

Bài báo khoa học

## Sử dụng viễn thám ước tính nồng độ $\text{NO}_3^-$ của hồ Trị An, tỉnh Đồng Nai

Trần Ngọc Trâm Anh<sup>1</sup>, Lê Trọng Diệu Hiền<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Chương trình Tài nguyên & Môi trường; Khoa Khoa học quản lý; Trường Đại học Thủ Dầu Một; 2028501010061@student.tdmu.edu.vn; ngoctramanh.tran02@gmail.com

<sup>2</sup> Chương trình Tài nguyên & Môi trường; Khoa Khoa học quản lý; Trường Đại học Thủ Dầu Một; hienltd@tdmu.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: hienltd@tdmu.edu.vn; Tel.: +84-372831517

Ban Biên tập nhận bài: 8/3/2024; Ngày phản biện xong: 10/4/2024; Ngày đăng bài: 25/7/2024

**Tóm tắt:** Hồ Trị An là công trình đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước, điều tiết nước trong khu vực thuộc các tỉnh phía Nam. Hiện nay, hồ có nguy cơ bị ô nhiễm nước mặt do diễn ra các hoạt động như: quá trình sinh hoạt của người dân, khu công nghiệp, nuôi trồng thủy sản ... Việc theo dõi và đánh giá chất lượng nước tại hồ Trị An nhằm xác định mức độ ô nhiễm, giúp kiểm soát chất lượng nước tốt nhất. Dữ liệu viễn thám có khả năng thu thập, cung cấp thông tin của khu vực hồ để tạo dữ liệu phân tích liên tục, giám sát được sự thay đổi chi tiết về chất lượng nước mặt hiệu quả hơn. Nghiên cứu phân tích bao gồm: (1) Phân tích diễn biến nồng độ  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An, tỉnh Đồng Nai trong giai đoạn 2021-2022; (2) Lựa chọn mô hình ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  phù hợp thông các chỉ số thống kê từ dữ liệu viễn thám dựa trên mô hình hồi quy đa biến; (3) Đánh giá mức độ ô nhiễm chất lượng nước mặt tại khu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy, giữa dữ liệu quan trắc và dữ liệu ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  dự đoán có hệ số  $R^2 = 0,6$ . Nghiên cứu đã chứng minh tiềm năng của nguồn dữ liệu viễn thám trong việc đánh giá tổng thể về sự phân bố không gian của chất lượng nước mặt tại sông suối, ao hồ và những thay đổi nồng độ chất lượng nước mặt, cũng như khắc phục tình trạng thiếu dữ liệu trong giám sát môi trường nước.

**Từ khóa:** Viễn thám; Nồng độ  $\text{NO}_3^-$ ; Hồ Trị An; Mô hình hồi quy.

### 1. Mở đầu

Quá trình đo đạc nồng độ các thông số chất lượng nước theo cách thông thường là đến vị trí quan trắc thực hiện việc lấy mẫu nước, tiến hành phân tích các chỉ số trong mẫu nước. Với cách quan trắc mẫu này sẽ gây mất nhiều thời gian, công sức và chi phí thực hiện nên các nguồn dữ liệu thực đo còn hạn chế và nguồn dữ liệu quan trắc sẽ được lấy đại diện tại một số nơi trên hồ. Nguồn dữ liệu quan trắc này cũng chỉ có thể cung cấp thông tin trong khoảng thời gian ngắn tại vị trí cố định, khó có thể sử dụng để phân tích tổng thể toàn khu vực của hồ nước nhằm theo dõi biến động trong khoảng thời gian dài. Việc kết hợp ứng dụng công nghệ thông tin địa lý (GIS) và sử dụng ảnh viễn thám Landsat-8 để phân tích chất lượng nước trong khu vực hồ cho thấy khả năng thu thập và cung cấp thông tin của khu vực hồ để tạo dữ liệu phân tích liên tục, quan sát những thay đổi về chất lượng nước. Kỹ thuật viễn thám với mục đích cung cấp các lợi thế để quan sát và thấy sự thay đổi trong không gian, thời gian; đặc biệt áp dụng tốt ở khu vực nghiên cứu rộng lớn.

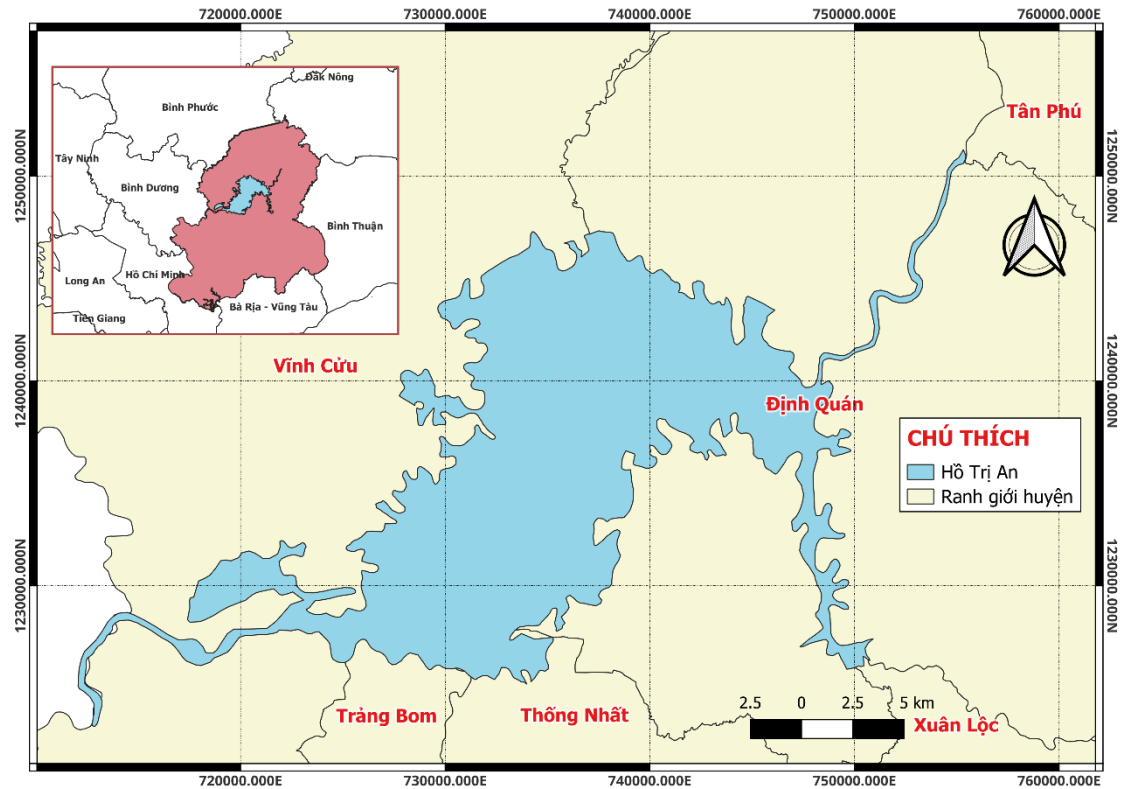
Một vài nghiên cứu trên thế giới ứng dụng công nghệ viễn thám và GIS trong giám sát môi trường như: Nghiên cứu [1] đã thực hiện việc đánh giá chất lượng nước mặt bằng cách

sử dụng ảnh vệ tinh Landsat-8, mô hình chuyển đổi Box-Cox và phép hồi quy tuyến tính, kết quả cho thấy giá trị  $R^2$  của TOC, TDS, Chl-a lần lượt là 0,926; 0,875; 0,810 và đạt được mức độ phù hợp khá cao với kết quả đo đạc chất lượng nước thực tế. Sau quá trình hiệu chuẩn và kiểm định, mức độ phù hợp tương ứng là 98% và 93% đối với TDS và TOC, 81% cho Chl-a là mức độ phù hợp chấp nhận được; nghiên cứu [2] đã nghiên cứu sự biến đổi chất lượng nước và các yếu tố liên quan dọc theo sông Dương Tử bằng cách sử dụng ảnh Landsat-8, kết quả cho thấy chỉ số MAPE của các thông số chất lượng nước là 25,88%, 4,3% và 8,37% đối với nồng độ Chl-a, TN và TP tương ứng và sai số bình phương trung bình gốc (RMSE) là tương ứng là 0,475  $\mu\text{g/L}$ , 0,110  $\text{mg/L}$  và 0,01  $\text{mg/L}$ , mô hình đạt yêu cầu, giúp đánh giá và kiểm soát các nguồn ô nhiễm chất lượng nước tại sông Dương Tử; nghiên cứu [3] phân tích sự biến đổi của chất lượng nước giai đoạn 2013-2018 tại hồ Đông Bình, Trung Quốc bằng mô hình ConvLSTM, phép hồi quy tuyến tính và ảnh Landsat, kết quả thu được giá trị  $\text{MAE} < 0,2$ ,  $\text{MSR} < 0,29$ ,  $\text{RMSE} < 0,4$  và  $\text{NSE} > 0,71$ , mô hình phản ánh tốt nồng độ của tổng N, tiếp theo là COD, Chl-a, tổng P, BOD, nghiên cứu này phù hợp trong việc ứng dụng giám sát chất lượng nước và đóng vai trò là công cụ cảnh báo cho việc quản lý môi trường nước phức tạp ở vùng hồ nội địa.

Tại Việt Nam, nghiên cứu tại khu vực sông Tiền, sông Hậu thuộc đồng bằng sông Cửu Long [4] đã nghiên cứu xác định nồng độ trầm tích lơ lửng trên hệ thống sông tại Đồng bằng sông Cửu Long dựa trên phân tích ảnh viễn thám, kết quả cho thấy giữa chuỗi dữ liệu SSC thực đo và SSC nội suy có sự tương quan mạnh  $R^2 = 0,84$ ;  $\text{BIAS} = -4 \times 10^{-5}$ , kết quả phản ánh phân bố SSC đúng đặc tính của khu vực nghiên cứu; nghiên cứu [5] tại Hà Nội sử dụng dữ liệu quan trắc bụi  $\text{PM}_{10}$  mặt đất, phân tích hàm hồi quy tuyến tính dựa vào ảnh Landsat-8 để thành lập bản đồ phân vùng nồng độ bụi  $\text{PM}_{10}$ , kết quả cho thấy giá trị  $R^2 > 0,971$ , chỉ số  $\text{RMSE} = 7,75 \mu\text{g/m}^3$  đã thể hiện rõ sự khác biệt giữa nồng độ bụi  $\text{PM}_{10}$  đo trên mặt đất và nồng độ bụi  $\text{PM}_{10}$  tính được từ ảnh vệ tinh; nghiên cứu [6] tại vùng cửa Hới sông Mã sử dụng ảnh Landsat-8 và mô hình hồi quy tuyến tính để xác định mối quan hệ giữa phổ phản xạ từ ảnh vệ tinh với nồng độ bụi cát lơ lửng, kết quả cho thấy giá trị  $R^2 = 0,74$  và nghiên cứu tạo cơ sở dữ liệu để xác định nồng độ bụi cát lơ lửng tại các cửa sông khu vực miền Trung cũng như các khu vực khác dọc bờ biển Việt Nam.

Hồ Trị An được khởi công vào năm 1984 và hoàn thành vào năm 1987, hồ được hình thành do việc đắp đập ngăn sông Đồng Nai, một trong những hạng mục chính của công trình thủy điện Trị An, có tọa độ địa lý  $11^\circ 09' 36''\text{B} - 107^\circ 08' 24''\text{Đ}$  (Hình 1). Nằm trên các huyện Vĩnh Cửu, Định Quán, Thống Nhất, Trảng Bom của tỉnh Đồng Nai [7]. Trị An là hồ chứa lớn nhất Việt Nam với diện tích lưu vực khoảng  $14.800 \text{ km}^2$ , chiều dài khoảng 44 km và chiều rộng tối đa 10 km, hồ còn cung cấp sinh kế cho hàng triệu người dân địa phương ở các tỉnh Bình Dương, Đồng Nai và Thành phố Hồ Chí Minh [8]. Hồ chứa không sâu, đáy hồ tương đối bằng phẳng, lưu lượng dòng chảy trung bình hàng năm là  $15.100 \text{ m}^3$  và tổng khối lượng là 2.765 triệu  $\text{m}^3$  [9]. Hồ Trị An được hình thành do việc đắp đập ngăn sông Đồng Nai, hồ có các chức năng như cung cấp nước tưới cho canh tác nông nghiệp, cấp nước cho công nghiệp và sinh hoạt của người dân,... Việc nuôi cá lồng bè [9] cùng với nước thải từ nhà máy, xí nghiệp và các hoạt động sinh hoạt của người dân dẫn đến sự giàu dinh dưỡng trong dòng chảy vào hồ gây ra hiện tượng phú dưỡng [10]. Nên việc theo dõi và đánh giá chất lượng nước tại hồ Trị An là nhiệm vụ quan trọng, để xác định mức độ ô nhiễm giúp kiểm soát chất lượng nước tại đây mang lại hiệu quả hơn.

Từ các nghiên cứu trên cho thấy việc sử dụng ảnh viễn thám và mô hình hồi quy được ứng dụng phổ biến rộng rãi trong các lĩnh vực môi trường khác nhau. Do đó, đề tài nghiên cứu nhằm thực hiện việc ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  của hồ Trị An bằng cách dùng ảnh viễn thám, xây dựng các phương trình hồi quy ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  và đánh giá mức độ chính xác của mô hình. Phương pháp nghiên cứu này không cần phải lấy nhiều mẫu quan trắc, mà sẽ áp dụng mô hình hồi quy để nội suy ra toàn bộ nồng độ của  $\text{NO}_3^-$  của hồ Trị An. Từ đó, tiến hành thành lập bản đồ ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An bằng chồng lớp dữ liệu.



Hình 1. Vị trí địa lý của hồ Trị An.

Mục tiêu của nghiên cứu là ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  trong môi trường nước mặt tại hồ Trị An bằng cách sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám trong giai đoạn 2021-2022. Từ đó, tiến hành thành lập bản đồ ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An dựa vào phép chồng lớp dữ liệu. Qua đó, nghiên cứu nhằm phân tích, đánh giá vấn đề ô nhiễm môi trường nước tạo tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo có cơ sở dữ liệu làm nền tảng để đưa ra giải pháp bảo vệ môi trường.

## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Tiến trình thực hiện

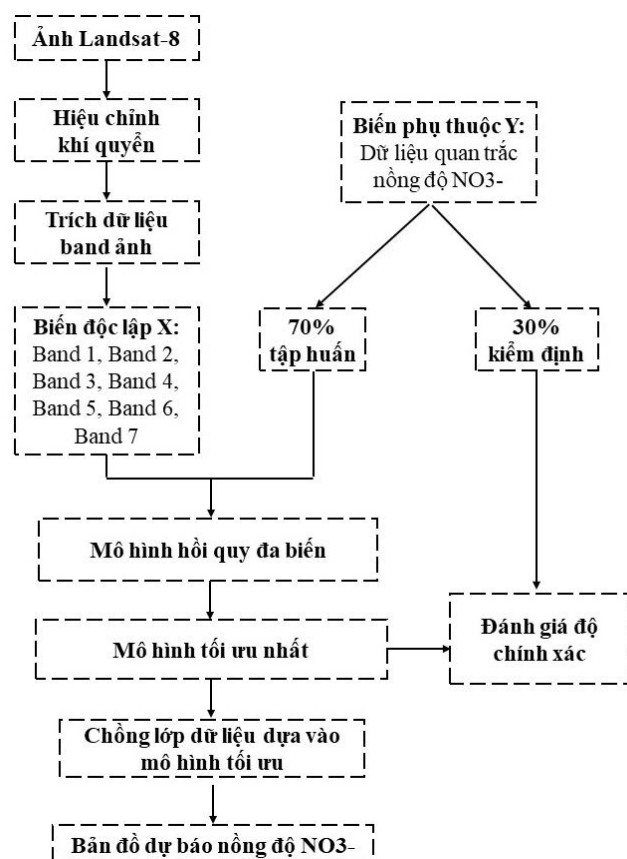
Tiến trình thực hiện của nghiên cứu được thể hiện thông qua các bước (Hình 2).

### 2.2. Dữ liệu

#### 2.2.1. Dữ liệu viễn thám

Dữ liệu ảnh viễn thám sử dụng trong nghiên cứu tại hồ Trị An là ảnh vệ tinh Landsat-8 OLI được thu thập gần với ngày quan trắc tại nguồn dữ liệu của Cục Địa chất Hoa Kỳ USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

Dữ liệu được thu thập ở năm



Hình 2. Tiến trình thực hiện nghiên cứu.

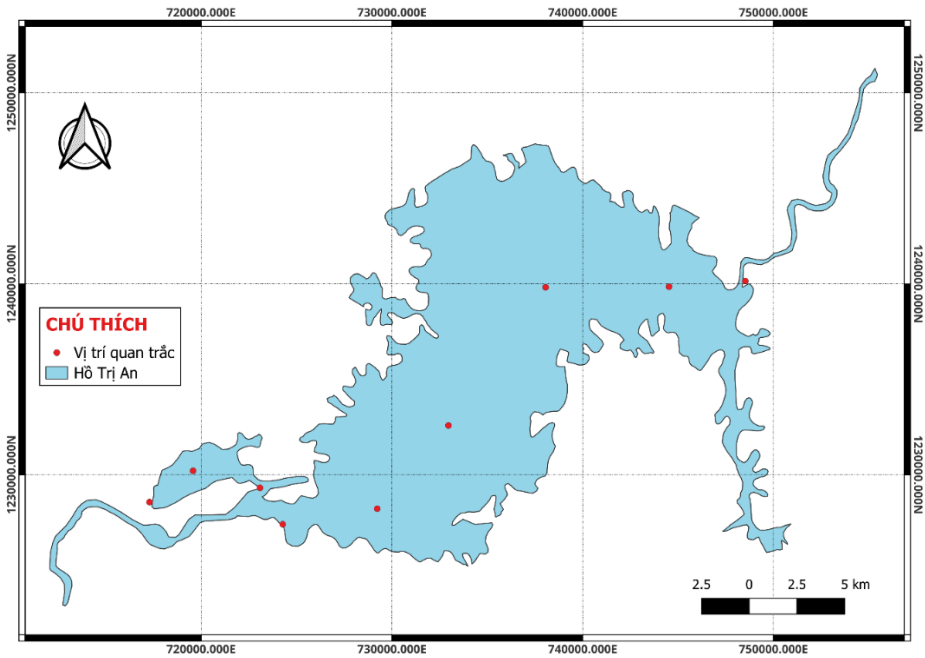
2021, 2022 với loại ảnh vệ tinh Landsat 8. Ảnh sử dụng bộ cảm biến OLI\_TIRS với vị trí ảnh cố định tại p124, r52 và độ che phủ mây là 30%. Thông tin ảnh vệ tinh thu thập được trình bày cụ thể trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Thông tin ảnh vệ tinh đã thu thập.

STT	Ngày chụp	Thời gian chụp	Kí hiệu ảnh
1	06/03/2021	03:07:20	LC08_L1TP_124052_20210306_20210312_02_T1
2	07/04/2021	03:07:08	LC08_L1TP_124052_20210407_20210415_02_T1
3	01/11/2021	03:07:49	LC08_L1TP_124052_20211101_20211109_02_T1
4	11/12/2021	03:07:44	LC09_L1TP_124052_20211211_20230505_02_T1
5	21/02/2022	03:07:25	LC08_L1TP_124052_20220221_20220302_02_T1
6	18/04/2022	03:07:12	LC09_L1TP_124052_20220418_20230421_02_T1
7	13/06/2022	03:07:33	LC08_L1TP_124052_20220613_20220617_02_T1
8	24/08/2022	03:07:37	LC09_L1TP_124052_20220824_20230401_02_T1

2.2.2. Dữ liệu đo đặc nồng độ  $\text{NO}_3^-$

Nghiên cứu thu thập dữ liệu quan trắc chất lượng nước mặt tại hồ Trị An giai đoạn 2021-2022. Dữ liệu đo đặc nồng độ  $\text{NO}_3^-$  trong bài nghiên cứu này được cung cấp từ Trung tâm Quan trắc và Kỹ thuật môi trường tỉnh Đồng Nai với 9 điểm quan trắc như Hình 3 và Bảng 2. Tổng số dữ liệu mẫu quan trắc là 72 mẫu tương ứng với 8 ảnh Landsat nội suy tại 9 điểm quan trắc được sử dụng trong nghiên cứu.



**Hình 3.** Bản đồ các điểm quan trắc tại hồ Trị An.

**Bảng 2.** Vị trí các mẫu quan trắc.

STT	Kí hiệu	Tọa độ X	Tọa độ Y	Ngày lấy mẫu	Mô tả nơi lấy mẫu
1	TA-01	106.989421	11.107255	05/03/2021	Gần cửa đập xã Hiếu Liêm, H. Vĩnh Cửu
2	TA-02	107.010392	11.121944		Gần hồ nhỏ, H. Vĩnh Cửu
3	TA-03	107.042461	11.113659		Gần Chiến khu D, H. Vĩnh Cửu
4	TA-04	107.098607	11.103389	19/04/2021	Bờ phía thị trấn Vĩnh An gần đảo Ó, H. Vĩnh Cửu
5	TA-05	107.133071	11.142562	01/10/2021	Xã Phú Cường, H. Định Quán
6	TA-06	107.239413	11.207459	07/12/2021	Xã La Ngà (xóm bên cá), H. Định Quán
7	TA-07	107.276011	11.20986	17/02/2022	Cửa sông Đồng Nai, xã Thanh Sơn, H. Định Quán
8	TA-10	107.053258	11.096326	20/04/2022	Nhà máy nước Vĩnh An, H. Vĩnh Cửu
9	TA-11	107.180193	11.207641	21/06/2022	Giữa hồ lớn, H. Vĩnh Cửu
				10/08/2022	

## 2.3. Phương pháp nghiên cứu

### 2.3.1. Phương pháp hiệu chỉnh khí quyển

Trong bài nghiên cứu, tác giả thực hiện hiệu chỉnh khí quyển bằng lệnh Preprocessing với dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat-8 và file MTL từ công cụ Semi-Automatic Classification Plugin của phần mềm QGIS.

Việc hiệu chỉnh bằng phép đo phóng xạ được thực hiện bằng cách chuyển đổi các giá trị số (DN) của dữ liệu Landsat-8 OLI đến các giá trị phản xạ của đỉnh khí quyển (TOA) sử dụng hệ số phản xạ thay đổi tỷ lệ được đưa ra trong metadata Landsat-8 OLI (MTL) dưới dạng phương trình sau [11]:

$$\rho\lambda' = M\rho \times Q_{cal} + A\rho \quad (1)$$

Trong đó  $\rho\lambda'$  là hệ số phản xạ TOA (không bao gồm hiệu chỉnh cho góc mặt trời);  $M\rho$  là hệ số tỷ lệ nhân cho một dải quang phổ cụ thể từ tệp MTL (giá trị Reflectance\_Mult\_Band\_X được cung cấp từ file metadata);  $A\rho$  là hệ số tỷ lệ cộng cho một dải quang phổ cụ thể từ tệp MTL (giá trị Reflectance\_Add\_Band\_N được cung cấp từ file metadata);  $Q_{cal}$  là giá trị số trên ảnh (Digital Number).

Trong trường hợp gồm hiệu chỉnh góc mặt trời, hệ số phản xạ TOA được tính như sau [11]:

$$\rho\lambda = \rho\lambda' / \cos(\theta_{sz}) = \rho\lambda' / \sin(\theta_{se}) \quad (2)$$

Trong đó  $\rho\lambda$  là hệ số phản xạ TOA;  $\theta_{se}$  là góc độ cao mặt trời cục bộ;  $\theta_{sz} = 90^\circ$ ;  $\theta_{se}$  là góc thiên đỉnh.

### 2.3.2. Phương pháp mô hình hóa

Dựa theo nghiên cứu trước đó của tác giả Trần Quang Trà và cộng sự [12], để xây dựng phương trình hồi quy đa biến, tác giả thực hiện tính toán hệ số tương quan giữa giá trị quang phổ và nồng độ  $\text{NO}_3^-$  đo được (giá trị quang phổ nằm trong khoảng 0 và 1). Sau khi tính toán giá trị quang phổ, nồng độ  $\text{NO}_3^-$  được ước tính dựa trên mối quan hệ thống kê với giá trị quang phổ của các dải quang phổ lấy từ 7 kênh ảnh của Landsat-8 OLI và sử dụng phương trình hồi quy đa biến với 5 loại như sau:

$$y = a_i x_i + b \quad [13] \quad (3)$$

$$y = a_i x_i^2 + b_i x_i + c \quad [14] \quad (4)$$

$$y = a_i \ln(x_i) + b \quad [15] \quad (5)$$

$$y = a e^{b_i x_i} \quad [16] \quad (6)$$

$$y = a x_i^{b_i} \quad [16] \quad (7)$$

Trong đó  $y$  là nồng độ của  $\text{NO}_3^-$ ;  $x_i$  là giá trị quang phổ của các kênh ảnh;  $a, b, c$  là các hệ số hồi quy.

Kết quả của các phương trình hồi quy được đánh giá bằng cách đối chiếu nồng độ  $\text{NO}_3^-$  quan trắc được và dự đoán từ mô hình. Phương trình tốt nhất được chọn dựa trên giá trị  $R^2$  lớn nhất và sai số RMSE nhỏ nhất.

Trước khi thiết lập mô hình hồi quy cần chia dữ liệu quan trắc  $\text{NO}_3^-$  thành 2 phần như sau:

- 70% mẫu quan trắc (57 mẫu) được sử dụng trong xây dựng tính toán mô hình hồi quy tuyến tính.
- 30% mẫu quan trắc (15 mẫu) được dùng trong quá trình kiểm định mô hình so với giá trị thực đo tại vị trí quan trắc.

### 2.3.3. Phương pháp phân tích thống kê

#### a) Tính toán hệ số tương quan $R^2$

Giá trị trung bình, hệ số xác định ( $R^2$ ) được sử dụng để đánh giá độ tin cậy của các thuật toán nội suy [17]. Công thức tính  $R^2$  được thể hiện trong công thức 8.



$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)(y_i - \bar{y}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}} \right]^2 \quad (8)$$

Trong đó  $x_i$  là giá trị nồng độ thực đo;  $\bar{x}_i$  là giá trị nồng độ thực đo trung bình;  $y_i$  là giá trị nồng độ dự đoán;  $\bar{y}_i$  là giá trị nồng độ dự đoán trung bình;  $n$  là số lượng giá trị tính toán.

#### b) Đánh giá độ chính xác mô hình

Nghiên cứu sử dụng sai số bình phương trung bình bình quân (RMSE). Chỉ số RMSE là đại lượng cơ bản và được sử dụng phổ biến cho việc đánh giá kết quả của mô hình. Công thức tính RMSE được thể hiện ở công thức 9:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (9)$$

Trong đó  $x_i$  là giá trị thực đo;  $y_i$  là giá trị dự đoán;  $n$  là số lượng giá trị tính toán.

Sau khi lựa chọn phương trình hồi quy tuyến tính phù hợp, sẽ tiến hành kiểm tra độ chính xác của mô hình bằng 30% dữ liệu còn lại đã phân chia từ phần mềm SPSS. Thực hiện tính chỉ số RMSE của mô hình từ 30% số mẫu còn lại.

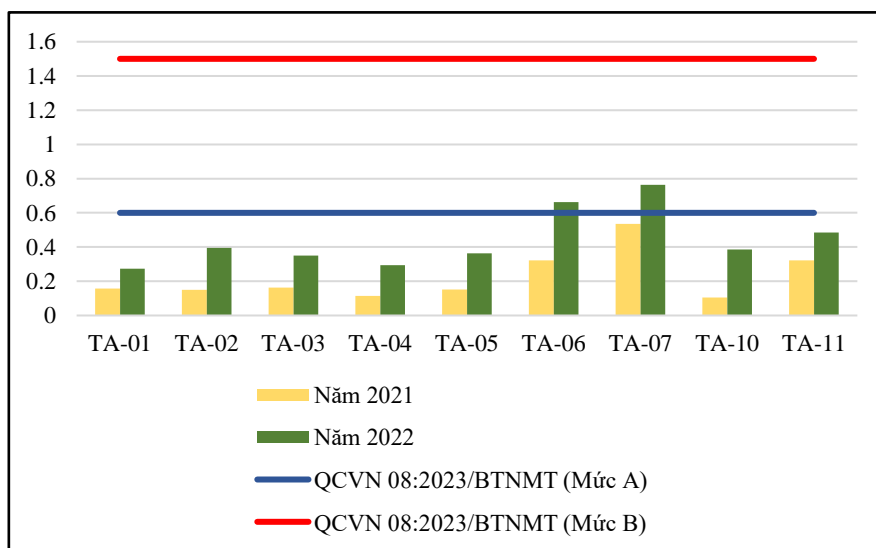
#### 2.3.4. Phương pháp chồng lớp dữ liệu

Sau khi chọn lựa được mô hình hồi quy phù hợp từ 5 phương trình hồi quy, tác giả tiến hành chồng lớp dữ liệu các band ảnh bằng cách tính giá trị trung bình của từng band và tính theo phương trình hồi quy được chọn, dùng công cụ Raster Calculator để gộp các raster trong phần mềm QGIS.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Đánh giá nồng độ $NO_3^-$ quan trắc tại hồ Trị An giai đoạn 2021-2022

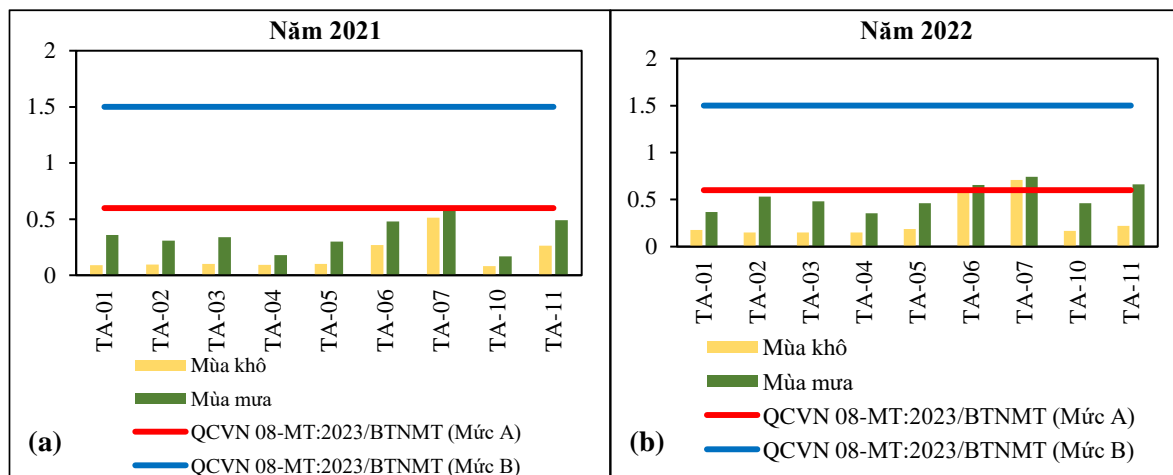
Việc đánh giá nồng độ  $NO_3^-$  tại hồ Trị An giai đoạn 2021-2022 dựa trên kết quả quan trắc nồng độ  $NO_3^-$  tại hồ Trị An được thu thập từ Trung tâm Quan trắc và Kỹ thuật môi trường tỉnh Đồng Nai được thể hiện qua Hình 4.



Hình 4. Diễn biến nồng độ  $NO_3^-$  tại hồ Trị An giai đoạn 2021-2022.

Qua kết quả quan trắc nồng độ  $NO_3^-$  giai đoạn 2021-2022 được mô tả ở Hình 4, nồng độ  $NO_3^-$  quan trắc trung bình dao động từ 0,105-0,763 (mg/L). Nhìn chung, nồng độ  $NO_3^-$  tại 9 điểm quan trắc ở giai đoạn 2021-2022 không vượt mức cho phép theo QCVN 08-

MT:2023/BTNMT (Bảng 3, Mức B) về chất lượng nước mặt và phù hợp cho mục đích sản xuất công nghiệp, nông nghiệp khi áp dụng biện pháp xử lý. Tuy nhiên, tại vị trí TA-06 vượt gấp 1,105 lần, vị trí TA-07 vượt gấp 1,272 lần so với QCVN 08-MT:2023/BTNMT (Bảng 3, Mức A) vào năm 2022 và không phù hợp cho mục đích cấp nước sinh hoạt, bơi lội, vui chơi dưới nước khi có biện pháp xử lý. Diễn biến nồng độ  $\text{NO}_3^-$  có xu hướng tăng dần, mang chất lượng ổn định.



**Hình 5.** Diễn biến nồng độ  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An: (a) Năm 2021, (b) Năm 2022.

Hình 5a cho thấy nồng độ trung bình  $\text{NO}_3^-$  quan trắc vào mùa mưa cao hơn so với mùa khô và có xu hướng tăng dần. Mùa mưa nồng độ dao động từ 0,18-0,6 (mg/L), nồng độ vào mùa khô dao động từ 0,09-0,513 (mg/L) đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08-MT:2023/BTNMT (Bảng 3, Mức A và B). Hình 5b cho thấy nồng độ trung bình  $\text{NO}_3^-$  quan trắc vào mùa mưa cao hơn so với mùa khô và có xu hướng tăng dần. Mùa mưa Nồng độ vào dao động từ 0,353-0,743 (mg/L) nằm trong QCVN 08-MT:2023/BTNMT (Bảng 3, Mức B) nhưng tại vị trí TA-06 vượt gấp 1,095 lần, TA-07 vượt gấp 1,238 lần, TA-11 vượt gấp 1,105 lần so với QCVN 08-MT:2023/BTNMT (Bảng 3, Mức A).

Giai đoạn 2021-2022, nồng độ trung bình  $\text{NO}_3^-$  quan trắc vào mùa mưa có xu hướng cao hơn so với mùa khô và nồng độ phát sinh tăng dần theo từng năm. Hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  tập trung cao tại vị trí thượng nguồn nơi tiếp nhận nguồn nước của hồ chứa từ sông Đồng Nai và sông La Ngà, có xu hướng giảm dần về hạ nguồn nơi có đập Trị An. Vào mùa mưa, dòng chảy ngầm có khả năng làm di chuyển mạnh cũng như khả năng phân tán nguồn thải do các dòng chảy mặt càng làm tăng nguy cơ phân bố rộng của nồng độ  $\text{NO}_3^-$  trong nước mặt [18].

Nguyên nhân chênh lệch nồng độ  $\text{NO}_3^-$  do các nguồn thải vào hồ Trị An phần lớn từ hoạt động của con người: sinh hoạt, nhiều nhà máy và cơ sở sản xuất, nuôi trồng thủy sản ... và nguồn thải trong tự nhiên: sự phân hủy thảm thực vật. Nguồn thải tác động lớn nhất là do hoạt động nuôi cá bè ở Trị An có ảnh hưởng quan trọng đến chất lượng nước hồ [9].

### 3.2. Lựa chọn mô hình phù hợp

Sau khi tiến hành tính toán và phân tích hệ số tương quan giữa biến độc lập và biến phụ thuộc, tác giả tiến hành sử dụng 70% mẫu dữ liệu để xây dựng mô hình hồi quy dựa trên 5 phương trình ở Bảng 3.

Kết quả phân tích tương quan cho thấy 7 biến độc lập và 1 biến phụ thuộc có mối liên hệ tuyến tính với nhau, đều hợp lệ để tiếp tục thực hiện phân tích mô hình hồi quy.

Với mục đích phân tích mối quan hệ giữa 7 biến độc lập (Band 1, Band 2, Band 3, Band 4, Band 5, Band 6, Band 7) và 1 biến phụ thuộc ( $\text{NO}_3^-$ ) nhằm đánh giá mức độ tác động của 8 loại biến này. Kết quả của mô hình hồi quy được tính toán thể hiện cụ thể ở Bảng 4 và bảng 5.

**Bảng 4.** Kết quả phân tích mô hình hồi quy đa biến theo công thức (3), (4), (5).

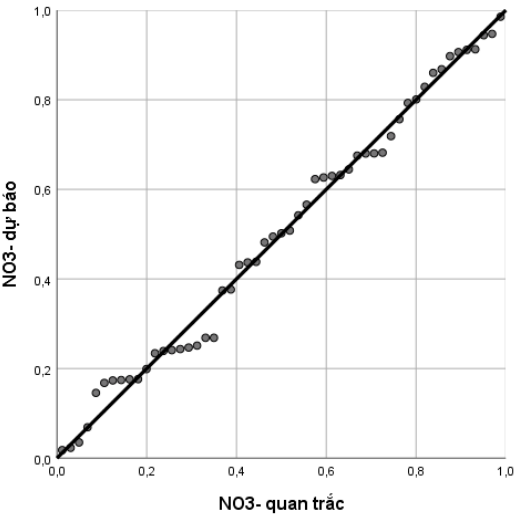
Phương trình	$y = a_ix_i + b$		$y = a_ix_i^2 + b_ix_i + c$			$y = a_i\ln(x_i) + b$	
	a	b	a	b	c	a	b
Band1	-16,232*		-39,139*	93,334		-2,274*	
Band2	17,599*		46,616**	-120,783*		2,589*	
Band3	12,377***		40,109***	101,018**		-3,511***	
Band4	11,119**	0,715	36,158***	-96,349**	1,105	2,862***	-0,164
Band5	-1,370		-8,647*	24,835		-0,371	
Band6	13,585		4,899	89,811		0,687	
Band7	-18,468		-6,856	-139,200		-0,675	
R <sup>2</sup>	0,5		0,7			0,6	
RMSE	0,671		0,321			0,159	

**Bảng 5.** Kết quả phân tích mô hình hồi quy đa biến theo công thức (6), (7).

Phương trình	$y = ae^{bix_i}$		$y = ax_i^{bi}$	
	b	a	b	a
Band1	-38,879**		-4,222*	
Band2	42,897**		4,756*	
Band3	-20,742**		-4,560**	
Band4	17,312**	-0,159	3,680***	-0,578
Band5	-1,767		-	
Band6	16,184		-	
Band7	-21,521		-	
R <sup>2</sup>	0,5		0,6	
RMSE	0,757		0,026	

\* đạt ý nghĩa 95%; \*\* đạt ý nghĩa 90%; \*\*\* đạt ý nghĩa 99%

Từ kết quả ở Bảng 4 và 5, phương trình  $y = ax_i^b$  có hệ số tương quan  $R^2 = 0,6$  và chỉ số  $RMSE = 0,026$ . Trong 5 mô hình hồi quy đa biến, mô hình hồi quy đa biến của phương trình  $y = ax_i^b$  có  $R^2$  đạt 0,6 và chỉ số  $RMSE$  nhỏ nhất thỏa mãn điều kiện của một mô hình hồi quy đạt tiêu chuẩn với hệ số sig < 0,05 và hệ số tương quan  $R^2 \geq 0,5$ . Vì vậy, mô hình hồi quy phương trình  $y = ax_i^b$  là mô hình phù hợp cho việc thực hiện xây dựng bản đồ ước tính nồng độ  $NO_3^-$  tại hồ Trị An.



**Hình 6.** Đồ thị hồi quy thông thường giữa  $NO_3^-$  quan trắc và  $NO_3^-$  nội suy bằng mô hình.

Qua hình 6, mô phỏng các điểm dữ liệu kiểm định tập trung phân bố xung quanh đường chéo và có sự sai lệch ít ra khỏi đường chéo. Nghiên cứu cho thấy mô hình hồi quy được xác định tốt.

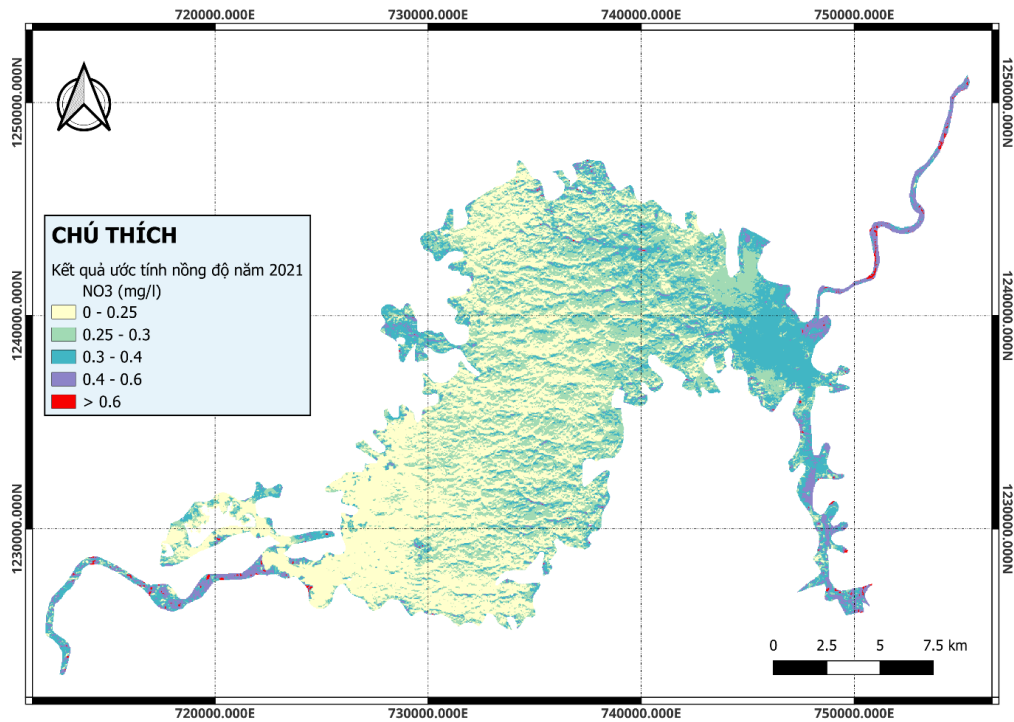


Sau khi thực hiện kiểm tra và thu được mô hình hồi quy phù hợp, phương trình hồi quy đa biến đã chọn chuẩn hóa được viết lại như sau:

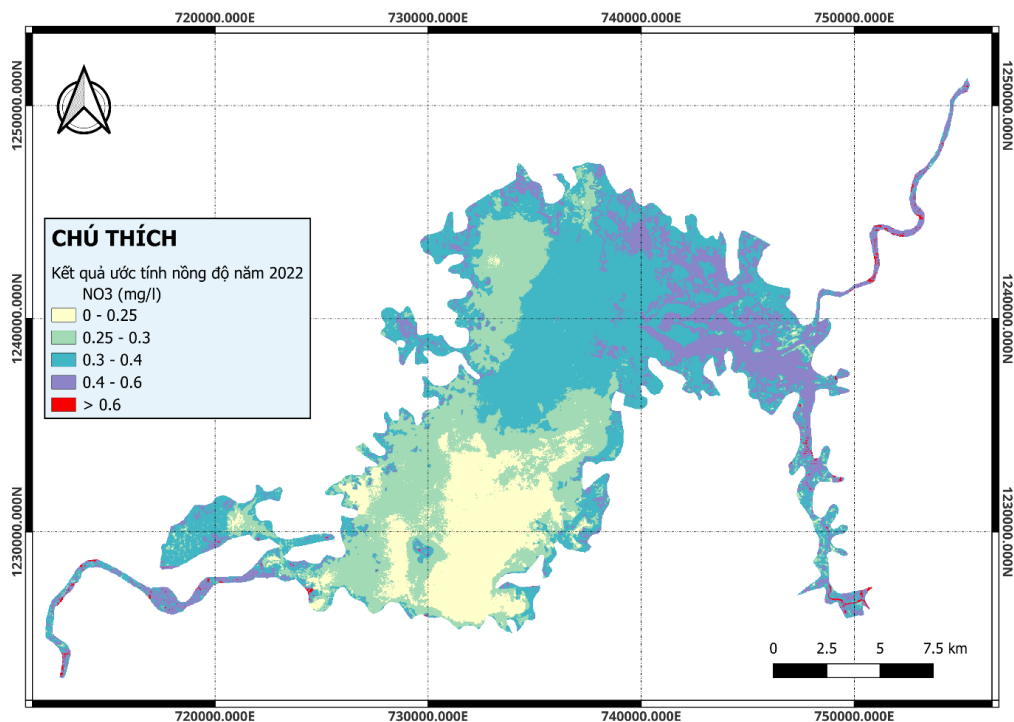
$$y = 0,264 \times \text{Band } 1^{-4,222} \times \text{Band } 2^{4,756} \times \text{Band } 3^{-4,56} \times \text{Band } 4^{3,68} \quad (10)$$

### 3.3. Bản đồ phân vùng nồng độ $\text{NO}_3^-$ tại hồ Trị An

Sau khi xây dựng và lựa chọn, tính toán phương trình hồi quy phù hợp, tiếp đến sử dụng công cụ Raster Calculator thực hiện chồng lớp dữ liệu từ phương trình hồi quy chuẩn hóa để thành lập bản đồ ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An giai đoạn 2021-2022. Hình 7 và hình 8 thể hiện kết quả nồng độ  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An.



**Hình 7.** Bản đồ nồng độ  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An, tỉnh Đồng Nai năm 2021.



**Hình 8.** Bản đồ nồng độ  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An, tỉnh Đồng Nai năm 2022.

Qua kết quả chồng lớp nồng độ  $\text{NO}_3^-$  cho thấy, nồng độ nội suy  $\text{NO}_3^-$  ở năm 2021 dao động từ 0,063-1,0 (mg/L), ở năm 2022 dao động từ 0,226-0,825 (mg/L). Theo kết quả phân tích, hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  nội suy đều thấp hơn QCVN 08-MT:2023/BTNMT (Bảng 3, Mức B) về chất lượng nước mặt, hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  nội suy đạt nồng độ cao ở thượng nguồn (nơi tiếp nhận nguồn nước lớn từ quá trình sinh hoạt của con người và hoạt động sản xuất từ sông Đồng Nai và sông La Ngà tại huyện Vĩnh Cửu và huyện Định Quán) và giảm dần tại hạ nguồn (đập Trị An). Ở các nghiên cứu trước đó, các yếu tố như: tốc độ gió, vận tốc dòng chảy, lưu lượng và tốc độ lắng đọng trầm tích cũng ảnh hưởng đến nồng độ chất lượng nước [19, 20]. Nhìn chung, nồng độ  $\text{NO}_3^-$  chỉ tập trung cao tại vị trí tiếp nhận nguồn nước của hồ chứa từ sông Đồng Nai và sông La Ngà.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu thực hiện ước tính nồng độ  $\text{NO}_3^-$  trong nước mặt tại hồ Trị An bằng cách kết hợp việc sử dụng dữ liệu ảnh viễn thám và dữ liệu quan trắc  $\text{NO}_3^-$ , phân tích mô hình hồi quy đa biến và lựa chọn phương trình phù hợp để xây dựng bản đồ phân vùng nồng độ  $\text{NO}_3^-$  nội suy tại hồ Trị An. Kết quả cho thấy, giữa dữ liệu quan trắc và dữ liệu nội suy nồng độ  $\text{NO}_3^-$  có hệ số  $R^2 = 0,6$  và chỉ số RMSE = 0,026, mô hình phản ánh tương đối hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  tại hồ Trị An. Hàm lượng  $\text{NO}_3^-$  nội suy tập trung cao tại vị trí thượng nguồn nơi tiếp nhận nguồn nước của hồ từ sông Đồng Nai và sông La Ngà, có chiều hướng giảm dần về hạ nguồn nơi đập Trị An). Tuy nhiên, mô hình có hệ số tương quan  $R^2$  chưa cao do việc sử dụng ảnh viễn thám Landsat 8 chỉ gần ngày quan trắc nên làm giảm tính độ chính xác của mô hình. Trong những nghiên cứu tiếp theo sẽ xem xét sử dụng những nguồn ảnh khác có chu kỳ nhỏ hơn như Sentinel-2 hay Modis.

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

**Lời cảm ơn:** Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn đến đơn vị Trung tâm Quan trắc và Kỹ thuật môi trường tỉnh Đồng Nai đã hỗ trợ cung cấp dữ liệu quan trắc về thông số chất lượng nước mặt.

**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. Loaiza, J.G.; Rangel-Peraza, J.G.; Monjardín-Armenta, S.A.; Bustos-Terrones, Y.A.; Bandala, E.R.; Sanhouse-García, A.J.; Rentería-Guevara, S.A. Surface water quality assessment through remote sensing based on the box-cox transformation and linear regression. *Water* **2023**, *15*(14), 2606. <https://doi.org/10.3390/w15142606>.
2. He, Y.; Jin, S.; Shang, W. Water quality variability and related factors along the Yangtze River using Landsat-8. *Remote Sens.* **2021**, *13*(12), 2241. <https://doi.org/10.3390/rs13122241>.
3. Zhang, H.; Xue, B.; Wang, G.; Zhang, X.; Zhang, Q. Deep learning-based water quality retrieval in an impounded lake using Landsat 8 imagery: An application in Dongping Lake. *Remote Sens.* **2022**, *14*(18), 4505. <https://doi.org/10.3390/rs14184505>.
4. Linh, V.T.P.; Hoàng, L.V.; Thành, V.Q. Khả năng ứng dụng ảnh viễn thám Landsat ước lượng nồng độ phù sa lơ lửng trên sông Tiền và sông Hậu, Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* **2019**, *55*(2), 134–144. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2019.140>.

5. Trang, D.H.; Khắc, Đ.V.; Anh, N.K.; Hải, P.T. Quan điểm của ứng dụng mô hình hồi quy tuyến tính trong nghiên cứu phân bố nồng độ bụi PM<sub>10</sub> trên địa bàn các quận nội thành Hà Nội. *HNUE J. SCI.* **2020**, 65(3), 146–157.
6. Hùng, N.T.; Luân, N.T.; Cương, V.Đ.; Thanh, Đ.H.; Long, V.H.; Giang, N.V. Nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám xác định nồng độ bùn cát lơ lửng vùng cửa Hới sông Mã. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi* **2017**, 37, 1–13.
7. Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Đồng Nai. Báo cáo Tổng hợp nhiệm vụ quan trắc nước mặt trên địa bàn tỉnh Đồng Nai năm 2029, 2019.
8. Tuan, H.A.; Hien, L.T.D.; Tat, P.V. GIS Application to zone surface water quality according to WQI – The case of Tri An reservoir, Vietnam. *Int. J. Environ. Eng.* **2016**, 3(1), 53–59.
9. Tám, T.X.; Trung, N.M.; Ngọc, L.T. Nghiên cứu thành phần loài cá ở hồ Trị An, tỉnh Đồng Nai. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Sư phạm TP Hồ Chí Minh* **2017**, 14(12), 80–90.
10. YẾN, T.T.H.; Lượm, L.T.; Lưu, P.T. Đánh giá hiện trạng phú dưỡng và yếu tố môi trường chi phối quần xã tảo lục ở hồ Trị An. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* **2019**, 17(8), 645–664.
11. Ihlen, V.; Zanter, K. Landsat 8 data users handbook. U.S. Geological Survey. 2019. Available online: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8-data-users-handbook>.
12. Tra, T.Q.; Than, N.H. Estimation of nutrient concentrations in the Tri An reservoir, Dong Nai province using LANDSAT 8 OLI. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **2023**, 1170(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1170/1/012026>.
13. Chen, J.; Quan, W. Using Landsat/TM imagery to estimate nitrogen and phosphorus concentration in Taihu Lake, China. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs.* **2012**, 5, 273–280. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2011.2174339>.
14. Thao, N.V.; Vinh, V.D.; Huong, D.T.T.; Gouramanis, C. Remote sensing data analysis with validation by numerical model for detecting suspended particulate matter concentration in coastal waters of the Red river delta, Vietnam. *VN J. Mar. Sci. Technol.* **2018**, 18(3), 256–268. <https://doi.org/10.15625/1859-3097/18/3/12620>
15. Thao, N.V.; Vinh, V.D.; Ve, N.D.; Canh, P.X. Algorithm development of satellite image processing to detect the concentration of suspended particulate matter in coastal waters of Red river delta. *VN J. Mar. Sci. Technol.* **2016**, 16(2), 129–135. <https://doi.org/10.15625/1859-3097/16/2/8446>.
16. Zhu, X.; Wen, Y.; Li, X.; Yan, F.; Zhao, S. Remote sensing inversion of typical water quality parameters of a complex river network: A case study of Qidong's rivers. *Sustainability* **2023**, 15(8), 6948. <https://doi.org/10.3390/su15086948>.
17. Krause, P.; Boyle, D.; Bäse, F. Comparison of different efficiency criteria for hydrologic models. *Adv. Geosci.* **2005**, 5, 89–97. <https://doi.org/10.5194/adgeo-5-89-2005>.
18. Vinh, D.C.; Lam, T.H. Level of nitrate on shallow groundwater in Pleiku city, Gia Lai. *Tạp Chí Khoa Học và Công Nghệ - Đại Học Đà Nẵng* **2018**, 116–118.
19. Nguyen, H.; Thao, N.; Koike, K.; Nhuan, M. Selecting the Best Band Ratio to Estimate Chlorophyll-a Concentration in a Tropical Freshwater Lake Using Sentinel 2A Images from a Case Study of Lake Ba Be (Northern Vietnam). *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2017**, 6, 290. <https://doi.org/10.3390/ijgi6090290>.
20. Pahlevan, N.; Kumar, C.S.; Balasubramanian, S.V.; Vellucci, V. Sentinel-2/Landsat-8 product consistency and implications for monitoring aquatic systems. *Remote Sens. Environ.* **2018**, 220, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.02>.

## Using remote sensing to estimate $\text{NO}_3^-$ concentration of Tri An reservoir, Dong Nai provine

Ngoc Tram Anh Tran<sup>1</sup>, Trong Dieu Hien Le<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Resources & Environment, University of Thu Dau Mot, 06 Tran Van On street, Thu Dau Mot City, Binh Duong, Viet Nam; 2028501010061@student.tdmu.edu.vn; ngoctramanh.tran02@gmail.com

<sup>2</sup> Faculty of Resources & Environment, University of Thu Dau Mot, 06 Tran Van On street, Thu Dau Mot City, Binh Duong, Viet Nam; hienltd@tdmu.edu.vn

**Abstract:** Tri An Reservoir is one of the reservoirs that plays an essential role in water supply and water regulation in the southern provinces of Vietnam. The reservoir is at risk of surface water pollution due to activities such as people's daily routines, industrial parks, and aquaculture. Monitoring and evaluating water quality at Tri An Reservoir is crucial to determining pollution levels and implementing effective water quality control measures. Remote sensing data can collect general information about the entire lake, creating continuous analytical data and enabling more efficient monitoring of detailed changes in surface water quality. In this study, we focused on three main aims, including (1) Analysis of  $\text{NO}_3^-$  concentration at Tri An Reservoir, Dong Nai province in the period 2021-2022; (2) Suitable model selection to estimate  $\text{NO}_3^-$  concentration through different parameters and statistical indices from remote sensing data based on the linear regression model; (3) Assessment of the water pollution level in the reservoir in the study area. The results indicate that the predicted  $\text{NO}_3^-$  concentration, with an  $R^2$  coefficient of over 0.6, aligns well with the observed data. The study highlights the potential of remote sensing data sources in comprehensively assessing the spatial distribution of surface water quality in rivers, streams, lakes, and ponds. It also aids in forecasting potential changes in water quality concentrations in the future, thereby addressing the challenges associated with the lack of data in water environment monitoring.

**Keywords:** Remote sensing;  $\text{NO}_3^-$  concentration; Tri An reservoir; Regression model.