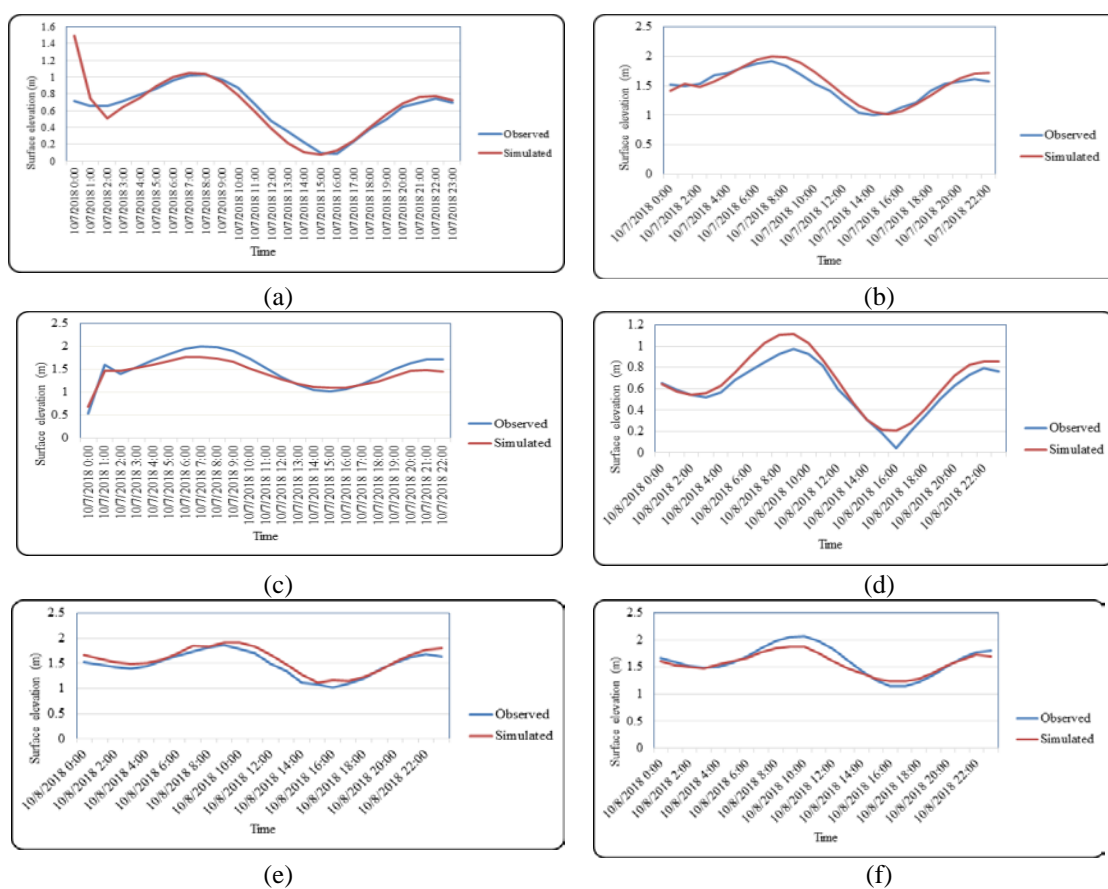
3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định

Việc thiết lập mô hình MIKE 3 là cần thiết để đảm bảo kết quả mô phỏng theo kịch bản. Nghiên cứu này kế thừa một số kết quả từ các nghiên cứu trước của nhóm tác giả [20-21]. Cụ thể như sau, bộ thông số thủy văn, thủy lực cho khu vực nghiên cứu, đặc biệt kết quả từ [21] cho phép sử dụng NAM tạo biên lưu lượng trên thượng nguồn nhằm đáp ứng yêu cầu MIKE 3 HD. Trong [21] đã thực hiện bước hiệu chỉnh, kiểm định bộ thông số thủy lực cho MIKE 21 HD, còn trong [20] đã dựa vào kết quả thủy lực này để đánh giá phạm vi và mức độ truyền mặn

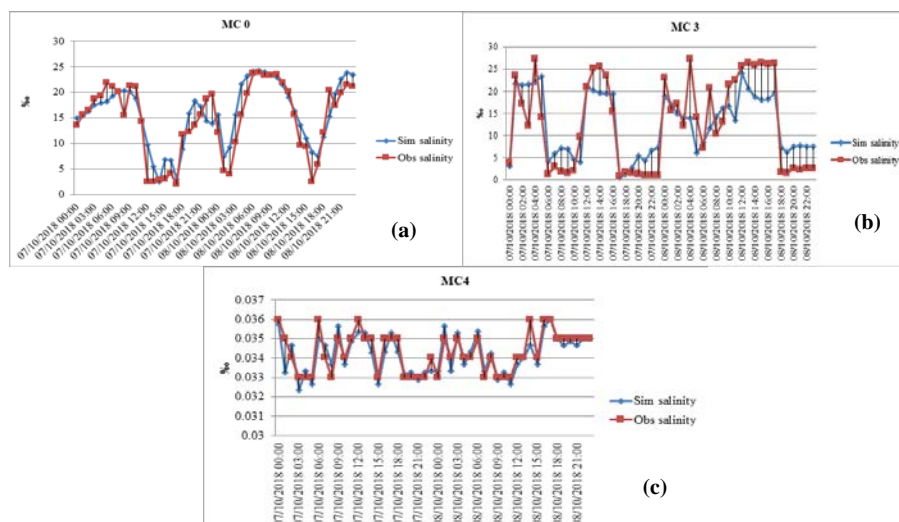
bằng MIKE 21 AD. Trong mục này, bước hiệu chỉnh, kiểm định MIKE 3 HD, kiểm định MIKE 3 AD được thực hiện dựa trên bộ số liệu thực đo được trình bày trong mục 2.3.3.

Kết quả kiểm định và hiệu chỉnh MIKE 3 HD như sau: kết quả hiệu chỉnh tại mặt cắt MC0 cho $R^2 = 0,754$, Nash = 0,609, PBIAS = -2,607, RSR = 0,624; mặt cắt MC3 cho $R^2 = 0,906$, Nash = 0,861, PBIAS = -2,688, RSR = 0,371; mặt cắt MC4 cho $R^2 = 0,956$, Nash = 0,814, PBIAS = 6,476, RSR = 3,062. Kết quả kiểm định tại mặt cắt MC0 cho $R^2 = 0,963$, Nash = 0,857, PBIAS = -12,275, RSR = 0,378; mặt cắt MC3 cho $R^2 = 0,946$, Nash = 0,823, PBIAS = -5,351, RSR = 0,401; mặt cắt MC4 cho $R^2 = 0,949$, Nash = 0,845, PBIAS = 0,431, RSR = 0,388. Bước hiệu chỉnh, kiểm định MIKE 3 HD được thể hiện trên hình 3. Kết quả của mục này là chọn bộ thông số thủy lực đoạn sông Vệ cho MIKE 3 HD, trong phạm vi nghiên cứu: hệ số nhớt (*eddy viscosity coefficient*) bằng 0,28 (m^2/s) và hệ số chiều cao nhám (*roughness height coefficient* k_s , m) là 0,1 (m). Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định thủy lực trên được đánh giá trong phạm vi từ tốt tới rất tốt, cho phép mô phỏng truyền mặn bằng MIKE 3 AD, chỉ có duy nhất chỉ tiêu RSR tại mặt cắt số 4 là không đạt.

Kết quả kiểm định MIKE 3 AD được thực hiện với bộ số liệu thực đo mặn 48 giờ liên tục cho 2 ngày 7–8/10/2018 tại 3 mặt cắt MC0, MC3, MC4 (mục 2.3.3) được thể hiện trên Hình 4. Kết quả đặc biệt phù hợp tại mặt cắt MC0 với 4 chỉ tiêu $R^2 = 0,825$, Nash = 0,798, PBIAS = 6,919, RSR = 0,524. Tại 2 mặt cắt còn lại, MC3 cho $R^2 = 0,728$, Nash = 0,704, PBIAS = -1,125, MC4 cho $R^2 = 0,752$, Nash = 0,705, PBIAS = -0,265. Riêng chỉ tiêu RSR tại 2 mặt cắt MC3, MC 4 cho kết quả gần với mức đạt (tương ứng 0,781, 0,711 so với mức đạt là 0,7). Kết quả này cho phép khẳng định MIKE 3 AD có thể áp dụng để mô phỏng bức tranh truyền mặn cho nghiên cứu này.



Hình 5. Biểu đồ mực nước lúc hiệu chỉnh, kiểm định MIKE 3 HD tại 3 vị trí mặt cắt MC0, MC3, MC4 MIKE 3: (a), (c), (e) Hiệu chỉnh; (b), (d), (f) Kiểm định.



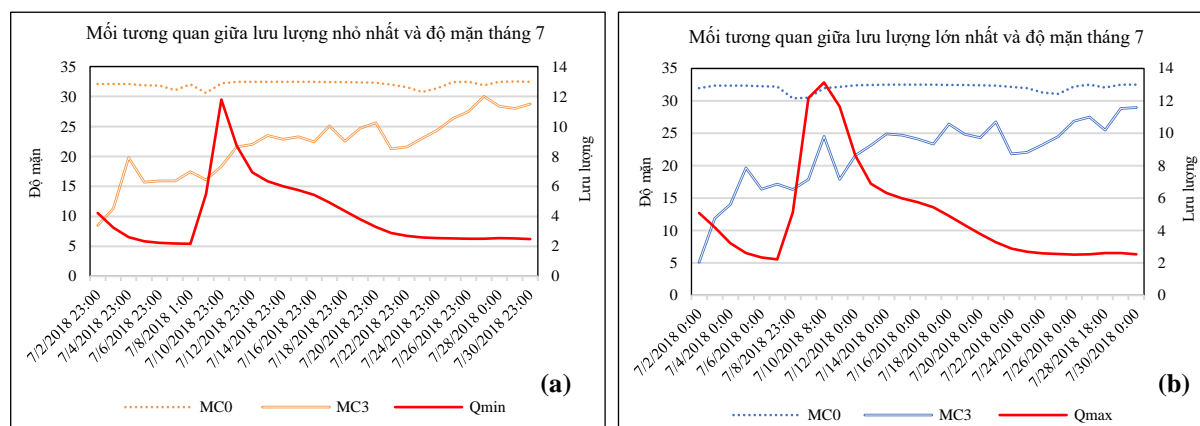
Hình 6. So sánh độ mặn giữa giá trị đo và chạy mô hình MIKE 3 tại các mặt cắt: (a) MC0, (b) MC3; (c) MC4.

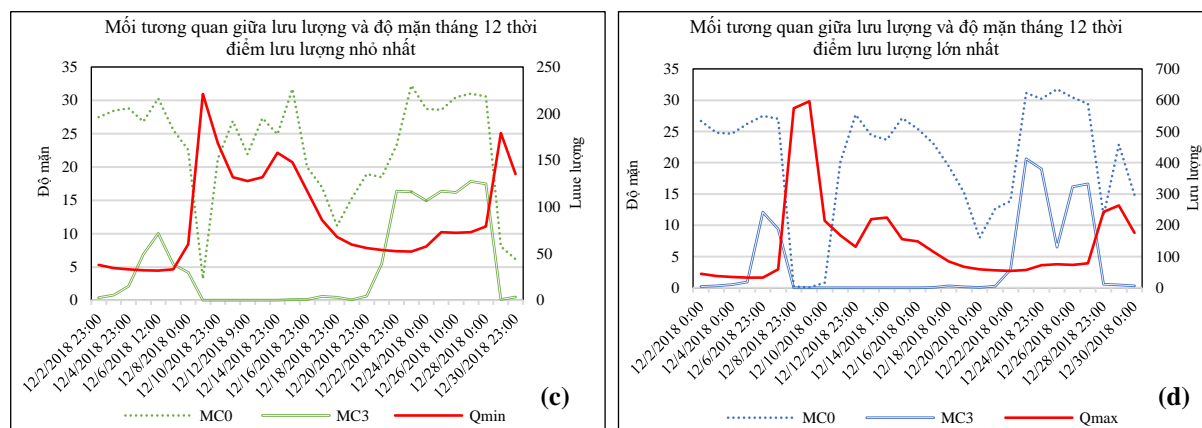
3.2. Sự phụ thuộc truyền mặn vào lưu lượng

Lưu lượng dòng chảy vào mùa khô rất nhỏ, tháng được chọn 7/2018 có biên độ dao động trong khoảng từ 0–13,13 m³/s. Đây là tháng có lưu lượng trung bình nhỏ nhất của năm 2018. Đã thực hiện so sánh kết quả mô phỏng mặn thời điểm Q_{max} và Q_{min} của tháng 7.

Thời điểm Q_{min} có lưu lượng nhỏ nhất trong tháng 7/2018 là 2,175 m³/s rơi vào ngày 20/7. Kết quả tính toán cho thấy độ mặn trong tháng 7 ứng với Q_{min} dao động trong khoảng 30,5–32,5‰ ở MC0 và 8,5–30‰ ở MC3. Trong khoảng thời gian từ ngày 8–12/07/2018 độ mặn có xu hướng giảm dần, tuy không đáng kể, trong khoảng 30‰ ở MC0 và 20‰ ở MC3, do lưu lượng tăng, tuy không lớn. Có thể lưu ý tới bất thường trong các ngày 3–4/7/2018, dù Q_{min} có giảm nhưng nồng độ tại MC3 có tăng có thể giải thích do tác động phụ của yếu tố triều.

Thời điểm Q_{max} có lưu lượng lớn nhất trong tháng 7/2018 là 13,1338 m³/s. Kết quả mô phỏng cho độ mặn nằm trong khoảng 30–32‰ ở MC0 và 5–29‰ ở MC3, phổ có thấp hơn so với thời điểm Q_{min}. Vào khoảng các ngày từ 7 đến 13/07/2018 với lưu lượng cao hơn so với lưu lượng trung bình, độ mặn có xu hướng giảm nhẹ nhưng không đáng kể do lưu lượng tăng nhẹ, ổn định ở khoảng 32‰ ở MC0 và 17‰ ở MC3. Có thể lưu ý tới bất thường trong các ngày 3–4/7/2018, dù Q_{max} có giảm nhưng nồng độ tại MC0, MC3 có tăng là do tác động phụ của yếu tố triều.





Hình 7. Tương quan lưu lượng và độ mặn, mùa khô (a, b) tháng 7/2018 mùa mưa (c, d) tháng 12/2018.

Thời điểm Q_{min} có lưu lượng nhỏ nhất trong tháng 12 là $31,815 \text{ m}^3/\text{s}$. Độ mặn trong tháng 12 thời điểm lưu lượng nhỏ nhất giao động trong khoảng $3-32\text{‰}$ ở MC0 và $0-17\text{‰}$ ở MC3. Riêng vào các ngày 7 đến 12/12/2018 với lưu lượng lên đến gần $250 \text{ m}^3/\text{s}$ thì độ mặn giảm rõ rệt còn $20-25\text{‰}$ ở MC0 và $0,02-1\text{‰}$ ở MC3. Có thể lưu ý tới bất thường trong các ngày 4-5/12/2018, dù Q_{min} có giảm nhưng nồng độ tại MC0, MC3 có tăng là do tác động phụ của yếu tố triều.

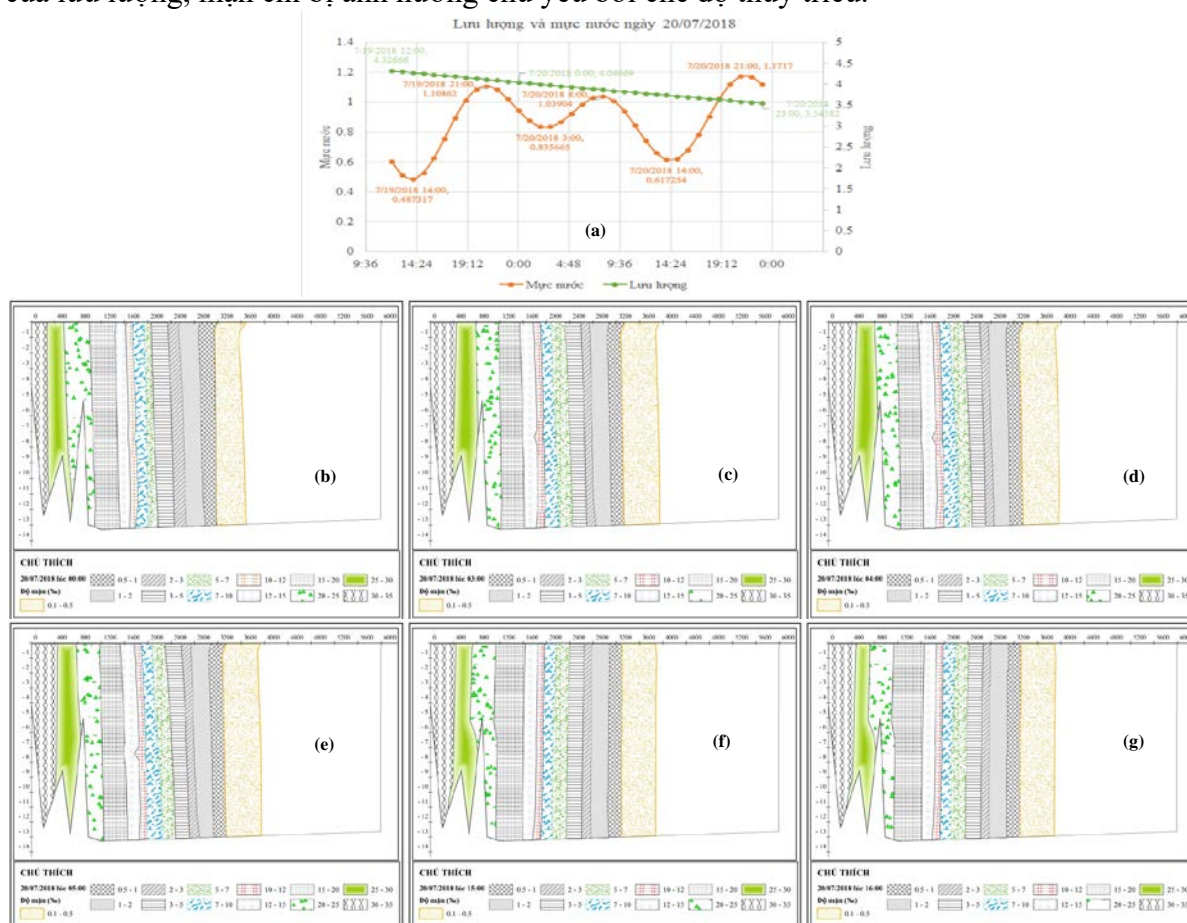
Thời điểm Q_{max} có lưu lượng lớn nhất trong tháng 12 là $596,002 \text{ m}^3/\text{s}$. Độ mặn trong thời điểm này nằm trong khoảng $0,5-31\text{‰}$ ở MC0 và $0-20\text{‰}$ ở MC3. Kết quả này là nhỏ hơn so với thời điểm Q_{min} của cùng trong tháng 12 nhiều. Vào các ngày 7 đến 9/12/2018 lưu lượng lên đến gần $600 \text{ m}^3/\text{s}$ thì độ mặn ở MC0 chỉ còn khoảng $0,02-0,5\text{‰}$, MC3 chỉ còn khoảng $0,02\text{‰}$, tức là mặn truyền vào MC0 được khoảng 500m thì bằng 0. Có thể lưu ý tới bất thường trong các ngày 4-5/12/2018, dù Q_{max} có giảm nhưng nồng độ tại MC0, MC3 có tăng là do tác động phụ của yếu tố triều.

Có thể kết luận rằng, yếu tố lưu lượng tác động tới xâm nhập mặn vùng cửa sông Vệ. Sự tăng độ mặn tại cửa sông MC0 diễn ra khi Q có xu thế giảm và ngược lại khi Q tăng, độ mặn tại MC0 có xu thế giảm. Tương tự như vậy tại MC3, nhưng có sự khác biệt tại một số thời điểm và biên độ (Hình 7).

3.3. Sự phụ thuộc phạm vi truyền mặn vào chế độ triều và lưu lượng

Trong biện luận, độ mặn được chọn là mức 1‰ và cột mốc MC0 để biện luận. Theo đó độ mặn vượt mức $0,75$ là không phù hợp với cây trồng và con người. Kết quả mô phỏng vào ngày 20/7/2018 cho thấy từ 0-3h, khi triều xuống (Hình 8a), lưu lượng phía thượng nguồn rất nhỏ, hướng dòng chảy vẫn đi từ biển vào sông, có nghĩa là không chịu tác động của lưu lượng. Trong khoảng thời gian này, độ mặn tăng dần khi đi qua MC0 và truyền vào phía sông, lúc 0h mặn, mức 1‰ truyền tới vị trí 2,9 km (Hình 8b), đến 3h mặn truyền sâu vào 3,1 km (Hình 8c). Khoảng thời gian tiếp theo, từ 4-8h triều lên, hướng dòng chảy có sự đổi hướng, truyền từ sông ra biển, phạm vi truyền mặn giảm, tới 8h rút xuống vị trí 2,85 km (Hình 8d). Khoảng thời gian 8-14h, triều tuy xuống, độ mặn vẫn truyền vào đất liền đến 14h đã truyền được từ 2,85 km lên 3,05 km (Hình 8e, 8f). Thời gian còn lại trong ngày từ 14-23 là lúc triều lên, hướng dòng chảy từ sông ra biển, độ mặn giảm dần, mặn truyền vào 3,05 km lúc 14h nhưng đến 23h chỉ còn 2,95 km. Có thể thấy rằng, mực nước khoảng 14-23h cao hơn mực nước khoảng 5-8h nên mặn truyền sâu hơn thời điểm 5-8h, khoảng 100 m. Như vậy, vào ngày 20/07, mặn truyền vào phía đất liền, dao động trong khoảng 2,9-3,1 km tính từ cửa sông. Thời điểm mặn truyền sâu nhất vào lúc 3h sáng, đạt mốc 3,1 km, đây là thời điểm triều bắt đầu dâng lên lần đầu tiên trong ngày.

Vào mùa khô, hướng dòng chảy chủ yếu chịu tác động bởi chế độ triều, ít chịu ảnh hưởng của lưu lượng, mặn chỉ bị ảnh hưởng chủ yếu bởi chế độ thủy triều.

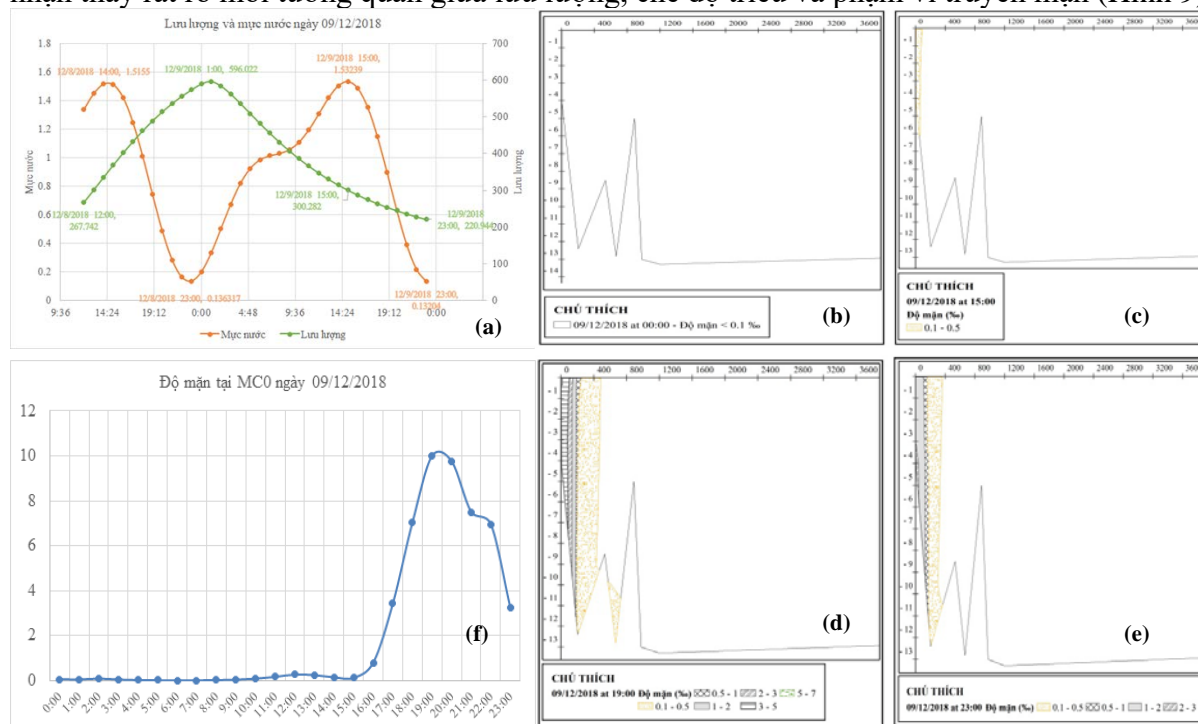


Hình 8. Sự phụ thuộc giữa hướng dòng chảy, mức độ, phạm vi truyền mặn với chế độ triều, lưu lượng dòng chảy vào mùa khô (a) biểu đồ lưu lượng–mực nước; (b) Phạm vi truyền mặn lúc 0h đạt 2,9 km; (c) Phạm vi truyền mặn lúc 3h đạt 3,1 km; (d) Phạm vi, mức độ truyền mặn lúc 4h, thời điểm dòng chảy có sự chuyển hướng từ sông ra biển, phạm vi đạt mốc 3,08 km; (e) Phạm vi truyền mặn lúc 5h, thời điểm dòng chảy theo hướng từ sông ra biển, đạt mốc 3,05 km; (f) Phạm vi truyền mặn lúc 15h, thời điểm dòng chảy bắt đầu chuyển hướng, đạt 3,05 km; (g) Phạm vi lúc 16h, thời điểm dòng chảy hướng từ biển vào sông, đạt 3,07 km.

Trong trường hợp mùa mưa, trên Hình 9a, cho thấy từ 0–15h, mực nước lên dần, hay nói cách khác triều đang lên, tuy nhiên do lưu lượng dòng chảy lớn (300–596 m³/s), kết quả chạy HD cho thấy dòng chảy theo hướng từ sông ra biển. Từ 0–15h, kết quả chạy AD cho thấy mặn chưa truyền vào MC0, tại đây chỉ giữ mức 0,01–0,1‰. Trong khoảng 0–9h, mặn tăng, giảm phức tạp trong 0,007–0,04‰, độ chênh lệch nhau nằm khoảng 0,01‰. Đến 10–12h, mặn có xu hướng tăng mạnh tại mặn cát MC0, đến 12h tăng lên mức 0,269‰. Từ 12–15h, mặn giảm dần đến 15h mặn tại MC0 chỉ còn 0,1‰. Từ 16–23h mặn bắt đầu xâm nhập về phía MC0, tuy hướng dòng chảy vẫn giữ từ sông ra biển: từ 16–19h mặn tại MC0 tăng nhanh do lưu lượng đang giảm đáng kể, từ 300 m³/s giảm còn 254 m³/s, tới 19h độ mặn tại MC0 đạt cực đại là 10‰ và truyền sâu khoảng 200 m (mức 10‰). Từ 20–23h, mặn giảm dần, đến 23h, mặn tại mặt cắt MC0 giảm còn 3,22‰ và chỉ còn truyền sâu 90m thì bằng 1‰. Có thể thấy mùa mưa, mặn đồng thời chịu tác động của chế độ triều và lưu lượng thượng nguồn (Hình 9b–9d).

Độ mặn tại MC0 giao động từ 0,01–10‰, độ mặn cao nhất trong ngày 09/12/2018 là vào 19h với 10‰ và thấp nhất là 0,01‰ lúc 7h. Độ mặn ở MC0 từ 0–15h luôn giữ nhỏ hơn 1‰ và lưu lượng đầu nguồn luôn lớn hơn 300 m³/s. Đến 16–23h, độ mặn ở MC0 tăng mạnh, luôn

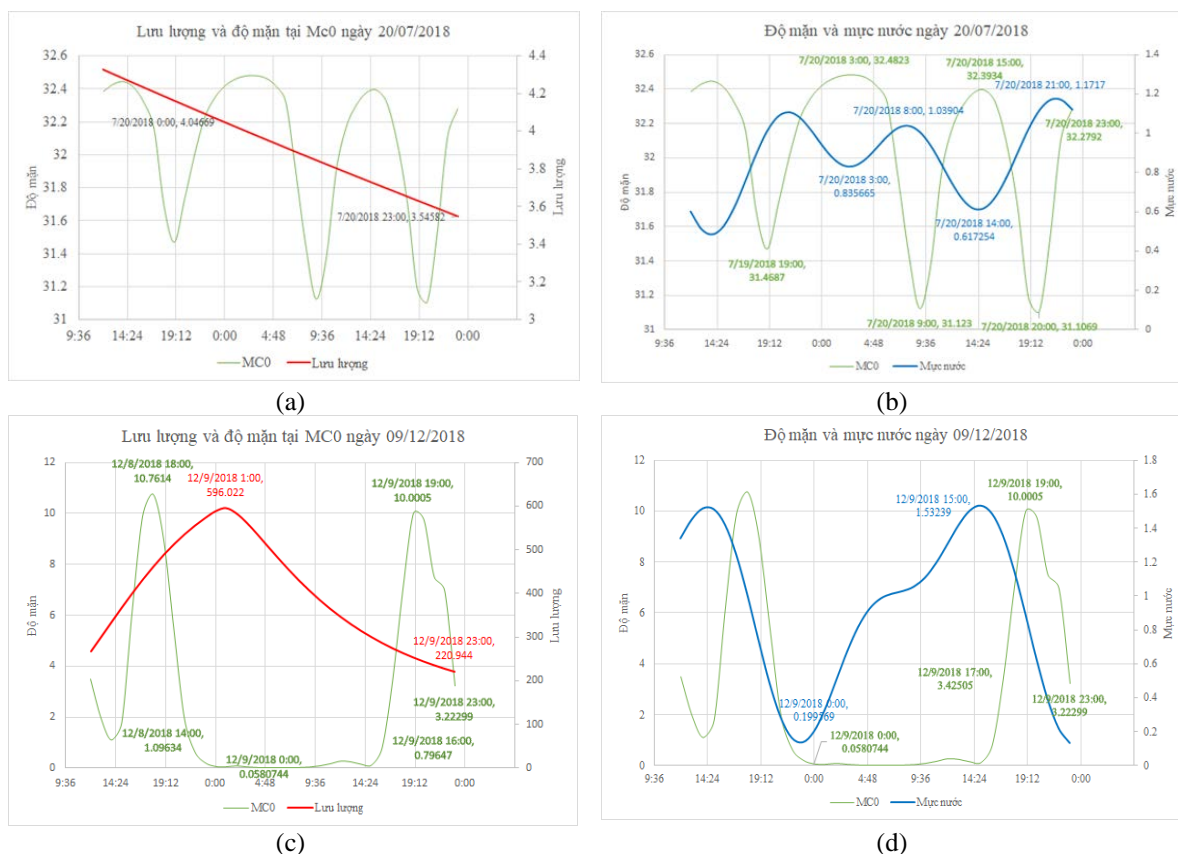
lớn hơn $1^{0}/_{00}$ và lưu lượng đầu nguồn lúc này giảm nhỏ hơn $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Ở trường hợp này, ta nhận thấy rất rõ mối tương quan giữa lưu lượng, chế độ triều và phạm vi truyền mặn (Hình 9).



Hình 9. Sự phụ thuộc giữa hướng dòng chảy, mức độ, phạm vi truyền mặn với chế độ triều, lưu lượng dòng chảy vào mùa mưa: (a) chế độ triều và lưu lượng ngày 9/12/2018; (b) Phạm vi, mức độ truyền mặn lúc 0h. (mặn vẫn chưa truyền vào MC0 (mức 10/00) độ mặn lớn nhất thời điểm này là 0,03750/00); (c) Phạm vi truyền mặn lúc 15h, mặn vẫn chưa truyền tới MC0 (mức 10/00) nhưng độ mặn tăng lên 0,1650/00; (d) Phạm vi truyền mặn lúc 19h, mặn truyền vào 200m tính từ MC0 (mức 10/00); (e) Phạm vi truyền mặn lúc 23h, mặn truyền vào 90 m tính từ MC0 (mức 10/00); (f) Biểu đồ diễn biến độ mặn tại MC0 ngày 09/12/2018, trục tung 0/00.

3.4. Sự biến đổi biên độ mặn tại cửa sông–biển

Trong trường hợp mùa khô trên Hình 10a, 10b, độ mặn tại mặt cắt MC0 giao động trong khoảng $(31-32,4^{0}/_{00})$, nồng độ giảm (rất nhỏ) chủ yếu do mặn được triều đẩy vào phía sâu, vai trò của lưu lượng (thời điểm này) là rất bé. Do vậy, có thể khẳng định vào mùa khô, biên độ mặn tại MC0 thay đổi rất bé và được đẩy vào sâu đất liền do yếu tố triều. Vào mùa mưa trên Hình 10 c, 10d, biên độ mặn tại MC0 thay đổi lớn hơn nhiều $(1-11^{0}/_{00})$. Có thể thấy rõ mặn tại MC0 tăng trùng với thời điểm triều xuống và lưu lượng tăng. Tới khi lưu lượng phía thượng nguồn giảm dần cùng với triều dâng, có một khoảng thời gian dài, độ mặn tại MC0 gần như biến mất, sau đó khi triều độ mặn tăng dần do lưu lượng phía thượng nguồn khá lớn. Do vậy, có thể kết luận, vào mùa mưa độ mặn tại MC0 chịu ảnh hưởng phần lớn bởi lưu lượng, tuy nhiên yếu tố triều có vai trò điều tiết nhất định.



Hình 10. Sự phụ thuộc giữa độ mặn tại 2 vị trí đo MC0 vào chế độ triều và lưu lượng cho mùa khô (a, b) và mùa mưa (c, d).

4. Kết luận

Các kết quả đạt được trong nghiên cứu này gồm:

Thứ nhất, đã thực hiện hiệu chỉnh, kiểm định mô hình MIKE 3 HD. Kết quả là lựa chọn được bộ thông số thủy lực: hệ số nhớt bằng 0,28 (m^2/s) và hệ số chiều cao nhám là 0.1 (m). Đã thực hiện kiểm định kết quả mô phỏng mặn MIKE 3 AD tại các mặt cắt MC0, MC3, MC4 với kết quả đạt yêu cầu. Kết quả mục này thể hiện trong 3.1.

Thứ hai, đã tìm ra mối tương quan giữa độ mặn tại các vị trí MC0 gần biên, MC3, cách đó 490 m với lưu lượng thượng nguồn cho mùa mưa và mùa khô. Sự tăng độ mặn tại vị trí MC0, cửa sông MC0 diễn ra khi Q có xu thế giảm và ngược lại khi Q tăng, độ mặn tại MC0 có xu thế giảm. Tương tự như vậy tại MC3, nhưng có sự khác biệt tại một số thời điểm và biên độ lớn hơn tại MC0. Kết quả này được trình bày trong mục 3.2.

Thứ ba, làm rõ sự phụ thuộc giữa phạm vi truyền mặn vào chế độ triều và lưu lượng cho 2 mùa mưa và khô, đã chỉ ra thời điểm mặn truyền vào sâu nhất. Có thể thấy vào mùa khô, xâm nhập mặn chịu chi phối lớn hơn bởi chế độ triều, ít chịu ảnh hưởng của lưu lượng. Vào mùa mưa, mặn truyền vào không sâu như mùa khô, chỉ đi được quãng đường bằng 6% so với mùa khô. Điều này cho thấy vào mùa khô, phạm vi truyền mặn được quyết định bởi lưu lượng thấp và chi phối bởi chế độ triều. Kết quả này được trình bày trong mục 3.3.

Thứ tư, đã chỉ ra tương quan giữa độ mặn với lưu lượng và chế độ triều. Cụ thể, vào mùa khô, biên độ mặn tại MC0 thay đổi rất bé và được đẩy vào sâu đất liền do yếu tố triều, vào mùa mưa độ mặn tại MC0 nhỏ, chịu ảnh hưởng phần lớn bởi lưu lượng, tuy nhiên yếu tố triều có vai trò điều tiết nhất định. Mặt cắt MC3 cũng có bức tranh tương tự, tuy có khác với MC0 ở thời điểm và biên độ. Kết quả này được trình bày trong mục 3.4.

Nghiên cứu này cũng không tránh khỏi hạn chế, do số liệu thực đo giới hạn bởi chuỗi số liệu đo 48 tiếng cho 2 ngày 7–8/10/2018 nên cần tiếp tục thực hiện kiểm định các mô hình thủy lực và truyền mặn được sử dụng. Hướng nghiên cứu tiếp theo của nghiên cứu là mô phỏng truyền mặn cho kịch bản biến đổi khí hậu, tìm ra sự phụ thuộc giữa phạm vi truyền mặn với các yếu tố thủy văn và dòng chảy.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu; Vạch ra sơ đồ viết bản nháp, chỉnh sửa bản thảo: B.T.L.; Xử lý số liệu, tham gia chạy mô hình MIKE 3, viết bản thảo: L.T.M.D.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện nhờ góp ý kiến từ một số nhà khoa học từ Viện Khoa học và Thủy lợi miền Nam. Bộ số liệu đo được sử dụng trong nghiên cứu được nhóm tác giả tự bỏ kinh phí đi đo trong thời gian làm luận án.

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

Tài liệu tham khảo

1. Liu, B.; Peng, S.; Liao, Y.; Wang, H. The characteristics and causes of increasingly severe saltwater intrusion in Pearl River Estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **2019**, *220*, 54–63.
2. Werner, A.D. Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges. *Adv. Water Resour.* **2013**, *51*, 3–26.
3. Rahmawati, N.; Vuillaume, J.F.; Purnama, I.L.S. Salt intrusion in coastal and lowland areas of Semarang city. *J. Hydrol.* **2013**, *494*, 146–159.
4. Haddout, S.; Igouzal, M.; Maslouhi, A. Modeling the effect of salt water intrusion in the Sebou River estuary (Morocco). *Russ. Meteorol. Hydrol.* **2017**, *42*, 803–811.
5. Pereira, C.S.; Lopes, I.; Sousa, J.P.; Chelinho, S. Effects of NaCl and seawater induced salinity on survival and reproduction of three soil invertebrate species. *Chemosphere* **2015**, *135*, 116–122.
6. Unno Tatsuya, Jungman Kim, Yumi Kim, Son G Nguyen, Robin B Guevarra, Gee Pyo Kim, Ji-Hoon Lee, Michael J Sadowsky. Influence of seawater intrusion on microbial communities in groundwater. *Sci. Total Environ.* **2015**, *532*, 337–343.
7. Alcérreca-Huerta, J.C.; Callejas-Jiménez, M.E.; Carrillo, L.; Castillo, M.M. Dam implications on salt-water intrusion and land use within a tropical estuarine environment of the Gulf of Mexico. *Sci. Total Environ.* **2019**, *652*, 1102–1112.
8. Tian, R. Factors controlling saltwater intrusion across multi-time scales in estuaries, Chester River, Chesapeake Bay. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **2019**, *223*, 61–73.
9. Alpine, A.E.; Cloern, J.E. Trophic interactions and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary. *Limnol. Oceanogr.* **1992**, *37*, 946–955.
10. Lin, J.; Xie, L.; Pietrafesa, L.J.; Shen, J.; Mallin, M.A.; Durako, M.J.. Dissolved oxygen stratification in two micro-tidal partially-mixed estuaries. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **2006**, *70*, 423–437.
11. Do, M.H.T.; Thiên, Đ.Q.; An, T.T.P. Đánh giá hiện trạng và các nhân tố ảnh hưởng tới quá trình xâm nhập mặn sông Trường Giang – tỉnh Quảng Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2011**, *606*, 19–24.
12. Đại, H.V.; Hiền, N.T.; Hiền, T.D. Đánh giá độ nhạy một số tham số trong mô hình mô phỏng xâm nhập mặn hệ thống sông Mã. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, *643*, 24–28.

13. Hoàng, T.T.; Vi, V.T.T.; Long, P.T. Ảnh hưởng xâm nhập mặn đến quá trình lấy nước của nhà máy nước Tân Hiệp. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 666, 15–20.
14. Dũng, Đ.V.; Phương, T.Đ; Oanh, L.T. Khai thác mô hình MIKE 11 trong dự báo, cảnh báo xâm nhập mặn vùng Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 693, 48–58.
15. Sơn, H.T; Lan, V.T.T. Biến động lan truyền mặn vùng hạ lưu sông Vu Gia – Thu Bồn dưới tác động vận hành của các công trình thủy điện Hồ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 690, 1–11.
16. Trường, T.V.; Sách, B.N.; Tuấn, N.V. Đánh giá xâm nhập mặn vùng ven biển Bắc Bộ ứng với các kịch bản cấp nước thời kỳ đồ ả vụ Đông Xuân trên sông Hồng và đề xuất tiết kiệm nguồn nước từ các hồ chứa. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 704, 33–48.
17. Hà, L.T; Khảm, D.V. Áp dụng mô hình thủy lực MIKE 11 để đánh giá nguy cơ xâm nhập mặn theo kịch bản nước biển dâng tỉnh Nam Định. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2012**, 613, 32–39.
18. Sơn, H.T; Lan, V.T.T. Diễn biến xâm nhập mặn vùng hạ lưu hệ thống sông Vu Gia – Thu Bồn. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 686, 37–45.
19. Nhung, Đ.T.K.; Nghiêm, Đ.V. Đánh Giá Và Dự Báo Hình Thái Xâm Nhập Mặn Vùng Hạ Lưu Sông Trà Khúc – Sông Vệ. *Khoa Học Kỹ Thuật Thủy Lợi Và Môi Trường* **2020**, 50, 119–126.
20. Diep, L.; Long, B. Application of MIKE/SWAT for simulation the salt intrusion – a case study in Ve river, Quang Ngai province. *Lowl. Technol. Int.* **2020**, 22, 258–267.
21. Diep, L.T.M.; Anh, B.H.; Long, B.T. Applying mathematical models SWAT/NAM/MIKE to build hydrological and hydrodynamics parameters for flow calculation – in case of Ve river, Quang Ngai. *VN J. Hydrometeorol.* **2019**, 700, 1–12.
22. Hung, N.Q. Đánh giá mức độ xâm nhập mặn hạ lưu sông Cả dưới tác động biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 663, 47–54.
23. Wei, C.; Chen, K.; Kuang, C.; Zhud, D.Z.; Hee, L.; Mao, X.; Liang, H.; Song, H.L. Influence of sea level rise on saline water intrusion in the Yangtze River Estuary, China. *Appl. Ocean Res.* **2016**, 54, 12–25.
24. Moharir, R.V.; Khairnar, K.; Paunekar, W.N. MIKE 3 as a modeling tool for flow characterization : A review of applications on water bodies. *Int. J. Adv. Stud. Comput. Sci. Eng.* **2014**, 3, 32–43.
25. Safavi, S.; Saghafian, B.; Hosseini, S.A. Characterizing flow pattern and salinity using the 3D MIKE 3 model: Urmia Lake case study. *Arab. J. Geosci.* **2020**, 13, <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5095-4>.
26. DHI, MIKE 11, 2005.
27. DHI, MIKE 21 & MIKE 3. Flow model FM, Hydrodynamic and Transport Module , Scientific Documentation, 2018.
28. DHI, MIKE 21 & MIKE 3. Flow Model FM Advection – Dispersion Module, Scientific Documentation, 2013.
29. GEBCO. Online Available: <https://www.gebco.net/>.
30. Ninh, P.V. Hydrometeorology and marine dynamics. In East sea, Ha Noi: Natural science and technology publishing house, 2009, pp. 644.
31. Moriasi, D.N.; Arnold, J.G.; Van Liew, M.W.; Bingner, R.L.; Harmel, R.D.; Veith, T.L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Agric. Biol. Eng.* **2007**, 50, 885–900.
32. Wang, Y.; Jiang, H.; Zhang, X.; Jin, J. Spatial and temporal distribution of sea surface salinity in coastal waters of china based on Aquarius. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2014**, 17, 31–36. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/17/1/012116>.

33. Yang, Y.; Xiang, R.; Liu, J.; Tang, L. Inconsistent sea surface temperature and salinity changing trend in the northern South China Sea since 7.0 ka BP. *J. Asian Earth Sci.* **2019**, *171*, 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.05.033>.

Modelling the dependence between salinity intrusion and hydrological factors using MIKE 3: a case study of Ve river, Quang Ngai

Bui Ta Long^{1*}, Le Thi My Diep²

¹ Ho Chi Minh City University of Technology; longbt62@hcmut.edu.vn

² Southern Institute of Water Resources Research; diepmoitruongmdquangngai@gmail.com

Abstract: Salt intrusion has received particular attention over the years due to its negative impact on socio-economic development, especially in the Mekong Delta. There have been many programs, research topics in this area, in which most of the research was carried out using the MIKE 11 model to calculate the intrusion salt level. The results obtained were focused on clarifying the range of salinity in relation to the distance from the estuary, with little attention paid to the mechanism of salinity transfer (by the surface or bottom). The dependence of the range of salinity transfer on hydrological and tidal regime has not received due attention. In addition, the number of studies on salt intrusion in the central provinces is much limited, which leads to many scientific and practical problems that have not yet been discovered. In this study, the MIKE 3 model is used to elucidate the salinity mechanism transfer from sea to river, as well as the salinity range dependence on flow factors (river), tidal regime (sea) – choosing Ve river, Quang Ngai as an example. The simulation results were verified on the series of real data measured continuously for 48 hours, which gave good and very good results in the cross section of MC0, where R^2 reached 0,825, Nash reached 0,798, PBIAS reached 6,919, RSR reached 0,524. The MIKE 3 model after the validation phase is used to simulate the dependence of the salinity level and range depending on tidal conditions and currents. The results show that the salt penetration rate is highly dependent on both the tidal regime and the current. The 3D model makes it possible to clarify the difference in salinity transfer between the dry season and the rainy season in the Ve estuary, especially the salinity transfer mechanism at the estuary.

Keywords: Rainfall–Runnoff; SWAT; NAM; MIKE; Ve River.

Bài báo khoa học

Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước mặt theo diễn biến phát triển các vùng kinh tế của tỉnh Bạc Liêu

Huỳnh Phú^{1*}

¹ Trường Đại học Công nghệ TP Hồ Chí Minh (HUTECH); h.phu@hutech.edu.vn

* Tác giả liên hệ: h.phu@hutech.edu.vn; Tel.: +84-966687548

Ban Biên tập nhận bài: 05/03/2021; Ngày phản biện xong: 11/4/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Bài báo trình bày nghiên cứu phân vùng chất lượng nước mặt theo diễn biến phát triển các vùng kinh tế của tỉnh Bạc Liêu. Phát triển kinh tế hiệu quả mà nguồn nước là tư liệu sản xuất thiết yếu, chất lượng nước quyết định sự thành công hay thất bại, cần phân tích tổng hợp các yếu tố đặc trưng về nguồn nước tại các vùng là sự tổ hợp những yếu tố có tính phân bố không gian, chế độ ngập, chất lượng nước cho quy hoạch nông lâm ngư nghiệp, du lịch... Nghiên cứu sử dụng các phương pháp, điều tra khảo sát, lấy mẫu, phân tích các chỉ tiêu hóa lý (TSS, BOD₅, COD, N-NH₄, N-NO₂, P-PO₄, Coliform...), tính toán chỉ số WQI; So sánh với QCVN 08-MT: 2015/BTNMT. Kết quả đã phân vùng chất lượng nước: (i) Vùng phát triển kinh tế hiệu quả vùng sinh thái phía Bắc Quốc Lộ 1A, có diện tích tự nhiên 157.224 ha và được chia thành 02 Tiểu vùng; (a) Tiểu vùng giữ ngọt ổn định (sinh thái ngọt), có diện tích tự nhiên 75.720 ha; (b) Tiểu vùng chuyển đổi sản xuất sinh thái mặn lợ đan xen, trong đó 35.609 ha, đất tôm-lúa 23.134 ha, đất sản xuất nông nghiệp 12.274 ha; (ii) Vùng phát triển các ngành vận tải và du lịch biển, mở rộng hợp tác quốc tế và bảo vệ an ninh, quốc phòng.

Từ khóa: Bạc Liêu; Nước mặt; Phân vùng kinh tế; Sinh thái mặn lợ; Tiểu vùng sinh thái.

1. Mở đầu

Bạc Liêu có hai nguồn nước mặt chính, nguồn nước mặn, lợ và nguồn nước ngọt, mỗi loại có những đặc điểm riêng về nguồn cung cấp và tiềm năng khai thác sử dụng. Tài nguyên nước mặn, lợ phần lớn địa bàn tỉnh Bạc Liêu chịu ảnh hưởng trực tiếp của triều biển Đông và biển Tây, có hệ thống kênh rạch chằng chịt, ăn thông với nhau nên nguồn nước mặn rất dồi dào, có khuynh hướng lấn át nguồn nước ngọt, tuy nhiên do biển Đông và biển Tây vừa là nguồn cấp nước mặn, vừa là nơi nhận nước tiêu thoát cho khu vực ĐBSCL [1-4]. Nguồn nước mặn trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu hiện đang được khai thác sử dụng chủ yếu cho nuôi trồng thủy sản nước mặn/lợ, làm muối và bảo vệ các khu rừng ngập mặn [5-6]. Tài nguyên nước ngọt, nguồn nước chủ yếu là nước mưa tại chỗ, một phần được bổ sung từ nguồn nước sông Hậu. Hiện nay, lượng nước mưa đủ đáp ứng yêu cầu sản xuất của tỉnh trong mùa mưa. Riêng mùa khô, nguồn nước bổ sung từ sông Hậu cho sản xuất vẫn còn hạn chế, do tỉnh nằm ở cuối nguồn và chỉ có một trục cung cấp nước ngọt duy nhất là kênh Quản Lộ-Phụng Hiệp. Nguồn nước ngọt phục vụ sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản trong mùa khô gặp rất nhiều khó khăn, đặc biệt là trong các năm hạn hán, mặn xâm nhập sâu. Dưới tác động của sự gia tăng dân số và tăng trưởng kinh tế, nguồn nước nói chung, đặc biệt là nguồn nước mặt đang ngày càng bị lạm dụng. Quá trình đô thị hóa, hoạt động nông nghiệp, công nghiệp gây áp lực nặng nề lên khối lượng và chất lượng nguồn nước [7]. Hiện nay, có rất nhiều phương

pháp đánh giá chất lượng nước (CLN) trên thế giới tùy thuộc vào tình hình cụ thể mỗi Quốc gia trên thế giới. Một số phương pháp đánh giá CLN mặt đã áp dụng trên thế giới thông qua một số nghiên cứu đã được thực hiện. Năm 1983, nghiên cứu [8] sử dụng các chỉ số chất lượng nước để phân loại và phân vùng sông Ganga. Năm 1987, [1] đã thực hiện nghiên cứu áp dụng chỉ số chất lượng nước cho việc phân loại và phân vùng kênh Al-jaysh, Baghdad-Iraq. Năm 1990, nghiên cứu chất lượng nước mặt lưu vực thượng lưu sông Illinois ở Illinois, Indiana và Wisconsin, Hoa Kỳ Bộ Nội Vụ Hoa Kỳ và Sở Khảo Sát Địa Lý Hoa Kỳ [2]. Năm 2004, [9] nghiên cứu quy hoạch chất lượng nước sông, một nghiên cứu về hệ thống sông Karoon và Dez. Năm 2011, công trình nghiên cứu [6] chất lượng nước mặt sông Tùng Hoa, Cáp Nhĩ Tân, tỉnh Hắc Long Giang, Trung Quốc. Năm 2015, [10] nghiên cứu phân vùng bảo tồn nước nông thôn tại lưu vực sông Ashihe, Trung Quốc. Dựa trên toàn diện khu vực sản xuất hóa chất ở Trung Quốc, chia thành 3 vùng Đông Monsoon Trung Quốc.

Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước theo WQI và đánh giá khả năng sử dụng các nguồn nước sông, kênh rạch ở vùng Tp.HCM [11]. Nghiên cứu đã nêu rõ diễn biến chất lượng nước các sông rạch chính theo không gian và thời gian; thiết lập hệ thống WQI phù hợp cho TP. HCM (và cả lưu vực sông Đồng Nai-Sài Gòn) và tính WQI cho 35 điểm khảo sát vào tháng 3 và tháng 9/2007. Dựa vào điểm số về WQI chất lượng nước tại các điểm đã được phân thành 5 loại (I-V) [11-14]. Nghiên cứu còn phân vùng CLN theo từng thông số điển hình (ô nhiễm hữu cơ, axit hóa, nhiễm mặn, ô nhiễm dinh dưỡng, vi sinh và phân vùng CLN theo WQI) kết quả phân vùng đã được thể hiện trên các bản đồ số hóa. Nghiên cứu chỉ tập trung vào việc xây dựng chỉ số chất lượng nước làm công cụ cho việc đánh giá chất lượng nước nên không chú trọng vào việc đề xuất các biện pháp bảo vệ lưu vực sông. Nghiên cứu của Đại học Huế về ứng dụng chỉ số chất lượng nước (WQI) và hệ thống thông tin địa lý để phân vùng chất lượng nước nuôi tôm ở đầm phá xã Phú Thuận, huyện Phú Vang, tỉnh Thừa Thiên Huế [15-16]. Trung tâm Quan trắc và Công nghệ Tài nguyên-Môi trường, An Giang đánh giá chất lượng nước mặt bởi chỉ số chất lượng nước (WQI) tại rạch Cái Sao, tỉnh An Giang, Việt Nam [17], đánh giá chất lượng nước mặt của các chỉ số chất lượng nước (WQI) tại rạch Cái Sao, tỉnh An Giang đã được tiến hành để cung cấp một cơ sở dữ liệu cho việc lập kế hoạch và giám sát chất lượng nước ở khu vực này [18]. Kết quả chỉ số chất lượng nước (WQI) phạm vi 39-29 cho thấy ô nhiễm nhẹ tại hai địa điểm gần với sự gia nhập của các kênh với dòng sông, tăng ô nhiễm nghiêm trọng cùng với phần còn lại của kênh.

Ở Việt Nam, phương pháp đánh giá WQI đã được các nhà khoa học nghiên cứu và áp dụng cho một vài lưu vực sông. Trong những năm gần đây phương pháp này được nghiên cứu và cải tiến để áp dụng cho hệ thống lưu vực sông, cụ thể: Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước sông Hương theo chỉ số chất lượng nước (WQI) góp phần bảo vệ và khai thác nguồn nước [19]. Nghiên cứu đã nêu rõ thông qua đánh giá CLN sông Hương dựa vào các thông số CLN riêng biệt ở 3 tiểu vùng từ 2003 đến 2008 đã cho thấy những lo lắng về CLN sông Hương bao gồm: sự ô nhiễm vi khuẩn, sự ô nhiễm hữu cơ đánh giá qua COD, amoni, các kết quả đánh giá CLN tổng quát (hay CLN cho đa mục đích sử dụng) theo chỉ số CLN (WQI) cho thấy CLN sông Hương giảm dần từ đầu nguồn về cuối nguồn và biến động phức tạp theo không gian, thời gian, trên cơ sở đánh giá CLN qua WQI, đã phân vùng CLN sông Hương cho các mục đích sử dụng theo từng vùng. Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ tập trung vào việc đánh giá và phân vùng chất lượng nước nên không chú trọng vào việc đề xuất giải pháp quản lý chất lượng nước trên địa bàn nghiên cứu [19].

Tại tỉnh Bạc Liêu “Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Bạc Liêu giai đoạn 2015-2020” [14]. Hiện trạng môi trường 5 năm được thực hiện nhằm tổng kết các số liệu về quan trắc chất lượng môi trường từ đó đánh giá diễn biến môi trường, sự tác động qua lại của phát triển kinh tế-xã hội và môi trường cũng như tình hình hoạt động bảo vệ môi trường của địa phương. Báo cáo đưa ra những thay đổi của môi trường để trên cơ sở đó đề xuất các chính sách và biện pháp đáp ứng nhằm giải quyết các vấn đề môi trường. Mặc dầu các vấn đề liên quan đến phát triển tài nguyên nước trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu đã được nhiều cơ quan trong và ngoài nước

nghiên cứu, nhưng các nghiên cứu mang tính đơn ngành và chủ yếu tập trung vào khai thác nguồn nước mà chưa đi sâu vào quản lý tài nguyên nước trên cơ sở bảo vệ môi trường sinh thái đảm bảo phát triển bền vững.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Tỉnh Bạc Liêu là một trong những tỉnh ven biển Đồng bằng sông Cửu Long, nằm ở phía Đông bán đảo Cà Mau. Tỉnh có diện tích tự nhiên là 266.900,08 ha và có tọa độ từ 90°0' đến 90°38'9" vĩ độ Bắc và từ 105°14'15" đến 105°51'54" kinh độ Đông. Phía Bắc và Tây Bắc giáp tỉnh Hậu Giang và Kiên Giang. Phía Đông và Đông Bắc giáp tỉnh Sóc Trăng. Phía Tây và Tây Nam giáp tỉnh Cà Mau. Phía Đông và Đông Nam giáp biển Đông. Các đơn vị hành chính trên địa bàn tỉnh bao gồm thành phố Bạc Liêu, thị xã Giá Rai và 05 huyện: Hồng Dân, Phước Long, Vĩnh Lợi, Đông Hải và Hòa Bình với tổng cộng 64 xã, phường, thị trấn [20] (Hình 1).



Hình 1. Bản đồ hành chính tỉnh Bạc Liêu.

2.2. Hiện trạng diễn biến môi trường nước mặt tỉnh Bạc Liêu

Tài nguyên nước ngọt: Nguồn nước chủ yếu là nước mưa tại chỗ, một phần được bổ sung từ nguồn nước sông Hậu. Hiện nay, lượng nước mưa đủ đáp ứng yêu cầu sản xuất của tỉnh trong mùa mưa. Riêng mùa khô, nguồn nước bổ sung từ sông Hậu cho sản xuất vẫn còn hạn chế, do tỉnh nằm ở cuối nguồn và chỉ có một trục cung cấp nước ngọt duy nhất là kênh Quản Lộ–Phụng Hiệp. Nguồn nước ngọt phục vụ sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản trong mùa khô còn gặp rất nhiều khó khăn, đặc biệt là trong các năm hạn hán, mặn xâm nhập sâu.

Tài nguyên mặn: Phần lớn địa bàn tỉnh Bạc Liêu chịu ảnh hưởng trực tiếp của triều biển Đông và biển Tây, Vùng Bắc QL1A, sau năm 2001 đã điều chỉnh cho phép điều tiết nước mặn từ biển Đông vào để phục vụ nuôi trồng thủy sản, phần còn lại được bảo vệ, chống xâm nhập mặn để sản xuất nông nghiệp. Đây là một yêu cầu rất khẩn trương và hết sức khó khăn nhằm đảm bảo điều tiết nước hợp lý cho các tiểu vùng, nguồn nước mặn trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu hiện đang được khai thác sử dụng chủ yếu cho nuôi trồng thủy sản nước mặn/lợ, làm muối và bảo vệ các khu rừng ngập mặn [4–5].

2.3. Phương pháp thu thập, phân tích và tổng hợp tài liệu

+ Thu thập các tài liệu về điều kiện tự nhiên, KTXH, môi trường đặc biệt là các tài liệu về điều kiện thủy văn sông, rạch chính trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu;

+ Thu thập, thống kê và cập nhật các đặc trưng nguồn nước thải, đặc điểm nguồn tiếp nhận từ quá trình điều tra, từ các dự án, nghiên cứu nghiên cứu liên quan, từ các cơ quan nghiên cứu, các sở, ngành, huyện thị, các cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ đang hoạt động của tỉnh Bạc Liêu;

+ Tổng hợp, thống kê, xử lý các số liệu, dữ liệu về khí tượng, thủy văn, kinh tế xã hội dựa trên phương pháp thống kê và phân tích [20];

+ Thống kê, xử lý, phân tích số liệu về các nguồn thải khác nhau xả vào các lưu vực sông điều tra để tính toán WQI nhằm đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước.

2.4. Phương pháp khảo sát thực địa, đo đạc thủy văn, lấy mẫu phân tích

Phương pháp này được thực hiện nhằm khảo sát thực địa, đo đạc thủy văn, lấy mẫu phân tích nước thải, mẫu nước sông phục vụ tính toán WQI đánh giá chất lượng nước so sánh với QCVN 08–MT 2015/BTNMT [21].

2.5. Phân vùng chất lượng nước

2.5.1. Nguyên tắc phân vùng

Việc phân vùng tuân theo sự đồng nhất tương đối, tính đại diện cao, tổng hợp từ nhiều yếu tố KTTV, thổ nhưỡng, phát triển kinh tế... Nhân tố trội, mang tính quyết định, toàn vẹn lãnh thổ, khép kín, không lặp lại trong không gian. Phù hợp với cơ cấu sản xuất nông nghiệp hiện nay của tỉnh. Ranh giới các vùng, tiểu vùng chủ yếu là các sông, kênh lớn hoặc các tuyến ngăn cách tạo sự khác biệt giữa các vùng. Ngoài ra, khi xét ranh giới các vùng cũng chú ý đến ranh giới hành chính để tạo điều kiện thuận lợi trong việc quản lý đầu tư nâng cấp hệ thống trong tương lai.

2.5.2. Cơ sở phân vùng

Cơ sở đề xuất phân vùng sinh thái hệ sinh thái môi trường nước nhằm phục vụ phát triển kinh tế cho từng vùng cần dựa vào sự phân tích tổng hợp các yếu tố đặc trưng về nguồn nước nên các vùng được đề xuất sẽ là sự tổ hợp những yếu tố có tính phân bố không gian sau đây:

- Chế độ ngập (độ sâu ngập, thời gian ngập);
- Chất lượng nước (lợ, mặn, ngọt, (WQI), các chỉ tiêu hóa lý);
- Quy hoạch từng vùng kinh tế (nông lâm, ngư nghiệp thủy sản).

2.5.3. Tiêu chí phân vùng

Dựa trên sự tổ hợp các nhóm đặc trưng cho từng đối tượng sản xuất, chỉ có các yếu tố tạo ra sự phân nhóm rõ ràng của các đối tượng mới được chọn làm các yếu tố cơ sở để phân vùng, có đối chiếu các yêu cầu tối thiểu của từng vùng sản xuất kết hợp với tính kinh tế và tập quán sản xuất của người dân, khác với nhiều nơi, việc cấp nước ở Bạc Liêu không chỉ là cung cấp nước ngọt mà còn là nước mặn, nước lợ.

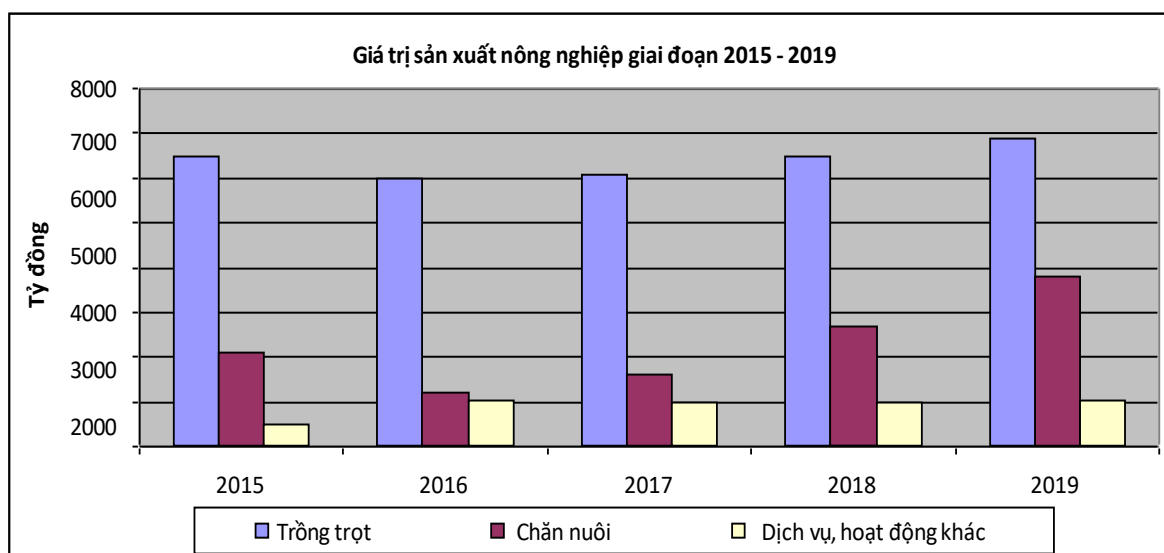
Do chịu ảnh hưởng trực tiếp của triều Biển Đông và Biển Tây và có hệ thống kênh rạch chằng chịt, nguồn nước mặn ở tỉnh Bạc Liêu dồi dào và luôn có khuynh hướng lấn át nguồn nước ngọt. Hướng xâm nhập mặn từ biển Đông qua các kênh trục; trong đó tuyến sông Gành Hào–kênh xáng Gành Hào đóng vai trò quyết định. Ngoài ra, các kênh cấp I trực tiếp thông ra biển như: 30/4, Chùa Phật, Cái Cù, Huyện Kê; các kênh cấp II vượt cấp... Hướng xâm nhập mặn từ Cà Mau qua các cống Tắc Vân, Chắc Băng, Ông Hương, Thị Phụng và Đường Xuồng và kinh Chắc Băng; triều biển Tây theo sông Cái Lớn từ hướng Kiên Giang [5, 18, 20]. Vùng ngọt (Vùng được cung cấp nước ngọt thường xuyên và không bị nước mặn xâm nhập). Vùng nước lợ (vùng giáp nước, mặn–ngọt đan xen). Độ mặn $S = 2-4\%$, thời gian nhiễm mặn < 6 tháng. Vùng nước mặn (giáp biển và nước mặn xuất hiện quanh năm). Độ mặn $S > 4\%$, thời gian nhiễm mặn > 6 tháng.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Phát triển các vùng kinh tế tỉnh Bạc Liêu

3.1.1. Phát triển nông nghiệp

Giá trị sản xuất nông nghiệp theo giá hiện hành giai đoạn 2015–2019 tỉnh Bạc Liêu được thể hiện trên hình 2.



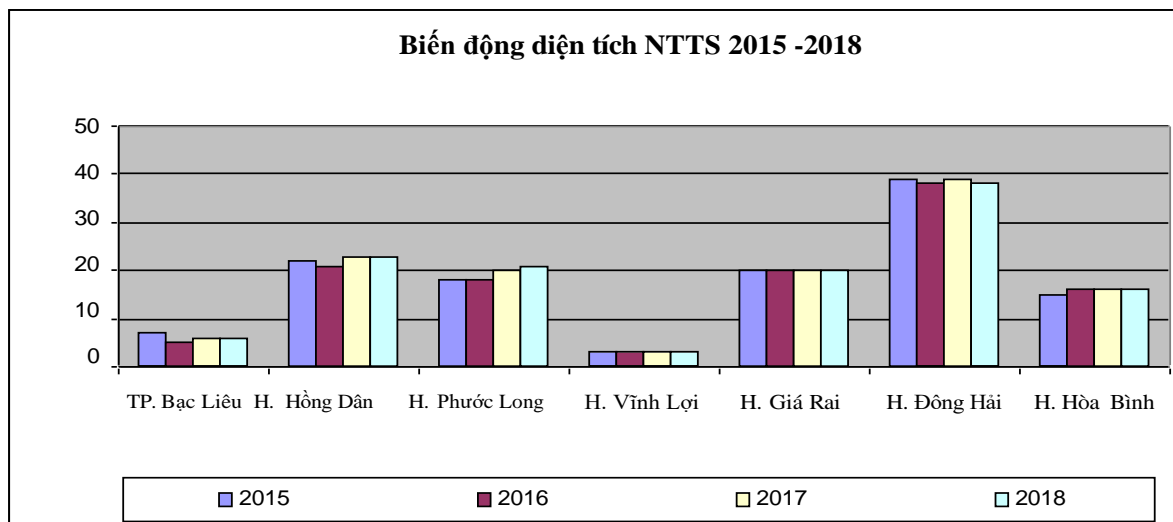
Hình 2. Giá trị sản xuất nông nghiệp giai đoạn 2015 –2019.

Trong cơ cấu sản xuất nông nghiệp, trồng trọt chiếm tỷ trọng cao (> 70% cơ cấu ngành), hoạt động dịch vụ và các hoạt động khác có sự gia tăng tỷ trọng từ 5,6–10,95% năm 2015–2016, tuy nhiên giảm xuống 10,6 năm 2017. Chăn nuôi có sự suy giảm từ 23,63% năm 2015 xuống còn 16,55% năm 2016, nhưng đang có dấu hiệu phục hồi lên 17,55% trong năm 2018 và tăng lên 25,14 trong năm 2019.

Sản xuất lúa: Tính đến quý I năm 2020, toàn tỉnh đã xuống giống 46.632 ha lúa vụ đông xuân 2019–2020, ước tính thu hoạch 16.000ha, với sản lượng 105.000 tấn, đạt 11,2% kế hoạch, bằng 105% cùng kỳ, năng suất 7–7,5 tấn/ha, trong đó các giống lúa chất lượng cao chiếm 83,23%; các giống lúa chất lượng thấp chiếm 12,03% diện tích gieo trồng lúa Đông Xuân. Các cây trồng khác, rau đậu thực phẩm cũng được người dân tích cực sản xuất, do giá cả đầu ra ổn định, cho hiệu quả kinh tế cao và bền vững trên cùng đơn vị diện tích canh tác. Trong quý, đã xuống giống 3.600 ha (màu trên rẫy 3.200 ha, màu xuống ruộng 400 ha), thu hoạch 2.000 ha.

3.1.2. Phát triển thủy sản

Dựa theo số liệu từ niên giám thống kê cho thấy diện tích NTTS năm 2015 là 126.266 ha giảm xuống còn 123.741 ha năm 2016, tăng lên 127.883 ha năm 2017 và giảm xuống 127.502 ha trong năm 2018, trong đó diện tích nuôi thâm canh là 10.727 ha, bán thâm canh là 5.084 ha, quảng canh và quảng canh cải tiến là 111.745 ha.



Hình 3. Biến động diện tích NTTS giai đoạn 2015–2018.

Mặc dù diện tích NTTS có suy giảm trong năm 2016 nhưng tổng sản lượng thủy sản nuôi trồng tăng dần qua các năm, từ 154.979 tấn năm 2015 lên 159.850 tấn năm 2016, 170.436 tấn năm 2017 và 178.106 tấn năm 2018.

3.1.3. Phát triển du lịch

Diễn biến các hoạt động và áp lực của ngành du lịch, số lượng khách du lịch đến tỉnh Bạc Liêu năm 2019 là 399.705 lượt khách, tăng hơn so năm 2018, trong đó có khoảng 17.320 du khách nước ngoài tăng hơn so với năm 2018. Tổng doanh thu dịch vụ du lịch khoảng 4.720 tỷ đồng và tăng 17,4% so với năm 2018. Dự báo trong giai đoạn 2020–2025, tỉnh Bạc Liêu thu hút 02 triệu lượt khách du lịch, trong đó khách quốc tế có từ 30.000–35.000 lượt; với hệ thống cơ sở lưu trú khoảng 4.000 buồng, 40% khách sạn đạt tiêu chuẩn từ 2 sao trở lên, trong đó có ít nhất 8% khách sạn đạt chuẩn 3–5 sao; thu thập từ du lịch đạt 3.000 tỷ đồng, chiếm tỷ trọng 3,89% GDP tỉnh. Đến năm 2020–2030 đón hơn 4 triệu lượt khách du lịch, tăng gấp 2 lần so với giai đoạn 2020–2025; trong đó khách nước ngoài đạt gần 200.000 lượt; với hệ thống cơ sở lưu trú khoảng 20.000 buồng, 50% đạt tiêu chuẩn từ 2 sao trở lên, trong đó ít nhất 12% khách sạn đạt chuẩn từ 3 đến 5 sao; thu thập từ du lịch đạt 12.000 tỷ đồng tăng gấp 4 lần so với giai đoạn 2020–2025, chiếm tỷ trọng 4,69% GDP tỉnh.

Bảng 1. Tổng hợp các chỉ tiêu phát triển của ngành du lịch giai đoạn 2015–2019 [20].

STT	Chỉ tiêu	ĐVT	2015	2016	2017	2018	2019
I	Doanh thu các cơ sở lưu trú	Triệu đồng	965	1.212	1.500	1.807	1.897
1	Nhà nước	Triệu đồng	111	127	157	–	–
2	Ngoài nhà nước	Triệu đồng	854	1.085	1.343	1.807	1.897
–	Tư nhân	Triệu đồng	606	748	793	959	1.007

STT	Chỉ tiêu	ĐVT	2015	2016	2017	2018	2019
–	Cá thể	Triệu đồng	359	464	707	848	890
II	Số lượt khách du lịch	Lượt	100.375	133.220	166.718	380.645	399.705
1	Khách trong nước	Lượt	88.282	117.930	150.487	173.520	183.135
2	Khách quốc tế	Lượt	12.093	15.290	16.231	16.250	17.320
3	Số ngày khách lưu trú phục vụ	Lượt	110.985	134.119	165.535	190.875	199.250

3.1.4. Sức ép về dân số và vấn đề di cư

Trong những năm gần đây, quá trình công nghiệp hóa hiện đại hóa trên địa bàn tỉnh diễn ra khá nhanh, kết hợp với quá trình đầu tư xây dựng và phát triển các KCN/CCN đã thu hút dân cư lao động ở các nơi khác hoặc dân cư ở vùng nông thôn di chuyển đến thể hiện ở gia tăng dân số đô thị từ 234.679 người năm 2015 lên 241.796 người năm 2019 (chiếm 27,3% dân số toàn tỉnh), trong đó thành phố Bạc Liêu tập trung dân cư đông nhất (chiếm 17,41% dân số toàn tỉnh) và có mật độ dân số 881 người/km². Quá trình di dân gây ra sự phân cực về dân số giữa nông thôn và đô thị. Dự báo đến năm 2020, dân số tỉnh Bạc Liêu vào khoảng 953.285 người (tăng bình quân 1%/năm), đến năm 2025 vào khoảng 988.069 người (tăng bình quân 0,9%/năm). Vấn đề gia tăng dân số và di cư đã gây những ảnh hưởng nhất định đến chất lượng môi trường của tỉnh như sau: (1) Sự phát triển không đồng bộ giữa hạ tầng kỹ thuật bảo vệ môi trường và quá trình gia tăng dân số đã gây ảnh hưởng chất lượng một số kênh rạch tại các đô thị tập trung; (2) Gia tăng dân số kéo theo gia tăng lượng chất thải làm giảm diện tích đất cho phát triển nông nghiệp, đất rừng, cây xanh,.. làm thay đổi điều kiện khí hậu khu vực; (3) Nhu cầu về nguồn tài nguyên cũng gia tăng, đặc biệt là đối với tài nguyên nước mặt tạo ra những áp lực đối với nguồn tài nguyên này.

3.1.5. Tác động của phát triển công nghiệp đối với môi trường nước mặt

Sự hình thành và phát triển của các KCN/CCN tập trung, các cơ sở sản xuất TTCN trước hết làm gia tăng áp lực đối với tài nguyên nước trong việc cung cấp lượng nước phục vụ sản xuất. Bên cạnh đó, nước thải, khí thải, CTR và CTNH phát sinh từ quá trình sản xuất nếu không được xử lý triệt để sẽ gây tác động đến môi trường tiếp nhận như không khí, nước mặt, đất. Các cơ sở sản xuất công nghiệp tỉnh Bạc Liêu chủ yếu tập trung ở khu vực phía Nam QL1A, dọc theo kênh Bạc Liêu–Cà Mau cùng với việc tập trung dân số đang gây áp lực lớn đến môi trường nước kênh Bạc Liêu–Bạc Liêu và vùng Nam QL1A. Các kết quả quan trắc giai đoạn 2016–2019 cho thấy chất lượng môi trường tại các khu vực tập trung đông dân cư như TP.Bạc Liêu, thị trấn Hòa Bình, thị xã Giá Rai, thị trấn Hộ Phòng đang bị ô nhiễm ở một số thông số. Phát triển công nghiệp, đặc biệt là công nghiệp chế biến thực phẩm, thủy sản thường đi kèm với việc phát triển các vùng nguyên liệu, đặc biệt là nuôi tôm cá. Từ đó làm gia tăng tổng lưu lượng nước thải từ hoạt động NTTS với nồng độ các chất dinh dưỡng, thuốc kháng sinh và vi khuẩn gây bệnh cao gây ô nhiễm nguồn nước.

3.1.6. Tác động của phát triển nông nghiệp tới môi trường

Trong sản xuất nông nghiệp, do lạm dụng các loại thuốc bảo vệ thực vật cũng như phân bón hóa học mà trung bình 20–30% lượng thuốc và phân bón không được cây trồng hấp thụ sẽ theo nước mưa và nước tưới chảy vào nguồn nước mặt, tích lũy gây ô nhiễm nguồn nước mặt. Các loại CTNH như vỏ bao bì chứa các loại hóa chất BVTV, trừ cỏ,... đều bị nông dân

vứt bỏ ngay tại đồng ruộng, vườn cây là nguồn gây tác động tiềm tàng cho môi trường nước. Các hoạt động chăn nuôi trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu (Chủ yếu là gia súc, gia cầm) chủ yếu theo hình thức gia trại, hộ gia đình, hầu hết chất thải (nước thải, CTR) đều chưa được xử lý, thải thẳng ra môi trường nước gây ô nhiễm cục bộ nguồn nước. Lượng chất thải chăn nuôi có chứa nhiều vi khuẩn, ký sinh gây bệnh khi đi vào nguồn nước sẽ gây ra nguy cơ lan tràn dịch bệnh. Hoạt động NTTS nước lợ phát thải một lượng lớn nhất chất thải gây ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng môi trường nước. Nuôi tôm công nghiệp, bán công nghiệp phát thải khoảng 13.500 m³ nước thải/ha/vụ. Đây là nguồn ô nhiễm lớn nhất trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu. Nước thải sau vụ nuôi chứa nhiều vi sinh vật gây bệnh như Vibrio, aeromonas, Ecoli,.. cùng nhiều loại nấm và nguyên sinh động vật không được xử lý triệt để thải thẳng ra nguồn nước tiếp nhận gây ô nhiễm nguồn nước, lan tràn dịch bệnh và thất mùa.

3.1.7. Tác động của phát triển du lịch tới môi trường

Số lượng khách du lịch đến tỉnh Bạc Liêu ngày càng gia tăng có tác dụng thúc đẩy phát triển của các ngành thương mại, dịch vụ: như vận tải hành khách và hàng hóa, dịch vụ lưu trú, mua bán hàng hóa, ăn uống,... làm ảnh hưởng không nhỏ đến môi trường nước mặt của tỉnh. Thông thường, lượng chất thải sinh hoạt như nước thải, CTR sinh hoạt khách du lịch gấp 2–2,5 người dân sinh sống tại địa bàn. Do đó, phát triển du lịch thường đi đôi với gia tăng lượng chất thải gây nhiều áp lực lên tài nguyên nước mặt.

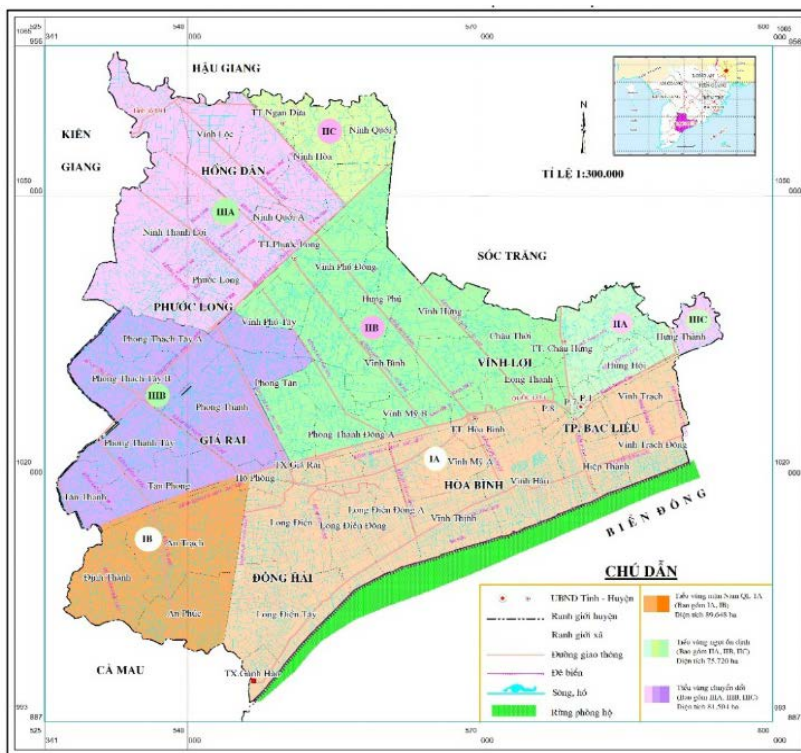
3.2. Kết quả phân vùng chất lượng nước mặt theo các vùng phát triển kinh tế

Nghiên cứu đã đánh giá chất lượng nước theo các chỉ tiêu hóa lý, tính toán chỉ số chất lượng nước WQI mặt tỉnh Bạc Liêu. Các điểm quan trắc các chỉ tiêu (TSS, BOD₅, COD, N–NH₄, N–NO₂, P–PO₄, Coliform...), cho từng vùng phát triển nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản cho thấy đều vượt quy chuẩn cho phép QCVN 08–MT: 2015/BTNMT [21–22] từ 0–10 lần. Kết quả tính toán chỉ số chất lượng nước WQI cho các tiểu vùng đa số nằm trong khoảng 51–62 (Bảng 2) (mức độ ô nhiễm thấp) tại các điểm quan trắc nguồn nước tại các khu vực này chủ yếu sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác (Hình 4, Hình 5).

Bảng 2. Chỉ số WQI chất lượng nước mặt tỉnh Bạc Liêu mùa khô 2014–2019.

STT	Vị trí lấy mẫu	WQI	Màu	Mục Đích Sử Dụng
1	Cửa Nhà Mát, TP.	54	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới
	Bạc Liêu			và các mục đích tương đương
2	Cổng Hưng Thành,	55	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới
	Huyện Vĩnh Lợi			và các mục đích tương đương
3	Cổng Cái Cù,	51	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới
	Huyện Hòa Bình			và các mục đích tương đương
4	Cổng Đầu Bàng, Thị xã	56	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới
	Giá Rai			và các mục đích tương đương
5	Ngã tư Chủ Chí, huyện	53	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới
	Phước Long			và các mục đích tương đương
6	Cửa Gành Hào,	59	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới
	Huyện Đông Hải			và các mục đích tương đương
7	Ngã Tư Ninh Quới,	61	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới
	Huyện Hồng Dân			và các mục đích tương đương
8	Vĩnh Lộc – Ba Đình,	62	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới
	Huyện Hồng Dân			và các mục đích tương đương

Bạc Liêu có hai mùa mưa và mùa khô rõ rệt, mùa khô trên vùng đất Bạc Liêu từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau, với 5 tháng có giờ nắng nhiều, lưu lượng nước mặt trên các sông, kênh rạch ở Bạc Liêu giảm đi rất nhiều, bên cạnh đó hoạt động xả thải chất ô nhiễm vẫn cứ diễn ra hằng ngày, hằng giờ. Chính vì điều đó nhiều con sông, kênh rạch ở Bạc Liêu ô nhiễm nặng vào mùa khô (Bảng 2).



Hình 4. Bản đồ các vùng sản xuất nông nghiệp.



Hình 5. Phân vùng chất lượng nước mùa khô tỉnh Bạc Liêu.

Tiêu chí phân vùng là Chỉ số WQI chất lượng nước mặt tỉnh Bạc Liêu mùa khô giai đoạn 2014–2019, chất lượng nước mặt các sông, kênh rạch chính ở Bạc Liêu nằm mức cuối theo Quyết định 1460/QĐ–TCMT về chất lượng nước (màu vàng) (Bảng 3). Vào mùa khô chất lượng nước ô nhiễm đa phần trong mức chất lượng nước sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác. Do hoạt động xả thải lớn trong khi lưu lượng nước thấp nên chất lượng nước mặt ở trên địa bàn tỉnh cũng có rất nhiều sông, kênh rạch đang bị ô nhiễm.

Bảng 3. Chỉ số WQI chất lượng nước mặt tỉnh Bạc Liêu mùa mưa 2014–2019.

STT	Vị trí lấy mẫu	WQI	Màu	Mục Đích Sử Dụng
1	Cửa Nhà Mát, TP. Bạc Liêu	51	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới và các mục đích tương đương
2	Cổng Hưng Thành, Huyện Vĩnh Lợi	56	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới và các mục đích tương đương
3	Cổng Cái Cù, Huyện Hòa Bình	51	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới và các mục đích tương đương
4	Cổng Đầu Bàng, Thị xã Giá Rai	53	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới và các mục đích tương đương
5	Ngã tư Chủ Chí, huyện Phước Long	52	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới và các mục đích tương đương
6	Cửa Gành Hào, Huyện Đông Hải	52	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới và các mục đích tương đương
7	Ngã Tư Ninh Quới, Huyện Hồng Dân	61	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới và các mục đích tương đương
8	Vĩnh Lạc–Ba Đình, Huyện Hồng Dân	60	Vàng	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương

Tiêu chí phân vùng là Chỉ số WQI, chất lượng nước mặt tỉnh Bạc Liêu mùa mưa 2014–2019, có cải thiện nhưng có nhiều khu vực lại ô nhiễm so với mùa khô. Mùa mưa, CLN chủ yếu tình trạng (màu vàng), nước chỉ sử dụng được cho tưới tiêu, không có khu vực có chất lượng nước khá sạch và sạch cho hoạt động cung cấp nước cho sinh hoạt. Môi trường nước mặt của tỉnh Bạc Liêu 2014–2019 đã có dấu hiệu ô nhiễm hữu cơ nhẹ biểu hiện BOD₅, COD, TSS và Coliform đều vượt quy chuẩn cho phép vài lần. Trên các trục sông chính và các kênh rạch chỉ tiêu COD và BOD₅ vượt tiêu chuẩn từ 1,0–3,0 lần. Ô nhiễm nước do nước thải sinh hoạt, chế biến thủy sản và các sản phẩm từ nông nghiệp, các làng nghề là những loại nước thải có nồng độ các chất hữu cơ cao.

Kết hợp chất lượng nước đã được nghiên cứu với chế độ ngập, thời gian ngập và quy hoạch các vùng sản xuất trên địa bàn tỉnh, có được kết quả phân vùng:

Vùng phát triển kinh tế hiệu quả vùng sinh thái phía Bắc Quốc lộ 1A, có diện tích tự nhiên 157.224 ha và được chia thành 02 Tiểu vùng: (1) Tiểu vùng giữ ngọt ổn định (sinh thái ngọt), có diện tích tự nhiên 75.720 ha, các yếu tố khí tượng, thủy văn, đất đai, nguồn nước tương đối thuận lợi cho phát triển sản xuất nông nghiệp và thủy sản; (2) Tiểu vùng chuyển đổi sản xuất sinh thái mặn lợ đan xen, trong đó đất chuyên nuôi trồng thủy sản 35.609 ha, đất tôm–lúa 23.134 ha, đất SXNN 12.274 ha.

Quá trình phát triển các hình thức sản xuất trên địa bàn tỉnh có thể được chia tách thành 3 vùng rõ rệt: vùng sinh thái nước mặn, vùng sinh thái nước ngọt và vùng sinh thái ảnh hưởng lợ. Vùng sinh thái phía Nam Quốc lộ 1A (sinh thái mặn), diện tích 89.648,12 ha, vùng đất ven biển 10.221,96 ha có khả năng phát triển nông nghiệp toàn diện, lĩnh vực nuôi trồng thủy sản

theo hướng thâm canh và làm muối. Vùng đặc quyền kinh tế biển rộng 20.742 km² có trữ lượng tôm, cua, cá khá dồi dào, khai thác thủy sản quanh năm. Nhiều cửa biển lớn như Gành Hào, Cái Cùng và Nhà Mát phát triển mạnh vận tải và du lịch, mở rộng hợp tác quốc tế và an ninh quốc phòng.

4. Kết luận

Chất lượng nước mặt trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu giai đoạn 2014–2019 có diễn biến phức tạp, xu hướng tăng dần tỉ lệ nước mặt bị ô nhiễm theo các vùng kinh tế. Tỉ lệ nước mặt vùng canh tác và phát triển các ngành kinh tế bị ô nhiễm nặng tăng từ 20% lên 50%; Số lượng các điểm ô nhiễm tăng theo hàng năm, tỷ lệ nước phục vụ giao thông giảm từ 10% xuống còn 2%, nước phục vụ cho sinh hoạt giảm từ 50% xuống 10% tổng lượng nước toàn tỉnh.

Từ kết quả đánh giá chất lượng, cùng với quy hoạch phát triển kinh tế trên toàn tỉnh, trên cơ sở phát triển các vùng kinh tế với các tiêu chí cho từng vùng. Kết quả phân vùng chất lượng nước theo phát triển kinh tế, làm cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp khoa học phát triển bền vững nông nghiệp, ngư nghiệp phù hợp với đặc trưng của từng vùng trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu.

Lời cảm ơn: Bài báo được hoàn thành từ kết quả thực hiện đề tài “Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước mặt theo diễn biến phát triển các vùng kinh tế của tỉnh Bạc Liêu”. Viện Phát triển Công nghệ Môi trường và Tài nguyên nước Phú Mỹ, 2019.

Lời cam đoan: Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu mà tác giả làm Chủ nhiệm đề tài, chưa công bố ở đâu, không sao chép; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Al-Ani, M.Y.; Al-Nakib, S.M.; Ritha, N.M.; Nouri, A.H. Water quality index applied to the classification and zoning of Al-Jaysh canal, Baghdad – Iraq. *J. Environ. Sci. Health., Part A* **1987**, 22, 305–319. doi:10.1080/10934528709375351.
2. Sullivan, D.J. Surface Water Quality Assessment of the Upper Illinois River Basin in Illinois, Indiana, and Wisconsin, U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey, 1990.
3. Shams, G.K.; Yusefzadeh, A.; Godini, H. Water Quality Zoning Based on Water Quality Index and Wilcox Index Using Geographic Information System, 2014.
4. Huynh, P. Method of calculation & application of WQI index to assess the status water quality and proposal of management Luy river Binh thuan province. *VN J. Hydrometeorol.* **2019**, 2, 9–15.
5. Huynh, P. Irrigation construction solution for rising *Litopenaeus Vannamei* in Mekong delta. The international conference on science, technology and society studies (STS) (HUTECH), 2020. ISBN 978–604–67–1574–0.
6. Wang, Y.; Wang, P.; Bai, Y.; Tian, Z.; Li, J.; Shao, X.; Mustavich, L.F.; Li, B.L. Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques. A case study of the Songhua River Harbin region, China. *J. Hydro–environ. Res.* **2011**, 7, 30–40.
7. Nguyễn, N.X.; Hạ, T.Đ. Chất lượng nước sông hồ và Bảo vệ môi trường nước, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2004.
8. Bhargava, D.S. Use of water quality index for river classification and zoning of Ganga river. *Environ. Pollut. Series B, Chem. Phys.* **1983**, 6, 51–67.
9. Karamouz, M.; Mahjouri, N.; Kerachian, R. River Water Quality Zoning: A Case Study of Karoon and Dez River System. *J. Environ. Health Sci. Eng.* **2005**, 1, 16–27.
10. Liu, X.; Zhou, S.; Qi, S.; Yang, B. Chen, Y.; Huang, R.; Du, P. Zoning of rural water conservation in China: A case study at Ashihe River Basin. *Int. Soil Water Conserv. Res.* **2015**, 3, 130–140.

11. Trình, L. Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước theo các chỉ số chất lượng nước (WQI) và đánh giá khả năng sử dụng các nguồn nước sông kênh rạch ở vùng TP.HCM. Tp. Hồ Chí Minh, 2008.
12. Chính, P.V. Nghiên cứu mô hình tính toán đánh giá chất lượng nước sông Đồng Nai đến năm 2020. Nghiên cứu khoa học, 2011.
13. Nguyễn, N.T.T. Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước Vịnh Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh và đề xuất giải pháp quản lý và sử dụng, 2014.
14. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Bạc Liêu (2015–2020). Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Bạc Liêu giai đoạn 2015–2020.
15. Đoàn, N.V. Ứng dụng chỉ số chất lượng nước (WQI) và hệ thống thông tin địa lý (GIS) để phân vùng chất lượng nước nuôi tôm ở đầm phá xã phú thuận, huyện phú vang, tỉnh thừa thiên huế, Đại Học Huế, 2014.
16. Hợp, N.V.; Thi, P.N.A.; Hưng, N.M.; Tờ, N.C.; Cường, N.M. Đánh giá chất lượng nước sông Bò ở tỉnh Thừa Thiên Huế dựa vào chỉ số chất lượng nước (WQI). *Tap chí khoa học, Đại học Huế* **2010**, 58, 77–85.
17. Lan, T.T.; Long, N.P. Đánh giá chất lượng nước mặt bởi chỉ số chất lượng nước (WQI) tại rạch Cái Sao, tỉnh An Giang, Việt Nam. Trung tâm Quan trắc và Công nghệ Tài nguyên– Môi trường, An Giang, Việt Nam, 2011.
18. Cục thống kê tỉnh An giang. Niên giám tổng kê tỉnh năm 2018, 2019.
19. Anh, T.N.T. Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước sông Hương theo chỉ số chất lượng nước (WQI) góp phần bảo vệ và khai thác nguồn nước, 2009.
20. Cục thống kê tỉnh Bạc Liêu. Niên giám thống kê tỉnh năm 2017, 2018, 2019.
21. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về CLN mặt, 2015.
22. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Tổng cục Môi trường. QĐ số 879/QĐ–TCMT, 2011.

Study on zoning of surface water quality according to developments in economic regions of Bac Lieu province

Phu Huynh^{1*}

¹ Ho Chi Minh City University of Technology (HUTECH); h.phu@hutech.edu.vn

Abstract: The paper presents research on zoning of surface water quality according to developments in economic regions of Bac Lieu province. Effective economic development with water source as an essential means of production, water quality determines success or failure, need to analyze the characteristics of water in the regions as a combination of factors with spatial distribution, inundation regime, water quality for the planning of agriculture, forestry, fisheries, tourism, etc. Research using methods, surveying, water sampling, analyzing indicators physical digestion (TSS, BOD₅, COD, N–NH₄, N–NO₂, P–PO₄, Coliform...), calculate WQI index; Comparison with QCVN 08–MT:2015/BTNMT. The results have zoned water quality: (i) Economic development area in the north of National Highway 1A, with a natural area of 157,224 ha; (a) The sub–region for stable freshness (fresh ecology), with a natural area of 75,720 ha, with meteorological factors, hydrology, soil, and water resources is relatively favorable for the development of agricultural and aquatic production real; (b) The sub–region of mixed brackish ecological production, of which land for aquaculture is 35,609 ha, rice–shrimp land 23,134 ha, agricultural production land 12,274 ha; (ii) The region strongly develops sea transport and tourism, expanding international cooperation and protecting security and defense.

Keywords: Bac Lieu; Brackish ecology; Ecological sub–region; Economic stratification; Surface water.

Bài báo khoa học

Xây dựng bản đồ ngập lụt phục vụ công tác chống ngập, quy hoạch đô thị trên bản thành phố Hồ Chí Minh

Nguyễn Việt Hưng¹, Nguyễn Quốc Cường², Bùi Việt Hưng^{3*}, Đặng Quang Thanh⁴

¹ Trung tâm Quản lý Hạ tầng kỹ thuật thành phố Hồ Chí Minh;

nguyenviethungtv@gmail.com

² Sở Thông tin truyền thông thành phố Hồ Chí Minh; cuonglequoc@gmail.com

³ Trường Đại Học Khoa học Tự nhiên thành phố Hồ Chí Minh; buiviethung@gmail.com

⁴ Công ty TNHH DHI Việt Nam; tqd@dhigroup.com

*Tác giả liên hệ: nguyenviethungtv@gmail.com; Tel: +84-918445566.

Ban Biên tập nhận bài: 10/3/2021; Ngày phản biện xong: 12/4/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu xác định giá trị thiệt hại do ngập lụt cho khu vực đô thị TP.HCM. Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng số liệu điều tra khảo sát về ngập lụt và thiệt hại do ngập lụt tại toàn bộ các điểm thường xuyên ngập lụt trên địa bàn đô thị thành phố; sử dụng công cụ mô hình toán MIKE 11 và MIKE FLOOD để mô phỏng nguy cơ ngập lụt, sau đó kết hợp với công nghệ bản đồ (ArcGIS) xác định giá trị thiệt hại do ngập tương ứng. Trong đó, mức độ thiệt hại được phân chia theo hộ dân, hộ kinh doanh và đơn vị sản xuất theo đơn vị hành chính của thành phố. Giá trị thiệt hại của từng vùng nghiên cứu tương ứng với độ sâu ngập khác nhau đã được chỉ ra trong nghiên cứu này. Các giá trị thiệt hại này sẽ được ứng dụng trong quản lý rủi ro do ngập lụt đồng thời được dùng để xác định qui mô hợp lý và tiêu chuẩn an toàn cho công trình chống ngập của từng vùng nghiên cứu theo phương pháp phân tích rủi ro.

Từ khóa: Ngập lụt; Bản đồ ngập lụt; Bản đồ thiệt hại ngập lụt.

1. Mở đầu

Ngập lụt và thiệt hại do ngập lụt gây ra trên thế giới ngày càng trở nên nghiêm trọng, nó xảy ra nhiều nơi trên thế giới, và mức độ ảnh hưởng của ngập lụt tới cư dân đô thị là rất lớn. Trước thực trạng này, các quan chức Liên hiệp quốc khuyến cáo các quốc gia, tổ chức và cá nhân thay đổi hành vi ứng xử để có thể giảm thiểu tác động của các vụ thiên tai. Kêu gọi các chính phủ đầu tư vào những hệ thống phòng, chống lũ lụt và tưới tiêu; tránh xây dựng tại những khu vực có nguy cơ lũ lụt cao; giảm bớt các khu định cư ở vùng duyên hải; áp dụng các biện pháp bảo vệ nguồn cung cấp nước sạch và điện.

Trên thế giới, các nghiên cứu về đánh giá tác động ngập lụt đô thị rất nhiều và đa dạng tùy thuộc vào mức độ phát triển cũng như quy mô của các khu vực nghiên cứu-đô thị. Có thể liệt kê một số nghiên cứu về thiệt hại kinh tế do ngập lụt gây ra trong đô thị của một số nước sau:

Ở Đức đánh giá thiệt hại được thực hiện sau khi phỏng vấn và khảo sát sau trận lụt, kết hợp với các dữ liệu bảo hiểm và các đơn xin bồi thường thiệt hại kinh tế. Dữ liệu này có sẵn trong hệ thống cơ sở dữ liệu gọi là HOWAS [1]. Cơ sở dữ liệu này là yếu tố chính trong việc phát triển các mô hình thiệt hại ICPR, MURL và Thủy lực. Các mô hình thiệt hại này chỉ được thực hiện cho các tòa nhà. Các đường cong độ sâu thiệt hại ở các mô hình khác nhau được sử dụng ở Đức [2].

Ở Anh, MCM là các hướng dẫn cơ bản để đánh giá thiệt hại do ngập lụt. Hướng dẫn sử dụng cung cấp các đường cong thiệt hại tuyệt đối cho phép định lượng nhiều loại thiệt hại thành tiền [3]. Mô hình MCM dựa trên dữ liệu tổng hợp được tạo ra bằng cách khảo sát bằng bảng hỏi và kiến thức chuyên môn của các chuyên gia [3].

Ở Cộng hòa Séc, trong nghiên cứu các tiếp cận toán học cho đánh giá thiệt hại ngập dựa trên cơ sở sử dụng đất trong đô thị với trường hợp nghiên cứu là thành phố Prague năm 2006, đã thiết lập công thức tính thiệt hại kinh tế chung do ngập đô thị gây ra [4]. Thiệt hại do ngập lụt phụ thuộc vào loại hình sử dụng đất: Lũ lụt tạo ra hậu quả thiệt hại nhiều ở các khu vực đô thị hơn ở khu vực nông thôn. Cách phân loại đất sử dụng được đưa vào tính toán thiệt hại do lũ lụt, tương ứng với cách phân loại đất sử dụng theo chú giải MOLAND, giống với cơ sở dữ liệu của Châu Âu nhưng với mức độ sử dụng đất chi tiết hơn.

Bên cạnh những nghiên cứu trên, ta còn thấy rất nhiều những công trình nghiên cứu khác liên quan như: [5] đã sử dụng hình thức dạng cấu trúc và phi cấu trúc được lựa chọn với tính tới nhiều đối tượng khác nhau trong cộng đồng. Chuẩn hóa đánh giá thiệt hại của người dân theo lớp bảo hiểm, mỗi lớp có thiệt hại riêng dựa trên đường cong theo kích thước, loại công trình và tàn sản [6–7] đã đánh giá thiệt hại lũ lụt thông qua một số chỉ số về GDP của khu vực, giá trị thị trường bất động sản. [6] lập bản đồ che phủ đất để hỗ trợ nguy cơ lũ lụt và đánh giá thiệt hại do lũ lụt. [8] xây dựng bộ hướng dẫn và phương thức đánh giá thiệt hại lũ lụt cho Malaysia. [9] nghiên cứu thiệt hại do ngập lụt đô thị diễn biến theo mô phỏng mô hình và phân tích rủi ro lũ lụt và đánh giá rủi ro lũ lụt.

Tại Việt Nam nói chung và đối với Thành phố Hồ Chí Minh nói riêng, việc nghiên cứu phương pháp đánh giá thiệt hại cũng như xác định mức độ thiệt hại kinh tế do ngập lụt đô thị của người dân đã được quan tâm và thực hiện, nhưng vẫn ở mức rất hạn chế và còn khá nhiều vấn đề, lĩnh vực, thành phần thiệt hại kinh tế chưa được nghiên cứu. [10] thực hiện nghiên cứu đánh giá rủi ro và xác định giá trị thiệt hại do ngập lụt cho khu vực TP.HCM, áp dụng cho dự án chống ngập úng khu vực TP.HCM giai đoạn 1. Theo nghiên cứu [11] về khả năng phục hồi của đô thị sau ngập lụt, trong đó nhấn mạnh yếu tố quy hoạch đô thị hợp lý cho việc giảm ngập và thiệt hại do ngập gây ra. Nghiên cứu cũng đã so sánh và làm rõ sự khác nhau giữa đô thị có thể “đàn hồi” hay “chống chịu”. Trong nghiên cứu, tác giả chỉ ra khả năng tự phục hồi, qua mức độ phục hồi đó, xác định mức độ thiệt hại kinh tế do ngập lụt đô thị cho khu vực đó. Trong nghiên cứu [12], đã nghiên cứu hệ thống quy trình tính thiệt hại tiềm năng do ngập, nghiên cứu về định lượng các thiệt hại hữu hình–thiệt hại do ngập gây ra tại các khu vực của Thành phố Hồ Chí Minh. Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ “nhấn mạnh” tầm quan trọng của việc định lượng thiệt hại tiềm năng do ngập gây ra trong các nghiên cứu về rủi ro ngập. Theo nghiên cứu [13] nghiên cứu về cơ sở phương pháp luận của việc ước lượng giá trị kinh tế của phòng lũ trong điều kiện kinh tế thị trường cũng như trong điều kiện phát triển bền vững của kinh tế tài nguyên môi trường. Theo nghiên cứu [14] nghiên cứu về cơ sở phương pháp luận của việc ước lượng giá trị thiệt hại của biến đổi khí hậu phục vụ qui hoạch sử dụng đất, giao thông, tài nguyên nước và hạ tầng cơ sở cho TP. HCM” đánh giá một cách chi tiết và khoa học ảnh hưởng của BĐKH ở các địa phương và cho các lĩnh vực cụ thể và cho thấy những tác động đến Cần Giờ.

Thành phố Hồ Chí Minh hiện nay được xem là một đô thị có tiềm năng phát triển kinh tế trong khu vực và được tiên lượng sẽ ngày càng thu hút đầu tư trong và ngoài nước. Quá trình đầu tư phát triển sẽ đặt ra nhu cầu sau: cho những bước điều chỉnh quy hoạch, tổ chức lại không gian đô thị phù với nhu cầu mở rộng không gian; xây dựng hệ thống quản lý tính hiệu quả của việc khai thác không gian đô thị tại các khu trung tâm hiện hữu nhằm hạn chế sự mở rộng của đô thị trên các khu vực không thuận lợi, đồng thời kiểm soát chặt chẽ sự phát triển của các khu vực mới (nhất là các khu công nghiệp, khu dân cư). Việc làm này cần phải dựa trên các tính toán với nguồn số liệu tin cậy về nhiều lĩnh vực khác nhau, đặc biệt là dữ liệu về hiện trạng ngập lụt và những thiệt hại do ngập lụt gây ra; dữ liệu dựa trên phân

tích tính toán trên bản đồ ngập lụt và bản đồ thiệt hại do ngập lụt gây ra, nhằm giảm thiểu những rủi ro thiệt hại và phát triển bền vững.

Do đó, đề xuất nhiệm vụ nghiên cứu “ Điều tra khảo sát và đánh giá thiệt hại do ngập lụt đến kinh tế-xã hội; xây dựng bản đồ thiệt hại do ngập lụt phục vụ công tác chống ngập, quy hoạch đô thị trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh” được đề xuất thực hiện để đánh giá những tác động và thiệt hại, rủi ro ngập ảnh hưởng đến kinh tế, con người và môi trường của người dân trong khu vực đô thị thành phố. Nghiên cứu này sẽ giúp chúng ta có cái nhìn chi tiết và rõ ràng về hiện trạng ngập và những ảnh hưởng, thiệt hại do ngập lụt gây ra, là cơ sở để đề xuất những giải pháp giảm ngập, những yêu cầu cần giải quyết để phục vụ phát triển kinh tế-xã hội gắn liền với bảo vệ môi trường và phát triển bền vững. Bên cạnh đó, việc thực hiện nghiên cứu này là cơ sở nghiên cứu để các nhà quản lý đưa ra các biện pháp quản lý phù hợp với tình hình ngập lụt hiện nay, góp phần đánh giá chức năng của các công trình chống ngập đã và đang được thực hiện trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh. Mục tiêu tổng quát của nghiên cứu này là: Điều tra khảo sát và đánh giá thiệt hại do ngập lụt đến kinh tế-xã hội trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh làm cơ sở cho việc xây dựng các loại bản đồ ngập và bản đồ thiệt hại kinh tế do ngập lụt gây ra phục vụ cho công tác điều hành chống ngập cũng như phục vụ công tác quy hoạch đô thị và phát triển bền vững của Thành phố.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Phạm vi vùng nghiên cứu bao gồm khu vực đô thị bị ảnh hưởng thường xuyên của ngập lụt, cụ thể là 22 quận huyện trên tổng số 24 quận huyện gồm: Quận 1; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 11; Phú Nhuận; Bình Thạnh; Gò Vấp; Tân Bình; Tân Phú, 2; 7; 9; 12; Thủ Đức, Bình Tân, huyện Hóc Môn; Bình Chánh; Nhà Bè. Hai huyện không nằm trong phạm vi nghiên cứu là huyện Cần Giờ và Củ Chi (Hình 1).



Hình 1. Các quận huyện Thành phố Hồ Chí Minh thuộc vùng nghiên cứu.

2.2. Phương pháp thiết lập hàm thiệt hại

Đã có rất nhiều nghiên cứu liên quan tới thiệt hại do thiên tai gây ra cho sản xuất và đời sống người dân, vấn đề xác định dạng thiệt hại khá đa dạng và luôn mở rộng phạm vi theo lĩnh vực đánh giá thiệt hại. Các nội dung nghiên cứu của đề tài liên quan tới tác động cùng các loại hình tác động của ngập lụt đến các đối tượng như hộ dân và doanh nghiệp vừa và nhỏ trên địa bàn thành phố, các tác động của ngập lụt đến hoạt động sản xuất, kinh doanh và cuộc sống hàng ngày của người dân đã được xác định theo một số hình thức chính, các loại hình thiệt hại do ngập sẽ được đánh giá trong đề tài đã được xác định và thống kê cụ thể cho các đối tượng gồm hộ dân (hộ gia đình, hộ buôn bán) và doanh nghiệp vừa và nhỏ. Các loại hình thiệt hại do ngập gây ra được thống kê tại bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp những loại hình thiệt hại do ngập lụt.

Loại	Thiệt hại trực tiếp	Thiệt hại gián tiếp
Hữu hình	<ul style="list-style-type: none"> - Thiệt hại về mặt cấu trúc nhà/sân/vườn.. - Thiệt hại tài sản, hàng hóa... - Phương tiện giao thông - Chi phí kê kích và dọn dẹp... 	<ul style="list-style-type: none"> - Ùn tắc giao thông - Giảm đoạn kinh doanh - Giảm thu nhập người lao động... - Nghỉ việc hay đến nơi làm việc muộn.....
Vô hình	<ul style="list-style-type: none"> - Bệnh liên quan tới nước như cảm cúm, bệnh ngoài da.. - Dịch bệnh, bệnh truyền nhiễm.. - Tồn hại khu vực văn hóa hoặc di sản - Tồn hại sinh thái - Sự bất tiện cho con người trong sinh hoạt và kinh doanh, sản xuất... 	<ul style="list-style-type: none"> - Căng thẳng và lo lắng - Phá vỡ cuộc sống hàng ngày - Mất cơ hội tăng thu nhập/doanh thu... - Giảm giá trị đất - Suy yếu niềm tin vào cơ quan công quyền....

Tính toán tổng thiệt hại do ngập lụt gây ra: Từ phân tích các loại hình thiệt hại do ngập khác nhau, cách xác định mức độ thiệt hại do ngập lụt đô thị trên cơ sở phân tích các dạng thiệt hại do ngập lụt đô thị gây ra cho từng đối tượng, mức độ thiệt hại được xác định cụ thể như sau:

Giá trị thiệt hại sau 1 lần ngập lụt = Giá trị thiệt hại trực tiếp sau 1 lần ngập + Giá trị thiệt hại gián tiếp sau 1 lần ngập

Giá trị thiệt hại trực tiếp = Tổng các chi phí để sửa chữa nhà cửa, đồ đạc, phương tiện, máy móc, dụng cụ,... sau 1 lần ngập (đơn vị: VNĐ) của từng đối tượng.

Giá trị thiệt hại gián tiếp = Chi phí cho dọn dẹp và sắp xếp lại đồ đạc + Tiền khám chữa bệnh sau 1 lần ngập + Thu nhập của người lao động bị mất do nghỉ làm, kẹt xe, trễ giờ sau 1 lần ngập = (Thời gian nghỉ làm + thời gian dọn dẹp + thời gian kẹt xe + thời gian trễ giờ) x 1 giờ tiền công lao động (đơn vị: VNĐ).

Để thiết lập hàm thiệt hại trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sẽ sử dụng cả hai phương pháp xây dựng hàm thiệt hại: phương pháp thứ nhất là điều tra khảo sát sau đó thống kê các giá trị thiệt hại; phương pháp thứ hai là sử dụng các công cụ để mô phỏng ngập lụt, sau đó dựa vào quan hệ giữa giá trị sử dụng đất và mức độ ngập lụt để xác định giá trị thiệt hại đó. Cách xác định thiệt hại theo phương pháp thứ hai cho phép sử dụng được những tiến bộ về hệ thống thông tin địa lý, đồng thời vẫn có thể tận dụng được một số kết quả điều tra hiện có. Quá trình xây dựng hàm thiệt hại được tiến hành theo các bước như sau: Phân loại thiệt hại; Xác định giá trị thiệt hại lớn nhất bằng phương pháp điều tra xã hội, định giá và thống kê; Xác định đường cong thiệt hại, còn gọi là hàm thiệt hại bằng cách điều tra xã hội, phân tích cơ chế vật lý hoặc sinh lý, thí nghiệm... cho mỗi loại thiệt hại.

Dạng phương trình thiệt hại được lựa chọn: Công thức tính toán thiệt hại bao gồm các loại hình thiệt hại hữu hình/vô hình do ngập lụt với hai yếu tố chính liên quan tới ngập là độ sâu cùng thời gian diễn ra ngập có thể gây thiệt hại.

Công thức thiệt hại dạng 1:

$$D = A0 + Ah H + AT T \tag{1}$$

Trong đó D là thiệt hại cho một hộ gia đình trong 1 lần ngập (VNĐ); H là chiều sâu ngập trung bình (cm); T là thời gian ngập trung bình (phút).

A0, Ah, AT là các thông số được xác định cho từng loại đối tượng chịu tác động của ngập lụt khác nhau và ứng với mức ngập gây thiệt hại khác nhau. Như vậy, bộ các thông số trên sẽ thay đổi theo mức độ sâu ngập và thời gian tác động khác nhau .với đơn vị lần lượt a0 (VNĐ), a1 (VNĐ/ chiều sâu–cm) và a2 (VNĐ/ thời gian–phút).

Với công thức thiệt hại dạng (1), khi xác định được mức độ ngập trung bình gồm các yếu tố chiều sâu gây thiệt hại, thời gian ngập (tính bằng 1/2 thời gian nước rút hoàn toàn) cùng với thống kê số hộ nằm trong phạm vi ngập, chúng ta có thể ước lượng được mức độ thiệt hại kinh tế do lần ngập đó cho khu vực. Như vậy, công thức thiệt hại dạng (1) khá phù hợp với công tác quản lý thiên tai trong khu vực đô thị cũng như mức độ gián đơn để các cấp quản lý có thể thu thập, thống kê qua đó nhanh chóng xác định được mức độ thiệt hại.

Công thức thiệt hại dạng (2):

$$D = Bo \ln(Hqđ) + B \quad (2)$$

Trong đó D là tổng thiệt hại trong vùng nghiên cứu ứng với 1 lần ngập (VNĐ), Bo, B là các thông số ngập phụ thuộc vào mức ngập quy đổi khác nhau, Hqđ là chiều sâu ngập quy đổi được tính từ chiều sâu ngập thực (h cm) và thời gian ngập thực (T phút) và không có đơn vị.

Như vậy, bên cạnh việc xác định hàm thiệt hại với chiều sâu và thời gian thực, nghiên cứu cũng xác định mối quan hệ giữa thời gian ngập và mức độ ngập thông qua kết quả khảo sát $T = ft(h)$ từ đó $Hqđ = f(h, ft(h))$.

Thiết lập hàm thiệt hại do ngập: Từ kết quả khảo sát thiệt hại ngập lụt của hộ dân năm 2016–2018, tiến hành lọc các chỉ tiêu/ loại hình thiệt hại liên quan tới hàng hóa, ngưng kinh doanh,... ta sẽ có bảng tổng hợp thiệt hại cho hộ gia đình, doanh nghiệp. Tiếp theo, thiết lập hàm hồi quy (hàm thiệt hại) giữa thiệt hại với các yếu tố ngập là chiều sâu và thời gian cho 1 lần ngập cho 1 đối tượng, sau đó tiến hành phân tích hồi qui nhằm thiết lập hàm thiệt hại ngập. Đồng thời thiết lập hàm quan hệ giữa chiều sâu ngập và thời gian ngập làm cơ sở cho hàm thiệt hại dạng 2. Kết quả khảo sát thiệt hại ngập lụt của hộ gia đình năm 2019 được sử dụng để điều chỉnh lại hàm thiệt hại dạng 1 và thiết lập hàm thiệt hại dạng 2.

2.3. Phương pháp thiết lập bản đồ ngập lụt từ số liệu điều tra khảo sát

Việc xây dựng bản đồ ngập có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau, trong đó GIS là một trong những phương pháp thông dụng và được sử dụng trong nhiều nghiên cứu. Với phương pháp GIS cần phải có một số dữ liệu quan trọng cần phải có bao gồm:

i) Mô hình số độ cao khu vực: Mô hình số độ cao cung cấp cao độ địa hình trên toàn khu vực. Dữ liệu độ cao có thể ở dạng ô lưới vuông (grid) hay ở dạng đa giác (TIN, vector). Nguồn dữ liệu để xây dựng mô hình số độ cao có thể là từ bản đồ địa hình, từ các ảnh viễn thám như từ ảnh vệ tinh (SRTM, ASTER, SPOT), ảnh chụp từ máy bay (không ảnh, Lidar), hay từ số liệu cao độ được thu thập từ phương pháp dẫn truyền cao độ truyền thông hoặc hiện đại (ví dụ: DGPS–Differential Global Positioning system).

ii) Số liệu ngập trong khu vực, Số liệu ngập được thu thập và điều tra trong giai đoạn từ năm 2016–2018 và khảo sát năm 2019 đã được thu thập tại 21 quận, huyện trên địa bàn thành phố Hồ Chí Minh. Từ đó xác định vùng ngập bằng phương pháp nội suy không gian. Sau đó, kết hợp với các số liệu từ mô hình số độ cao để xây dựng bản đồ phân vùng ngập lụt.

2.4. Phương pháp thiết lập bản đồ thiệt hại

Đề lập và hiển thị bản đồ phân bố ngập cũng như phân bố các số liệu thiệt hại khảo sát và tính toán, đề tài đã thực hiện xây dựng công cụ với ba chức năng chính sau:

– Nội suy, phân tích khách quan từ số liệu khảo sát và tính toán để chuyển về số liệu trên các nút lưới đều trong không gian.

– Thực hiện các phép toán thể hiện bản đồ phân bố bằng đường đồng mức và bằng tô màu vùng cùng giá trị.

– Chồng lớp với các lớp bản đồ nền: giao thông, thủy hệ, nhà ở dân cư, hiển thị bản đồ phân vùng lên bản đồ nền GIS.

Lập bản đồ phân bố: Nội suy hay Phân tích khách quan là một quá trình biến đổi thông tin từ những vị trí thám sát được phân bố ngẫu nhiên trong không gian thành số liệu trên những nút lưới điều hòa trong không gian. Ngoài khả năng tái tạo, một sơ đồ phân tích khách quan còn thực hiện nội suy trơn, phát hiện và khử đi số liệu xấu, và thực hiện phân tích nội bộ kiên định.

Nghiên cứu lựa chọn phương pháp Kriging để tính toán nội suy lưới số liệu ngập lụt và thiệt hại do ngập lụt. Phương pháp nội suy Kriging tính toán gần đúng các giá trị chưa biết bằng công thức nội suy tuyến tính có trọng số của các giá trị thám sát:

$$\hat{v} = \sum_{j=1}^n w_j v_j ; \sum_{j=1}^n w_j = 1 \tag{3}$$

Trong đó \hat{v} là giá trị chưa biết, cần tính toán; W_j là hàm trọng số; v_j là giá trị tại các điểm thám sát.

Sai số r_i của hàm nội suy tuyến tính được xác định bằng sai số giữa tính toán và thám sát tại cùng một điểm:

Sai số trung bình được tính toán theo công thức (4):

$$\tau_i = \bar{v} - v_i \tag{4}$$

Sai số trung bình được tính toán theo công thức (5):

$$m_\tau = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \tau_i = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{v}_i - v_i \tag{5}$$

Khi đó sai số khác biệt là:

$$\delta_R^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\tau_i - m_\tau)^2 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \left[\bar{v}_i - v_i - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\bar{v}_i - v_i) \right]^2 \tag{6}$$

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả Thiết lập hàm thiệt hại do ngập

Trên cơ sở kết quả thiệt hại trực tiếp và gián tiếp thu được từ số liệu điều tra khảo sát, hàm thiệt hại do ngập lụt tác động tới các đối tượng (hộ gia đình, hộ kinh doanh và doanh nghiệp) trên địa bàn các quận huyện của Thành phố có dạng như sau:

Hàm thiệt hại dạng 1: $D = A_o + A_h h(\text{cm}) + A_t T(\text{phút})$

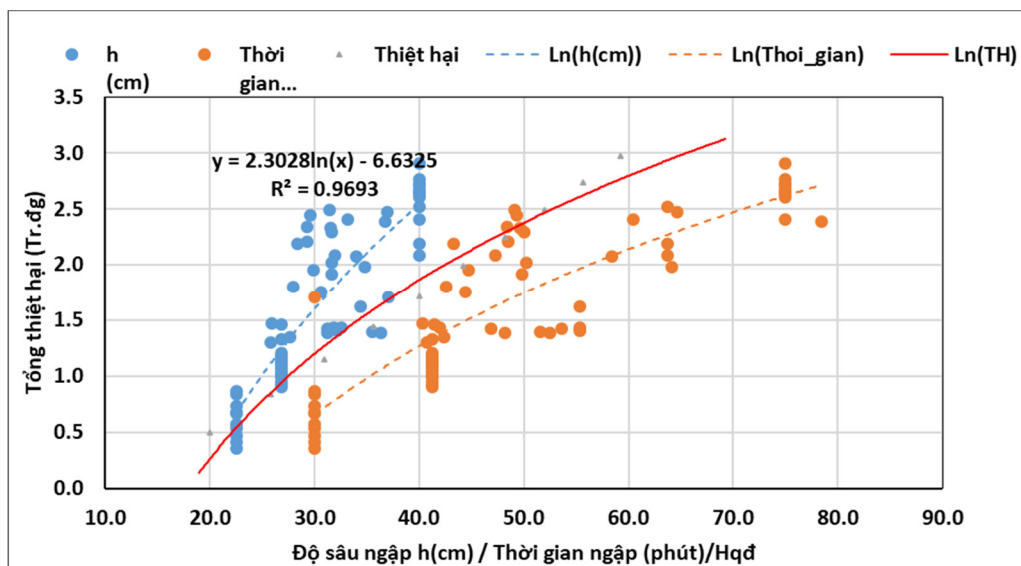
Hàm thiệt hại dạng 2: $D = B_o \text{Ln}(H_{qđ}) + B$ với $H_{qđ} = (h \times (a \text{Ln}(h) + b))^{1/2}$.

Bộ thông số A_o , A_h và A_t thuộc hàm thiệt hại dạng (1) và B_o , B thuộc hàm thiệt hại dạng (2) tương ứng cho từng quận huyện cho từng đối tượng được tổng hợp trong các Bảng 2. Từ bộ thông số trong bảng 1, chúng ta sẽ xây dựng được đường cong thiệt hại có dạng tiêu biểu như hình 1.

Bảng 2. Tổng hợp thông số của các hàm thiệt hại dạng (1) và (2) theo các mức ngập cho đối tượng Hộ gia đình.

Đối tượng: Gia Đình		Hàm thiệt hại với mức ngập			15–30 cm		30–45 cm		15–45 cm	
TT	Tên khu vực	Theo h(cm) và T(phút)			Theo $H_{qđ}$ đôi		Theo $H_{qđ}$ đôi		Theo $H_{qđ}$ đôi	
		A_o	A_h	A_t	B_o	B	B_o	B	B_o	B
1	Quận 12	-1,192	0,046	0,020	1,558	-4,586	2,946	-9,645	2,119	-6,416
2	Quận Thu Đức	-0,273	0,023	0,014	1,321	-3,709	1,953	-6,120	1,610	-4,739
3	Quận B.Thạnh	-1,743	0,102	0,005	1,858	-5,341	3,928	-12,988	2,707	-8,181

Đối tượng: Gia Đình		Hàm thiệt hại với mức ngập			15–30 cm		30–45 cm		15–45 cm	
TT	Tên khu vực	Theo h(cm) và T(phút)			Theo H _{quy đổi}		Theo H _{quy đổi}		Theo H _{quy đổi}	
		Ao	Ah	At	Bo	B	Bo	B	Bo	B
4	Quận 2	-0,490	0,032	0,011	0,577	-1,206	1,790	-5,515	0,921	-2,160
5	Quận 4	-0,461	0,028	0,013	1,201	-3,362	1,876	-5,820	1,508	-4,403
6	Quận 5	-1,029	0,045	0,016	1,402	-4,036	2,534	-8,087	1,881	-5,593
7	Quận 9	-1,527	0,052	0,034	2,606	-7,802	4,365	-14,316	3,356	-10,327
8	Quận 6	-1,151	0,055	0,010	1,349	-3,988	2,561	-8,383	1,862	-5,683
9	Quận 7	-1,373	0,065	0,009	1,390	-4,155	2,873	-9,639	1,987	-6,136
10	Quận 8	-0,290	0,023	0,016	1,126	-2,955	1,903	-5,804	1,456	-4,051
11	Huyện Nhà Bè	-0,375	0,000	0,023	1,386	-4,160	1,971	-6,363	1,646	-5,054
12	Quận Tân Phú	-0,478	0,034	0,014	1,392	-3,880	2,181	-6,796	1,752	-5,119
13	Huyện H.Môn	-0,514	0,032	0,013	1,220	-3,399	2,025	-6,365	1,575	-4,602
14	Quận B.Tân	-1,075	0,032	0,034	2,100	-6,176	3,302	-10,552	2,625	-7,922
15	Quận 1&3	-0,227	0,033	0,010	0,878	-2,006	1,770	-5,239	1,231	-3,146
16	Quận 11	-0,933	0,051	0,021	1,711	-4,690	3,139	-9,884	2,303	-6,633
17	Quận T.Bình	-0,146	0,010	0,022	1,151	-2,985	1,764	-5,202	1,418	-3,861
18	Quận Gò Vấp	-1,197	0,033	0,037	2,334	-6,926	3,488	-11,145	2,852	-8,671
19	Quận P.Nhuận	-1,620	0,078	0,022	2,422	-7,072	4,311	-13,937	3,230	-9,752
20	H.B.Chánh	-0,568	0,029	0,020	1,392	-3,818	2,370	-7,380	1,806	-5,183



Hình 2. Đường thiệt hại ngập ứng với mức ngập h = 15–45 cm.

3.2. Bản đồ thiệt hại do ngập lụt trên địa bàn TP.HCM

Để hiện thị bản đồ phân bố ngập lụt và thiệt hại do ngập lụt trên bản đồ nền GIS, đề tài đã thực hiện thiết kế công cụ gồm các bước sau:

Thực hiện truy vấn thông tin bằng các công cụ như trình bày ở phần 2.

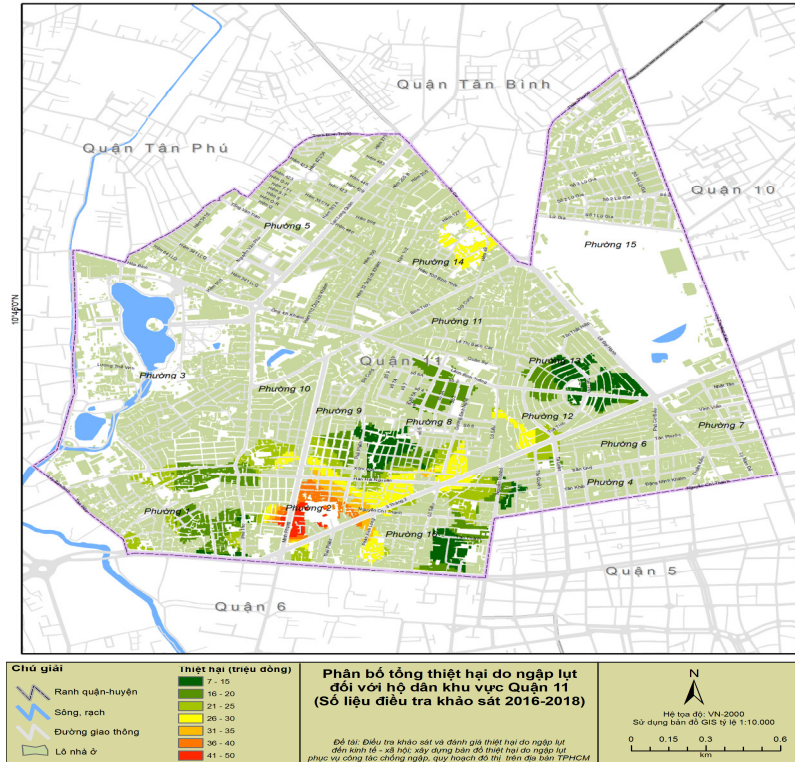
- Chọn cột thông tin cần hiển thị nội dung trên bản đồ;
- Công cụ sẽ tự động nội suy từ số liệu điều tra khảo sát vừa được truy vấn;
- Thực hiện phương pháp thể hiện phân bố bằng đường đồng mức;
- Thực hiện chồng lớp và hiển thị phân bố trên nền bản đồ GIS.

Nghiên cứu đã xử lý, tính toán, thiết lập được:

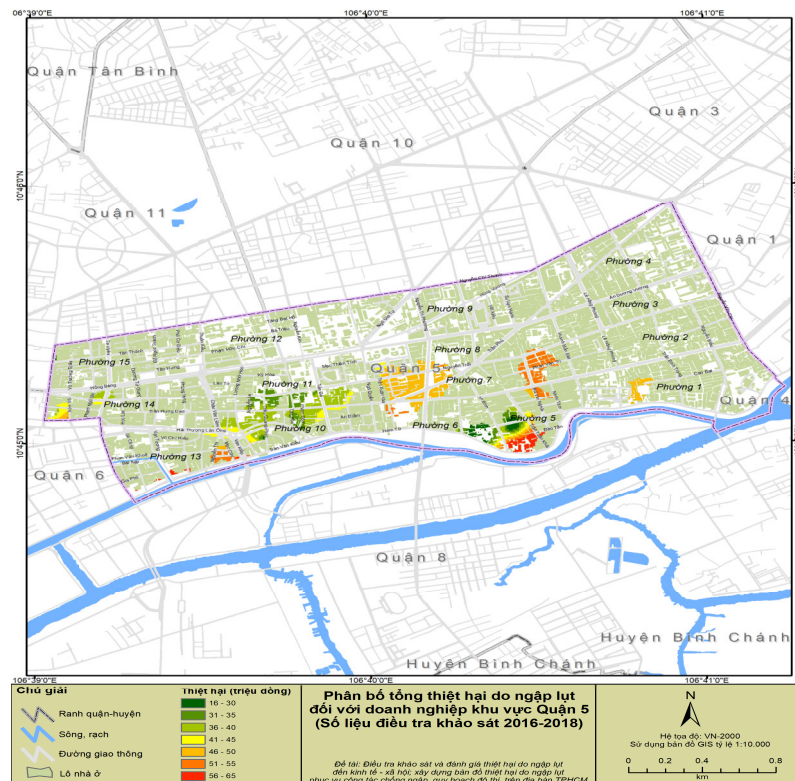
– 21 bản đồ thiệt hại do ngập của hộ dân cho 21 quận–huyện và 01 bản đồ thiệt hại cho toàn thành phố giai đoạn 2016–2018;

– 21 bản đồ thiệt hại do ngập của doanh nghiệp cho 21 quận–huyện và 01 bản đồ thiệt hại cho toàn thành phố giai đoạn 2016–2018;

- 21 bản đồ thiệt hại do ngập của hộ dân cho 21 quận–huyện và 01 bản đồ thiệt hại cho toàn thành phố điều tra khảo sát năm 2019;
 - 21 bản đồ thiệt hại do ngập của doanh nghiệp cho 21 quận–huyện và 01 bản đồ thiệt hại cho toàn thành phố điều tra khảo sát năm 2019.
- Minh họa 02 bản đồ thiệt hại do ngập đối với hộ dân (hình 2) và doanh nghiệp (hình 3) trên địa bàn Quận 11 giai đoạn 2016–2018.



Hình 3. Bản đồ thiệt hại do ngập lụt của hộ dân trên địa bàn quận 11 (2016–2018).



Hình 4. Bản đồ thiệt hại do ngập lụt của doanh nghiệp trên địa bàn quận 5 (2016–2018).

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu làm cơ sở khoa học xác định các dạng thiệt hại kinh tế cụ thể và có “khả thi” tính toán do tác động bất lợi của ngập lụt trên địa bàn Thành phố cũng như thiết lập các công thức tính toán được các loại thiệt hại kinh tế đó; làm cơ sở cho xây dựng một phần bộ công cụ hỗ trợ ra quyết định cho cơ quan và nhà quản l.

Nghiên cứu bước đầu sẽ xác lập hệ thống thu thập số liệu thiệt hại cũng như mức độ ngập lụt trên địa bàn thành phố từ các đơn vị cấp phường xã, quận huyện, làm cơ sở tính toán đánh giá mức độ thiệt hại (tổng số, bình quân hay mức giao động) của người dân chịu tác động và thể hiện kết quả tính toán, đánh giá trên các công cụ quản lý (bản đồ, cơ sở dữ liệu, công cụ phân tích đánh giá) cho đơn vị quản lý liên quan.

Với kết quả thu được của nhiệm vụ nghiên cứu này, có thể khẳng định đây sẽ là các dữ liệu rất quan trọng trong công tác quy hoạch đô thị và phát triển các lĩnh vực kinh tế-xã hội và bảo vệ môi trường trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh.

Ứng dụng các phương pháp nghiên cứu về điều tra khảo sát, phương pháp phân tích thiết kế, phương pháp phân tích khách quan và phương pháp GIS, đề tài đã xây dựng được bộ bản đồ thiệt hại do ngập lụt cho 21 quận huyện trên địa bàn TPHCM.

Các bản đồ được lập dựa trên nền các lớp bản đồ GIS của khu vực TPHCM tỷ lệ 1:10,000 và thể hiện phân bố thiệt hại trên lớp nhà ở dân cư, Do vậy nhu cầu cập nhật số liệu về lớp nhà ở dân cư cần phải thường xuyên, căn cứ vào tốc độ xây dựng nhà ở, đô thị hóa của TP.HCM.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của nhiệm vụ nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Thành phố: “Điều tra khảo sát và đánh giá thiệt hại do ngập lụt đến kinh tế-xã hội; xây dựng bản đồ thiệt hại do ngập lụt phục vụ công tác chống ngập, quy hoạch đô thị trên địa bàn Thành phố Hồ Chí Minh”.

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. Merz, B.; Kreibich, H.; Schwarze, R.; Thielen, A. Assessment of economic flood damage. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2010**, *10*, 1697–1724.
2. Olesen, L.; Löwe, R.; Arnbjerg-Nielsen, K. Flood damage assessment – Literature review and recommended procedure, Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2017. ISBN 978–1–921912–39–9.
3. Penning-Rowsell, E.C. A “realist” approach to the extent of flood risk in England and Wales. In: Klijn F, Schweckendiek T (eds) *Comprehensive flood risk management: research for policy and practice*, Taylor and Francis, London, 2013.
4. Genovese, E. A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study. The mission of the Institute for Environment and Sustainability is to provide scientific and technical support to the European Union's policies for protecting the environment and the EU Strategy for Sustainable Development, 2006.
5. Price, R.K.; Vojinovic, Z. Urban flood disaster management. *Urban Water J.* **2008**, *5*, 259–276.
6. nunes Correia, F.; Fordham, M.; da GRAça Saraiva, M.; Bernardo, F. Flood Hazard Assessment and Management: Interface with the Public. *Water Resour. Manage.*

- 1994, 12, 209–227.
7. van der Sande, C.J.; de Jong, S.M.; de Roo, A.P.J. A Segmentation and Classification Approach of IKONOS–2 Imagery for Land Cover Mapping to Assist Lood Risk and Food Damage Assessment. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **2003**, 4, 217–229.
 8. Romali, N.S.; Sulaiman, M.A.K.; Yusop, Z.; Ismail, Z. Flood Damage Assessment: A Review of Flood Stage–Damage Function Curve, In: Abu Bakar S.; Tahir W.; Wahid M.; Mohd Nasir S.; Hassan R. (eds) ISFRAM 2014, Springer, Singapore, **2015**, 147–159. https://doi.org/10.1007/978-981-287-365-1_13.
 9. Morita, M. Flood Risk Impact Factor for Comparatively Evaluating the Main Causes that Contribute to Flood Risk in Urban Drainage Areas. *Water* **2014**, 6, 253–270.
 10. Bảo, L.X.; Công, M.V. Đánh giá rủi ro kinh tế do ngập lụt, ứng dụng cho Dự án chống ngập khu vực Thành phố Hồ Chí Minh giai đoạn 1. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường* **2016**, 55, 55–72.
 11. Duy, P.N. Khả năng hồi phục của Đô thị: Kinh nghiệm giảm thiểu rủi ro ngập lụt. *Tạp chí Quy hoạch đô thị* **2015**, 22, 50–55.
 12. Phi, H.L. Biến đổi khí hậu cục bộ và vấn đề ngập lụt đô thị ở Thành phố Hồ Chí Minh. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 11, ngày 21–23/10, 2009.
 13. Khiêm, Đ.V.; Hòa, B.T.T. Cơ sở lý luận ước lượng giá trị kinh tế của phòng chống lũ. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi & Môi trường* **2010**, 31, tr. 8.
 14. Phùng, N.K.; Tâm, L.V. Nghiên cứu và đánh giá 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.

Building flood damage maps in service of the fight against flooding, urban planning in Ho Chi Minh City

Nguyen Viet Hung¹, Nguyen Quoc Cuong², Bui Viet Hung^{3*}, Dang Quang Thanh⁴

¹ Ho Chi Minh City Technical Infrastructure Management Center; nguyenviethungtv@gmail.com

² Department of Information and Communication of Ho Chi Minh City; cuonglequoc@gmail.com

³ Ho Chi Minh City University of Natural Sciences; buivietbung@gmail.com

⁴ DHI Vietnam Company Limited; tqd@dhigroup.com

Abstract: This paper presents the results of the inundation damage determination study for the urban area of Ho Chi Minh City. In this study, the authors use survey data on inundation and damage due to inundation at all the frequently flooded sites in the city urban area; using mathematical modeling tools MIKE 11 and MIKE FLOOD to simulate flood risk, then combined with map technology (ArcGIS) to determine the value of damage due to flooding respectively. In which, the level of damage is divided by households, business households and production units according to the administrative unit of the city. The value of damage of each study area corresponding to different inundation depth was indicated in this study. These values of damage will be applied in flood risk management and also used to determine the reasonable scale and safety standards of the flood protection works of each study area according to the risk analysis method.

Keywords: Flood damage maps; Inundation damage; Flooding.

Bài báo khoa học

Phân tích cơ chế gây mưa lớn từ ngày 1/8/2019 đến 5/8/2019 tại Phú Quốc

Nguyễn Đăng Mậu^{1*}, Hoàng Thị Huyền¹, Vũ Quốc Tuấn²

¹ Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; mau.imhen@gmail.com; huyenht.imh@gmail.com

² Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Quốc gia; vuquoctuan5895@gmail.com

*Tác giả liên hệ: mau.imhen@gmail.com; Tel.: +84-382072468

Ban Biên tập nhận bài: 10/3/2021; Ngày phản biện xong: 17/4/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Trong nghiên cứu này, cơ chế gây mưa lớn tại Phú Quốc từ 1/8–5/8/2019 được phân tích dựa trên số liệu mưa quan trắc, số liệu mưa vệ tinh và số liệu FNL. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mưa lớn tại Phú Quốc gắn liền với sự tăng cường mạnh mẽ của gió mùa mùa hè Châu Á, có mối liên hệ chặt chẽ với chỉ số VSMI. Sự tăng cường của gió mùa mùa hè này nằm trong pha hoạt động mạnh của BSISO với chu kỳ khoảng 30 ngày. Sự hoạt động của dao động nội mùa khiến cho áp thấp ở Ấn Độ và Tây Thái Bình Dương khơi sâu, tạo nên khu vực hội tụ gió mạnh tại Phú Quốc và gây ra mưa lớn cho khu vực này.

Từ khóa: Mưa lớn; Dao động nội mùa; Hoàn lưu quy mô lớn.

1. Mở đầu

Mưa lớn xuất hiện thường xuyên ở Việt Nam từ tháng Tư đến tháng Mười Một và gây ra những hậu quả nghiêm trọng như lũ quét và sạt lở đất [1–8], do đó, rất nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm tìm hiểu cơ chế gây mưa lớn ở Việt Nam. Mưa lớn ở Bắc Bộ thường được gây ra bởi sự kết hợp của nhiều hình thái thời tiết khác nhau như xoáy thuận nhiệt đới kết hợp với gió đông nam, xoáy thuận nhiệt đới kết hợp với không khí lạnh, không khí lạnh kết hợp với hội tụ gió tín phong, rãnh thấp nóng phía tây kết hợp với không khí lạnh... [2–3]. Ở Trung Bộ, mưa lớn thường gây ra bởi bão, áp thấp nhiệt đới, dải hội tụ nhiệt đới kết hợp với không khí lạnh hoặc kết hợp với sự hoạt động mạnh của rìa lưỡi áp cao cận nhiệt Thái Bình Dương. Đặc biệt, dãy Trường Sơn có vai trò như một bức tường chắn, chặn các dòng mực thấp, khiến cho mưa ở Trung Bộ thường có cường độ lớn và gây lũ lụt trên phạm vi rộng [4–8]. Ở Nam Bộ, mưa chủ yếu gây ra bởi gió mùa tây nam và mưa thường tăng khi có sự hoạt động mạnh của gió mùa tây nam [9–12]. Các nghiên cứu cho thấy trong thời kỳ hoạt động của gió mùa tây nam, lượng mưa có mối liên hệ khá rõ ràng với chỉ số dao động nam [12].

Các nghiên cứu gần đây cho thấy mưa lớn diện rộng ở Nam Bộ thường liên quan đến sự phát triển của các dao động nội mùa [10, 13, 14] chỉ ra rằng MJO, sóng Kelvin, sóng Rossby xích đạo và sự tương tác giữa các sóng này có tác động lớn tới sự biến đổi của trường mưa tại Nam Bộ. Trong khi MJO có ảnh hưởng lớn nhất cả về lượng mưa và diện mưa, sóng Rossby xích đạo có tác động nhỏ hơn và có ảnh hưởng mạnh tại khu vực phía bắc của Nam Bộ. Ảnh hưởng của sóng Kelvin xếp thứ ba và chỉ rõ ràng ở khu vực phía nam của 12°N. Các tác giả chỉ ra rằng mưa lớn ở Nam Bộ có xu hướng tăng trong các pha âm của MJO và các sóng xích đạo kết hợp đối lưu. Trong khi MJO tác động tới độ dày của dòng gió tây ẩm và

độ đứt gió, sóng Rossby xích đạo lại tác động tới hội tụ ẩm ở các mực thấp tầng đối lưu, dẫn đến sự phát triển của đối lưu sâu gây mưa lớn. Tuy nhiên, sự thay đổi của profile gió và độ ẩm trong việc gây ra mưa lớn tại Nam Bộ lại không thật rõ trong các pha ẩm của sóng Kelvin xích đạo.

Thống kê trong 29 năm (1981–2009), nghiên cứu [1] cho thấy mưa lớn ở Nam Bộ có liên quan chặt chẽ đến sự phát triển của dao động nội mùa. Mưa lớn ở khu vực khí hậu này thường xuất hiện vào tháng Tám và tháng Mười, trùng với hai cực đại của dao động nội mùa trong giai đoạn này. Nghiên cứu cũng cho thấy, trong pha hoạt động của dao động nội mùa, các sóng dạng nhiễu động nhiệt đới từ Tây Bắc Thái Bình Dương phát triển mạnh về phía tây bắc, tới bán đảo Đông Dương, tạo nên khu vực đối lưu mạnh di chuyển sang phía tây, là nguyên nhân chính dẫn đến sự xuất hiện mưa lớn. Nghiên cứu cũng nhấn mạnh vai trò của hệ thống sóng ngoại nhiệt đới, làm tăng cường hoàn lưu của sóng dạng nhiễu động nhiệt đới gây mưa lớn ở Nam Bộ.

Phú Quốc nằm ở phía tây nam của vùng Nam Bộ, là cửa ngõ đón gió mùa mùa hè. Từ ngày 1/8/2019 đến 5/8/2019, tại Nam Bộ và đặc biệt là Phú Quốc xuất hiện đợt mưa lớn kỉ lục với tổng lượng mưa đạt trên 1000 mm, đáng kể nhất là ngày 2/8 và 5/8 lượng mưa tại Phú Quốc đạt lần lượt 168 mm và 265 mm. Đây là đợt mưa lớn dị thường, đã gây ra rất nhiều thiệt hại về kinh tế xã hội cho khu vực này. Mặc dù là đợt mưa lớn gây hậu quả nghiêm trọng, khả năng dự báo của mô hình số trong đợt mưa lớn này còn rất hạn chế. Nghiên cứu hướng đến phân tích cơ chế gây mưa lớn này, nhằm tăng cường sự hiểu biết về các nguyên nhân gây mưa lớn ở Phú Quốc.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu thu thập

Số liệu mưa quan trắc tại 10 trạm: Phú Quốc, Bạc Liêu, Cần Thơ, Côn Đảo, Đồng Phú, Rạch Giá, Vị Thanh, Tà Lài từ 1/7/2019 đến 15/8/2019 được cung cấp bởi Tổng cục Khí tượng Thủy văn dùng để để xác định những ngày mưa lớn diện rộng ở Nam Bộ và Phú Quốc. Số liệu mưa vệ tinh PERSIANN [15] được sử dụng để thể hiện phân bố mưa trên khu vực nghiên cứu, đây là bộ số liệu mưa được ước lượng từ vệ tinh địa tĩnh sử dụng mạng thần kinh nhân tạo và là bộ số liệu mưa được sử dụng rất phổ biến cho nghiên cứu mưa vùng nhiệt đới ở thời điểm hiện tại. Bộ số liệu được cho trên độ phân giải $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ kinh vĩ và được phát triển bởi đại học California.

Để nghiên cứu sự phát triển của hoàn lưu quy mô lớn, số liệu FNL [16–17] được cung cấp bởi NOAA được sử dụng. Bộ số liệu này được đồng hóa bởi mô hình toàn cầu (GFS) và được cho trên độ phân giải $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ kinh vĩ. Số liệu ngày được lấy trung bình từ 4 obs phân tích: 0000, 0006, 0012, 0018. Đồng thời, để biểu diễn sự phát triển của đối lưu, số liệu phát xạ sóng dài (OLR) với độ phân giải $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ kinh vĩ được sử dụng [18]. Các nghiên cứu trước đây đã cho thấy số liệu OLR là một chỉ số rất tốt để chỉ thị cho sự phát triển của đối lưu sâu vùng nhiệt đới.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để phân tích sự phát triển của gió mùa mùa hè trên khu vực Việt Nam, chỉ số gió mùa mùa hè VSMI [9, 19] được sử dụng. Chỉ số gió mùa được tính toán dựa trên trung bình gió vĩ hướng trong khu vực $5^{\circ}N-15^{\circ}N$; $100^{\circ}E-110^{\circ}E$ với công thức $VSMI = U_{850hPa}(5^{\circ}N-15^{\circ}N; 100^{\circ}E-110^{\circ}E)$. Kết quả nghiên cứu dựa trên số liệu tái phân tích trong vòng 30 năm của các tác giả này đã cho thấy VSMI phản ánh rất tốt sự phát triển của hoàn lưu quy mô lớn của gió mùa mùa hè, đồng thời cho mối liên hệ chặt chẽ với sự thay đổi lượng mưa ở Việt Nam.

Nghiên cứu sử dụng các chỉ số dao động nội mùa PC1, PC2 của MJO và BSISO [20], các chỉ số này được xây dựng dựa trên các giá trị của thành phần chính khi áp dụng phương

pháp hàm trực giao mở rộng (Extended EOF) [21] lên giá trị dị thường của OLR trong giai đoạn 1979–2019. Để xây dựng chỉ số dao động nội mùa cho thời gian thực (*real-time*), giá trị dị thường của OLR được chiếu lên các EOF này.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Các đặc trưng mưa và hoàn lưu quy mô lớn liên quan

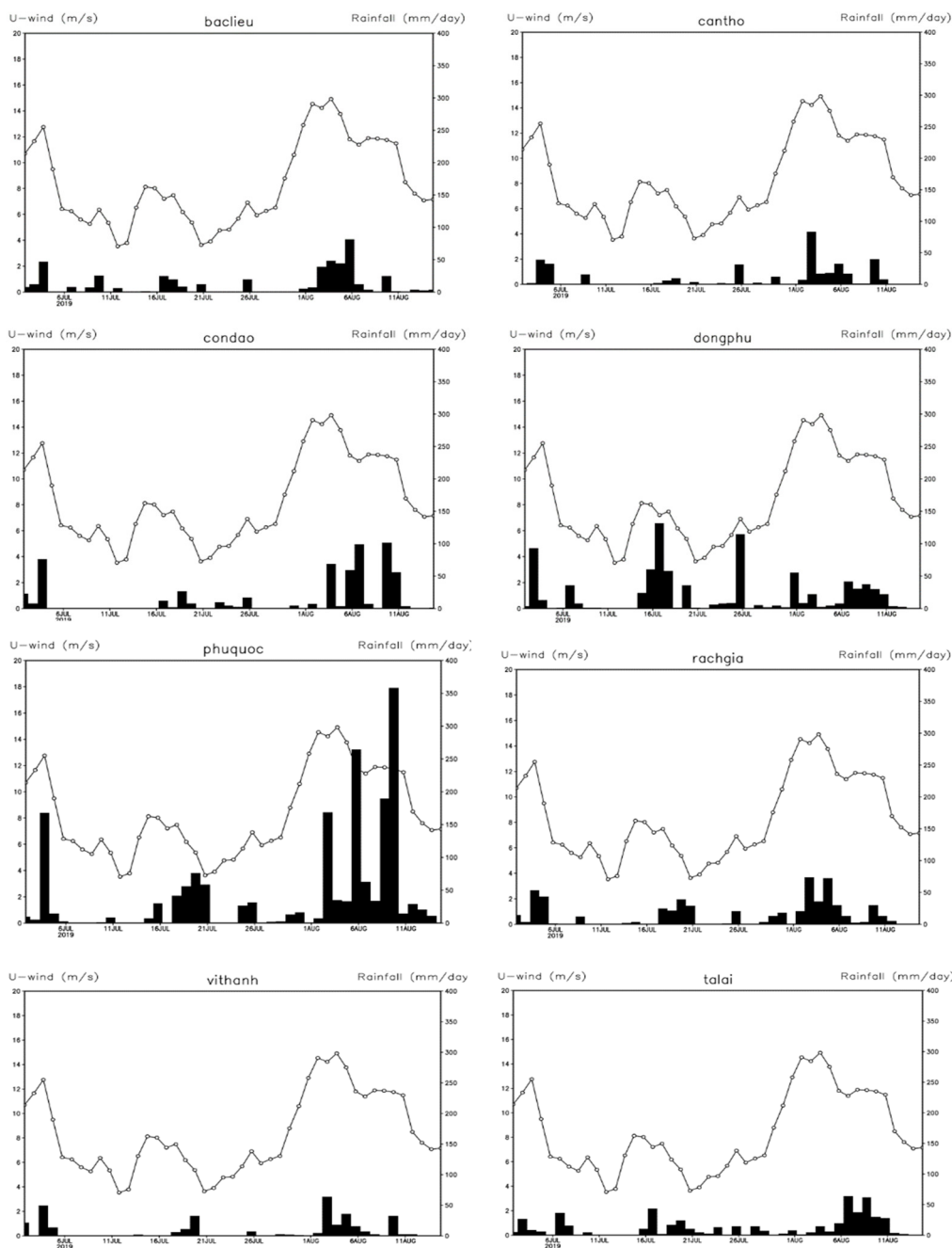
Từ 1/7 đến 15/8, ở khu vực Nam Bộ xuất hiện 3 đợt mưa chính. Đợt 1 từ 1/7 đến 7/7/2019, đợt 2 từ 16/7 đến 20/7/2019 và đợt 3 từ 1/8 đến 5/8/2019 (Hình 1). Trong đó, đợt mưa thứ 3 có cường độ lớn nhất, với lượng mưa phổ biến từ 30 đến 50 mm/ngày, đặc biệt ở Phú Quốc, lượng mưa đạt được từ 100 đến trên 250 mm/ngày. Mặc dù lượng mưa phân bố không đồng đều giữa các trạm, tuy nhiên có thể thấy một xu thế chung, lượng mưa tại các trạm tăng dần trong các giai đoạn tăng của chỉ số gió mùa VSMI. Giá trị của VSMI càng lớn, lượng mưa quan trắc được càng cao, điều này cho thấy mối liên hệ chặt chẽ giữa chỉ số gió mùa mùa hè và mưa ở Nam Bộ và đặc biệt là Phú Quốc. Tại một số trạm, mưa có xu thế xuất hiện trễ hơn so với cực đại VSMI khoảng 1–2 ngày. Tuy nhiên, có thể khẳng định, sự xuất hiện của mưa lớn tại giai đoạn này liên quan đến sự mạnh lên của hoàn lưu gió mùa mùa hè ở khu vực gió mùa Nam Á.

Sự phát triển của mưa vệ tinh và hoàn lưu quy mô lớn trong giai đoạn mưa từ 29/7 đến 5/8/2019 được thể hiện trong Hình 2. Tương đồng với kết quả thể hiện từ mưa quan trắc, mưa lớn chủ yếu tập trung tại Phú Quốc và một số trạm ở phía nam của Nam Bộ. Mưa bắt đầu xuất hiện từ 29/7 dưới dạng một dải mưa hẹp từ Malaysia tới phía nam Biển Đông và liên tục duy trì trong các ngày còn lại. Lượng mưa tăng dần trong các ngày 1/8–5/8 và có xu hướng di chuyển sang phía đông. Có thể thấy, sự tăng cường của mưa tại Nam Bộ trong giai đoạn này xuất hiện đồng thời với sự tăng cường của mưa tại khu vực gió mùa mùa hè Ấn Độ và gió mùa mùa hè Tây Bắc Thái Bình Dương. Do đó, nguyên nhân gây mưa ở Phú Quốc trong giai đoạn này không chỉ đơn thuần gây ra bởi các quá trình quy mô địa phương, mà liên quan đến sự phát triển của toàn bộ hệ thống gió mùa mùa hè Châu Á.

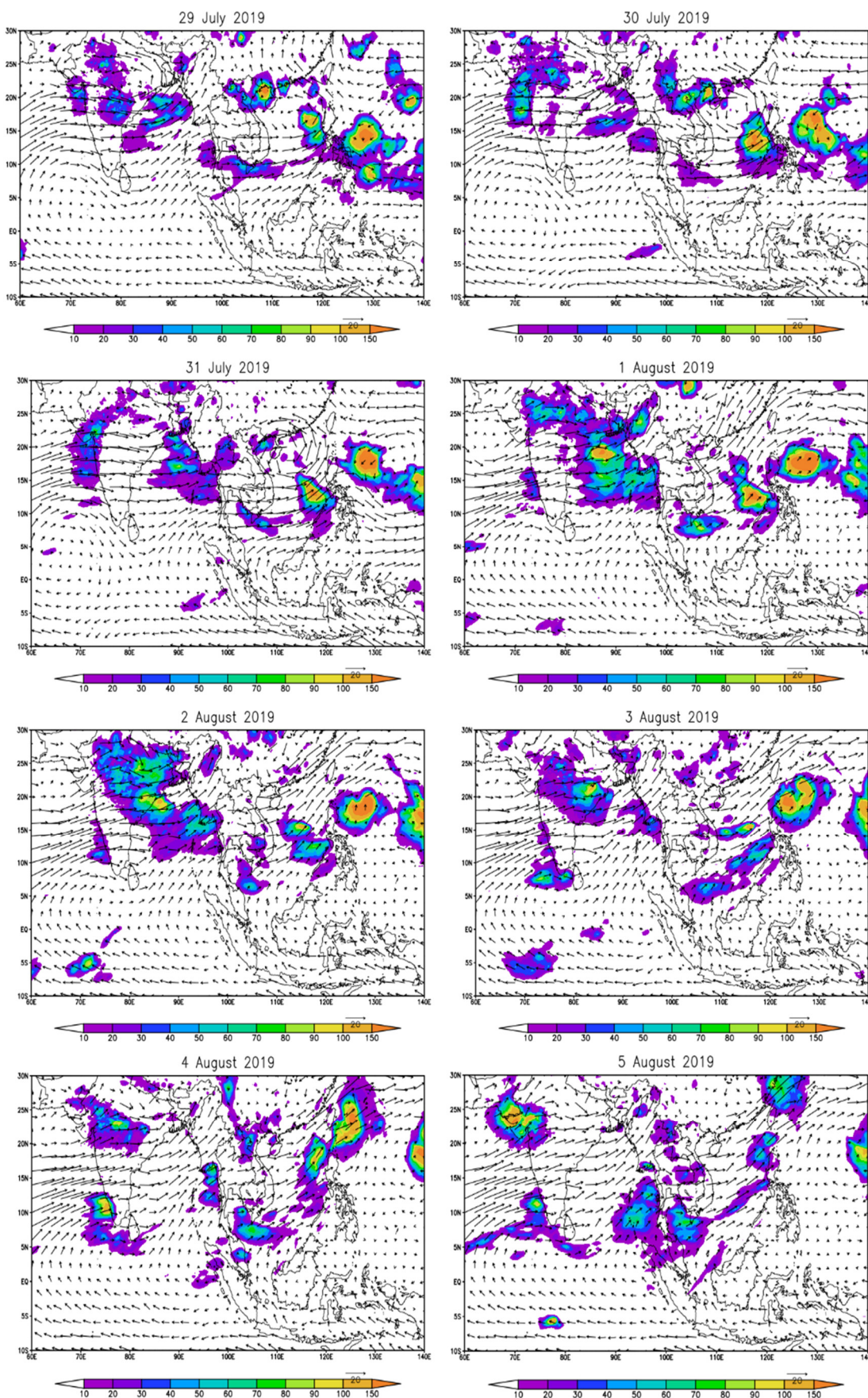
Để khẳng định cho nhận định này, sự phát triển của hoàn lưu quy mô lớn trong giai đoạn mưa lớn này được thể hiện trong Hình 2. Trong suốt giai đoạn này, gió tây nam có cường độ mạnh đã phát triển rất nhanh, tạo thành một dải lớn từ biển Ả rập, qua Ấn Độ, bán đảo Đông Dương và mở rộng tới Tây Thái Bình Dương. Các dòng vượt xích đạo từ nam bán cầu lên bắc bán cầu, đặc biệt từ Châu Úc, qua Maritime Continent tới bán đảo Đông Dương cũng có sự tăng cường rõ rệt. Có thể thấy tại khu vực gió mùa mùa hè Ấn Độ, sự tăng cường của gió mùa tây nam đã vận chuyển một lượng ẩm lớn từ vịnh Bengal, gây mưa lớn tại khu vực Bangladesh và phía tây của Myanmar. Dãy núi Dawna chạy dọc đất nước Myanmar đóng vai trò như một bức tường chắn, chặn các dòng gió tây nam mực thấp, gây nên mưa lớn ở sườn phía tây của dãy núi này. Tại khu vực gió mùa Tây Bắc Thái Bình Dương, mưa tập trung chủ yếu tại các xoáy thuận nhiệt đới ở phía đông và phía bắc Philippines. Mưa lớn ở Phú Quốc nằm ở khu vực chuyển giao của hai hệ thống này.

Để tìm hiểu nguyên nhân của sự tăng cường của gió mùa tây nam trong giai đoạn này, giá trị áp suất mực biển được vẽ trong Hình 3. Có thể thấy, trong ngày 28/8/2019, gió tây nam tương đối yếu và chỉ giới hạn ở khu vực Ấn Độ Dương và phía nam Biển Đông, do sự phát triển yếu của vùng áp thấp tại khu vực phía bắc Ấn Độ. Tuy nhiên, sang ngày 30/8/2019, vùng áp thấp ở Ấn Độ khơi sâu rất nhanh làm tăng cường gió tây nam ở phía nam khu vực áp thấp này. Đồng thời với đó là sự mở rộng của khu vực áp thấp tại Tây Thái Bình Dương, bao phủ một khu vực rộng lớn từ Biển Đông tới gần trung tâm Thái Bình Dương. Một mặt, sự mở rộng của khu vực áp thấp tại Tây Thái Bình Dương làm tăng cường gió tây tại Biển Đông, mặt khác, sự giảm áp này tạo điều kiện thuận lợi để hình thành nên các áp thấp và bão nhiệt đới. Với nhiệt độ mặt nước biển được duy trì cao, kết hợp với độ đứt gió lớn trong nửa đầu tháng Tám (Hình 4), trong giai đoạn này đối lưu sâu đã liên tục phát triển mạnh. Các

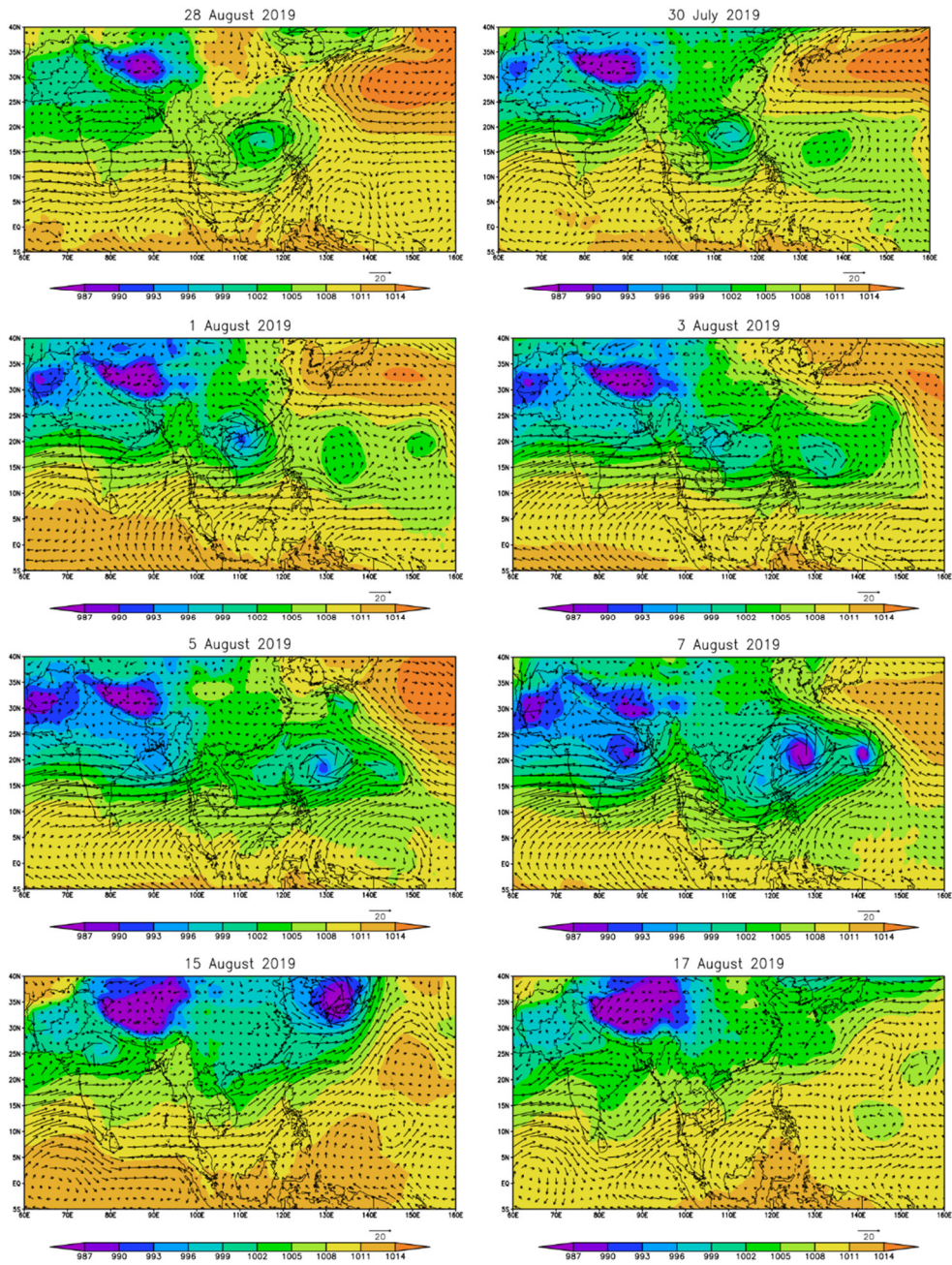
ngày tiếp theo, vùng áp thấp tại Tây Thái Bình Dương tiếp tục khơi sâu, kết hợp với vùng áp thấp tại Ấn Độ, hình thành nên dải gió tây nhiệt đới mạnh từ Ấn Độ Dương tới Tây Thái Bình Dương. Với nguồn ẩm dồi dào được cung cấp tại các khu vực biển có nhiệt độ bề mặt cao này, sự hội tụ của đới gió tây nam dễ dàng tạo nên các tổ chức đối lưu sâu và gây mưa lớn. Khu vực Phú Quốc lúc này nằm ở khu vực hội tụ của 3 đới gió chính: gió tây từ vịnh Bengal, dòng gió vượt xích đạo từ Châu Úc lên bắc bán cầu và dòng gió tây bắc ở Biển Đông. Sự hội tụ mạnh của các đới gió đã dẫn đến sự xuất hiện của mưa lớn ở khu vực trong giai đoạn này. Độ giới hạn của khu vực hội tụ chỉ ở Phú Quốc và một số khu vực phía nam của Nam Bộ, điều này cũng giải thích tại sao mưa lớn chỉ tập trung ở khu vực này mà không mở rộng lên toàn bộ Nam Bộ. Khu vực áp thấp tại Tây Thái Bình Dương tiếp tục khơi sâu và duy trì đến ngày 15/8/2019. Các ngày sau đó, gió tây nam suy yếu và chỉ được giới hạn thành một dải hẹp từ Bengal tới phía nam Trung Quốc. Sự suy yếu của gió mùa tây nam cũng đồng thời với sự giảm của cường độ mưa tại Phú Quốc.



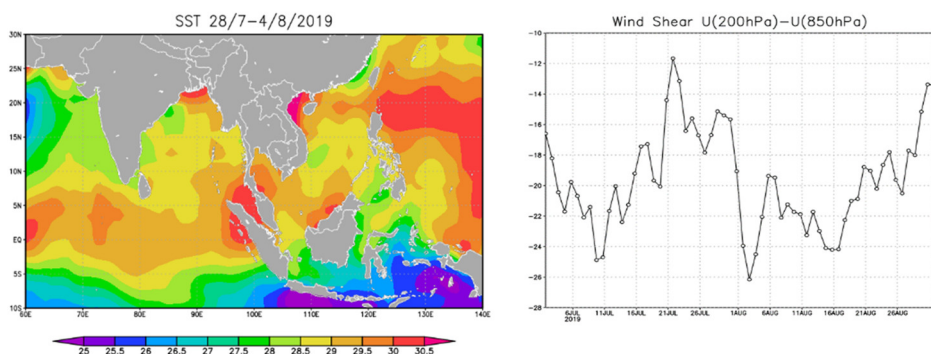
Hình 1. Giá trị mưa quan trắc (cột màu đen) và chỉ số gió mùa VSMI (đường liền) từ 1/7-15/8/2019.



Hình 2. Gió mực 850hPa (vector) và mưa vệ tinh PERSIANN (mm/ngày) từ 29/7 đến 5/8/2019.



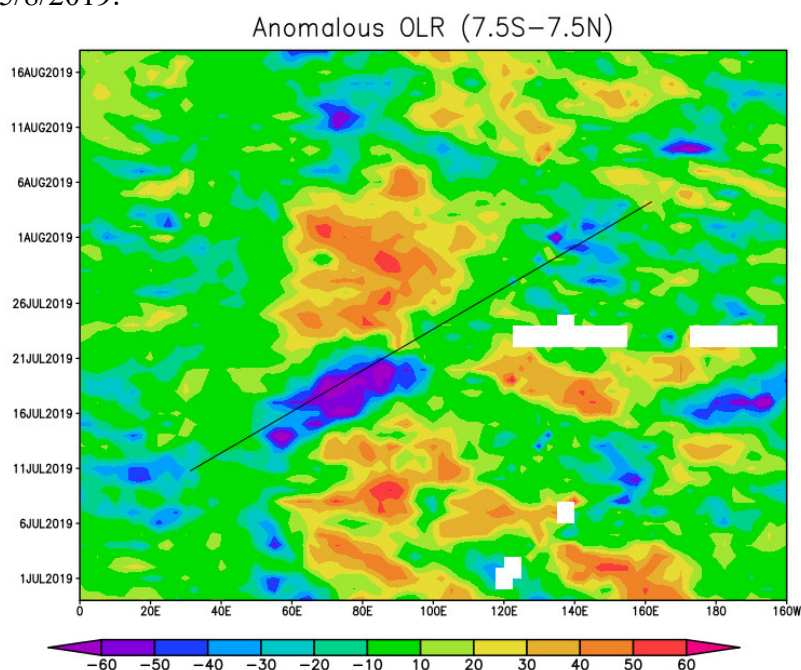
Hình 3. Gió mực 850hPa (vector) và áp suất mực biển (hPa) từ ngày 29/7 đến 5/8/2019.



Hình 4. Nhiệt độ mặt biển từ 28/7 đến 4/8/2019 (°C, hình phải) và độ đứt gió (m/s, hình trái).

3.2. Vai trò của dao động nội mùa

Sự mở rộng và khơi sâu của khu vực áp thấp tại Ấn Độ và Tây Thái Bình Dương từ 29/7 đến 15/8 cho thấy sự hoạt động của dao động nội mùa của gió mùa mùa hè Châu Á với chu kỳ khoảng hơn 30 ngày. Sự hoạt động của dao động nội mùa này được nhận thấy rõ nét hơn trong Hình 5. Có thể thấy, trong giai đoạn mưa lớn ở Phú Quốc, có một sự di chuyển rất ổn định từ phía tây sang phía đông của hệ thống đối lưu sâu. Tốc độ di chuyển sang phía đông của hệ thống đối lưu này vào khoảng xấp xỉ 6 m/s, tương đương với tốc độ di chuyển thường thấy của dao động Madden Julian (MJO) và dao động mùa hè bắc bán cầu (BSISO). Đối lưu sâu xuất phát từ khoảng 60°E, phát triển rất mạnh ở khu vực Ấn Độ Dương. Khi đến Maritime Continent, đối lưu suy yếu do địa hình nhưng vẫn tiếp tục di chuyển sang phía đông với tốc độ không đổi. Sau khi vượt qua Maritime Continent tới khu vực Tây Thái Bình Dương, đối lưu có dấu hiệu mạnh trở lại và tiếp tục di chuyển tiếp sang phía đông. Do đó, có thể khẳng định, mưa lớn ở Phú Quốc trong giai đoạn này có liên quan đến sự hoạt động của dao động nội mùa của gió mùa mùa hè Châu Á với chu kỳ ước lượng khoảng hơn 30 ngày. Điều này cũng giải thích sự khơi sâu đồng thời của hệ thống áp thấp tại Ấn Độ và Tây Thái Bình Dương từ ngày 29/7–15/8/2019.

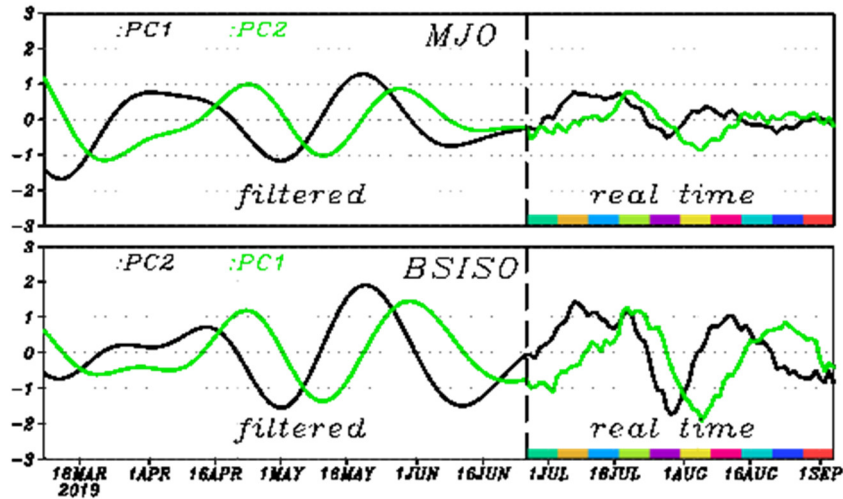


Hình 5. Biểu đồ dị thường OLR từ ngày 1/7 đến 16/8.

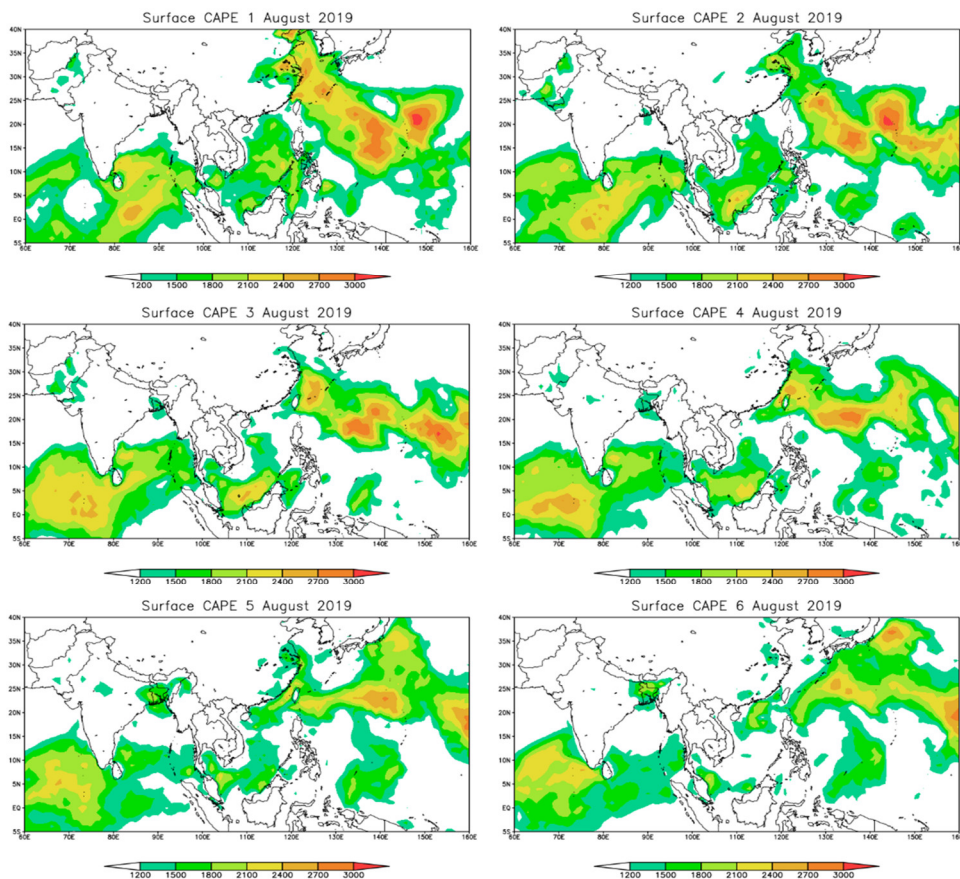
Để nhận diện dao động nội mùa trong giai đoạn này, chỉ số dao động nội mùa [20] được biểu diễn trong Hình 6. Có thể thấy, giá trị PC1 và PC2 ứng với dao động MJO trong giai đoạn này rất yếu (nhỏ hơn 1 độ lệch chuẩn), do đó, sự di chuyển sang phía đông của đối lưu sâu trong giai đoạn này không liên quan đến sự phát triển của MJO. Tuy nhiên, có thể thấy từ 30/7 đến 15/8/2019, PC1 và PC2 của BSISO đạt giá trị rất lớn, xấp xỉ 2 độ lệch chuẩn, cho thấy sự hoạt động mạnh của BSISO trong giai đoạn này. Đặc biệt từ khoảng 1/8 đến 16/8, các giá trị PC1 và PC2 đều đạt cực trị, trùng với giai đoạn xuất hiện mưa lớn tại Phú Quốc. Do đó, có thể khẳng định, mưa lớn tại Phú Quốc trong giai đoạn này gây ra bởi dao động BSISO của gió mùa mùa hè Châu Á, với chu kỳ khoảng hơn 30 ngày.

Năng lượng đối lưu tiềm tàng (CAPE) là tích phân của năng lượng của một phần tử trong quá trình di chuyển thẳng đứng khi đối lưu được giải phóng. CAPE càng lớn cho thấy năng lượng tiềm tàng càng lớn, có thể gây lên dòng thẳng rất mạnh, là môi trường thuận lợi để xuất hiện các hiện tượng cực đoan như gió giật, mưa lớn, mưa đá... Trong nghiên cứu này, giá trị CAPE bề mặt được phân tích để nhận định cơ chế gây mưa lớn tại Phú Quốc (Hình 7).

Có thể thấy trong suốt giai đoạn mưa lớn, khu vực Phú Quốc nằm trong vùng có giá trị CAPE lớn ($> 1200 \text{ J/kg}$). Giá trị CAPE lớn này là một phần của dải CAPE lớn từ Ấn Độ Dương tới Tây Thái Bình Dương. Giá trị CAPE lớn này giải thích cho sự hình thành của các vùng đối lưu lớn, gây mưa lớn tại Phú Quốc. Sự hoạt động của BSISO đã tạo nên các khu vực hội tụ ẩm mực thấp lớn, cung cấp nguồn ẩm dồi dào trong lớp biên, khiến khí quyển ở trong trạng thái bất ổn định có điều kiện lớn. Tương tự như các phân tích trước, giá trị CAPE lớn chỉ được quan sát thấy ở Phú Quốc và khu vực phía nam Nam Bộ, do đó, mưa lớn chỉ phổ biến ở Phú Quốc mà không phát triển lên các khu vực khác của Nam Bộ và Tây Nguyên.



Hình 6. Các chỉ số MJO và BSISO trong cùng giai đoạn [22].



Hình 7. Giá trị CAPE bề mặt từ ngày 1/8 đến 6/8/2019.

4. Kết luận

Nghiên cứu tìm hiểu cơ chế gây mưa lớn tại Nam Bộ từ ngày 1/8 đến ngày 5/8/2019, sử dụng số liệu mưa quan trắc, mưa vệ tinh và số liệu FNL, một số kết quả chính thu được như sau: (1) Mưa lớn xuất hiện đồng thời với sự tăng cường của gió mùa hè tại khu vực Việt Nam, được biểu diễn thông qua của chỉ số VSMI; (2) Sự tăng cường của gió mùa hè trong giai đoạn này liên quan chặt chẽ đến sự phát triển của dao động nội mùa của gió mùa hè Châu Á (BSISO); (3) Sự phát triển của dao động nội mùa khiến cho khí áp tại Ấn Độ và Tây Thái Bình Dương giảm mạnh, tăng cường gió tây nam và dòng vượt xích đạo, hội tụ và gây mưa lớn tại Nam Bộ.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng nghiên cứu: N.D.M.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.D.M., H.T.H., V.Q.T.; Xử lý số liệu: H.T.H., V.Q.T.; Viết bản thảo bài báo: N.D.M., V.Q.T., H.T.H.; Chính sửa bài báo: N.D.M.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ TNMT “Nghiên cứu hoạt động của tín phong (Trade wind) và ảnh hưởng đến thời tiết, khí hậu ở Việt Nam”, mã số: TNMT.2021.562.05 trong việc thực hiện và công bố 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. Tuan, B.M. Extratropical Forcing of Submonthly Variations of Rainfall in Vietnam. *J. Clim.* **2019**, 32, 2329–2348.
2. Chen, T.C.; Yen, M.C.; Tsay, J.D.; Thanh, N.T.T.; Alpert, J. Synoptic development of the Hanoi heavy rainfall event of 30–31 October 2008: Multiple-scale processes. *Wea. Forecasting* **2012**, 27, 1155–1177.
3. Dư, C.Đ.; Chính, P.Đ. Mưa gây lũ quét ở vùng núi Bắc Bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2006**, 542, 15–26.
4. Wu, P.; Fukutomi, Y.; Matsumoto, J. The impact of intraseasonal oscillations in the tropical atmosphere on the formation of extreme central Vietnam precipitation. *Sci. Online Lett. Atmos.* **2012**, 8, 57–60.
5. Quang, L.Đ. Đặc điểm mưa lớn ở miền trung Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2005**, 536, 1–9.
6. Yokoi, S.; Matsumoto, J. Collaborative effects of cold surge and tropical depression type disturbance on heavy rainfall in central Vietnam. *Mon. Wea. Rev.* **2008**, 136, 3275–3287.
7. Nguyen-Le, D.; Matsumoto, J. Delayed withdrawal of the autumn rainy season over central Vietnam in recent decades. *Int. J. Climatol.* **2016**, 36, 3002–3019.
8. Vân, N.K.; Thủy, Đ.L. Nguyên nhân và quy luật của thời tiết mưa lớn, mưa lớn trái mùa vùng Bắc Trung Bộ (giai đoạn 1987–2006). *Tạp chí các Khoa học về trái đất* **2009**, 31, 279–286.
9. Nguyen, D.M.; Nguyen, V.T. Definition of new summer monsoon index for Vietnam region. *VN J. Sci. Technol. Eng.* **2018**, 60, 90–96.
10. Tuấn, B.M.; Trường, N.M.; Hằng, V.T.; Thanh, C. Sự dịch chuyển lên phía bắc của dao động nội mùa và cơ chế dao động nội mùa của lượng mưa tại Bắc Bộ và Nam Bộ. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2016**, 32(3S), 243–249.

11. Tuân, B.M.; Trường, N.M. Xây dựng chỉ số xác định ngày bùng nổ gió mùa hè ở Nam Bộ sử dụng mô hình số với số liệu tái phân tích. *Tap chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* **2013**, 29, 187–195.
12. Thông, M.T.; Thủy, H.L.T. Mối quan hệ giữa lượng mưa với các chỉ số ENSO trên các vùng thuộc lãnh thổ Việt Nam. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2007**, 553, 8066–8744.
13. Van der Linden, R.; Fink, A.H.; Pinto, J.G.; Phan–Van, T.; Kiladis, G.N. Modulation of Daily Rainfall in Southern Vietnam by the Madden–Julian Oscillation and Convectively Coupled Equatorial Waves. *J. Clim.* **2016**, 29, 5801–5820. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-15-0911.1>.
14. Truong, N.M.; Tuan, B.M. Structures and Mechanisms of 20–60–Day Intraseasonal Oscillation of the Observed Rainfall in Vietnam. *J. Clim.* **2019**, 32, 5191–5212.
15. Nguyen, P.; Shearer, E.J.; Tran, H.; Ombadi, M.; Hayatbini, N.; Palacios, T.; Huynh, P.; Braithwaite, D.; Updegraff, G.; Hsu, K.; Kuligowski, B.; Logan, W.S.; Sorooshian, S. The CHRS Data Portal, an easily accessible public repository for PERSIANN global satellite precipitation data. *Sci Data.* **2019**, 6, 180296. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.296>.
16. NCEP GDAS/FNL 0.25 Degree Global Tropospheric Analyses and Forecast Grids. <https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.3/>.
17. Peng, G. What’s the difference between FNL and GFS?. **2014**. <https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/docs/FNLvGFS.pdf>
18. Liebmann, B.; Catherine, A.S. Description of a complete (interpolated) outgoing longwave radiation dataset. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **1996**, 77, 1275–1277.
19. Mậu, N.Đ.; Thắng, N.V.; Khiêm, M.V.; Linh, L.N.; Hiệu, N.T. Nghiên cứu chỉ số gió mùa hè cho khu vực Việt Nam. *Tap chí Khí tượng thủy văn* **2016**, 662, 3-9.
20. Kikuchi, K.; Wang, B.; Kajikawa, Y. Bimodal representation of the tropical intraseasonal oscillation. *Clim. Dyn.* **2012**, 38, 1989–2000.
21. Hannachi, A. A Primer for EOF Analysis of Climate Data. **2004**.
22. http://iprc.soest.hawaii.edu/users/kazuyosh/Bimodal_ISO.html.

Mechanism causing extreme heavy rainfall during 1–5 August 2009 at Phu Quoc island

Nguyen Dang Mau^{1*}, Hoang Thi Huyen¹, Vu Quoc Tuan²

¹ Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change; mau.imhen@gmail.com; huyenht.imh@gmail.com

² National Center for Hydro–Meteorological Forecasting; vuquoctuan5895@gmail.com

Abstract: In this study, the mechanism of heavy rainfall in PhuQuoc from 1/8–5/8/2019 is analysed based on the observation rainfall, satellite rainfall and FNL data. The results show that heavy rainfall in PhuQuoc is associated with the enhancement of westerly monsoon which can be defined by VSMI. This westerly enhancement is closely related to the activation of intraseasonal oscillation with the cycle of about 30 days over Indian Ocean and North Western Pacific. The results also show that the deeping of monsoon trough over the two regions lead to the strong moisture convergence over PhuQuoc and induce heavy rainfall in this island.

Keywords: Heavy rainfall; Intraseasonal oscillation; Large–scale circulation.

Bài báo khoa học

DigiMeto: Công cụ trợ giúp đọc giản đồ tự ghi Khí tượng thủy văn

Phạm Lê Phương^{1*}, Lê Trung Hưng¹, Mạnh Xuân Huy², Triệu Văn Linh³, Nguyễn Xuân Hoài³, Hải Hồng Phan⁴, Vũ Hải⁵

¹ Trung tâm Thông tin và Dữ liệu KTTV; phuongpl80@gmail.com; hungtttl@gmail.com

² Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội; huy.mx161818@sis.hust.edu.vn

³ Viện AI Academy Việt Nam; nxhoai@gmail.com; trieuvanlinh04101998@gmail.com

⁴ Học Viện Kỹ thuật Quân Sự; hongpth@lqdtu.edu.vn

⁵ Viện Điện tử – Viễn Thông, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội; hai.vu@hust.edu.vn

*Tác giả liên hệ: phuongpl80@gmail.com; Tel.: +84–912353680

Ban Biên tập nhận bài: 14/3/2021; Ngày phản biện xong: 23/4/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Bài báo trình bày phần mềm DigiMeto (Digitizing Metontological Graph) hỗ trợ tự động đọc một số giản đồ tự ghi khí tượng thủy văn (KTTV) như giản đồ mưa, âm, nhiệt độ và nước. Để xây dựng công cụ, các kỹ thuật xử lý ảnh và nhận dạng đã được áp dụng để có thể tự động tách đường ghi dữ liệu ra khỏi giản đồ. Dựa vào thông tin đã biết về cấu hình ô lưới và khoảng thời gian, giá trị tương ứng tại mỗi thời điểm sẽ được xác định. DigiMeto cho phép người dùng hiệu chỉnh các số tham số một khi kết quả tự động có sai sót. Kết quả là công cụ có thể tự động xuất giá trị của giản đồ trong mỗi ngày với mức độ chi tiết đến từng phút. Trong các đánh giá cho thấy công cụ chỉ yêu cầu thời gian dưới 3 phút cho toàn bộ các thao tác trên mỗi giản đồ. Độ chính xác đạt được ở các giản đồ âm, nhiệt trung bình có sai số dưới 2% so với giá trị đo do người thực hiện. Với các giản đồ phức tạp ghi giá trị do nhiều hơn một ngày thường có sai số lớn hơn. Một số hướng phát triển đã được thảo luận và đề xuất để công cụ có thể được tự động hóa hoàn toàn, giúp giảm thiểu hơn nữa các thao tác người dùng cuối.

Từ khóa: Giao diện đồ họa (GUI); Giản đồ tự ghi; Xử lý Ảnh; Tách biên.

1. Mở đầu

Dữ liệu KTTV của Việt Nam đã có lịch sử trên 100 năm. Việc quan trắc KTTV đã được tiến hành từ thời nhà Nguyễn (đầu thế kỷ 18). Đến thời Pháp thuộc đã có một số trạm quan trắc mà số liệu còn lưu trữ đến ngày nay tại Tổng cục KTTV. Sau năm 1954, công tác điều tra cơ bản KTTV của Việt Nam được phát triển một cách hệ thống. Trong số các tài liệu quan trắc tại các trạm KTTV, các loại giản đồ chiếm số lượng lớn như giản đồ mưa, âm, nhiệt, nước. Giản đồ hiện nay chiếm khoảng 1/3 khối lượng tài liệu lưu trữ, bảo quản tại Trung tâm Thông tin và Dữ liệu khí tượng thủy văn. Nhu cầu số hóa các loại giản đồ này ngày càng trở nên cấp bách. Một mặt, việc tổ chức lưu trữ thủ công như hiện nay rất khó kiểm soát và gây khó khăn trong việc tìm kiếm tài liệu. Mặt khác, việc số hóa tài liệu lưu trữ giúp bảo vệ tài liệu lưu trữ gốc khỏi bị hủy hoại do tác động của các yếu tố lý hóa. Đồng thời việc số hóa giúp tăng cường khả năng tiếp cận tài liệu của công chúng; làm cho quá trình khai thác số liệu KTTV hiệu quả hơn. Đây là những động lực chính để chúng tôi phát triển một công cụ phần mềm ứng dụng các kỹ thuật xử lý ảnh và nhận dạng tiên tiến để bước đầu thực hiện việc số hóa một số loại giản đồ phổ biến đang được lưu trữ tại Trung tâm thông tin và dữ liệu KTTV

Quốc gia. Việc xây dựng công cụ này nhằm đưa ra hướng giải quyết khả thi, phù hợp với nhiều loại giản đồ, chất lượng giản đồ và nguồn nhân lực cũng như quy trình bảo quản tài liệu số hóa các loại giản đồ KTTV tự ghi tại Việt Nam.

Vấn đề số hóa một số loại giản đồ khí tượng thủy văn đã được một số nhóm nghiên cứu trên thế giới quan tâm và phát triển các công cụ có giao diện đồ họa hỗ trợ. Nghiên cứu [1, 2] phát triển công cụ có tên là Pluviograph, PluvioReader tự động đọc các loại giản đồ nước. Trong các nghiên cứu này đã trình bày các kỹ thuật tiền xử lý, xác định vùng quan tâm trên giản đồ, kỹ thuật phân tách, kỹ thuật hậu xử lý và xuất kết quả đọc. Công cụ hỗ trợ các chế độ tự động toàn bộ và tự động từng phần. Trên Pluviograph, kết quả độ chính xác trên một số dữ liệu thử nghiệm đạt sai lệch 0,1778 mm (0,0152) với chế độ tự động và 0,1600 mm (0,0136) với chế độ có tương tác người dùng cuối. Công cụ NUNIEAU trong [3, 4] được phát triển để số hóa giản đồ mưa một số trạm khí tượng tại Pháp. Ngoài việc hỗ trợ các module xử lý ảnh và scan thông thường, công cụ NUNIEAU hỗ trợ các giản đồ tham chiếu, để có thể so sánh, đánh giá từ kết quả số hóa giản đồ. Thay vì đọc các giá trị trực tiếp trên giản đồ, NUNIEAU hỗ trợ các cách quan sát khác nhau để so sánh dữ liệu hiện thời với các giản đồ tham chiếu để đánh giá sự sai khác. Công cụ NUNIEAU cũng cho thấy các tác giả đã quan tâm đến các giản đồ với đặc điểm về kích thước, ô lưới khác nhau vì điều kiện ghi tại mỗi trạm KTTV là khác nhau. Ngoài ra, gần đây sản phẩm GScanth là công cụ cho phép số hóa các giản đồ nhiệt là kết quả của nghiên cứu số [5, 6]. Công cụ này hỗ trợ các bước chính như scan giản đồ, tiền xử lý dữ liệu ảnh và kiểm tra dữ liệu đọc tự động. Tuy nhiên, cũng giống Pluviograph, Gscanth chỉ làm việc với các loại giản đồ có 1 đường line, cấu hình lưới thẳng, và các kết quả đánh giá với số lượng ảnh hạn chế.

Tại Việt Nam, việc ứng dụng các kỹ thuật xử lý ảnh và trí tuệ nhân tạo trong ngành KTTV đã được quan tâm trong thời gian gần đây. Trong nghiên cứu [7, 8] các tác giả trích xuất thông tin về đường bờ biển và dự đoán biến động đường bờ biển tự động từ ảnh vệ tinh SENTINEL-1A sử dụng các kỹ thuật xử lý ảnh truyền thống. Ảnh radar SENTINEL-1A cũng được sử dụng trong nghiên cứu số [9] để xây dựng đặc tính hồ chứa. Ngoài ra, việc sử dụng ảnh radar, ảnh vệ tinh Himawari-8 trong dự báo thời tiết hoặc cảnh báo mưa lớn được trình bày trong nghiên cứu [10-12]. Trong lĩnh vực tài nguyên môi trường, các tác giả trong nghiên cứu [13] sử dụng dịch vụ GoogleEarth để đánh giá biến đổi thảm thực vật theo cả không gian và thời gian. Việc trích xuất thông tin từ hình ảnh kết hợp với các mô hình học máy cho thấy tiềm năng rất lớn trong việc khai thác dữ liệu khí tượng thủy văn. Tuy nhiên, việc số hóa các giản đồ tự ghi KTTV hiện nay mới chỉ dừng lại ở mức sử dụng phần mềm. Việc làm chủ công nghệ lõi, từ quá trình thu nhận ảnh đến quá trình xử lý, nhận dạng và đọc dữ liệu từ giản đồ sẽ cho phép tùy biến và tối ưu theo đặc thù các loại giản đồ KTTV của Việt Nam. Thông qua nghiên cứu này, chúng tôi sẽ tiếp cận theo hướng ứng dụng các kỹ thuật tiên tiến của xử lý ảnh và học máy để tối ưu cho không chỉ một loại giản đồ mà thích nghi với nhiều loại giản đồ và phù hợp với đặc thù dữ liệu giản đồ của Việt Nam.

Trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo tại Việt Nam, mặc dù kỹ thuật nhận dạng, số hóa trong văn bản đã được phát triển từ sớm [14-16], đến nay vẫn chưa có công cụ hỗ trợ số hóa giản đồ khí tượng thủy văn. Đối với số hóa tài liệu, có thể kể đến sản phẩm phần mềm VnDOCR 4.0 Professional là chương trình nhận dạng chữ Việt in, được phát triển bởi nhóm chuyên gia phát triển phần mềm tại Viện Công nghệ thông tin-Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Về kỹ thuật, các phần mềm số hóa tài liệu tiếng Việt chủ yếu phát triển dựa trên nền tảng mã nguồn mở Tesseract, với công nghệ Java/.NET, hỗ trợ nhận dạng cho các dạng ảnh PDF, TIFF, JPEG, GIF, PNG, và BMP [17]. Khả năng nhận dạng (ví dụ VietOCR) có thể đạt tới 95% đối với file ảnh có chất lượng tốt. Tại Trung tâm thông tin KTTV Quốc gia, có sử dụng dụng phần mềm chuyên ngành HYDSTRA (Úc) xử lý, lưu trữ số liệu thủy văn và một thiết bị kèm theo CalComp Digitizer để số hóa giản đồ mực nước. Việc phát triển một công cụ số hóa giản đồ tự ghi KTTV trong nước là hết sức cần thiết vì vừa đảm bảo làm chủ công nghệ vừa

có khả năng thích nghi, tùy biến với môi trường và điều kiện đặc thù của các loại giản đồ KTTV ghi tại Việt Nam.

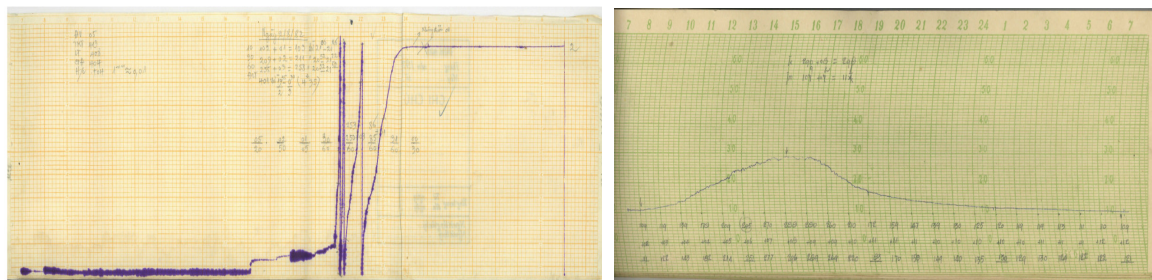
Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của cách mạng công nghiệp 4.0, trong đó các kỹ thuật nhận dạng và xử lý ảnh để phát triển các ứng dụng số hóa tài liệu/ văn bản đã có những bước tiến vượt bậc. Việc xây dựng công cụ DigiMeto cũng không nằm ngoài sự phát triển đó. Hướng tiếp cận chính khi xây dựng công cụ là sử dụng các kết quả của quá trình phân tích ảnh và nhận dạng tự động trong việc tách các đường line ghi trong giản đồ. Kết quả của quá trình này được hiển thị trên giao diện đồ họa người dùng cuối. Người dùng cuối sẽ thực hiện một số thao tác hiệu chỉnh hoặc tùy biến các tham số khi đọc số liệu từ một trong số các loại giản đồ mà công cụ hỗ trợ. Với phiên bản hiện thời, công cụ hỗ trợ đọc các loại giản đồ tự ghi thông dụng như giản đồ mưa, nhiệt, ẩm, áp và lượng nước. DigiMeto hoạt động với khả năng tính toán thời gian thực, giao diện đồ họa thân thiện với người dùng cuối. Công cụ có thể xử lý quy trình đọc, số hóa thông tin hoàn chỉnh đầu-cuối với dữ liệu đầu vào là ảnh scan của một loại giản đồ và đầu ra là các file csv lưu kết quả đọc theo khoảng thời gian đã được người dùng định nghĩa trước. Công cụ hướng tới mục tiêu rút ngắn đáng kể thời gian đọc thủ công hiện nay. Việc xây dựng công cụ đã mở ra hướng giải quyết khả thi cho các loại tài liệu KTTV đang lưu trữ tại Trung tâm KTTV quốc gia như các loại sổ ghi.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm các loại giản đồ KTTV tự ghi được lưu trữ tại Trung tâm thông tin và Dữ liệu KTTV như: giản đồ mưa, ẩm, áp và nhiệt. Các loại giản đồ này đều có đặc điểm chung là dữ liệu thu thập của các trạm khí tượng đo cùng với thời gian trạm được thành lập từ những năm 1950 cho đến nay. Theo thời gian, số liệu giản đồ bị gián đoạn do thiết bị hỏng hoặc máy bị trục trặc. Tùy thuộc vào giai đoạn, các loại giản đồ có các hình thức và thiết kế không hoàn toàn giống nhau. Ví dụ trên các giản đồ mưa, các dòng kẻ màu xanh trong giai đoạn năm 1960 đến năm 1970. Trong các giai đoạn sau, giản đồ mưa có màu cam, độ phân giải các ô lưới cũng ở mức chi tiết hơn. Một số loại giản đồ có kích thước khác nhau qua các giai đoạn, hoặc có tỉ lệ thang chia có khác nhau. Ví dụ, giản đồ ẩm có loại thang chia là 5% (do Việt Nam sản xuất) hoặc 2% (do Liên xô cũ sản xuất). Màu sắc các giản đồ cũng có sự khác biệt, có loại có các màu cơ bản như giản đồ màu xanh đậm và xanh nhạt; có loại đen đậm và đen nhạt; có loại màu nâu đậm.

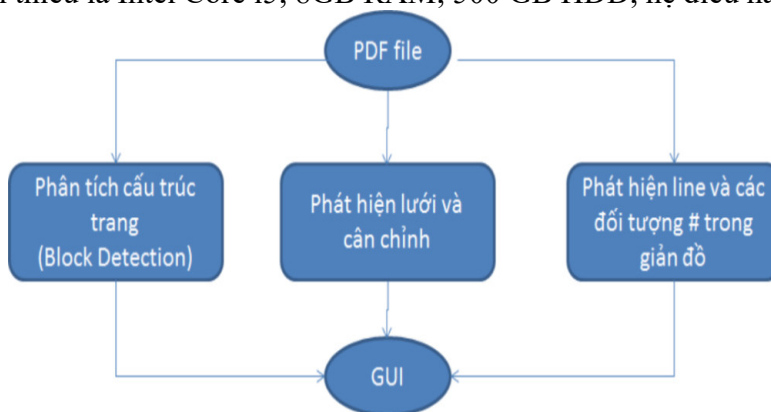
Trải qua thời gian, các giản đồ từ trước năm 70 có tình trạng vật lý kém, nhiều tờ giản đồ bị thủng, bị rách và còn có những tờ giản đồ bị oxy hóa gây ra mất thông tin. Trong khi đó, giai đoạn sau này, giản đồ mỏng, là nguyên nhân các giản đồ dễ bị nhòe khi gặp độ ẩm không khí cao và cũng rất dễ bị nhăn, cong trong quá trình vận chuyển. Chất lượng vật lý nhiều giản đồ ẩm có những vết đen trên giấy do vết oxy hóa. Rất nhiều giản đồ bị hiện tượng thay giấy in gặp lúc trời đang mưa, do đó rất có thể bị ướt sinh ra nét mực bị nhòe nét. Nét in trên giản đồ cũng có thể bị nhòe do bút mực của thiết bị đổ mực không đều, hoặc trong quá trình bảo quản cũng có thể sơ ý làm giản đồ bị ẩm sinh nhòe nét. Hình 1 minh họa một số hiện tượng vật lý làm suy giảm chất lượng của giản đồ. Những vấn đề trên gây khó khăn đối với các thuật toán nhận dạng và xử lý ảnh làm suy giảm tính xác của quá trình đọc tự động. Do đó, hướng tiếp cận của công cụ DigiMeto là thực hiện tự động một phần. Kết quả của thuật toán tự động được quan sát và hiệu chỉnh dựa trên giao diện GUI. Việc xây dựng công cụ DigiMeto được mô tả chi tiết như sau.



Hình 1. Chất lượng các giản đồ bị suy giảm do thời gian. Trái: nét mực in bị nhòe; Phải: đường line ghi dữ liệu bị mờ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

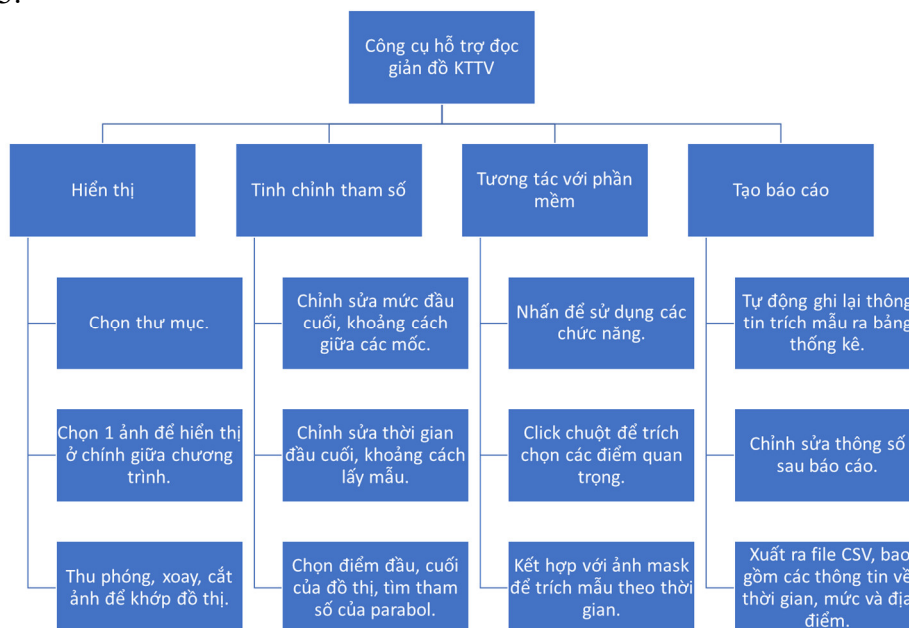
Nghiên cứu này tập trung phát triển ứng dụng đồ họa người dùng cuối (*Graphic User Interface*) trong một sơ đồ tổng thể quá trình số hóa giản đồ tự ghi như minh họa trong Hình 2. Công cụ DigiMeto nhằm mục đích trực quan hóa kết quả tự động phân tích và nhận dạng đồ thị qua các kỹ thuật xử lý ảnh. Công cụ DigiMeto đồng thời hỗ trợ các thao tác tinh chỉnh của người đọc đồ thị, để đảm bảo kết quả đọc là chính xác và theo yêu cầu thực tế về việc số hóa các loại giản đồ. Như phần 2.1 đã trình bày, chất lượng các loại giản đồ theo thời gian có nhiều loại đã xuống cấp; việc áp dụng các công cụ tự động thường không đạt được kết quả như mong muốn. Do đó, hướng tiếp cận chính trong nghiên cứu là thông qua các thao tác tinh chỉnh của người dùng cuối, hệ thống sẽ có khả năng điều chỉnh và khắc phục những hạn chế/tồn tại kết quả sinh từ kỹ thuật tự động. Chúng tôi nhận thấy đây là cách tiếp cận phù hợp với điều kiện thực tế khi triển khai ứng dụng. Công cụ được xây dựng trên nền tảng máy tính chạy hệ điều hành Window 10; Viết bằng ngôn ngữ lập trình C++, sử dụng một số bộ thư viện hỗ trợ đồ họa là Qt 5.15, bộ thư viện hỗ trợ xử lý ảnh OpenCV 4.5.1. Công cụ được dịch và đóng gói cho phép cài đặt như một ứng dụng độc lập trên các máy tính Windows PC bất kỳ với cấu hình tối thiểu là Intel Core i5; 8GB RAM; 500 GB HDD, hệ điều hành Windows 10.



Hình 2. Các khối module chính của ứng dụng DigiMeto.

Trong nghiên cứu này tập trung phát triển giao diện người dùng cuối (GUI). Về mặt chức năng, công cụ xây dựng gồm có 3 mức chức năng chính như trình bày trong Hình 3 về Biểu đồ phân cấp chức năng. Chức năng *Hiển thị* gồm các thao tác liên quan đến việc chọn thư mục, chọn giản đồ hiển thị trong màn hình chính; tinh chỉnh các tham số hình học về việc hiển thị biểu đồ (như thu phóng ảnh, xoay, cắt ảnh để phù hợp với loại giản đồ thị). Các chức năng này cũng được thể hiện thông qua thanh toolbar như trên giao diện GUI chính của công cụ. Chức năng tinh chỉnh tham số cho phép người dùng cuối điều chỉnh khoảng cách giữa các mốc thời gian, thời điểm bắt đầu ghi dữ liệu. Tinh chỉnh tham số của đường lưới đồ thị trong trường hợp đường lưới có dạng cong (hình parabol). Chức năng tạo báo cáo để ghi lại thông tin báo cáo theo mẫu; xuất kết quả ra file csv; nhập các thông tin khác liên quan đến đồ thị đang đọc như tên trạm, ngày tháng đo. Các module của chương trình cũng được thiết kế thực

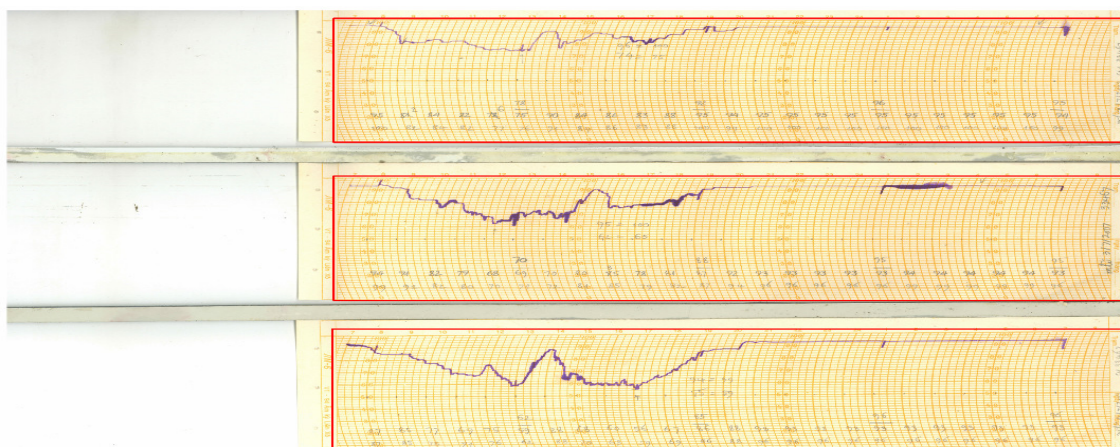
hiện theo các chức năng này. Trong phần tiếp theo, một số module chính sẽ được trình bày trên hình 3.



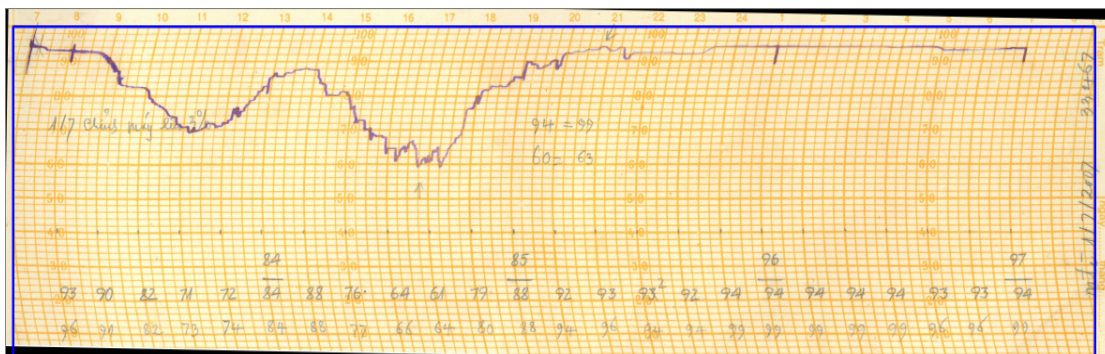
Hình 3. Biểu đồ phân cấp chức năng của ứng dụng.

2.3. Các kỹ thuật xử lý ảnh áp dụng trên giản đồ

Do đặc điểm các giản đồ có thể được sắp đặt và quét (scan) vào chung 1 file ảnh. Do đó cần có quá trình tách từng giản đồ theo mỗi ngày ra khỏi file ảnh ban đầu. Quá trình xử lý này sẽ áp dụng các kỹ thuật xử lý ảnh truyền thống để tách mỗi giản đồ ra thành các đối tượng riêng biệt từ hình ảnh scan có thể chứa nhiều biểu đồ trong một file ảnh. Như minh họa trong Hình 4, 1 file scan ảnh có thể chứa 03 giản đồ tương ứng với 03 ngày ghi dữ liệu. Kết quả sau bước tách giản đồ là các khối giản đồ là vùng khoanh màu đỏ đã được xác định. Trong bước này, mật độ các điểm đặc trưng sử dụng thuật toán Harris Corner [18] đã được áp dụng để xác định vùng đồ thị quan tâm trong ảnh. Sau khi tách xong, các kỹ thuật nắn và xoay đồ thị đã được áp dụng để đưa ảnh hiển thị trong một hệ tọa độ chuẩn thông qua tìm các tham số biến đổi Affine [19] (Hình 5). Tách đường line để thực hiện quá trình số hóa đồ thị (Hình 6). Các quá trình trên được thực hiện tự động hoàn toàn dựa trên các thuật toán cơ bản của xử lý ảnh như kỹ thuật Canny để tách biên [20]; Các bước này được thực hiện bằng ngôn ngữ Python và sử dụng thư viện hỗ trợ xử lý ảnh OpenCV [4].



Hình 4. Kết quả xác định các đối tượng là biểu đồ (khoanh vùng màu đỏ) từ hình ảnh gốc.



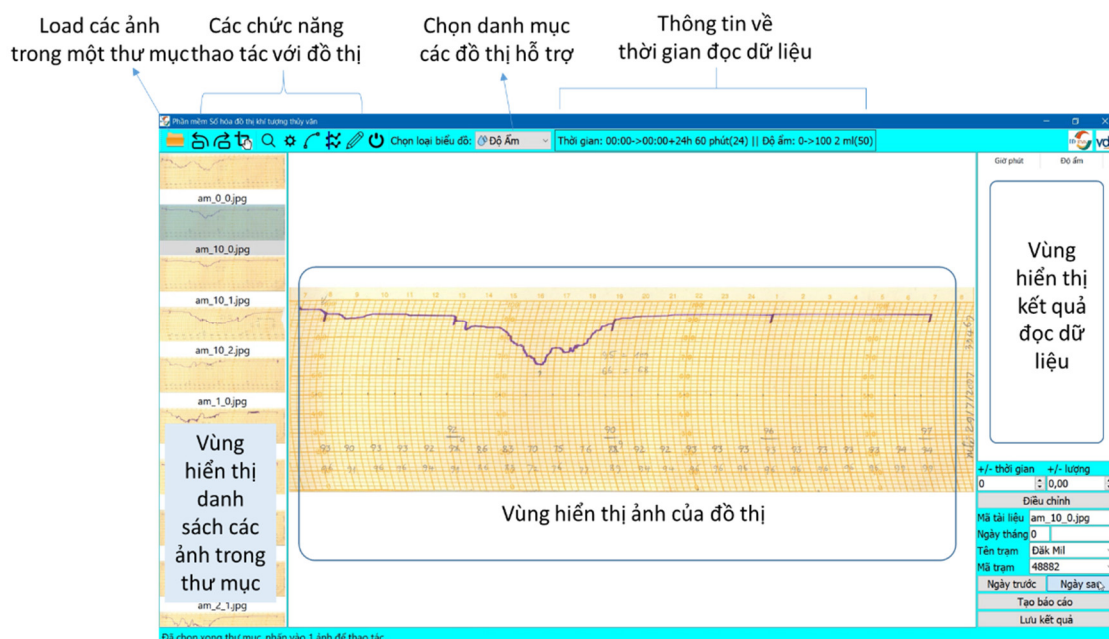
Hình 5. Kết quả cân chỉnh (xoay) biểu đồ về một hệ tọa độ trục chuẩn (viên đen ở góc trên bên phải và góc dưới bên trái minh họa kết quả của phép xoay để đồ thị được hiển thị vuông góc).



Hình 6. Kết quả tách đường line trong 1 biểu đồ âm.

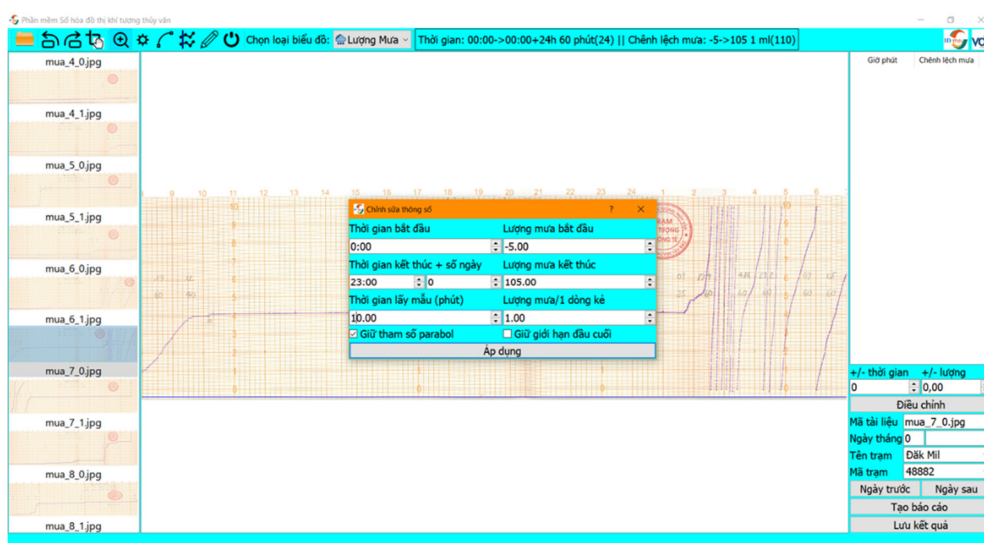
2.4. Xây dựng giao diện GUI

Sau khi đã thực hiện quá trình tiền xử lý, kết quả tách đường line và ảnh gốc được lưu vào trong 1 thư mục. Người dùng thực hiện chức năng load ảnh từ một thư mục. Giao diện GUI của Digimeto được minh họa trong Hình 7. Như minh họa, thanh toolbar thể hiện các chức năng chính của ứng dụng DigiMeto. Giao diện được chia làm 3 vùng chính: (1) Vùng hiển thị ảnh trong thư mục; vùng hiển thị ảnh giảm độ đang làm việc, với các giá trị đo tương ứng; Vùng hiển thị kết quả đọc trên toàn bộ giản đồ. Một số chức năng hỗ trợ như duyệt giản đồ theo ngày, thông tin về trạm, tạo lập báo cáo lưu kết quả cũng được hỗ trợ.



Hình 7. Giao diện chính của ứng dụng DigiMeto.

Đối với một số loại giản đồ, kết quả phát hiện điểm đầu (mốc thời gian) bắt đầu đọc dữ liệu còn chưa chính xác; hoặc xác định khoảng thời gian lấy mẫu (thay vì mặc định là 15 phút hoặc 1h, có thể đặt giá trị tùy chỉnh); hoặc điểm gốc tọa độ bắt đầu đọc dữ liệu; kỹ thuật viên có thể tinh chỉnh những tham số này qua giao diện như Hình 8.

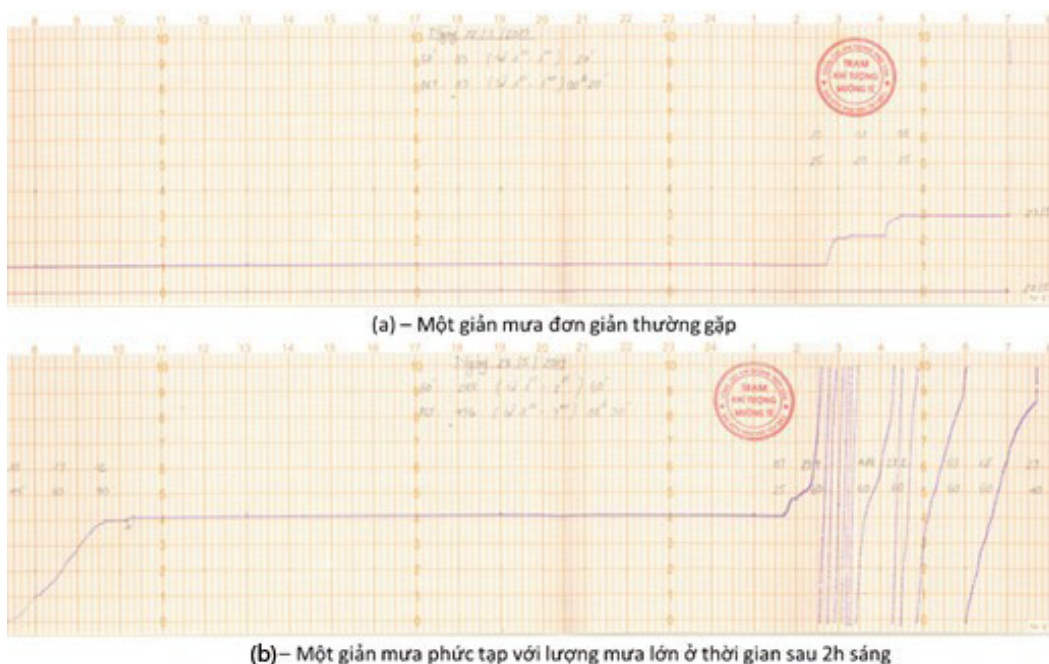


Hình 8. Thao tác lựa chọn khoảng thời gian đọc (thời gian lấy mẫu tín hiệu) trên công cụ.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tập dữ liệu đánh giá và độ đo

Trong các đánh giá bước đầu này, chúng tôi chỉ lựa chọn một tập nhỏ các ảnh từ các hình ảnh giản đồ đã được scan tại trung tâm KTTV. Mỗi loại dữ liệu lựa chọn 05 giản đồ; với các đặc điểm về độ khó và chất lượng giản đồ khác nhau. Ví dụ, Hình 9 minh họa độ phức tạp khi đọc giản đồ mưa. Trong đó, Hình 9a là một giản đồ mưa đơn giản thường gặp; giản đồ Hình 9b là một giản đồ mưa phức tạp trong đó có nhiều đường line sát nhau có thể làm ảnh hưởng tới kết quả đọc bằng phần mềm DigiMeto.

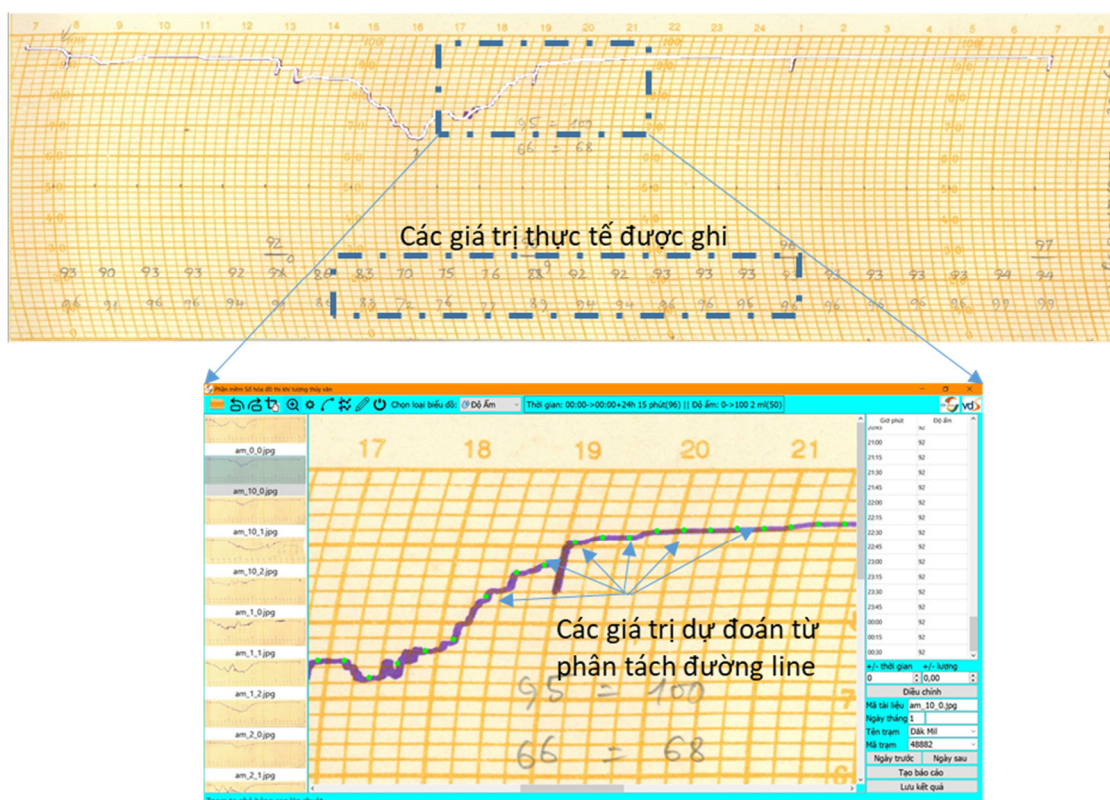


Hình 9. Minh họa độ khó của một loại giản đồ mưa được lựa chọn trong tập dữ liệu đánh giá.

Độ đo được sử dụng là sai lệch trung bình (*MAE*–*Mean Absoluted Error*) giữa giá trị đo bằng phần mềm DigiMeto và giá trị thực tế do kỹ thuật viên ghi trên bản đồ. Vì mỗi loại giản đồ có đơn vị đo khác nhau, chúng tôi tính toán giá trị tương đối (%) thay vì giá trị tuyệt đối như trong công thức *MAE* thông thường. Công thức tính *MAE* theo % được định nghĩa như sau:

$$MAE = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l \frac{|f(i) - \hat{f}(i)|}{f(i)} \quad (1)$$

Trong đó, *l* là tổng số mẫu (điểm) lấy dữ liệu; *f*(*i*) là giá trị của kỹ thuật viên, $\hat{f}(i)$ là giá trị đo bằng phần mềm. Hình 10 minh họa cách xác định giá trị *f*(*i*) và $\hat{f}(i)$ đối với một ảnh giản đồ trong tập dữ liệu đánh giá. Ngoài ra, sai lệch về thời gian tại điểm đo cũng được đánh giá tương tự nhưng sử dụng giá trị tuyệt đối (theo đơn vị là phút).



Hình 10. Kết quả đọc tại một thời gian từ 17h đến 21h của đồ thị trong Hình 1.

3.2. Kết quả đánh giá

Kết quả đánh giá một số dữ liệu giản đồ ẩm, mưa, áp và nhiệt được thống kê trong Bảng 1 đến Bảng 4 tương ứng. Kết quả giá trị thống kê cho thấy, về mặt giá trị đo, sai lệch với các giản đồ nhiệt, ẩm và áp là không quá 2%. Trong khi đó, giản đồ mưa có sai lệch lớn hơn. Ngoài giá trị trung bình, các giá trị thống kê khác như trung vị, sai số lớn nhất cũng cho thấy độ ổn định của kết quả. Đặc biệt trường hợp Hình 9b khi giản đồ mưa phức tạp, lượng mưa lớn nên đoạn từ 7h có giá trị sai số lớn. Một số hướng giải quyết trong trường hợp này bao gồm các công cụ tinh chỉnh lựa chọn đường và giá trị góc của mỗi đường có thể trợ giúp hiệu chỉnh các giá trị đo. Về sai lệch thời gian đo, trong các bảng thống kê cho thấy sai lệch không quá 5 phút. Tuy nhiên, một số giản đồ yêu cầu thời gian tinh chỉnh như xác định thời điểm bắt đầu, thời điểm kết thúc; đánh dấu mốc trên lưới. Những thao tác này yêu cầu thời gian thực hiện của kỹ thuật viên. Trung bình thời gian thực hiện cho mỗi giản đồ là 3 phút. Ngoài giá trị trung bình, các giá trị thống kê khác như trung vị, sai số lớn nhất cũng cho thấy độ ổn định của kết quả.

Bảng 1. Kết quả đánh giá sai lệch với các giàn đồ Âm.

Ảnh	Đánh giá sai lệch	Giá trị thống kê		
		Trung bình ± STD	Trung vị	Sai số lớn nhất
am_2_1.png	Giá trị đọc (%)	0,79 ± 1	1,08	2,33
	Thời gian (phút)	0:05	0:04	0:15
am_1_1.png	Giá trị đọc (%)	0,77 ± 1	1,06	2,27
	Thời gian (phút)	0:07	0:02	0:20
am_10_1.png	Giá trị đọc (%)	0,55 ± 1	0,00	3,16
	Thời gian (phút)	0:03	0:02	0:14

Bảng 2. Kết quả đánh giá sai lệch với các giàn đồ Mưa.

Ảnh	Đánh giá sai lệch	Giá trị thống kê		
		Trung bình ± STD	Trung vị	Sai số lớn nhất
mua_5_0.png	Giá trị đọc (%)	0.04 ± 0	0	1.00
	Thời gian (phút)	0:00:31	0:00	0:01
mua_6_0.png	Giá trị đọc (%)	0.04 ± 0	0	1.00
	Thời gian (phút)	0:00:29	0:00	0:01
mua_7_0.png	Giá trị đọc (%)	12.40 ± 46	0	59
	Thời gian (phút)	0:00:31	0:00	1:00

Bảng 3. Kết quả đánh giá sai lệch với các giàn đồ Nhiệt.

Ảnh	Đánh giá sai lệch	Giá trị thống kê		
		Trung bình ± STD	Trung vị	Sai số lớn nhất
nhiet_2_1	Giá trị đọc (%)	1.75 ± 5	0.55	24,81%
	Thời gian (phút)	0:00:20	0:00	0:01
nhiet_10_1	Giá trị đọc (%)	1.19 ± 1	1.13	2,45%
	Thời gian (phút)	0:00:37	0:01	0:01
nhiet_0_0	Giá trị đọc (%)	2.45 ± 1	2.49	6,07%
	Thời gian (phút)	0:00:29	0:00	0:01

Bảng 4. Kết quả đánh giá sai lệch với các giàn đồ Nước.

Ảnh	Đánh giá sai lệch	Giá trị thống kê		
		Trung bình ± STD	Trung vị	Sai số lớn nhất
nuoc_0	Giá trị đọc (%)	0.09 ± 0	0,10	0,10
	Thời gian (phút)	0:00:26	0:00	0:01
nuoc_1	Giá trị đọc (%)	0.13 ± 0	0,13	0,14
	Thời gian (phút)	0:00:29	0:00	0:01
nuoc_3	Giá trị đọc (%)	0.15 ± 0	0,15	0,15
	Thời gian (phút)	0:00:31	0:00	0:01

4. Kết luận

Trong nghiên cứu đã đề xuất các kỹ thuật để phát triển ứng dụng DigiMeto thực hiện số hóa một số loại giản đồ tự ghi ngành KTTV. Phần mềm sử dụng các kết quả từ các thuật toán xử lý ảnh và nhận dạng. Hiện nay phần mềm DigiMeto hỗ trợ 4 loại giản đồ chính là Mưa, Âm, Nhiệt, Áp. Qua đánh giá bước đầu với một số giản đồ cho thấy sai số trong quá trình đọc bằng phần mềm là dưới 2% với các giản đồ có chất lượng tốt. Một số tinh chỉnh do người dùng cuối thực hiện trong phần mềm đã giúp cho việc đọc dữ liệu trên các giản đồ được chính xác và tùy biến. Kết quả bước đầu này minh chứng tính khả thi khi sử dụng các công cụ của xử lý ảnh và học máy trong giải quyết bài toán số hóa tài liệu ngành KTTV. Trong thời gian tới, chúng tôi sẽ tiếp tục tối ưu quá trình xử lý để đảm bảo giảm thiểu thời gian và sự tương tác của người dùng cuối. Đặc biệt, chúng tôi sẽ tập trung giải quyết những hạn chế của ứng dụng đối với các giản đồ có chất lượng kém do đã lưu trữ qua thời gian dài.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: P.L.P., H.H.P., H.V.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: P.L.P., H.H.P., H.V.; Xử lý số liệu: L.T.H., M.X.H., T.V.L.; Phân tích mẫu: H.H.P., H.V., M.X.H., T.V.L.; Lấy mẫu: L.T.H.; Viết bản thảo bài báo: P.L.P., H.H.P., H.V.; Chính sửa bài báo: P.L.P., H.H.P., H.V.

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

Tài liệu tham khảo

1. Susin, N.; Peer, P. Open–source tool for interactive digitisation of pluviograph strip charts. *Weather* **2018**, 73, 222–226. <https://doi.org/10.1002/wea.3001>
2. Burboa, A. PluvioReader: a software for digitizing weekly siphoning–type 1 pluviograph strip charts, *Computers and Geosciences*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104463>.
3. Pons, F.; Laroche, C.; Trmal, C.; Puechberty, R.; Baillon, M. “Hydrometry data rescue, a stake for the future”, in the Proceeding of 3rd European Conference on Flood Risk Management, 2016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160704021>.
4. Deidda, R.; Mascaro, G.; Piga, E.; Querzoli, G. An automatic system for rainfall signal recognition from tipping bucket gage strip charts. *J. Hydrol.* **2007**, 333, 400–412.
5. Jaklic, A.; Sajn, L.; Derganc, G.; Peer, P. Automatic digitization of pluviograph strip charts. *Meteorol. Appl.* **2016**, 23, 57–64. <https://doi.org/10.1002/met.1522>.
6. Radon, J. Digitizing of Analogue Data–Charts from Thermohygrographs. *J. Applied Comput. Sci.* **2017**, 25, 49–60.
7. Nhi, H.Y.; Thoa, L.T.K. Trích xuất đường bờ biển từ ảnh SENTINEL–1A khu vực thành phố Phan Thiết. *Tap chí Khí Tượng Thủy Văn* **2019**, 697, 20–25.
8. Tình, T.V.; Phong, D.H. Sử dụng ảnh viễn thám và Gis nghiên cứu biến động đường bờ biển mũi Cà Mau. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2017**, 684, 35–40.
9. Hiệp, N.Q.; Hùng, N.A. Cách tiếp cận mới xây dựng đường đặc tính hồ chứa bằng việc sử dụng ảnh viễn thám radar SENTINEL–1. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 706, 10–19.
10. Trung, L.B.; Toán, H.M.; Phong, N.B. Nghiên cứu sử dụng số liệu định vị sét kết hợp với ảnh radar để cảnh báo đợt mưa lớn từ 01–06/8/2017 trên khu vực Tây Bắc. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 685, 48–53.
11. Ngà, P.T.T. Nghiên cứu tương quan giữa đặc tính mây và mưa lớn cho khu vực Hồ Chí Minh bằng dữ liệu vệ tinh Himawari–8 và GSMaP. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, 702, 21–30.
12. Công, T.T.; Quyền, L.N.; Giám, N.M.; Quyết, L.D. Ứng dụng số liệu ảnh mây vệ tinh Himawari trong dự báo và cảnh báo mưa dông cho khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 713, 1–13.

13. Phương, T.A.; Cường, T.M.; Chiền, P.V.; Phong, L.V.V. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ Google Earth Engine đánh giá sự thay đổi thảm thực vật theo không gian và thời gian ở Bến Tre trong mùa khô giai đoạn 2016–2020. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 713, 47–55.
14. Hoàng, L.M.; Tạo, N.A.; Mai, L.C.; Ứng dụng mô hình Markov ẩn trong nhận dạng chữ. *Tap chí khoa học và công nghệ* **2002**, 40, 31–40.
15. Phuong, P.A.; Tạo, N.Q.; Mai, L.C. Kết hợp các bộ phân lớp SVM cho việc nhận dạng chữ viết tay rời rạc. *Tap chí tin học và điều khiển* **2004**, 25, 1, 88–97.
16. Vu, T.T.; Luong, M.C.; Nakamura, S. A study of Phonetic Units for Vietnamese Speech Recognition, in the Proceeding of the IEEE International Conference on Computing and Communication Technologies RIVF (Research, Innovation and Vision for the Future), 2010, 1–4, Hanoi, Vietnam.
17. Hiếu, L.T.; Vũ, L.A.; Kiên, L.T. Áp dụng xác suất thống kê và quá trình máy tự học cho bài toán phân tách từ văn bản tiếng Việt. *Tap chí Khoa học và công nghệ Trường Đại học Duy Tân* **2013**, 1, 32–38.
18. Nixon, M.S.; Aguado, A.S. Feature Extraction and Image Processing. Newnes: Elsevier, Oxford, 2002.
19. Forsyth, D.A.; Ponce J. Computer Vision – A Modern Approach. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, 2002.
20. Gonzalez, D.C.; Woods, R.E. “Digital Image Processing, Third Edition, Pearson Educational International Publisher, 2002.

DigiMeto: A tool supports Digitizing Metontological Graphs via Graphic User Interface

Pham Le Phuong^{1*}, Le Trung Hung¹, Manh Xuan Huy², Trieu Van Linh³, Nguyen Xuan Hoai³, Hai-Hong Phan⁴, Vu Hai⁵

¹ Hydro–Meteorological Information and Data Center; phuongpl80@gmail.com; hungtntl@gmail.com

² Hanoi University of Science and Technology; huy.mx161818@sis.hust.edu.vn

³ AI Academy Viet Nam; trieuvanlinh04101998@gmail.com; nxhoai@gmail.com

⁴ Military Technical Academy, Viet Nam; hongpth@lqdtu.edu.vn

⁵ School of Electronics and Telecommunications, Hanoi University of Science and Technology; hai.vu@hust.edu.vn

Abstract: In this paper, a software tool named DigiMeto (Digitizing Metontological Graph) is presented. This tool aims to support automatically reading hydro–meteorological graphs such as rainfall, pressure, humidity, temperature. To build this tool, recognition algorithms and image processing techniques are applied. First, the region–of–interest for each graph is cropped from the scanned image; Lines (containing data) and grid data of each type of the graph are separated from the background. Based on the pre–defined parameters of the grid configuration and a parameter of interval time, the corresponding values at points are determined. DigiMeto is built with a Graphic User Interface (GUI). A number of supporting functions built in DigiMeto allow users to update the outputs once the automatical results are incorrect. The experimental results confirmed that this tool can help reduce reading time comparing with conventional way with manual procedures. Accuracy rate of the humidity, pressure and thermohygrographs is averagely less than 2% error compared with the measurements by technical staff. This tool requires only 3 minutes for all operations to obtain the final results. With more complex graphs (e.g., the graphs are measured more than one day), there is usually a greater error. Future research directions are discussed and suggested so that this tool can be fully automated and minimal end–user’s operations.

Keywords: Digitizing Metontological Graphs; Pluviograph; Computer vision; Image Processing; Graphic User Interface.

Bài báo khoa học

Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến lĩnh vực sử dụng đất và một số giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu tại tỉnh Bình Phước

Lê Hoài Nam^{1*}, Hồ Công Toàn², Nguyễn Văn Tín³, Trần Tuấn Hoàng², Phạm Thanh Long²

¹ Trung tâm Quan trắc Môi trường miền Nam; lhnamm@gmail.com;

² Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu; hocongtoanhhdh@gmail.com; hoangkttv@gmail.com; longphamsihymete@gmail.com;

³ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM; tin.sihymete@gmail.com;

*Tác giả liên hệ: lhnamm@gmail.com; Tel.: +84-913145914

Ban Biên tập nhận bài: 21/3/2021; Ngày phản biện xong: 21/4/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Nghiên cứu đưa ra kết quả phân tích, đánh giá tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) đến lĩnh vực sử dụng đất ở tỉnh Bình Phước dựa trên bộ chỉ số đánh giá theo các kết quả mô hình khí hậu, mô hình ngập. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã đưa ra những kết quả về mức độ tác động và đánh giá ảnh hưởng của chúng đến sử dụng đất (SDĐ) ở tỉnh Bình Phước, cụ thể: đất đai thành phố Đồng Xoài (TP. Đồng Xoài) chịu mức độ tác động thấp nhất từ 0,54–0,55; huyện Bù Đốp chịu tác động do BĐKH đến lĩnh vực sử dụng đất ở mức cao, với chỉ số tác động từ 0,60–0,66 theo một số kịch bản. Những huyện thị khác của tỉnh Bình Phước có phạm vi SDĐ bị tác động vừa tới mức cao với chỉ số tác động từ 0,54–0,60. Đồng thời, bài báo đề xuất một số giải pháp thích ứng với BĐKH, những kết quả nghiên cứu này sẽ góp phần cung cấp thông tin cho tỉnh Bình Phước, phục vụ quy hoạch lại SDĐ một cách hợp lý trong bối cảnh BĐKH.

Từ khóa: Mức độ tác động; Biến đổi khí hậu; Sử dụng đất, Thích ứng.

1. Mở đầu

Biến đổi khí hậu trong giai đoạn hiện tại là do các hoạt động công nghiệp, xã hội làm phát thải quá mức các khí nhà kính vào bầu khí quyển [1]. Rất nhiều nghiên cứu về BĐKH đã được triển khai theo 3 hướng chính đó là [2]: (i) Nghiên cứu bản chất, nguyên nhân, cơ chế vật lý của BĐKH [1–3]; (ii) Đánh giá tác động của BĐKH, tính dễ bị tổn thương (DBTT) do BĐKH [4–8]; (iii) Giải pháp chiến lược và kế hoạch hành động nhằm giảm thiểu BĐKH [9–11].

Đánh giá tác động do BĐKH là nghiên cứu xác định các ảnh hưởng của BĐKH lên môi trường và các hoạt động kinh tế xã hội của địa phương. Ngoài ảnh hưởng bất lợi, BĐKH còn có thể mang lại những ảnh hưởng có lợi. Đánh giá tác động của BĐKH cũng bao gồm việc xác định và đánh giá các giải pháp thích ứng với BĐKH [4]. Hiện nay có nhiều cách tiếp cận trong đánh giá tác động của BĐKH. Theo IPCC, có 3 cách: Tiếp cận tác động (*impact–approach*), tiếp cận tương tác (*interaction–approach*) và tiếp cận tổng hợp (*integrated–approach*). Mỗi cách tiếp cận có những điểm mạnh và hạn chế riêng, theo đó, tùy thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau (yêu cầu đánh giá, phạm vi, khung thời gian và nguồn lực...) để lựa chọn [4]. BĐKH với những biểu hiện như nóng lên toàn cầu, biến đổi lượng mưa, nước biển dâng, các hiện tượng thời tiết cực đoan sẽ tác động đến hầu hết mọi lĩnh vực như nông nghiệp,

công nghiệp, du lịch hay tài nguyên đất, tài nguyên nước và đến cả đời sống con người [1]. Trong đó tài nguyên đất với lĩnh vực quan trọng là SĐĐ, một trong những đối tượng chịu tác động mạnh mẽ của BĐKH và các vấn đề ngập úng, hạn hán, sa mạc hóa, xói mòn, sạt lở, ... ngày càng nặng nề sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển kinh tế-xã hội. Đã có không ít các nghiên cứu về đánh giá tác động của BĐKH và đề xuất giải pháp thích ứng liên quan đến vấn đề SĐĐ, tài nguyên đất ở Việt Nam như: Năm 2019, Tuân và cộng sự [13] đã thực hiện nghiên cứu tác động của BĐKH đến nông nghiệp và sáng kiến thích ứng với BĐKH tại huyện Văn Bản, tỉnh Lào Cai [13]; Năm 2018, Ngọc và cộng sự [14] đã đánh giá các loại hình sử dụng đất nông nghiệp thích ứng với BĐKH ở huyện Quảng Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế. Trong khi đó, Vũ và cộng sự [15] đã đánh giá tác động của mặn và ngập theo kịch bản BĐKH đến tiềm năng thích nghi đất đai vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long hay nghiên cứu bố trí SĐĐ của tỉnh Nam Định để thích ứng với BĐKH [16].

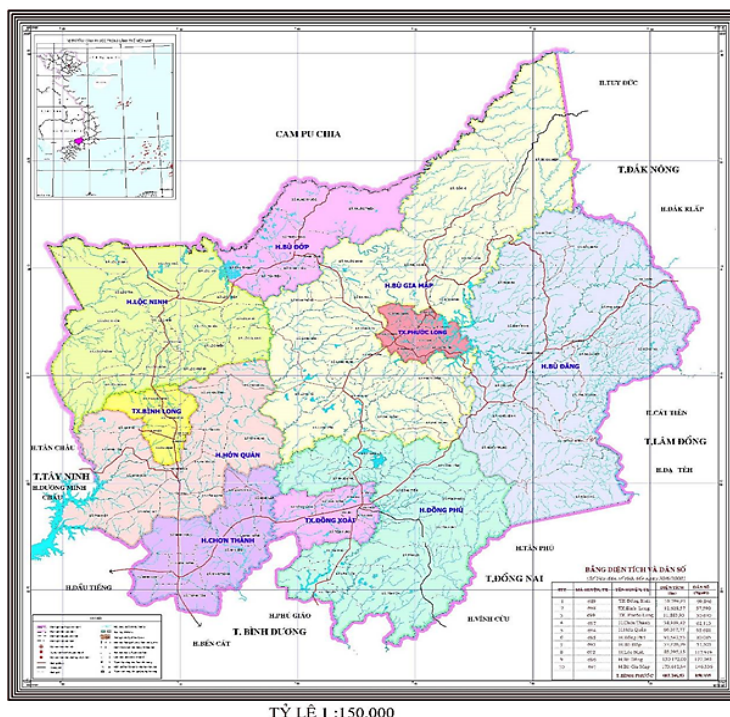
Nằm ở vùng Đông Nam Bộ, tỉnh Bình Phước được dự báo đến giữa thế kỷ nhiệt độ tăng 1,40°C, lượng mưa năm có mức biến đổi từ 9,20–9,90% [12]; Vào cuối thế kỷ, mức tăng nhiệt độ được dự báo khoảng 1,90°C, đối với lượng mưa mức biến đổi khoảng 14,50–16,60% theo kịch bản phát thải trung bình (RCP4.5) [12]. BĐKH những thay đổi về hình thái trong chu trình nước: mưa-nước bốc hơi... đều dẫn đến sự thay đổi cơ chế ẩm trong đất, lượng nước ngầm và các dòng chảy. Nguy cơ nóng và đất đai khô cằn sẽ dẫn đến gia tăng diện tích đất bị thoái hóa ở Bình Phước. Ngược lại, việc sử dụng đất đai cũng có ảnh hưởng đối với sự thay đổi các yếu tố khí hậu. Lượng phát thải khí nhà kính do sử dụng đất, chặt phá dẫn đến suy thoái rừng... là những nguyên nhân tác động đến sự nóng lên của toàn cầu. Ngập gây ảnh hưởng đến kết cấu đất đai, chất lượng tài nguyên đất và nhu cầu sử dụng đất ở các khu vực xảy ra hiện tượng này. Ngập do lũ ảnh hưởng đến các loại đất như: đất rừng, đất trồng cây công nghiệp, đất sông hồ, đất giao thông tập trung ở các huyện Bù Gia Mập, Bù Đăng, Bù Đốp và một phần thị xã Phước Long.

Trước các sức ép về tốc độ phát triển kinh tế-xã hội trên địa bàn tỉnh Bình Phước kết hợp những biến đổi của khí hậu đang ngày càng nghiêm trọng thì nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH đến lĩnh vực SĐĐ và đề xuất một số giải pháp thích ứng được tiến hành. Nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp bộ chỉ số đánh giá dựa trên những kết quả kịch bản của mô hình khí hậu và mô hình ngập. Với mục tiêu đánh giá tác động của BĐKH đến lĩnh vực SĐĐ theo các cấp thang đo trong bộ chỉ số cho tỉnh Bình Phước.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Giới thiệu khu vực nghiên cứu

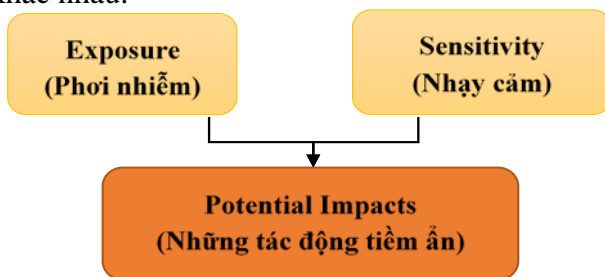
Nghiên cứu được thực hiện trên khu vực tỉnh Bình Phước, là một tỉnh thuộc miền Đông Nam Bộ, có đường biên giới tiếp giáp với Campuchia dài 260,433 km (Hình 1). Khu vực nghiên cứu có địa bàn trung chuyên giữa Nam Tây Nguyên và miền Đông Nam Bộ, nên tỉnh có địa hình rất đa dạng, gồm cả địa hình cao nguyên, đồi núi và đồng bằng. Nằm trong vùng kinh tế trọng điểm phía Nam, có vị trí không xa Thành phố Hồ Chí Minh-trung tâm kinh tế lớn nhất của cả nước-lại có cửa khẩu thông thương với Campuchia, Bình Phước có rất nhiều cơ hội để phát triển thương mại, du lịch và xuất khẩu, ... Bình Phước có địa hình tương đối bằng phẳng hơn so với các tỉnh miền núi khác trong cả nước. Đất có độ dốc trên 250 chỉ chiếm 11,27% diện tích tự nhiên (DTTN) của tỉnh. Đất có chất lượng trung bình trở lên chiếm 74,43% DTTN, trong đó đất có chất lượng cao nhất chiếm 60,69% tổng DTTN. Theo Niên giám thống kê tỉnh Bình Phước năm 2016, toàn tỉnh có 6 nhóm đất chính gồm: nhóm đất xói mòn, trơ sỏi đá (chiếm 0,03%), nhóm đất đen (chiếm 0,09%), nhóm đất dốc tụ (chiếm 3,50%) nhóm đất phù sa (chiếm 0,13%), nhóm đất xám (chiếm 13,61%) và nhóm đất nâu, đỏ vàng (chiếm 78,55%) trong cơ cấu nhóm đất của Tỉnh. Trong cơ cấu SĐĐ thì đất rừng đặc dụng, rừng phòng hộ tự nhiên có diện tích nhiều nhất.



Hình 1. Bản đồ hành chính tỉnh Bình Phước.

2.2. Phương pháp đánh giá tác động của BĐKH bằng chỉ số (kết hợp GIS)

Chỉ số những tác động của BĐKH được xác lập trong mối quan hệ của 03 yếu tố (Hình 2): mức độ phơi nhiễm (E), mức độ nhạy cảm (S) [4,10]. Các thuật ngữ này có thể thay đổi trong các nghiên cứu khác nhau.



Hình 2. Mô hình ý niệm đánh giá tính DBTT do BĐKH [4].

Áp dụng phương pháp chỉ số để đánh giá tác động tiềm ẩn và tính dễ bị tổn thương (DBTT) đối với biến đổi khí hậu theo quy trình như sau:

Bước 1: Xác định bộ chỉ thị (BCT)

BCT và trọng số tương ứng phục vụ đánh giá tác động của BĐKH bao gồm các chỉ thị thể hiện khả năng phơi nhiễm E, tính nhạy cảm S (từ đó đánh giá được tác động I). Phương pháp tổng quan tài liệu và tham vấn chuyên gia cũng đồng thời được sử dụng ở nội dung này.

Căn cứ vai trò của các chỉ thị trong mỗi nhóm, các trọng số được xác định như sau:

+ Khả năng phơi nhiễm được đánh giá thông qua các tác nhân/hiện tượng với trọng số không giống nhau. Trên cơ sở đặc điểm của mỗi tác nhân trong mỗi quan hệ (tác động) trực tiếp đối với BĐKH cùng với ý kiến của các chuyên gia, trọng số của các tác nhân được xác định (gọi là trọng số tác nhân). Tương tự đối với tính nhạy cảm và khả năng thích ứng, lần lượt xác định được trọng số đặc điểm và trọng số nguồn lực.

+ Trọng số của các chỉ thị thành phần trong cùng một nhóm (khía cạnh) được xác định dựa trên vai trò đối với khía cạnh mà chúng đại diện (gọi là trọng số riêng).

+ Trọng số của từng chỉ thị xét trong cả bộ chỉ thị được tính bằng tích số giữa trọng số riêng và trọng số tác nhân/đặc điểm/nguồn lực (gọi là *trọng số ưu tiên*).

Bước 2: Chuẩn hóa các số liệu thực (chỉ thị) theo thang điểm 0–1

Các chỉ thị có đơn vị và tỷ lệ khác nhau, vì thế cần chuẩn bằng cách đồng nhất giá trị từ 0–1.

– Đối với các chỉ thị tỉ lệ (%): nếu tỉ lệ được xét trong cùng một hệ thống (toàn vùng nghiên cứu), chỉ thị được chuẩn hoá bằng cách giữ nguyên giá trị và bỏ đơn vị %.

– Đối với hầu hết các chỉ thị E (như nhiệt độ, lượng mưa, bão), S và AC: chuẩn hóa theo công thức sau:

+ Quan hệ thuận với cấu phần đang xét:

$$\text{Chỉ số} = \frac{(\text{Giá trị thực} - \text{Giá trị nhỏ nhất})}{(\text{Giá trị lớn nhất} - \text{Giá trị nhỏ nhất})} \quad (1)$$

+ Quan hệ nghịch với cấu phần đang xét:

$$\text{Chỉ số} = \frac{(\text{Giá trị lớn nhất} - \text{Giá trị thực})}{(\text{Giá trị lớn nhất} - \text{Giá trị nhỏ nhất})} \quad (2)$$

Bước 3: Tính toán chỉ số tổng hợp

Chỉ số tổng hợp của từng cấu phần (E, S) được tính toán dựa trên giá trị chuẩn hoá của chỉ thị i và trọng số ưu tiên w_i theo các công thức dưới đây. Chỉ số I là hàm số của nhóm chỉ số E và S.

$$E = \sum_{i=1}^n E_i * WE_i \quad (3) \quad S = \sum_{i=1}^n S_i * WS_i \quad (4)$$

$$I = E * S \quad (5)$$

Trong đó I là tác động của thiên tai; E là nguy cơ hứng chịu thiên tai; S mức độ nhạy cảm với nguy cơ thiên tai; E_i, S_i lần lượt là giá trị chuẩn hoá của chỉ thị thứ i trong cấu phần E, S; WE_i, WS_i lần lượt là trọng số ưu tiên của chỉ thị thứ i trong cấu phần E, S; n là số lượng các chỉ thị thành phần (của mỗi cấu phần E, S, AC).

Sự tác động của thiên tai được xác định là: $I = E * S$.

Tác động của BĐKH thông qua sự gia tăng các loại hình thiên tai là bão, xâm nhập mặn, mưa lớn, ngập lụt, nắng nóng và hạn hán kết hợp với mức độ nhạy cảm thiên tai;

Mức độ hứng chịu thiên tai tại một vùng là lớn và mức độ nhạy cảm với thiên tai cũng lớn → tác động mạnh;

Ngược lại, một vùng hứng chịu nhiều thiên tai, nhưng các yếu tố như dân cư, sản xuất nông nghiệp, cơ sở hạ tầng... ít hay hoặc không có → ít bị tác động;

Hoặc, nhạy cảm với thiên tai cao, nhưng thiên tai ít xảy ra thiên tai không xảy ra hoặc xảy ra rất ít và nhẹ → ít tác động;

Sự tác động của thiên tai được xác định là sự kết hợp của mức độ hứng chịu thiên tai với mức độ nhạy cảm với thiên tai.

Tác động được diễn tả: $I = E * S$

+ I: tác động của thiên tai;

+ E: nguy cơ hứng chịu thiên tai;

+ S: các tổn thất đối với thiên tai (mức độ nhạy cảm với nguy cơ thiên tai).

+ Chỉ số dễ bị tổn thương diễn tả mức độ tác động được làm giảm đi nhờ vào khả năng ứng phó tốt hay thích ứng cao với những tác động của thiên tai;

+ Tác động của BĐKH mạnh, thích ứng – ứng phó tốt → tổn thương thấp;

+ Ngược lại, tác động của BĐKH nhỏ, nhưng địa phương không ứng phó hoặc thích ứng kém → bị tổn thương rất cao.

Bước 4: Thành lập bộ chỉ số và đánh giá

Bảng 1. Bộ chỉ thị nguy cơ hứng chịu thiên tai (E) trên địa bàn tỉnh Bình Phước.

Hiện tượng (1)	Chỉ thị (2)	Ký hiệu	Quan hệ
Nhiệt độ	Mức độ gia tăng nhiệt độ tối cao so với giai đoạn 1986 – 2005 (°C)	E.1.1	+
Lượng mưa	Mức độ gia tăng lượng mưa năm so với giai đoạn 1986 – 2005 (%)	E.1.2	+
Bão, ATND,	Số lượng cơn bão, áp thấp nhiệt đới, gây ảnh hưởng trong 10 năm (cơn)	E.1.3	+
Hạn hán	Chỉ số khô hạn và mức độ biến đổi trong 20 năm	E.1.6	+
Ngập lũ	Phạm vi ngập lớn nhất (>0.1 m) (ha)	E.1.7	+
	Độ sâu ngập lớn nhất (m)	E.1.8	+

Bảng 2. Bộ chỉ thị mức độ nhạy cảm với nguy cơ thiên tai (S) trên địa bàn tỉnh Bình Phước.

Khía cạnh (1)	Chỉ thị (2)	Ký hiệu	Mối quan hệ
Tài nguyên rừng	Diện tích rừng phòng hộ (ha)	S.1.1.1	–
	Diện tích rừng đặc dụng (ha)	S.1.1.2	–
	Diện tích rừng sản xuất (ha)	S.1.1.3	–
Sử dụng đất	Đất sản xuất nông nghiệp: Đất trồng cây hàng năm, đất trồng lúa, đất cỏ dùng vào chăn nuôi, đất trồng cây hàng năm khác (ha)	S.1.2.1	+
	Đất lâm nghiệp: có rừng (rừng sản xuất rừng phòng hộ, rừng đặc dụng) (ha)	S.1.2.2	–
	Đất chuyên dùng: Đất trụ sở cơ quan, công trình sự nghiệp, đất quốc phòng – an ninh, đất sản xuất, kinh doanh phi nông nghiệp, đất có mục đích công cộng (ha)	S.1.2.3	+
	Đất ở: Đất ở đô thị, đất ở nông thôn (ha)	S.1.2.4	+
Tài nguyên khoáng sản	Tổng diện tích khoáng sản theo từng huyện/thị (ha)	S.1.3.1	–
Tài nguyên nước	Nhu cầu sử dụng nước dưới đất (m ³ /ngày)	S.1.4.1	–
	Nhu cầu sử dụng nước sinh hoạt tại các vùng đô thị (m ³ /ngày)	S.1.4.2	–
	Nhu cầu sử dụng nước sinh hoạt tại các vùng nông thôn (m ³ /ngày)	S.1.4.3	–

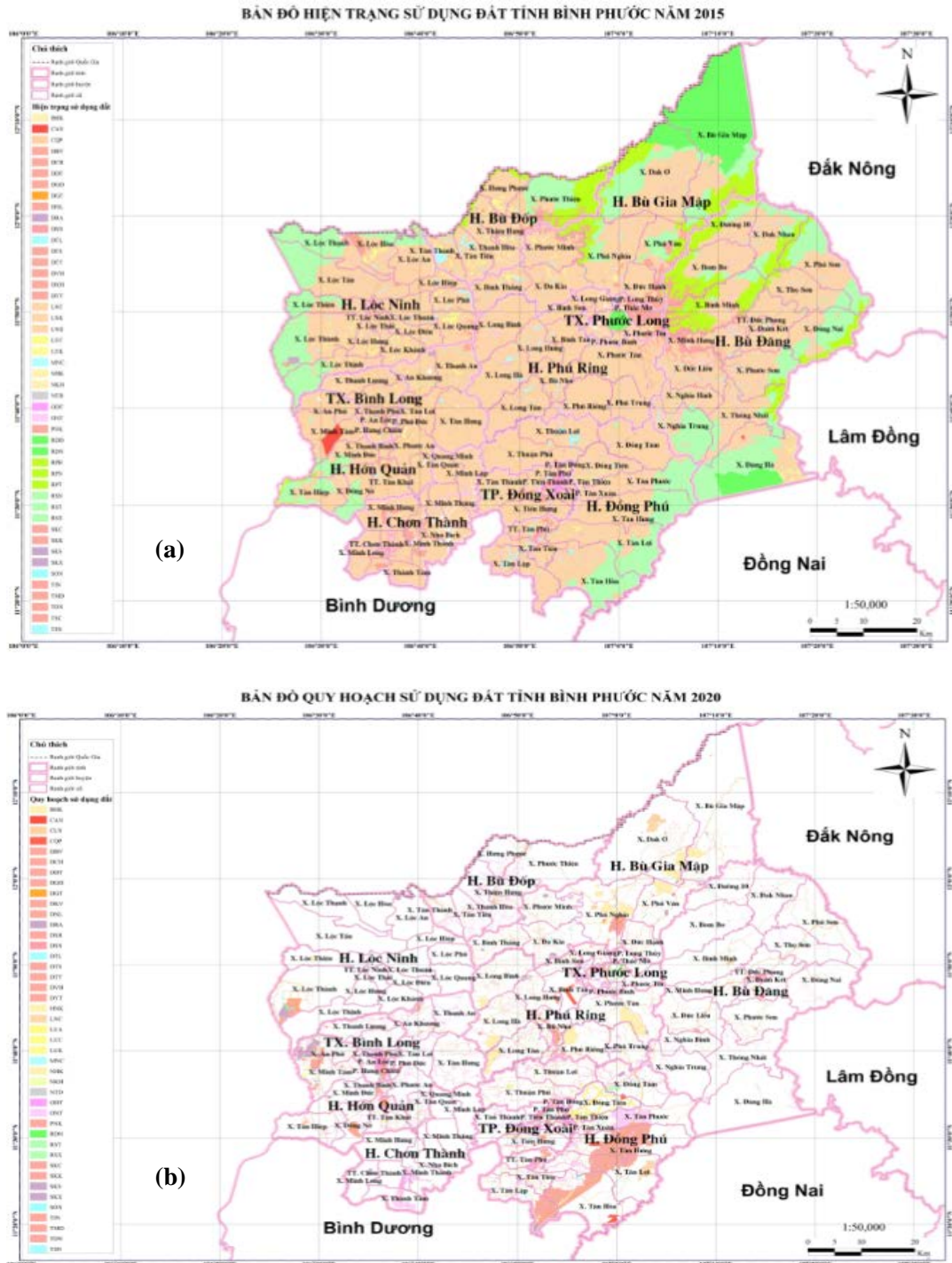
2.3. Phương pháp lập bản đồ

Các bản đồ phân bố SDD và bản đồ chỉ số tác động đề tài được xây dựng bằng kỹ thuật tích hợp thông tin, chồng ghép các lớp thông tin có trọng số, tổng hợp, tính toán cho các chỉ số chính và chỉ số phụ... thông qua phần mềm ArcGIS 10.1 trên bản đồ nền tỷ lệ 1: 50.000, hệ tọa độ VN 2000.

2.4. Số liệu

Các tài liệu, số liệu liên quan đến hiện trạng và quy hoạch SDD, tình hình BĐKH, số liệu hành chính được thu thập và phân tích. Bên cạnh đó, kết quả tính toán kịch bản nhiệt độ, lượng mưa [12], nguy cơ ngập, dữ liệu bão được kế thừa từ đề tài “Đánh giá ảnh hưởng của BĐKH đến biến động diện tích và cơ cấu sử dụng đất, tiềm năng phát triển kinh tế xã hội,

tiềm năng khai thác các loại tài nguyên khoáng sản trên địa bàn tỉnh Bình Phước” [12] làm cơ sở để xây dựng bản đồ tác động khoanh vùng các khu vực đáng quan tâm, phục vụ phân tích, đánh giá và đề xuất một số giải pháp thích ứng.



Hình 4. Bản đồ hiện trạng SĐĐ năm 2015 (a) và quy hoạch SĐĐ đến năm 2020 (b) tỉnh Bình Phước.

3. Kết quả và thảo luận

3.1 Đánh giá tác động của BĐKH đến sử dụng đất tỉnh Bình Phước

Dựa trên bản đồ hiện trạng SĐĐ năm 2015 và quy hoạch SĐĐ đến năm 2020 kết hợp với bộ chỉ số hứng chịu (E) và bộ chỉ số nhạy cảm (S) trình bày ở mục 2.2 trong Bảng 1 và Bảng 2. Từ đó nhóm nghiên cứu thực hiện tính toán dự báo mức độ tác động của BĐKH đến lĩnh vực SĐĐ tỉnh Bình Phước (Bảng 3).

Bảng 3. Kết quả tính toán chỉ số tác động của BĐKH đến SĐĐ tỉnh Bình Phước.

Huyện thành	Chỉ số E	Chỉ số S	I 45– 2025	I 45– 2030	I 45– 2050	I 45– 2100	I 85– 2025	I 85– 2030	I 85– 2050	I 85– 2100
Đồng Xoài	0,33	0,21	0,54	0,55	0,54	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56
Phước Long	0,37	0,24	0,60	0,63	0,62	0,64	0,58	0,59	0,64	0,64
Bình Long	0,37	0,24	0,61	0,60	0,60	0,61	0,61	0,59	0,60	0,59
Chơn Thành	0,35	0,25	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59
Hớn Quản	0,37	0,25	0,62	0,61	0,60	0,61	0,62	0,61	0,60	0,59
Đồng Phú	0,32	0,26	0,58	0,61	0,59	0,60	0,59	0,62	0,60	0,61
Lộc Ninh	0,38	0,19	0,57	0,56	0,56	0,57	0,55	0,55	0,56	0,55
Phú Riềng	0,36	0,25	0,61	0,63	0,62	0,64	0,59	0,60	0,62	0,61
Bù Đăng	0,36	0,21	0,57	0,57	0,57	0,57	0,58	0,56	0,58	0,59
Bù Đốp	0,41	0,23	0,64	0,63	0,64	0,66	0,62	0,61	0,65	0,63
Bù Gia Mập	0,43	0,17	0,60	0,61	0,59	0,60	0,56	0,57	0,61	0,59

Kết quả chỉ số tác động (I) trình bày trong Bảng 3 cho thấy, mức độ tác động do BĐKH đến lĩnh vực SĐĐ là ở mức vừa và cao, cao nhất là 0,66, dao động từ 0,54–0,60, tức là ở thang thứ 3 (màu cam) và thứ 4 (màu đỏ) trong thang mức độ tác động. Cụ thể:

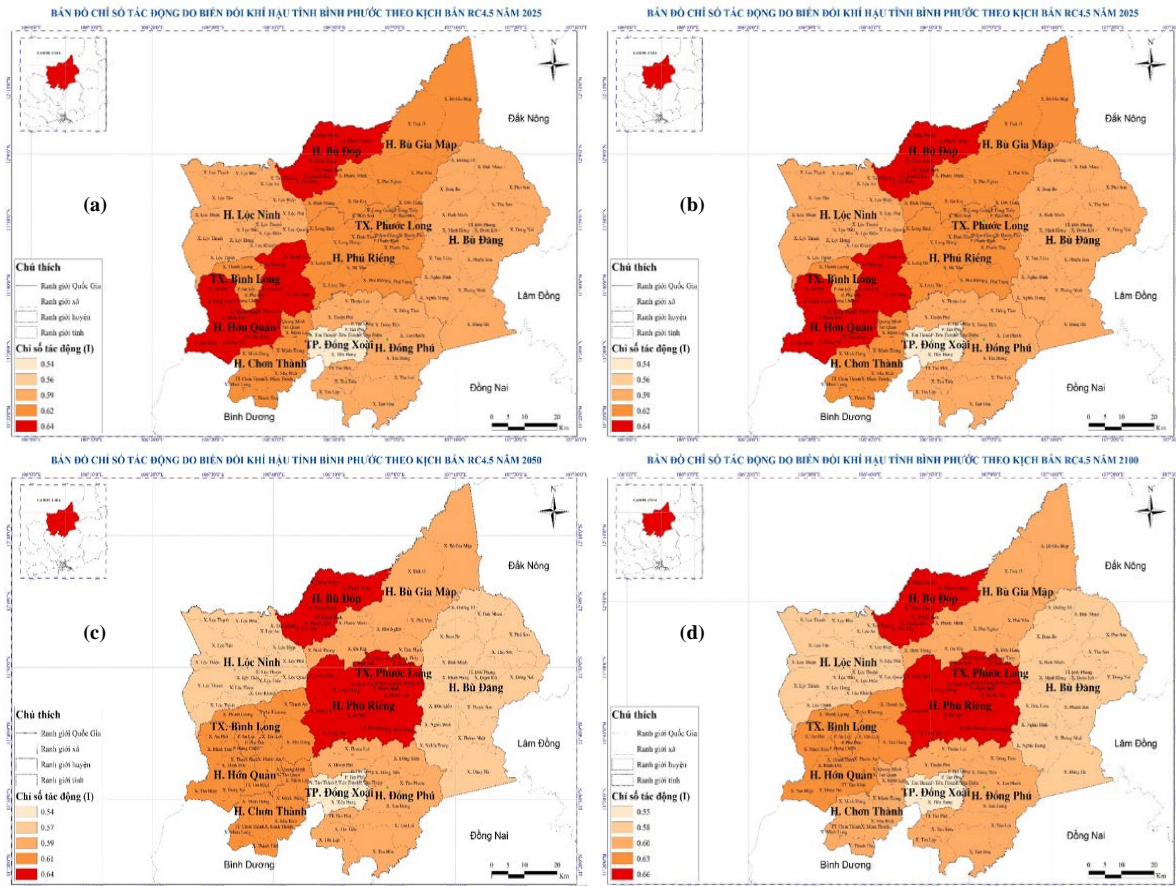
– Theo kịch bản RCP4.5:

+ Vào năm 2025 (Hình 5a): Các huyện Bù Đốp, Hớn Quản chịu sự tác động cao nhất và kế đến là huyện Bù Gia Mập, TX. Phước Long, Bình Long, huyện Phú Riềng và Chơn Thành với mức tác động (I) đều trên 0,62. Đây là những huyện thị xã chịu sự phơi nhiễm từng yếu tố như ngập, mưa, nhiệt độ lớn, hay chịu sự phơi nhiễm của cả ba yếu tố lớn. Bên cạnh đó, những huyện thị này, các loại đất nhạy cảm với thiên tai chiếm phần lớn như: đất rừng, đất nông nghiệp, đất trồng cây công nghiệp, đất nương rẫy, đất sông hồ, đất xử lý rác thải, đất các công trình năng lượng. Trong khi đó, TP. Đồng Xoài chịu sự tác động thấp nhất trong các huyện thành, tuy nhiên theo thang đánh giá tác động (I) thì vẫn ở mức tác động vừa, bằng 0,54.

+ Vào năm 2030 (Hình 5b): mức độ tác động cao do BĐKH đến sử dụng đất tỉnh Bình Phước đã mở rộng thêm huyện Đồng Phú với chỉ số tác động là 0,61, huyện Phú Riềng, Bù Đốp và TX. Phước Long chịu sự tác động của BĐKH cao nhất, chỉ số I là 0,63. Các huyện Bù Đăng, Lộc Ninh chịu mức độ tác động vừa 0,57 và TP. Đồng Xoài chịu mức độ tác động do BĐKH thấp nhất là 0,55. Tương tự, vào năm 2050 (Hình 5c), chỉ số tác động giống với năm 2030

+ Đến cuối thế kỷ (năm 2100): mức độ tác động do BĐKH đối với cơ cấu sử dụng đất ở hầu hết các huyện, thị như Bình Long, Hớn Quản, Đồng Phú, Bù Gia Mập, Chơn Thành là không đổi. Các huyện Bù Đốp, TX. Phước Long và huyện Phú Riềng, chịu sự tác động rất đáng quan tâm ở tất cả kịch bản, với chỉ số tác động cao nhất là 0,66. TP. Đồng Xoài chịu mức độ tác động thấp nhất (Hình 5d).

+ Ở kịch bản này, khu vực Bắc, trung tâm và Tây Nam của Tỉnh chịu tác động của BĐKH cao hơn so với các khu vực khác, trong đó có huyện Bù Đốp, Hớn Quản, Phú Riềng và TX. Phước Long.



Hình 5. Bản đồ chỉ số tác động do BĐKH đến SDĐ tỉnh Bình Phước theo kịch bản RCP4.5: (a) Năm 2025; (b) Năm 2030; (c) Năm 2050; (d) Năm 2100.

- Theo từng kịch bản RCP8.5:

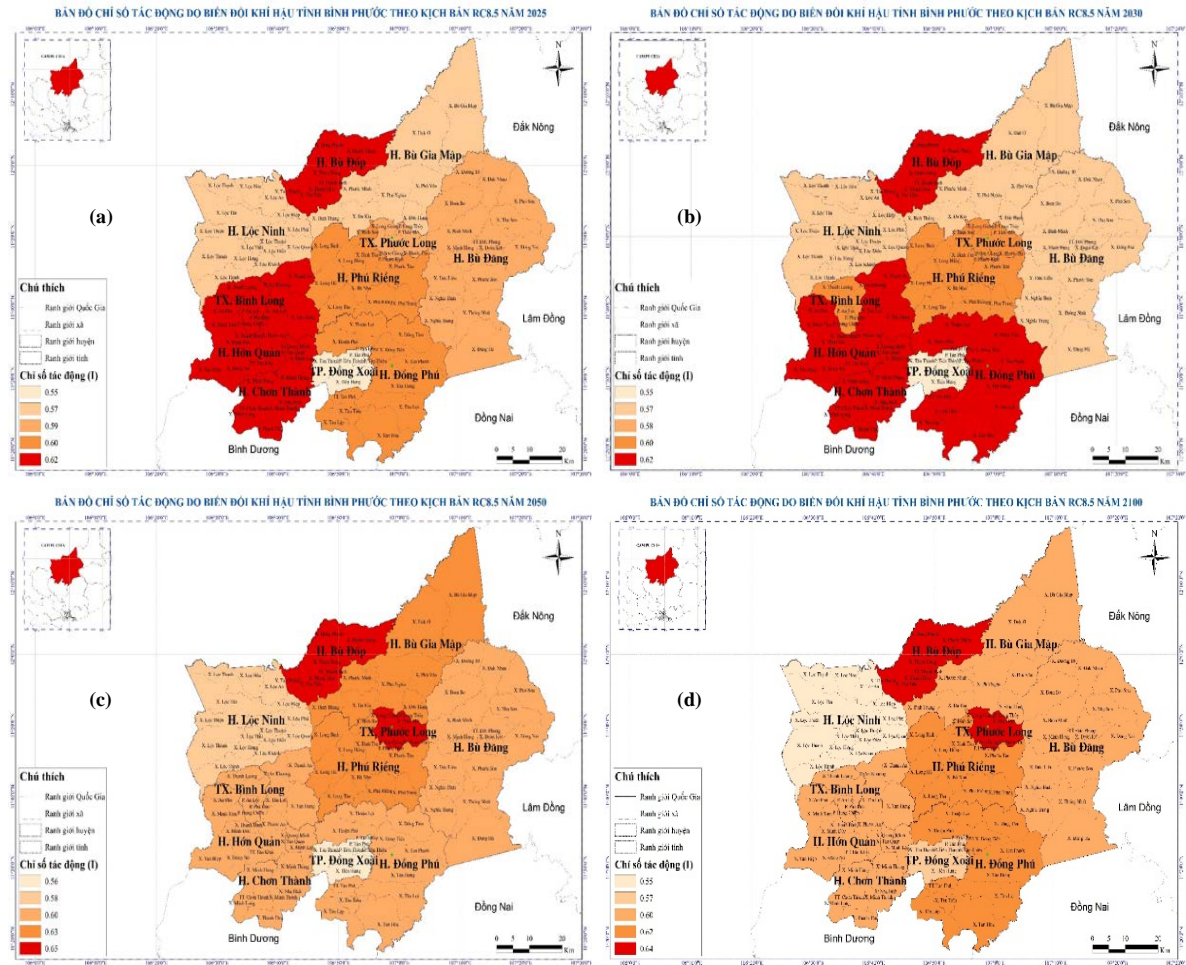
+ Vào năm 2025 và năm 2030 (Hình 6a, 6b), chỉ số I ở mức từ 0,55–0,62, chênh lệch giữa hai mốc thời gian là không nhiều. Tuy nhiên các khu vực khai thác khoáng sản bị tác động cao đã thay đổi, Đồng Phú ở giữa thế kỷ chịu mức tác động vừa. Vào năm 2050, chỉ số tác động ở mức cao nhất tới 0,602, dao động trong khoảng từ 0,37–0,60. 4/11 huyện thị ở mức vừa là Bù Gia Mập, Bù Đốp, Phú Riềng, Hớn Quản. Khu vực không thay đổi nhiều so với năm 2025 và 2030 nhưng mức tác động cao hơn.

+ Đến năm 2050 (Hình 6c), phạm vi tác động thay đổi, và mức độ tác động từ 0,56–0,65. Có 8/11 huyện thị chịu mức độ tác động cao là Phước Long, Bình Long, Chơn Thành, Bù Đốp, Phú Riềng, Hớn Quản, Đồng Phú, Bù Đốp và Bù Gia Mập, với chỉ số tác động từ 0,60–0,62, cao nhất là 0,65 tác động lên huyện Bù Đốp.

+ Đến cuối thế kỷ (năm 2100): mức độ tác động do BĐKH đối với cơ cấu sử dụng đất ở hầu hết các huyện, thị như Bình Long, Hớn Quản, Đồng Phú, Bù Gia Mập, Chơn Thành là không đổi. Các huyện Bù Đốp, TX. Phước Long và huyện Phú Riềng, chịu sự tác động rất đáng quan tâm, với chỉ số tác động cao nhất là 0,63. TP. Đồng Xoài chịu mức độ tác động thấp nhất. Đồng thời ở kịch bản này phạm vi tác động cao do BĐKH bị thu hẹp hơn so với ở kịch bản năm 2025 và năm 2030. Còn so với kịch bản RCP4.5 năm 2100 thì chỉ tác động ở kịch bản này nhỏ hơn nhưng không đáng kể (Hình 6d).

+ Đối với kịch bản RCP8.5, khu vực phía Bắc, trung tâm, Nam và Tây Nam của Tỉnh chịu tác động của BĐKH cao hơn so với các khu vực khác. Phạm vi chịu tác động BĐKH

mở rộng hơn so với kịch bản RCP4.5, trong đó có huyện Chơn Thành, Đồng Phú, Bù Đốp, Hớn Quản, Phú Riềng và TX. Phước Long.



Hình 6. Bản đồ chỉ số tác động do BĐKH đến SDĐ tỉnh Bình Phước theo kịch bản RCP8.5: (a) Năm 2025; (b) Năm 2030; (c) Năm 2050; (d) Năm 2100.

3.2 Một số giải pháp thích ứng với BĐKH liên quan đến sử dụng đất tỉnh Bình Phước

Giải pháp chính sách: Tích hợp yếu tố BĐKH vào các chiến lược, quy hoạch và kế hoạch sử dụng đất: là hoạt động rà soát, điều chỉnh, bổ sung cho các chiến lược, quy hoạch và kế hoạch đó, bao gồm chủ trương, chính sách, cơ chế, tổ chức có liên quan đến việc thực hiện chiến lược, quy hoạch và kế hoạch, các nhiệm vụ và sản phẩm cũng như các phương tiện, điều kiện thực hiện cho phù hợp với xu thế BĐKH, các hiện tượng khí hậu cực đoan và những tác động trước mắt và lâu dài của chúng đối với tài nguyên đất.

Giải pháp khoa học công nghệ: Các kết luận khoa học chính là cơ sở cho việc hoạch định các quy hoạch, chiến lược và chính sách về đất đai cho sự phát triển bền vững. Nhà nước cần đầu tư thích đáng cho các chương trình nghiên cứu nhằm giảm nhẹ và thích ứng với những tác động của BĐKH đến tài nguyên đất, các chương trình nghiên cứu và đánh giá tính tổn thương của các loại hình sử dụng đất.

Giải pháp tuyên truyền: Nâng cao năng lực, giáo dục và truyền thông: Biện pháp quan trọng khác nữa là cần nâng cao nhận thức của cộng đồng, năng lực cho các nhà quản lý, các nhà hoạch định chính sách... về khí hậu và BĐKH đến tài nguyên đất.

Giải pháp thích ứng:

- Đối với đất đai chịu ảnh hưởng hoặc có nguy cơ chịu ảnh hưởng của BĐKH, việc sử dụng đất sẽ hạn chế và phải được quản lý chặt chẽ. Để làm được điều đó, cần phải đánh giá mức độ bị ảnh hưởng, khả năng chịu ảnh hưởng, tình hình sử dụng đất hiện tại, tính tuân

hoàn của việc sử dụng đất. Trong đó nên tập trung vào các huyện thị chịu tác động của BĐKH lớn như: Bù Đốp, Chơn Thành, Đồng Phú, Hớn Quản, Phú Riềng và TX. Phước Long. Hay khu vực phía Bắc, trung tâm, Nam và Tây Nam.

- Phải xác định tỉnh Bình Phước nằm ở vùng thường xuyên chịu tác động của những hiện tượng khí hậu như: mưa lớn, lũ, ngập, hạn hán, khô nóng. Hiện tượng này càng có xu hướng xảy ra mạnh mẽ hơn do ảnh hưởng của BĐKH. Do vậy, định hướng sử dụng đất của tỉnh cần chú trọng đẩy mạnh thâm canh ở những nơi có khả năng tưới, tiêu; Tăng cường nông lâm kết hợp, khai thác hợp lý nhất nguồn tài nguyên đất theo hướng sản xuất hàng hóa; Bảo vệ duy trì và phát triển thảm thực vật ở khu vực đầu nguồn, khu vực núi cao, khu vực có tính phòng hộ.

- Bảo vệ, bảo tồn diện tích đất lâm nghiệp hiện có, mở rộng diện tích đất trồng rừng... nhằm thúc đẩy thực hiện các chương trình để bảo tồn và tăng cường bể hấp thụ khí nhà kính.

- Xây dựng chương trình sử dụng có hiệu quả diện tích đất trống, đồi núi trọc tạo việc làm cho người lao động, xóa đói giảm nghèo.

- Rà soát quy hoạch, đặc biệt là các huyện và thị chịu ảnh hưởng mạnh của BĐKH: Ưu tiên đất thủy lợi để xây dựng các công trình tiêu úng; Đất giao thông để xây dựng cơ sở hạ tầng phòng chống lụt bão; Đất ở phục vụ cho việc tái định cư, di dân. Quy hoạch sử dụng đất hợp lý tạo điều kiện cho việc định canh, định cư.

4. Kết luận

Biến đổi khí hậu ở Bình Phước diễn biến nhanh, dẫn đến diện tích đất bị ngập, khô cằn hay thoái hóa sẽ tăng cao làm ảnh hưởng đến sản xuất kinh tế và đời sống nhân dân.

Bài báo đã đánh giá mức độ tác động của BĐKH đến sử dụng đất tỉnh Bình Phước:

- Các huyện Bù Gia Mập, Bù Đốp, TX. Phước Long, Phú Riềng, TX. Bình Long, huyện Hớn Quản, Chơn Thành, Đồng Phú chịu sự tác động do BĐKH lớn, đặc biệt là huyện Hớn Quản và TX. Phước Long.

- Qua trình bày tác động do BĐKH đối với tỉnh Bình Phước nhận thấy, các huyện, thị có cơ cấu đất nông nghiệp, đất rừng, đất khoáng sản, đất trồng cây ăn trái, công nghiệp lâu năm, đất sông hồ, đất khu xử lý rác thải chịu sự tác động cao. Còn các loại đất giao thông, công trình, quốc phòng – an ninh, nhà ở, trụ sở ủy ban, công ty chịu sự tác động vừa do BĐKH. Điều trên thể hiện qua kết quả bản đồ chỉ số tác động do biến đổi khí hậu thiết lập dựa trên bản đồ hiện trạng và quy hoạch sử dụng đất, bộ chỉ số nhạy cảm, tổn thất (S) và bộ chỉ số phơi nhiễm, hứng chịu (E).

Tuy nhiên, đất ở tỉnh Bình Phước được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau, trong đó phần lớn đất phục vụ hoạt động nông nghiệp, trồng cây nên dễ chuyển đổi mục đích khác trong cùng lĩnh vực. Nhưng đất rừng, nông nghiệp vẫn có mức độ nhạy cảm với BĐKH tăng, khả năng phơi nhiễm của loại đất này với BĐKH là rất cao.

Tuy vậy, BĐKH làm thay đổi nhất định đến cơ cấu và quy hoạch SDD, thế nên có thể thử nghiệm nhiều loại cây trồng cho hiệu quả kinh tế cao hơn. Chủ động cải tạo đất đai vào các thời điểm có mưa, đặc biệt là mưa trái mùa. Lượng mưa diễn biến thất thường, do đó có thể chủ động sử dụng đất nông nghiệp vào các hình thức canh tác khác nhau. Nhưng cơ cấu sử dụng đất trong tương lai của tỉnh cũng phải đối mặt nhiều thách thức đó là: Nhiệt độ ngày càng cao, số lượng ngày nắng nóng trên 35°C ngày càng nhiều; Ngập tập trung ở các huyện thị ở hồ Thác Mơ và Cơn Đơn, nơi có tỷ lệ đất nông nghiệp, rừng khá cao. Lượng mưa mùa mưa ngày càng tăng, đặc biệt đặc biệt là phía Đông của Tỉnh.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Tỉnh là đề tài: “Đánh giá ảnh hưởng của BĐKH đến biến động diện tích và cơ cấu sử dụng đất, tiềm năng phát triển kinh tế xã hội, tiềm năng khai thác các loại tài nguyên khoáng sản trên địa bàn tỉnh Bình Phước”.

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. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P.M. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013, pp. 1535. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>.
2. Tân, P.V.; Thành, N.Đ. Biến đổi khí hậu ở Việt Nam: Một số kết quả nghiên cứu, thách thức và cơ hội trong hội nhập quốc tế. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2013**, 29, 42–55.
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam. Nhà xuất bản Tài nguyên – Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 2016.
4. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường. Hướng dẫn Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và xác định các giải pháp thích ứng. NXB Tài nguyên – Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 2011.
5. Nicholls, R.J.; Lowe J.A. Climate Stabilisation and Impacts of Sea-Level Rise. Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge University Press, 2006.
6. Dasgupta, S.; Laplante, B.; Meisner, C.; Wheeler, D.; Yan, J. The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries. A Comparative Analysis. World Bank Policy Research Working Paper 4136, 2007.
7. Thủy, T.T.T.; Thăng, V.V.; Quyền, N.H.; Hiệu, N.T.; Hiền, T.D.; Thanh, L.H. Xây dựng bản đồ phân bố cấp độ tác động của biến đổi khí hậu đến quy hoạch, thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng các khoáng sản chủ yếu ở Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 720, 23–31.
8. Hậu, N.Q.; Quyền, C.T.; Phong, V.T.; Khoa, L.V.; Minh, V.Q. Đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn và các yếu tố kinh tế – xã hội đến sản xuất nông nghiệp huyện Vũng Liêm – tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu* **2017**, 1, 64–70.
9. Thực, T.; Tường, L.N.; Thắng, N.V.; Thái, T.H. Thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển bền vững. Báo cáo hội thảo Tham vấn quốc gia về chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu và nước biển dâng, 2008, 4–12.
10. Thực, T.; Hương, T.T.T.; Thắng, N.V.; Nhuận, M.T.; Trí, L.Q.; Thành, L.Đ.; Hương, H.T.L.; Sơn, V.T.; Thuận, N.T.H. và Tường, L.N. Báo cáo đặc biệt của Việt Nam về Quản lý rủi ro thiên tai và hiện tượng cực đoan nhằm thúc đẩy thích ứng với biến đổi khí hậu. NXB Tài nguyên–Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam, 2015.
11. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông báo Quốc gia lần thứ ba của Việt Nam cho Công ước khung của Liên Hợp Quốc về biến đổi khí hậu, 2018.
12. Nam, L.H.; Tín, N.V.; Toàn, H.C.; Hoàng, T.T.; Long, P.T. Đánh giá xu thế và xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho tỉnh Bình Phước. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 717, 32–43. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2020\(717\).32–43](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2020(717).32-43).

13. Tuân, H.M.; Tuấn, N.M.; Huyền, K.T.T.; Long, N.H. Tác động của biến đổi khí hậu đến nông nghiệp và các sáng kiến thích ứng với biến đổi khí hậu tại huyện Văn Bàn, tỉnh Lào Cai. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ – Đại học Thái Nguyên* **2019**, 201, 115–120.
14. Ngọc, N.B.; Ngữ, N.H.; Đức, T.T. Đánh giá các loại hình sử dụng đất nông nghiệp thích ứng với biến đổi khí hậu ở huyện Quảng Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển nông thôn* **2018**, 27(3B), 83–95. <https://doi.org/10.26459>.
15. Vũ, P.T.; Minh, V.Q.; Huy, V.T.; Nguyễn, P.C. Tác động của mặn và ngập theo kịch bản biến đổi khí hậu đến tiềm năng thích nghi đất đai vùng ven biển đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Nông nghiệp* **2016**, 4, 71–83. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2016.105>.
16. Hương, T.T.G.; Vòng, N.T.; Tăng, B.M. Bố trí sử dụng đất của tỉnh Nam Định để thích ứng với biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khoa học và Phát triển* **2015**, 13(6), 921–930.

Assessment of climate change impacts on land use and some climate change adaptation measures in Binh Phuoc province

Le Hoai Nam^{1*}, Nguyen Van Tin³, Ho Cong Toan², Tran Tuan Hoang², Pham Thanh Long²

¹ Southern Center for Environmental Monitoring; lhnamm@gmail.com;

² Sub-Institute of Hydrometeorology and Climate change; hoangkttv@gmail.com; longpham.sihymete@gmail.com; hocongtoanhdh@gmail.com;

³ Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment; tin.sihymete@gmail.com;

Abstract: The study gives the results of analysis and assessment of the impact of climate change (CC) on the land use sector in Binh Phuoc province based on the evaluation indexes according to the results of the climate model, the flooding model. On that basis, the study gave results on the level of impacts and their impact assessment on land use (land use) in Binh Phuoc province, specifically: land use in Dong Xoai city suffered the lowest impact level from 0.54–0.55; Bu Dop district is affected by climate change on a high level of land use, with impact indexes from 0.60–0.66 under some scenarios. Other districts and towns in Binh Phuoc province have medium to high impact range with impact indexes of 0.54–0.60. The article has outlined the impact of climate change, at the same time proposing some solutions to adapt to climate change, these research results will contribute to providing information for Binh Phuoc province, serving the re-planning of malnutrition. reasonable way in the context of climate change.

Keywords: Impact; Climate change; Land use; Adaptation.

Bài báo khoa học

Giải pháp mới về bản đồ để hiển thị thông tin khí tượng thủy văn

Giáp Văn Vinh^{1*}, Nguyễn Nam Đức², Nguyễn Hồng Hải²

¹ Liên đoàn Khảo sát Khí tượng Thủy văn; giapvanvinh@yahoo.com

² Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ; ngnamduc@gmail.com;
haikstv@yahoo.com

*Tác giả liên hệ: giapvanvinh@yahoo.com; Tel.: +84-913998640

Ban Biên tập nhận bài: 23/3/2021; Ngày phản biện xong: 28/4/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Hiển thị thông tin khí tượng thủy văn (KTTV) trên bản đồ là một phương thức thông dụng trong công tác quản lý mạng lưới trạm và dự báo KTTV. Tuy nhiên, hầu hết các phần mềm máy tính có sử dụng bản đồ hiện nay được thiết kế chạy trên nền tảng các công cụ bản đồ chuyên dùng như WebGis, MapInfor, ArcGis ... với chi phí bản quyền cao. Do vậy, giải pháp về bản đồ để hiển thị thông tin KTTV dựa trên các file hình ảnh bản đồ nền định dạng JPEG đã được nghiên cứu, có khả năng chạy độc lập, không phụ thuộc vào các công cụ hỗ trợ bản đồ chuyên dùng. Kết quả áp dụng trên các phần mềm ứng dụng ở Nam Bộ cho thấy giải pháp mới không những có đầy đủ các chức năng cơ bản về bản đồ như phóng to, thu nhỏ, di chuyển, hiển thị thông tin trạm, tọa độ con trỏ trên bản đồ ... mà còn có chức năng nâng cao như hiển thị thông tin dưới dạng bảng thống kê, biểu đồ, đường đồng mức ... Nghiên cứu cũng cho thấy tính thực tiễn của giải pháp mới về bản đồ trong lập trình thay cho các công cụ bản đồ chuyên dùng khi xây dựng các phần mềm chuyên môn về KTTV, đặc biệt đối với phần mềm có nhiều người sử dụng nhằm tiết kiệm phí bản quyền.

Từ khóa: Bản đồ; Khí tượng thủy văn; Hiển thị thông tin trên bản đồ.

1. Mở đầu

Ứng dụng công nghệ tin học để hiển thị thông tin trên bản đồ là một phương thức thông dụng và được phát triển nhanh trong nhiều lĩnh vực khác nhau, trong đó có ngành khí tượng thủy văn (KTTV). Hầu hết các phần mềm ứng dụng có sử dụng bản đồ hiện nay thường được lập trình trên các nền công cụ hỗ trợ bản đồ WebGIS, MapInfor, ArcGis...

Trên thế giới hiện nay, công nghệ WebGis được sử dụng khá phổ biến, điển hình như trang web của Ủy hội sông Mê Công có thể hiển thị số liệu thủy văn trong thời gian thực quan trắc được từ mạng lưới trạm KTTV tự động ở Ủy hội sông Mê Công (MRC); ngoài ra còn có nhiều phần mềm chuyên môn như: (1) phần mềm HYMOS [1] để quản lý tổng hợp số liệu KTTV, được sử dụng nhiều ở MRC và lập trình trên nền công cụ hỗ trợ MapInfor; (2) phần mềm Map & View [2] được chuyển giao từ dự án WB4 để tổng hợp số liệu trạm tự động ở Nam Bộ, sử dụng công cụ hỗ trợ ArcGis; (3) phần mềm Hydras3 [3] để điều khiển, xử lý số liệu trạm tự động có thiết bị của hãng OTT, sử dụng hình ảnh bản đồ tĩnh với mạng lưới trạm lập sẵn.

Ở trong nước, công nghệ WebGis đang được ứng dụng, điển hình là trang web của hệ thống trạm đo mưa chuyên dùng Vrain và các nghiên cứu về quản lý dữ liệu [4]; ngoài ra, có nhiều phần mềm chuyên môn được lập trình trên nền công cụ hỗ trợ ArcGIS điển hình như: (1) phần mềm HydroGis [5], (2) phần mềm tích hợp thông tin trợ giúp nghiệp vụ dự báo khí

tượng và hải văn cho các Đài KTTV khu vực phía Nam [6], (3) hệ thống tích hợp thông tin thủy văn và lưu vực sông, trợ giúp nghiệp vụ dự báo thủy văn và quản lý các lưu vực sông của Đài KTTV khu vực Nam Bộ [7], và (4) bộ công cụ dự báo, cảnh báo sớm mưa, lũ, đồng khu vực đồng bằng sông Cửu Long [8].

Các ứng dụng có bản đồ được lập trình với WebGis cần có internet để kết nối với máy chủ, trong khi các phần mềm chuyên môn có sử dụng công cụ hỗ trợ bản đồ MapInfor hay ArcGis ... cần được cài đặt công cụ cùng với phần mềm vào máy tính. Nói cách khác, các tính năng về bản đồ của các phần mềm dạng này phụ thuộc vào các công cụ hỗ trợ bản đồ chuyên dùng và thường phải trả phí bản quyền, đặc biệt là đối với công cụ ArcGis. Mặt khác, các tính năng công cụ bản đồ này thường được định sẵn nên đôi khi không thể lập trình theo yêu cầu riêng.

Để hạn chế được các khó khăn trên, giải pháp mới về bản đồ để hiển thị thông tin đã được nghiên cứu. Nội dung của giải pháp mới này là nghiên cứu, xây dựng một ứng dụng về bản đồ dựa trên các file hình ảnh bản đồ nền của khu vực, từng tỉnh theo định dạng JPEG, có khả năng chạy độc lập và có thể tích hợp vào các phần mềm chuyên môn. Với giải pháp này, ngoài các chức năng cơ bản về bản đồ (như phóng to, thu nhỏ, di chuyển, hiển thị thông tin tọa độ con trỏ chuột, thông tin về trạm đo ...) còn có một số chức năng nâng cao được lập trình bổ sung (như hiển thị bảng số liệu, vẽ biểu đồ, đường đồng mức ...). Ngoài ra, giải pháp cũng giúp cho việc cài đặt phần mềm có sử dụng bản đồ trở nên đơn giản và không phải trả phí bản quyền cho các công cụ hỗ trợ bản đồ chuyên dùng.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Giới thiệu phạm vi khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc phạm vi quản lý của Đài KTTV khu vực Nam Bộ với 19 tỉnh thành (Hình 1). Hiện có nhiều mạng lưới trạm KTTV ở Nam Bộ bao gồm 80 trạm truyền thống và 322 trạm tự động với nhiều yếu tố quan trắc [9].



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu.

Thông tin được sử dụng để nghiên cứu cho hiển thị trên bản đồ là các trạm KTTV và số liệu quan trắc từ các trạm đo.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp lập trình máy vi tính được sử dụng để nghiên cứu, xây dựng giải pháp về bản đồ để hiển thị thông tin KTTV. Với ngôn ngữ lập trình Visual Basic 6.0 [10], các điều khiển (*control*), phương thức (*method*) và hàm (*function*) cơ bản được sử dụng là:

- Các điều khiển: PictureBox (để vẽ hình ảnh, biểu đồ) và VSFlexGrid (để lập bảng thống kê số liệu).

- Các phương thức và hàm
 - + LoadPicture ([Filename], [Size], [ColorDepth], [X], [Y] As IpictureDisp);
 - + PaintPicture (Picture As StdPicture, X1 As Single, Y1 As Single, [Width1], [Height1], [X2], [Y2], [Width2], [Height2], [Opcode];
 - + MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single);
 - + MouseMove(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single);
 - + MouseUp(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single).

Có nhiều loại định dạng file hình ảnh khác nhau như Bitmap, JPEG, GIF, PNG, TIFFT ..., mỗi loại thích hợp cho yêu cầu riêng [11]. Giải pháp về bản đồ trong nghiên cứu này chọn loại hình ảnh có định dạng JPEG.

2.2. Giải pháp thực hiện

Giải pháp hiển thị thông tin trên bản đồ dựa trên file hình ảnh bản đồ nền được thực hiện theo các bước sau đây:

Bước 1: Biên tập các file hình ảnh bản đồ nền của khu vực, tỉnh, huyện với định dạng ảnh JPEG.

- Sử dụng phần mềm bản đồ chuyên dùng MapInfor để biên tập các hình ảnh bản đồ trên cơ sở các lớp bản đồ: biên giới quốc gia, ranh giới hành chính (tỉnh, huyện), sông ngòi, kênh rạch, đường giao thông;

- Trích xuất ra các file định dạng hình ảnh .jpg, theo tỉ lệ 4 x 3 (rộng x cao) với kích thước 4000 x 3000 pixel và lưu trữ các file hình bản đồ nền theo số thứ tự hoặc theo tên khu vực, tỉnh, huyện;

- Xác định tọa độ của 3 góc của từng hình bản đồ (riêng tọa độ góc thứ 4 còn lại được xác định theo nội suy hình chữ nhật) và lưu trữ các thông số tọa độ tương ứng với tên file hình bản đồ vào file cấu hình.

Bước 2: Lập trình ứng dụng về bản đồ với các tính năng cơ bản như Bảng 1.

Bảng 1. Các tính năng cơ bản và giải pháp lập trình.

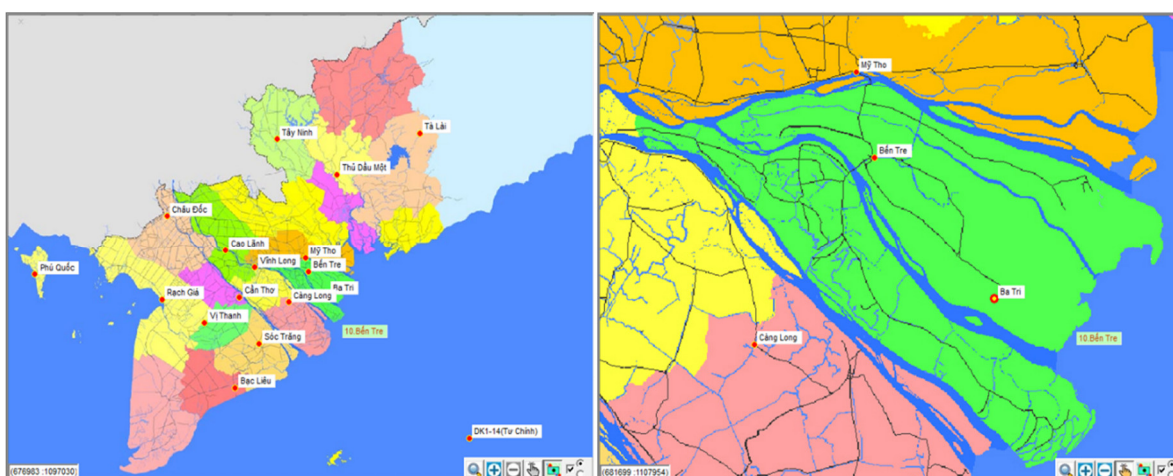
TT	Tính năng trên bản đồ	Giải pháp lập trình và các điều khiển, phương thức, hàm được sử dụng
1	Hiển thị bản đồ	- PictureBox - LoadPicture
2	Xác định tọa độ của chuột trên bản đồ	- MouseMove (để xác định vị trí tương đối theo phần trăm chiều ngang, chiều cao của khung bản đồ) - Thông số tọa độ các góc của bản đồ nền - Hệ số phóng đại
3	Hiển thị hoặc phóng to một khu vực có tọa độ xác định trên bản đồ	- PainPicture - Các thông số tọa độ các góc của bản đồ nền và của khu vực cần hiển thị hoặc phóng to
4	Phóng to, thu nhỏ, di chuyển bản đồ trên khung bản đồ	- PainPicture - MouseMove, MouseUp, MouseDown - Các thông số tọa độ các góc của bản đồ nền - Hệ số phóng đại
5	Hiển thị bảng thông tin số liệu, vẽ biểu đồ trên bản đồ tại tọa độ cho trước.	- VSFlexGrid - PictureBox - MouseMove - Các thông số tọa độ các góc của bản đồ nền - Hệ số phóng đại
6	Liên kết với các chức năng khác của phần mềm thông qua thông số trên bản đồ như trạm, yếu tố.	- MouseMove - Thông số tọa độ các góc của bản đồ nền - Hệ số phóng đại

3. Kết quả và thảo luận

Giải pháp về bản đồ dựa trên các file hình ảnh nền đã được lập trình và tích hợp một số phần mềm đang được sử dụng, điển hình như phần mềm ManuSys [12] để chia sẻ thông tin về mực nước và mưa ở các nước thuộc MRC để phục vụ dự báo [13], phần mềm TeleSys [14] để quản lý, khai thác số liệu từ mạng lưới trạm thủy văn tự động thuộc MRC, phần mềm ManOnline [15] để tổng hợp số liệu đo mặn ở Nam Bộ và bộ công cụ tổng hợp số liệu KTTV ở khu vực Nam Bộ [16]. Sau đây là một số chức năng của giải pháp về bản đồ đã được thực hiện cho khu vực Nam Bộ.

3.1. Các chức năng cơ bản của công cụ bản đồ

Giải pháp mới về bản đồ có đầy đủ các chức năng cơ bản tương tự như các công cụ bản đồ chuyên dùng, gồm: phóng to, thu nhỏ, di chuyển, hiển thị tọa độ của con trỏ chuột trên bản đồ, hiển thị trạm đo với ký hiệu, hiển thị tên trạm ... (Hình 2).

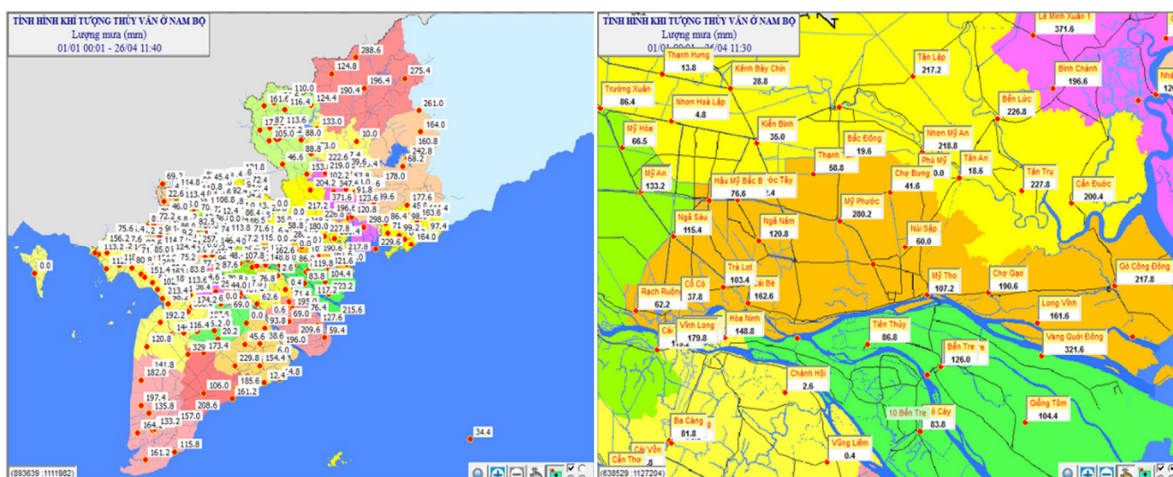


Hình 2. Các tính năng cơ bản trên bản đồ.

Trên Hình 2, bản đồ có các biểu tượng trạm cùng với tên trạm, có hộp công cụ ở góc dưới bên phải và khung tọa độ ở góc dưới bên trái. Tên trạm được thể hiện với các tùy chọn khác nhau. Tọa độ con trỏ chuột trên bản đồ được thể hiện theo đơn vị độ, phút, giây (kinh vĩ độ) hoặc mét (UTM).

3.2. Chức năng thể hiện số liệu trên bản đồ

Số liệu của trạm đo KTTV có thể được thể hiện trên bản đồ như Hình 3.

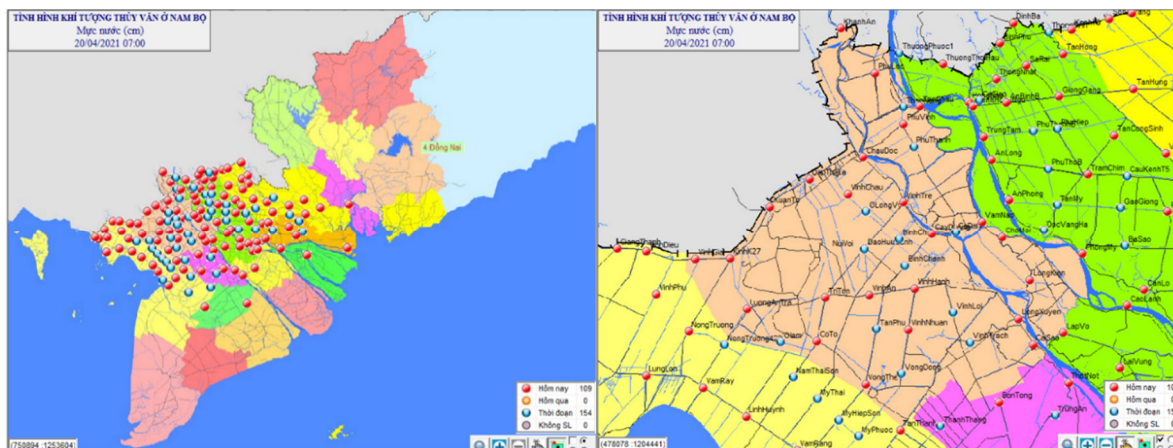


Hình 3. Tổng lượng mưa từ 1/1 đến 25/4/2021 ở Nam Bộ.

Theo đó, kết quả thống kê tổng lượng mưa từ đầu năm đến hết ngày 25/4/2021 ở Nam Bộ được thể hiện trên bản đồ tại các vị trí trạm tương ứng.

3.3. Chức năng thể hiện các biểu tượng trên bản đồ

Các loại biểu tượng theo chủ đề có thể được thể hiện trên bản đồ như Hình 4.

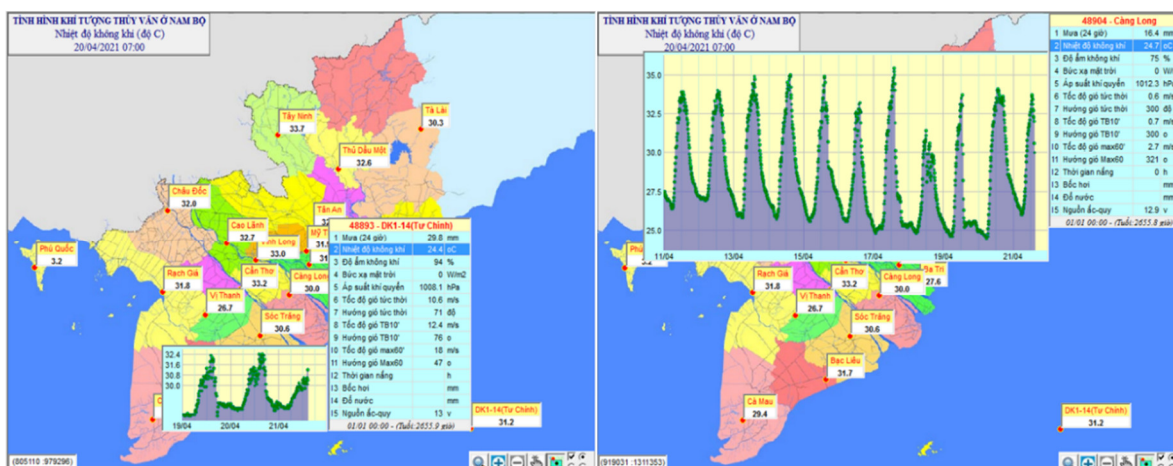


Hình 4. Tình hình số liệu từ mạng lưới trạm thủy văn ở Nam Bộ ngày 20/4/2021.

Theo đó, tình hình số liệu thu nhận được ở các trạm có thể được thể hiện bằng các biểu tượng hình tròn với các màu sắc khác nhau; từ đó cho biết được tình trạng hoạt động của trạm đo. Hình 4 cũng cho thấy cách thức phóng to nhanh tỉnh An Giang nhờ có tính năng khi di chuyển chuột lên tỉnh nào trên bản đồ thì bên phải chuột có dòng chữ thể hiện tên tỉnh đó (căn cứ vào vị trí tương đối của vị trí con trỏ chuột so với ranh giới khép kín của từng tỉnh) và khi nhấp đôi chuột tại vị trí phía trong tỉnh nào thì bản đồ tại tỉnh đó sẽ được phóng to theo các thông số tọa độ đã định trước.

3.4. Chức năng thể hiện bảng số liệu và biểu đồ trên bản đồ

Bảng thống kê số liệu và biểu đồ có thể hiển thị trên bản đồ như Hình 5.

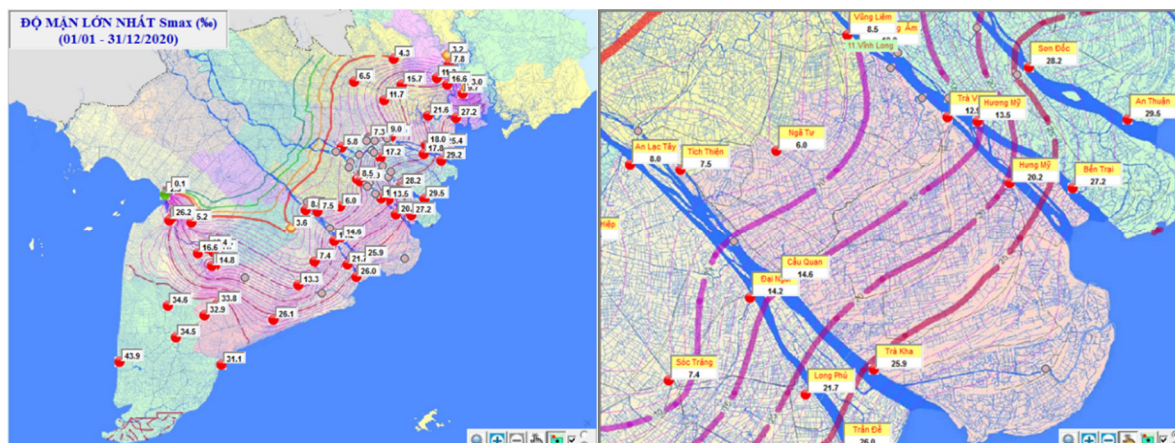


Hình 5. Bảng thống kê và biểu đồ của mạng lưới trạm khí tượng tự động ở Nam Bộ.

Hình 5 cho thấy cách thức thể hiện bảng thống kê và biểu đồ các yếu tố quan trắc khí tượng tự động. Theo đó, khi di chuyển chuột lên trên biểu tượng trạm (hình tròn đỏ viền vàng) thì bảng thống kê số liệu của các yếu tố quan trắc hiện ra với số liệu mới nhất; khi di chuyển con trỏ chuột trên các dòng tên yếu tố của bảng thống kê thì biểu đồ của yếu tố quan trắc xuất hiện với số liệu trong thời đoạn 10 ngày qua.

3.5. Chức năng vẽ đường đồng mức

Đường đồng mức của các yếu tố có thể được vẽ bổ sung trên bản đồ như Hình 6.

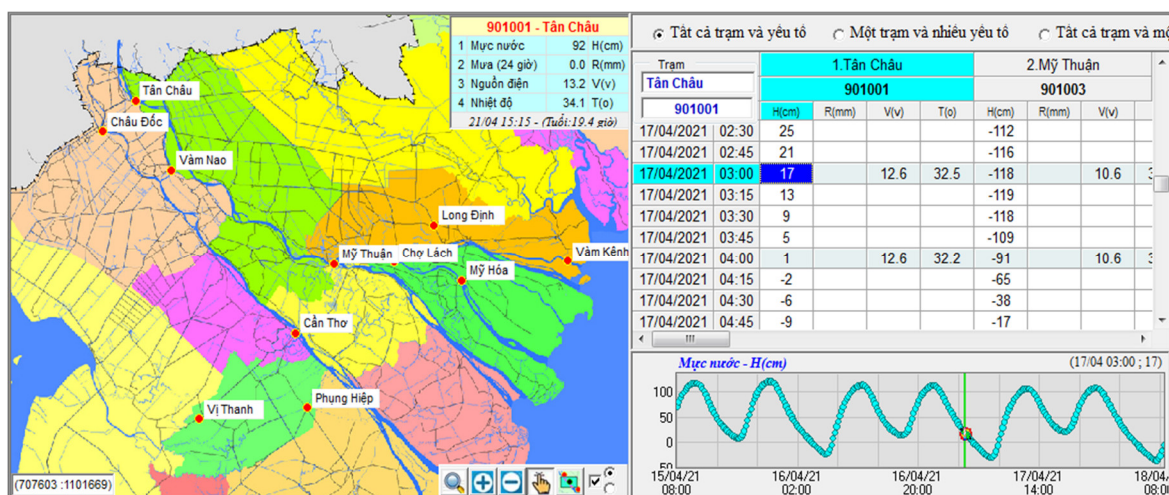


Hình 6. Đường đồng mức về độ mặn lớn nhất năm 2020 ở Nam Bộ.

Hình 6 thể hiện số liệu xâm nhập mặn lớn nhất năm 2020 ở Nam Bộ. Với số liệu này và thông tin tọa độ của các trạm, đường đồng mức độ mặn được vẽ khi được liên kết với phần mềm vẽ đồng mức chuyên dùng Suffer [17].

3.6. Chức năng liên kết với các thành phần khác trong phần mềm

Các thao tác trên bản đồ có khả năng liên kết với các thành phần khác trong phần mềm như minh họa ở Hình 7.



Hình 7. Mối liên kết giữa bản đồ với các thành phần khác trong phần mềm.

Theo đó, giữa bản đồ và các thành phần khác trong phần mềm (như bảng thống kê, biểu đồ,...) có mối liên kết, tác động qua lại với nhau để cùng thực thi khi có các thay đổi về mạng lưới trạm, tên trạm đo, yếu tố quan trắc,...

Tóm lại, giải pháp về bản đồ dựa trên các file hình bản đồ nền đã nghiên cứu và áp dụng thành công cho các chức năng có liên quan đến bản đồ của phần mềm ứng dụng như đã trình bày. Tuy vậy, giải pháp về bản đồ này cũng có vài hạn chế như: khả năng phóng to phụ thuộc vào độ phân giải của file hình bản đồ nền, không thể hiện được hình ảnh dạng chữ như tên sông, tên đường ... (do chữ cũng được phóng to cùng với hình ảnh) và có sai lệch nhỏ về tọa độ so với thực tế. Kết quả thử nghiệm cho thấy các hạn chế này không đáng kể so với hiệu quả từ giải pháp bản đồ này.

4. Kết luận

Giải pháp về bản đồ để hiển thị thông tin KTTV dựa trên hình ảnh bản đồ nên có nhiều tính năng cơ bản như công cụ bản đồ chuyên dùng như: hiển thị tên trạm, biểu tượng tại vị trí trạm, phóng to, thu nhỏ, di chuyển, tọa độ con trỏ chuột ... ; ngoài ra, giải pháp có thể lập trình các tính năng nâng cao như: phóng to nhanh từng tỉnh, hiển thị bảng thông liệu số liệu, vẽ biểu đồ, vẽ đường đồng mức, có mối liên kết với các thành phần khác trong phần mềm... Mặt khác, các chức năng bản đồ của giải pháp này có khả năng chạy độc lập, nhanh chóng, không còn phụ thuộc vào các công cụ hỗ trợ bản đồ chuyên dùng nên công việc cài đặt được đơn giản và không còn lo chi phí bản quyền của các công cụ này.

Kết quả nghiên cứu cho thấy giải pháp mới về bản đồ để hiển thị thông tin KTTV dựa trên các file hình ảnh bản đồ nên có khả năng ứng dụng cao trong thực tiễn, đặc biệt đối các phần mềm chuyên môn có nhiều người sử dụng nhằm tiết kiệm chi phí bản quyền của các công cụ hỗ trợ bản đồ chuyên dùng.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: G.V.V., N.N.Đ.; Viết bản thảo bài báo: G.V.V.; Chỉnh sửa bài báo: N.N.Đ., N.H.H.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này một phần kết quả của đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường: “Nghiên cứu, xây dựng hệ thống tăng cường năng lực thông tin khí tượng thủy văn phục vụ công tác dự báo, phòng chống thiên tai ở khu vực Nam Bộ”, mã số TNMT.2018.05.15.

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. Delft Hydraulics. HYMOS Manual version 4.02, 2001.
2. OTT. Hydras3 Software version 2.91.0, 2008.
3. CAE S.P.A. Hướng dẫn sử dụng phần mềm Map & View, 2012.
4. Thanh, L.Q; Quang, T.C.; Minh, V.Q.; Lê, Q. Ứng dụng công nghệ WebGIS quản lý dữ liệu thủy lợi tại thành phố Cần Thơ. *Tap chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ* **2014**, 39–47.
5. Nhân, N.H. Phần mềm HydroGis. Dự án kỹ thuật tiến bộ của Tổng cục Khí tượng Thủy văn năm 1999–2002.
6. Công, T.T. Phần mềm tích hợp thông tin trợ giúp nghiệp vụ dự báo khí tượng và hải văn cho các Đài KTTV khu vực phía Nam, 2012.
7. Giám, N.M. Hệ thống tích hợp thông tin thủy văn và lưu vực sông, trợ giúp nghiệp vụ dự báo thủy văn và quản lý các lưu vực sông của Đài KTTV khu vực Nam Bộ, 2014.
8. Quyền, L.N. và cs. Bộ công cụ dự báo, cảnh báo sớm mưa, lũ, dông khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Đề tài cấp bộ, mã số TNMT.2017.05.03, 2017–2020.
9. Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ. Thuyết minh đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu, xây dựng hệ thống tăng cường năng lực thông tin khí tượng thủy văn phục vụ công tác dự báo, phòng chống thiên tai ở khu vực Nam Bộ”, 2018.
10. Tiến, N.; Hường, Đ.X.; Hoài, N.V.; Vân, T.N. Kỹ năng lập trình Visual Basic. Nhà xuất bản giáo dục, 1997.
11. Tường, V.M.; Đức, D.A. Giáo trình nhập môn đồ họa và xử lý ảnh. Khoa tin học, Đại học Mở – Bán công Tp. Hồ Chí Minh, 1995.
12. Vinh, G.V. ManuSys software User Guide, 2006.
13. Vinh, G.V. Phần mềm quản lý, trao đổi, chia sẻ số liệu khí tượng thủy văn phục vụ dự báo lũ ở hạ lưu sông Mê Công. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2010**, 593, 12–16.
14. Vinh, G.V. TeleSys software User Guide, 2008.

15. Vinh, G.V. Hướng dẫn sử dụng phần mềm ứng dụng HydMet–ManOnline, 2016.
16. Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ. Bộ công cụ tổng hợp số liệu KTTV ở khu vực Nam Bộ. Đề tài cấp bộ, mã số TNMT.2018.05.15, 2018–2021.
17. Trúc, H.V.; Hướng dẫn sử dụng phần mềm Suffer v9, 2015.
<https://vdocuments.site/huong-dan-dung-phan-mem-surfer-v9.html>

A new solution to show hydro–meteorological information on map

Giap Van Vinh^{1*}, Nguyen Nam Duc², Nguyen Hong Hai²

¹ Hydro–Meteorological Detachment; giapvanvinh@yahoo.com

² Southern Regional Hydro–Meteorological Center; ngnamduc@gmail.com;
haikstv@yahoo.com

Abstract: Showing information on map is a common way for hydro–meteorological network management and forecasting softwares. However, most of these softwares are designed on professional map tools such as WebGis, MapInfor, ArcGis, etc., with expensive license fee. Therefore, research proposed a new solution to show information on map based on JPEG images and is able to run dependently without supporting map tools. Applying this solution for some softwares, the results showed that this map solution can perform not only basic functionalities such as zoom in, zoom out, move, mouse co–ordinates but also advanced functionalities such as to display data statistics table, graph, contours, etc. The results also showed the practicality of proposed map solution in programming, especially for multi–users software in order to save license costs.

Keywords: Map; Hydro–meteorological; Showing information on map.

Bài báo khoa học

Đánh giá hiện trạng sử dụng nước và năng lượng cho sản xuất lúa xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai

Hoàng Trang Thu^{1*}, Phạm Thị Thảo Nhi², Nguyễn Văn Thịnh³, Đào Nguyên Khôi¹

¹ Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, TP.HCM, Việt Nam; thuhoang190496@gmail.com; dnkhoi@hcmus.edu.vn

² Viện Khoa học và Công nghệ Tính toán, TP.HCM, Việt Nam; nhi.ptt@icst.org.vn

³ ĐH Quốc Gia Seoul, TP. Seoul, Hàn Quốc; vnguyen@snu.ac.kr

*Tác giả liên hệ: thuhoang190496@gmail.com; Tel: +84-383201057

Ban Biên tập nhận bài: 26/3/2021; Ngày phản biện xong: 02/5/2021; Ngày đăng bài: 25/5/2021

Tóm tắt: Nghiên cứu minh họa phương pháp tiếp cận mối liên kết giữa Nước-Năng lượng-Lương thực (WEFN) để xem xét hiện trạng sử dụng nước và năng lượng cho cây lúa nước ở xã Tân An, huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai. Chỉ số WEFNI được sử dụng để tính toán hiệu quả sử dụng nước và năng lượng cho trồng lúa ở khu vực nghiên cứu. Giá trị WEFNI của xã khoảng 0,33 chứng tỏ mối liên kết WEFNI khá thấp, hiệu quả sử dụng nước và năng lượng cho sản xuất lúa ở xã không cao. Phân tích mối liên hệ của WEFNI về sản xuất và tiêu thụ cây lúa trong năm 2019-2020 cho thấy năng suất cây lúa khoảng 18,8 tấn/ha.năm, mức tiêu thụ nước là 10 nghìn m³/ha.năm và năng lượng là 323 nghìn MJ/ha.năm tương ứng để canh tác. Năng lượng tiêu thụ cho việc tưới tiêu là khoảng 1,5 nghìn MJ/ha đối với cây lúa chiếm khoảng 1% tổng năng lượng phục vụ sản xuất ở khu vực nghiên cứu. Từ đó, nghiên cứu cũng đã đề xuất các biện pháp canh tác tối ưu hóa năng suất nước và năng lượng cho cây trồng này.

Từ khóa: Mối liên kết Nước-Năng lượng-Lương thực; Nước; Năng lượng; Lúa; Xã Tân An.

1. Mở đầu

Theo nghiên cứu [1], con người được dự đoán sẽ cần thêm 50% nhu cầu về năng lượng, 35% nhu cầu thực phẩm và 40% nhu cầu nước sạch trước áp lực của bùng nổ dân số và đô thị hóa. Với nguồn tài nguyên hạn chế, cung cấp năng lượng không đủ, và căng thẳng về nước ngày càng gia tăng, thách thức về cung cấp đủ nước và năng lượng để trồng đủ lương thực cho dân số ngày càng tăng. Mối liên hệ giữa các thành phần này trở nên ngày càng quan trọng, đặc biệt đối với sức khỏe của con người, giảm nghèo đói và phát triển bền vững [2]. Vì vậy, trước hết để đảm bảo sự phát triển đủ của xã hội, các nhà quản lý cần xem xét 3 yếu tố nước, năng lượng, lương thực, tuy nhiên khi xét đến mối liên kết giữa nước-năng lượng-lương thực không thể chỉ xét đơn lẻ từng thành phần mà phải xem xét một cách hệ thống, tích hợp các thành phần.

Các nguồn tài nguyên nước và năng lượng liên quan mật thiết với lương thực sản xuất. Nước được sử dụng tưới cây và chế biến thực phẩm. Nước còn được sử dụng làm mát nhà máy nhiệt điện và là đầu vào cho nhà máy thủy điện. Năng lượng được sử dụng trong toàn bộ chuỗi cung ứng thực phẩm, từ sản xuất đến tiêu thụ và là nguyên liệu đầu vào cho nông

nghiệp, chẳng hạn như phân bón và tưới tiêu, chế biến và phân phối. Năng lượng còn được sử dụng để sản xuất phân bón, vận hành máy móc. Năng lượng được sử dụng để cung cấp nước (bơm và khai thác nước, xử lý nước và khử muối). Vì sự tương tác mật thiết giữa 3 lĩnh vực này mà khi một chính sách được áp dụng vào một lĩnh vực nhưng không xét tới ảnh hưởng đến những lĩnh vực khác có thể dẫn đến những hậu quả không thể lường trước được. Sử dụng phương pháp tiếp cận môi liên kết để quản lý bền vững nguồn nước và năng lượng trong chuỗi cung ứng lương thực và thực phẩm được coi là một cách tiếp cận đầy hứa hẹn cho sự phát triển của mỗi quốc gia. Cách tiếp cận môi liên kết này hỗ trợ tái chế và tái sử dụng các sản phẩm thải và sản phẩm phụ giữa các ngành và tạo ra nền kinh tế tuần hoàn. Sản xuất nhiều hơn, đảm bảo phát triển kinh tế và con người nhiều hơn trong khi sử dụng ít tài nguyên thiên nhiên hơn và giảm áp lực môi trường [3].

Một số chỉ số được áp dụng để đánh giá tính bền vững nguồn nước, trong đó có chỉ số có sẵn của nước [4], chỉ số khan hiếm nước [5], chỉ số dễ bị tổn thương về tài nguyên nước [6], chỉ số căng thẳng về nước xã hội [7], chỉ số căng thẳng về nước (WSI) [8] và chỉ số nghèo về nước (WPI) [9]. Bên cạnh đó, cũng có một số chỉ số được áp dụng để đánh giá tính bền vững nguồn năng lượng như chỉ số năng lượng bền vững (ESI) [10], chỉ số bền vững công nghệ năng lượng (ETSI) [11]. Tuy nhiên, các chỉ số này chỉ xem xét một khía cạnh sử dụng tài nguyên nước hoặc năng lượng đối với hoạt động nhân sinh. Do đó, cần thiết phải có một chỉ số tổng hợp xem xét cả khía cạnh nước và năng lượng, chứ không chỉ tập trung một khía cạnh như trước đây. Gần đây nhất, chỉ số WEFNI (chỉ số Nước–Năng lượng–Lương thực) được phát triển để khắc phục hạn chế này [12]. Chỉ số này tập trung vào các vấn đề về an ninh liên quan đến các thành phần nước, năng lượng, và lương thực trong môi liên kết. Điểm mới của phương pháp tiếp cận này so với các phương pháp tiếp cận trên như sau: (1) phương pháp này cho phép xem xét các khía cạnh khác có liên quan ngoài khía cạnh về nước; (2) nhấn mạnh về mức độ an ninh của ba thành phần liên quan; (3) mở ra cơ hội tạo ra các giải pháp bền vững thông qua sự hợp tác của cộng đồng–cá nhân [13].

Lúa là một trong những cây lương thực chính ở Việt Nam hiện nay bên cạnh ngô, sắn và khoai lang. Xã Tân An hiện là xã đứng đầu trong canh tác cây lúa ở huyện Vĩnh Cửu, tỉnh Đồng Nai với diện tích lúa chiếm 30,17% diện tích tự nhiên của xã. Bên cạnh đó, xã nằm dọc theo sông Đồng Nai, có hệ thống thủy lợi đầy đủ và thuận lợi cho việc trồng lúa. Tiếp cận các nguồn tài nguyên nước và năng lượng phục vụ xem xét khả năng sản xuất lương thực ở xã Tân An là một trường hợp nghiên cứu điển hình, cũng như cung cấp cái nhìn trong việc tiếp cận môi liên kết này để hỗ trợ giải quyết phân bổ tài nguyên và đánh đổi để đáp ứng nhu cầu tăng nhanh các nguồn tài nguyên ở Việt Nam hiện nay.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Khu vực nghiên cứu

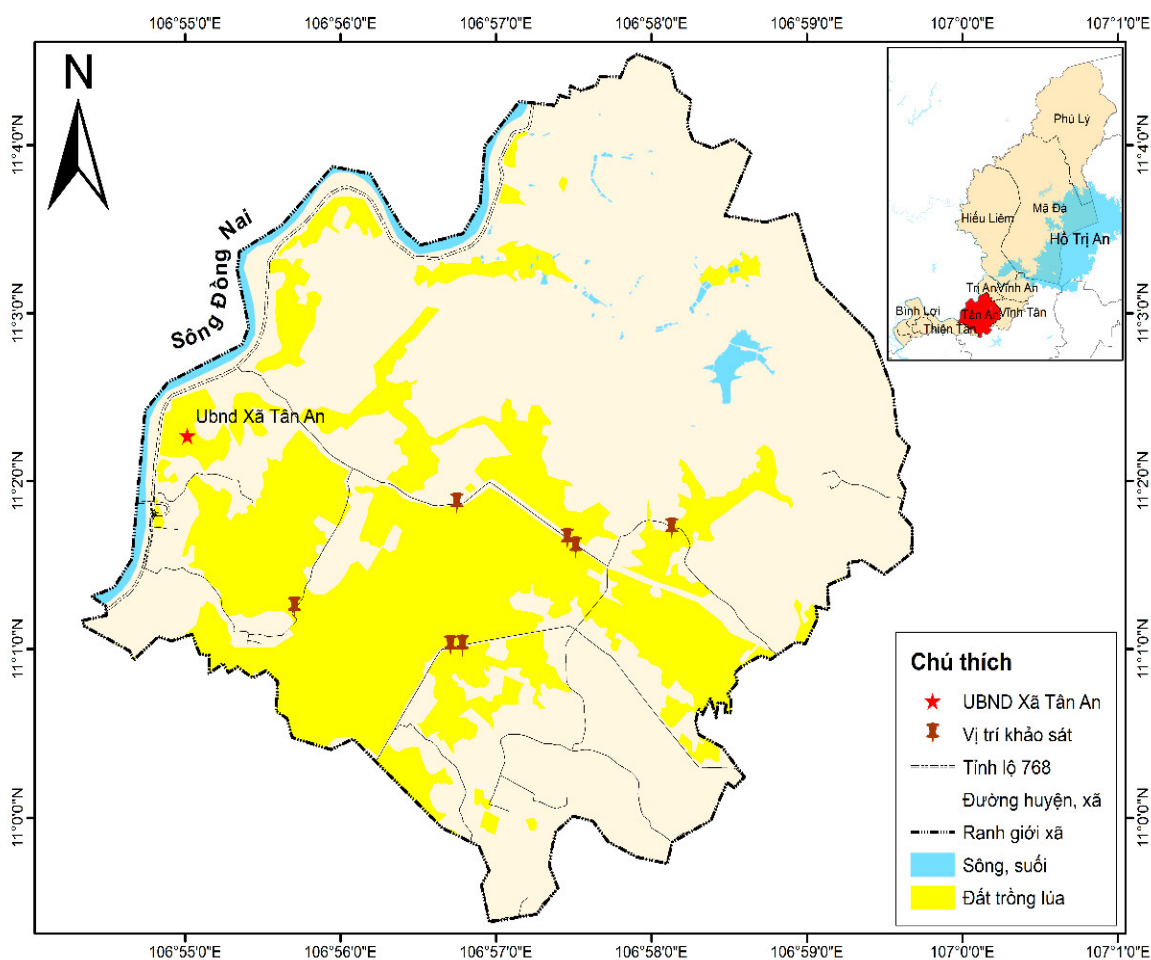
Xã Tân An nằm phía Nam và cách Trung tâm huyện Vĩnh Cửu khoảng hơn 22 km (Hình 1), có diện tích tự nhiên 5.270,07 ha [14], trong đó diện tích nông nghiệp chiếm 85,46% tổng diện tích còn lại là đồi núi và đất lâm nghiệp. Xã Tân An gồm 7 ấp gồm ấp 01, ấp 02, ấp 3, ấp Bình Chánh, ấp Bình Trung, ấp Thái An và ấp Cây Xoài với tổng số dân khoảng 10,902 người [15]. Mỗi năm xã có hai mùa mưa nắng rõ rệt, khí hậu giữa ngày và đêm tương đối ổn định, không nắng quá và ít khi lạnh. Nhiệt độ trung bình từ 25–28°C, lượng mưa hàng năm từ 2.000 đến 2.300 mm, mưa tập trung từ tháng 5 đến tháng 9 âm lịch, mùa khô lượng bốc hơi thường chiếm 64–67% tổng lượng bốc hơi cả năm, gây nên tình trạng mất cân đối nghiêm trọng về chế độ ẩm trong mùa khô, nhất là trong các tháng cuối mùa [16–17]. Trong điều kiện sản xuất nhờ nước trời thì chỉ có thể tiến hành trong mùa mưa, nhưng nếu có nước tưới thì sản xuất trong mùa khô thường cho hiệu quả cao và ổn định.

Nguồn nước chủ yếu sử dụng ở xã là nước từ hệ thống sông Đồng Nai và nguồn nước ngầm có khả năng khai thác từ độ sâu từ 10–15 m nhưng phân bố không đều. Theo FAO (Tổ

chức Nông lương Thế giới), xã có 2 loại đất chính: đất phù sa thích hợp trồng các loại cây lương thực như lúa, cây công nghiệp như mía, đậu các loại, cây ăn trái như bưởi, nhãn...; đất đỏ trên đá phiến thạch và biến chất thích hợp với việc trồng rừng hay trồng cỏ chăn nuôi gia súc, các loại cây công nghiệp như cao su, trà, cây lương thực như bắp, mì, khoai...Diện tích lúa trồng được ở xã khoảng 1.328 ha với năng suất khoảng 5,7 tấn/ha [18].

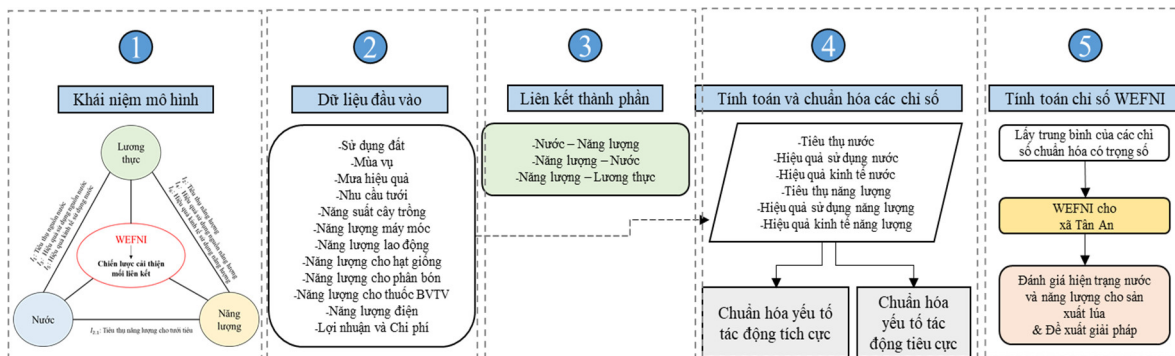
2.2. Phương pháp chỉ số

Phương pháp chỉ số là phương pháp thu hút được rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học. Nghiên cứu [19] chỉ số đánh giá mức độ an ninh WEFN với sự kết hợp 3 chỉ số phụ tương ứng với 3 thành phần an ninh nước, an ninh năng lượng và an ninh lương không có trọng số. Chỉ số này được phát triển dựa trên nguyên tắc sẵn có và khả năng tiếp cận của các nguồn tài nguyên nước, năng lượng, và lương thực. Một chỉ số mới liên kết Nước–Năng lượng–Lương thực khác là chỉ số WEFNI được xây dựng dựa vào phương pháp tiếp cận của El–Gafy [12] được tính toán tổng hợp từ 6 chỉ số thành phần (Bảng 1). Chỉ số này được ứng dụng trong khá nhiều nghiên cứu về sau như đánh giá vòng đời sản phẩm từ chất thải thực phẩm thành phế phẩm [20], đánh giá cho sản xuất đường mía ở Ethiopia [21], đánh giá cho canh tác cây dầu cọ [22],...Chỉ số này hầu như chưa được nghiên cứu phổ biến ở Việt Nam, do đó nghiên cứu đơn cử cho khu vực Tân An có thể được xem là nghiên cứu khởi đầu cho mối liên kết Nước–Năng lượng–Lương thực ở nước ta.



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

Để đạt được mục tiêu đánh giá được hiện trạng nước và năng lượng cho sản xuất lúa ở xã Tân An ta tiến hành lần lượt từng bước như trong sơ đồ nghiên cứu trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nghiên cứu.

Sau hiểu được mối liên kết, nghiên cứu đưa ra các chỉ tiêu đánh giá bao gồm khả năng tiêu thụ, hiệu quả sử dụng và hiệu quả kinh tế dựa vào trọng tâm của từng liên kết. Bộ 6 chỉ số tương ứng với các chỉ tiêu này được tính toán và chuẩn hóa theo một thang nhất định và sau đó tính toán chỉ số WEFNI cho xã Tân An. Kết quả chỉ số này sẽ được dùng để đánh giá mức độ an ninh các nguồn tài nguyên nước và năng lượng trong sản xuất lúa và đề xuất ra các biện pháp nhằm cải thiện mối liên kết trong sản xuất lúa ở khu vực nghiên cứu này.

Bảng 1. Tính toán các chỉ số theo El- Gafy [12].

Chỉ số	Công thức và thông tin chi tiết
Chỉ số tiêu thụ năng lượng ($E_{c,t}$) (m^3/ha)	Lượng nước tiêu thụ trên mỗi hecta cây lúa. Là kết quả tính toán nhu cầu nước tưới lý thuyết từ mô hình CROPWAT. Năng lượng tiêu thụ trên mỗi hecta cây lúa: $E_{c,t} = \sum q_h h_{c,t} + q_m m_{c,t} + q_d d_{c,t} + q_f f_{c,t} + q_p p_{c,t} + q_s s_{c,t} + q_w w_{c,t}$ (1)
Chỉ số tiêu thụ năng lượng ($E_{c,t}$) (MJ/ha)	Trong đó q là năng lượng sử dụng cho mỗi hoạt động (MJ/ha) [23]; $h_{c,t}, m_{c,t}, d_{c,t}, f_{c,t}, p_{c,t}, s_{c,t}, w_{c,t}$ lần lượt là công lao động của con người (giờ/ha), máy móc (giờ/ha), dầu diesel (L/ha), điện (kWh/ha), phân bón (kg/ha), thuốc trừ sâu (kg/ha), hạt giống (kg/ha) và nước tưới (m^3/ha) để sản xuất lúa (thu thập từ điều tra khảo sát).
Chỉ số sử dụng hiệu quả nguồn nước ($W_{pro,t}$) (tấn/ m^3)	Hiệu quả sử dụng nước có sẵn với $Y_{c,t}$ là năng suất lúa (tấn/ha): $W_{pro,t} = Y_{c,t} / W_{c,t}$ (2)
Chỉ số sử dụng hiệu quả nguồn năng lượng ($E_{pro,t}$) (tấn/MJ)	$W_{pro,t} = Y_{c,t} / W_{c,t}$ (3)
Chỉ số hiệu quả kinh tế của nước tưới ($W_{EV,t}$) (VNĐ/ m^3)	$W_{EV,t} = \frac{N_{c,t} - C_{c,t}}{W_{c,t}}$ (4)
Chỉ số hiệu quả kinh tế của năng lượng ($E_{EV,t}$) (VNĐ/MJ)	Với $N_{c,t}$ là thu nhập trên mỗi hecta cây lúa (VNĐ/ha), $C_{c,t}$ là chi phí trên mỗi hecta cây lúa (VNĐ/ha). $E_{EV,t} = \frac{N_{c,t} - C_{c,t}}{E_{c,t}}$ (5)

Chỉ số	Công thức và thông tin chi tiết
Chỉ số Nước–Năng lượng–Lương thực	
Giá trị chuẩn hóa (X_i)	$X_i = \frac{x_i - Min(x_i)}{Max(x_i) - Min(x_i)} \quad (6)$
	$X_i = \frac{Max(x_i) - x_i}{Max(x_i) - Min(x_i)} \quad (7)$
	với x_i của chỉ số, $Min(x_i)$ và $Max(x_i)$ là giá trị tối thiểu và tối đa của chỉ số
Chỉ số môi liên kết Nước–Năng lượng–Lương thực (WEFNI)	$WEFNI_t = \frac{\sum_{i=1}^n w_i X_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (8)$
	Với w_i là trọng số của chỉ số i và n là số chỉ số WEFNI. Giá trị cao nhất 1 được coi là phương án tốt nhất trong khi 0 là phương án không tốt nhất.

Để xây dựng bộ chỉ số cho trường hợp nghiên cứu ở xã Tân An, trước hết cần thu thập, tổng hợp và kế thừa các báo cáo hiện trạng, quy hoạch nông nghiệp và niên giám thống kê ở Phòng Nông Nghiệp và Phát triển Nông Thôn huyện Vĩnh Cửu; các báo cáo tình hình kinh tế-xã hội năm 2019 ở Phòng Tài nguyên và Môi trường huyện Vĩnh Cửu,... và số liệu khí tượng của địa phương ở Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ. Sau đó, tính toán bộ chỉ số đã lựa chọn, dựa vào những số liệu đã có và chỉ ra được những số liệu hay dữ liệu còn thiếu nhằm tiến hành thu thập hoặc tính toán nhờ vào những phương pháp khác.

2.3. Phương pháp điều tra khảo sát

Để có cái nhìn trực quan về hiện trạng canh tác cây lúa cũng như hiện trạng sử dụng các tài nguyên nước và năng lượng cho hoạt động sản xuất tại địa phương, nghiên cứu đã thực hiện một cuộc điều tra khảo sát ở quy mô nhỏ với các công tác chính bao gồm: điều tra và phỏng vấn người dân tham gia sản xuất lúa tại xã Tân An về một số vấn đề trong canh tác, ghi nhận hình ảnh về hiện trạng sử dụng tài nguyên nước cho trồng lúa. Các vấn đề cần nắm bắt bao gồm vấn đề tưới tiêu, năng suất lúa, diện tích gieo trồng thực tế trong mỗi mùa vụ; số lượng và thời gian sử dụng máy móc và lượng phân bón, thuốc trừ sâu tiêu thụ; công lao động trực tiếp người dân bỏ ra trong mỗi vụ hay thu nhập/ chi phí mỗi vụ được thu thập. Tất cả những điều này được trình bày cụ thể dưới dạng câu hỏi mở với 10 câu hỏi. Tiến trình thực hiện các bước khảo sát thực địa lần lượt như sau: lập bảng câu hỏi, phỏng vấn thử nghiệm, chỉnh sửa bảng câu hỏi và tiến hành tổ chức khảo sát thực tế. Cuộc điều tra phỏng vấn người dân được tiến hành thu thập vào ngày 30/7/2020 với 7 phiếu thu được, tập trung chủ yếu vào kết quả thu hoạch vụ Hè Thu năm 2019–2020.

Một số trường hợp gặp phải khi phỏng vấn tại huyện Vĩnh Cửu, người dân khó có thể thống kê cụ thể mỗi vụ dành ít nhất bao nhiêu thời gian để sản xuất hoặc thời gian vận hành máy móc cụ thể là bao nhiêu,... Bên cạnh đó, việc phân bố người dân không đồng đều, gây khó khăn cho việc tiến hành khảo sát. Lượng nước cây lúa tiêu thụ là đầu vào bắt buộc để tính toán bộ chỉ số WEFNI, tuy nhiên kết quả khảo sát không thể thu lại kết quả này. Do đó, nghiên cứu đã thực hiện phương pháp mô hình hóa nhằm tính toán được lượng nước cây lúa tiêu thụ.

2.4. Phương pháp mô hình hóa

Nhu cầu tưới nước cho cây lúa được tính toán theo mô hình CROPWAT 8.0 – được soạn thảo, công bố và yêu cầu áp dụng bởi tổ chức lương thực của Liên hợp quốc FAO. Đây là chương trình tính nhu cầu tưới, chế độ tưới và kế hoạch tưới tại mặt ruộng cho các loại cây

trồng trong các điều kiện khác nhau và được sử dụng rất phổ biến tại nhiều nơi trên thế giới. Các nghiên cứu của Việt Nam đã áp dụng thành công mô hình CROPWAT để tính năng suất lúa từ phân trăm năng suất lúa giảm (tăng) từ đó điều chỉnh các yếu tố nhiệt độ và lượng mưa để xem xét các kịch bản cho tương lai như nghiên cứu [24]; mô hình cũng hỗ trợ đánh giá được tác động của biến đổi khí hậu đến nhu cầu nước cho canh tác lúa [25] được thực hiện ở tỉnh Quảng Ngãi; và dự báo nhu cầu nước cho nhiều loại cây trồng khác [26]...

Nhu cầu tưới cho cây lúa hay nhu cầu tưới tại mặt ruộng (IRR_n) được xác định bằng hiệu số giữa nhu cầu nước của cây trồng và lượng mưa hiệu quả theo công thức [27] sau:

$$IRR_n = ET_c - (P_e + G_e + W_b) + LR_{mm} \text{ (mm/ thời đoạn)} \quad (9)$$

Trong đó ET_c là lượng bốc hơi cây trồng; P_e là lượng mưa hiệu quả; G_e là lượng nước ngầm bổ sung hay thất thoát đi; W_b là lượng nước sẵn có ban đầu trong đất và LR_{mm} là lượng nước ban đầu trong thời gian làm đất đủ điều kiện gieo trồng. Lượng mưa hiệu quả ở đây được hiểu là lượng mưa sau khi đã khấu trừ tổn thất do nước chảy đi mất và do thấm xuống sâu. Thông thường lượng mưa hiệu quả được tính dựa trên công thức kinh nghiệm với các hệ số kinh nghiệm được xác định theo số liệu cụ thể thực tế của từng địa phương. Nhưng do điều kiện không có số liệu thực tế để xác định các hệ số kinh nghiệm cho địa phương nghiên cứu nên có thể sử dụng phương pháp công thức kinh nghiệm của FAO/AGLW.

Trong phạm vi nghiên cứu tại xã Tân An đã lựa chọn trạm Long Khánh (10°56'; 107°14') có đo đạc đầy đủ các yếu tố khí hậu, khí tượng. Các số liệu khí hậu, khí tượng được tính trung bình nhiều năm (từ năm 2013 đến 2019) để tính toán bốc thoát hơi và lượng mưa hiệu quả. Cây lúa ở xã được thiết lập cơ cấu 3 vụ/ năm, vụ Đông Xuân bắt trồng ngày 20/12 và thu hoạch vào ngày 4/3, tương tự vụ Hè Thu từ 15/4–28/6, vụ Mùa từ 20/7–2/10, thời gian mỗi vụ dao động từ 93–99 ngày. Hầu hết thời gian thiết lập vụ này hoàn toàn phù hợp với thời gian người dân canh tác tại xã. Vì vụ Đông Xuân, nếu gieo sạ trước 25/11 thường gặp mưa lớn, làm trôi mất giống, nhưng gieo sạ muộn quá thì sẽ đẩy lùi thời vụ hè thu và vụ mùa, làm cho vụ mùa dễ gặp lụt giai đoạn lúa chín, gây tổn thất về sản lượng (từ 20–30/10 thường hay có mưa, tháng 11 là cao điểm của mưa lụt trong năm). Thời đoạn và hệ số cây trồng cũng như các chỉ số về thổ nhưỡng, nghiên cứu đã đối chiếu với TCVN 8641:2011 và FAO–1992 nhằm phù hợp với nhất với lúa nước và khí hậu ở miền Nam nước ta.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiện trạng sử dụng nước–năng lượng cho sản xuất lúa xã Tân An

3.1.1. Tiêu thụ nước và năng lượng

Năng suất cây lúa theo điều tra khảo sát vào vụ Hè Thu trung bình 7,3 tấn/ha và năng suất trung bình các vụ còn lại thu thập từ các báo cáo của xã được thể hiện ở Bảng 2, xã Tân An trung bình mỗi năm sẽ thu được khoảng 18,8 tấn/ha, đạt sản lượng 14.192 tấn mỗi năm.

Bảng 2. Diện tích, năng suất và sản lượng lúa các vụ trong năm 2019–2020.

Vụ lúa	Diện tích gieo trồng (ha)	Năng suất trung bình (tấn/ha)	Sản lượng thu được (tấn)
Đông Xuân	850 [28]	6,5 [29]	5.525
Hè Thu	500 [30]	7,3	3.667
Mùa	1.000 [31]	5,0 [31]	5.000

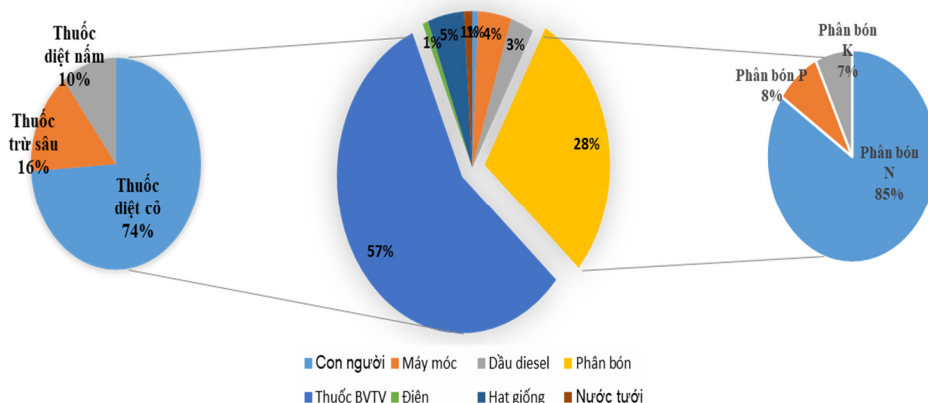
Lượng nước sử dụng hiệu quả cho cây lúa theo từng vụ ở xã Tân An được trình bày ở Bảng 3. Nhu cầu cần tưới đối với Vụ Đông Xuân lớn hơn hai vụ còn lại vì vụ Đông Xuân rơi vào các tháng mùa khô do đó nên khả năng thấm cao và lượng bốc thoát hơi lớn, lượng mưa cũng ít. Nhìn chung, kết quả mô hình CROPWAT khá hoàn thiện. Theo TCVN 8641–2011, tổng lượng nước tưới cả vụ cho gieo sạ hoặc làm đất cho vụ Đông Xuân, Hè Thu, vụ Mùa và

vụ Thu Đông lần lượt là 5.500–6.500 m³/ha, 4.000–5.000 m³/ha, 3.500–4.500 m³/ha, cho thấy vụ Đông Xuân và Hè thu hoàn toàn phù hợp với kết quả tính toán. Như vậy, kết quả tính toán nhu cầu nước cho tưới tiêu bằng mô hình CROPWAT có kết quả đáng tin cậy, phù hợp để cho những tính toán tiếp theo. Nhu cầu nước cho cây lúa đối với hộ dân canh tác 3 vụ một năm khoảng 10.761 m³/ha.năm, tổng lượng nước tiêu thụ mỗi năm cho cả xã Tân An khoảng 8 triệu m³ nước.

Bảng 3. Nhu cầu tưới cây lúa (m³/vụ.ha.năm).

Vụ lúa	Năm khô hạn (Max)	Năm mưa nhiều (Min)	Giá trị trung bình
Đông Xuân	5.904	5.899	5.902
Hè Thu	4.060	3.609	3.480
Mùa	1.379	1.375	1.379

Đầu vào cho mọi hoạt động nông nghiệp đã góp phần vào tổng mức tiêu thụ năng lượng cho cây trồng trong hệ thống sản xuất. Mức tiêu thụ năng lượng được phân loại theo các yếu tố đầu vào trong quá trình canh tác của năm nghiên cứu được minh họa ở biểu đồ Hình 3. Kết quả cho thấy, phân bón và thuốc bảo vệ thực vật là nguyên nhân chính góp phần tiêu thụ năng lượng trong toàn bộ quá trình canh tác tại địa phương. Năng lượng gián tiếp hoặc năng lượng cần thiết để sản xuất thuốc trừ sâu và phân bón cao hơn nhiều so với năng lượng cần thiết để sản xuất các đầu vào khác trong quá trình canh tác. Đối với cây lúa, năng lượng để sản xuất thuốc diệt cỏ đến 42%, và điều này là do sự lạm dụng thuốc trừ sâu trong quá trình sản xuất, trong khi đó thuốc trừ sâu và diệt nấm chỉ chiếm 28%, lượng phân đạm (phân N) là 24% cao hơn các loại phân khác. Tỷ lệ sử dụng thuốc diệt cỏ cho ruộng lúa cao do vấn đề cỏ dại phát sinh trong ruộng ảnh hưởng đến năng suất cây lúa đang là vấn đề quan tâm nhất của người dân địa phương. Có thể nhận xét, năng lượng được sử dụng cho nước tưới hay nước tiêu thụ lại thấp chỉ chiếm khoảng 1% tương đương với tiêu thụ năng lượng cho con người. Tổng năng lượng tiêu hao trên một hecta lúa vụ Hè Thu dao động từ 42.385 đến 326.433 MJ, trung bình vào khoảng 125.871 MJ. Các vụ Đông Xuân và Mùa được tính theo tỷ lệ năng suất so với vụ Hè Thu, trung bình mỗi năm tiêu hao khoảng 323 nghìn MJ/ha. Mỗi năm xã Tân An cần khoảng 395 triệu MJ năng lượng để sản xuất lúa.



Hình 3. Biểu đồ thể hiện phần trăm tiêu thụ năng lượng đóng góp cho trồng lúa.

3.1.2. Hiệu quả sử dụng nguồn nước và năng lượng

Mục đích của việc tính toán sự hiệu quả trong sử dụng nước và năng lượng là để xem xét lượng tài nguyên tiêu tốn có đạt được năng suất cao hay ngược lại, từ đó vừa cân bằng việc sử dụng cho hiệu quả nguồn tài nguyên vừa đảm bảo phát triển kinh tế-xã hội ổn định. Kết quả giá trị bộ chỉ số WEFN tập trung tính toán vào vụ Hè Thu được thể hiện trong Bảng 4, bao gồm hiệu quả sử dụng và hiệu quả kinh tế nguồn nước và năng lượng của cây lúa.

Bảng 4. Giá trị các chỉ số hiệu quả sử dụng và kinh tế xã Tân An vụ Hè Thu năm 2019–2020.

Giá trị	Hiệu quả sử dụng nước (Tấn lúa/ m ³)	Hiệu quả sử dụng nguồn năng lượng (Tấn lúa /MJ)	Hiệu quả kinh tế nguồn nước (VNĐ/m ³)	Hiệu quả kinh tế năng lượng (VNĐ/MJ)
Trung bình	0,0069	0,0006	18.526	1.727
Min	0,003	0,0003	11.820	358
Max	0,012	0,0015	29.549	4.565

Chỉ số hiệu quả sử dụng nguồn nước bị ảnh hưởng bởi hai yếu tố chính là lượng nước đầu vào và năng suất cây trồng. Để nâng cao năng suất sử dụng nguồn nước bằng phát triển sản lượng sinh học và kinh tế trên một đơn vị nước tiêu thụ trong cả hệ thống nông nghiệp được tưới và sử dụng nước mưa [32]. Theo tính toán trung bình của xã thì hiệu quả sử dụng nước trung bình khoảng 0,0069 tấn/ m³, giá trị tính toán dao động 4 lần giá trị thấp nhất. Ước tính về hiệu quả sử dụng nước và kiểm soát các yếu tố ảnh hưởng sẽ hỗ trợ việc lập các kế hoạch trong tương lai cải thiện năng suất nước. Hiệu quả sử dụng năng lượng trung bình khoảng 0,0006 tấn/ MJ, giá trị dao động trong khoảng 5 lần giá trị thấp nhất.

3.1.3. Hiệu quả kinh tế nguồn nước và năng lượng

Kết quả về hiệu quả kinh tế nguồn nước và năng lượng cho cây lúa được trình bày trong Bảng . Năng suất cây trồng, chi phí đầu tư và lợi nhuận thu vào là dữ liệu cần thiết để tiến hành tính toán hiệu quả kinh tế. Chi phí đầu tư và lợi nhuận thu được trên mỗi hecta cây trồng thu thập từ dữ liệu khảo sát của người dân. Hiệu quả kinh tế nguồn nước trung bình khoảng 18.526 VNĐ/ m³ và nguồn năng lượng trung bình khoảng 1.727 VNĐ/ MJ. Tương tự như hiệu quả sử dụng, quan sát các khoảng dao động giá trị tính toán dữ liệu thu thập, cho thấy hiệu quả về kinh tế nguồn nước khá ổn định so với nguồn năng lượng. Tuy nhiên để so sánh một cách cụ thể các giá trị này cần đưa về một thang giá trị và rút ra kết luận.

3.2. Đánh giá hiện trạng sử dụng nước – năng lượng cho sản xuất lúa

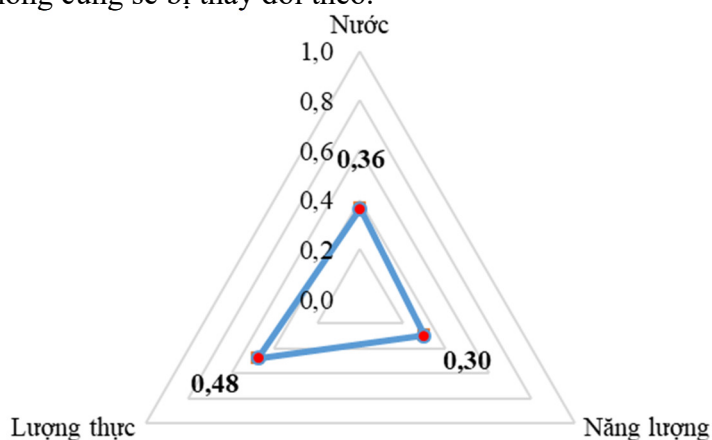
Tất cả các chỉ số trong bộ chỉ số đều được chuẩn hóa có giá trị từ 0 đến 1, từ không tốt nhất đến tốt nhất. Nước và năng lượng có giá trị chuẩn hóa đều là 0,29, cho thấy tiêu thụ các nguồn tài nguyên này cho cây lúa là tương đương nhau. Tuy nhiên, hiệu quả sử dụng nguồn nước lại cao hơn năng lượng (0,43 > 0,27), điều này có nghĩa rằng năng lượng tiêu thụ lớn nhưng không đem lại năng suất cao. Hơn nữa, hiệu quả sử dụng năng lượng còn có giá trị thấp hơn lượng tiêu thụ (0,27 < 0,29). Phân bón và thuốc trừ sâu sử dụng quá nhiều nhưng hiệu quả lại không tối ưu, lạm dụng các chất này còn gây ảnh hưởng tới môi trường xung quanh. Qua quá trình điều khảo sát, xã Tân An bên cạnh nhờ vào điều kiện thời tiết thuận lợi, xã còn có hệ thống thủy lợi được đầu tư hoàn thiện và thông suốt đẩy mạnh hiệu quả sử dụng nguồn nước nơi đây.

Mối tương quan nghịch giữa tiêu thụ và hiệu quả sử dụng đang được thiết lập trong canh tác cây lúa, khi tiêu thụ cao nhưng hiệu quả sử dụng không đạt yêu cầu, điều này trái ngược với nguyên tắc đảm bảo phát triển toàn diện và tối ưu nguồn tài nguyên sử dụng. Từ đây, bài toán kinh tế càng được chú trọng nếu tiêu thụ tương quan nghịch với hiệu quả kinh tế. Hiệu quả kinh tế năng lượng lại tiếp tục thấp hơn hiệu quả nguồn nước (0,33 < 0,38), tuy nhiên giá trị vẫn cao hơn năng lượng tiêu thụ ban đầu. Tài nguyên nước được sử dụng đem lại hiệu quả cả về năng suất cây trồng lẫn hiệu quả cao trong kinh tế tuy nhiên vẫn nằm ở mức trung bình hoặc thấp.

Theo El–Gafy đánh giá mọi chỉ số quan tâm trong nghiên cứu đều giữ giá trị trọng số là 1 và điều này có nghĩa rằng tất cả các chỉ số đều quan trọng như nhau đối với đánh giá. Chỉ

số WEFNI được tính cho cây lúa là 0,33, nhìn chung xã Tân An có mức độ liên kết giữa các thành phần trung bình nhưng vẫn chưa tối ưu hóa sử dụng tài nguyên so với nghiên cứu của El-Gafy. Xét về tính cân đối của biểu đồ radar Hình 4 về hiện trạng sử dụng nước và năng lượng cho trồng lúa, có thể thấy mối liên kết không cân đối giữa lượng nước, năng lượng và năng suất lúa thu được thời gian hiện tại. Sự mất cân bằng diễn ra ở đây, đó là cây lúa nước là loại cây trồng sử dụng nhiều nước và tốn nhiều công chăm sóc cả về người lẫn phân bón và thuốc trừ sâu. Một mặt để đảm bảo sản lượng lúa thu hoạch cao, không bị mất mùa hoặc sâu bệnh, một mặt lại không sử dụng tiết kiệm nguồn nước và năng lượng. Hiệu quả nguồn tài nguyên ở mức thấp và kết quả mang lại chỉ ở mức trung bình, có thể thấy góc nhọn của radar hướng về lương thực nhiều hơn.

Chỉ số WEFNI có thể hỗ trợ tích cực trong quá trình phát triển các chiến lược trồng trọt tối ưu nhằm giảm thiểu tiêu thụ nước và năng lượng và tối đa hóa năng suất của chúng. Qua đó, còn có thể thấy việc ra một chính sách quản lý để đảm bảo phát triển bền vững cần xem xét nhiều yếu tố không thể nào chỉ dựa vào một đến hai yếu tố nào quyết định đến cơ cấu, thành phần của hệ thống cũng sẽ bị thay đổi theo.



Hình 4. Hiện trạng sử dụng nước và năng lượng trong sản xuất cây lúa.

Các hoạt động sản xuất lúa tiêu hao nhiều nước do vậy áp dụng các phương pháp tưới tiết kiệm nhằm đảm bảo tính bền vững của môi liên kết. Hiện nay, nhà nông đã và đang áp dụng thành công kỹ thuật tưới ướt khô xen kẽ [33] tương đối phức tạp. Người nông dân cần phải biết lượng nước tối ưu ở từng giai đoạn trong vòng đời của cây lúa, tùy theo điều kiện của đất và giống lúa. Để đảm bảo lượng nước và căn thời gian chuẩn, cần phải đo mực nước thường xuyên và thực hiện tưới, tiêu khi cần. Điều kiện lý tưởng nhất là các ruộng lúa có địa hình bằng phẳng, khi đó các cây lúa sẽ ngập nước đều trong giai đoạn tưới nước. Cần thay thế phân hóa học bằng các loại phân hữu cơ vi sinh, phân vi sinh vì nồng độ nitơ thấp do đó việc thải ra đất cũng ít hơn. Bên cạnh đó phân hữu cơ vi sinh cũng cần ít năng lượng hóa thạch để sản xuất mà vẫn cung cấp đủ các yếu tố dinh dưỡng, giúp cải tạo, nâng cao độ phì nhiêu, tăng lượng mùn trong đất làm đất tơi xốp, không bị bạc màu.

Trên đây là những lưu ý trong sử dụng nguồn tài nguyên như thế nào là phù hợp đối với cây lúa. Mặt khác, nhằm đảm bảo tính bền vững cho liên kết cũng như tối ưu hóa được năng suất cây trồng, cần đảm bảo thực hiện một số biện pháp quản lý cơ bản như tuyên truyền, vận động, hỗ trợ về chuyên môn của các cơ quan quản lý và tổ chức các buổi hội thảo, tập huấn người nông dân về những công nghệ tiến mới được áp dụng hiện nay nhằm giảm thiểu nguồn tài nguyên sử dụng cho sản xuất nhưng vẫn có năng suất cao; thực hiện chuyển đổi cơ cấu cây trồng theo phân vùng tái cơ cấu ngành nông nghiệp huyện, hình thành các vùng chuyên canh cây chủ lực, hoặc phối hợp trồng xen canh thâm canh; đầu tư giống mới có năng suất cao, kháng sâu bệnh; ngoài ra, ứng dụng các tiến bộ về cơ giới hóa phục vụ sản xuất.

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, việc điều tra khảo sát với số lượng mẫu ít và thể hiện tính tổng thể chưa cao, dẫn đến tính bền vững của giá trị bộ chỉ số chưa được đảm bảo.

Vì vậy, nhằm mục đích cho các nhà quản lý địa phương hoàn toàn có thể áp dụng được phương pháp này trong đánh giá và quản lý cần có lượng dữ liệu về nông nghiệp lớn, đặc biệt là các dữ liệu có sẵn về các nguồn tài nguyên cũng như các số liệu trong canh tác. Cần tiếp cận với các tổ chức VietGap, hội nông dân hay hợp tác xã tại địa phương để theo trong quá trình trồng trọt. Nghiên cứu nên được thực hiện đánh giá hàng tháng, hàng năm để có thể đánh giá một cách chính xác về mối liên kết WEFN cũng như đánh giá được hiện trạng sử dụng nước và năng lượng.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chỉ số WEFNI được phát triển bởi El-Gafy được sử dụng để đánh giá hiệu quả sử dụng nước và năng lượng cho canh tác lúa ở xã Tân An. Kết quả tính toán cho thấy hiệu quả sử dụng nước và năng lượng cho sản xuất lúa vào vụ Hè Thu ở khu vực nghiên cứu là trung bình thấp (WFENI = 0,33) không cao. Về từng khía cạnh trong mối liên kết WEFN, để đạt được năng suất khoảng 18,8 tấn/ha.năm, mức tiêu thụ nước là 10 nghìn m³/ha.năm và năng lượng là 323 nghìn MJ/ha.năm tương ứng để canh tác. Năng lượng tiêu thụ cho việc tưới tiêu là khoảng 1,5 nghìn MJ/ha đối với cây lúa chiếm khoảng 1% tổng năng lượng phục vụ sản xuất ở khu vực nghiên cứu vào vụ Hè Thu.

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

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM và được thực hiện bởi Viện Khoa học và Công nghệ Tính toán (ICST) thông qua Hợp đồng số 05/2019/HĐ-KHCNTT.

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. Reinhard, S.; Verhagen, J.; Wolters, W.; Ruben, R. Water–food–energy nexus: A quick scan. Wageningen Economic Research, Wageningen, 2017, pp.23.
2. FAO. The Water–Energy–Food Nexus A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2014, pp. 20.
3. GIZ. Mainstreaming the Water–Energy–Food Security Nexus into Sectoral Policies and Institutions in the Arab Region. National Guidelines, GFA Consulting Group GmbH, 2017, pp. 9.
4. Xu, H.; Wu, M. Water Availability Indices – A Literature Review. Argonne, IL (United States), 2017, pp. 33.
5. Nepomilueva, D. Water scarcity indexes: Water availability to satisfy human needs, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, Finland, 2017, pp.33.
6. Kanakoudis, V.; Tsitsifli, S.; Papadopoulou, A.; Curk, B.C.; Karleusa, B. Estimating the Water Resources Vulnerability Index in the Adriatic Sea Region. *Procedia Eng.* 2016, 162, 476–485.
7. Jemmali, H.; Sullivan, C.A. Multidimensional Analysis of Water Poverty in MENA Region: An Empirical Comparison with Physical Indicators. *Social Indic. Res.* 2014, 115, 253–277.
8. Ridoutt, B.G.; Pfister, S. Water footprinting using a water stress index (WSI) that integrates stress on humans and ecosystems. Proceedings of 4th International Conference on Green and Sustainable Innovation (ICGSI), 2014, 1–4.

9. Cho, D.I.; Ogowang, T. Water Poverty Index, Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. *Springer Netherlands* **2014**, 7003–7008.
10. Brown, M.A.; Sovacool, B.K. Developing an “energy sustainability index” to evaluate energy policy. *Interdiscip. Sci. Rev.* **2007**, *32*, 335–349.
11. Mainali, B.; Silveira, S. Using a sustainability index to assess energy technologies for rural electrification. *Renewable Sustainable Energy Rev.* **2015**, *41*, 1351–1365.
12. El-Gafy, I. (2017). Water–food–energy nexus index: analysis of water–energy–food nexus of crop’s production system applying the indicators approach. *Appl. Water Sci.* **2017**, *7(6)*, 2857–2868.
13. Giupponi, C.; Gain, A.K. Integrated spatial assessment of the water, energy and food dimensions of the Sustainable Development Goals. *Reg. Environ. Change* **2017**, *17*, 1881–1893.
14. Công thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Tổng quan kinh tế – xã hội. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
15. Phòng Tài nguyên Môi Trường. Báo cáo thuyết minh Kết quả thống kê đất đai huyện Vĩnh Cửu năm 2013, Đồng Nai, 2013, tr. 162.
16. Sở Tài nguyên và Môi trường Đồng Nai. Báo cáo chuyên đề Kết quả điều tra hiện trạng khai thác nước dưới đất, Đồng Nai, 2016, tr. 49.
17. Cục thống kê tỉnh Đồng Nai. Niên giám thống kê tỉnh Đồng Nai, Nhà xuất bản thống kê, Đồng Nai, 2019, tr. 562.
18. Công thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Tình hình kinh tế tháng 10/2019. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 23/06/2020.
19. Willis, H.H.; Groves, D.G.; Ringel, J.S.; Mao, Z.; Efron, S.; Abbott, M. Developing the Pardee RAND Food–Energy–Water Security Index, Toward a Global Standardized, Quantitative, and Transparent Resource Assessment. The RAND Corporation, Santa Monica, California, 2016, pp. 72.
20. Laso, J.; Margallo, M.; García–Herrero, I.; Fullana, P.; Bala, A.; Gazulla, C.; Poletti, A.; Kahhat, R.; Vázquez-Rowe, I.; Irabien, A.; Aldaco, R. Combined application of Life Cycle Assessment and linear programming to evaluate food waste-to-food strategies: Seeking for answers in the nexus approach. *Waste Manage.* **2018**, *80*, 186–197.
21. Hailemariam, W.G.; Silalertruksa, T.; Gheewala, S.H.; Jakrawatana, N. Water–Energy–Food Nexus of Sugarcane Production in Ethiopia. *Environ. Eng. Sci.* **2019**, *36(7)*, 798–807.
22. Jaroenkietkajorn, U.; Gheewala, S.H. Interlinkage between water–energy–food for oil palm cultivation in Thailand. *Sustainable Prod. Consumption* **2020**, *22*, 205–217.
23. Zahedi, M.; Mondani, F.; Eshghizadeh, H.R. Analyzing the energy balances of double-cropped cereals in an arid region. *Energy Rep.* **2015**, *1*, 43–49.
24. Hạnh, N.T.M.; Tỷ, T.V.; Minh, H.V.T.; Trí, V.P.Đ.; Trung, N.H. Đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng thủy văn và sản xuất nông nghiệp đến năng suất lúa vùng đê bao lũng tỉnh An Giang. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2012**, *24a*, 187–197.
25. Dũng, V.N.; Hương, H.T.L.; Hương, C.T.T. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nhu cầu nước cho canh tác lúa trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, *639*, 43–48.
26. Quyên, N.T.N. Dự báo nhu cầu sử dụng nước cho các loại hình sử dụng đất trên lưu vực sông SREPOK trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tap chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* **2019**, *17(2)*, 126–136.
27. FAO. The state of Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, **1998**, pp. 389.

28. Cổng thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Xã Tân An tập trung gieo sạ vụ Đông Xuân. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
29. Cổng thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Hoạt động hội Nông dân tháng 8/2020. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
30. Cổng thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Lĩnh vực kinh tế tháng 7/2020. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
31. Cổng thông tin điện tử xã Tân An, tỉnh Đồng Nai: Hội nghị tổng kết vụ mùa 2020. <http://sub.dost-dongnai.gov.vn/tanan/>, truy cập ngày 28/04/2021.
32. Kassam, A.H.; Molden, D.; Fereres, E.; Doorenbos, J. Water productivity: Science and practice – Introduction. *Irrig. Sci.* **2007**, *25*(3), 185–188.
33. Trang thông tin điện tử đổi mới sáng tạo: Tiết kiệm nước trồng lúa bằng giải pháp IoT, 2020. <https://doimoisangtao.vn/>, truy cập ngày 03/03/2021.

Assessment of current water and energy use for rice paddy, case study of Tan An Commune, Vinh Cuu District, Dong Nai Province

Hoang Trang Thu¹, Pham Thi Thao Nhi², Nguyen Van Thinh³, Dao Nguyen Khoi^{1*}

¹ Faculty of Environment, University of Science, VNU-HCM, Ho Chi Minh City, Vietnam; thuhoang190496@gmail.com; dnkhoi@hcmus.edu.vn

² Institute for Computational Science and Technology, Ho Chi Minh City, Vietnam; nhi.ptt@icst.org.vn

³ Seoul National University, Seoul, Korea; vnguyen@snu.ac.kr

Abstract: The study used the water–food–energy nexus (WEFN) approach to examine the water and energy use for paddy fields in the Tan An commune in Vinh Cuu district in Dong Nai province. WEFN index was used to estimate the efficiency of water and energy use for paddy cultivation in the study area. The WEFNI value for the study area was estimated to be approximately 0.33 indicating low nexus of WEF that means the low efficiency of water and energy use. Results of WEFN in the period 2019-2020 indicated that rice yield is about 18.8 tons/ha.year, water consumption is 10 thousand m³/ha.year, and the energy consumption is 323 thousand MJ/ha.year for the paddy cultivation. Energy consumption for irrigation is about 1.5 thousand MJ/ha, accounting for around 1% of the total energy used for production in the study area. Based on the obtained results, the study proposed farming practices that optimize the efficiency of water and energy use for this crop.

Keywords: Water–Energy–Food Nexus; water; energy; paddy field; Tan An commune.

Table of content

- 1** Long, B.T.; Diep, L.T.M. Modelling the dependence between salinity intrusion and hydrological factors using MIKE 3: a case study of Ve River, Quang Ngai. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 725, 1–16.
- 17** Huynh, P. Study on zoning of surface water quality according to developments in economic regions of Bac Lieu Province . *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 725, 17–28.
- 29** Hung, N.V.; Cuong, N.Q. Hung, B.V.; Thanh, D.Q. Building flood damage maps in service of the fight against flooding, urban planning in Ho Chi Minh City. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 725, 29–38.
- 39** Mau, N.D.; Huyen, H.T.; Tuan, V.Q. Mechanism causing extreme heavy rainfall during 1–5 August 2009 at Phu Quoc island. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 725, 39–48.
- 49** Phuong, P.L.; Hung, L.T.; Huy, M.X.; Linh, T.V.; Hoai, N.X.; Phan, H.H.; Hai, V. DigiMeto: A tool supports Digitizing Metontological Graphs via Graphic User Interface. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 725, 49–59.
- 60** Nam, L.H.; Tin, N.V.; Toan, H.C.; Hoang, T.T.; Long, P.T. Assessment of climate change impacts on land use and some climate change adaptation measures in Binh Phuoc Province. *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 725, 60–71.
- 72** Vinh, G.V.; Duc, N.N.; Hai, N.H. A new solution to show hydro–meteorological information on map . *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 725, 72–79.
- 80** Thu, H.T.; Nhi, P.T.T.; Thinh, N.V.; Khoi, D.N. Assessment of current water and energy use for rice paddy, case study of Tan An Commune, Vinh Cuu District, Dong Nai Province *VN J. Hydrometeorol.* **2021**, 725, 80–91.