

**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 745**

**01-2023**



**Q. TÔNG BIÊN TẬP**  
**PGS. TS. Đoàn Quang Trí**

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

**Giấy phép xuất bản**

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

**Tòa soạn**

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

**Chế bản và In tại:**

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

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

Giá bán: 40.000 đồng

**TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN**  
**SỐ 745 - 01/2023**

**MỤC LỤC**

**Bài báo khoa học**

- 1** **Võ Văn Hòa, Lê Minh Tuấn, Phạm Văn Hanh:** Nghiên cứu ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) để lập bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc khí tượng bề mặt
- 9** **Nguyễn Hải Anh, Nguyễn Hoàng Anh, Mai Kiên Định:** Một số đặc điểm thành phần loài động vật đáy vịnh Đà Nẵng mùa hè năm 2022
- 21** **Nguyễn Thị Huyền, Nguyễn Quốc Khánh, Nguyễn Huy Dương, Nguyễn Hoàng Ninh, Nguyễn Đức Hà:** Kết quả khoanh định các khu vực nhạy cảm về trượt lở, lũ quét khu vực Thành phố Đà Nẵng
- 34** **Đỗ Hữu Tuấn, Nguyễn Thùy Linh, Đặng Thị Hải Linh:** Đánh giá hiện trạng và nhu cầu sử dụng ứng dụng hỗ trợ học tập trên điện thoại thông minh của sinh viên ngành Môi trường
- 42** **Doãn Hà Phong:** Nghiên cứu đánh giá hiện trạng xâm nhập mặn dựa trên ảnh vệ tinh Sentinel 2 khu vực tỉnh Quảng Trị
- 51** **Phan Trường Khanh, Nguyễn Vi Thiên Vũ, Trần Thị Hồng Ngọc:** Đánh giá chất lượng nước Búng Bình Thiên bằng chỉ số WQI tích hợp với GIS và Viễn thám
- 65** **Nguyễn Thanh Tuấn, Vũ Cao Đạt, Nguyễn Đức Dắm, Phạm Thái Bình:** Xây dựng bản đồ phân vùng nhạy cảm ngập lụt sử dụng mô hình Light Gradient Boosting Machine

Bài báo khoa học

# Nghiên cứu ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) để lập bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc khí tượng bề mặt

Võ Văn Hòa<sup>1\*</sup>, Lê Minh Tuấn<sup>1</sup>, Phạm Văn Hanh<sup>1</sup>

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

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

Ban Biên tập nhận bài: 5/12/2022; Ngày phản biện xong: 10/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

**Tóm tắt:** Bài báo dựa trên dữ liệu ảnh chụp phân giải cao từ thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK để tiến hành trích xuất dữ liệu độ cao số bề mặt (DSM) cho khu vực xung quanh vườn quan trắc khí tượng (tính từ 4 góc vườn ra 100m theo các chiều khác nhau) của trạm khí tượng Hà Nam và Ninh Bình. Các kết quả đánh giá với các điểm khống chế cho thấy sai số DSM nằm trong phạm vi cho phép. Bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật được thiết lập dựa theo quy định tại Điểm a, khoản 2 Điều 7 của Nghị định 38/2016/NĐ-CP và đã chỉ ra chi tiết mức độ vi phạm hành lang kỹ thuật tại 02 trạm này. Các kết quả phân tích cho thấy bản đồ vi phạm được thiết lập hoàn toàn phù hợp với thực tế.

**Từ khóa:** Mô hình số bề mặt; Thiết bị bay không người lái; Vi phạm hành lang kỹ thuật.

## 1. Mở đầu

Những năm gần đây, trước những đòi hỏi của nhu cầu thực tiễn của đời sống kinh tế xã hội và an ninh quốc phòng đã xuất hiện những mô hình máy bay không người lái (UAV). Việc ứng dụng công nghệ bay chụp UAV trong công tác xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ địa hình đã được thực hiện trong một số nghiên cứu [1–5]. [6] đã nghiên cứu đánh giá độ chính xác của DSM và bản đồ ảnh trực giao thành lập từ phương pháp ảnh UAV, đặc biệt chú trọng công tác bay chụp và xử lý ảnh để thành lập các sản phẩm bản đồ (mô hình số bề mặt, bản đồ trực ảnh). Thực nghiệm được tiến hành trên khu vực đồng bằng tại phường Đức Thắng, quận Bắc Từ Liêm (Hà Nội), sử dụng UAV Phantom 3 Pro trang bị máy ảnh thông thường 3 kênh RGB Sony EXMOR. Kết quả đánh giá thực nghiệm cho thấy sai số không chênh lệch quá 0.477cm trong tất cả các ca bay.

Trong lĩnh vực thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn, chưa có nhiều nghiên cứu về độ chính xác và giải pháp nâng cao độ chính xác, đặc biệt là khi địa hình có lớp thực vật che phủ. [7] đã đề xuất giải pháp hiệu chỉnh mô hình phủ thực vật đối với dữ liệu ảnh UAV dựa vào các điểm kiểm tra đo bằng công nghệ GPS động RTK (CORS) trong thành lập bản đồ địa hình. Kết quả nghiên cứu là phần mềm tự động hiệu chỉnh độ cao điểm đo ảnh trên bề mặt lớp phủ thực vật về độ cao điểm địa hình. Số liệu thực nghiệm đã minh chứng tính chính xác của thuật toán. [8] đã ứng dụng công nghệ UAV bay chụp khu vực thường xuyên bị ngập lụt ở lưu vực sông Lại Giang, cụ thể ở thôn Long Khánh thuộc địa phận xã An Hòa, huyện An Lão kết hợp mô hình thủy lực nhằm mô phỏng vùng ngập lụt điển hình vào tháng 12 năm 2016. Trên cơ sở ảnh bay chụp có độ phân giải siêu cao, dữ liệu DSM, và dữ liệu vùng ngập lụt được mô phỏng từ phần mềm thủy lực HEC-RAS nhằm mô phỏng 3D vùng ngập giúp chính

quyền địa phương xác định nhanh các khu vực bị ngập lụt, số hộ dân bị ảnh hưởng và vùng chịu ảnh hưởng lớn của vận tốc truyền lũ. Kết quả mô phỏng 3D vùng ngập lụt cho thấy khu vực ngập, mức ngập cũng như tốc độ truyền lũ rất chi tiết, trực quan và chính xác. Đồng thời, nghiên cứu cũng đưa ra một số khuyến nghị việc sử dụng các mức độ chi tiết và phạm vi khu vực mô phỏng 3D vùng ngập lụt ở địa bàn nghiên cứu. [9] đã đánh giá độ chính xác DSM thành lập từ phương pháp đo ảnh máy bay không người lái UAV cho địa hình mở lộ thiên khai thác sâu. Từ mô hình 3D, sử dụng các phần mềm đồ họa để biên tập các bản đồ địa hình, bản đồ hiện trạng sử dụng đất của các mỏ... Trong nghiên cứu này độ chính xác đạt được có thể dùng để thành lập bản đồ tỷ lệ 1:1000. Để cải tiến hướng nghiên cứu hiện tại, các tác giả đề xuất tập trung theo hướng điều chỉnh độ cao bay chụp, tăng tỷ lệ chồng phủ dọc và ngang, cũng như thay đổi góc chụp của camera đối với các sườn tầng dốc nhằm đạt được độ chính xác cao hơn.

Trên thực tế, còn có rất nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng UAV để tạo lập các bản đồ DSM, DTM hoặc DEM để ứng dụng cho nhiều mục đích nghiên cứu và quản lý khác nhau [9–22]. Nhưng trên thực tế, việc ứng dụng các dạng dữ liệu này trong bài toán quản lý hoạt động và hành lang kỹ thuật công trình quan trắc KTTV nói chung, mạng lưới quan trắc khí tượng bề mặt nói riêng vẫn còn nhiều hạn chế. Bài báo này đưa ra một số kết quả nghiên cứu ứng dụng số liệu DSM được chiết xuất từ ảnh chụp phân giải cao của UAV Phantom 4 RTK cho trạm khí tượng Hà Nam và Ninh Bình. Phần 2 sẽ trình bày chi tiết về quy trình đo đạc và xử lý số liệu UAV. Phần 3 đưa kết quả đánh giá chất lượng số liệu DSM được chiết xuất từ Phantom 4 RTK và bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật cho 02 trạm nói trên. Cuối cùng là kết luận và kiến nghị cho hướng nghiên cứu tiếp theo.

## 2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Thiết bị bay Phantom 4 RTK

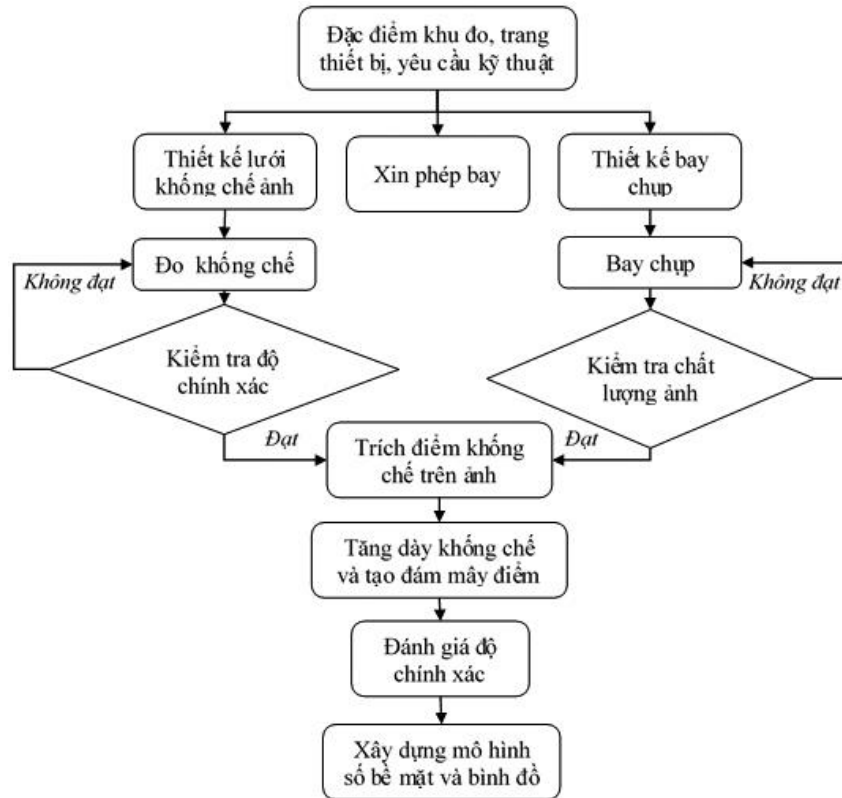
Đề đo đạc DSM cho 02 trạm khí tượng bề mặt trên khu vực đồng bằng Bắc Bộ, nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK (*Real Time Kinematic – RTK*) (Hình 1). Thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK là UAV tích hợp khả năng khảo sát địa hình, thu tín hiệu GPS 2 tần số, kết hợp với trạm mặt đất, ... Phantom 4 RTK mang lại hiệu quả cao trong các nhiệm vụ bay chụp bản đồ địa chính, bay chụp bản đồ địa hình. Phantom 4 RTK cung cấp dữ liệu định vị theo thời gian thực, cải thiện độ chính xác tuyệt đối trên dữ liệu hình ảnh. Với mô đun GPS 2 tần số (GNSS) cho phép UAV Phantom 4 RTK có khả năng quan sát và thu thập dữ liệu vệ tinh, và giúp cho UAV bay ổn định và an toàn ngay cả ở khu vực đông dân cư, hoặc khu vực có sóng 3G, 4G kém. Hệ thống TimeSync được tích hợp để liên tục căn chỉnh bộ điều khiển máy bay và camera. Thêm vào đó, TimeSync tối ưu kết quả từ các phương pháp đo quang và cho phép hình ảnh đạt được dữ liệu định vị chính xác ở cấp độ centimet. Dữ liệu hình ảnh chính xác ngay cả khi bay với tốc độ cao. Với cảm biến CMOS 1 inch, 20 megapixel, Phantom 4 RTK có khả năng thực hiện các nhiệm vụ lập bản đồ, thu thập dữ liệu, chụp ảnh thực địa mà không sợ bị nhòe khi bay với tốc độ cao. Phantom 4 RTK có độ phân giải mặt đất GSD là 2.74cm ở độ cao 100 mét.



Hình 1. Hình ảnh về thiết bị bay Phantom 4 RTK.

2.2. Quy trình xử lý và chiết xuất số liệu DSM

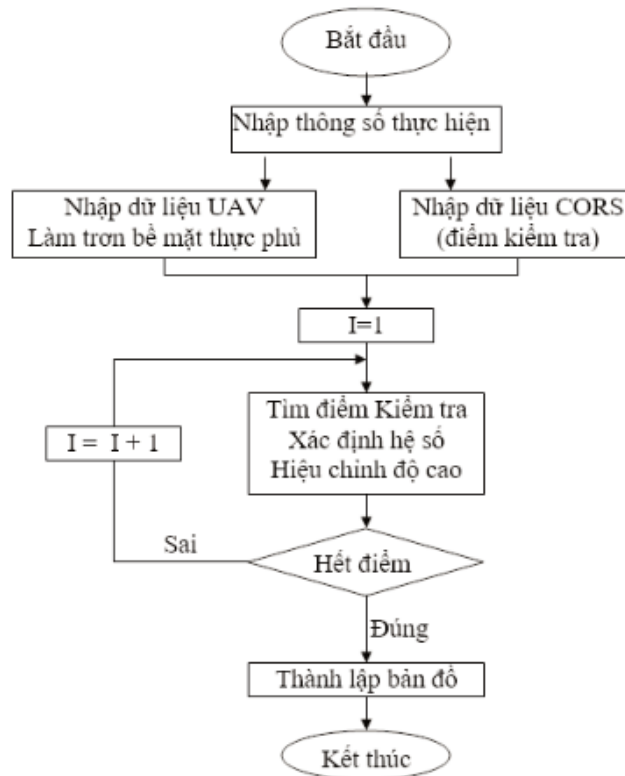
Nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK gắn với GPS 2 tần số thu tín hiệu vệ tinh RTK từ thiết bị RTK đặt cố định tại trạm khí tượng. Quy trình bay chụp và xử lý số liệu được thực hiện theo quy trình như trong Hình 2.



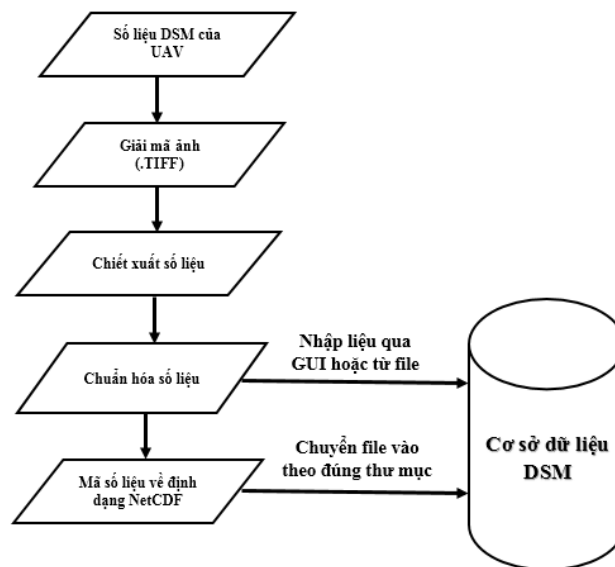
Hình 2. Quy trình bay chụp và xử lý số liệu đo đạc bằng UAV Phantom 4 RTK.

Mật độ điểm ảnh UAV trong quá trình bay chụp rất lớn, khoảng cách các điểm từ 1m đến 2m, trong khi đó, điểm kiểm tra được phân bố trên toàn bộ khu vực, tại các điểm đặc trưng của lớp phủ thực vật. Tại từng điểm đo ảnh, tăng dần bán kính khoanh vùng để xác định vị trí các điểm kiểm tra gần nhất. Khi số điểm kiểm tra vừa đủ tùy theo hàm số đa thức đã chọn, sẽ xây dựng mô hình bề mặt phủ thực vật tại đó và tính số hiệu chỉnh. Để thực hiện được bài toán này, một modul chương trình cho việc tự động hóa công tác tính toán đã được xây dựng nhằm đảm bảo tính chính xác và hiệu quả kinh tế. Sơ đồ khối chương trình nêu trong Hình 3 dưới đây. Điểm khống chế ảnh được đo đạc bằng công nghệ định vị vệ tinh (GNSS) xử lý tức thời. Những điểm này được sử dụng cho hai mục đích là nắn ảnh về hệ tọa độ VN – 2000 và đánh giá độ chính xác của mô hình bề mặt (DSM). Tổng số điểm khống chế và kiểm tra là 18 điểm, trong đó 10 điểm dùng để nắn ảnh và 8 điểm còn lại dùng để đánh giá độ chính xác mô hình, các điểm dùng để đánh giá độ chính xác được phân bố đều trên khu vực bay chụp và nằm ở các độ cao khác nhau, đảm bảo tính khách quan trong đánh giá kết quả.

Hình 4 đưa ra qui trình chuẩn hóa số liệu DSM thu thập được thiết bị bay không người lái cũng như đưa số liệu sau khi đã chuẩn hóa để đưa vào CSDL quản lý số liệu DSM. Khái niệm “chuẩn hóa” dữ liệu ở đây được hiểu là quá trình xử lý số liệu ban đầu để ra một dạng dữ liệu mới đáp ứng được yêu cầu của các nội dung nghiên cứu và gồm các bước thực hiện như sau: Xử lý số liệu ảnh TIFF; Truy xuất dữ liệu DSM; Nội suy dữ liệu về các điểm hoặc lưới theo yêu cầu; Chuyển đổi dữ liệu về dạng số nguyên dương để giảm dung lượng lưu trữ và tăng hiệu suất nhập/truy xuất số liệu vào/ra CSDL.



**Hình 3.** Sơ đồ khối chiết xuất số liệu DSM từ ảnh chụp của Phantom 4 RTK.



**Hình 4.** Quy trình chuẩn hóa số liệu DSM từ thiết bị Phantom 4 RTK.

Bước 1: Xử lý ảnh TIFF: đây là bước được thực hiện sau khi qua trình thực hiện đo đạc bằng thiết bị bay không người lái được hoàn tất. Cụ thể, sản phẩm đầu ra của thiết bị bay không người lái là 1 bản đồ DSM cho khu vực nghiên cứu được cung cấp dưới định dạng TIFF. Để mở được file ảnh này, cần thiết phải có các phần mềm chuyên dụng. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phần mềm Global Mapper để hiển thị bản đồ này. Sau khi đã hiển thị được bản đồ. Quá trình kiểm tra dữ liệu đo đạc được thực hiện bằng phương pháp chuyên gia để kiểm tra các lỗi nếu có hoặc thực hiện căn chỉnh lại phép chiếu nếu cần. Ngoài ra, quá

trình hiển thị chồng chập với các lớp bản đồ địa lý cũng được thực hiện để kiểm tra mức độ phù hợp giữa số liệu DSM với thực tế.

Bước 2. Chiết xuất số liệu DSM: sau khi quá trình kiểm tra tại bước 1 đã hoàn tất và dữ liệu bản đồ DSM được xác thực là có độ tin cậy. Bước tiếp theo là chiết xuất số liệu DSM theo mục đích nghiên cứu. Khác với số liệu DSM từ nguồn NextMap World30 được cho trên lưới. Do số liệu DSM được đo đạc từ thiết bị bay không người lái được cung cấp dưới dạng các tệp tin ảnh có định dạng TIFF trong đó bao gồm ma trận các điểm ảnh. Do đó, quá trình chiết xuất dữ liệu có thể thực hiện ngay trên phần mềm Global Mapper. Cụ thể, chỉ bằng cách di con trỏ chuột tới vị trí cần lấy dữ liệu là phần mềm sẽ hỗ trợ chiết xuất dữ liệu DSM tại điểm đó, thông tin chiết xuất ra bao gồm tọa độ X và Y của điểm đó cùng với giá trị DSM tương ứng. Căn cứ theo nhu cầu nghiên cứu, bước này sẽ chiết xuất dữ liệu DSM ở 2 dạng:

- Tại một số vị trí trùng với vị trí đã được đo đạc ngoài thực địa;
- Tại các nút lưới sử dụng để lập bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật.

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

### 2.3. Lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật

Bảo vệ hành lang kỹ thuật công trình KTTV đã được quy định rõ ràng trong Luật khí tượng thủy văn đã được Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam ban hành ngày 23/11/2015, có hiệu lực từ ngày 01/7/2016. Trong phạm vi hành lang kỹ thuật công trình khí tượng thủy văn không được thực hiện các hành vi quy định tại khoản 3 Điều 15 của Luật khí tượng thủy văn; riêng vườn quan trắc khí tượng bề mặt được quy định chi tiết thêm như sau: “Trong phạm vi từ 50 mét đến 100 mét tính từ hàng rào vườn quan trắc khí tượng bề mặt ra các phía được trồng cây hoặc xây dựng công trình nhưng độ cao phải bảo đảm góc giữa đường nối tâm vườn tới điểm cao nhất của cây hoặc công trình và bề mặt vườn không vượt quá 10° (mười độ)”.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi căn cứ theo Điểm a, Khoản 2, Điều 7 của Nghị định 38/2016/NĐ-CP nhưng cách thức tính toán vi phạm sẽ căn cứ vào chênh lệch độ cao của vật thể và độ cao lý thuyết. Cụ thể:

- Gọi  $H_p$  là độ cao lý thuyết tính theo góc 10 độ tại điểm p có tọa độ  $(X_p, Y_p)$  trong đó được tính từ tọa độ mốc  $(X_{Moc}, Y_{Moc})$  (Hình 5)
- Gọi  $H_{moc}$  là độ cao của mốc trạm
- Gọi  $DSM_p$  là độ cao của vật thể tại điểm p có tọa độ  $(X_p, Y_p)$ : DSM có thể được lấy từ nguồn NextWorld 30 hoặc từ thiết bị bay Phantom 4 RTK.

Để tính  $H_p$ , đầu tiên ta cần xác định khoảng cách Euler từ vị trí mốc  $(X_{Moc}, Y_{Moc})$  đến vị trí điểm cần quan tâm  $(X_p, Y_p)$  (chính là đoạn AC trên hình 18) theo công thức tính khoảng cách trong hệ tọa độ Đề các như công thức dưới đây:

$$AC = \sqrt{(X_p - X_{moc})^2 + (Y_p - Y_{moc})^2} \quad (1)$$

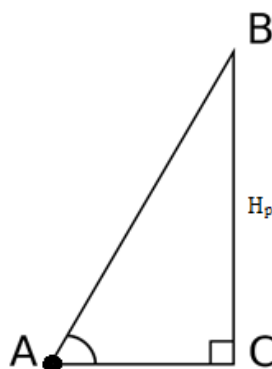
Sau khi tính được khoảng cách từ vị trí mốc đến vị trí điểm cần quan tâm, giá trị  $H_p$  có thể được xác định theo công thức (2) dưới đây:

$$H_p = AC * \text{TANG}(100) \quad (2)$$

Để lập bản đồ hiện trạng vi phạm, đề tài sử dụng giá trị độ lệch (DHP) giữa độ cao thực tế của vật thể tại điểm đang xem xét với độ cao lý thuyết được tính toán theo các công thức (1) và (2) ở trên. Cụ thể:

$$DHP = DSMp - (Hp + Hmoc) \quad (3)$$

Trong công thức (3) cần phải cộng thêm Hmoc là do số liệu DSM được thu thập là độ cao đã được quy về mực nước biển trung bình, do đó, giá trị Hp cũng cần phải được quy về cùng hệ quy chiếu. Như vậy, nếu DHP là âm, thì vi phạm không xảy ra do độ cao của vật thể tại điểm xem xét nhỏ hơn so với độ cao cho phép. Ngược lại, nếu DHP dương, thì vi phạm đã xảy ra và giá trị DHP càng lớn thì mức độ vi phạm càng nghiêm trọng.



**Mốc cao độ**

**Hình 5.** Sơ đồ minh họa cách tính độ cao lý thuyết của một điểm bất kỳ theo Điểm a, Khoản 2, Điều 7 của Nghị định 38/2016/NĐ-CP.

Để lập được bản đồ vi phạm, toàn bộ quá trình tính toán DHP theo cách tính ở trên được áp dụng cho tất cả các điểm dữ liệu DSM được thu thập trong phạm vi xung quanh trạm. Cụ thể, từ 04 góc vườn quan trắc khí tượng bề mặt, xác định 1 vòng tròn có bán kính 200m có tâm góc vườn. Tất cả các điểm nằm trên lưới dữ liệu của UAV nằm trong đường tròn nói trên sẽ được lựa chọn để tính toán DHP. Quá trình xác định số điểm lưới dữ liệu được thực hiện tương tự cho 03 điểm góc vườn còn lại, nhưng điểm lưới nào đã được lựa chọn thì không lựa chọn lại. Kết quả xác định cho thấy có 962 điểm dữ liệu từ UAV ở trạm khí tượng Hà Nam được sử dụng để lập bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật. Tương tự, đối với trạm khí tượng Ninh Bình là 966 điểm dữ liệu.

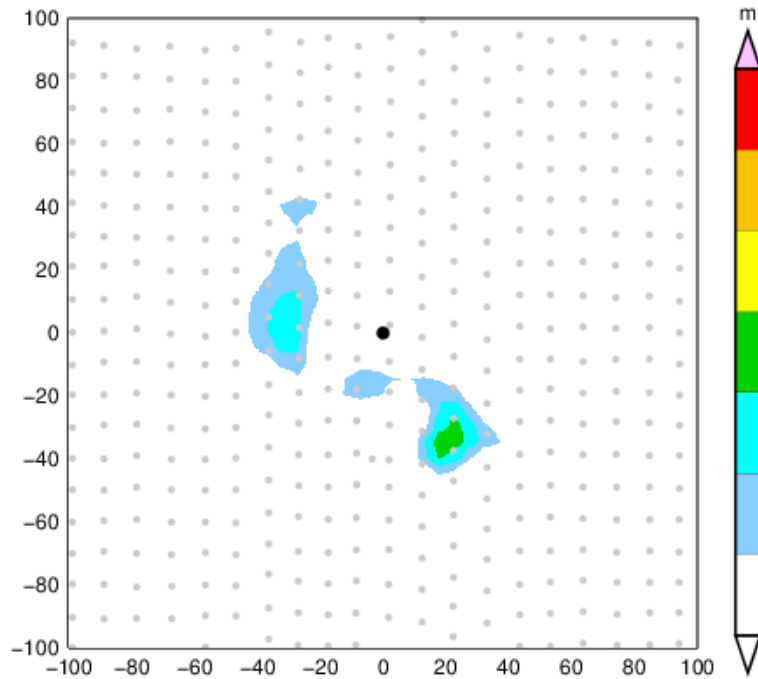
### 3. Kết quả nghiên cứu

Kết quả tính toán và so sánh sai số vị trí và độ cao giữa nguồn số liệu DSM được chiết xuất từ Phantom 4 RTK tại 02 trạm được khảo sát cho thấy sai số vị trí giữa điểm dữ liệu từ Phantom 4 RTK được lấy để nội suy về điểm khống chế gần nhất là không đáng kể, trung bình không lệch quá 0,3 m. Khi so sánh sai số độ cao của vật thể cũng cho kết quả tương tự. Cụ thể, nếu tính trung bình trên toàn bộ các điểm khống chế, sai số độ cao của vật thể được xác định từ Phantom 4 RTK dao động trong khoảng 0,5 m.

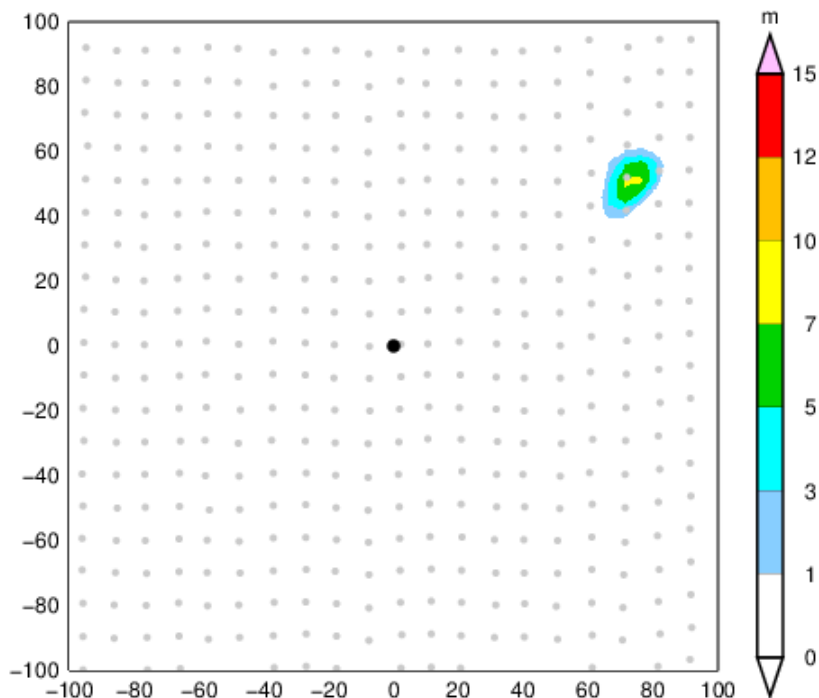
Các hình 6 đến 7 đưa ra bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật vườn quan trắc khí tượng của trạm khí tượng Hà Nam và khí tượng Ninh Bình trong đó sử dụng số liệu DSM được chiết từ dữ liệu ảnh chụp phân giải cao của UAV Phantom 4 RTK. Dữ liệu bay được thực hiện trong năm 2022. Hình 6 có thể thấy có một số vi phạm tại trạm khí tượng Hà Nam ở phần phía Tây và Đông Nam của vườn quan trắc. Trong đó, ở phía Đông Nam vi phạm nhiều hơn so với phía Tây. Đối chiếu với ảnh chụp thực tế tại cùng thời điểm (Hình 8), có thể thấy rõ ràng vi phạm thuộc dạng án ngữ công trình trong đó gồm khu nhà xưởng của công ty lương thực được xây dựng từ năm 2011 và chỉ cách vườn khí tượng 5m, công trình này có độ cao 10m. Ở phía Nam và Đông Nam, là khu trụ sở làm việc của Công ty may được xây dựng từ năm 2005 cách vườn 8m, trụ sở này có độ cao gần 8m. Như vậy, bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật cho thấy sự phù hợp với thực tế.



Đối với trạm Ninh Bình, kết quả lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật dựa trên số liệu DSM được chiết xuất từ thiết bị Phantom 4 RTK trên hình 7 cho thấy có vi phạm nghiêm trọng ở phía Đông Bắc của vườn trong phạm vi khoảng 80m. Kết quả kiểm chứng với ảnh chụp thực tế trên hình 9 ở trên cho thấy kết quả tính toán là hoàn toàn chính xác. Cụ thể, cách 80m về phía Đông Bắc có một tòa nhà rất cao. Tòa nhà này đã được khởi công từ năm 2020 và hoàn thành trong đầu năm 2022 (theo báo cáo của trạm).



**Hình 6.** Bản đồ vi phạm hành lang kỹ thuật của trạm khí tượng Hà Nam theo nguồn số liệu DSM được chiết xuất từ dữ liệu ảnh chụp trong năm 2022 của thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK (chấm đen là tọa độ của mốc trạm).



**Hình 7.** Tương tự hình 6 nhưng cho trạm khí tượng Ninh Bình.



**Hình 8.** Ảnh chụp hiện trạng khu vực xung quanh vườn quan trắc khí tượng của trạm Hà Nam tại thời điểm tháng 12 năm 2022.



**Hình 9.** Ảnh chụp hiện trạng khu vực xung quanh vườn quan trắc khí tượng của trạm Ninh Bình tại thời điểm tháng 12 năm 2022.

#### 4. Kết luận

Dựa trên các nguồn số liệu DSM được chiết xuất từ dữ liệu ảnh của UAV Phantom 4 RTK, bài báo đã thực hiện đánh giá chất lượng các nguồn số liệu này, đồng thời lập bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc cho 02 trạm khí tượng Hà Nam và Ninh Bình. Các kết quả đánh giá, so sánh và phân tích cho thấy sai số vị trí và độ cao của dữ liệu DSM được chiết xuất ra nằm trong phạm vi cho phép. Bản đồ hiện trạng vi phạm hành lang kỹ thuật công trình vườn quan trắc được lập từ số liệu DSM cho thấy mức độ phù hợp với thực tế cả về vị trí và mức độ vi phạm. Kết quả này cho thấy việc ứng dụng số liệu DSM từ UAV trong quản lý hành lang kỹ thuật công trình quan trắc khí tượng là hoàn toàn phù hợp và khả thi.

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

**Lời cảm ơn:** các tác giả xin gửi lời cảm ơn tới đề tài NCKH cấp cơ sở “Nghiên cứu ứng dụng số liệu mô hình số bề mặt (DSM) để xây dựng cơ sở dữ liệu trạm quan trắc khí tượng khu vực đồng bằng Bắc Bộ”, mã số CS.2022.1 đã hỗ trợ để nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này cũng là kết quả thực hiện của một nội dung trong đề tài nói trên.

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

### **Tài liệu tham khảo**

1. Long, V.P.; Chát, V.V.; Giang, N.V. Bay chụp ảnh bằng máy bay không người lái (UAV) thành lập bản đồ không gian 3 chiều (3D). *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 31, 23–28.
2. Mỹ, V.C.; Long, Đ.N. Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái (UAV) trong công tác đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn và giám sát tài nguyên môi trường. Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học quốc tế, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2014.
3. Làn, N.T. và cộng sự. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ địa không gian xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D cho thành phố thông minh ven biển phù hợp với điều kiện Việt Nam, thí điểm tại khu vực TP. Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. Đề tài NCKH cấp Bộ, mã số TNMT.2021.04.04, 2022.
4. Diệu, B.T.; Vân, N.C.; Hùng, H.M.; Minh, N.Q. Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái. Tuyển tập Hội nghị khoa học: Đo đạc bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu, 2016.
5. Quý, B.N.; Hiệp, P.V. Nghiên cứu xây dựng mô hình 3D từ dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV). *Tap chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, **2017**, 4(58), 1–11.
6. Thảo, N.T.P.; Diệu, B.D.; Minh, M.T.; Khánh, N.Q.; Anh, N.T.; Long, N.H.; Long, N.Q. Đánh giá độ chính xác mô hình số bề mặt và bản đồ ảnh trực giao thành lập từ phương pháp ảnh máy bay không người lái (UAV). *Tap chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2017**, 58, 18–27.
7. Thủy, H.T.; Hòa, Đ.C. Giải pháp thành lập bản đồ địa hình từ dữ liệu UAV vùng có phủ thực vật. *Tap chí khoa học đo đạc và bản đồ* **2020**, 44, 49–55.
8. Tú, N.A.; Đợi, N.T.; Xuân, N.H.; Nghị, Đ.T. Ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) và mô hình thủy lực HEC–RAS mô phỏng 3D vùng ngập lụt. Nghiên cứu điển hình ở xã an hòa, huyện an lão tỉnh Bình Định. *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2021**, 44, 57–64.
9. Anh, N.T. Nghiên cứu ứng dụng dữ liệu Lidar và ảnh viễn thám độ phân giải cao để xây dựng bản đồ 3D phục vụ quản lý đô thị. Đề tài NCKH cấp Bộ, 2010.
10. Long, V.P. Bản đồ không gian ba chiều trong quản lý biên giới. *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2013**, 15, 49–57.
11. Chát, V.V. Khả năng ứng dụng bản đồ 3D trong huấn luyện. *Tap chí quân huấn* **2016**, 9, 18–20.
12. Sỹ, M.V.; Quý, B.N.; Hiệp, P.V.; Quý, L.Q. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh máy bay không người lái (UAV) trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn. *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 33, 49–57.
13. Hòa, Đ.C.; Thủy, H.T. Ứng dụng tin học vào bài toán chuyển đổi hệ quy chiếu bản đồ số địa hình. *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 31, 59–64.
14. Thủy, H.T. Nâng cao độ chính xác khi ứng dụng công nghệ TRK trogn thành lập bản đồ số tỷ lệ lớn. *Tap chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2017**, 38, 37–41.
15. Long, V.P.; Thắng, L. Thử nghiệm thiết bị bay không người lái thành lập bản đồ 3D hành lang tuyến điện. Tuyển tập hội thảo khoa học ngành Địa hình quân sự, 2014.
16. Mỹ, V.C.; Dukek, R. Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái trong công tác trắc địa mỏ và giám sát môi trường mỏ.
17. Hà, N.T.T. Giải pháp trực quan hóa dữ liệu đô thị 3D theo chuẩn CITYGML trên nền web. Luận án thạc sĩ ngành CNTT, 2016, tr. 50.

18. Thao, P.T. Thử nghiệm xây dựng mô hình đô thị 3D bằng ngôn ngữ tiêu chuẩn CityGML và phần mềm mã nguồn mở. *Tap chí Khoa học kỹ thuật Mở - địa chất* **2013**, 44, 59–56.
19. Hương, N.T.T. Nghiên cứu nâng cao độ chính xác của mô hình số độ cao dạng GRID bằng mạng Neuron Hopfield. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, 2021, tr. 182.
20. Anh, L.T.; Tuân, P.V.; Hiền, L.Đ. Ứng dụng công nghệ tích hợp Lidar và chụp ảnh hàng không trong thu nhận, xử lý và thành lập dữ liệu không gian địa lý. Tuyến tập báo cáo Hội nghị khoa học, công nghệ toàn quốc ngành Đo đạc và Bản đồ, 2018, 1–12.
21. Cương, T.Q. Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng mô hình số độ cao phục vụ quản lý tài nguyên thiên nhiên. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Bộ, 2006.
22. Emilia, K.; Renata, J.R.; Joanna, D. The use of unmanned aerial vehicles in flood hazard assessment. *J. Flood Risk Manage.* **2020**, 13(4), e12622.

## **Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to mapping technical safety corridor of surface meteorological observation station**

**Vo Van Hoa<sup>1\*</sup>, Le Minh Tuan<sup>1</sup>, Pham Van Hanh<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Northern Delta Regional Hydro–Meteorological Center; vovanhoa80@yahoo.com; letuantv@gmail.com, hanhkttv@gmail.com

**Abstract:** The article is based on high-resolution image data from the Phantom 4 RTK drone to extract digital surface elevation data (DSM) for the area around the meteorological observation garden (from 4 garden corner extend to 100m in different directions) of Ha Nam and Ninh Binh surface meteorological stations. The evaluation results with control points show that the DSM error is within the allowable range. The current status map of violations of the technical corridor is established according to the provisions of Point a, Clause 2, Article 7 of Decree 38/2016/ND–CP and has detailed the extent of violations of the technical corridor at 02 given stations. The analysis results show that the established violation map is completely consistent with reality.

**Keywords:** Digital surface elevation data (DSM); UAV; Technical corridor violations maps.

Bài báo khoa học

## Một số đặc điểm thành phần loài động vật đáy vịnh Đà Nẵng mùa hè năm 2022

Nguyễn Hải Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Hoàng Anh<sup>1</sup>, Mai Kiên Định<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Viện Nghiên cứu biển và hải đảo; anhnh.wru@gmail.com; ahoang1983@gmail.com; maikiendinh79@yahoo.com

\*Tác giả liên hệ: maikiendinh79@yahoo.com; Tel.: +84–394931579

Ban Biên tập nhận bài: 13/12/2022; Ngày phản biện xong: 18/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

**Tóm tắt:** Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính góp phần đánh giá đa dạng loài, phân bố, tần suất xuất hiện (TSXH) và chỉ số sinh học của quần xã động vật đáy (ĐVD) trong vịnh Đà Nẵng mùa hè năm 2022. Tại vịnh Đà Nẵng đã xác định được tổng số có 55 loài, thuộc 45 chi, 38 họ, 17 bộ, 4 lớp, 3 ngành động vật đáy, trong đó, ngành Thân mềm (Mollusca) có 41 loài chiếm tỷ lệ 74,55%, ngành Chân khớp (*Arthropoda*) có 12 loài chiếm tỷ lệ 21,82% và ngành Giun đốt (*Annelida*) có 02 loài chiếm tỷ lệ 3,64%. Về phân bố cho thấy trung bình mỗi trạm xuất hiện hơn 15 loài trong đó nhiều nhất là tại trạm mẫu ĐVD 154 có 28 loài, tiếp đến là trạm ĐVD 250 có 27 loài; thấp nhất là tại trạm mẫu ĐVD 12 có 4 loài, tiếp theo là các trạm ĐVD 15, ĐVD 39, ĐVD 44 có 5 loài, còn lại các trạm hầu hết xuất hiện từ 12–19 loài. Về tần suất xuất hiện cho thấy loài *Donax striatus* có TSXH cao nhất trong các loài ĐVD là 166/250, tiếp đến là loài *Nassarius stolatus* có TSXH là 155/250, loài *Cerithium ruppelli* có TSXH là 144/250 và thấp nhất là loài *Diogenes lophochir* có TSXH là 7/250, tiếp đến là *Clithon oualaniense* có TSXH là 13/250. Kết quả tính toán chỉ số đa dạng sinh học cho thấy, khu vực này mức độ đa dạng sinh học khá cao ( $H' = 2,37$ ).

**Từ khóa:** Động vật đáy; Đa dạng sinh học; Vịnh Đà Nẵng.

### 1. Mở đầu

Động vật đáy (ĐVD) là nhóm động vật sống ở trên hoặc trong nền đáy biển. Động vật đáy cỡ lớn phân bố rộng từ thềm lục địa, trong các vùng triều cho tới đáy biển sâu. Trong đó hệ sinh thái ven biển là môi trường tiếp giáp giữa nước và cạn, có thành phần loài đa dạng, phong phú, có số lượng lớn, có nhiều chuỗi và lưới thức ăn. Thành phần loài sinh vật đáy sẽ giảm dần từ vùng bờ ra ngoài khơi do ánh sáng không thể xuyên xuống vùng nước sâu của đại dương, nguồn năng lượng của hệ sinh thái dưới đáy thường là các vật chất hữu cơ chìm xuống từ tầng mặt. ĐVD là một hợp phần quan trọng của môi trường biển, của các hệ sinh thái, nhóm này bao gồm thân mềm, giáp xác, da gai [1]... Với thành phần loài phong phú, đa dạng, phân bố ở nhiều sinh cảnh khác nhau, các loài sinh vật đáy có vai trò sinh thái khác nhau, vì vậy chúng luôn là một trong những đối tượng được điều tra, nghiên cứu đầu tiên của mỗi vùng biển [2–4].

Vùng biển của thành phố Đà Nẵng ghi nhận được 191 loài san hô và nhiều loài động vật biển như cá rạn san hô, động vật thân mềm, giáp xác, cầu gai, động thực vật phù du... Thành phần sinh vật đáy rạn san hô đã ghi nhận ở bắc Hải Vân và Hòn Sơn Trà gồm 103 loài rong, 33 loài giun, 60 loài giáp xác, 12 loài da gai [5]. Vịnh Đà Nẵng được bao bọc bởi hai dãy núi Hải Vân và Sơn Trà, thuộc địa phận các quận Liên Chiểu, Thanh Khê, Hải Châu và Sơn Trà

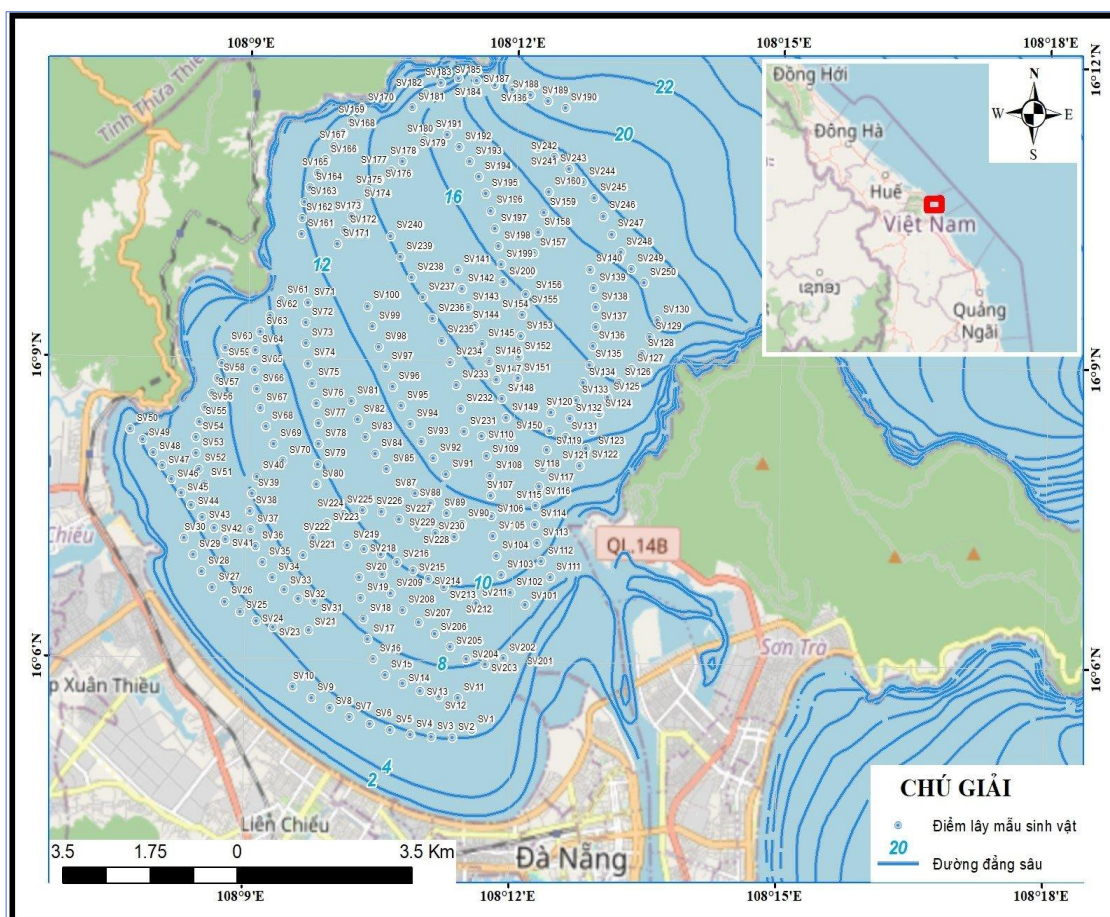
của thành phố Đà Nẵng, có những đặc trưng riêng về điều kiện tự nhiên, có vị thế đặc biệt quan trọng với tài nguyên biển và an ninh quốc phòng trong khu vực [6–7]. Đó là những điều kiện thuận lợi cho việc phát triển cảng biển và các ngành kinh tế khác như nuôi trồng, đánh bắt hải sản, du lịch, dịch vụ... Tuy vậy, các hoạt động này cũng làm ảnh hưởng đến môi trường và tài nguyên trong vịnh [8–9].

Nghiên cứu động vật đáy tại Việt Nam được tiến hành từ sớm với hơn 70 công trình khác nhau của cả tác giả trong và ngoài nước với các công trình tiêu biểu của Serene và Dawydoff từ 1930–1952; của Gurjanova và đội điều tra Việt–Trung 1959–1962,... [10]. Tại vịnh Đà Nẵng, đã có nhiều nghiên cứu về sinh vật biển từ trước đến nay [5] nghiên cứu về đa dạng sinh học thành phố Đà Nẵng; [11] tiến hành nghiên cứu về thực vật phù du; [12] nghiên cứu về động vật phù du,... và nghiên cứu về động vật đáy [13] nghiên cứu về động vật đáy không xương sống cỡ trung bình; [14] nghiên cứu về động vật đáy khu vực Hải Vân–Sơn Chà,... Nghiên cứu này sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính ĐVĐ sẽ góp phần đánh giá đa dạng loài, phân bố, tần suất xuất hiện và chỉ số sinh học của quần xã ĐVĐ trong vịnh Đà Nẵng từ số liệu của chuyên khảo sát được thực hiện trong khoảng thời gian tháng 8 năm 2022.

## 2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Số liệu sử dụng

Số liệu sử dụng là kết quả phân tích mẫu nhóm động vật đáy [15] thu được tại vùng biển vịnh Đà Nẵng, thành phố Đà Nẵng vào tháng 8/2022. Sơ đồ tuyến điều tra thu 250 mẫu sinh vật đáy như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ tuyến thu mẫu động vật đáy.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

+ Phương pháp thu và xử lý mẫu

- Mẫu định tính (ĐT) được thu trong diện tích 2,5 m<sup>2</sup> ở nền đáy bằng cào đáy, sử dụng khung tiêu chuẩn và ghi theo số thứ tự, tương ứng với vị trí tọa độ cụ thể và các thông tin cần thiết. Mẫu được thu tất cả các nhóm giáp xác, thân mềm chân bụng, thân mềm hai mảnh vỏ, Giun nhiều tơ có trong ô cho đến khi không còn gặp. Tất cả bùn đáy được đãi bằng sàng có mắt lưới 1–1,5 mm để loại bỏ đất và thu động vật đáy trong đó. Mẫu thu được cho vào túi nilông hoặc hộp nhựa có nắp, ghi nhãn.

- Cố định mẫu: Ngay trong ngày, mẫu được rửa sạch bùn đất, định hình trongalcon 70o để lưu giữ mẫu trước khi phân tích. Các vị trí có mẫu được phân biệt với nhau bằng các nhãn được đánh số thứ tự và ký hiệu.

+ Phương pháp định loại mẫu và phân tích số liệu

Định loại mẫu vật theo từng nhóm dựa vào các tài liệu:

- Nhóm cua (*Brachyura*) [16–17];

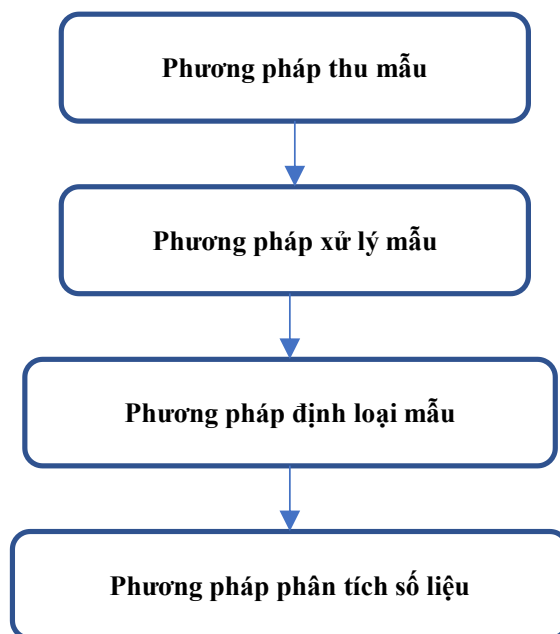
- Nhóm thân mềm hai mảnh vỏ (*Bivalvia*) và thân mềm chân bụng (*Gastropoda*) [18–19];

- Giun ít tơ (*Oligochaeta*) [20]; Sâu đất (*Sipuncula*) [21].

Xử lý số liệu định tính ĐVĐ được xử lý bằng phần mềm Excel Microsoft Office. Chỉ số đa dạng sinh học hay chỉ số Shannon (H') [22]:

$$H' = - \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{\sum n} \log_2 \left( \frac{n_i}{\sum n} \right) \quad (1)$$

Trong đó H' là chỉ số đa dạng sinh học; n<sub>i</sub> là số lượng cá thể loài i trong ô nghiên cứu. Sơ đồ cấu trúc phương pháp nghiên cứu như Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Thành phần loài, cấu trúc khu hệ động vật đáy

Trong đợt khảo sát thu mẫu vào tháng 8/2022 tại vịnh Đà Nẵng, nhóm nghiên cứu đã xác định được tổng số có 55 loài, thuộc 45 chi, 38 họ, 17 bộ, 4 lớp, 3 ngành động vật đáy, cụ thể như trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Thành phần loài động vật đáy khu vực vịnh Đà Nẵng.

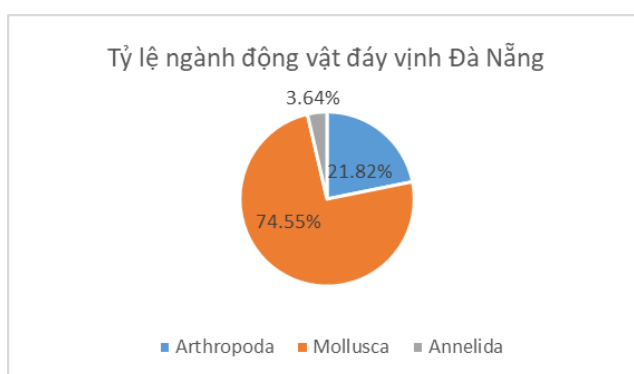
<b>TT</b>	<b>Nhóm loài</b>	<b>ĐT</b>	<b>TSXH</b>
<b>A</b>	<b>Arthropoda</b>		
I	Crustacea		
	Decapoda		
	Diogenidae		
1	<i>Clibanarius longitarsus</i> (De Haan, 1849)	*	67
2	<i>Diogenes lophochir</i> (Morgan, 1989)	*	7
3	<i>Diogenes mixtus</i> (Lanchester, 1902)	*	31
	Lysmatidae		
4	<i>Lysmata vittata</i> (Stimpson, 1860)	*	78
	Penaeidae		
5	<i>Metapenaeus affinis</i> (Milne-Edwards, 1837)	*	59
6	<i>Metapenaeus ensis</i> (de Haan, 1844)	*	86
	Palaemonidae		
7	<i>Palaemon semmelinkii</i> (de Man, 1881)	*	68
	Sesarmidae		
8	<i>Parasesarma plicatum</i> (Latreille, 1803)	*	98
	Portunidae		
9	<i>Portunus sanguinolentus</i> (Herbst, 1783)	*	57
10	<i>Portunus spiniferus</i> (Stephenson & Rees, 1967)	*	34
11	<i>Portunus truncata</i> (Fabricius, 1798)	*	68
	Mysida		
	Mysidae		
12	<i>Mesopodopsis orientalis</i> (Tattersall, 1908)	*	129
<b>B</b>	<b>Mollusca</b>		
II	Bivalvia		
	Anomalodesmata		
	Cuspidariidae		
13	<i>Cuspidaria obesa</i> (Lovén, 1846)	*	16
	Cardiida		
	Donacidae		
14	<i>Donax striatus</i> (Linnaeus, 1767)	*	166
	Tellinidae		
15	<i>Nitidotellina hokkaidoensis</i> (Habe, 1961)	*	59
16	<i>Nitidotellina valtonis</i> (Hanley, 1844)	*	31
	Semelidae		
17	<i>Theora lubrica</i> (Gould, 1861)	*	77
	Mytilida		
	Mytilidae		
18	<i>Perna vidiris</i> (Linnaeus, 1758)	*	107
19	<i>Xenostrobus pulex</i> (Lamarck, 1819)	*	132
20	<i>Brachidontes pharaonis</i> (Fischer, 1870)	*	27
	Ostreida		
	Ostreidae		
21	<i>Ostrea rivularis</i> (Gould, 1861)	*	57
	Pectinida		
	Anomiidae		
22	<i>Anomia chinensis</i> (Philippi, 1849)	*	26
	Venerida		
	Veneridae		
23	<i>Paphia gallus</i> (Gmelin, 1791)	*	22
24	<i>Paphia textile</i> (Gmelin, 1791)	*	57
25	<i>Placamen calophylla</i> (Philippi, 1836)	*	84



TT	Nhóm loài	ĐT	TSXH
	Veneroidea		
	Aloidis		
26	<i>Aloides laevis</i> (Hinds, 1843)	*	21
III	Gastropoda		
	Caenogastropoda		
	Cerithiidae		
27	Cerithidea – sp	*	85
28	<i>Cerithium ruppelli</i> (Philippi, 1848)	*	144
	Potamididae		
29	<i>Pirenella cingulata</i> (Gmelin, 1791)	*	58
	Epitoniidae		
30	<i>Epitonium scalare</i> (Linnaeus, 1758)	*	24
	Cycloneritida		
	Neritidae		
31	<i>Clithon oualaniense</i> (Lesson, 1830)	*	13
	Littorinimorpha		
	Naticidae		
32	<i>Natica lineata</i> (Roding, 1798)	*	32
33	<i>Natica vitellus</i> (Linnaeus, 1758)	*	81
	Zebinidae		
34	<i>Stosicia annulata</i> (Dunker, 1877)	*	80
	Stenothyridae		
35	<i>Stenothyra messengeri</i> (Bavay & Dautzenberg, 1900)	*	48
	Lottioidea		
	Lottiidae		
36	<i>Patelloida mimula</i> (Iredale, 1924)	*	27
	Neogastropoda		
	Clavatulidae		
37	<i>Clavatula lelieuri</i> (Récluz, 1851)	*	43
	Turridae		
38	<i>Lophioturris leucotropis</i> (Adams & Reeve, 1850)	*	106
	Columbellidae		
39	<i>Mitrella turbita</i> (Duclos, 1840)	*	35
	Nassariidae		
40	<i>Nassarius stolatus</i> (Gmelin, 1791)	*	155
41	<i>Nassarius teretiusculus</i> (Adams, 1852)	*	91
42	<i>Nassarius siquijorensis</i> (Adams, 1852)	*	84
	Olividae		
43	<i>Olivella tehuelcha</i> (Duclos, 1835)	*	101
	Muricidae		
44	<i>Reishia clavigera</i> (Küster, 1860)	*	96
	Ringiculidae		
45	<i>Ringicula buccinea</i> (Sowerby, 1823)	*	23
	Babyloniidae		
46	<i>Babylonia areolata</i> (Link, 1807)	*	38
	Terebridae		
47	<i>Duplicaria raphanula</i> (Lamarck, 1822)	*	94
	Pisaniidae		
48	<i>Enginopsis alveolata</i> (Kiener, 1836)	*	48
	Muricidae		
49	<i>Thais malayensis</i> (Tan & Sigurdsson, 1996)	*	127
	Trochida		
	Trochidae		
50	<i>Monodonta canalifera</i> (Lamarck, 1816)	*	53

TT	Nhóm loài	ĐT	TSXH
51	<i>Thalotia conica</i> (Gray, 1827)	*	87
52	<i>Trochus maculatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	94
53	<i>Umbonium vestiarium</i> (Linnaeus, 1758)	*	127
<b>C Annelida</b>			
IV	Polychaeta Phyllodocida Nereididae		
54	<i>Ceratonereis burmensis</i> (Monro, 1937)	*	83
	Clypeasteroida Clypeasteridae		
55	<i>Clypeaster reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	*	53

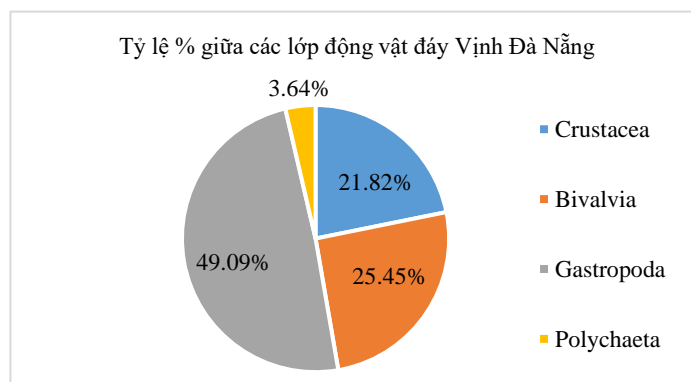
Qua bảng trên ta thấy, ngành thân mềm (*Mollusca*) có 41 loài chiếm tỷ lệ 74,55% ngành chân khớp (*Arthropoda*) có 12 loài chiếm tỷ lệ 21,82% và ngành giun đốt (*Annelida*) có 02 loài chiếm tỷ lệ 3,64% như trong Hình 3.



Hình 3. Tỷ lệ các ngành động vật đáy khu vực vịnh Đà Nẵng.

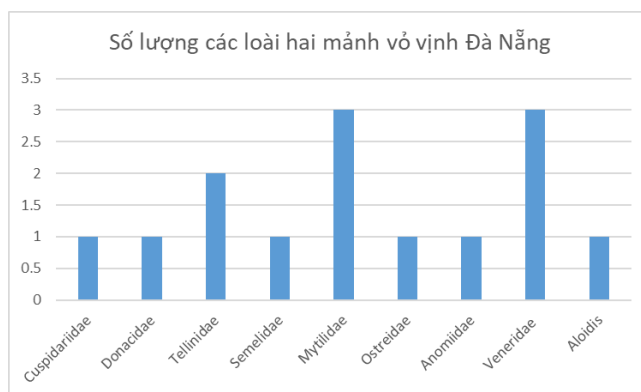
Trong ngành thân mềm (*Mollusca*), lớp chân bụng (*Gastropoda*) có 27 loài chiếm tỷ lệ 65.8% của ngành, lớp hai mảnh vỏ (*Bivalvia*) có 14 loài chiếm tỷ lệ 34,2% của ngành. Trong ngành chân khớp (*Arthropoda*) có lớp Giáp xác (*Crustacea*) có 12 loài. Trong ngành giun đốt có lớp giun nhiều tơ (*Polychaeta*) có 02 loài. Trong các họ thuộc các nhóm động vật đáy, họ Trochidae có số loài nhiều nhất (4 loài). Tiếp theo là họ *Nassariidae*, *Veneridae*, *Mytilidae* (3 loài). Các họ khác chỉ từ 1 đến 2 loài.

So sánh với các kết quả nghiên cứu đã công bố tại các vịnh khác như tại vịnh Quy Nhơn có 97 loài, 56 giống, 42 họ [23] và kết quả tại vịnh Xuân Đài đã xác định được 39 loài động vật đáy có giá trị kinh tế thuộc 26 giống, 15 họ, 12 bộ, 5 lớp [24], tại vịnh Vân Phong có 1044 loài thuộc 231 họ, 32 bộ, 15 lớp và 4 ngành [25] ...vv, cho thấy khu hệ sinh vật đáy khu vực vịnh Đà Nẵng tại thời điểm tháng 8/2022 có thành phần loài kém phong phú.



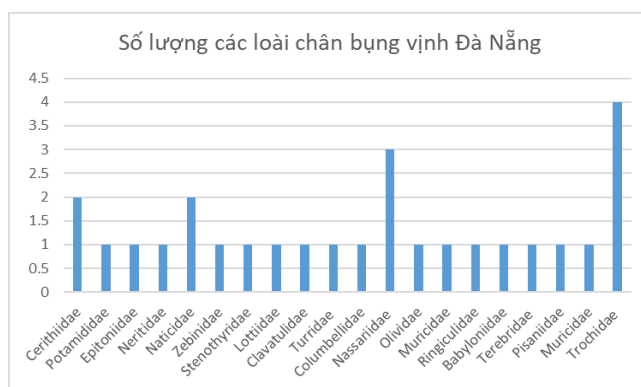
Hình 4. Tỷ lệ các lớp động vật đáy trong khu vực vịnh Đà Nẵng.

Về cấu trúc khu hệ cho thấy, lớp hai mảnh vỏ (*Bivalvia*) có số lượng loài cao là *Veneridae* và *Mytilidae* mỗi họ có 3 loài, họ *Tellinidae* có 02 loài, còn lại các họ khác, mỗi họ có 01 loài (Hình 5).



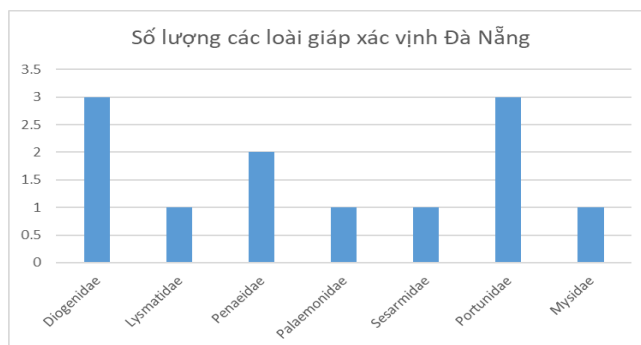
Hình 5. Số lượng loài trong từng họ của lớp Hai mảnh vỏ.

Lớp Chân bụng có số lượng loài cao nhất là họ *Trochidae* có 4 loài, họ *Nassariidae* có 03 loài, tiếp đến là họ *Cerithiidae* và họ *Naticidae* có 02 loài còn các họ khác có 01 loài (Hình 6).



Hình 6. Số lượng loài trong từng họ của lớp Chân bụng.

Trong lớp Giáp xác, họ có số lượng loài cao nhất là họ *Portunidae* và họ *Diogenidae* có 3 loài, họ *Peneaeidae* có 2 loài, các họ còn lại chỉ có 01 loài (Hình 7).



Hình 7. Số lượng các loài trong từng họ của lớp Giáp xác.

Nhận xét: Hầu hết các loài động vật đáy phân bố rộng ở ven biển phía Bắc, phía Nam Việt Nam, một số loài phân bố rộng ở ven biển các nước khu vực Nam Á phía tây Thái Bình Dương. Các loài phân bố rộng trong lớp chân bụng như trong giống *Nassarius*; lớp hai mảnh

vỏ có *Aloidis*; một số loài trong họ Portunidae (*Portunus sanguinolentus*, *Portunus spiniferus*, ...) trong lớp giáp xác.

### 3.2. Phân bố và tần suất xuất hiện động vật đáy khu vực nghiên cứu

Về phân bố cho thấy trung bình mỗi trạm xuất hiện hơn 15 loài trong đó nhiều nhất là tại trạm mẫu ĐVĐ 154 có 28 loài, tiếp đến là trạm ĐVĐ 250 có 27 loài; thấp nhất là tại trạm mẫu ĐVĐ 12 có 4 loài, tiếp theo là các trạm ĐVĐ 15, ĐVĐ 39, ĐVĐ 44 có 5 loài, còn lại các trạm hầu hết xuất hiện từ 12–19 loài.

Về tần suất xuất hiện: Bảng 1 cho thấy loài *Donax striatus* có tần suất xuất hiện cao nhất trong các loài ĐVĐ là 166/250, tiếp đến là loài *Nassarius stolatus* có tần suất xuất hiện là 155/250, loài *Cerithium ruppelli* có tần suất xuất hiện 144/250 và thấp nhất là loài *Diogenes lophochir* có tần suất xuất hiện là 7/250, tiếp đến là *Clithon oualaniense* có tần suất xuất hiện là 13/250. Trong từng lớp có lớp giáp xác – *Crustacea* có tần suất xuất hiện trung bình 65,17/250, cao nhất là loài *Mesopodopsis orientalis* có tần suất xuất hiện là 129/250, thấp nhất là loài *Diogenes lophochir* có tần suất xuất hiện là 7/250; Lớp hai mảnh vỏ – *Bivalvia* có tần suất xuất hiện trung bình 63/250, cao nhất là loài *Donax striatus* có tần suất xuất hiện cao nhất trong các loài là 166/250, thấp nhất là loài *Cuspidaria obesa* có tần suất xuất hiện là 16/250; Lớp chân bụng – *Gastropoda* có tần suất xuất hiện trung bình 73,85/250, cao nhất là loài *Nassarius stolatus* có tần suất xuất hiện cao nhất trong các loài là 155/250, thấp nhất là loài *Clithon oualaniense* có tần suất xuất hiện là 13/250; Lớp giun nhiều tơ – *Polychaeta* có 02 loài là loài *Ceratonereis burmensis* và loài *Clypeaster reticulatus* có tần suất xuất hiện tương ứng là 83/250 và 53/250.

### 3.3. Đa dạng sinh học động vật đáy khu vực nghiên cứu

Kết quả tính toán chỉ số đa dạng sinh học cho thấy, khu vực này có mức độ đa dạng sinh học khá cao, thành phần loài kém đa dạng, phong phú ( $H' = 2,37$ ). Các loài động vật đáy tại khu vực này có rất ít loài có giá trị kinh tế, gồm đa số các loài có kích thước bé, mật độ thấp. Tại đây, đã xác định một số loài như: Tôm rảo đất – *Metapenaeus ensis*, Ghẹ ba chấm – *Portunus sanguinolentus*, ... là những loài có giá trị kinh tế và còn giá trị đa dạng sinh học và sinh thái, còn lại phần lớn các loài là các loài đã gặp là những loài đã có ở vùng ven biển nước ta. Những loài quý hiếm có kích thước trung bình hoặc kích thước lớn, không thấy gặp ở khu vực này.

## 4. Kết luận

Tại vịnh Đà Nẵng đã xác định được tổng số có 55 loài, thuộc 45 chi, 38 họ, 17 bộ, 4 lớp, 3 ngành động vật đáy, trong đó ngành Thân mềm (*Mollusca*) có 41 loài chiếm tỷ lệ 74,55% ngành Chân khớp (*Arthropoda*) có 12 loài chiếm tỷ lệ 21,82% và ngành Giun đốt (*Annelida*) có 02 loài chiếm tỷ lệ 3,64%. Về phân bố cho thấy trung bình mỗi trạm xuất hiện hơn 15 loài trong đó nhiều nhất là tại trạm mẫu ĐVĐ 154 có 28 loài, tiếp đến là trạm ĐVĐ 250 có 27 loài; thấp nhất là tại trạm mẫu ĐVĐ 12 có 4 loài, tiếp theo là các trạm ĐVĐ 15, ĐVĐ 39, ĐVĐ 44 có 5 loài, còn lại các trạm hầu hết xuất hiện từ 12–19 loài.

Về tần suất xuất hiện cho thấy loài *Donax striatus* có tần suất xuất hiện cao nhất trong các loài ĐVĐ là 166/250, tiếp đến là loài *Nassarius stolatus* có tần suất xuất hiện là 155/250, loài *Cerithium ruppelli* có tần suất xuất hiện 144/250 và thấp nhất là loài *Diogenes lophochir* có tần suất xuất hiện là 7/250, tiếp đến là *Clithon oualaniense* có tần suất xuất hiện là 13/250. Kết quả tính toán chỉ số đa dạng sinh học cho thấy, khu vực này mức độ đa dạng sinh học khá cao ( $H' = 2,37$ ).

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: M.K.Đ., N.H.A.; Xử lý số liệu: M.K.Đ., N.H.A.; Viết bản thảo bài báo: M.K.Đ., N.H.A.; Chính sửa bài báo: M.K.Đ.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ của Đề tài khoa học và công nghệ “Nghiên cứu cơ sở khoa học phục vụ xây dựng quy định kỹ thuật xây dựng bản đồ nhạy cảm môi trường do dầu tràn”, mã số: TNMT.2020.1862.02.

**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. Quân, N.V. Điều tra tổng thể hiện trạng và biến động đa dạng sinh học các hệ sinh thái ven biển Việt Nam, 2018, Viện Tài nguyên và Môi trường biển, nhiệm vụ I.8.
2. Chung, N.V. Giống ghẹ *Charybdis* (Crustacea: Portunidae) ở Việt Nam. Tuyển tập nghiên cứu biển, 2001, Tập XII, tr. 167–178.
3. Chung, N.V. Họ Cua bơi – Portunidae (Crustacea) ở biển Việt Nam. Những vấn đề Nghiên cứu cơ bản trong Khoa học sự sống. Báo cáo Khoa học Hội nghị toàn quốc lần thứ hai, 2003, tr. 45–46.
4. Nguồn lợi thủy sản Việt Nam. NXB Nông nghiệp. 1996, tr. 22–161.
5. Vi, N.T.T.; Minh, V.V.; Khánh, N.V. Tổng quan về đa dạng sinh học ở thành phố Đà Nẵng và một số định hướng bảo tồn. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ* **2010**, 5(40), 72–81.
6. <https://danang.gov.vn>.
7. <https://vi.wikipedia.org>.
8. Báo cáo 387/BC-UBND Thành phố Đà Nẵng ngày 09 tháng 12 năm 2022 về tình hình kinh tế – xã hội, quốc phòng – an ninh năm 2022 và phương hướng, nhiệm vụ năm 2023.
9. Báo cáo hiện trạng môi trường Đà Nẵng 2016–2020.
10. An, Đ.T.; Chiêu, H.Đ. Tổng quan tình hình nghiên cứu về động vật đáy trong hệ sinh thái rạn san hô và vùng ven biển ở 19 đảo, 2010.
11. Vân, T.T.L.; Hải, Đ.N.; Lượm, P.T.; Anh, N.T.M.; Huệ, T.T.M.; Duyên, H.T.N. Thực vật phù du vùng biển ven bờ Đà Nẵng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2018**, 43–58.
12. Trình, T.S.H.; Vinh, N.T. Đa dạng sinh học động vật phù du vùng biển ven bờ bán đảo Sơn trà, Đà Nẵng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển* **2018**, 59–71.
13. Tứ, N.Đ.; Thanh, N.V. Đa dạng sinh học quần xã động vật đáy không xương sống cỡ trung bình (meiofauna) tại vịnh Đà Nẵng và bán đảo Sơn trà. 2012.
14. Đoàn, T.V.; Điều, V.; Hoài, H.T.T.; Giang, N.T.H. Nghiên cứu khu hệ động vật đáy khu vực Hải Vân – Sơn Chà phục vụ công tác xây dựng khu bảo tồn biển Sơn Chà – Hải Vân, 2012.
15. Trung tâm nghiên cứu hệ sinh thái rừng ngập mặn. Trường đại học sư phạm Hà Nội, Kết quả phân tích mẫu động vật phù du, 2022.
16. Dai, A.Y.; Yang, S.L. Crabs of the China seas. *China Ocean Press Beijing* **1991**, 118–558.
17. Jocelyn, C. Fiddler crabs of the World. 1975, 15–327.
18. Kent, E.; Carpenter.; Volker, H. Niem. The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO. Rome. **1998**, 1, 124–646.
19. Han, R.; Jaap, J.V. Notes on molluscs from NW Borneo and Singapore. A synopsis of the Ellobiidae (Gastropoda, Pulmonata). *Vita Malacologica* **2006**, 4, 29–62.
20. Blakemore, R.J. Origin and means of dispersal of cosmopolitan *Pontodrilus litralis* (Oligochaeta: Megasclecoidea). *Euro. J. Soil. Biol.* **2007**, 43, S3–S.
21. Cutler, B.E.; The Sipuncula. Their Systematics, Biology and Evolution. Comstock Publishing Associates a division of Cornell University Press, 1994, 3–350.
22. Shannon, C.E.; Weiner, W. The Mathematical Theory of Communication University of Illinois Press. Urbana, USA, 1949.

23. Bình, N.T.; Khắc, H.N.; Ngân, Đ.K.; Hằng, N.T.T. Thành phần loài động vật đáy cỡ lớn ở khu vực nhận chìm vịnh Quy Nhơn. *Tap chí khoa học đại học Tân Trào* 2021, 131–141.
24. Trung, H.Đ. Thành phần loài, đặc điểm phân bố động vật đáy có giá trị kinh tế ở vịnh Xuân Đài, tỉnh Phú Yên. Báo cáo khoa học về nghiên cứu và giảng dạy sinh học ở Việt Nam – Hội nghị khoa học quốc gia lần thứ 4.
25. Hồng, P.T.K.; Tuyền, H.T.; Khang, N.A.; Học, Đ.T. Động vật đáy vịnh Vân Phong, tỉnh Khánh Hòa. *Tuyển tập Nghiên cứu biển* 2014, 20, 89–103.

## Some characteristics of Da Nang bay zoobenthos composition summer 2022

Nguyen Hai Anh<sup>1</sup>, Nguyen Hoang Anh<sup>1</sup>, Mai Kien Dinh<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Vietnam Institute of Seas and Islands; anhnh.wru@gmail.com; ahoang1983@gmail.com; maikiendinh79@yahoo.com

**Abstract:** The article uses qualitative research methods to contribute to the assessment of species diversity, distribution, frequency of occurrence (TSXH) and biological index of zoobenthos communities in Da Nang Bay in the summer of 2022. In the Da Nang Bay area, a total of 55 species have been identified, belonging to 45 genera, 38 families, 17 orders, 4 classes, 3 phyla, of which Mollusca has 41 species accounting for 74.55%, Arthropoda has 12 species accounting for 21.82% and Annelida has 02 species accounting for 3.64%. In terms of distribution, on average, each station has more than 15 species, of which the most is at the ĐVĐ 154 sample station with 28 species, followed by the ĐVĐ 250 station with 27 species; The lowest is that at the ĐVĐ 12 sample station there are 4 species, followed by the ĐVĐ 15, ĐVĐ 39, ĐVĐ 44 sample stations with 5 species, the rest of the stations mostly appear from 12-19 species. In terms of frequency, *Donax striatus* had the highest frequency of zoobenthos species at 166/250, followed by *Nassarius stolatus* with a frequency of 155/250, *Cerithium ruppelli* with a frequency of 144/250 and the lowest was *Diogenes lophochir* had a frequency of 7/250, followed by *Clithon oualaniense* with a frequency of 13/250. The results of the biodiversity index calculation show that this area has a fairly high level of biodiversity ( $H' = 2.37$ ).

**Keywords:** Zoobenthos; Biodiversity; Da Nang Bay.

Bài báo khoa học

## Kết quả khoan định các khu vực nhạy cảm về trượt lở, lũ quét khu vực Thành phố Đà Nẵng

Nguyễn Thị Huyền<sup>1\*</sup>, Nguyễn Quốc Khánh<sup>1</sup>, Nguyễn Huy Dương<sup>1</sup>, Nguyễn Hoàng Ninh<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Hà<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản; huyenkhanh216@gmail.com; khanhrigmr@gmail.com; nguyenhuyduong112358@gmail.com; ninh.dcks@gmail.com; nh14vn@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: huyenkhanh216@gmail.com; Tel.: +84-989642542

Ban Biên tập nhận bài: 15/12/2022; Ngày phản biện xong: 22/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

**Tóm tắt:** Trong những năm qua, tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu làm cho tần suất và cường độ của các loại hình thiên tai như trượt lở, lũ quét ngày càng gia tăng với diễn biến bất thường. Đặc biệt, tại nhiều khu vực, các loại hình thiên tai này được xác định có liên quan mật thiết với nhau và khi chúng xảy ra đồng thời sẽ trở thành thảm họa thiên tai. Nghiên cứu này trình bày kết quả khoan định các khu vực nhạy cảm về trượt lở, lũ quét khu vực thành phố Đà Nẵng để đánh giá và đề xuất danh sách các khu vực nhạy cảm phục vụ nghiên cứu ở tỷ lệ 1:10.000. Bản đồ các khu vực nhạy cảm được thành lập từ các lớp bản đồ (phân vùng nguy cơ TL, LQ; dân cư, giao thông, công trình trọng điểm; lưu vực sông suối). Kết quả được kiểm chứng và đối sánh với CSDL hiện trạng cho thấy độ tin cậy về mặt khoa học. Các kết quả đạt được trong nghiên cứu này sẽ giúp cho chính quyền địa phương xây dựng kế hoạch quy hoạch tổng thể phát triển kinh tế-xã hội và tập trung nghiên cứu chi tiết các khu vực có nguy cơ cao về TL, LQ nhằm tìm ra các giải pháp giảm thiểu rủi ro hiệu quả do thiên tai gây ra.

**Từ khóa:** Trượt lở; Lũ quét; Thành phố Đà Nẵng.

### 1. Giới thiệu

Trượt lở (TL) và lũ quét (LQ) là những loại hình thiên tai nguy hiểm, có sức tàn phá lớn, thường xảy ra vào mùa mưa bão hàng năm tại các khu vực miền núi Việt Nam. Trượt lở, lũ quét nếu cùng xảy ra trong phạm vi một lưu vực thì chúng thường có liên quan mật thiết với nhau, trong đó thiên tai này có thể là nguyên nhân hoặc hậu quả của thiên tai kia [1–2]. Vật liệu từ các sự kiện trượt lở thường gây ra chặn dòng, sinh ra những đập chắn tạm thời làm tích tụ nước và góp phần phát sinh lũ quét khi dòng nước mặt tại các con sông, suối dâng cao. Đồng thời, lũ quét có thể phá hủy, gây mất cân bằng tại chân các mái dốc và góp phần phát sinh trượt lở [3]. Nhìn chung, các trận lũ quét, lũ bùn đá xảy ra tại các vùng núi, trung du Việt Nam từ năm 1990 đến nay hầu như đều có sự liên quan qua lại và gây nhiều thiệt hại nghiêm trọng (ĐATLQG) [4]. Cả hai loại hình thiên tai kể trên đều có cùng yếu tố kích hoạt (mưa lớn) và có ảnh hưởng qua lại lẫn nhau. Do đó, công tác thành lập bản đồ cảnh báo về nguy cơ xuất hiện của các sự kiện trượt lở, lũ quét đóng vai trò vô cùng quan trọng trong việc quản lý, phòng chống và giảm thiểu các mối nguy hiểm và thiệt hại có thể xảy ra.

Trong vài thập kỷ qua, nhiều phương pháp và kỹ thuật phân vùng, đánh giá độ nhạy cảm với trượt lở, lũ quét đã được đề xuất, tuy nhiên, cho đến nay, không có phương pháp nào

được công nhận là tiêu chuẩn vì khó có thể đánh giá các phương pháp khác nhau với dữ liệu hoàn toàn khác nhau [5]. Hiện nay, trên thế giới để thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở, được chia thành hai nhóm phương pháp chính là phương pháp định tính và phương pháp định lượng. Nhóm phương pháp định tính dựa trên đánh giá của một hay nhiều chuyên gia và dữ liệu sử dụng để đánh giá thường là các dữ liệu thu thập từ thực địa, kết quả giải đoán ảnh viễn thám tuy nhiên hạn chế của phương pháp này là bị phụ thuộc nhiều vào ý kiến của chuyên gia. Nhóm phương pháp định lượng có tính chặt chẽ hơn và thường áp dụng phương pháp phân tích thống kê (AHP, SMCE) [6–7], phương pháp học máy [8–11], các phương pháp tiên định dựa trên các mô hình vật lý (mô hình ổn định sườn dốc, mô hình thủy văn và các mô hình địa chất công trình) [12–13]. Ở Mỹ, xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét, thực chất là đánh giá tiềm năng hình thành lũ quét bằng chỉ số tiềm năng lũ quét FFPI (*The Flash Flood Potential Index*), dựa trên các đặc tính cố hữu, tính như độ dốc, che phủ đất, sử dụng đất và loại/kết cấu đất đá [14].

Tại Việt Nam, nguyên nhân gây TL, LQ rất đa dạng, trong đó đặc biệt phải kể đến các yếu tố địa chất, kiến tạo, địa hình, địa mạo, thạch học, vỏ phong hóa, thổ nhưỡng, thảm phủ, sử dụng đất, khí tượng, thủy văn... Nhìn chung, yếu tố kích hoạt tự nhiên được xác định chủ yếu là do mưa. Tuy nhiên, yếu tố kích hoạt do con người ngày càng gia tăng từ các hoạt động nhân sinh như phá rừng, cắt xẻ sườn đồi, núi, khai thác khoáng sản... Có thể nhận thấy những khu vực được xác định có mức độ nguy cơ cao, rất cao về TL thường có ít dân cư sinh sống nên ít ghi nhận thiệt hại xảy ra ở đây.

Thành phố Đà Nẵng (KVNC) trong những năm gần đây thường xuyên xảy ra các loại hình thiên tai như lũ lụt, lũ quét, trượt lở... gây thiệt hại rất lớn về tài sản, con người làm ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế-xã hội của địa phương. Vì vậy, vấn đề đặt ra cho thành phố là cần có những kế hoạch, chiến lược dài hạn mang tính tổng thể và giải pháp phù hợp để có thể xây dựng thành phố an toàn thích ứng với thiên tai và đó chính là lý do lựa chọn khu vực nghiên cứu là Thành phố Đà Nẵng [15].

Mục đích của nghiên cứu này chính là việc khoanh định được những vị trí, khu vực nhạy cảm về TL, LQ khu vực thành phố Đà Nẵng và đề xuất danh sách những khu vực cần tiến hành nghiên cứu ở tỷ lệ 1:10.000. Các kết quả của nghiên cứu này sẽ hỗ trợ rất hữu ích trong công tác quy hoạch dân cư, hạ tầng của thành phố và xây dựng kịp thời các hệ thống quan trắc cảnh báo sớm đáp ứng được nhu cầu thực tiễn nhằm giảm thiểu rủi ro do thiên tai gây ra. Tổ hợp các phương pháp GIS, phân tích thống kê, viễn thám, phân tích hình thái địa hình được sử dụng trong nghiên cứu này để thành lập các lớp bản đồ thành phần. Để thành lập lớp bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở thì phương pháp đánh giá không gian đa tiêu chí (SMCE) được tập thể tác giả lựa chọn sử dụng trong nghiên cứu này.

## 2. Dữ liệu và phương pháp thực hiện

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

Thành phố Đà Nẵng là một thành phố trực thuộc trung ương, nằm trong vùng Duyên hải Trung Bộ Việt Nam, là thành phố trung tâm và lớn nhất khu vực miền Trung-Tây Nguyên. Thành phố nằm dọc theo vùng duyên hải Nam Trung Bộ, phía bắc giáp tỉnh Thừa Thiên Huế; phía nam và phía tây giáp tỉnh Quảng Nam, phía đông giáp Biển Đông. Thành phố có diện tích 1285,4 km<sup>2</sup> gồm 06 quận (Hải Châu, Thanh Khê, Liên Chiểu, Ngũ Hành Sơn, Sơn Trà, Cẩm Lệ) và 02 huyện Hòa Vang, huyện đảo Hoàng Sa. Tọa độ phần đất liền của thành phố Đà Nẵng từ 15°15' đến 16°40' vĩ độ Bắc và từ 107°17' đến 108°20' kinh độ Đông. Thành phố Đà Nẵng nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa điển hình, nhiệt độ cao và ít biến động. Khí hậu Đà Nẵng là nơi chuyển tiếp đan xen giữa khí hậu cận nhiệt đới ở miền Bắc và nhiệt đới xavan ở miền Nam, với tính trội là khí hậu nhiệt đới ở phía Nam. Mỗi năm có 2 mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 9 đến tháng 12 và mùa khô từ tháng 1 đến tháng 8, thỉnh thoảng có những đợt rét mùa đông nhưng không đậm và không kéo dài [16].



## 2.2. Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu được dùng trong nghiên cứu này gồm hai bộ dữ liệu chính: dữ liệu trượt lở (hiện trạng trượt lở và các bản đồ thành phần liên quan); dữ liệu lũ quét (hiện trạng lũ quét và phân vùng nguy cơ lũ quét). Trong đó, dữ liệu hiện trạng trượt lở (cập nhật đến năm 2019) và các bản đồ thành phần (vỏ phong hóa, thảm phủ, ĐCTV–ĐCCT) được thu thập và biên tập từ CSDL từ Đề án “Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất đá khu vực các tỉnh miền núi Việt Nam” (ĐATLQG) [1–17]. Dữ liệu hiện trạng (cập nhật đến năm 2018) và phân vùng nguy cơ lũ quét được thu thập, chuẩn hóa từ dữ liệu của Đề án “Điều tra, khảo sát, xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét khu vực Miền Trung, Tây Nguyên và xây dựng hệ thống thí điểm phục vụ cảnh báo cho các địa phương có nguy cơ cao xảy ra lũ quét phục vụ công tác quy hoạch, chỉ đạo điều hành phòng tránh thiên tai thích ứng với biến đổi khí hậu” (ĐALQQG) [18]. Các lớp bản đồ thành phần (độ dốc; phân cắt ngang; phân cắt sâu; độ cao địa hình; lưu vực sông suối; dân cư, giao thông, công trình trọng điểm) được chiết suất và thành lập từ dữ liệu địa hình tỷ lệ 1:10.000 (cập nhật đến năm 2015, nguồn ĐATLQG).

## 2.3. Phương pháp thực hiện

### 2.3.1. Xây dựng bộ tiêu chí, chỉ số đánh giá các khu vực nhạy cảm về trượt lở, lũ quét

Bộ tiêu chí, chỉ số đánh giá khu vực nhạy cảm về TL được áp dụng cho KVNC gồm có 9 tiêu chí đã được thu thập và chuẩn hóa CSDL để xây dựng các lớp bản đồ thành phần (Bảng 1). Ngoài ra, để đánh giá và khoanh định cho các khu vực nhạy cảm về LQ thì tập thể tác giả áp dụng bộ tiêu chí cùng với bộ chỉ số thành phần trong Bảng 2.

**Bảng 1.** Tiêu chí, chỉ số đánh giá trượt lở [19].

TT	Tiêu chí	Tiêu chí phụ	Chỉ số C1	Chỉ số C2	Phân cấp tiêu chí
1	Độ dốc (độ)	< 5°	0,275	0,062	Rất yếu
		5 – 15°		0,102	Yếu
		10 – 25°		0,141	Trung bình
		25 – 35°		0,271	Mạnh
		> 35°		0,424	Rất mạnh
2	Phân cắt ngang (km/km <sup>2</sup> )	< 0,5	0,041	0,058	Rất yếu
		0,5 – 1,0		0,092	Yếu
		1,0 – 1,5		0,156	Trung bình
		1,5 – 2,5		0,255	Mạnh
		> 2,5		0,439	Rất mạnh
3	Phân cắt sâu (m/km <sup>2</sup> )	< 68,61	0,084	0,039	Rất yếu
		68,62 – 175,3		0,106	Yếu
		175,4 – 297,3		0,158	Trung bình
		297,4 – 457,4		0,260	Mạnh
		> 457,5		0,437	Rất mạnh
4	Bậc độ cao địa hình (m)	< 105,3	0,066	0,073	Rất yếu
		105,4 – 320,7		0,102	Yếu
		320,8 – 670,7		0,177	Trung bình
		670,8 – 1,137		0,326	Mạnh
		> 1,138		0,323	Rất mạnh
5	Lineament (km/km <sup>2</sup> )	< 0,26	0,211	0,062	Rất yếu
		0,26 – 0,64		0,098	Yếu
		0,64 – 1,04		0,172	Trung bình
		1,04 – 1,44		0,269	Mạnh
		> 1,44		0,416	Rất mạnh
6	Vỏ phong hóa (kiểu vỏ)	KBTVPH	0,164	0,016	Rất yếu
		CAR		0,024	Yếu
		TTBR		0,035	Yếu
		SA		0,036	Yếu
		SAF		0,060	Trung bình

TT	Tiêu chí	Tiêu chí phụ	Chỉ số C1	Chỉ số C2	Phân cấp tiêu chí
7	ĐCTV	FSA		0,077	Trung bình
		FSA-SAF		0,121	Mạnh
		SAF-SA		0,156	Mạnh
		SL-SA		0,191	Mạnh
		SL-SAF		0,283	Rất mạnh
		Rất nghèo	0,055	0,083	Rất yếu
		Nghèo		0,155	Yếu
		Trung bình		0,302	Trung bình
		Giàu		0,460	Mạnh
		Rất giàu		0,470	Rất mạnh
8	ĐCCT	Rất Bền	0,140	0,049	Rất yếu
		Bền		0,087	Yếu
		Trung bình		0,151	Trung bình
		Yếu		0,280	Mạnh
		Rất yếu		0,433	Rất mạnh
9	Thâm phủ	Sông hồ	0,175	0,042	Rất yếu
		Rừng già		0,083	Yếu
		Rừng non		0,081	Trung bình
		Đất nông nghiệp		0,168	Yếu
		Đất chuyên dụng		0,236	Mạnh
		Cây bụi trảng cỏ		0,390	Rất mạnh

**Bảng 2.** Tiêu chí, chỉ số đánh giá lũ quét [18].

Tiêu chí (Nhân tố)	Chỉ số (trọng số)
Độ dốc trung bình bề mặt (độ)	0,331
Khả năng trữ nước theo sử dụng đất	0,223
Nguy cơ xói mòn đất	0,223
Khả năng phòng hộ của lớp phủ	0,223

2.3.2. Xây dựng tiêu chí xác định các mức phân cấp chỉ số nhạy cảm về trượt lở, lũ quét

Đối với các bản đồ chỉ số phân vùng nguy cơ TL và LQ đều được phân cấp thành 5 mức: Cấp 1 – rất thấp; Cấp 2 – thấp; Cấp 3 – trung bình; Cấp 4 – Cao; Cấp 5 – rất cao. Các giá trị này thể hiện mức độ quan trọng của từng cấp đối với nguy cơ TL, LQ như ở Bảng 3.

**Bảng 3.** Bảng chỉ số phân cấp nguy cơ trượt lở, lũ quét ở KVNC [19].

Phân cấp	Giá trị	Nguy cơ TL	Phân cấp	Chỉ số	Nguy cơ LQ
Cấp 1	< 0,05	Rất thấp	Cấp 1	< 1,8	Rất cao
Cấp 2	0,05 – 0,1	Thấp	Cấp 2	1,8 – 2,4	Cao
Cấp 3	0,1 – 0,15	Trung bình	Cấp 3	2,4 – 3,0	Trung bình
Cấp 4	0,15 – 0,3	Cao	Cấp 4	3,0 – 3,6	Thấp
Cấp 5	> 0,3	Rất cao	Cấp 5	< 3,6	Rất thấp

2.3.3. Quy trình thực hiện

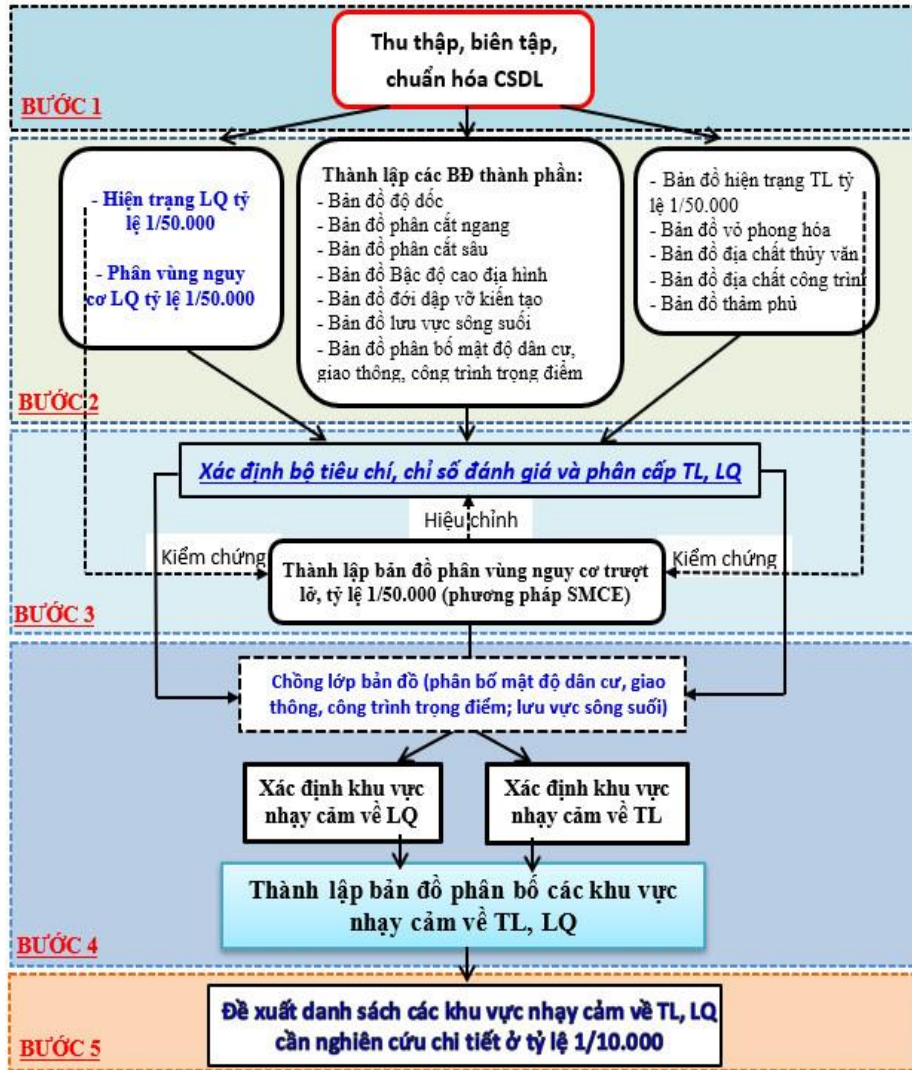
Với mục tiêu là khoanh định các khu vực nhạy cảm về TL, LQ, các tác giả đã tiến hành xây dựng bộ CSDL gồm các lớp thông tin: phân vùng nguy cơ trượt lở; phân vùng nguy cơ lũ quét (ĐALQQG); lưu vực sông suối; dân cư, giao thông và các công trình trọng điểm. Quy trình khoanh định các khu vực nhạy cảm về TL, LQ và đề xuất danh sách các khu vực tiến hành nghiên cứu chi tiết ở tỷ lệ 1:10.000.gồm 05 bước và được thể hiện trong Hình 1.

- Bước 1: Thu thập, chuẩn hóa, biên tập CSDL (các lớp bản đồ thành phần).
- Bước 2: Xác định bộ tiêu chí, chỉ số đánh giá và phân cấp chỉ số nhạy cảm về trượt lở, lũ quét.

- Bước 3: Thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở, tỷ lệ 1:50.000 (phương pháp đánh giá đa tiêu chí – SMCE) và kiểm chứng, hiệu chỉnh kết quả.

- Bước 4: Chồng các lớp thông tin (dân cư, giao thông, công trình trọng điểm; lưu vực sông suối) lên lớp bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở, lũ quét để khoanh định các khu vực nhạy cảm về trượt lở, lũ quét.

- Bước 5: Đề xuất danh sách các khu vực nhạy cảm về TL, LQ tiến hành nghiên cứu chi tiết ở tỷ lệ 1:10.000.

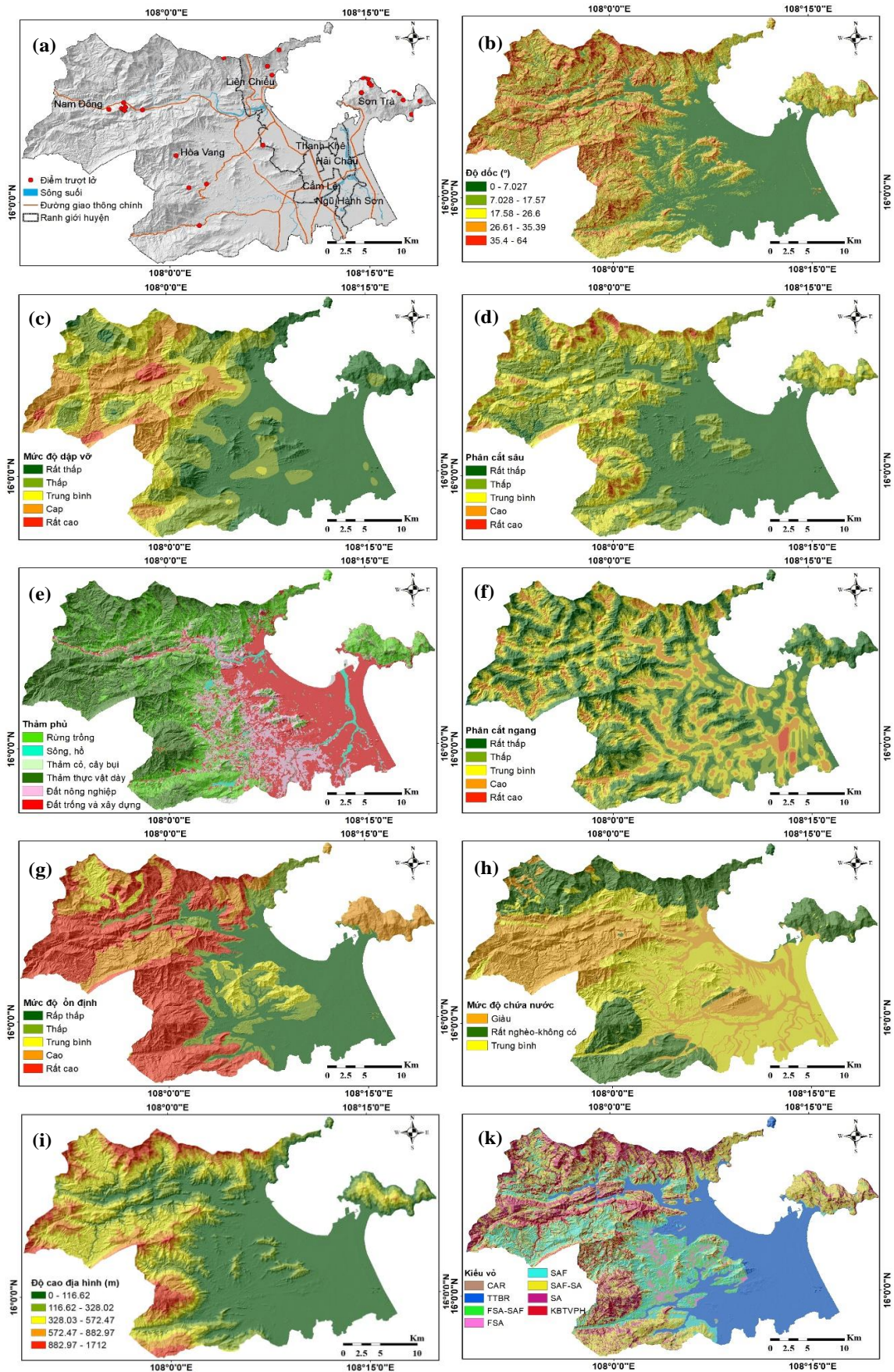


Hình 1. Quy trình thành lập bản đồ phân bố các khu vực nhạy cảm về trượt lở, lũ quét

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả xây dựng lớp thông tin phân vùng nguy cơ trượt lở

Phương pháp đánh giá không gian đa tiêu chí (SMCE) đã được các tác giả lựa chọn để thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ TL tỷ lệ 1:50.000. Cốt lõi của các phương pháp này chính là để đánh giá chỉ số nguy cơ trượt lở đất (*Landslides Susceptibility – LS*). Dữ liệu đầu vào của phương pháp SMCE là một tập hợp các bản đồ thành phần sử dụng làm tiêu chí không gian đại diện được phân loại theo nhóm, được chuẩn hóa và được gán trọng số (Bảng 1). Dữ liệu đầu ra là một hoặc nhiều “bản đồ chỉ số tổng hợp” thể hiện kết quả mô phỏng các khu vực nguy cơ theo các cấp nhóm chỉ số nguy cơ khác nhau [6–7]. Các lớp bản đồ gồm: hiện trạng, độ dốc địa hình, đới đập vỡ (mật độ lineament), phân cắt sâu, thảm phủ, phân cắt ngang, địa chất công trình, địa chất thủy văn, độ cao địa hình, vô phong hóa (Hình 2).



**Hình 2.** Các bản đồ thành phần liên quan đến trượt lở, tỷ lệ 1:50.000: (a) Sơ đồ hiện trạng TL; (b) Sơ đồ độ dốc địa hình; (c) Sơ đồ phân bố đới đập vỡ; (d) Sơ đồ phân cát sâu; (e) Sơ đồ thảm phủ (năm 2016); (f) Sơ đồ phân cát ngang; (g) Sơ đồ địa chất công trình; (h) Sơ đồ địa chất thủy văn; (i) Sơ đồ độ cao địa hình; (k) Sơ đồ vô phong hóa.

Kết quả thành lập lớp bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở tỷ lệ 1:50.000 cho KVNC, được phân cấp với 5 mức (rất cao, cao, trung bình, thấp và rất thấp) (Hình 3), diện phân bố của mỗi cấp chiếm tỷ lệ như sau: Khu vực nguy cơ rất cao: huyện Hòa Vang (13% diện tích huyện); quận Liên Chiểu (4%); quận Sơn Trà (1%); Khu vực nguy cơ cao: huyện Hòa Vang (28%), quận Sơn Trà (18%), quận Liên Chiểu (8%); Khu vực nguy cơ mức trung bình: quận Sơn Trà (40%), huyện Hòa Vang (22%), quận Liên Chiểu (14%); Khu vực nguy cơ thấp: quận Liên Chiểu (25%), huyện Hòa Vang (13%), quận Sơn Trà (5%); Khu vực nguy cơ rất thấp: huyện Hòa Vang (24%), quận Liên Chiểu (49%), quận Sơn Trà (36%).

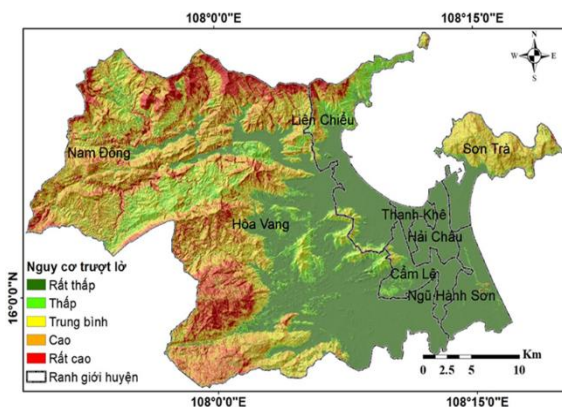
**Bảng 4.** Thống kê đối sánh các cấp phân vùng nguy cơ TL với diện tích phân vùng, vị trí điểm trượt và diện tích có biểu hiện TL của KVNC [17].

Tỉnh	Phân vùng nguy cơ TL	Tổng diện tích các phân vùng nguy cơ		Vị trí điểm trượt khảo sát thực địa		Diện tích có biểu hiện TL giải đoán từ ảnh	
		Diện tích (km <sup>2</sup> )	Tỷ lệ (%)	Số điểm	Tỷ lệ (%)	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Tỷ lệ (%)
TP.Đà Nẵng	Rất thấp	232,64	26,71	0	0	0	0,41
	Thấp	117,25	13,46	3	10,71	0,19	17,75
	Trung bình	198,15	22,75	8	28,57	0,26	23,86
	Cao	221,40	25,42	11	39,29	0,19	17,67
	Rất cao	101,41	11,65	6	21,43	0,44	40,3
	<b>Tổng</b>		<b>870,86</b>	<b>100</b>	<b>28</b>	<b>100</b>	<b>1,09</b>

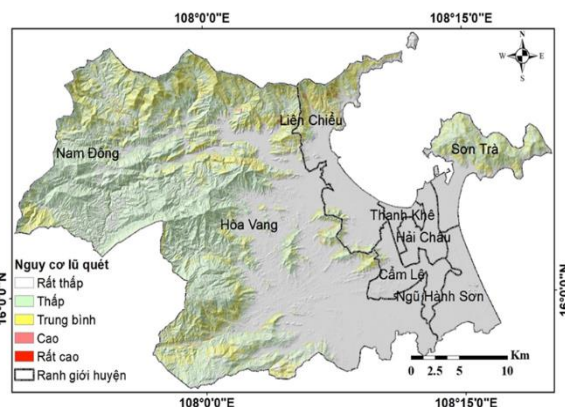
Để kiểm chứng kết quả, các tác giả đã đối sánh với dữ liệu hiện trạng TL tỷ lệ 1:50.000 (cập nhật đến 2019 – nguồn ĐATLQG) [17–23]. Các kết quả thống kê trong Bảng 4 cho thấy: 62% tổng số điểm TL xác định từ thực địa và khoảng 60% tổng diện tích có biểu hiện TL giải đoán có sự phân bố trên các diện tích được dự báo có nguy cơ TL rất cao, cao và trung bình (chiếm hơn 37% tổng diện tích KVNC); 38% tổng số điểm TL xác định từ thực địa và khoảng 40% tổng diện tích có biểu hiện TL giải đoán có sự phân bố trên các diện tích dự báo có nguy cơ TL thấp, rất thấp, trung bình (chiếm dưới 63% tổng diện tích tự nhiên KVNC). Trên bản đồ thăm phủ, quan sát thấy các vị trí TL đã xác định hoặc giải đoán trong các vùng nguy cơ thấp và rất thấp phần lớn nằm dọc các đường giao thông hoặc trong khu dân cư, hay gần các khu vực liên quan đến các hoạt động kinh tế-xã hội của con người. Như vậy, kết quả kiểm chứng là tương đối phù hợp với dữ liệu hiện trạng TL. Tỷ lệ các vị trí, diện tích có biểu hiện trượt nằm trong các vùng nguy cơ TL là khá cao, phù hợp với thực tế.

### 3.2. Kết quả xây dựng lớp thông tin phân vùng nguy cơ LQ

Theo kết quả thống kê từ 1992 đến 2014, KVNC ghi nhận 14 trận lũ lụt, lũ quét xảy ra tập trung chủ yếu dọc theo nhánh sông Túy Loan và sông Cu Đê, thuộc địa phận huyện Hòa Vang (xã Hòa Bắc, Hòa Phú, Hòa Ninh và Hòa Phong) [18].



**Hình 3.** Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở tỷ lệ 1:50.000.



**Hình 4.** Bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét, tỷ lệ 1:50.000 [18].

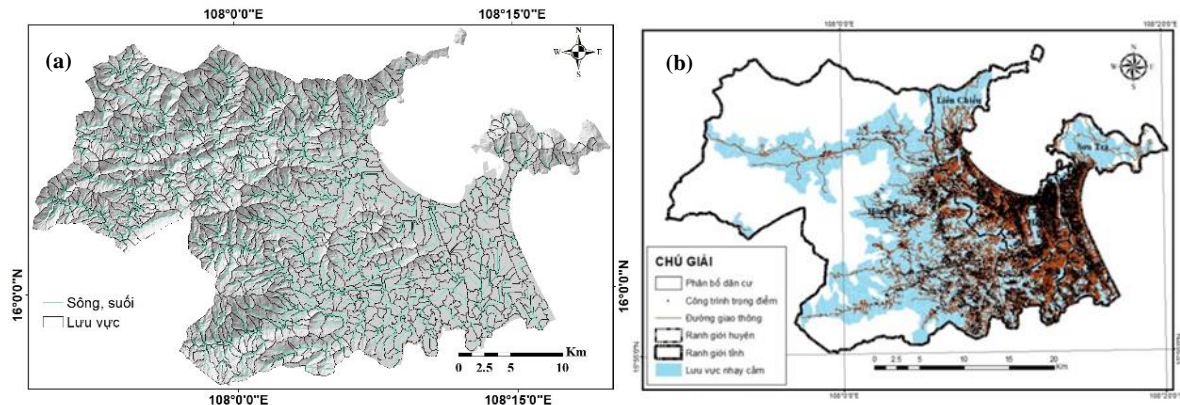
Kết quả thành lập lớp phân vùng nguy cơ về LQ tỷ lệ 1:50.000 cho KVNC thấy: huyện Hòa Vang có 0,9 km<sup>2</sup> diện tích có nguy cơ cao xảy ra LQ; quận Liên Chiểu với diện tích 0,7 km<sup>2</sup> nguy cơ cao xảy ra LQ được thể hiện trong Bảng 5 và Hình 4 [19]. Kiểm chứng kết quả phân vùng nguy cơ LQ ở trên với thực tế cho thấy kết quả phù hợp với những số liệu thống kê báo cáo của địa phương [15].

**Bảng 5.** Thống kê tỷ lệ % diện tích phân vùng nguy cơ về LQ thuộc TP. Đà Nẵng.

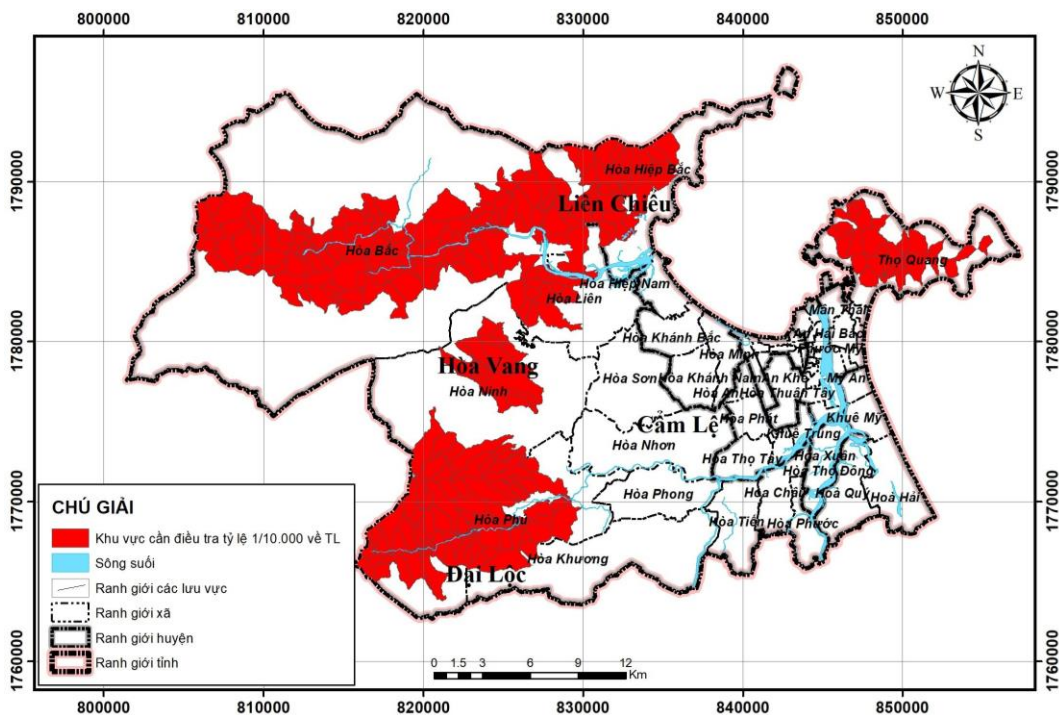
Đơn vị hành chính	Diện Tích (km <sup>2</sup> )	Diện tích nguy cơ xảy ra lũ quét theo các cấp (km <sup>2</sup> )					Không ảnh hưởng
		Rất thấp	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao	
Q.Liên Chiểu	79,9	2	3,9	11,7	0,7	0	61,6
H.Hòa Vang	736,9	66,6	289,1	111,1	0,9	0	269,2

3.3. Kết quả khoanh định các khu vực nhạy cảm về trượt lở, lũ quét

Dữ liệu các lớp thông tin dùng để đưa vào GIS phân tích, tính toán để xây dựng bản đồ phân bố các khu vực nhạy cảm về TL, LQ gồm: phân vùng nguy cơ về TL, LQ (Hình 3 và Hình 4); lưu vực sông suối (Hình 5a); dân cư, giao thông, công trình trọng điểm (Hình 5b).

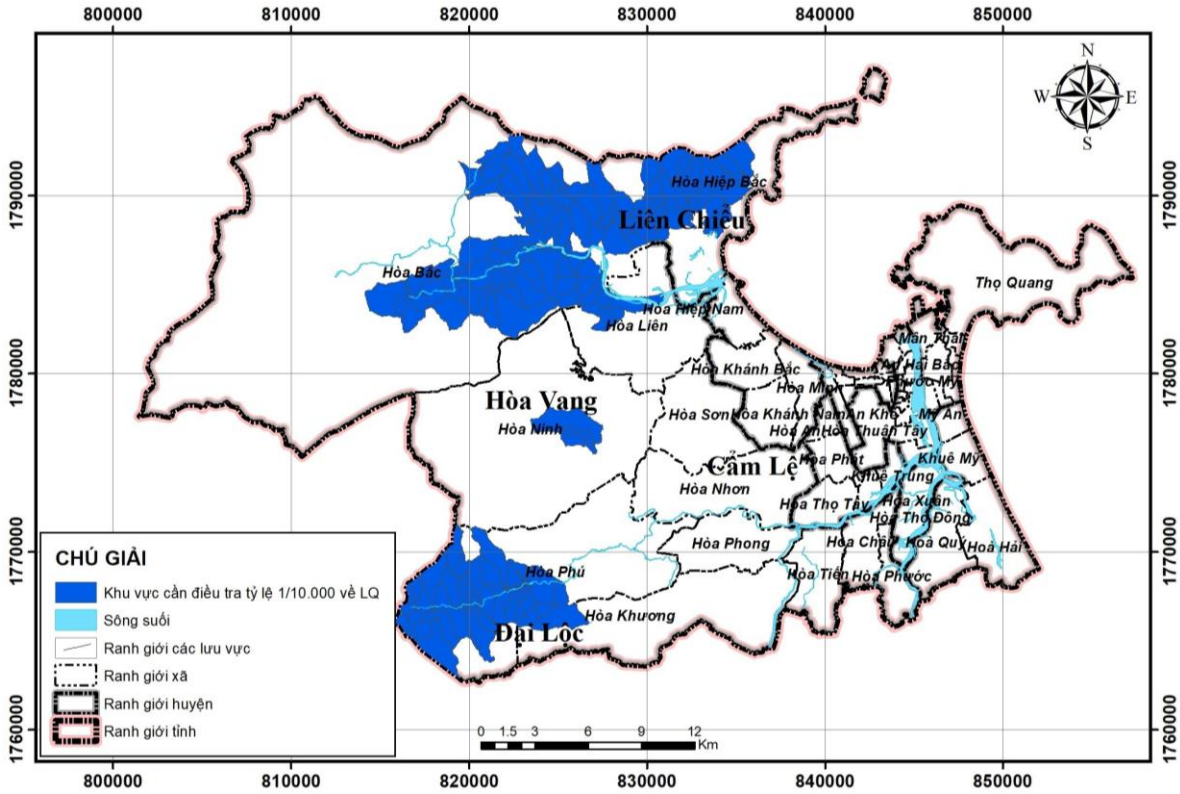


**Hình 5.** (a) Sơ đồ ranh giới các lưu vực sông suối; (b) Sơ đồ phân bố dân cư, giao thông, công trình trọng điểm.



**Hình 6.** Sơ đồ phân bố các khu vực nhạy cảm về trượt lở, tỷ lệ 1:50.000.

Các lớp thông tin phân bố các khu vực tập trung dân cư, giao thông, công trình trọng điểm sẽ được chồng lớp lên lớp thông tin phân bố các lưu vực sông suối để trích xuất ra các khu vực nhạy cảm có thể ảnh hưởng trực tiếp đến các khu vực dân cư, công trình trọng điểm. Kết quả khoanh định khu vực nhạy cảm về TL tại KVNC như sau: huyện Hòa Vang (rất cao chiếm 13,38% diện tích, cao chiếm 27,87%), quận Sơn Trà (rất cao chiếm 0,57%, cao chiếm 28,05%) và quận Liên Chiểu (rất cao chiếm 4,14%, cao chiếm 7,85%). Như vậy, đã khoanh định được 3/8 quận/huyện thuộc thành phố có nguy cơ cao và rất cao về TL còn các quận/huyện còn lại chủ yếu là vùng đồng bằng ven biển nên có tỷ lệ thấp và rất thấp (Hình 7).



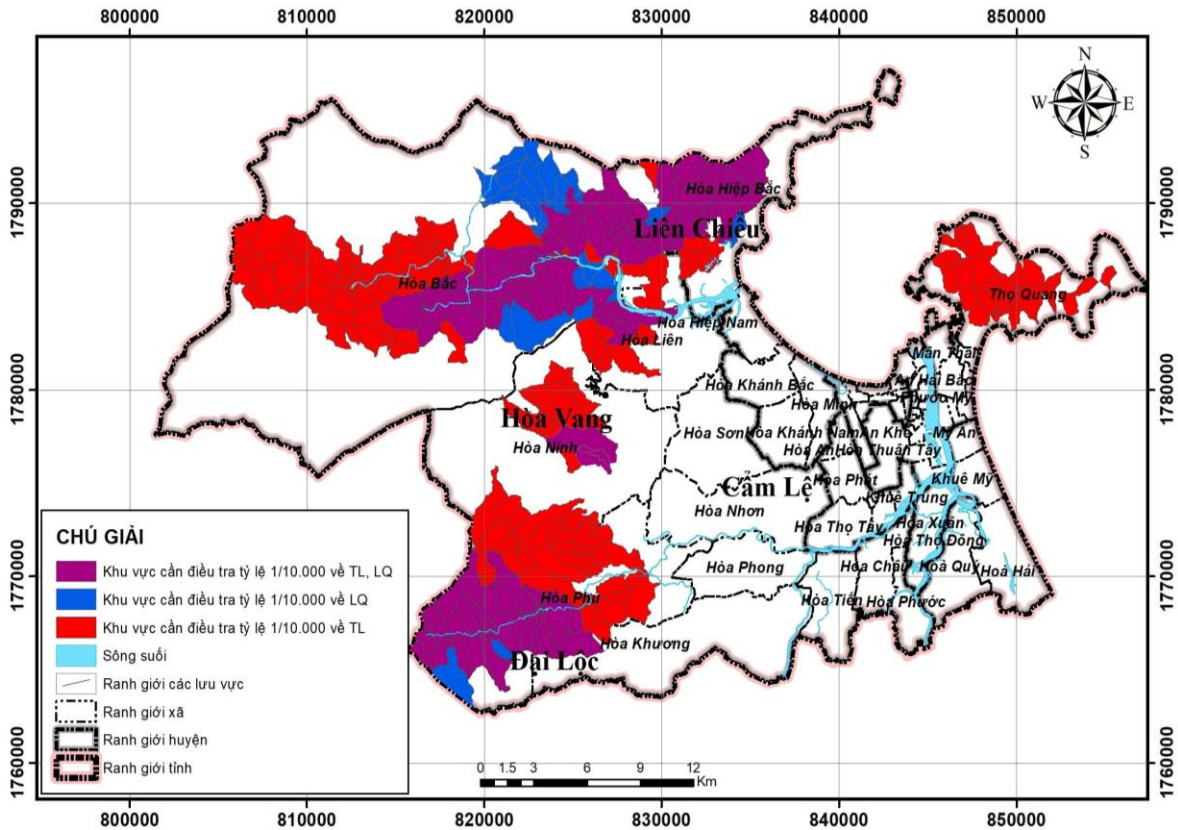
Hình 7. Sơ đồ phân bố các khu vực nhạy cảm về lũ quét, tỷ lệ 1:50.000.

### 3.4. Danh sách các khu vực nhạy cảm về trượt lở, lũ quét

Kết quả khoanh định các khu vực nhạy cảm về TL, LQ được xác định ở trên sẽ được chồng lớp thông tin, tham chiếu các kết quả đó lên ranh giới hành chính xã, huyện và đề xuất ra được bản danh sách có tên xã/phường là các khu vực đề xuất nghiên cứu ở tỷ lệ 1:10.000. Các khu vực đề xuất nghiên cứu ở tỷ lệ 1:10.000 là những khu vực có nguy cơ cao, rất cao về TL, LQ và có khả năng ảnh hưởng trực tiếp đến tài sản, tính mạng con người của nhân dân trong khu vực. Danh sách và diện tích các khu vực nhạy cảm về TL, LQ đề xuất nghiên cứu ở tỷ lệ 1/10.000 được thể hiện trong Bảng 6 và Hình 8.

Bảng 6. Danh sách và diện tích các khu vực nhạy cảm về TL, LQ đề xuất nghiên cứu ở tỷ lệ 1/10.000.

Huyện/Quận	Xã	Diện tích xã (Km <sup>2</sup> )	Diện tích TL (Km <sup>2</sup> )	Diện tích LQ (Km <sup>2</sup> )	Diện tích TL, LQ (Km <sup>2</sup> )
H. Hòa Vang	Hòa Bắc	344,11	125,8	86,17	60,14
	Hòa Phú	90,04	62,9	41,35	36,68
	Hòa Ninh	104,37	35,2	5,9	5,9
	Hòa Liên	39,76	15,63	4,95	4,95
Q. Liên Chiểu	Hòa Hiệp Bắc	45,68	41,34	20,31	19,39
Q. Sơn Trà	Thọ Quang	46,82	23,15	—	—



**Hình 8.** Bản đồ phân bố các khu vực nhạy cảm về trượt lở và lũ quét, tỷ lệ 1:50.000 (màu đỏ: diện tích nhạy cảm trượt lở; màu xanh: diện tích nhạy cảm lũ quét; màu tím: diện tích nhạy cảm đa thiên tai TL và LQ).

#### 4. Kết luận

Bản đồ khoanh định các khu vực nhạy cảm về TL, LQ khu vực thành phố Đà Nẵng là dữ liệu rất hữu ích phục vụ cho công tác quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch dân cư nhằm giảm thiểu những tác động gây ra bởi trượt lở và lũ quét.

Khu vực Thành phố Đà Nẵng được đánh giá có nguy cơ trung bình về trượt lở và lũ quét so với các tỉnh thuộc khu vực miền Trung. Kết quả khoanh định khu vực nhạy cảm về trượt lở gồm huyện Hòa Vang (các xã Hòa Phú, Hòa Bắc, Hòa Ninh, Hòa Liên), quận Liên Chiểu (phường Hòa Hiệp Bắc) và quận Sơn Trà (phường Thọ Quang). Khu vực nhạy cảm về lũ quét gồm huyện Hòa Vang (các xã Hòa Phú, Hòa Bắc, Hòa Liên, Hòa Ninh), quận Liên Chiểu (phường Hòa Hiệp Bắc) nằm dọc theo 2 sông Túy Loan và Cu Đê. Thực tế cho thấy các trận lũ quét thường xảy ra trong lịch sử thường có liên quan đến trượt lở, nhất là trong phạm vi một lưu vực nhỏ thì chúng có mối quan hệ mật thiết với nhau. Do đó, các khu vực có nguy cơ cao, rất cao về trượt lở thì cũng là những khu vực cần đề xuất nghiên cứu chi tiết các loại hình đa thiên tai đi kèm như lũ quét, lũ bùn đá, lũ ống...

Danh sách các xã/phường đề xuất nghiên cứu ở tỷ lệ 1:10.000 sẽ được sử dụng làm cơ sở định hướng cho công tác điều tra, đánh giá, cảnh báo sớm TL, LQ để phục vụ hiệu quả hơn trong quy hoạch phát triển kinh tế xã hội, quy hoạch dân cư, đồng thời góp phần phòng, chống và giảm thiểu thiên tai do trượt lở, lũ quét gây ra cho địa phương. Danh sách các xã/phường đề xuất nghiên cứu tỷ lệ 1:10.000 gồm: 04 xã (Hòa Bắc, Hòa Phú, Hòa Ninh, Hòa Liên) thuộc huyện Hòa Vang, 01 phường (phường Hòa Hiệp Bắc) thuộc quận Liên Chiểu, 01 phường (phường Thọ Quang) thuộc quận Sơn Trà.

Như vậy, các kết quả được trình bày ở trên sẽ được tích hợp vào bộ cơ sở dữ liệu dùng chung liên ngành phục vụ công tác cảnh báo sớm trượt lở, lũ quét khu vực các tỉnh miền núi Việt Nam nói chung và thành phố Đà Nẵng nói riêng [24]. Mặt khác, những kết quả này



sẽ góp phần giúp cho thành phố có định hướng xây dựng kế hoạch phát triển thành phố trong tương lai thích ứng với các loại hình thiên tai là trượt lở và lũ quét.

Tuy nhiên, ngoài những kết quả đạt được đã được trình bày ở trên cho thấy vẫn còn tồn tại một số hạn chế đó là chưa có một phương pháp hay một mô hình nghiên cứu nào có thể dùng chung để tích hợp đa thiên tai trong phạm vi cùng một khu vực. Thực tế cho thấy đối với mỗi loại hình thiên tai khác nhau đều có các yếu tố kích hoạt, bộ cơ sở dữ liệu và bộ tiêu chí, chỉ số đánh giá khác nhau. Vì vậy, để xây dựng một hệ phương pháp hay mô hình nghiên cứu dùng chung cho các loại hình đa thiên tai là rất khó mà vẫn phải tiến hành nghiên cứu từng loại hình thiên tai riêng biệt sau đó các kết quả có thể được tổng hợp trong cùng một bộ cơ sở dữ liệu.

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

**Lời cảm ơn:** Trong bài báo này, tập thể tác giả có tham khảo cơ sở dữ liệu của nhiệm vụ KHCN cấp Bộ, mã số TNMT.2021.04.07 và TNMT.2021.02.08. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

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

#### Tài liệu tham khảo

1. Larsen, M.C.; Vázquez Conde, M.T.; Clark, R.A. Landslide Hazards Associated With Flash-Floods, with Examples from The December 1999 Disaster in Venezuela. In: Grunfest E., Handmer J. (eds) Coping With Flash Floods. NATO Science Series (Series 2. Environmental Security), Springer, Dordrecht, 2001, 77. [https://doi.org/10.1007/978-94-010-0918-8\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-010-0918-8_25).
2. Petley, D. Global patterns of loss of life from landslides. *Geology* **2012**, 40(10), 927–930. Doi:10.1130/G33217.1.
3. Sri Lankan Department of Institutional Development National Institute of Education. Learning to live with LANDSLIDES Natural Hazards and Disasters. German Development Cooperation, 2008.
4. Hung, L.Q.; Hoa, T.X. Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất đá các vùng miền núi Việt Nam. Báo cáo tổng kết Đề án TLQG, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội, 2021.
5. An, H.; Tran, T.V.; Lee, G.; Kim, Y.; Kim, M.; Noh, S.; Noh, J. Development of time-variant landslide-prediction software considering three-dimensional subsurface unsaturated flow. *Environ. Modell. Software* **2016**, 85, 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.08.009>.
6. Bình, L.T. Thành lập bản đồ nhạy cảm với trượt lở đất đá khu vực tỉnh Yên Bái tỷ lệ 1:50.000 bằng phương pháp đánh giá đa tiêu chí (SMCE). Địa Chất và Khoáng Sản – Tập 11, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội, 2016.
7. Khanh, N.Q.; Minh, H.N.; Van, N.T.H.; Son, P.V.; Trong, T.V.; Duong, N.H. Application of the spatial multi-criteria evaluation (SMCE) method for landslide susceptibility mapping in Son La province, Vietnam, 2021.
8. Trinh, T.; Luu, B.T.; Le, T.H.T.; Nguyen, D.H.; Van, T.T.; Van, N.T.H.; Nguyen, K.Q.; Nguyen, L.T. A comparative analysis of weight-based machine learning methods for landslide susceptibility mapping in Ha Giang area. *Big Earth Data* **2022**, 1–30.
9. Long, D.V.; Cong, N.C.; Cuong, N.T.; Binh, N.Q.; Phuoc, V.N.D. An Assessment of Terrain Quality and Selection Model in Developing Landslide Susceptibility Map—A Case Study in Mountainous Areas of Quang Ngai Province, Vietnam. In: Modern mechanics and applications, Springer, 2022, pp. 959–970.

10. Bien, T.X.; Truyen, P.T.; Phong, T.V.; Nguyen, D.D.; Amiri, M.; Costache, R.; Duc, D.M.; Le, H.V.; Nguyen, H.B.T.; Prakash, I. Landslide susceptibility mapping at sin Ho, Lai Chau province, Vietnam using ensemble models based on fuzzy unordered rules induction algorithm. *Geocarto Int.* **2022**, 1–22.
11. Bui, Q.D.; Ha, H.; Khuc, D.T.; Nguyen, D.Q.; von Meding, J.; Nguyen, L.P.; Luu, C. Landslide susceptibility prediction mapping with advanced ensemble models: Son La province, Vietnam. *Nat. Hazard* **2022**, 1–27.
12. Aleotti, P.; Chowdhury, R. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bull. Eng. Geol. Environ.* **1999**, 58(1), 21–44.
13. Corominas, J.; van Westen, C.J.; Frattini, P.; Cascini, L.; Malet, J.P.; Fotopoulou, S.; Catani, F.; van den Eeckhaut, M.; Mavrouli, O.C.; Agliardi, F.; Pitolakis, K.; Winter, M.G.; Pastor, M.; Ferlisi, S.; Tofani, V.; Hervás, J.; Smith, J.T. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bull. Eng. Geol. Environ.* **2014**, 73(2), 209–263.
14. Varnes, D.J. Landslide types and processes. In: Turner AK, Schuster RL (eds) Landslides: investigation and mitigation, Transportation Research Board special report 247. National Academy Press, National Research Council, Washington, D.C, 1996.
15. Dung, L.H.; Tuyen, H.M. Điều tra, khảo sát, xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét khu vực Miền Trung, Tây Nguyên và xây dựng hệ thống thí điểm phục vụ cảnh báo cho các địa phương có nguy cơ cao xảy ra lũ quét phục vụ công tác quy hoạch, chỉ đạo điều hành phòng tránh thiên tai thích ứng với biến đổi khí hậu. Báo cáo tổng kết Đề án, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, 2018, Hà Nội.
16. Quyết định số 187/QĐ-UBND ngày 01/02/2023 của Ủy ban nhân dân Thành phố Đà Nẵng về việc Ban hành Đề án “Xây dựng thành phố Đà Nẵng an toàn trong thiên tai giai đoạn 2022–2030, tầm nhìn đến năm 2045”.
17. <https://www.danang.gov.vn>
18. Tung, N.T. Báo cáo thuyết minh bản đồ hiện trạng trượt lở đất đá tỷ lệ 1:50.000 khu vực thành phố Đà Nẵng. Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, 2019, tr. 41–84.
19. Khanh, N.Q. Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng bộ tiêu chí và xác định các khu vực nhạy cảm về trượt, sạt lở đất đá, lũ bùn đá, lũ ống, lũ quét khu vực miền núi, trung du Việt Nam. Báo cáo tổng kết nhiệm vụ mã số TNMT.2021.02.08, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội, 2022, tr. 266.
20. Hung, P.V.; Huyen, N.X. Đánh giá hiện trạng và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất thành phố Đà Nẵng. *Tap chí các khoa học về trái đất* **2010**, 32(2), 106–113.
21. Minh, T.P. Nghiên cứu hiện trạng trượt lở đất ở thành phố Đà Nẵng. *Ued J. Social Sci. Humanit. Educ.* **2011**, 1(1), 22–28.
22. Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Đà Nẵng. Đánh giá nguy cơ trượt lở đất trên địa bàn thành phố Đà Nẵng, 2010.
23. Van, TT. et al. Assessment of geological hazards in the central coastal provinces from Quang Binh to Phu Yen – Current status, causes, forecasts and suggestions for prevention measures, minimize consequences. Ministry level project. Vietnam Institute of Geosciences and Minerals Resources. Geological Archives, Hanoi, 2002.
24. Hà, N.Đ. Nghiên cứu thiết kế và xây dựng hệ thống dữ liệu lớn dùng chung thống nhất liên ngành phục vụ công tác cảnh báo sớm trượt, sạt lở đất đá, lũ bùn đá, lũ ống, lũ quét theo thời gian thực khu vực miền núi, trung du Việt Nam. Báo cáo kết quả thực hiện nhiệm vụ bước II/2022 mã số TNMT.2021.04.07, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội, 2022.

## **Results of zoning landslide and flash flood susceptibility areas in Da Nang City**

**Nguyen Thi Huyen<sup>1\*</sup>, Nguyen Quoc Khanh<sup>1</sup>, Nguyen Huy Duong<sup>1</sup>, Nguyen Hoang Ninh<sup>1</sup>, Nguyen Duc Ha<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources; huyenkhanh216@gmail.com; khanhrigmr@gmail.com; nguyenhuyduong112358@gmail.com; ninh.dcks@gmail.com; nh14vn@gmail.com

**Abstract:** In recent years, the negative impacts of climate change have increased the frequency and intensity of natural disasters such as landslides, and flash floods. In many regions, these types of disasters are determined to be closely related to each other. Therefore, they likely occur at the same time and cause catastrophic damage to society. This research presents the results of landslide and flash flood high-risk zonation in Da Nang city to assess and propose a list of high-risk areas for investigation at a scale of 1: 10,000. A combined susceptibility map of landslide and flash flood was generated from factor maps as landslide and flash flood-prone areas, population, traffic, buildings, and catchment. The results, which were verified with inventory data, showed the reliability of the criteria set. The identified landslide and flash flood susceptibility map could be very useful for supporting the local governments in land use planning and focusing on prone areas that need to be investigated in detail to find effective risk mitigation solutions.

**Keywords:** Landslide; Flash flood; Da Nang City.

Bài báo khoa học

## Đánh giá hiện trạng và nhu cầu sử dụng ứng dụng hỗ trợ học tập trên điện thoại thông minh của sinh viên ngành Môi trường

Đỗ Hữu Tuấn<sup>1\*</sup>, Nguyễn Thùy Linh<sup>1</sup>, Đặng Thị Hải Linh<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoa môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. Địa chỉ: 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân Hà Nội; tuandh@vnu.edu.vn; thuylinh\_mt@hus.edu.vn; linhdth@hus.edu.vn

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

Ban Biên tập nhận bài: 5/12/2022; Ngày phản biện xong: 22/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

**Tóm tắt:** Hiện nay việc sử dụng điện thoại thông minh trong sinh viên ngày càng phổ biến. Việc xây dựng ứng dụng hỗ trợ học tập cho sinh viên là yêu cầu cấp thiết đối với hoạt động đào tạo sinh viên ngành môi trường. Nghiên cứu này tiến hành điều tra khảo sát sinh viên môi trường tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội từ đó đánh giá nhu cầu sử dụng ứng dụng hỗ trợ học tập trên điện thoại thông minh. Kết quả nghiên cứu cho thấy có 42,2% số sinh viên tham gia khảo sát đã sử dụng ít nhất một ứng dụng hỗ trợ học tập, phương thức trao đổi tài liệu phổ biến là email (81,2%). Sinh viên yêu cầu tài liệu học tập cần dễ tìm kiếm và sử dụng (92,3%), sử dụng mọi lúc mọi nơi (76,1%), thường xuyên cập nhật (76,9). 97,5% sinh viên cho rằng cần thiết phải xây dựng ứng dụng hỗ trợ học tập và thực tập cho sinh viên, tài liệu cần đa dạng, có hình ảnh, video minh họa (82,1%), thuận tiện hỏi đáp, tương tác là 70,9%. Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho việc xây dựng ứng dụng hỗ trợ học tập cho sinh viên nói chung và sinh viên môi trường nói riêng.

**Từ khóa:** Ứng dụng hỗ trợ học tập; Điện thoại thông minh; Sinh viên môi trường.

### 1. Mở đầu

Với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học công nghệ di động, các điện thoại thông minh ngày càng được sử dụng rộng rãi trong cuộc sống. Điện thoại thông minh giúp người dùng thuận tiện hơn trong sử dụng, phục vụ các mục đích như liên lạc, làm việc, giải trí, học tập. Hiện nay việc sử dụng điện thoại di động thông minh trong sinh viên rất phổ biến. Ngoài mục đích liên lạc và giải trí, sinh viên còn sử dụng cho mục đích học tập thông qua các ứng dụng học tập. Tuy nhiên việc sử dụng điện thoại di động quá mức có thể gây nghiện, ảnh hưởng tới sức khỏe, tinh thần và khả năng học tập của sinh viên [1–4], ảnh hưởng tới các quan hệ xã hội [5].

Các nghiên cứu trên thế giới cho thấy sinh viên sử dụng điện thoại thông minh với nhiều mục đích khác nhau. Nghiên cứu tại Đại học Sheffield của Anh cho thấy sinh viên sử dụng điện thoại thông minh cho các mục đích như lướt web (88%), mạng xã hội (88%), sử dụng các dịch vụ học thuật (78%), email (69%) và thời gian sử dụng điện thoại di động cho mục đích học tập ngày càng tăng [6–7]. Theo nghiên cứu của Hossain và Ahmed trên 316 trường đại học tại các nước đang phát triển cho thấy sinh viên đều sử dụng điện thoại thông minh để tìm kiếm thông tin, trong đó (65,5%) là tìm kiếm thông tin về học tập, đọc tin tức (63,3%), mạng xã hội (60,1%), giải trí (37,9%). Với việc sử dụng điện thoại vào mục đích học tập có (74,9%) để đọc báo khoa học, xem các video học tập (56,5%), ghi bài học trên lớp (45,4%), tìm tài liệu trên thư viện (23,2%) [8].

Tại Việt Nam, điện thoại thông minh được sử dụng rộng rãi trong sinh viên [2, 9]. Sinh viên sử dụng điện thoại di động với nhiều mục đích khác nhau như liên lạc, sử dụng mạng xã hội, học tập, giải trí, lưu trữ tài liệu [2, 9, 10]. Theo nghiên cứu của Trần Minh Đức và các cộng sự đối với 4247 sinh viên trong nước năm 2014 cho thấy có tới 99% sinh viên được khảo sát có sử dụng mạng xã hội [9]. Số lượng sinh viên sử dụng điện thoại thông minh cho mục đích học tập là 65,2%, lưu trữ thông tin tài liệu là 68% [2].

Vì sự phổ biến và tiện dụng của các thiết bị di động thông minh, các ứng dụng được phát triển phục vụ học tập ngày càng tăng với các ứng dụng trên điện thoại thông minh trong giảng dạy [11–15]. Theo nghiên cứu tại Mỹ năm 2015 cho thấy có 48% các trường đại học, cao đẳng tại Mỹ có ứng dụng riêng của trường để hỗ trợ học tập cho sinh viên [16]. Số lượng tải các ứng dụng phục vụ học tập trên hai nền tảng iOS và Android ngày càng tăng từ 2009 đến 2020 [17].

Thực tập thực tế ngoài thực địa là hoạt động quan trọng trong quá trình đào tạo sinh viên, đặc biệt là sinh viên các ngành khoa học trái đất và môi trường. Vì tính phức tạp khi đi ra thực địa cần mang nhiều dụng cụ, thiết bị đi cùng. Do đó để thuận lợi nhất trong quá trình thực địa, học tập ngoài hiện trường, phát triển ứng dụng hỗ trợ thực tập cho sinh viên là rất quan trọng [18]. Trước yêu cầu của chuyển đổi số trong đào tạo tại học, để đánh giá hiện trạng và nhu cầu sử dụng ứng dụng hỗ trợ thực tập cho sinh viên, nghiên cứu này tiến hành điều tra, khảo sát phân tích, đánh giá nhu cầu của sinh viên làm cơ sở cho phát triển các ứng dụng phục vụ học tập cho sinh viên nói chung và sinh viên môi trường nói riêng. Các mục tiêu nghiên cứu bao gồm đánh giá được: (1) Hiện trạng sử dụng thiết bị di động trong sinh viên; (2) Các yêu cầu về tài liệu học tập của sinh viên; (3) Nhu cầu cần có ứng dụng hỗ trợ thực tập cho sinh viên môi trường.

## **2. Phương pháp nghiên cứu**

### *2.1. Phương pháp điều tra khảo sát*

Phiếu điều tra khảo sát được xây dựng trên các nhóm câu hỏi (từ 2 đến 5 tiêu chí) để đánh giá hiện trạng và nhu cầu sử dụng ứng dụng hỗ trợ học tập của sinh viên: Mức độ phổ biến sử dụng điện thoại thông minh và sử dụng ứng dụng hỗ trợ học tập trong sinh viên; Nền tảng mà điện thoại đang sử dụng; Yêu cầu về tài liệu học tập, hình thức trao đổi tài liệu; Mức độ cần thiết của việc xây dựng ứng dụng hỗ trợ thực tập thực tế cho sinh viên Môi trường và các yêu cầu đối với ứng dụng.

Phiếu khảo sát được gửi tới toàn bộ sinh viên môi trường (qua hình thức trực tuyến sử dụng Google form) từ năm thứ nhất đến năm thứ tư, thuộc các ngành Khoa học Môi trường, Công nghệ kỹ thuật môi trường tại trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội thu về 117 phiếu trả lời.

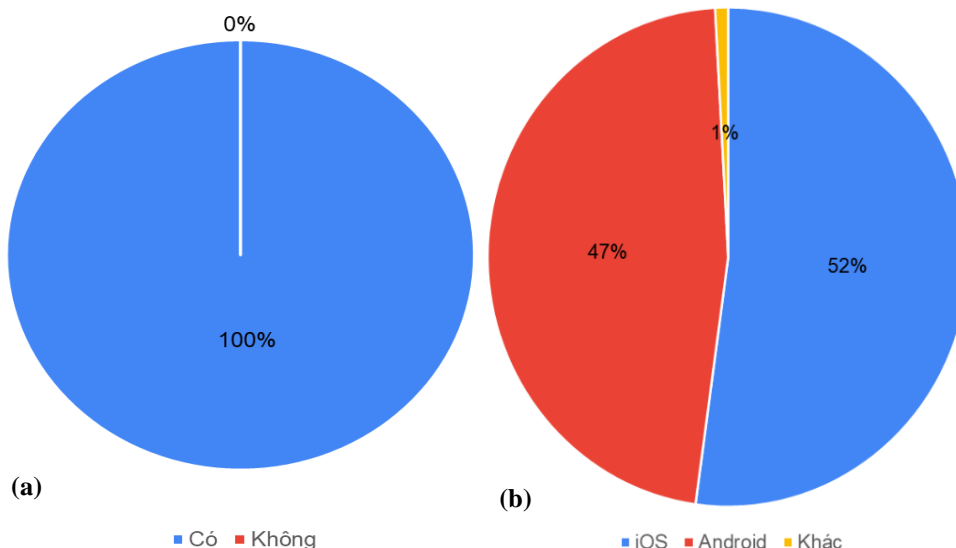
### *2.2. Phương pháp phân tích thống kê*

Dữ liệu khảo sát được thu thập và sử dụng phần mềm thống kê SPSS để phân tích đánh giá, loại bỏ sai số, phân tích các đặc trưng thống kê cơ bản.

## **3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận**

### *3.1. Hiện trạng sử dụng thiết bị di động trong sinh viên*

Kết quả khảo sát sinh viên từ năm thứ nhất đến năm thứ tư cho thấy 100% sinh viên được khảo sát hiện đang sử dụng điện thoại thông minh. Trong đó có 52,1% sử dụng điện thoại cài hệ điều hành iOS của Apple, 47% sử dụng hệ điều hành Android và 0,9% sử dụng hệ điều hành khác.



**Hình 1.** Kết quả khảo sát sinh viên sử dụng điện thoại thông minh (a) và hệ điều hành (b).

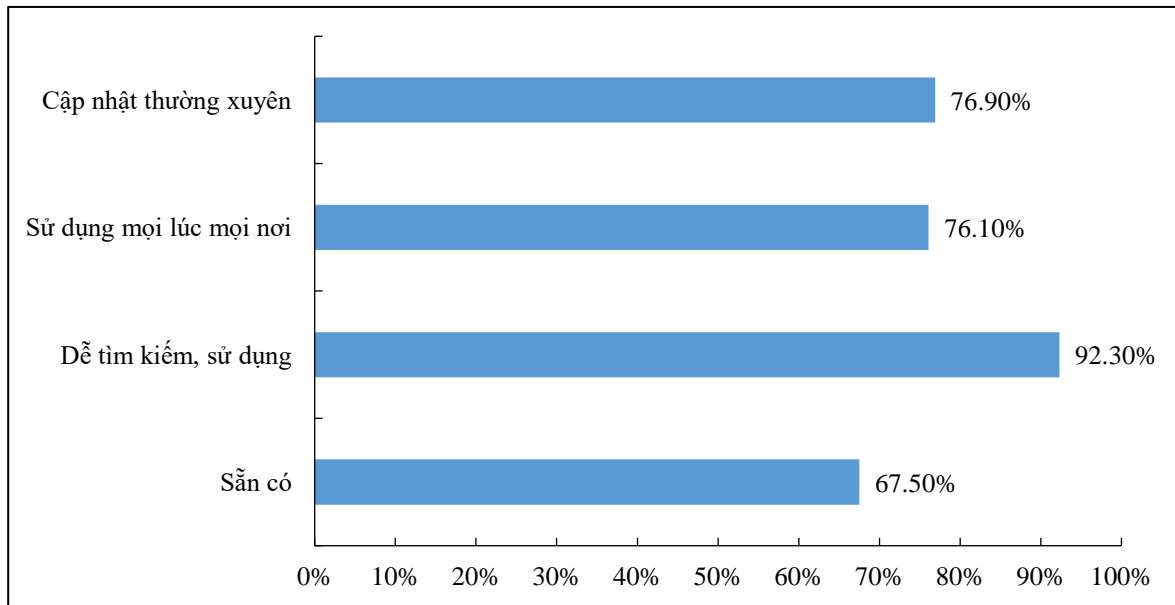
Như vậy có tới 99.1% sinh viên sử dụng điện thoại hệ điều hành iOS và Android. Kết quả này phù hợp với thống kê chia sẻ thị phần của các điện thoại thông minh thì hai hệ điều hành iOS và Android năm 2022 chiếm tới 99,4% [19]. Sinh viên sử dụng điện thoại thông minh hiện nay với nhiều mục đích khác nhau từ học tập, giải trí, liên lạc, hỗ trợ hoạt động thể chất. Tuy nhiên, số sinh viên nghiện điện thoại thông minh hiện nay chiếm tới 55,56% [2]. Do đó việc tăng cường các ứng dụng hỗ trợ học tập sẽ giúp sinh viên giảm thời gian sử dụng điện thoại vào các mục đích dễ gây nghiện và ảnh hưởng tới tinh thần, thể chất và việc học của sinh viên.

### 3.2. Các yêu cầu về tài liệu học tập của sinh viên

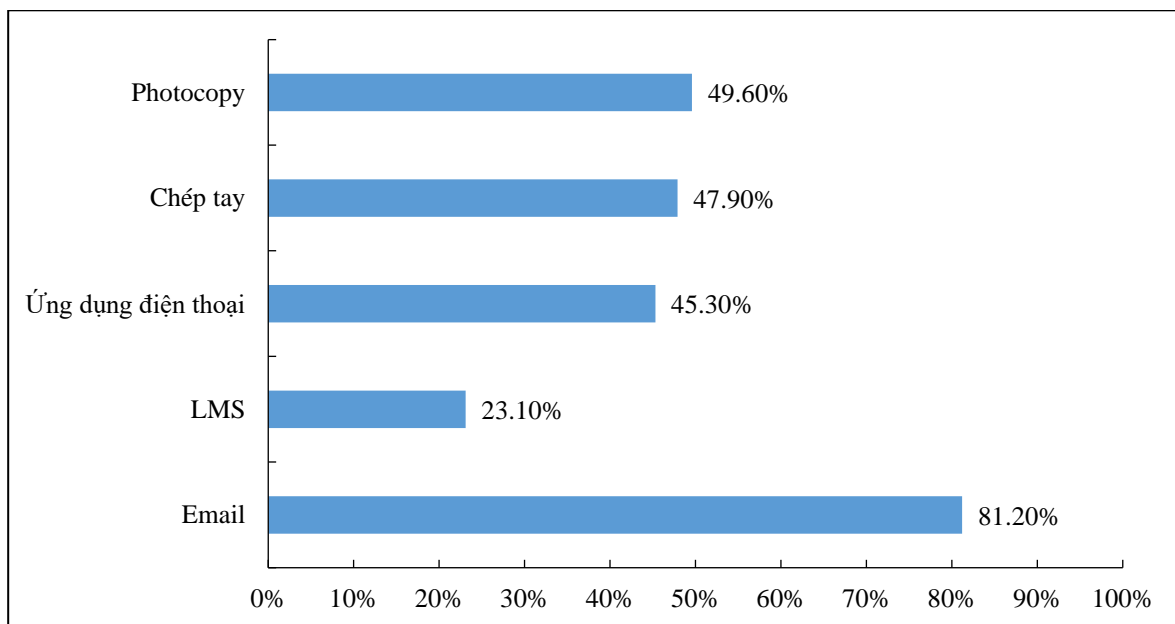
Kết quả khảo sát cho thấy (Hình 2), sinh viên mong muốn các tài liệu học tập cần luôn sẵn có (67,5%). Đây là một yêu cầu hết sức chính đáng đặc biệt đối với các tài liệu bắt buộc như giáo trình, bài giảng và các tài liệu tham khảo, hình ảnh minh họa, video mô phỏng. Các tài liệu này sẽ giúp sinh viên tiếp cận bài giảng tốt hơn, đáp ứng các yêu cầu về học tập trên lớp, làm bài tập, thực hành, thí nghiệm. Bên cạnh đó các tài liệu cần dễ tìm kiếm và sử dụng (92,3%), tài liệu có thể được sử dụng mọi lúc mọi nơi (76,1%) để đáp ứng tốt yêu cầu của người học về thời gian, không gian, địa điểm tiếp cận các tài liệu học tập. Đặc biệt hiện nay, phương thức học tập có thể thực hiện cả trực tiếp lên lớp, trực tuyến hoặc kết hợp giữa trực tiếp và trực tuyến thì việc yêu cầu tiếp cận tài liệu thuận lợi hơn là yêu cầu hoàn toàn phù hợp hiện nay. Bên cạnh đó, yêu cầu về việc cập nhật thường xuyên các tài liệu cũng là yêu cầu mà sinh viên mong muốn (76,9%). Hiện nay sinh viên sử dụng điện thoại thông minh để lưu trữ tài liệu học tập ngày càng tăng [6], tại Việt Nam theo nghiên cứu [2] tỉ lệ này lên tới 68%. Với sự phát triển ngành càng mạnh mẽ về công nghệ, sinh viên tiếp cận các thông tin và kiến thức mới nhanh hơn, do đó việc cập nhật thường xuyên tài liệu giúp sinh viên sớm tiếp cận với kiến thức mới trong nước và thế giới.

Về phương thức tiếp nhận tài liệu của sinh viên hiện nay cho thấy (Hình 3) 81,2% tài liệu được chuyển qua email, 23,1% qua hệ thống quản lý học tập LMS (*Learning Management System*), 45,3% qua ứng dụng, chép tay ghi bài giảng trên lớp 47,9% và photocopy chiếm 49,6%. Như vậy phương thức trao đổi tài liệu học tập từ giảng viên phổ biến nhất hiện nay là qua email. Kết quả nghiên cứu tương đồng với kết quả nghiên cứu của Aladeniyi và các cộng sự thực hiện cũng có tới 91% sinh viên sử dụng email là phương thức trao đổi liên lạc các tài liệu học tập [20]. Đây là phương thức thuận tiện trong việc gửi tài liệu tuy nhiên việc cập nhật tài liệu sẽ khó khăn hơn, đặc biệt khi có tài liệu cập nhật lại phải gửi lại email, việc tra cứu tìm kiếm cũng khó khăn. Ứng dụng hỗ trợ học tập sẽ giúp sinh viên và

giảng viên trao đổi tài liệu dễ dàng hơn, dễ sử dụng, dễ cập nhật. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tỉ lệ sinh viên sử dụng ứng dụng trên điện thoại trao đổi thông tin tài liệu học tập hiện khá ấn tượng chiếm 45,3% và xu thế tăng với sự phát triển ngày càng mạnh mẽ của các ứng dụng hỗ trợ học tập trên điện thoại thông minh. Theo thống kê của Statista, số lượt tải các ứng dụng hỗ trợ học tập trong Quý 1 năm 2020 trên App Store là 470 triệu lượt, trên Google Play là 466 triệu lượt [17].

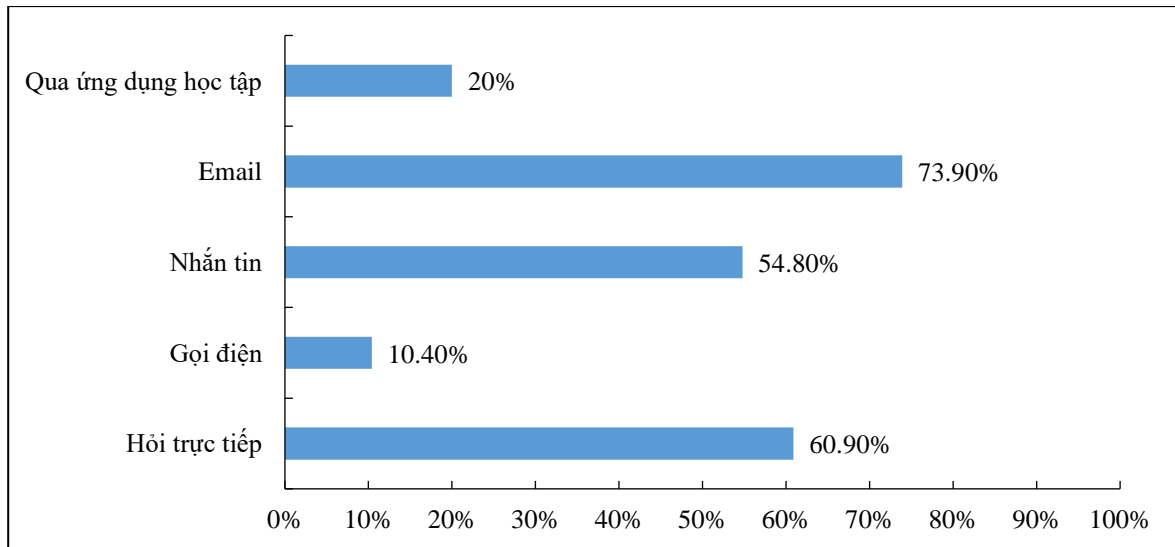


**Hình 2.** Yêu cầu của tài liệu học tập đối với sinh viên môi trường.



**Hình 3.** Phương thức tiếp nhận tài liệu học tập hiện nay của sinh viên.

Giải đáp, trao đổi ý kiến với sinh viên luôn là tương tác quan trọng trong quá trình dạy học. Phương thức sinh viên trao đổi, tìm sự hỗ trợ của giảng viên hiện nay gồm hỏi trực tiếp giảng viên (60,9%), gọi điện (10,4%), nhắn tin (54,8%), email (73,9%), qua ứng dụng học tập (20%) (Hình 4). Kết quả cho thấy sử dụng email, hỏi trực tiếp, và tin nhắn là 3 phương thức phổ biến nhất khi sinh viên cần sự giúp đỡ về học phần, liên lạc trao đổi với giảng viên giảng dạy. Hiện các ứng dụng hỗ trợ học tập đóng vai trò còn khiêm tốn trong việc hỗ trợ sinh viên tương tác với giảng viên (chiếm 20%).

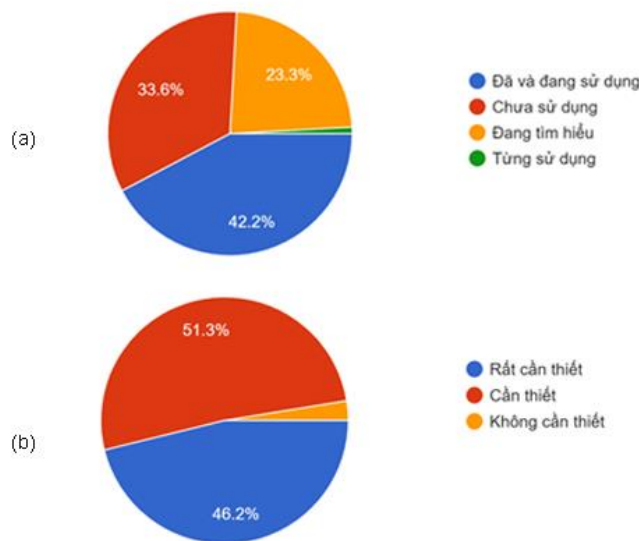


**Hình 4.** Phương thức đặt câu hỏi và nhận giải đáp từ giảng viên về học phần.

### 3.3. Đánh giá nhu cầu cần có ứng dụng hỗ trợ thực tập cho sinh viên môi trường.

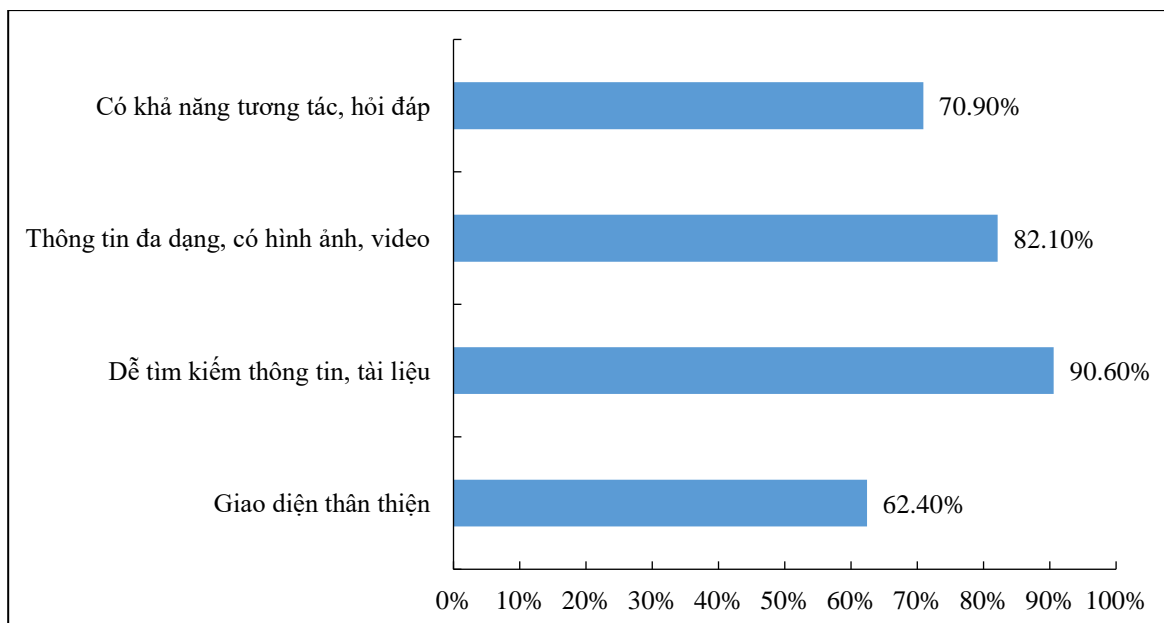
Nghiên cứu cho thấy 42,2% sinh viên được khảo sát cho biết đã và đang sử dụng ứng dụng phục vụ học tập. Trong các sinh viên năm thứ nhất có 34,15% hiện đang sử dụng một ứng dụng hỗ trợ học tập, sinh viên năm thứ 2 là 38,71%, sinh viên năm thứ 3 là 62,96% và sinh viên năm thứ tư 38,89%. Như vậy có thể thấy sinh viên sử dụng điện thoại thông minh phục vụ việc giải trí là rất phổ biến, tuy nhiên sử dụng cho mục đích học tập chưa được cao. Kết quả khảo sát ý kiến sinh viên ngành môi trường cho thấy 97,5% sinh viên cho rằng cần thiết phải xây dựng ứng dụng hỗ trợ học thực tập cho sinh viên, trong đó 51,3% sinh viên cho rằng nó rất cần thiết (Hình 5).

Yêu cầu đối với ứng dụng hỗ trợ học thực tập cho sinh viên môi trường về việc thuận tiện trong tìm kiếm thông tin, tài liệu là 90,6%, tài liệu đa dạng, có hình ảnh, video minh họa chiếm 82,1%, khả năng hỏi đáp, tương tác là 70,9%, giao diện thân thiện là 62,4%. Kết quả cho thấy, mong muốn tìm kiếm tài liệu học tập thuận tiện là yêu cầu cao nhất đối với sinh viên. Do đó các ứng dụng hỗ trợ học thực tập cũng như các chương trình đào tạo cần đưa ra phương thức cung cấp tài liệu học tập cho sinh viên một cách đầy đủ, thuận tiện nhất.



**Hình 5.** Hiện trạng sử dụng 1 ứng dụng học tập nào đó (a) và nhu cầu cần thiết xây dựng ứng dụng hỗ trợ thực tập thực tế cho sinh viên môi trường (b).





**Hình 6.** Yêu cầu của sinh viên về ứng dụng hỗ trợ thực tập thực tế.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu cho thấy hiện nay sinh viên sử dụng điện thoại thông minh rất phổ biến với hai hệ điều hành chính là iOS và Android. Mức độ sử dụng ứng dụng học tập trong sinh viên hiện nay (42,2%). Phương thức trao đổi tài liệu phổ biến hiện nay là email (81,2%). Đối với tài liệu học tập, sinh viên yêu cầu dễ tìm kiếm và sử dụng (92,3%), sử dụng mọi lúc mọi nơi (76,1%), thường xuyên cập nhật (76,9%). Có 97,5% sinh viên cho rằng cần thiết phải xây dựng ứng dụng hỗ trợ học thực tập cho sinh viên môi trường, tài liệu cần đa dạng, có hình ảnh, video minh họa (82,1%), thuận tiện hỏi đáp, tương tác là 70,9%.

Kết quả nghiên cứu là cơ sở cho việc xây dựng ứng dụng hỗ trợ học tập cho sinh viên nói chung và sinh viên môi trường nói riêng.

Số lượng mẫu khảo sát còn chưa lớn, cần thực hiện khảo sát rộng hơn đối với sinh viên môi trường các trường đại học khác để có đánh giá đầy đủ hơn trong tương lai.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Đ.H.T., N.T.L., Đ.T.H.L.; Xây dựng mẫu phiếu và điều tra: Đ.H.T., N.T.L., Đ.T.H.L.; Tính toán xử lý số liệu: Đ.H.T.; Viết bản thảo bài báo: Đ.H.T.; Chỉnh sửa bài báo: Đ.H.T., N.T.L., Đ.T.H. L.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi nhiệm vụ khoa học QG.20.06 của Đại học Quốc gia Hà Nội.

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

#### Tài liệu tham khảo

1. Uzunçakmak, T.; Ayaz–Alkaya, S.; Akca, A. Prevalence and predisposing factors of smartphone addiction, sleep quality and daytime sleepiness of nursing students: A cross–sectional design. *Nurse Educ. Pract.* **2022**, *65*, 103478.
2. Nghĩa, N.X.; Phương, P.T.M.; Ánh, Đ.T.K.; Trang, N.T. Sinh viên và điện thoại thông minh (smartphone): việc sử dụng và những ảnh hưởng đến học tập và quan hệ xã hội. *Tap chí Khoa học Xã hội* **2017**, *2(222)*, 13–30.
3. Han, S. Impact of smartphones on students: How age at first use and duration of usage affect learning and academic progress. *Technol. Soc.* **2022**, *70*, 102002.

4. Yilmaz, R.; Sulak, S.; Griffiths, M.D.; Yilmaz, F.G.K. An Exploratory Examination of the Relationship Between Internet Gaming Disorder, Smartphone Addiction, Social Appearance Anxiety and Aggression Among Undergraduate Students. *J. Affective Disord. Rep.* **2023**, *11*, 100483.
5. Lu, M.; Pang, F.; Wang, R.; Liu, Y.; Peng, T. The association between autistic traits and excessive smartphone use in Chinese college students: The chain mediating roles of social interaction anxiety and loneliness. *Res. Dev. Disabilities* **2022**, *131*, 104369.
6. Ataş, A.H.; Çelik, B. Smartphone Use of University Students: Patterns, Purposes, and Situations. *Malays. Online J. Educ. Technol.* **2019**, *7(2)*, 59–70.
7. Dickinson, K.J.; Bass, B.L. A Systematic Review of Educational Mobile–Applications (Apps) for Surgery Residents: Simulation and Beyond. *J. Surg. Educ.* **2020**, *77(5)*, 1244–1256.
8. Hossain, M.E.; Ahmed, S.M.Z. Academic use of smartphones by university students: a developing country perspective. *Electron. Lib.* **2016**, *34(4)*, 651–665.
9. Đức, T.T.M.; Thái, B.T.H. Sử dụng mạng xã hội trong sinh viên Việt Nam. *Tap chí Khoa học xã hội Việt Nam* **2014**, *8(81)*, 50–61.
10. Hà, Đ.T.N.; Anh, Q.N.M.; Hoa, N.N.T.; Chiến, N.N.L.; Anh, T.N.H.I. Khảo sát tình hình sử dụng điện thoại thông minh ở sinh viên đại học trên địa bàn Hà Nội bằng thang điểm đánh giá nghiện điện thoại thông minh phiên bản rút gọn. *Tap chí Y học Việt Nam* **2021**, *502(2)*, 29–33.
11. Herbert, V.M.; Perry, R.J.; LeBlanc, C.A.; Haase, K.N.; Corey, R.R.; Giudice, N.A.; Howell, C. Developing a Smartphone App With Augmented Reality to Support Virtual Learning of Nursing Students on Heart Failure. *Clin. Simul. Nurs.* **2021**, *54*, 77–85.
12. de La Barrera–Cantoni, S.J.; Lizarbe–Lezama, M.L.; Rodriguez–Macedo, J.E.; Carrillo–Levin, T.S.; Jaramillo–Ocharan, M.F.; Toro–Huamanchumo, C.J. Use of a 3D virtual app and academic performance in the study of the anatomy of the musculoskeletal system among Peruvian medical students. *Heliyon* **2021**, *7(6)*, e07149.
13. Gutiérrez–Puertas, L.; García–Viola, A.; Márquez–Hernández, V.V.; Garrido–Molina, J.M.; Granados–Gámez, G.; Aguilera–Manrique, G. Guess it (SVUAL): An app designed to help nursing students acquire and retain knowledge about basic and advanced life support techniques. *Nurs. Educ. Pract.* **2021**, *50*, 102961.
14. Hester, L.; Reed, B.; Bohannon, W.; Box, M.; Wells, M.; O’Neal, B. Using an educational mobile application to teach students to take vital signs. *Nurs. Educ. Today* **2021**, *107*, 105154.
15. Positos, J.D.; Abellanos, A.L.A.; Galgo, C.A.L.; Tecson, C.M.B.; Ridad, G.S.; Tabigue, M.M. Educare App: Mobile application for clinical duties of nursing students and nurse educators. *Enfermería Clínica* **2020**, *30*, 12–16.
16. T.C.C.P. The 2015 national survey of eLearning and information technology in US higher education. 2015 (Cited 4/12/2022). Online Available: <https://static1.squarespace.com/static/5757372f8a65e295305044dc/t/5873a148579fb3564e21d47a/1483972944299/CampusComputing2015++Summary+Graphics+%26+Data.pdf>
17. Ceci, L. Worldwide mobile education app downloads from 1st quarter 2017 to 1st quarter 2020, by platform. 2021 (Cited 1/12/2022). Online Available: <https://www.statista.com/statistics/1128262/mobile-education-app-downloads-worldwide-platforms-millions/>.
18. Lazar, K.B.; Moysey, S.M. Enabling student self–guided field expeditions in geoscience with the GeoXploration platform for mobile apps. *Appl. Comput. Geosci.* **2020**, *7*, 100028.

19. Laricchia, F. Mobile operating systems' market share worldwide from 1st quarter 2009 to 4th quarter 2022. 2022 (Cited 1/12/2022). Online Available: <https://www.statista.com/statistics/272698/global-market-share-held-by-mobile-operating-systems-since-2009/>.
20. Rachael Aladeniyi, F.; Kehinde Fasae, J. Use of cybercafé for internet access by the students of Rufus Giwa Polytechnic, Owo, Nigeria. *Program* 2013, 47(1), 4–14.

## **Assessment of the current status and requirements for using the learning support application on smartphones for environmental students**

**Do Huu Tuan<sup>1\*</sup>, Nguyen Thuy Linh<sup>1</sup>, Dang Thi Hai Linh<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Environmental Sciences, VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi; tuandh@vnu.edu.vn; thuylinh\_mt@hus.edu.vn; linhhdth@hus.edu.vn

**Abstract:** Smartphones are widely used by students nowadays. It is critical to develop learning support applications for smartphones in training activities for environmental students. Surveys were conducted with environmental students at the VNU University of Science, Vietnam National University, Hanoi, thereby assessing the need to use learning support applications on smartphones. The results showed that 42.2% of students are using a learning support application, and email is a common way to share learning materials (81.2%). Learning materials should be easily found and used (92.3%), accessible at any time and from any location (76.1%), and regularly updated (76.9%). 97.5% of responses said that it is critical to build a learning support application on smartphones for fieldtrip study. Learning materials need to be diverse, with images and video illustrations (82.1%), conveniently made questions and answers, and interaction in apps (70.9%). The research results are the basis for building learning support applications for students in general and environmental students in particular.

**Keywords:** Learning support application; Smartphones; Environmental students.

Bài báo khoa học

## Nghiên cứu đánh giá hiện trạng xâm nhập mặn dựa trên ảnh vệ tinh Sentinel 2 khu vực tỉnh Quảng Trị

Doãn Hà Phong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu; dhphong@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: dhphong@gmail.com; Tel.: +84–913212325

Ban Biên tập nhận bài: 15/12/2022; Ngày phản biện xong: 22/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

**Tóm tắt:** Độ mặn là một đặc tính quan trọng trong việc đánh giá hiện trạng xâm nhập mặn. Nghiên cứu được thực hiện để phát triển một mô hình dự báo độ mặn của đất hiệu quả sử dụng dữ liệu vệ tinh Sentinel 2A cho tỉnh Quảng Trị. Ban đầu các mẫu đất thu thập được phân tích độ mặn (ECe). Sau đó phân tích hồi quy tuyến tính được thực hiện giữa các giá trị ECe thu được với các chỉ số của đất thu được từ ảnh Sentinel 2. Kết quả nghiên cứu cho thấy ECe có mối tương quan cao với các băng tần riêng lẻ SWIR1 và chỉ số SBI (chỉ số độ sáng đơn giản) với  $R^2 = 0,65$ . Kết quả nghiên cứu chứng minh khả năng ước tính đáng tin cậy EC dựa trên sử dụng dữ liệu Sentinel 2.

**Từ khóa:** Ảnh vệ tinh; Sentinel 2; Độ mặn; Phân tích hồi quy tuyến tính; SWIR1; SBI.

### 1. Mở đầu

Độ dẫn điện (EC) có liên quan chặt chẽ với thành phần và nồng độ muối hòa tan trong dung dịch đất, và do đó EC của chiết xuất bão hòa đất (ECe) được sử dụng làm thước đo tiêu chuẩn về độ mặn của đất (được biểu thị bằng mS/cm hoặc dS/m) [1–2]. Phạm vi độ mặn của đất thường được chấp nhận cho thấy đất có ECe lớn hơn 4 dS/m ở 25°C được định nghĩa là đất mặn và đất có ECe lớn hơn 15 dS/m ở 25°C. ECe lớn hơn 15 dS/m là đất nhiễm mặn mạnh [3].

Mặc dù khảo sát thực địa và phân tích trong phòng thí nghiệm là chính xác, nhưng các phương pháp này tốn nhiều thời gian, chi phí và nhân công, đặc biệt đối với các phép đo quy mô lớn. Vì thế, phương pháp viễn thám hỗ trợ lập bản đồ EC và cung cấp thông tin chính xác về các khu vực bị ảnh hưởng bởi muối được cho là một giải pháp hữu hiệu. Trong bối cảnh này, các bộ dữ liệu vệ tinh tiềm năng và các kỹ thuật phân tích ảnh đã góp phần vào việc lập bản đồ độ mặn của đất một cách chính xác và kinh tế [4–5]. Các ảnh vệ tinh đa phổ như MODIS (250 m) [6], Landsat TM (30 m) [7], Landsat ETM+ (30 m) [8–9], Landsat 8 (30 m) [10–11], đã được sử dụng rộng rãi để lập bản đồ độ mặn của đất. Các chỉ số độ mặn khác nhau đã được lấy từ hình ảnh vệ tinh và được sử dụng để xác định các khu vực bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn.

Tại Việt Nam ứng dụng viễn thám trong đánh giá xâm nhập mặn vẫn còn khá mới mẻ. [12] đã sử dụng là ảnh vệ tinh Landsat 8 kết hợp với số liệu quan trắc độ mặn của nước được thu thập từ 11 trạm quan trắc. Kết quả phân tích cho thấy sự tương quan cao giữa giá trị quan trắc độ mặn của nước và giá trị độ sáng pixel của ảnh thành phần chính thứ nhất. Điều này cho phép áp dụng mô hình hồi quy và công cụ phân tích không gian của GIS để phát triển giải pháp giám sát xâm nhập mặn dọc sông Cửa Long. [13] đã nghiên cứu, đánh giá phân vùng xâm nhập mặn trên cơ sở công nghệ viễn thám đa tầng, đa độ phân giải, đa thời gian, ứng dụng thí điểm cho tỉnh Bến Tre. Bài báo sử dụng ảnh radar Sentinel-1 SAR. Ảnh được

tiền xử lý bằng công cụ SNAP, trong khi mô hình hóa được thực hiện trong môi trường MATLAB bằng công cụ học máy WEKA API. Từ ảnh phổ phản xạ, các kênh chỉ số vật lý được tính toán và chia thành các nhóm chỉ số: nhóm kênh phổ gốc, nhóm chỉ số PCA, nhóm kênh tỷ lệ, nhóm chỉ số muối, nhóm chỉ số thực vật và nhóm chỉ số độ sáng, nhiệt (ảnh LANDSAT). Các nhóm kênh chỉ số vật lý này sẽ là biến độc lập và giá trị EC sẽ là biến phụ thuộc trong mô hình phân tích hồi quy. Nghiên cứu thử nghiệm với các nhóm kênh, chỉ số ảnh khác nhau để xác định giải pháp tối ưu. Kết quả mô hình được so sánh với số liệu thực địa để kiểm chứng độ tin cậy của mô hình. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình EC tính từ ảnh Sentinel-2 có hệ số tương quan cao hơn so với mô hình EC tính từ ảnh LANDSAT, với  $R^2$  tương ứng là 0,826 và 0,7. Do đó, mô hình EC tính từ Sentinel 2 được áp dụng cho tính toán độ mặn khu vực nghiên cứu tỉnh Bến Tre trong các năm 2005, 2010 và 2015 theo 4 mức phân cấp độ mặn tương ứng với giá trị EC (dS/m) của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn [13]. [14] đã đánh giá tác động của xâm nhập mặn do biến đổi khí hậu trên hiện trạng canh tác lúa tại tỉnh Sóc Trăng. Nghiên cứu phân tích chuỗi ảnh chỉ số thực vật (NDVI) đa thời gian trên dữ liệu MODIS (MOD09Q1) độ phân giải không gian 250m từ 31/07/2014 đến 31/07/2015 kết hợp với ảnh vệ tinh Landsat 8 nhằm xây dựng bản đồ hiện trạng mặt phủ từ đó xác định vùng cơ cấu canh tác lúa tỉnh Sóc Trăng. Kết quả phân tích ảnh viễn thám đã xác định được vùng canh tác lúa bao gồm 3 cơ cấu chính: lúa 3 vụ (99.182,2 ha chiếm 30,3% tổng diện tích tự nhiên), lúa 2 vụ (69.484,2 ha chiếm 21,2%) và lúa-tôm (69.484,2 ha chiếm 4,3%) với độ tin cậy cao (chỉ số Kappa = 0,78) dựa trên 100 điểm khảo sát thực tế [14].

Hiện nay với sự phát triển hơn nữa của công nghệ viễn thám, ngày càng nhiều các vệ tinh được phát triển với độ phân giải không gian và thời gian tốt hơn có thể được cung cấp miễn phí tới người dùng như ảnh vệ tinh Sentinel 2 (10 m). Vậy nên ứng dụng ảnh Sentinel 2 trong đánh giá xâm nhập mặn cho là một hướng tiếp cận hoàn toàn mới.

Do tác động tiêu cực của đất mặn đối với hoạt động nông nghiệp và cuối cùng là sản xuất cây trồng, cần phải duy trì chất lượng đất và cải tạo đất mặn, đặc biệt là ở các vùng khô hạn như tỉnh Quảng Trị ở Việt Nam. Về vấn đề này, việc theo dõi liên tục độ mặn của đất trong các lĩnh vực nông nghiệp là rất quan trọng. Vì vậy, mục đích của nghiên cứu là phát triển các mô hình toán dựa trên ảnh vệ tinh để theo dõi độ mặn của đất sử dụng dữ liệu đa phổ Sentinel 2A cho tỉnh Quảng Trị.

## 2. Khu vực và dữ liệu nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

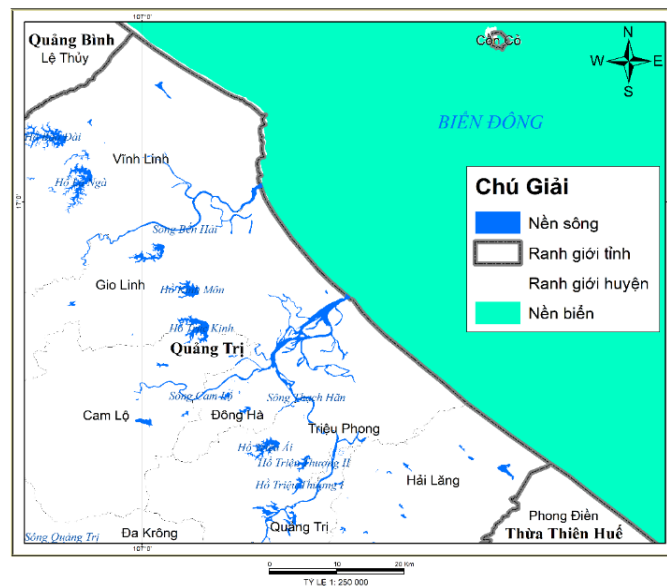
Quảng Trị là một tỉnh nằm ở dải đất miền Trung Việt Nam, nơi chuyển tiếp giữa hai miền địa lý Bắc-Nam. Tọa độ địa lý tỉnh Quảng Trị ở vào vị trí từ 16°18' đến 17°10' vĩ độ Bắc, 106°32' đến 107°34' kinh độ Đông (Hình 1). Quảng Trị nằm trong vùng đứt gãy của dãy Trường Sơn. Địa hình đa dạng bao gồm núi, đồi, đồng bằng, cồn cát và bãi biển chạy theo hướng Tây Bắc-Đông Nam. Quảng Trị có nhiều sông ngòi với 7 hệ thống sông chính là sông Thạch Hãn, sông Bến Hải, sông Hiếu, sông Ô Lâu, sông Bến Đá, sông Xê Pôn và sông Sê Păng Hiêng. Sông ở các huyện miền núi có khả năng xây dựng thủy điện vừa và nhỏ. Nhìn đại thể, địa hình núi, đồi và đồng bằng Quảng Trị chạy dài theo hướng Tây Bắc-Đông Nam và trùng với phương của đường bờ biển. Do đặc thù xâm nhập mặn chủ yếu diễn ra ở các tỉnh ven biển nên khu vực nghiên cứu chỉ tập trung ở các huyện Vĩnh Linh, Gio Linh, thành phố Quảng Trị, Triệu Phong, Hải Lăng.

### 2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Dữ liệu chuẩn bị gồm có dữ liệu thực địa và dữ liệu vệ tinh:

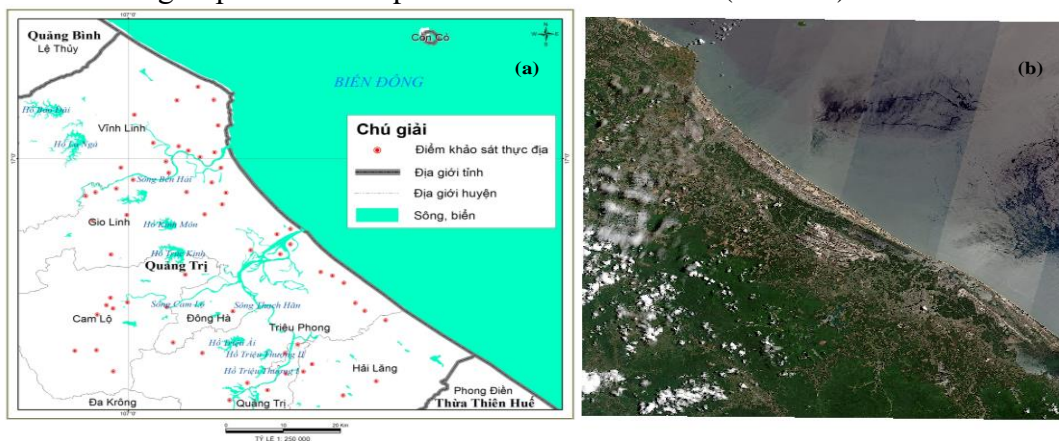
- Về dữ liệu thực địa, tổng số 83 mẫu đất đã được thu thập ngẫu nhiên từ lớp đất mặt (0–25 cm) (Hình 2a). Lí do lựa chọn độ sâu lấy mẫu đất này do thực tế rễ cây, các hoạt động sinh học và dinh dưỡng chủ yếu ở tầng đất này. Các mẫu được thu thập ngẫu nhiên từ thực

địa và được phân tích trong phòng thí nghiệm về ECe của đất và được sử dụng để hiệu chỉnh/thử nghiệm các mô hình dự đoán. Năm mẫu phụ đất được lấy xung quanh mỗi điểm lấy mẫu trong vòng tròn bán kính 10 m tính từ tâm với kích thước mẫu là 10 m pixel, tương ứng với độ phân giải của ảnh Sentinel 2.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu tỉnh Quảng Trị.

- Dữ liệu viễn thám đã được chuẩn bị gồm cảnh ảnh Sentinel S2B\_MSIL2A\_20190705T031549\_N0212\_R118\_T48QYD\_20190705T072433 được download từ trang <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (Hình 2b).

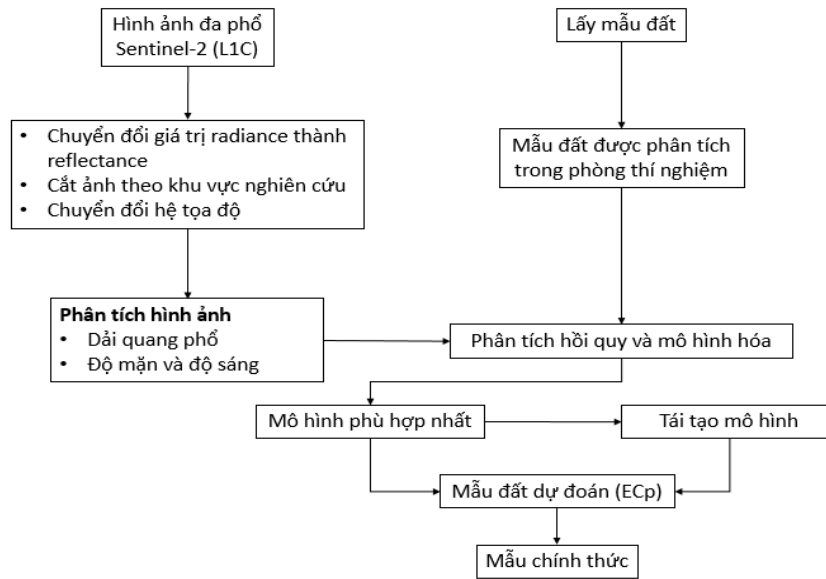


Hình 2. (a) Vị trí điểm lấy mẫu; (b) Ảnh vệ tinh dùng trong nghiên cứu.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Nền tảng Ứng dụng Sentinel (SNAP) do Cơ quan Vũ trụ Châu Âu phát triển (<https://step.esa.int/main/download/snap-download/>) được sử dụng cho phân tích tiền xử lý ảnh. SNAP là một chương trình phần mềm miễn phí đặc biệt được thiết kế để phân tích các hình ảnh Sentinel.

Ảnh vệ tinh trước khi được sử dụng cần tiền xử lý ảnh. Các bước tiền xử lý ảnh bao gồm cắt ảnh theo vùng nghiên cứu (ROI) để giảm thiểu dung lượng xử lý, Chuyển đổi giá trị radiance thành reflectance để đặc trưng cho từng đối tượng trên mặt đất và cuối cùng hình ảnh được chỉnh sửa địa lý thành Universal Transverse Mercator (UTM) hệ tọa độ sử dụng mốc dữ liệu của Hệ thống trắc địa thế giới (WGS) 1984 được gán cho vùng phía bắc UTM 48.



**Hình 3.** Quy trình xây dựng bản đồ xâm nhập mặn.

Tiếp theo sử dụng các dải quang phổ của ảnh đã được tiền xử lý để tính chỉ số độ mặn (SI), chỉ số cường độ (INT) và độ sáng đơn giản hóa chỉ số (BI) theo các công thức tính (Bảng 1).

**Bảng 1.** Bộ chỉ số sử dụng trong nghiên cứu ( $\rho$  là hệ số phản xạ của đất).

Mục lục	Công thức	Tài liệu
Chỉ số độ mặn 1	$SI_1 = \sqrt{P_{green} \times P_{red}}$	
Chỉ số độ mặn 2	$SI_2 = \sqrt{P_{green}^2 \times P_{red}^2 + R_{NIR}^2}$	15
Chỉ số độ mặn 3	$SI_3 = \sqrt{P_{green}^2 \times P_{red}^2}$	
Chỉ số độ mặn 4	$SI_4 = P_{red}/P_{NIR}$	
Chỉ số độ mặn 11	$SI_{11} = P_{SWIR1}/P_{SWIR2}$	16
Cường độ 1	$INT_1 = (P_{green} + P_{red})/2$	15
Cường độ 2	$INT_2 = (P_{green} + P_{red} + P_{NIR})/2$	
Chỉ số độ sáng đơn giản hóa	$SBI = \sqrt{P_{green}^2 + P_{NIR}^2}$	17
Chênh lệch bình thường hóa	$NDSI = (P_{red} - P_{NIR})/(P_{red} + P_{NIR})$	
Chỉ số độ mặn Thực vật đất mặn	$VSSI = 2 \times P_{green} - (5 \times (P_{red} + P_{NIR}))$	18
Chỉ số Chỉ số độ mặn NIR SWIR	$NSI = \frac{(P_{SWIR1} - P_{SWIR2})}{(P_{SWIR1} - P_{NIR})}$	19
Chỉ số thực vật điều chỉnh đất; $L=0.5$	$SAVI = (1 + L) \times \left( \frac{P_{NIR} - P_{red}}{L + P_{NIR} + P_{red}} \right)$	20

Lưu ý: P là chỉ số phản xạ của đất. Các chỉ số Xanh lam, Xanh lục, Đỏ, NIR, SWIR1 và SWIR2 đại diện cho các dải Sentinel-2A.

Các chỉ số ảnh vừa được tính toán cũng như các band riêng lẻ sẽ được phân tích hồi quy tuyến tính với E<sub>ce</sub> thu được ngoài thực địa để chọn ra được các biến có ý nghĩa nhất cho dự đoán E<sub>ce</sub> của đất. Cuối cùng từ biến tối ưu vừa được lựa chọn sẽ tiến hành mô hình hóa dự báo E<sub>ce</sub> bằng các phân tích hồi quy đa biến. Hiệu suất của các mô hình đã phát triển sẽ được đánh giá bằng cách sử dụng hệ số R<sup>2</sup>. Mô hình hồi quy được thực hiện tốt nhất sẽ được chọn cho dự đoán và lập bản đồ EC cho tỉnh Quảng Trị (Hình 3). Các Phân tích hồi quy tuyến tính (đa biến và từng biến) được thực hiện bằng phần mềm thống kê SPSS (Phiên bản 20).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả phân tích mẫu đất

Kết quả phân tích mẫu đất cho thấy xâm nhập mặn của đất vào tháng 7/2019 diễn ra chủ yếu dọc theo các con sông lớn của tỉnh :

- Sông Thạch Hãn: Xâm nhập mặn đã tác động mạnh đến khu vực đập Trám, tại đây độ mặn trung bình của nước sông đạt 4,6‰; Khu vực trung tâm thị xã Quảng Trị độ mặn trung bình là 8,8‰. Tại cầu An Mô, độ mặn đạt 12,6‰; khu vực cầu Đại Lộc, độ mặn là 17,2‰.

- Sông Hiếu: Khu vực Trạm Thủy văn Đông Hà đạt 16,4‰; khu vực cách cầu Đông Hà 500m về phía hạ lưu độ mặn là 23,0‰.

- Sông Bến Hải: Khu vực cách cầu Tiên An khoảng 6–8 km độ mặn của nước sông đạt 6,4‰. Điểm tại cầu Tiên An độ mặn đo được là 12,0‰. Độ mặn xâm nhập đến khu vực cầu phao Lâm Sơn Thủy đạt 14,3‰; khu vực xã Vĩnh Giang có độ mặn trung bình là 21,2‰.

- Sông Sa Lung: Độ mặn đo được tại chân đập ngăn mặn đạt 11,3‰, cầu đường sắt Sa Lung đạt 14,0‰, tại khu vực cách cầu Hiền Lương 2km là 16,3‰.

#### 3.2. Kết quả xây dựng mô hình

Bảng 2 cho thấy kết quả phân tích hồi quy tuyến tính mô tả mối quan hệ giữa EC đất như một biến độc lập và các biến phụ thuộc (các dải band riêng lẻ của Sentinel 2 và chỉ số quang phổ của Sentinel 2). Kết quả cho thấy kênh SWIR-1 và chỉ số SBI được coi là các biến hữu ích nhất để dự đoán EC của đất trong nghiên cứu. Dựa trên kết quả hồi quy thu được, dải SWIR1 và các biến SBI được sử dụng trong việc phát triển các mô hình dự đoán EC.

**Bảng 2.** Độ chính xác mô hình và kết quả mô phỏng cho phân tích hồi quy tuyến tính.

Tham số	Dải Sentinel-2A		Tỷ lệ/chỉ số băng tần Sentinel-2A		
	Mô hình hóa	Độ chính xác	Tham số	Mô hình hóa	Độ chính xác
B2 (Blue)	0,25NS	0,05NS	SI-1	0,53NS	0,41NS
B4 (Red)	0,63*	0,58*	SI-3	0,14NS	0,41*
B5 (RedEdge-1)	0,65*	0,57*	SI-4	0,63*	0,58*
B6 (RedEdge-2)	0,65*	0,58*	SI-11	0,60*	0,47*
B7 (RedEdge-3)	0,66NS	0,59*	INT-1	0,63*	0,56*
B8 (NIR)	0,64*	0,57*	INT-2	0,39NS	0,26NS
B8A (RedEdge-4)	0,65*	0,58*	SBI	0,65**	0,54**
B9 (WA)	0,57NS	0,56NS	NDSI	0,39NS	0,26NS
B10 (Cirrus)	0,18NS	0,05NS	SAVI	0,64NS	0,56NS
B11 (SWIR-1)	0,65**	0,58**	VSSI	0,63*	0,58*
B12 (SWIR-2)	0,61**	0,57**	NSI	0,43NS	0,30NS

\*Có ý nghĩa ở mức 0,05; \*\*Có ý nghĩa ở mức 0,01; NS, Không đáng kể.



Tiếp theo sử dụng dải SWIR1 và các biến SBI phân tích hồi quy tuyến tính đa biến, thu được tiếp ba mô hình dự đoán EC của đất như sau:

$$EC = 2.961 \times SWIR1 + 2.070 \tag{1}$$

$$EC = 3.076 \times SBI + 1.797 \tag{2}$$

$$EC = (2.148 \times SBI) + (0.912 \times SWIR1) + 1.872 \tag{3}$$

**Bảng 3.** Hiệu suất của các mô hình dự đoán cho EC đất.

Model	Training/Test	R <sup>2</sup>	Sai số toàn phương trung bình (RMSE; dS m-1)	Sai lệch trung bình (MBE; dS m-1)
M1	Training	0,65**	-	-
	Test	0,58**	0,13	-0,16
M2	Training	0,65**	-	-
	Test	0,54**	0,14	-0,24
M3	Training	0,67**	-	-
	Test	0,59**	0,21	-0,19

\*\*Có ý nghĩa ở mức 0.01.

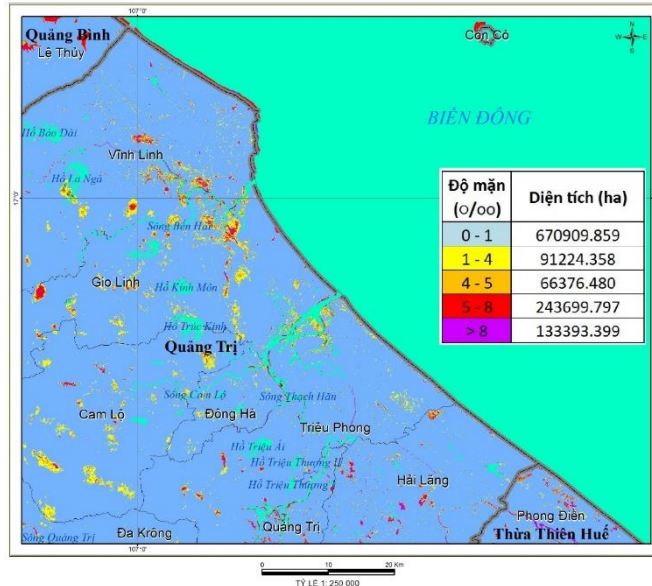
Kết quả phân tích thống kê được trình bày trong bảng 3 cho thấy mô hình 3 là tốt nhất để dự đoán EC với R<sup>2</sup> = 0,67 và P < 0,001 so với 2 mô hình còn lại. Vậy nên kết quả của mô hình 3 sẽ được sử dụng để dự đoán EC cho nghiên cứu này.

### 3.3. Kết quả xây dựng bản đồ xâm nhập mặn cho tỉnh Quảng Trị

Ứng dụng mô hình dự báo:

$$EC = (2.148 \times SBI) + (0.912 \times SWIR1) + 1.872 \tag{4}$$

Nghiên cứu đã xây dựng bản đồ xâm nhập mặn cho tỉnh Quảng Trị dựa trên chỉ số SBI và kênh SWIR1. Độ mặn sẽ được quy đổi phần nghìn lấy theo bản đồ nguy cơ rủi ro theo bộ TNMT hướng dẫn.



**Hình 2.** Bản đồ xâm nhập mặn tỉnh Quảng Trị.

Nhìn trên bản đồ có thể thấy diện tích bị xâm nhập mặn với độ mặn từ 0–1‰ là 670909,859 ha. Độ mặn thấp chiếm chủ yếu diện tích các khu vực của tỉnh Quảng Trị. Dọc theo các sông lớn ven biển tỉnh Quảng Trị như sông Bến Hải, sông Thạch Hãn, độ mặn chủ yếu từ 1–4‰, 4–5‰ và 5–8‰ với diện tích bị xâm nhập mặn lần lượt là 91224,358 ha, 66376,480 ha và 243699,797 ha. Ngoài các khu vực dọc theo các sông lớn, khu vực bị xâm

nhập mặn còn rải rác quanh khu vực các xã ven biển thuộc huyện Cam Lộ. Khu vực các xã ven biển thuộc huyện Hải Lăng bị xâm nhập mặn nặng nhất với độ mặn hơn 8‰. Tổng diện tích bị xâm nhập mặn với độ mặn hơn 8‰ là 133393,399 ha.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Độ mặn là một yếu tố quan trọng đối với việc quản lý bền vững tài nguyên đất và nước, đặc biệt là ở các khu vực khô hạn như ở tỉnh Quảng Trị. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện để sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính đa biến để ước tính độ mặn của đất bằng hình ảnh vệ tinh Sentinel 2. Các mô hình được tạo ra cho thấy kết quả dự đoán EC của đất có độ tin cậy cao. Sau đây là những kết luận cụ thể:

- Mô hình hồi quy cho phép ước tính đáng tin cậy EC của đất bằng cách sử dụng dữ liệu Sentinel 2 với KÊNH SWIR-1 và SBI được coi là các chỉ số tốt để dự đoán EC của đất.

- Ba mô hình ước tính độ mặn của đất đã được tìm thấy từ dữ liệu Sentinel 2. Trong số này, mô hình 3 với sự kết hợp của dải SWIR-1 và SBI là có độ chính xác cao nhất ( $R^2 = 0,67$ ;  $P < 0,001$ ).

Hạn chế của nghiên cứu ở đây là mới chỉ sử dụng ảnh Sentinel 2 để dự báo, cũng như các mô hình thống kê hồi quy tuyến tính đơn giản. Để khắc phục những nhược điểm này có thể sử dụng nghiên cứu kết dữ liệu quang học và radar cũng như sử dụng các thuật toán machine learning để nâng cao hơn nữa độ chính xác của kết quả.

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

**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. Rhoades, J.D.; Chanduvi, F.; Lesch, S. Determination of soil salinity from aqueous electrical conductivity. In *Soil Salinity Assessment – Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 57, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1999. ISBN: 92-5-104281-0. <http://www.fao.org/3/x2002e/x2002e.pdf>.
2. Grisso, R.; Alley, M.; Wysor, W.G.; Holshouser, D.; Thomason, W. Precision Farming Tools: soil Electrical Conductivity. Virginia Cooperative Extension Publication, USA, 2009, pp. 442–508. Online available: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51377/442508.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. Shahid, S.A.; ur-Rahman, K. Soil salinity development, classification, assessment and management in irrigated agriculture. In *Handbook of Plant and Crop Stress* (ed. Pessarakli, M.), CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA, 2011, pp. 23–40.
4. Eldeiry, A.; Garcia, L.A. Detecting soil salinity in alfalfa fields using spatial modeling and remote sensing. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **2008**, *72(1)*, 201–211. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0013>.
5. Morshed, M.M.; Islam, M.T.; Jamil, R. Soil salinity detection from satellite image analysis: an integrated approach of salinity indices and field data. *Environ. Monitor. Assess.* **2016**, *188(2)*, 119. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5045-x>.
6. Zhang, T.T.; Qi, J.G.; Gao, Y.; Ouyang, Z.T.; Zeng, S.L.; Zhao, B. Detecting soil salinity with MODIS time series VI data. *Ecol. Indic.* **2015**, *52*, 480–489. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.004>.

7. Elnaggar, A.A.; Noller, J.S. Application of remote-sensing data and decision-tree analysis to mapping salt-affected soils over large areas. *Remote Sens.* **2010**, *2*(1), 151–165. <https://doi.org/10.3390/rs2010151>.
8. Katawatin, R.; Kotrapat, W. Use of LANDSAT-7 ETM+ with ancillary data for soil salinity mapping in northeast Thailand. In Third International Conference on Experimental Mechanics and Third Conference of the Asian Committee on Experimental Mechanics, SPIE Proceedings 5852, International Society for Optics and Photonics, Singapore. 12 April 2005, pp. 708–717. <https://doi.org/10.1117/12.621889>.
9. Masoud, A.A. Predicting salt abundance in slightly saline soils from Landsat ETM+ imagery using spectral mixture analysis and soil spectrometry. *Geoderma* **2014**, 217–218, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.10.027>.
10. Didi, S.; Ezzahra, F.; Housni, F.E.; Toro, H.B.; Najine, A. Mapping of soil salinity using the Landsat 8 image and direct field measurements: a case study of the Tadla Plain, Morocco. *J. Indian Soc. Remote Sens.* **2019**, *47*(7), 1235–1243. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-00979-7>.
11. Abuelgasim, A.; Ammad, R. Mapping soil salinity in arid and semi-arid regions using Landsat 8 OLI satellite data. *Remote Sens. App. Soc. Environ.* **2019**, *13*, 415–425. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.010>.
12. Trung, L.V.; Vân, T.T. Giải pháp tích hợp viễn thám và GIS trong giám sát xâm nhập mặn sông Cửu Long. *Tap chí khoa học công nghệ Việt Nam* **2018**, *61*(3), 22–26.
13. Hòa, P.V. Nghiên cứu đánh giá và phân vùng xâm nhập mặn trên cơ sở công nghệ viễn thám đa tầng, đa độ phân giải và đa thời gian - Ứng dụng thí điểm tại tỉnh Bến Tre. Báo cáo tổng kết đề tài, Viện Địa lý tài nguyên Tp. HCM, 2016-2019.
14. Diệp, N.T.H. Đánh giá tác động của xâm nhập mặn do biến đổi khí hậu trên hiện trạng canh tác lúa tại tỉnh Sóc Trăng. *Can Tho Univ. J. Sci.* **2017**, *2*, 137–143. Doi:10.22144/ctu.jsi.2017.062.
15. Douaoui, A.E.K.; Nicolas, H.; Walter, C. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma* **2006**, *134*, 217–230. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.10.009>.
16. Bannari, A.; Guedon, A.M.; El-Harti, A.; Cherkaoui, F.Z.; ElGhmari, A. Characterization of slightly and moderately saline and sodic soils in irrigated agricultural land using simulated data of advanced land imaging (EO-1) sensor. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **2008**, *39*(19–20), 2795–2811. <https://doi.org/10.1080/00103620802432717>.
17. Meti, S.; Hanumesh, K.; Lakshmi, P.D.; Nagaraja, M.S.; Shreepad, V. Sentinel 2 and Landsat-8 bands sensitivity analysis for mapping of alkaline soil in northern dry zone of Karnataka, India. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sensing Spat. Inf. Sci. ISPRS–GEOGLAM–ISRS XLII–3/W6*, 2019, 307–385. <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-3-W6/307/2019/isprs-archives-XLII-3-W6-307-2019.pdf>
18. Hihi, S.; Rabah, Z.B.; Bouaziz, M.; Chtourou, M.Y.; Bouaziz, S. Prediction of soil salinity using remote sensing tools and linear regression model. *Adv. Remote Sens.* **2019**, *8*(3), 77–88. <https://doi.org/10.4236/ars.2019.83005>.
19. Samra, R.M.A.; Ali, R.R. The development of an overlay model to predict soil salinity risks by using remote sensing and GIS techniques: a case study in soils around Idku Lake, *Egypt. Environ. Monitor. Assess.* **2018**, *190*, 706–721. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7079-3>.
20. Dehni, A. and Lounis, M., Remote sensing techniques for salt affected soil mapping: application to the Oran region of Algeria. *Procedia Eng.* **2012**, *33*, 188–198.

21. Alhammadi, M.S.; Glenn, E.P. Detecting date palm trees health and vegetation greenness change on the eastern coast of the United Arab Emirates using SAVI. *Int. J. Remote Sens.* **2008**, 29(6), 1745–1765.

## **Research and assessment of the current situation based on Sentinel 2 satellite images of Quang Tri province**

**Doan Ha Phong**<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Viet Nam institute of Meteorology, Hydrology&Climate Change; dhphong@gmail.com

**Abstract:** Salinity is an important characteristic in assessing the status of saline intrusion. This research was carried out to develop an efficient soil salinity prediction model using Sentinel 2A satellite data for Quang Tri province. Initially, the collected soil samples were analyzed for salinity (ECe). Then, a linear regression analysis was performed between the ECe values obtained with the soil index obtained from the Sentinel 2 image. Research results show that ECe has a high correlation with the individual bands SWIR1. and the SBI (simple luminosity index) with  $R^2 = 0.65$ . The results demonstrate the ability to reliably estimate EC based on using Sentinel 2 data.

**Keywords:** Satellite image; Sentinel 2; Salinity; Linear regression analysis; SWIR1; SBI.

Bài báo khoa học

## Đánh giá chất lượng nước Búng Bình Thiên bằng chỉ số WQI tích hợp với GIS và Viễn thám

Phan Trường Khanh<sup>1\*</sup>, Nguyễn Vi Thiên Vũ<sup>2</sup>, Trần Thị Hồng Ngọc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoa Kỹ Thuật Công nghệ Môi trường, Trường Đại học An Giang – Đại học Quốc gia TP HCM; ptkhanhagu@gmail.com; tthngocagu@gmail.com

<sup>2</sup> Sở Tài nguyên và Môi Trường tỉnh An Giang; nvthienvu@gmail.com

\*Tác giả liên lạc: ptkhanhagu@gmail.com; Tel.: +84–918440275

Ban Biên tập nhận bài: 8/12/2022; Ngày phản biện xong: 22/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

**Tóm tắt:** Búng Bình Thiên là khu bảo tồn đất ngập nước thuộc huyện An Phú, tỉnh An Giang. Những năm gần đây nước bên trong Búng luôn bị tù đọng, ô nhiễm. Nghiên cứu được thực hiện nhằm mục đích đánh giá chất lượng nước của Búng và kiến nghị cho người dân vùng nghiên cứu về biện pháp sử dụng nước. Có 21 vị trí được thu thập phía trái, giữa và phải dọc theo chiều dài của Búng qua hai đợt khảo sát vào mùa mưa 2020 và mùa khô 2021. Mỗi vị trí cách nhau 700m. Tổng cộng có 42 mẫu được thu thập để phân tích các thông số pH, DO, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Chlorophyll-a và tổng Coliform. Các mẫu nước được đánh giá bằng chỉ số WQI. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng nước trong Búng có dấu hiệu nhiễm Phosphate và vi sinh không sử dụng được cho mục đích sinh hoạt. Hơn nữa, kết quả cũng chỉ ra rằng hàm lượng Chlorophyll-a cao nhất ở vị trí bên trái dọc theo chiều dài của Búng và ở cuối Búng. Chỉ số NDVI có mối quan hệ tuyến tính với Chlorophyll-a theo phương trình  $y = 3.5106x^2 + 8.3298x + 0.601$  với hệ số tương quan  $R^2 = 0,89$ , trong đó  $y =$  Chlorophyll-a,  $x =$  NDVI. Các bản đồ lớp phủ trong và xung quanh Búng cũng được thành lập bằng kỹ thuật Viễn Thám giúp cho chúng ta có cái nhìn trực quan về chất lượng nước trong hồ thông qua sự phân bố thực vật và chlorophyll-a.

**Từ khoá:** GIS; Viễn thám; Chất lượng nước; Búng Bình Thiên.

### 1. Giới thiệu

Nước rất cần thiết đối với cuộc sống của con người và sinh vật trên trái đất [1]. Nước cung cấp môi trường sống cho sinh vật và là thành phần quan trọng trong cấu trúc sinh quyển [2]. Ngoài tất cả những điều này, nước còn có chức năng tuần hoàn, bài tiết và sinh sản [3]; 80–90% máu và 75% cơ bắp con người là nước. Cùng với sự phát triển của xã hội, hiện nay nước ngày càng bị ô nhiễm và cạn kiệt [4]. Một lít nước thải gây ô nhiễm tám lít nước sạch [5] và khiến nước này không thể sử dụng được. Tăng dân số, đi kèm với tăng sử dụng nước, sẽ không chỉ làm giảm nghiêm trọng lượng nước cung cấp cho mỗi người mà còn tạo ra áp lực đối với đa dạng sinh học trong toàn bộ hệ sinh thái toàn cầu [6]. Đã tồn tại những khó khăn nghiêm trọng trong việc phân bổ công bằng các nguồn nước ngọt trên thế giới giữa và trong các quốc gia [7]. Đã có báo cáo rằng mức tiêu thụ nước đã tăng gấp bảy lần trong thế kỷ qua [8]. Khoảng 50 quốc gia, với một phần ba dân số thế giới, cũng bị khan hiếm nước ở mức trung bình hoặc cao và 17 quốc gia trong số này khai thác nhiều nước hơn hàng năm so với lượng nước được bổ sung thông qua chu trình nước tự nhiên của chúng [9]. Sự tiêu thụ quá mức nguồn nước không chỉ tác động đến các vùng nước ngọt trên bề mặt như sông hồ mà còn làm suy giảm nguồn nước ngầm. Hiện nay, gần một tỷ người trên thế giới không

được tiếp cận với nguồn nước an toàn với giá cả phải chăng [10]. Chất lượng nước để mọi người uống an toàn phải chứa đủ O<sub>2</sub> và các khoáng chất cần thiết và nước phải trong [11]. Chất lượng nước không đảm bảo tiêu chuẩn nước sạch cũng ảnh hưởng đến sức khỏe con người; khoảng 5 triệu người chết mỗi năm là do sử dụng nước không an toàn. Theo Tổ chức Y tế Thế giới, sử dụng nguồn nước sạch có thể làm giảm 1,4 triệu trẻ em chết mỗi năm vì bệnh đường ruột. Theo Bộ Tài Nguyên môi trường, Việt Nam có 9.000 người/năm tử vong do sử dụng nước ô nhiễm và gần 200.000 người bị ung thư [12]. Ở các nước đang phát triển, 90% lượng nước thải đô thị chưa được xử lý đổ vào sông suối [13]. Hiện nay, Sông Sài Gòn ô nhiễm mở rộng về phía thượng lưu. Sông Tiền và sông Hậu đều ô nhiễm hữu cơ. Sông Vàm Cỏ cũng bị ô nhiễm do có nhiều nhà máy và khu dân cư tập trung dọc theo sông.

Búng Bình Thiên là hồ nước ngọt lớn nhất Đồng bằng Sông Cửu Long và có vai trò quan trọng cung cấp nước ngọt và là nguồn cá tự nhiên phục vụ cho đời sống người dân trong vùng. Và còn là điểm du lịch lý thú vì cảnh quan còn khá nguyên sơ. Phần đầu Búng nhận nước từ sông Bình Di, không có sự thoát nước ra ngoài, nên Búng luôn tù đọng, trong xanh. Có nhiều người dân nuôi cá và trồng rau trên mặt nước điều này làm nguồn nước càng thêm ô nhiễm [14]. Nghiên cứu [15] đã chỉ ra rằng chất lượng nước Búng Bình Thiên có dấu hiệu ô nhiễm ở một số thông số: TAN, TSS, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tăng cao và vượt tiêu chuẩn tại một số điểm trong hồ. Sự suy thoái chất lượng nước ngày càng được chứng minh qua nhiều công trình nghiên cứu, điều này ảnh hưởng đến thủy sinh vật trong hồ cũng như đời sống sinh hoạt của người dân nơi đây. Do đó, đánh giá chất lượng nước của hồ là một nhiệm vụ cần thiết và quan trọng để cung cấp dữ liệu chất lượng nước cho các cơ quan có liên quan [16].

Chỉ số chất lượng nước WQI (*Water Quality Index*) được ứng dụng rộng rãi và hiệu quả trong đánh giá chất lượng nước hiện nay trên thế giới. Đây được xem là phương pháp chuẩn được nhiều quốc gia sử dụng để đánh giá nước mặt. Nghiên cứu Phạm Thanh Toàn, 2011 sử dụng chỉ số WQI-NSF của Hoa Kỳ và Bhargava (Ấn Độ) để đánh giá 9 thông số: pH, DO, độ mặn, TSS, COD, BOD<sub>5</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, tổng Coliform. Kết quả cho thấy các chỉ số cho kết quả khá nhạy và phản ánh khá chính xác sự thay đổi chất lượng nước [17]. Nghiên cứu [18] ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá chất lượng nước Sông Hồng. Kết quả đã chỉ ra hàm lượng TSS và độ đục rất cao và chỉ số WQI không phản ánh được mức độ ô nhiễm nước sông. Phương pháp đánh giá chất lượng nước bằng chỉ số WQI sẽ hiệu quả hơn khi kết hợp với Viễn thám đặc biệt áp dụng cho khu vực rộng lớn để phản ánh độ đục trong nước. Năm 2001, [19] tại đại học Mansoura đã nghiên cứu mối quan hệ giữa các thông số chất lượng nước với các bức xạ từ Landsat-5 Thematic Mapper (TM) bằng cách so sánh giá trị bức xạ nhận được từ ảnh vệ tinh trên các kênh 1, 2, 3, 4, 5, 7 và tỉ lệ các kênh 3/1, 2/1, 2/4 và 3/4 với các giá trị phân tích chất lượng nước tại cùng thời điểm chụp ảnh. Từ đó, xây dựng các mô hình về mối tương quan giữa giá trị sáng của các pixel trong ảnh viễn thám với sự thay đổi nồng độ các chất ô nhiễm có trong nước và nghiên cứu này đã đạt được những kết quả hết sức khả quan thông qua việc xây dựng được một số mô hình đánh giá chất lượng nước từ việc giải đoán ảnh viễn thám. Nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh Landsat để đánh giá chất lượng nước ở Cảng New York [20] tại đại học Columbia, USA cũng đưa ra được một số kết luận quan trọng là xác định được độ đục cực đại tại sông Hudson; tìm ra mối liên hệ giữa nồng độ Chlorophyll a với tỷ lệ kênh màu xanh lá và kênh màu đỏ trong ảnh Landsat TM. Năm 2004, [21] đã tiến hành nghiên cứu mối tương quan giữa sự thay đổi giá trị bức xạ của ảnh Landsat ETM với nồng độ Chlorophyll-a và chất rắn lơ lửng trong nước hồ Taihu, Trung Quốc. Ngoài ra, còn có các tác giả khác ứng dụng GIS và Viễn thám đánh giá độ trong của nước hồ [22]. Sử dụng viễn thám vệ tinh ước tính hệ số hấp thụ chất hữu cơ hòa tan có màu trong hồ [23]. Nghiên cứu ứng dụng viễn thám trong đánh giá chất lượng nước hồ Dầu Tiếng và sông Sài Gòn [24]. Mục đích của nghiên cứu là đánh giá diễn biến chất lượng nước Búng Bình Thiên mùa lũ 10/2020 và mùa khô 03/2021, đồng thời xây dựng mối quan hệ các thông số hàm lượng chlorophyll-a với chỉ số thực vật NDV cũng như thành lập các bản đồ chiết xuất đường nước và bản đồ lớp phủ, từ đó đề xuất giải pháp quản lý chất lượng nước Búng Bình Thiên.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

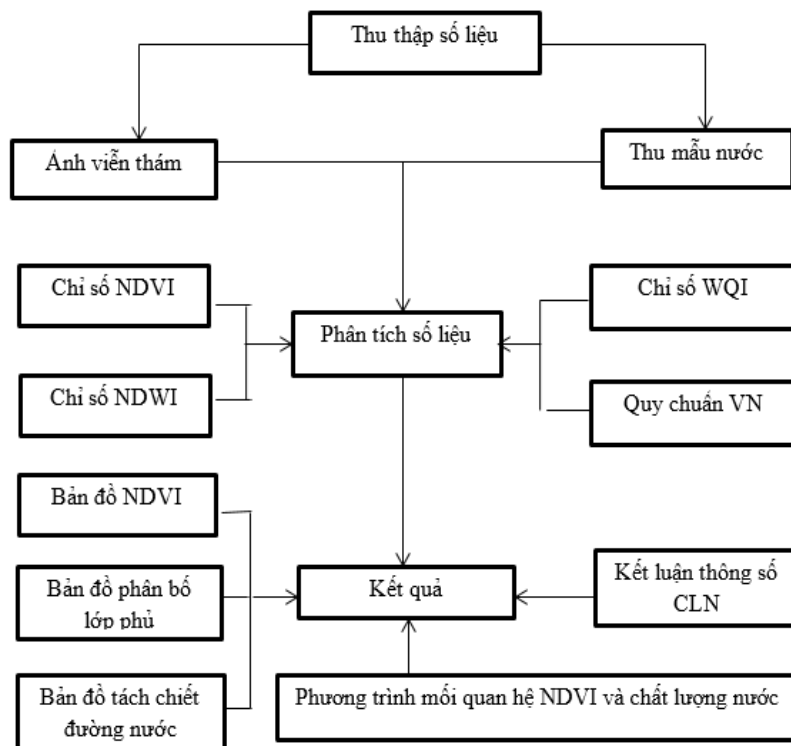
Búng Bình Thiên tọa lạc tại 03 xã Quốc Thái, Khánh Bình và Nhơn Hội, thuộc huyện An Phú (Hình 1). Búng được ví như một hồ nước tự nhiên rộng lớn đặc trưng cho một kiểu hệ sinh thái đất ngập nước của tỉnh An Giang. Theo Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh An Giang (2012), diện tích Búng là 200 ha mùa cạn và 800 ha mùa lũ tùy năm lũ lớn hay nhỏ, độ sâu trung bình của Búng là 4 m, chiều dài Búng khoảng 2.900 m và chiều rộng trung bình là 430 m.



Hình 1. Vị trí Búng Bình Thiên.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1 Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu

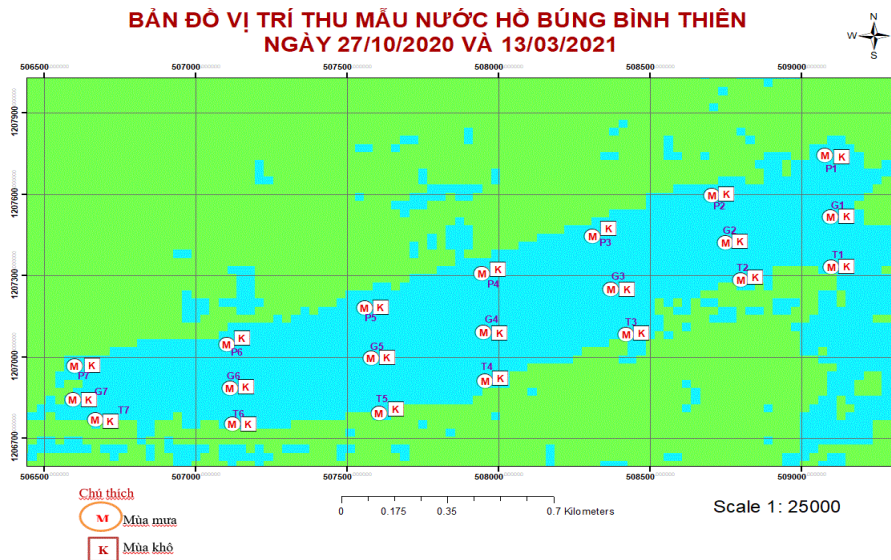


Hình 2. Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu.

Có 42 mẫu nước được thu tại Búng Bình Thiên dọc theo chiều dài của Búng qua hai đợt khảo sát: mùa khô và mưa. Mỗi vị trí cách nhau 700m (Hình 3). Các chỉ tiêu phân tích bao gồm: pH, DO, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Chlorophyll-a và tổng Coliform. Phương pháp lấy mẫu được thực hiện theo TCVN 6663-6:2008-ISO 5667-6:2005; bảo quản và vận chuyển mẫu theo TCVN 6663-3:2008-ISO 5667-3-2003. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu chất lượng nước được trình bày ở Bảng 1.

**Bảng 1.** Phương pháp và thiết bị phân tích các thông số chất lượng nước.

STT	Thông số	Phương pháp phân tích	Thiết bị
1	pH	Đo tại hiện trường	Máy Horiba – U52
2	DO	Đo tại hiện trường	Máy Horiba – U52
3	Coliform	Kỹ thuật màng lọc	Ống nghiệm, buồng ủ
4	COD	Phương pháp KMnO <sub>4</sub>	Bộ dụng cụ chuẩn độ
5	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Phương pháp Nessler	Máy đo mật độ quang
6	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Phương pháp quang phổ	Máy đo mật độ quang
7	Chlorophyll-a	Phương pháp quang phổ	Máy đo mật độ quang



**Hình 3.** Bản đồ vị trí thu mẫu nước Búng Bình Thiên.

2.2.2. Phương pháp tính toán chỉ số WQI

Chỉ số đánh giá chất lượng nước WQI được tính toán theo công thức (1) của Tổng Cục Môi trường. Do xung quanh Búng không có nhà máy hóa chất hoặc các hoạt động công nghiệp, nên nhóm II và nhóm III không được khảo sát mà chỉ quan tâm đến nhóm I, IV và V. Vì muốn biết nguồn nước trong Búng có bị ô nhiễm hữu cơ và vi sinh hay không để phục vụ cho mục đích sinh hoạt.

$$WQI = \frac{WQI_I}{100} \times \frac{\left(\prod_{i=1}^n WQI_{II}\right)^{1/n}}{100} \times \frac{\left(\prod_{i=1}^m WQI_{III}\right)^{1/m}}{100} \left[ \left(\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k WQI_{IV}\right)^2 \times \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l WQI_V \right]^{1/3} \quad (1)$$

Trong đó Nhóm I: Giá trị WQI được tính toán cho thông số pH; Nhóm II: Giá trị WQI được tính toán cho thông số Aldrin, BHC, Dieldrin, DDTs, Heptachlor & Heptachlorepoxyde; Nhóm III: Giá trị WQI được tính toán cho thông số kim loại; Nhóm IV: Giá trị WQI được tính toán cho thông số DO, BOD<sub>5</sub>, COD, TOC, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P-PO<sub>4</sub>; Nhóm V: Giá trị WQI được tính toán cho thông số Coliform, E.coli; m và n: Trọng số của nhóm thông số. Thang giá trị WQI được đánh giá dựa trên Bảng 2.



**Bảng 2.** Thang điểm, màu sắc, các mức WQI và sự phù hợp với mục đích sử dụng nước.

Khoảng giá trị WQI	Chất lượng nước	Phù hợp với mục đích sử dụng	Màu sắc	Mã màu RGB
91–100	Rất tốt	Sử dụng tốt cho mục đích cấp nước sinh hoạt	Xanh nước biển	51;51;255
76–90	Tốt	Sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng cần các biện pháp xử lý phù hợp	Xanh lá cây	0;228;0
51–75	Trung bình	Sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác	Vàng	255;255;0
26–50	Kém	Sử dụng cho giao thông thủy và các mục đích tương đương khác	Da cam	255;126;0
10–25	Ô nhiễm nặng	Nước ô nhiễm nặng, cần các biện pháp xử lý trong tương lai	Đỏ	255;0;0
< 10	Ô nhiễm rất nặng	Nước nhiễm độc, cần có biện pháp khắc phục, xử lý	Nâu	126;0;35

### 2.2.3 Phương pháp xác định ranh giới đường nước và chỉ số thực vật

Ảnh viễn thám Landsat 7 ETM+ đã qua các bước xử lý, hiệu chỉnh để tính toán chỉ số khác biệt nước NDWI (*Normalized Difference Water Index*) để xác định ranh giới đường nước theo công thức:

$$NDWI = (NIR - SWIR)/(NIR + SWIR) \quad (2)$$

Trong đó NIR là cận hồng ngoại; SWIR là dãy sóng ngắn hồng ngoại.

Chỉ số thực vật NDVI là một phương pháp hữu ích để xác các loại trạng thái thực vật xung quanh hồ tùy thuộc vào mật độ được tính bằng phương trình dưới đây:

$$NDVI = (NIR \text{ band} - RED \text{ band})/(NIR \text{ band} + RED \text{ band}) \quad (3)$$

Trong đó NIR band = quang phổ phản xạ cho band 5; RED band = quang phổ phản xạ cho band 4.

Các thuật toán được kế thừa, so sánh, phân tích để tìm ra mối tương quan tối ưu giữa phản xạ phổ của các kênh ảnh Landsat7ETM+ với các thông số chất lượng nước (*chlorophyll-a*) cho Búng Bình Thiên. Mối tương quan của các thông số trên đã được kiểm tra tùy thuộc vào hệ số tương quan R<sup>2</sup>.

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Đánh giá các thông số chất lượng nước

Khu vực phân tích qua hai đợt khảo sát cho thấy, giá trị pH trung bình đều cao hơn 7.0. Vào mùa khô pH là 7,33 cao hơn một chút so mùa lũ 7,11. Dọc theo bờ phía bên trái Búng, giá trị pH thấp so với giá trị pH giữa Búng và bên Phải Búng. Có thể do nguồn nước thải và rác thải sinh hoạt, nuôi trồng thủy sản của dân cư bên trái Búng ảnh hưởng đến giá trị pH. Tuy nhiên, không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về giá trị pH ở tất cả vị trí khảo sát vào mùa khô, nhưng có sự khác biệt ý nghĩa về giá trị pH ở bên trái và phải Búng với mức độ tin cậy 95%. Và tất cả giá trị này vẫn nằm trong tiêu chuẩn cho phép của nguồn nước mặt loại A (6–8,5).

Hàm lượng DO trung bình tại Búng tương đối thấp, dao động 4,14–5,15 mg/l thấp hơn so với tiêu chuẩn nước mặt QCVN 08 MT2015/BTNMT loại A1 cho mục đích cấp nước sinh hoạt (> 6,0 mg/l) và A2 dùng cho cấp nước sinh hoạt nhưng phải xử lý (> 5 mg/l). Mùa khô, nước mặt tại Búng có hàm lượng DO trung bình dao động 4,55–5,15 mg/l cao hơn một chút so với mùa mưa (4,14–4,26 mg/l). Tuy nhiên, không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giá trị DO giữa các vị trí ở cả hai mùa khảo sát với mức độ tin cậy 95%.

Hàm lượng COD cả hai mùa nhìn chung thấp dao động 2,93–4,82 mg/l so với quy chuẩn nước mặt QCVN 08–MT:2015/BTNMT đạt yêu cầu cho mục đích sinh hoạt loại A1 (10 mg/l) và A2 (15 mg/l) và không có sự khác biệt ý nghĩa giữa các vị trí khảo sát ở mức độ tin cậy 95%. Tuy nhiên, cần lưu ý điểm T4 (mùa khô) có giá trị COD là 11,60 mg/l cao hơn so Quy chuẩn. Vì nơi đây có ao nuôi cá lồng bè nên hàm lượng COD cao hơn tất cả vị trí khác trong Búng.

Hàm lượng P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> trung bình dao động trong khoảng 0,15–0,23mg/l. Nồng độ Phosphate trong mùa lũ thấp hơn so với mùa khô, do nước mưa đã pha loãng một phần nồng độ phosphate trong nước. So với Quy chuẩn QCVN 08 MT:2015/BTNMT, tất cả các vị trí khảo sát, hàm lượng PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> đều vượt chuẩn A1 (0.1mg/l); A2(0.2mg/l) cho mục đích sinh hoạt. Có thể nói rằng nước đã bị ô nhiễm phosphate ở tất cả các vị trí trong Búng.

Hàm lượng Amoni trung bình trong nước dao động từ 0,01 đến 0,09 mg/L (tính theo N). Mặc dù, hàm lượng Amoni trong mùa lũ cao hơn so với mùa khô, tuy nhiên so với 3 tuyến khảo sát trong mỗi mùa thì không có sự khác biệt ý nghĩa và tất cả các mẫu đều đạt Quy chuẩn cho phép A1 (0,3 mg/l) và A2 (0,3 mg/l).

Coliform tại 3 tuyến quan trắc dao động trong khoảng từ 2.257–4.000MPN/100ml. Mùa lũ cao hơn mùa khô. Nhưng trong mỗi mùa, không có sự khác biệt ý nghĩa về hàm lượng Coliform ở 3 tuyến khảo sát. Tuy nhiên, cả hai mùa có hàm lượng Coliform sắp xỉ và cao hơn ngưỡng cho phép A1 (2500 MPN/100mL) phục vụ cho mục đích sinh hoạt của Quy chuẩn QCVN 08–MT:2015/BTNMT. Chứng tỏ nước Búng Bình Thiên có dấu hiệu bị ô nhiễm vi sinh đặc biệt mùa lũ, do nước mưa rửa trôi các chất thải sinh hoạt của người dân xuống hồ.

**Bảng 3.** Kiểm định thống kê giá trị trung bình của các thông số chất lượng nước giữa các vị trí trái, phải, giữa Búng ở mùa lũ và mùa khô.

Vị trí	Mùa lũ	Mùa Khô
<b>pH</b>		
Trái Búng	6,89 <sup>a</sup>	7,17 <sup>a</sup>
Giữa Búng	7,42 <sup>b</sup>	7,38 <sup>a</sup>
Phải Búng	7,02 <sup>a</sup>	7,44 <sup>a</sup>
<b>DO (mg/l)</b>		
Trái Búng	4,26 <sup>a</sup>	4,55 <sup>a</sup>
Giữa Búng	4,24 <sup>a</sup>	4,62 <sup>a</sup>
Phải Búng	4,14 <sup>a</sup>	5,15 <sup>a</sup>
<b>COD (mg/l)</b>		
Trái Búng	3,38 <sup>a</sup>	4,82 <sup>a</sup>
Giữa Búng	3,45 <sup>a</sup>	2,83 <sup>a</sup>
Phải Búng	3,54 <sup>a</sup>	3,37 <sup>a</sup>
<b>P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>(mg/l)</b>		
Trái Búng	0,15 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>
Giữa Búng	0,16 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>
Phải Búng	0,17 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>(mg/l)</b>		
Trái Búng	0,09 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>
Giữa Búng	0,09 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>
Phải Búng	0,08 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>
<b>Coliform (MPN/100mL)</b>		
Trái Búng	3.500 <sup>a</sup>	2.257 <sup>a</sup>
Giữa Búng	3.000 <sup>a</sup>	3.115 <sup>a</sup>
Phải Búng	4.000 <sup>a</sup>	2.585 <sup>a</sup>

Nếu so sánh giá trị trung bình của pH, DO, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Coliform giữa mùa lũ và mùa khô với nhau. Tất cả các thông số đều cho kết quả khác biệt ý nghĩa giữa hai mùa ở mức tin cậy 95%.

### 3.2. Kết quả tính toán chỉ số WQI

Sử dụng công thức tính WQI với 6 chỉ số chất lượng nước pH, DO, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Amoni, Coliform, COD cho Búng Bình Thiên qua 2 đợt khảo sát: mùa mưa 27/10/2020 và mùa khô 13/03/2021. Kết quả tính toán được thể hiện ở Bảng 4.

**Bảng 4.** Kết quả tính toán chỉ số chất lượng nước WQI cho Búng Bình Thiên.

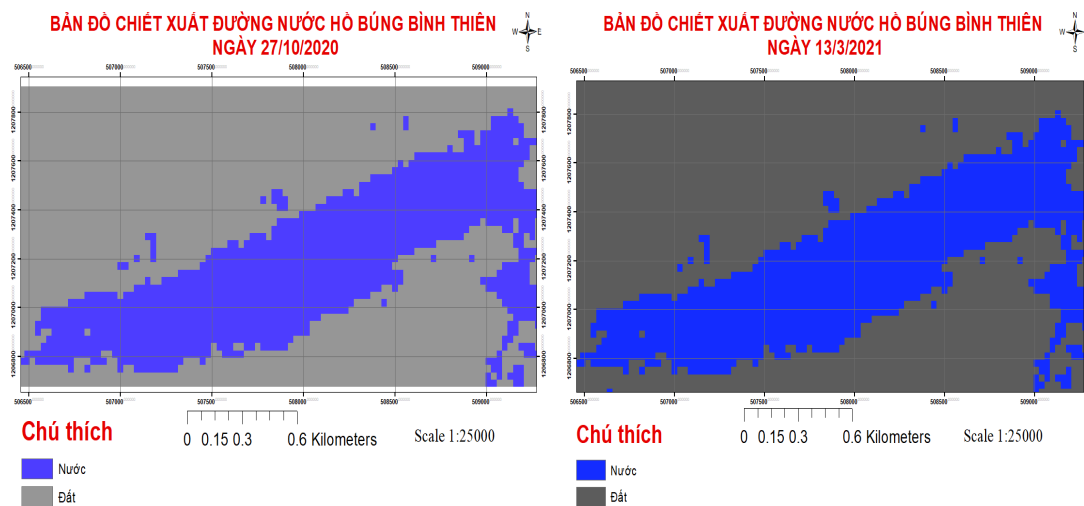
STT	VỊ TRÍ	ĐỘT	WQI THÔNG SỐ						WQI
			pH	DO	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Amoni	Coliform	COD	
1	G1	1	100	54,54	100	100,00	100	100,00	<b>92</b>
2	G2	1	100	54,86	97,5	100,00	75	100,00	<b>83</b>
3	G3	1	100	56,21	87,5	100,00	100	100,00	<b>90</b>
4	G4	1	100	57,54	85	100,00	100	100,00	<b>90</b>
5	G5	1	100	58,12	82,5	100,00	100	100,00	<b>90</b>
6	G6	1	100	57,21	85	100,00	95	100,00	<b>89</b>
7	G7	1	100	55,86	55	100,00	50	100,00	<b>67</b>
8	T1	1	100	56,05	100	100,00	100	100,00	<b>93</b>
9	T2	1	100	57,67	100	100,00	85	100,00	<b>88</b>
10	T3	1	100	57,27	100	100,00	50	100,00	<b>74</b>
11	T4	1	100	54,30	80	100,00	100	100,00	<b>89</b>
12	T5	1	100	56,58	85	100,00	85	100,00	<b>85</b>
13	T6	1	100	56,26	77,5	100,00	87	100,00	<b>85</b>
14	T7	1	100	57,11	57,5	100,00	100	100,00	<b>85</b>
15	P1	1	100	54,47	100	100,00	75	100,00	<b>84</b>
16	P2	1	100	66,08	92,5	100,00	100	100,00	<b>93</b>
17	P3	1	100	53,34	97,5	100,00	100	100,00	<b>92</b>
18	P4	1	100	52,74	75	100,00	100	100,00	<b>88</b>
19	P5	1	100	51,75	80	100,00	50	100,00	<b>70</b>
20	P6	1	100	52,48	72,5	100,00	93	100,00	<b>85</b>
21	P7	1	100	54,74	62,5	100,00	50	100,00	<b>68</b>
22	G1	2	100	60,77	100	100,00	64	100,00	<b>80</b>
23	G2	2	100	61,50	87,5	100,00	94	100,00	<b>89</b>
24	G3	2	100	59,80	77,5	100,00	94	100,00	<b>87</b>
25	G4	2	100	64,35	70	100,00	100	100,00	<b>89</b>
26	G5	2	100	62,87	47,5	100,00	94	100,00	<b>83</b>
27	G6	2	100	59,63	48,75	100,00	94	100,00	<b>82</b>
28	G7	2	100	61,05	43,75	100,00	100	100,00	<b>83</b>
29	T1	2	100	63,00	100	100,00	79	100,00	<b>87</b>
30	T2	2	100	61,10	97,5	100,00	100	100,00	<b>93</b>
31	T3	2	100	62,26	87,5	100,00	91	100,00	<b>89</b>
32	T4	2	88	46,00	62,5	100,00	91	92,00	<b>70</b>
33	T5	2	100	64,20	45	100,00	100	100,00	<b>84</b>
34	T6	2	100	64,75	40	100,00	100	100,00	<b>83</b>
35	T7	2	100	62,26	41,25	100,00	100	100,00	<b>83</b>
36	P1	2	100	63,91	97,5	100,00	100	100,00	<b>93</b>
37	P2	2	100	62,20	92,5	100,00	79	100,00	<b>85</b>
38	P3	2	100	62,89	82,5	100,00	100	100,00	<b>91</b>
39	P4	2	100	100,00	65	100,00	100	100,00	<b>94</b>
40	P5	2	100	64,06	52,5	100,00	100	100,00	<b>86</b>
41	P6	2	100	64,44	47,5	100,00	96	100,00	<b>84</b>
42	P7	2	100	58,60	41,25	100,00	96	100,00	<b>81</b>

Ghi chú: Chữ T: bờ trái của Búng; G: giữa Búng; P: bờ phải Búng.

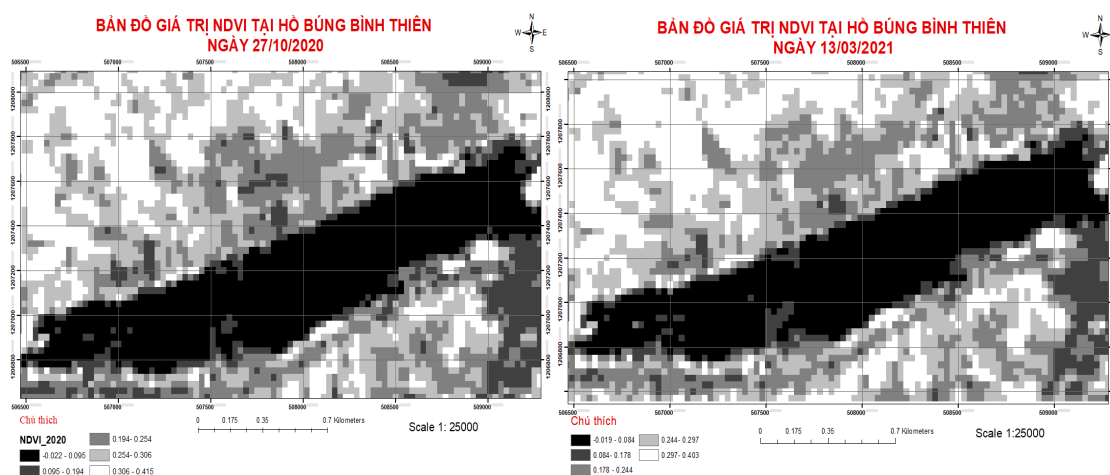
Kết quả tính toán cho thấy tại các vị trí lấy mẫu vào tháng 10/2020 giá trị WQI dao động từ 67–93, giá trị thấp nhất bằng 67 tại vị trí G7, giá trị cao nhất bằng 93 tại vị trí T1 và P2. Giá trị WQI tại các vị trí lấy mẫu vào tháng 03/2021 có giá trị dao động từ 70–94, giá trị thấp nhất bằng 70 tại vị trí T4, giá trị cao nhất bằng 94 tại vị trí P4. So sánh giá trị WQI khảo sát với bảng phân loại VN\_WQI tiêu chuẩn của Tổng Cục môi trường thì chất lượng nước Búng Bình Thiên sử dụng cho mục đích tưới tiêu và các mục đích tương đương khác. Tuy nhiên, nếu dùng được cho mục đích cấp nước sinh hoạt thì cần có các biện pháp xử lý nước trước khi sử dụng.

### 3.3. Xác định diện tích mặt nước

Kết quả tính toán chỉ số NDWI có giá trị nằm trong khoảng từ -1 đến 1, trong đó giá trị NDWI lớn hơn 0 thể hiện mặt nước, ngược lại giá trị NDWI nhỏ hơn hoặc bằng 0 thể hiện vùng không phải là mặt nước. Từ đó, trích xuất ra được ranh giới đường mặt nước Búng Bình Thiên như Hình 4 và tính được diện tích mặt nước của Búng vào mùa khô 13/03/2021 là 172,69 ha vào mùa lũ 27/10/2020 là 191,89 ha.



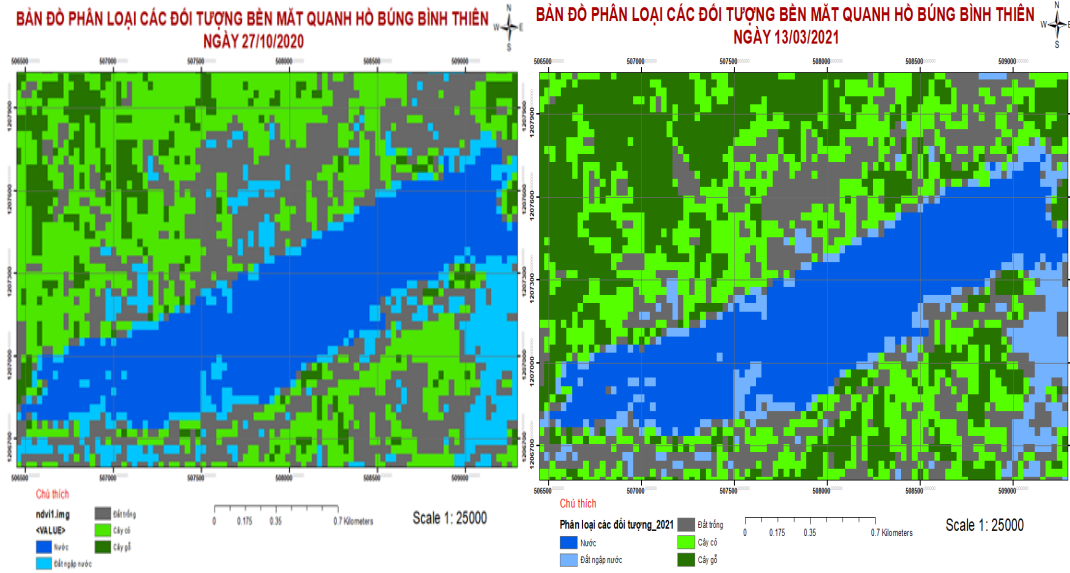
Hình 4. Bản đồ chiết xuất đường nước của Búng Bình Thiên vào mùa lũ 27/10/2020 và mùa khô 13/03/2021.



Hình 5. Bản đồ giá trị NDVI tháng 10/2020 và tháng 03/2021.

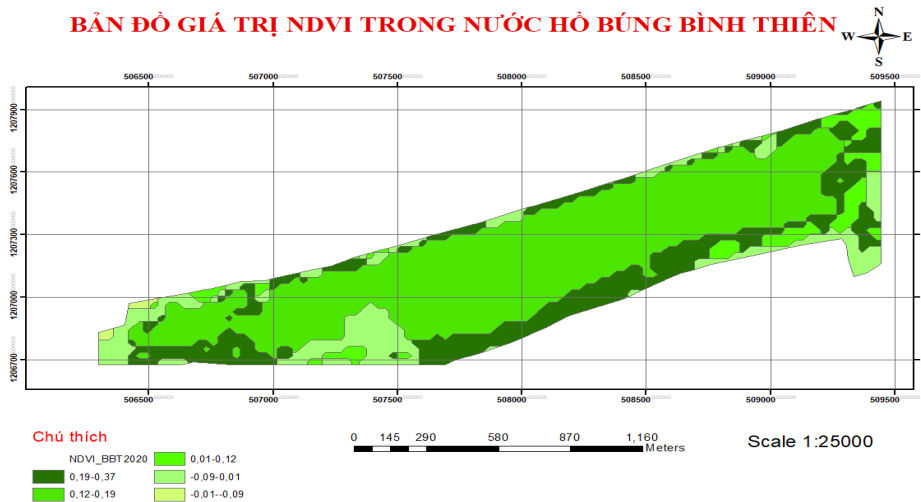
Chỉ số thực vật NDVI được sử dụng trong cứu nhằm phản ánh tình trạng phát triển thực vật tại thời điểm quan sát. Chỉ số thực vật phụ thuộc vào hàm lượng chlorophyl trong thực vật. Cây có hàm lượng chlorophyl cao tương đương với chỉ số NDVI cao, ngược lại chỉ số NDVI sẽ có giá trị thấp trong vùng không có thực vật hoặc thực vật kém phát triển. Kết quả giải đoán từ ảnh viễn thám, chúng tôi xác định được 5 lớp đối tượng xung quanh hồ thông

qua tính toán chỉ số NDVI đó là: Đất trống; đất ngập nước; nước; cây bụi thấp; cây gỗ to. Mùa khô, chỉ số NDVI dao động từ  $-0,019-0,403$ . Trong đó, chỉ số NDVI của lớp nước là  $-0,019-0,084$ ; đất ngập nước  $0,084-0,178$ ; đất trống  $0,178-0,244$ ; cây cỏ  $0,244-0,297$ ; cây gỗ  $0,297-0,403$ . Mùa lũ, NDVI dao động  $-0,022-0,415$ . Trong đó, lớp nước  $-0,022-0,095$ ; đất ngập nước  $0,095-0,194$ ; đất trống  $0,194-0,254$ ; cây cỏ  $0,254-0,306$ ; cây gỗ  $0,306-0,415$ . Kết quả cho thấy vào mùa lũ chỉ số thực vật cao hơn mùa khô, do vào mùa này có mưa nên cây cối tươi tốt, mật độ che phủ xung quanh hồ nhiều hơn so với mùa khô. Bản đồ giá trị NDVI của hai mùa thể hiện qua hình 5.



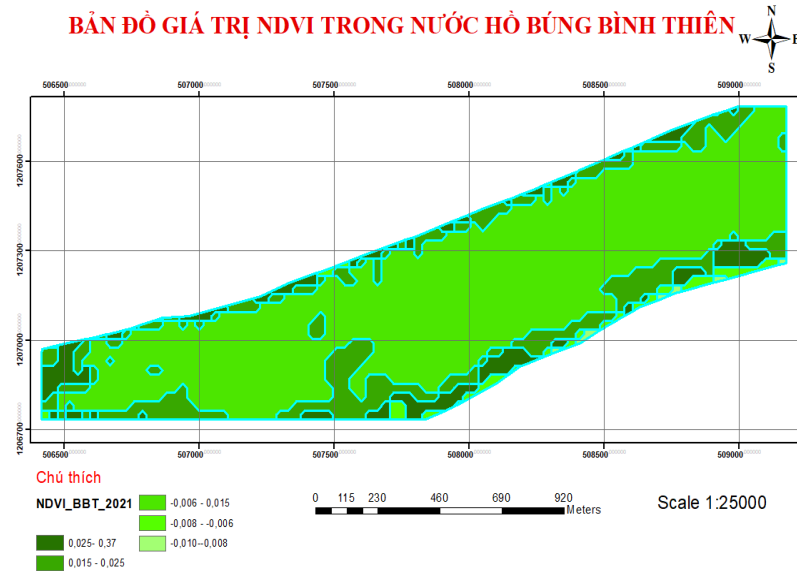
**Hình 6.** Bản đồ phân loại các đối tượng xung quanh Bung Binh Thien vào mùa lũ 27/10/2020 và mùa khô 13/03/2021.

NDVI cũng được sử dụng rộng rãi để phát hiện thực vật thủy sinh trong dữ liệu cảm biến từ xa đa phổ. NDVI trong nghiên cứu Bung Binh Thien được tính toán cho sự phong phú của tảo, thực vật thủy sinh (Chlorophyll-a) trong nước. Đây là một phương pháp hữu ích để xác định chất diệp lục trong nước tùy thuộc vào mật độ phân bố của thực vật thủy sinh. Có 15 mẫu Chlorophyll-a được thu thập tại hồ Bung Binh Thien tại các vị trí như quan trắc các thông số chất lượng nước khác. Kết quả cho thấy giá trị NDVI của hồ dao động từ  $-0,01-0,37$  vào mùa lũ và dao động trong khoảng  $-0,01-0,37$  vào mùa khô (Hình 7, Hình 8). Nếu giá trị NDVI giảm, nồng độ Chlorophyll-a giảm tương ứng.



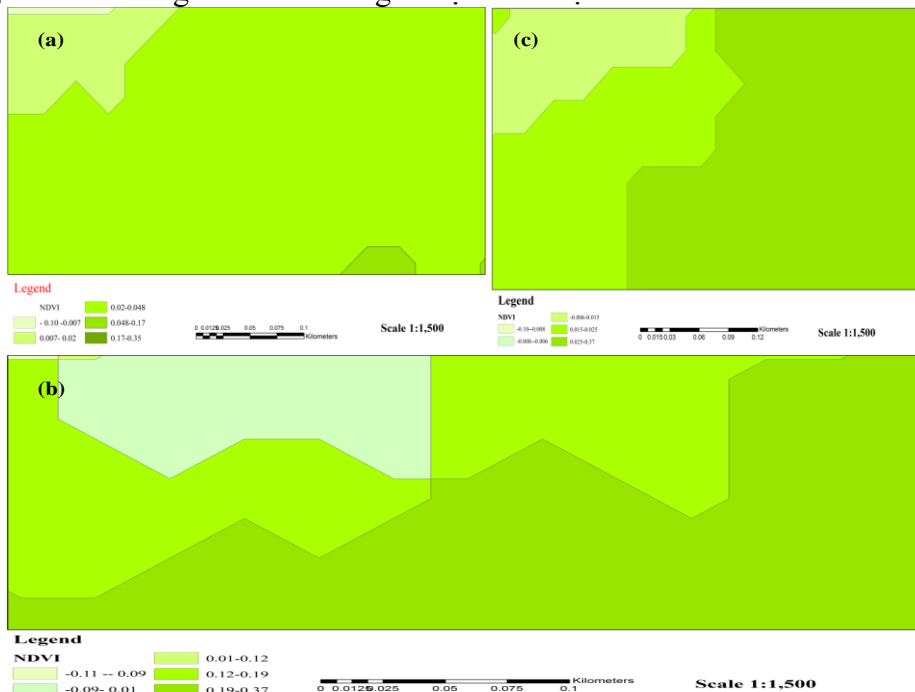
**Hình 7.** NDVI trong mặt nước của Bung Binh Thien năm 2020.

Ta có thể thấy, ở cả hai bản đồ NDVI của mùa khô và mùa mưa đều phân 05 lớp từ đậm đến nhạt. Tuy nhiên, 03 lớp đầu có giá trị NDVI dương, có nghĩa là có thực vật thủy sinh sống trong hồ ở các mức độ dày đặc khác nhau. Thực tế khảo sát ở trong Búng có rất nhiều tảo và Lục Bình, nhiều nhất là dọc theo hai tuyến bờ của Búng. Hình 7 và Hình 8 cho thấy bờ bên trái xuất hiện màu xanh lá cây đậm chứng tỏ bên trái có lớp phủ thực vật dày hơn tuyến bờ bên phải. Và kết quả khảo sát kiểm chứng cho thấy điều này rất đúng với thực tế... Hai lớp màu xanh lơ kết tiếp bao phủ hầu hết khắp Búng đó là sự hiện diện của nhiều tảo phân bố khắp nơi trong nước ở cả hai mùa khảo sát.



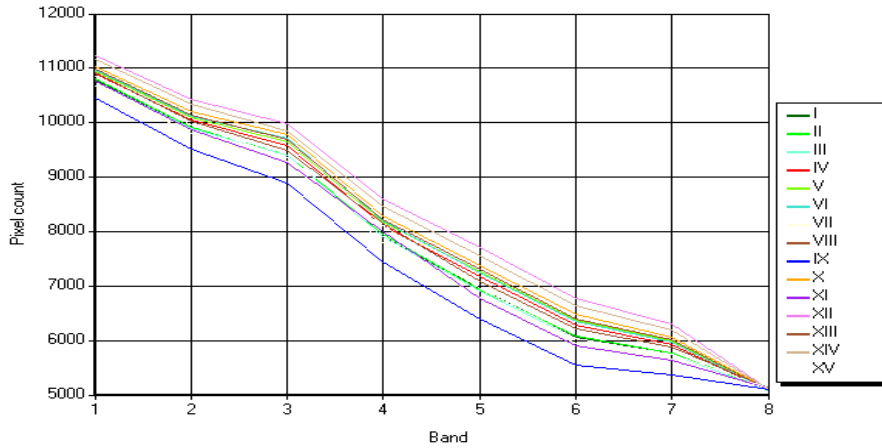
Hình 8. NDVI trong mặt nước của Búng Bình Thiên năm 2021.

Hình 8 cho thấy, độ che phủ thực vật có màu xanh đậm (Lục Bình) ở tuyến trái nhiều hơn tuyến phải. Tuy nhiên, cả hai tuyến có mức độ dày đặc của thảm thực vật thủy sinh giảm hơn so với mùa lũ 2020. Hình 9 là mặt cắt của ba điểm đầu, giữa và cuối Búng thể hiện sự phân tầng màu sắc trong nước của Búng từ đậm tới nhạt.

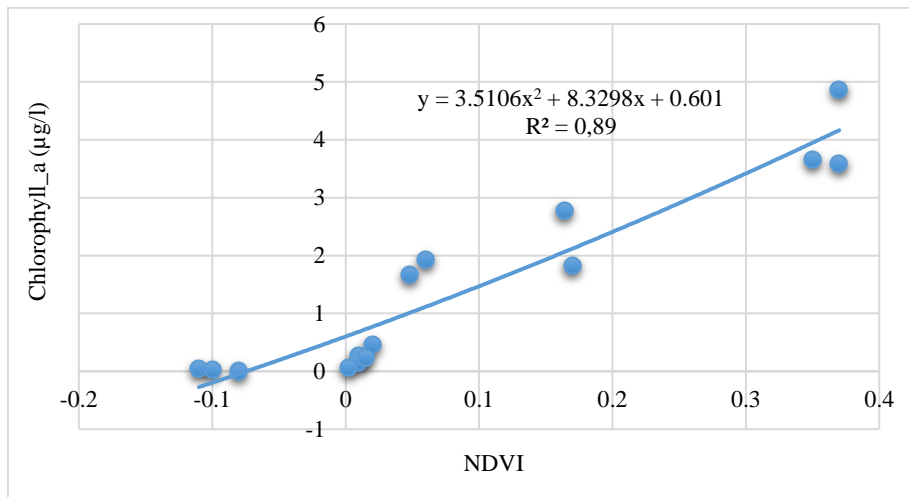


Hình 9. NDVI trong nước của ba mặt cắt đầu (A), giữa (B) và cuối Búng (C).

Kết quả phân tích Chlorophyll-a cho thấy cao nhất ở các vị trí bên trái và cuối Búng, và thấp ở giữa hồ. Sự phân bố này cho thấy ảnh hưởng chủ đạo của quang hợp đến chất lượng nước của hồ Búng Bình Thiên trong tháng 10. Sự hiện diện chlorophyll-a này có thể là kết quả của nguồn dinh dưỡng chảy ra từ các hoạt động nông nghiệp và sinh hoạt và nuôi cá gần và trong hồ. Hơn nữa, mực nước ít biến động là cơ hội thuận lợi cho tảo phát triển. Thật là đúng với kết luận ở trên trong đánh giá nguồn nước là hiện nay Búng có dấu hiệu ô nhiễm Phosphat, là chỉ số báo hiệu tảo sinh sôi nở trong hồ. Kết quả cũng chỉ ra rằng NDVI có mối quan hệ tuyến tính với Chlorophyll-a theo phương trình  $y = 3.5106x^2 + 8.3298x + 0.601$  với (hệ số tương quan)  $R^2 = 0,89$  trong đó  $y = \text{Chlorophyll-a}$ ,  $x = \text{NDVI}$ . Điều này được thể hiện trong Hình 10. Sự phân bố pixel của các dải phổ được sử dụng để tính toán NDVI tại 15 mẫu Chlorophyll-a cho Hồ Búng Bình Thiên được trình bày trong Hình 10.



Hình 10. Sự phân bố pixel của các dải quang phổ tại 15 mẫu Chlorophyll-a ở Hồ Búng Bình Thiên.



Hình 11. Mối quan hệ giữa NDVI và Chlorophyll-a trong nước Hồ Búng Bình Thiên.

### 3.4. Giải pháp quản lý chất lượng nước Búng Bình Thiên

#### 3.4.1 Giải pháp kỹ thuật

Kiểm soát nguồn xả thải bằng cách khuyến khích và hướng dẫn người dân phân loại chất thải sinh hoạt hằng ngày, nhằm hạn chế việc ô nhiễm bởi các chất vô cơ trong nước.

Tăng cường đầu tư nâng cấp, sửa chữa và xây dựng các hệ thống chứa nước, trữ nước, bơm nước bổ sung để đảm bảo duy trì đủ lượng nước phục vụ nông nghiệp và sinh hoạt cho người dân quanh Búng.

Lắp đặt, xây dựng hệ thống thu gom và xử lý nước thải sinh hoạt trên địa bàn khu vực ven Búng Bình Thiên nhằm hạn chế lượng nước thải trực tiếp xuống Búng.

#### 3.4.2 Giải pháp quản lý

Quy hoạch và phát triển du lịch tại các làng nghề, các lễ hội của người Chăm ở xã Nhơn Hội để hạn chế việc đánh bắt thủy sản trên Búng nhằm bảo tồn các giá trị truyền thống và tránh việc sử dụng nguồn tài nguyên thiên nhiên và phát triển nguồn lợi thủy sản tự nhiên trong Búng.

Thường xuyên tổ chức các hoạt động thu gom và thả cá xuống Búng, các hoạt động này nhằm nâng cao ý thức người dân xung quanh Búng trong việc bảo vệ môi trường và bảo tồn đa dạng sinh học.

Quy hoạch, mở rộng dịch vụ thu gom rác thải đến những khu vực chưa có nhằm hạn chế lượng rác thải vớt xuống nguồn nước và giảm thiểu ô nhiễm vào môi trường không khí hay đất do hoạt động đốt rác hay chôn lấp rác không hợp vệ sinh.

#### 3.4.3. Giải pháp kinh tế

Khuyến khích người dân chuyển đổi từ canh tác nông nghiệp truyền thống sử dụng nhiều phân bón, thuốc BVTV sang nền nông nghiệp sinh thái sử dụng phân bón hữu cơ, thuốc BVTV hợp lý đúng liều lượng để hạn chế việc tồn dư thuốc trong đất và sản phẩm nông nghiệp nhằm bảo vệ sức khỏe nông dân, người tiêu dùng, tránh ô nhiễm nước quanh Búng.

Hướng dẫn người dân về các kỹ thuật trong nuôi trồng thủy sản nhằm hạn chế việc đánh bắt thủy sản trên Búng.

#### 3.4.4. Giải pháp tuyên truyền và giáo dục cộng đồng

Cần tiến hành các hoạt động tập huấn các kiến thức và kỹ năng về công tác bảo vệ môi trường cho người dân. Tiến hành tuyên truyền, treo các băng rôn, khẩu hiệu về bảo vệ môi trường cho người dân khu vực nghiên cứu.

### 4. Kết luận

Kết quả phân tích các thông số quan trắc nước mặt hồ Búng Bình Thiên vào mùa lũ (10/2020) và mùa khô (03/2021), từ đó tính toán chỉ số chất lượng nước (WQI) tại 21 điểm khảo sát. Kết quả cho thấy:

Giá trị DO thấp hơn so Quy chuẩn, nước có dấu hiệu ô nhiễm phosphat và Coliform ở hầu hết các vị trí khảo sát và mùa lũ cao hơn so mùa khô. Từ tính toán chỉ số WQI kết luận nước ở Búng Bình Thiên được sử dụng cho mục đích khác. Nhưng nếu sử dụng cho mục đích sinh hoạt thì cần phải xử lý trước khi sử dụng.

Sự kết hợp GIS và Viễn Thám đã chiết xuất được đường nước Búng Bình Thiên và tính toán diện tích ngập nước vào mùa lũ 27/10/2020 là 192 ha, mùa khô 13/03/2021 là 173 ha.

Hai bản đồ thảm thực vật cho cả mùa khô và mùa lũ cũng được xây dựng. Kết quả chỉ ra rằng mùa lũ thực vật phong phú và phát triển hơn so mùa khô được thể hiện qua chỉ số NDVI.

Mối quan hệ giữa NDVI và Chlorophyll-a trong nước ở Búng Bình Thiên được chỉ ra bằng phương trình tương quan. Trên cơ sở đó chúng ta biết được nơi có ô nhiễm phosphat nhiều hay ít thông qua bằng chỉ số NDVI và sự hiện diện của tảo phát triển trong hồ bằng hình ảnh trực quan.

**Đóng góp của tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu và phương pháp luận: P.T.K.; T.T.H.N.; Xử lý số liệu: P.T.K.; N.V.T.V. Phối hợp viết bài báo: P.T.K.; N.V.T.V.; T.T.H.N.; Chỉnh sửa bài báo: P.T.K.; T.T.H.N.



**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự giúp đỡ của Trung Tâm nước sạch và vệ sinh môi trường nông thôn An Giang đã tạo điều kiện thuận lợi để nhóm thực hiện thành công các mẫu phân tích trong nghiên cứu này.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể các 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. Baroni, L.; Cenci, L.; Tettamanti, M.; Berati, M. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. *European J. Clin. Nutr.* **2007**, 61(2), 279–286. Doi:10.1038/sj.ejcn.1602522.
2. Çepel, N.; Ergün, C. The Importance of Water and its Ecological Problems. 2003.
3. Akin, M.; Akın, G.; Suyun Önemi.; Türkiye’de Su Potansiyeli.; Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih–Coğrafya Fakültesi Dergisi, **2007**, 47(2), 105–118.
4. Kılıç, Z. The importance of water and conscious use of water. 2020. <https://medcraveonline.com/IJH/the-importance-of-water-and-conscious-use-of-water.html>.
5. Aksungur, N.; Firidin, Ş. Use of Water Resources and Sustainability. *Araştırma Bülteni* **2008**, 8(2), 9–11.
6. Pimentel, D.; Berger, B.; Filiberto, D. et al. Water Resources, Agriculture, and the Environment. Ithaca (NY): New York State College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University. Environmental Biology Report, 2004, 1–46.
7. Sahin, B.A. Global Problem, Water Scarcity and Virtual Water Trade. Master Thesis, Çorum Hitit University. *Institute of Social Sciences* 2016, 128–1308.
8. Troell, Max; Naylor, Rosamond L.; Metian, Marc; Beveridge, Malcolm; Tyedmers, Peter H.; Folke, Carl; Arrow, Kenneth J.; Barrett, Scott; Crépin, Anne–Sophie; Ehrlich, Paul R.; Gren, Åsa. Does aquaculture add resilience to the global food system. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2014**, 111(37), 13257–13263. Doi:10.1073/pnas.1404067111.
9. Ravindranath, Nijavalli H.; Sathaye, Jayant A. Climate Change and Developing Countries. 2002. Springer. ISBN 978-1-4020-0104-8. OCLC 231965991.
10. WHO. Safe Water and Global Health. Archived from the original on 24 December 2010.
11. Akın, G. Ecology and Environmental Problems. Ankara: Tiydem Yayıncılık. 2009.
12. Tra, M. Thực trạng ô nhiễm môi trường nước tại Việt Nam và giải pháp khắc phục, 2020. Trục tuyến: <https://xulynuocgiengkhoan.com/thuc-trang-o-nhiem-moi-truong-nuoc-tai-viet-nam-va-giai-phap-khac-phuc/>.
13. UNEP International Environment. Environmentally Sound Technology for Wastewater and Stormwater Management: An International Source Book. 2002. IWA. ISBN 978–1–84339–008–4. OCLC 49204666.
14. Quyền, L.C. Sự phân bố phiêu sinh thực vật ở Búng Bình Thiên, An Giang. *Tạp chí khoa học Đại học An Giang* **2015**, 7(3), 66–74.
15. Chen, C.; Tang, C.; Pan, Z.; Zhan, H.; Larson, M.; Jonsson, L. Remotely sensed assessment of water quality levels in the Pearl River Estuary, China. *Mar Pollut Bull.* **2007**, 54(8), 1267–1272.
16. Ty, D.V.; Huy, N.H.; Da, C.T.; Ut, V.N. Đánh giá sự biến động chất lượng nước Búng Bình Thiên, tỉnh An Giang. *Tạp chí Khoa học trường Đại học Cần Thơ* **2018**, 54(3B), 125–131. Doi:10.22144/ctu.jvn.2018.048.
17. Toàn, P.T. Nghiên cứu lựa chọn chỉ số chất lượng nước để đánh giá chất lượng nước sông Vàm Cỏ. *Tạp chí khí tượng thủy văn* **2011**, 606, 24–29.

18. Phú, N.D. Ứng dụng chỉ số WQI để đánh giá chất lượng nước sông Hồng. Luận văn thạc sĩ ngành Khoa học môi trường. Trường Đại học Khoa học Hà Nội, 2011.
19. Dewidar, Kh.; Khed, A. Water quality assessment with simultaneous Landsat-5 TM at Manzala Lagoon, Egypt. Kluwer Academic Publishers. 2001, 49–57.
20. Hellweger, F.L.; Schlosser, P.; Lall, U.; Weissel, J.K. Use of satellite imagery for Water quality studies in New York Harbor. *Estuarine Coastal Shelf Sci.* **2003**, *61*, 337–347.
21. Ma, R.; Dai, J. Investigation of chlorophyll-a and total suspended matter concentrations using Landsat ETM and field spectral measurement in Taihu Lake, China. *Int. J. Remote Sens.* **2004**, 1–15.
22. Steven, M.; Kloiber, Patrick L.; Brezonik, Leif G.; Olmanson, Marvin E.; Bauer. A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data. *Remote Sens. Environ.* **2001**, *82*, 38–47.
23. Kutser, T.; Donald, C.; Tranvik, P.L.; Reinart, A.; Sobek, S.; Kallio, K. Using satellite remote sensing to estimate the colored dissolved organic matter absorption coefficient in Lake. *Ecosystem* **2005**, *8(6)*, 709–720.
24. Thiện, H.M. Ứng dụng viễn thám trong đánh giá chất lượng nước hồ Dầu Tiếng và Sông Sài Gòn. Luận văn thạc sĩ ngành Quản lý môi trường. Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh, 2008.

## Application of WQI Index Integrated with GIS and Remote Sensing to Assess Water Quality of Bung Binh Thien Lake

Phan Truong Khanh<sup>1\*</sup>, Nguyen Vi Thien Vu<sup>2</sup>, Tran Thi Hong Ngoc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Environment Technology Engineering, University of An Giang – Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam; ptkhanhagu@gmail.com; tthngocagu@gmail.com

<sup>2</sup> Department of Natural Resources and Environment, An Giang; nvthienvu@gmail.com

**Abstract:** Bung Binh Thien lake is a wetland conservation area in An Phu district, An Giang province. In recent years, the water in Lake has always been stagnant and polluted. The study was carried out for the purpose of assessing the water quality of Lake and making recommendations to the people of the study area on water use measures. There are 21 sites collected on the left, middle and right of Lake along the length of Lake through two times surveys in the rainy season 2020 and dry rainy season 2021. Distance of Each site is 700m. A total of 42 samples were collected for analysis of pH, DO, COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Chlorophyll-a and total Coliform parameters. All water samples were assessed by using the WQI index. Research results showed that the water in lake has signs of phosphate contamination and is unusable for domestic purposes. Furthermore, the results also indicated that the Chlorophyll-a content was highest at the left side along the length of the Lake and at the end of the lake. The NDVI index has a linear relationship with Chlorophyll-a according to the equation  $y = 3.5106x^2 + 8.3298x + 0.601$  with correlation coefficient  $R^2 = 0.89$ , where  $y = \text{Chlorophyll-a}$ ,  $x = \text{NDVI}$ . The vegetable cover maps in and around lake were also established by the Remote Sensing technique, which gives us a visual view of the water quality in the lake through the distribution of vegetation and chlorophyll-a.

**Keywords:** Bung Binh Thien; GIS; Remote sensing; Water quality.

Bài báo khoa học

# Xây dựng bản đồ phân vùng nhạy cảm ngập lụt sử dụng mô hình Light Gradient Boosting Machine

Nguyễn Thanh Tuấn<sup>1</sup>, Vũ Cao Đạt<sup>1\*</sup>, Nguyễn Đức Đảm<sup>1</sup>, Phạm Thái Bình<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Công nghệ GTVT, 54 Triều Khúc, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam;  
datvc@utt.edu.vn; damnd@utt.edu.vn; tuannt94@utt.edu.vn; binhpt@utt.edu.vn

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

Ban Biên tập nhận bài: 15/12/2022; Ngày phản biện xong: 22/1/2023; Ngày đăng bài: 25/1/2023

**Tóm tắt:** Mục tiêu chính của nghiên cứu này là xây dựng bản đồ phân vùng nhạy cảm ngập lụt khu vực huyện Quảng Trạch, tỉnh Quảng Bình (Việt Nam) sử dụng mô hình *Light Gradient Boosting Machine LGBM* – một trong những mô hình trí tuệ nhân tạo hiệu quả trong đánh giá và dự báo thiên tai. Cơ sở dữ liệu bao gồm 173 vị trí ngập lụt trong quá khứ và 07 tham số thành phần (mưa, địa mạo, độ bao phủ mặt đất, độ cao, hình dáng bề mặt địa hình, góc mái dốc, và hướng mái dốc) đã được thu thập để xây dựng dữ liệu đào tạo (70%) và dữ liệu kiểm tra (30%) dùng cho xây dựng và kiểm chứng mô hình. Độ chính xác của mô hình được đánh giá thông qua nhiều thông số thống kê định lượng bao gồm diện tích dưới đường cong ROC (AUC). Kết quả nghiên cứu thể hiện rằng LGBM có độ chính xác cao trong dự báo và phân vùng nhạy cảm ngập lụt tại khu vực nghiên cứu (AUC = 0,96 cho dữ liệu đào tạo và AUC = 0,88 cho dữ liệu kiểm tra). Bản đồ phân vùng nhạy cảm ngập lụt xây dựng từ mô hình có độ chính xác cao có thể được dùng trong việc nâng cao hiệu quả quy hoạch sử dụng đất và đưa ra các giải pháp phù hợp để giảm thiểu tác hại gây ra bởi ngập lụt tại khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Ngập lụt; Light Gradient Boosting Machine; Quảng Trạch; Việt Nam.

## 1. Giới thiệu

Việt Nam chịu ảnh hưởng nghiêm trọng từ biến đổi khí hậu gây ra các hiện tượng thời tiết cực đoan như mưa lớn kéo dài làm xuất hiện nhiều loại thiên tai nguy hiểm trong đó có ngập lụt [1]. Ngập lụt có thể gây ra nhiều tác hại như phá hủy tài sản, gây ô nhiễm môi trường, gây ra cái chết của nhiều người. Dữ liệu thống kê của Ban Chỉ đạo Quốc gia về phòng chống thiên tai cho thấy trong 20 năm trở lại đây ở Việt Nam các loại thiên tai như bão, lũ, lở đất... đã gây thiệt hại tài sản trên 6,4 tỷ USD, khiến hơn 13 nghìn người thiệt mạng, khoảng hơn 70% dân số và 60% diện tích đất bị ảnh hưởng từ thiên tai [1]. Vì vậy, nghiên cứu và xây dựng các công cụ đánh giá và dự báo ngập lụt là một trong những nhiệm vụ quan trọng nhằm giảm thiểu các tác động xấu gây ra bởi ngập lụt.

Xây dựng bản đồ phân vùng nhạy cảm ngập lụt là một trong những công việc hữu ích trong việc nâng cao hiệu quả quy hoạch sử dụng đất nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực gây ra bởi ngập lụt [2]. Bản đồ này thể hiện sức phân cấp các khu vực có mức độ nhạy cảm (xác suất xảy ra ngập lụt) từ cao đến thấp. Có nhiều nghiên cứu trong những năm gần đây nhằm phân vùng nhạy cảm ngập lụt ở nhiều khu vực trên thế giới như Trung Quốc [3], Nhật Bản [4], Đài Loan [5], Iran [6]. Ở Việt Nam, một số nghiên cứu đã được thực hiện để phân vùng nhạy cảm ngập lụt [7–11]. Hầu hết các nghiên cứu này sử dụng cách tiếp cận dựa trên các

mô hình trí tuệ nhân tạo trong phân tích và dự báo nguy cơ ngập lụt tại các khu vực được lựa chọn để nghiên cứu. Kết quả từ các nghiên cứu này cho thấy các mô hình trí tuệ nhân tạo có hiệu quả và là các công cụ tiềm năng trong việc đánh giá và phân vùng nhạy cảm ngập lụt.

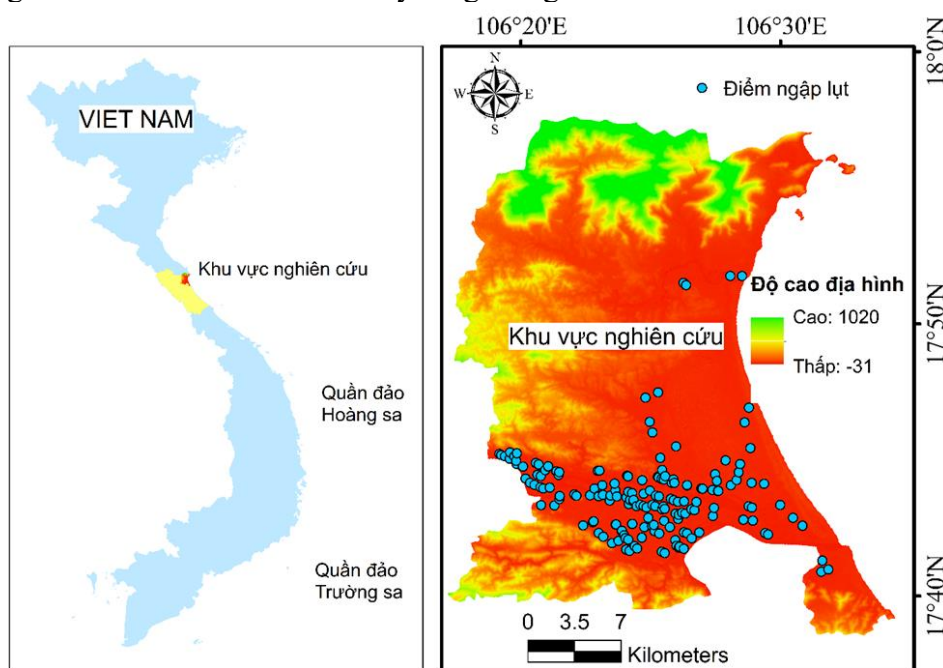
Quảng Bình là tỉnh duyên hải miền Trung của Việt Nam có đặc điểm về khí hậu và địa hình rất phức tạp, nơi đây cũng là địa phương chịu ảnh hưởng nặng nề của hầu hết các loại thiên tai hàng năm trong đó có ngập lụt. Vì vậy, mục tiêu chính của nghiên cứu này là nhằm xây dựng bản đồ phân vùng nhạy cảm ngập lụt tại huyện Quảng Trạch, tỉnh Quảng Bình sử dụng một trong những kỹ thuật trí tuệ nhân tạo hiệu quả có tên là *Light Gradient Boosting Machine (LightGBM)* phục vụ cho việc nâng cao hiệu quả của công tác lập quy hoạch sử dụng đất, giảm thiểu tác hại gây ra bởi ngập lụt tại khu vực này. Việc kiểm chứng độ chính xác của mô hình LGBM được thực hiện bằng việc sử dụng nhiều kỹ thuật đánh giá trong đó có kỹ thuật đường cong ROC. Các công cụ như ArcGIS và nguồn mã mô hình mở trong phần mềm Python được sử dụng để xây dựng cơ sở dữ liệu và mô hình hóa bài toán.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đặc điểm của khu vực nghiên cứu

Huyện Quảng Trạch có diện tích 448 km<sup>2</sup>. Với địa thế trải dài từ 106°15' đến 106°59' kinh độ đông và 17°42' đến 17°59' vĩ độ bắc, địa hình của khu vực đa dạng, có cả vùng đồi núi và trung du chiếm đến 65% diện tích của huyện (Hình 1). Huyện Quảng Trạch nằm ở phía bắc tỉnh Quảng Bình, Phía bắc giáp thị xã Kỳ Anh và huyện Kỳ Anh, tỉnh Hà Tĩnh. Phía đông giáp Biên Đông. Phía tây giáp huyện Tuyên Hóa. Phía nam giáp thị xã Ba Đồn. Địa chất của huyện Quảng Trạch được tạo nên bởi một số tầng đá, đặc biệt là đá trầm tích hóa học, các loại đất sét, đá đỏ và đất đỏ.

Huyện thuộc khu vực nhiệt đới gió mùa khô nên có sự phân hóa sâu sắc của địa hình và chịu ảnh hưởng khí hậu chuyển tiếp giữa miền Bắc và Nam. Khí hậu có 2 mùa rõ rệt là mùa mưa và mùa khô, mùa mưa kéo dài từ tháng 9 tới tháng 3 năm sau. Độ ẩm khá cao ở mức 83–84%. Lượng mưa trung bình năm đạt ngưỡng 2.000–2.3000 mm/năm, lượng mưa lớn nhất vào tháng 9, 10, 11. Mức nhiệt trung bình năm tầm 25°C tới 26°C, có xu hướng tăng dần theo hướng Bắc vào Nam và chiều từ Tây sang Đông.



**Hình 1.** Vị trí địa lý của khu vực huyện Quảng Trạch, tỉnh Quảng Bình và các vị trí ngập lụt trong quá khứ.

## 2.2. Giới thiệu về mô hình LGBM

LGBM là một mô hình học máy – trí tuệ nhân tạo, được thiết kế để tăng tốc độ huấn luyện và giảm chi phí bộ nhớ bằng cách sử dụng các thuật toán tối ưu hóa để tối ưu hóa các quyết định trên cây quyết định. LGBM cũng cung cấp các tính năng tối ưu hóa cho các biến liên tục và rời rạc, giúp nâng lực dự báo mô hình tốt hơn phù hợp với các tập dữ liệu phức tạp. LGBM có thể được sử dụng để giải quyết các bài toán phân loại và hồi quy. LGBM đã được sử dụng thành công trong nhiều bài toán khác nhau như phát hiện gian lận nhấp chuột trực tuyến [12], dự báo rủi ro tài chính doanh nghiệp [13], nguy cơ an toàn thực phẩm [14]. Trong nghiên cứu này, LGBM được sử dụng để dự báo và đánh giá phân vùng ngập cảm ngập lụt; là bài toán phân loại nhị phân; trong đó có 02 biến đầu ra “ngập lụt” được mã hóa là “1” và “không ngập lụt” được mã hóa là “0”.

## 2.3. Các kỹ thuật đánh giá độ chính xác của mô hình

Các kỹ thuật đánh giá độ chính xác của mô hình như đường cong ROC, các chỉ số thống kê như độ chính xác (ACC), kappa, độ nhạy (SST), độ đặc hiệu (SPF), giá trị dự đoán dương (PPV), giá trị dự đoán âm (NPV), sai số tuyệt đối trung bình (MAE), căn của sai số toàn phương trung bình gốc (RMSE) được sử dụng để đánh giá độ chính xác của mô hình LGBM. Kỹ thuật đường cong ROC là một công cụ để đánh giá hiệu năng của một mô hình phân loại. Đường cong ROC đại diện cho sự tương quan giữa tỷ lệ False Positive (FP) và True Positive (TP) trong mô hình phân loại. Trong đó, FR là số lượng của các mẫu được phân loại sai trong số các mẫu thực tế là “âm”, còn tỷ lệ TP là số lượng của các mẫu được phân loại đúng trong số các mẫu thực tế là “dương”. Diện tích dưới đường cong ROC (AUC) được sử dụng để đánh giá định lượng hiệu năng của mô hình phân loại. Giá trị AUC càng lớn, mô hình phân loại càng tốt.  $AUC = 1$  cho thấy mô hình phân loại hoàn toàn chính xác, còn  $AUC = 0,5$  cho thấy mô hình phân loại không chính xác. Các giá trị ACC, SST, SPF, PPV, NPV, MAE, RMSE, and kappa được xác định theo các công thức được trình bày chi tiết trong nghiên cứu [15]. Nhìn chung, giá trị ACC, SST, SPF, PPV, NPV và kappa cao thể hiện năng lực dự báo của mô hình là tốt và ngược lại. Giá trị MAE và RMSE càng thấp thể hiện năng lực dự báo của mô hình càng tốt.

## 2.4. Dữ liệu nghiên cứu

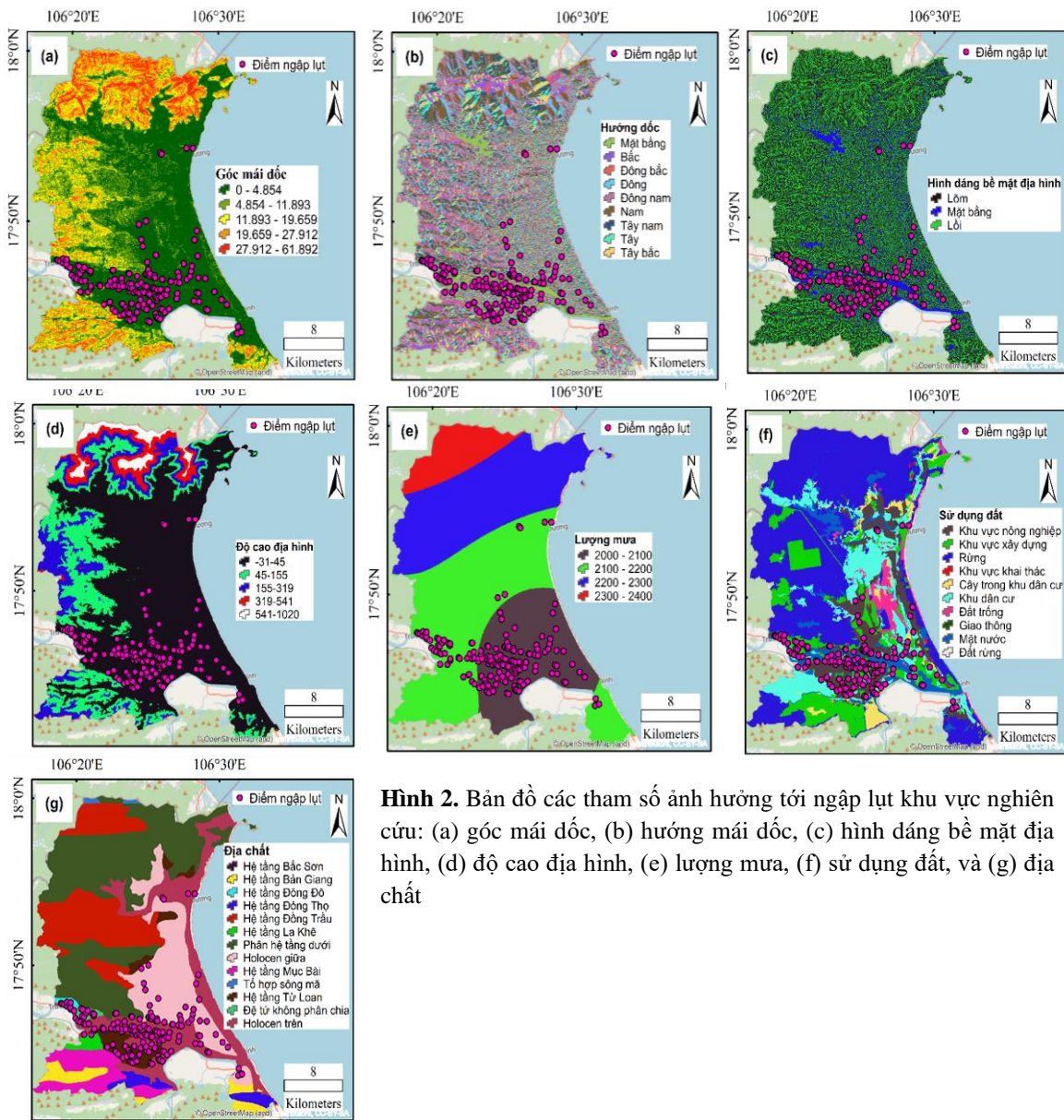
### 2.4.1. Hiện trạng ngập lụt

Hiện trạng ngập lụt bao gồm các vị trí ngập lụt trong quá khứ là dữ liệu quan trọng trong đánh giá và dự báo phân vùng ngập cảm ngập lụt [16]. Trong nghiên cứu này, có tổng cộng 173 vị trí ngập lụt đã được thu thập từ Trung tâm dự báo khí tượng Quảng Bình năm 2007, 2010, 2016 để xây dựng bản đồ hiện trạng ngập lụt. Bài toán dự báo phân vùng ngập cảm ngập lụt là bài toán phân loại nhị phân, vì vậy, 173 vị trí không ngập lụt cũng được nhận diện và sử dụng như là biến phân loại cùng với các vị trí ngập lụt. Dữ liệu ngập lụt và không ngập lụt được kết hợp và chia ngẫu nhiên để xây dựng dữ liệu đào tạo (70%) và dữ liệu kiểm chứng (30%) dùng cho xây dựng mô hình và kiểm chứng mô hình.

### 2.4.2. Các tham số ảnh hưởng tới ngập lụt

Căn cứ vào phân tích bản chất của quá trình ngập lụt trong quá khứ tại khu vực nghiên cứu và các nghiên cứu có liên quan [7–9], trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn 07 tham số điển hình ảnh hưởng tới quá trình ngập lụt tại khu vực nghiên cứu bao gồm: góc mái dốc, hướng mai dốc, hình dáng bề mặt địa hình, độ cao địa hình, mưa, độ bao phủ mặt đất, và địa chất. Bản đồ các tham số địa hình như góc mái dốc, hướng mai dốc, hình dáng bề mặt địa hình, độ cao địa hình được trích xuất từ mô hình số độ cao DEM (30m) thu thập từ nguồn dữ liệu mở của Hội địa chất công trình Mỹ (<https://earthexplorer.usgs.gov>), bản đồ độ bao phủ

mặt đất được xây dựng từ Bộ Tài nguyên và Môi trường, bản đồ mưa xây dựng từ dữ liệu mưa trung bình năm thu thập từ mười trạm đo ở tỉnh Quảng Bình trong khoảng thời gian từ 30 năm từ năm 1986 đến 2016, bản đồ địa chất được thu thập và xây dựng từ sở tài nguyên môi trường tỉnh Quảng Bình. Các bản đồ tham số thành phần được chuyển đổi sang định dạng raster và sample với dữ liệu hiện trạng để xây dựng cơ sở dữ liệu dùng cho mô hình dự báo phân vùng ngập cảm ngập lụt (Hình 2).



**Hình 2.** Bản đồ các tham số ảnh hưởng tới ngập lụt khu vực nghiên cứu: (a) góc mái dốc, (b) hướng mái dốc, (c) hình dáng bề mặt địa hình, (d) độ cao địa hình, (e) lượng mưa, (f) sử dụng đất, và (g) địa chất

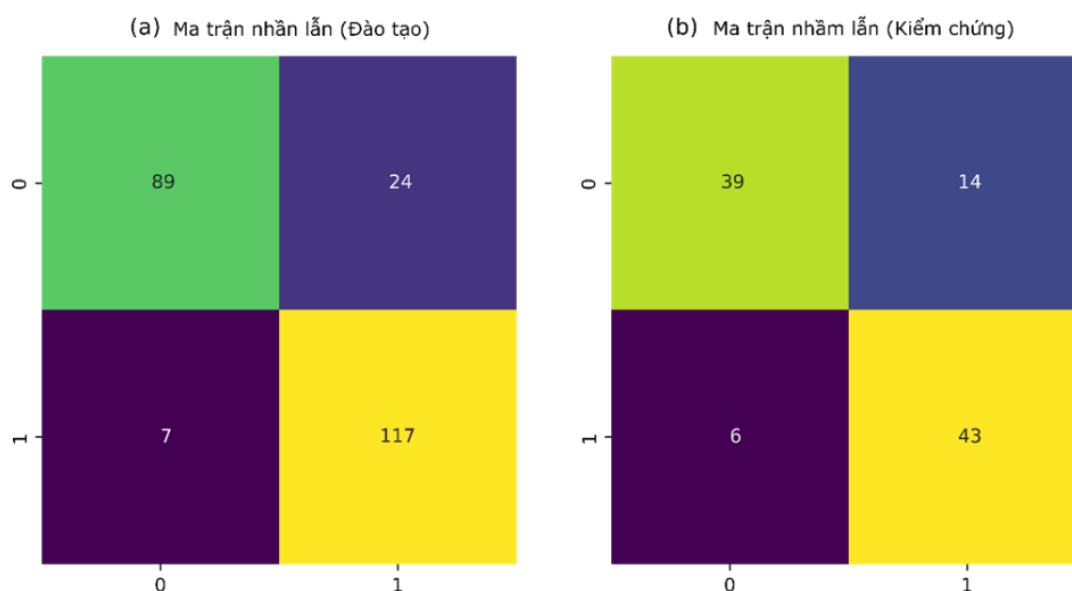
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kiểm chứng độ chính xác của mô hình dự báo

Kết quả kiểm chứng độ chính xác của mô hình LGBM được thể hiện trên Hình 3, Bảng 1, Hình 4 và Hình 5. Hình 3 thể hiện các giá trị của ma trận lỗi cho tập dữ liệu đào tạo và kiểm chứng. Đối với tập dữ liệu đào tạo, có 93 dữ liệu không ngập lụt “0” được dự báo đúng và 20 dữ liệu dự báo sai trong khi đó có 121 dữ liệu ngập lụt “1” được dự báo đúng và 03 dữ liệu dự báo sai. Với dữ liệu kiểm chứng, có 41 dữ liệu không ngập lụt “0” được dự báo đúng và 12 dữ liệu dự đoán sai trong khi đó có 42 dữ liệu ngập lụt “1” dự báo đúng và 07 dữ liệu dự đoán sai. Sử dụng dữ liệu của ma trận lỗi, các giá trị PPV, NPV, SST, SPF, ACC được

xác định và thể hiện trong Bảng 1. Kết quả kiểm chứng mô hình trên tập dữ liệu đào tạo cho thấy các giá trị PPV, NPV, SST, SPF, ACC lần lượt là 82,301%; 97,581%; 96,875%; 85,516%; 90,295%; trong khi đó các giá trị này là 77,358%; 87,5%; 87,234%; 77,778%; 82,187% cho tập dữ liệu kiểm chứng. Giá trị chỉ số kappa của mô hình LGBM sử dụng dữ liệu đào tạo và dữ liệu kiểm chứng lần lượt là 0,804 và 0,628. Hình 4 thể hiện giá trị lỗi của mô hình và Bảng 1 thể hiện các giá trị lỗi RMSE và MAE của mô hình. Giá trị RMSE của mô hình LGBM sử dụng dữ liệu đào tạo và dữ liệu kiểm chứng lần lượt là 0,312 và 0,432. Giá trị MAE của mô hình LGBM sử dụng dữ liệu đào tạo và dữ liệu kiểm chứng lần lượt là 0,097 và 0,168. Hình 5 thể hiện kết quả phân tích đường cong ROC và các giá trị diện tích dưới đường cong (AUC) của mô hình LGBM. Kết quả phân tích thể hiện rằng giá trị AUC của mô hình LGBM là 0,96 và 0,88 lần lượt cho tập dữ liệu đào tạo và dữ liệu kiểm chứng.

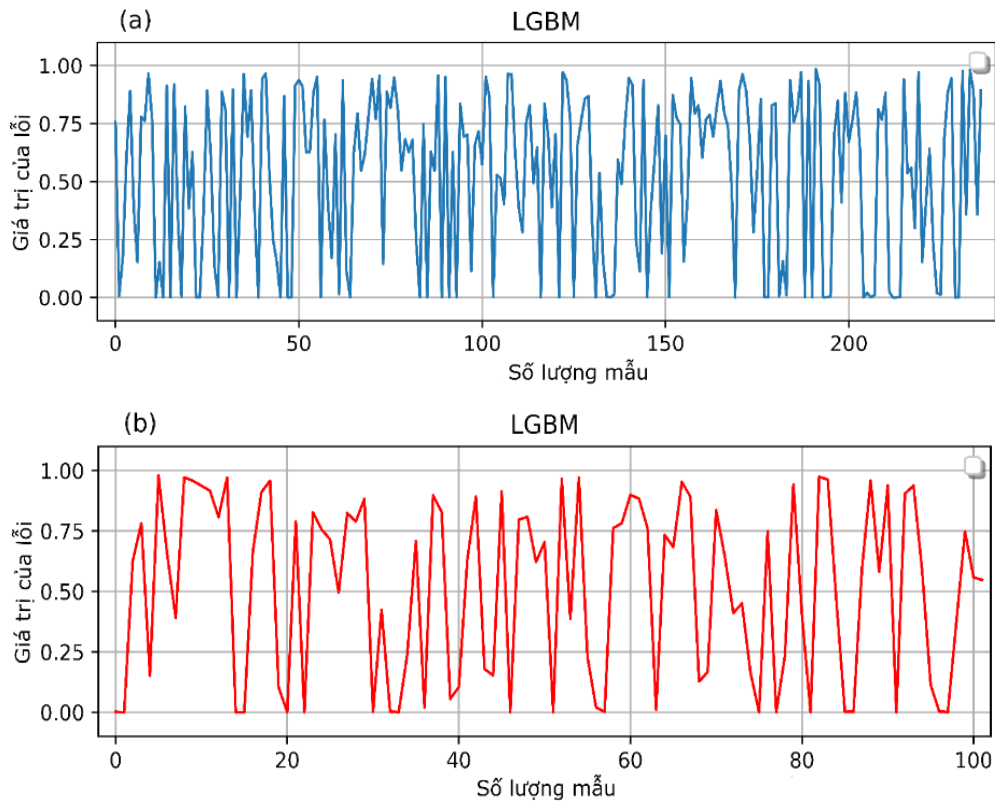
Nhìn chung, kết quả kiểm chứng độ chính xác của mô hình LGBM cho thấy mô hình LGBM có độ chính xác cao trong phân tích và mô hình hóa độ nhạy cảm ngập lụt tại khu vực nghiên cứu. Kết quả này là phù hợp do mô hình LGBM là một trong những mô hình trí tuệ nhân tạo có năng lực dự báo và phân tích tốt với nhiều ưu điểm như sau [17, 18] (i) LGBM sử dụng thuật toán tối ưu để tối ưu tốc độ học máy, giúp cho việc huấn luyện và dự đoán nhanh trên một tập dữ liệu lớn, (ii) LGBM có hiệu suất học tốt với độ chính xác cao so với các mô hình khác như XGBoost hoặc Gradient Boosting Decision Tree (GBDT), (iii) LGBM có thể học từ một lượng lớn dữ liệu và đặc trưng, giúp cho việc dự đoán chính xác hơn, (iv) LGBM có thể học từ cả dữ liệu liên tục và dữ liệu cố định, giúp cho việc phân tích dữ liệu đa kiểu. Kết quả so sánh độ chính xác của mô hình LGBM trong nghiên cứu này và các nghiên cứu dự báo ngập lụt ở khu vực khác cho thấy mô hình LGBM trong nghiên cứu này tương đương với mô hình LGBM được sử dụng trong nghiên cứu khác như Aydin, Iban [19] (AUC = 0,8978).



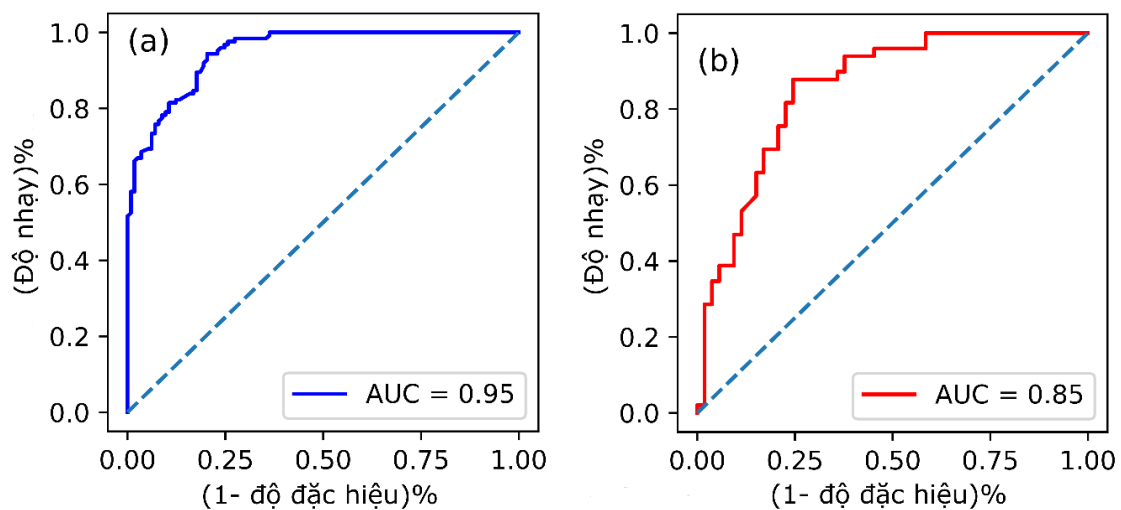
Hình 3. Ma trận lỗi của mô hình LGBM.

Bảng 1. Kết quả phân tích độ chính xác của mô hình LGBM.

Các chỉ số đánh giá	PPV (%)	NPV (%)	SST (%)	SPF (%)	ACC (%)	kappa	RMSE	MAE
Dữ liệu đào tạo	82,301	97,581	96,875	85,816	90,295	0,804	0,312	0,097
Dữ liệu kiểm chứng	77,358	87,500	87,234	77,778	82,178	0,628	0,432	0,168



**Hình 4.** Kết quả phân tích lỗi của mô hình LGBM sử dụng: (a) Dữ liệu đào tạo; (b) Dữ liệu kiểm chứng.

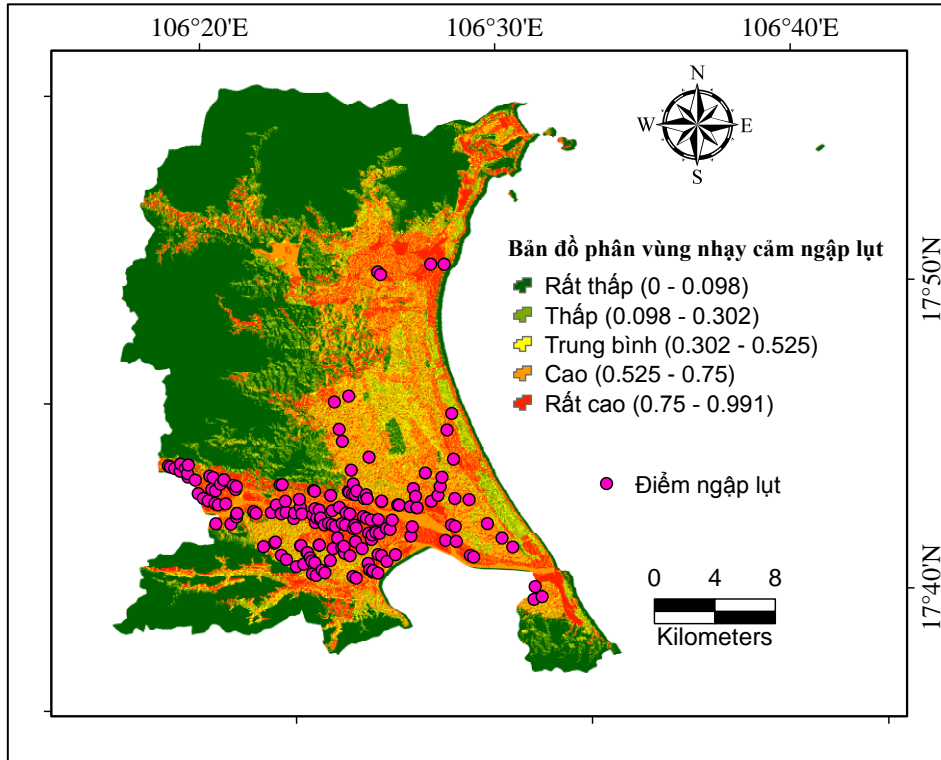


**Hình 5.** Kết quả phân tích đường cong ROC sử dụng mô hình LGBM.

### 3.2. Xây dựng bản đồ nhạy cảm ngập lụt tại Quảng Trạch, Quảng Bình

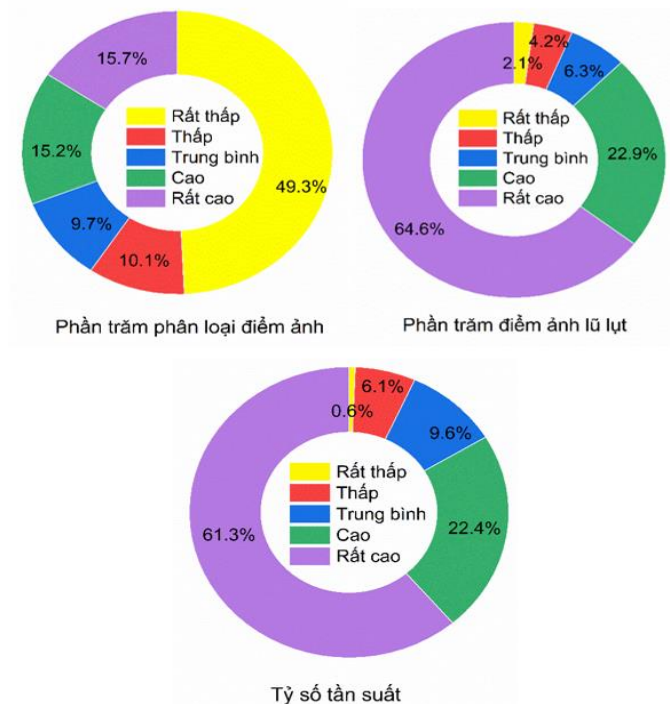
Bản đồ nhạy cảm ngập lụt tại Quảng Trạch, Quảng Bình được xây dựng sử dụng kết quả đào tạo từ mô hình LGBM và được thể hiện trên Hình 6. Giá trị xác suất xảy ra ngập lụt cho toàn bộ các điểm ảnh trên bản đồ được tính toán và xác định thông qua việc kiểm chứng mô hình LGBM trên toàn bộ dữ liệu của khu vực nghiên cứu. Các giá trị này có giá trị giao động trong khoảng từ 0 đến 1, giá trị gần 0 thể hiện xác suất thấp xảy ra ngập lụt và giá trị 1 thể hiện xác suất xảy ra ngập lụt. Các giá trị này được phân chia thành 5 khoảng giá trị sử dụng phương pháp phân loại điểm ngẫu nhiên được tích hợp trong công cụ ArcGIS tương ứng với nó là 5 lớp nhạy cảm ngập lụt được hiển thị trên bản đồ bao gồm: rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao (Hình 6).





**Hình 6.** Bản đồ phân vùng ngập cảm ngập lụt khu vực Huyện Quảng Trạch sử dụng mô hình LGBM.

Hình 7 thể hiện kết quả kiểm chứng độ chính xác của bản đồ phân vùng ngập cảm ngập lụt sử dụng phân tích tỷ số tần suất (FR) là tỷ số giữa số lần xuất hiện của các điểm ngập lụt trong quá khứ so với số điểm ảnh của các lớp ngập cảm tương ứng. Kết quả cho thấy rằng, các lớp ngập cảm cao và rất cao có tỷ số tần suất cao nhất thể hiện rằng tần suất xuất hiện ngập lụt ở các lớp cao và rất cao là lớn nhất. Kết quả này chứng tỏ bản đồ phân vùng ngập cảm ngập lụt được xây dựng có độ chính xác tốt và có thể được sử dụng trong việc lập quy hoạch sử dụng đất và quản lý hiệu quả thiên tai ngập lụt tại khu vực nghiên cứu.



**Hình 7.** Kết quả đánh giá độ chính xác của bản đồ phân vùng ngập cảm ngập lụt.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu xây dựng bản đồ nhạy cảm ngập lụt tại khu vực Huyện Quảng Trạch, tỉnh Quảng Bình đã được thực hiện trong nghiên cứu này sử dụng mô hình trí tuệ nhân tạo LGBM. Có tổng cộng 173 vị trí ngập lụt trong quá khứ và 07 tham số nguyên nhân (góc mái dốc, hướng mái dốc, độ cong địa hình, độ cao địa hình, mưa, địa mạo, sử dụng đất) được thu thập để xây dựng cơ sở dữ liệu không gian cho mô hình phân tích. Các kỹ thuật đánh giá phổ biến như đường cong ROC, các chỉ số đánh giá độ chính xác đã được lựa chọn để đánh giá độ chính xác của mô hình phân loại LGBM.

Kết quả phân tích và đánh giá thể hiện rằng mô hình LGBM có độ chính xác cao trong dự báo và phân vùng nhạy cảm ngập lụt tại khu vực nghiên cứu ( $AUC = 0,96$  cho dữ liệu đào tạo và  $AUC = 0,88$  cho dữ liệu kiểm chứng). Vì vậy, có thể kết luận rằng mô hình LGBM là công cụ hữu ích và tiềm năng trong đánh giá và phân vùng nhạy cảm ngập lụt và có thể áp dụng để phân tích và đánh giá cho các khu vực khác chịu ảnh hưởng bởi ngập lụt khi xem xét các yếu tố và đặc điểm địa môi trường cụ thể cho từng khu vực nghiên cứu. Hạn chế của nghiên cứu này là chưa xem xét tới các yếu tố liên quan đến mạng lưới dòng chảy ảnh hưởng tới khả năng xảy ra ngập lụt, và nguồn gốc phát sinh lũ tại khu vực nghiên cứu.

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

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.08–2019.03.

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

#### Tài liệu tham khảo

1. Tùng, T. Thiên tai bất thường, gây thiệt hại lớn. Bộ tài nguyên và môi trường, 2022.
2. Roy, P.; Pal, S.C.; Chakraborty, R.; Chowdhuri, I.; Malik, S.; Das, B. Threats of climate and land use change on future flood susceptibility. *J. Cleaner Prod.* **2020**, 272, 122757.
3. Zhao, G.; Pang, B.; Xu, Z.; Yue, J.; Tu, T. Mapping flood susceptibility in mountainous areas on a national scale in China. *Sci. Total Environ.* **2018**, 615, 1133–1142.
4. Chen, H.; Ito, Y.; Sawamukai, M.; Tokunaga, T. Flood hazard assessment in the Kujukuri Plain of Chiba Prefecture, Japan, based on GIS and multicriteria decision analysis. *Nat. Hazards* **2015**, 78, 105–120.
5. Khoirunisa, N.; Ku, C.Y.; Liu, C.Y. A GIS-based artificial neural network model for flood susceptibility assessment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, 18(3), 1072.
6. Rahmati, O.; Pourghasemi, H.R.; Zeinivand, H. Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golastan Province, Iran. *Geocarto. Int.* **2016**, 31(1), 42–70.
7. Pham, B.T.; Luu, C.; Dao, D.V.; Phong, T.V.; Nguyen, H.D.; Le, H.V.; von Meding J.; Prakash, I. Flood risk assessment using deep learning integrated with multi-criteria decision analysis. *Knowledge-Based Syst.* **2012**, 219, 106899.
8. Pham, B.T.; Luu, C.; Phong, T.V.; Nguyen, H.D.; Le, H.V.; Tran, T.Q.; Ta, H.T.; Prakash, I. Flood risk assessment using hybrid artificial intelligence models integrated with multi-criteria decision analysis in Quang Nam Province, Vietnam. *J. Hydrol.* **2021**, 592, 125815.
9. Pham, B.T.; Luu, C.; Phong, T.V.; Trinh, P.T.; Shirzadi, A.; Renoud, S.; Asadi, S.; Le, H.V.; von Meding, J.; Clague, J.J. Can deep learning algorithms outperform

- benchmark machine learning algorithms in flood susceptibility modeling? *J. Hydrol.* **2021**, 592, 125615.
10. Luu, C.; Pham, B.T.; Phong, T.V.; Costache, R.; Nguyen, H.D.; Amiri, M.; Bui, Q.D.; Nguyen, L.T.; Le, H.L.; Prakash, I. GIS-based ensemble computational models for flood susceptibility prediction in the Quang Binh Province, Vietnam. *J. Hydrol.* **2021**, 599, 126500.
  11. Nguyen, H.D.; Thanh, B.Q.; Nguyen, Q.H.; Nguyen, T.G.; Pham, L.T.; Nguyen, X.L.; Vu, P.L.; Nguyen, T.H.T.; Nguyen, A.T.; Petrisor, A.I. A novel hybrid approach to flood susceptibility assessment based on machine learning and land use change. Case study: a river watershed in Vietnam. *Hydrol. Sci. J.* **2022**, 67(7), 1065–1083.
  12. Minastireanu, E.A.; Mesnita, G. Light gbm machine learning algorithm to online click fraud detection. *J. Inform. Assur. Cybersecur* **2019**, 263928.
  13. Wang, D.N.; Li, L.; Zhao, D. Corporate finance risk prediction based on LightGBM. *Inf. Sci.* **2022**, 602, 259–268.
  14. Jing, W.; Qian, B.; Yannian, L. Study on food safety risk based on LightGBM model: a review. *Food Sci. Technol.* **2022**, 42, e42021.
  15. Đức, Đ.N.; Thanh, T.N.; Văn, P.T.; Thái, B.P. Phát triển mô hình học máy cây quyết định và cây quyết định xen kẽ thành lập bản đồ dự báo không gian sạt lở đất tại huyện Mường Nhé, tỉnh Điện Biên, Việt Nam. *Tap chí điện tử Khoa học và Công nghệ Giao thông* **2022**, 2(1), 36–56.
  16. Mahmoud, S.H.; Gan, T.Y. Multi-criteria approach to develop flood susceptibility maps in arid regions of Middle East. *J. Cleaner Prod.* **2018**, 196, 216–229.
  17. Weng, T.; Liu, W.; Xiao, J. Supply chain sales forecasting based on lightGBM and LSTM combination model. *Ind. Manage. Data Syst.* **2020**, 120(2), 265–279.
  18. Zhang, Y.; Zhu, C.; Wang, Q. LightGBM-based model for metro passenger volume forecasting. *IET Intel. Transport Syst.* **2020**, 14(13), 1815–1823.
  19. Aydin, H.E.; Iban, M.C. Predicting and analyzing flood susceptibility using boosting-based ensemble machine learning algorithms with SHapley Additive exPlanations. *Nat. Hazards* **2022**, 1–35.

## Flood susceptibility mapping using Light Gradient Boosting Machine

Nguyen Thanh Tuan<sup>1</sup>, Vu Cao Dat<sup>1\*</sup>, Dam Duc Nguyen<sup>1</sup>, Binh Thai Pham<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Transport and Technology; datvc@utt.edu.vn; binhpt@utt.edu.vn; damnd@utt.edu.vn; tuannt94@utt.edu.vn

**Abstract:** The main objective of this study is to construct flood susceptibility map at Quang Trach district, Quang Binh province (Vietnam) using artificial intelligence based model namely Light Gradient Boosting Machine (LGBM). Database including 173 past flood locations and a set of seven flood conditioning factors (rainfall, geomorphology, land cover, elevation, curvature, slope and aspect) were collected and built training dataset (70%) and validating dataset (30%) for constructing and validating the model. Accuracy of the model was validated using various quantitative statistical indexes including area under the ROC curve (AUC). Results presented that LGBM has a good performance in predicting and assessing flood susceptibility at the study area (AUC = 0.96 for training dataset and AUC = 0.88 for validating dataset). Flood susceptibility map constructed from the modeling with good performance can be used for effective land use planning and giving suitable measures in reducing the harmful impacts of floods at the study area.

**Keywords:** Flood; Light Gradient Boosting Machine; Quang Trach; Vietnam.

# Table of content

- 1** Hoa, V.V.; Tuan, L.M.; Hanh, P.V. Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to mapping technical safety corridor of surface meteorological observation station. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 745, 1–10.
- 11** Anh, N.H.; Anh, N.H.; Dinh, M.K. Some characteristics of Da Nang Bay zoobenthos composition summer 2022. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 745, 11–20.
- 21** Huyen, N.T.; Khanh, N.Q.; Duong, N.H.; Ninh, N.H.; Ha, N.D. Results of zoning landslide and flash flood susceptibility areas in Da Nang City. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 745, 21–33.
- 34** Tuan, D.H.; Linh, N.T.; Linh, D.T.H. Assessment of the current status and requirements for using the learning support application on smartphones for environmental students. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 745, 34–41.
- 42** Phong, D.H. Research and assessment of the current situation based on Sentinel 2 satellite images of Quang Tri Province. **2023**, 745, 42–50.
- 51** Khanh, P.T.; Vu, N.V.T.; Ngoc, T.T.H. Application of WQI index integrated with GIS and remote sensing to assess water quality of Bung Binh Thien Lake. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 745, 51–64.
- 65** Tuan, N.T.; Dat, V.C.; Dam, N.D.; Binh, P.T. Flood susceptibility mapping using Light Gradient Boosting Machine. *VN J. Hydrometeorol.* **2023**, 745, 65–73.