

XÂY DỰNG QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ THÀNH LẬP BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG PHÚ DƯỠNG NƯỚC HỒ TỪ ẢNH VỆ TINH SENTINEL 2

PHẠM QUANG VINH⁽¹⁾, NGUYỄN THỊ THU HÀ⁽²⁾

⁽¹⁾Viện Địa lý, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

⁽²⁾Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - ĐHQGHN

Tóm tắt:

Nghiên cứu này trình bày quy trình công nghệ thành lập hiện trạng phú dưỡng nước hồ từ ảnh vệ tinh Sentinel-2 đã được xử lý ở mức 2 (level 2). Quy trình này được đề xuất dựa trên các quy định hiện hành và những bài học rút ra từ các nghiên cứu trước đây về lập bản đồ tài nguyên và môi trường từ ảnh vệ tinh. Thông qua ứng dụng các kỹ thuật viễn thám và GIS, quy trình này đã được kiểm chứng tại Hồ Tây bằng hình ảnh Sentinel-2 chụp vào ngày 19 tháng 12 năm 2022. Kết quả cho thấy với giá trị TSI thay đổi từ 50 đến 90 thu được từ ảnh, nước hồ Tây đang ở mức phú dưỡng cao đến siêu phú dưỡng. Sự khác biệt về mức độ phú dưỡng trong không gian được thể hiện rõ trên bản đồ kết quả với xấp xỉ 95% diện tích mặt hồ ở mức phú dưỡng ($50 < TSI < 70$), phần nước hồ ở mức siêu phú dưỡng phân bố chủ yếu xung quanh bờ phía Tây của hồ.

Từ khóa: Quy trình công nghệ; Bản đồ; Phú dưỡng; Hồ Tây; Sentinel-2.

1. Đặt vấn đề

Hiện tượng phú dưỡng nước hồ là sự gia tăng hàm lượng chất dinh dưỡng trong nước, đặc biệt là hàm lượng nitrat và phosphate từ các hoạt động nhân sinh, dẫn đến sự phát triển quá mức của tảo và thực vật thủy sinh, dẫn đến các hiện tượng như tảo nở hoa (algal blooms), giảm lượng oxy trong nước (hypoxia), suy giảm chất lượng nước (nước hồ có thể trở nên đục và có mùi hôi), tích tụ các độc tố gây mất cân bằng sinh thái [1]. Quá trình phú dưỡng hóa (eutrophication) là quá trình mà hiện tượng phú dưỡng tiến triển từ nhẹ đến nghiêm trọng, tùy thuộc vào mức độ dinh dưỡng trong hồ và các yếu tố môi trường khác. Hiện tượng

phú dưỡng nước hồ là một trong những vấn đề môi trường toàn cầu đã và đang gây những tác hại nghiêm trọng đến hệ sinh thái thủy sinh và sức khỏe của con người [2], đòi hỏi sự quan tâm và quản lý chặt chẽ để bảo vệ sức khỏe hệ sinh thái và con người [3]. Cũng trong xu hướng chung của thế giới, các hồ nước ngọt nội địa của nước ta cũng đang đứng trước những thách thức nghiêm trọng từ hiện tượng phú dưỡng [4-6]. Rất nhiều hồ và hồ chứa trên địa bàn cả nước được đánh giá là đang ở mức phú dưỡng cao, đặc biệt là các hồ khu vực nội thành Hà Nội [7]. Điều đó dẫn đến một nhu cầu thực tế là hiện tượng phú dưỡng ở các hồ có mức phú dưỡng cao như khu vực nội đô Hà

Ngày nhận bài: 1/8/2024, ngày chuyển phản biện: 5/8/2024, ngày chấp nhận phản biện: 9/8/2024, ngày chấp nhận đăng: 28/8/2024

Nội cần được kiểm soát chặt chẽ và cập nhật liên tục để bảo vệ môi trường thành phố, chủ động ứng phó với các sự cố môi trường như tảo nở hoa và cá chết hàng loạt do hiện tượng này gây ra.

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của công nghệ viễn thám, sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh vào giám sát quá trình phú dưỡng ở các hồ đã và đang được đẩy mạnh trên toàn cầu [8-9]. Cùng với sự ra đời của ảnh vệ tinh miễn phí Sentinel 2 của Cơ quan vũ trụ Châu Âu [10], nhu cầu về sử dụng ảnh này trong giám sát các hồ nội địa cũng phát triển mạnh mẽ, bởi loại ảnh này có sự cải thiện đáng kể về độ phân giải không gian (lên tới 10 m) và bức xạ phổ (có 12 kênh phổ trong dải sóng nhìn thấy và cận hồng ngoại), phù hợp cho giám sát chất lượng nước ở các thủy vực kích thước nhỏ [11]. Rất nhiều công trình nghiên cứu sử dụng thành công loại ảnh này cho giám sát hiện tượng phú dưỡng ở các hồ nội địa [12-14]. Từ kinh nghiệm sử dụng thành công ảnh Sentinel 2 trong việc ước tính giá trị chỉ số hiện trạng dinh dưỡng (Trophic State Index: TSI [15]), hàm lượng chlorophyll-a và độ trong của nước hồ [16-18], trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất một quy trình công nghệ thành lập bản đồ hiện trạng phú dưỡng nước hồ ở không gian chi tiết từng hồ từ ảnh vệ tinh Sentinel 2.

Ở nước ta, việc thành lập bản đồ từ ảnh vệ tinh khá phổ biến trong thời gian gần đây. Một số quy trình thành lập bản đồ từ ảnh vệ tinh đã được đề xuất bởi cả các nhà nghiên cứu [19-21] và cơ quan quản lý [22-23]. Những công trình này là những tham khảo quan trọng cho quy trình công nghệ thành lập bản đồ hiện trạng phú dưỡng nước hồ ở không gian chi tiết từng hồ từ ảnh vệ tinh Sentinel 2 đề xuất trong nghiên cứu này

2. Đề xuất quy trình

a. Quy định chung

Quy định về thành lập bản đồ hiện trạng phú dưỡng nước hồ được xây dựng dựa trên những yêu cầu kỹ thuật cơ bản cho việc thành lập bản đồ chuyên đề bằng ảnh viễn thám theo Thông tư số 10/2017/TT-BTNMT ngày 06/6/2017 [22] và có tham khảo quy định về kỹ thuật thành lập bản đồ nhiệt độ bề mặt nước biển và bản đồ hàm lượng diệp lục bề mặt nước biển theo Thông tư 13/2018/TT-BTNMT ngày 18/10/2018 [23] của Bộ Tài nguyên và Môi trường đã ban hành. Cụ thể, về cơ sở toán học, độ chính xác hình học, mức độ chi tiết về nội dung bản đồ, tài liệu dùng để thành lập bộ bản đồ, các lớp dữ liệu nền được thực hiện theo quy định trong Điều 3 và 4 của Thông tư số 10/2017/TT-BTNMT ngày 06/6/2017 [22].

b. Quy trình công nghệ thành lập bản đồ

Bước 1: Công tác chuẩn bị

Được thực hiện theo điều 6 của Thông tư số 10/2017 [22], bao gồm các hoạt động: 1) Khảo sát và phân tích đặc điểm địa lý, môi trường, sinh thái, hoạt động tự nhiên, hệ thống công trình nhân sinh quanh hồ cần thành lập bản đồ, thu thập mẫu nước để xác định thông số chất lượng nước (hàm lượng chlorophyll-a, độ trong, giá trị TSI) nếu được để kiểm chứng và đánh giá kết quả tính; 2) Tổng quan tài liệu về chất lượng nước hồ, mức độ phú dưỡng nước hồ (nếu có), các bản đồ, các số liệu thống kê, các thông tin có liên quan đến hiện trạng phú dưỡng nước hồ; 3) Lựa chọn mô hình và thuật toán tính toán giá trị TSI, chlorophyll-a hoặc độ trong của nước phù hợp để giúp đánh giá hiện trạng phú dưỡng nước hồ; 4) Xác định cảnh ảnh, mức độ xử lý ảnh, phương pháp xử lý ảnh và hiện trạng của ảnh phù hợp để lập bản đồ.

Bước 2: Biên tập khoa học

Được thực hiện theo Điều 6 của [22], bao gồm các hoạt động: 1) Xác định tên bản đồ, tỷ lệ, chia mảnh bản đồ, hình thức thể hiện khung, lưới kinh - vĩ tuyến và các trình bày ngoài khung bản đồ; 2) Xác định các chỉ tiêu thể hiện nội dung, bố cục nội dung, định dạng bản đồ sản phẩm; 3) Xác định giai đoạn, thời gian thành lập bản đồ; 4) Xây dựng chú giải bản đồ; Tổ chức thư mục lưu trữ dữ liệu. Chú ý là hình thức và nội dung thể hiện phải được điều chỉnh cho phù hợp với diện tích hồ cần thành lập bản đồ, với các hồ có diện tích nhỏ đến vừa, lưới chiếu và múi chiếu thể hiện cần được điều chỉnh để đảm bảo tính thẩm mỹ và độ chính xác.

Bước 3: Thành lập bản đồ nền

Được thực hiện theo Điều 8 của Thông tư số 10/2017 [22], có điều chỉnh để phù hợp với diện tích vùng cần thể hiện. Với các hồ có diện tích lớn, các hoạt động như thu thập bản đồ địa hình hoặc dữ liệu nền địa lý cùng tỷ lệ bản đồ cần thành lập; nắn chuyển bản đồ về Hệ quy chiếu và Hệ tọa độ Quốc gia VN-2000 (nếu khác hệ tọa độ), ghép dữ liệu và cắt dữ liệu theo phạm vi thành lập bản đồ; Xây dựng các lớp dữ liệu nền thông qua việc tổng hợp, lược bỏ nội dung dữ liệu bản đồ địa hình hoặc dữ liệu nền địa lý như quy định là việc cần thiết. Tuy nhiên, đối với các hồ có diện tích nhỏ nội đồ, nơi địa hình và lớp phủ bề mặt đất luôn luôn thay đổi, các dữ liệu địa hình hoặc dữ liệu nền địa lý chưa cập nhật được, việc sử dụng các nền địa lý toàn cầu mở như OpenStreetMap cũng là một giải pháp tốt thể hiện được bối cảnh và mối quan hệ của hồ nghiên cứu với các đối tượng xung quanh.

Bước 4: Thu nhận, xử lý dữ liệu viễn thám

Bao gồm hai hoạt động chính là thu nhận dữ liệu và xử lý dữ liệu viễn thám. 1) Thu nhận

dữ liệu viễn thám theo các chu kỳ trong giai đoạn thành lập bản đồ bao gồm tìm kiếm và tải về các cảnh ảnh phù hợp (chụp vùng nghiên cứu, ít mây che phủ, có thời gian phù hợp với giai đoạn cần thành lập bản đồ) để chuẩn bị cho công tác xử lý; 2) Xử lý ảnh viễn thám phụ thuộc vào lựa chọn mô hình tính toán và phương pháp tính toán thông số đánh giá phú dưỡng (giá trị TSI, chlorophyll-a hoặc độ trong của nước) ở *Bước 1*. Nếu dữ liệu tính toán lựa chọn ở mức 2 (level 2), nghĩa là dữ liệu đã được đưa về giá trị phản xạ tại bề mặt thì chỉ cần loại bỏ các điểm ảnh là mây hoặc không phải mặt nước và áp dụng phương trình tính toán. Trong bối cảnh hiện nay, dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel 2 được phân phối tới tay người dùng miễn phí ở hai mức: mức 1 (level 1) - cung cấp dữ liệu ở giá trị phản xạ phổ tại đỉnh khí quyển (top of atmosphere reflectance) và mức 2 (level 2) - cung cấp dữ liệu ở giá trị phản xạ phổ tại bề mặt đất/đáy đỉnh khí quyển (bottom of atmosphere reflectance), tùy theo yêu cầu về dữ liệu đầu vào của mô hình lựa chọn, có thể chọn dữ liệu mức 1 và mức 2. Với dữ liệu mức 1, cần tiến hành hiệu chỉnh những ảnh hưởng từ khí quyển đến giá trị phổ phản xạ mặt nước theo phương pháp hiệu chỉnh phù hợp. Với dữ liệu mức 2, có thể sử dụng ngay. Trước khi sử dụng dữ liệu, cần tiến hành chuyển đổi hệ quy chiếu của dữ liệu về hệ quy chiếu muốn thành lập bản đồ. (Xem hình 1)

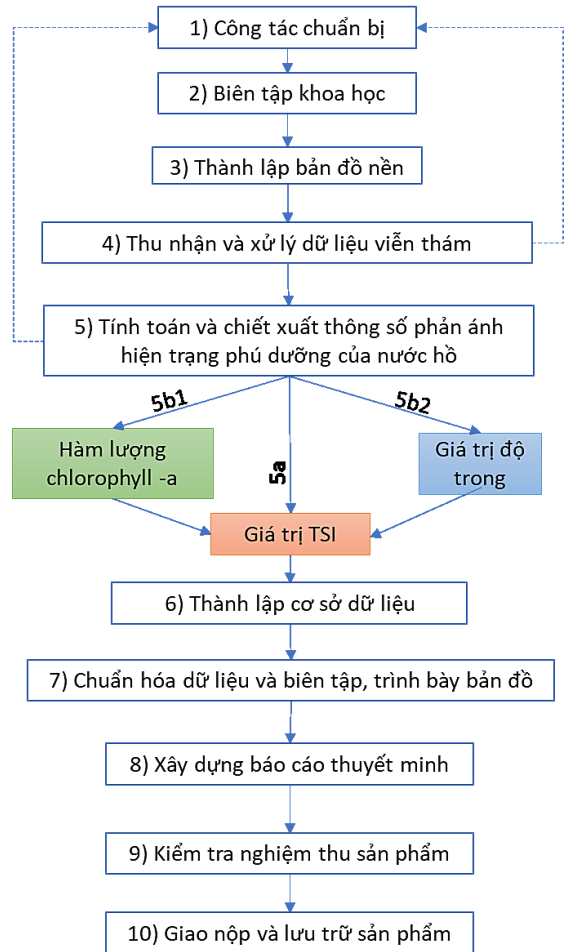
Bước 5: Tính toán và chiết xuất thông số phản ánh hiện trạng phú dưỡng của nước hồ

Bao gồm các hoạt động: 1) Áp dụng mô hình đã lựa chọn vào tính toán giá trị TSI của nước hồ. Ở đây có hai trường hợp: 5a) Tính toán trực tiếp giá trị TSI từ ảnh khi có mô hình tính toán trực tiếp giá trị này cho hồ nghiên cứu; 5b) Tính toán một hoặc đồng thời hai

thông số là hàm lượng chlorophyll-a (5b1) hoặc độ trong của nước (5b2) từ ảnh, sau đó áp dụng theo phương pháp của Carlson đề xuất [15] để tính toán giá trị TSI từ các thông số này. Kết quả cuối cùng của hoạt động này là phải thu được giá trị TSI để xác định một cách định lượng mức độ phú dưỡng ứng với từng pixel ảnh mặt nước hồ; 2) Tùy theo yêu cầu về mặt thời gian của bản đồ hiện trạng như quy định trong điều 2 của [22], tiến hành tạo ảnh giá trị TSI nước hồ theo chu kỳ: a) Theo ngày chụp ảnh; b) Theo mùa/năm/giai đoạn: bằng giá trị trung bình của TSI thu được từ các ảnh chụp trong mùa/năm/giai đoạn đó; 3) Phân vùng ảnh giá trị TSI: a) Tính toán giá trị TSI và chia thành các vùng có giá trị với khoảng chia nhỏ nhất là 1 đơn vị; b) Chuyển đổi vùng chia giá trị TSI từ dạng ảnh (raster) sang dạng véc-tơ (vecto) hoặc chiết suất giá trị TSI dưới dạng dữ liệu số trong file *.csv để phục vụ cho mục đích tạo bản đồ.

Bước 6: Thành lập cơ sở dữ liệu.

Bao gồm việc xây dựng cơ sở dữ liệu về hiện trạng phú dưỡng nước hồ gồm đầy đủ các lớp thông tin của bản đồ nền, lớp thông tin của ảnh giá trị TSI đã được vector hóa, dữ liệu giá trị TSI dạng điểm. Tất cả dữ liệu được đưa về hệ tọa độ VN-2000 theo quy định. Sau đó, tích hợp các dữ liệu dẫn xuất và lựa chọn mô hình nội suy phù hợp nhằm tăng cường độ phân giải không gian của giá trị TSI và ước tính giá trị TSI tại những vùng bị mây che phủ. Khi độ chính xác của phép ước tính lớn hơn 70% ($R^2 > 0,70$), tiến hành nội suy để thành lập bản đồ bề mặt giá trị TSI. Cuối cùng là so sánh giá trị TSI thu được và thang mức độ phú dưỡng của Carlson & Simpson [24] để phân vùng giá trị TSI và xây dựng lớp thông tin hiện trạng phú dưỡng nước hồ.



Hình 1: Sơ đồ quy trình thành lập bản đồ hiện trạng phú dưỡng nước hồ từ ảnh vệ tinh Sentinel 2

Bước 7: Chuẩn hóa dữ liệu và biên tập, trình bày bản đồ

Bao gồm các hoạt động: 1) Chuẩn hóa dữ liệu dẫn xuất, tích hợp, phân tích, xử lý tổng hợp dữ liệu và biên tập, trình bày bản đồ chuyên đề thực hiện theo các Điều 13 của [22]; 2) Hoàn thiện bản đồ, bao gồm nội dung: a) Biên tập, trình bày bản đồ theo thiết kế chú giải chi tiết của bản đồ; b) In, kiểm tra, sửa chữa, hoàn thiện sản phẩm; c) Xây dựng lý lịch bản đồ.

Các bước còn lại bao gồm: *Bước 8: Xây dựng báo cáo thuyết minh; Bước 9. Kiểm tra nghiệm thu sản phẩm; Bước 10: Giao nộp và lưu trữ sản phẩm* được thực hiện theo hướng

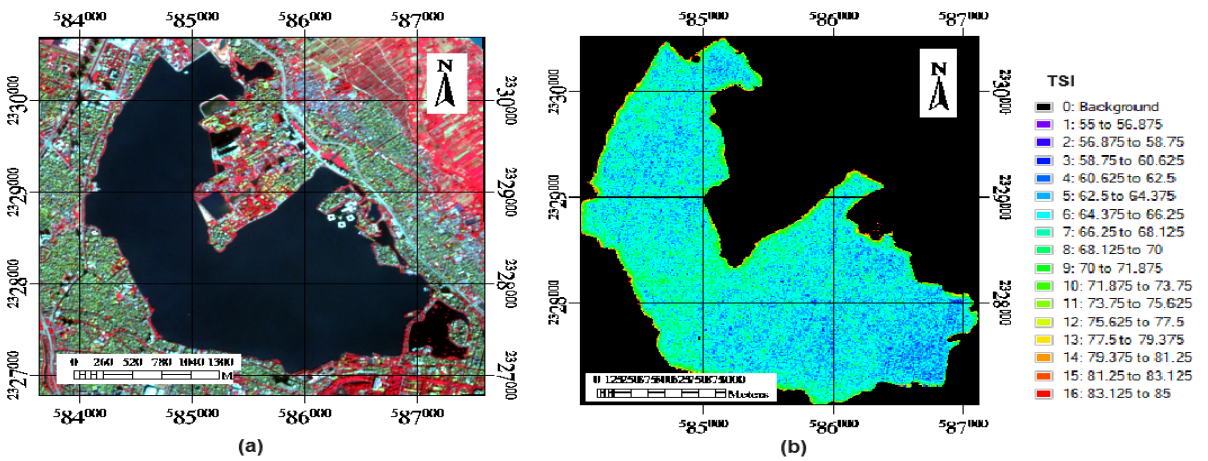
dẫn tại điều 16, 17, 18 của [22] và điều 18, 19 của [23].

Tóm tắt quy trình thành lập bản đồ hiện trạng phủ dưỡng nước hồ từ ảnh vệ tinh Sentinel 2 được thể hiện trong sơ đồ hình 1.

3. Thử nghiệm

Khu vực thử nghiệm là hồ Tây, với diện tích khoảng 500 ha, nằm tại trung tâm Hà Nội. Đây là một hồ quan trọng về mặt cảnh quan,

điều hòa vi khí hậu, và phát triển kinh tế - xã hội. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng hồ Tây đang ở mức phú dưỡng cao đến siêu phú dưỡng [16-17, 25-26]. Dữ liệu sử dụng cho nghiên cứu bao gồm ảnh vệ tinh Sentinel-2B chụp ngày 19/12/2022 với mức độ che phủ mây dưới 10% và đã được xử lý mức 2A (mã số cảnh ảnh: S2B-MSIL2A-20221219T033139-N0509-R018-T48QWJ).



Hình 2: Ảnh vệ tinh Sentinel 2 mức 2A chụp hồ Tây ngày 19/12/2022 (a) và ảnh giá trị TSI sau khi áp dụng mô hình tính TSI đề xuất bởi [16] cho ảnh này (b).

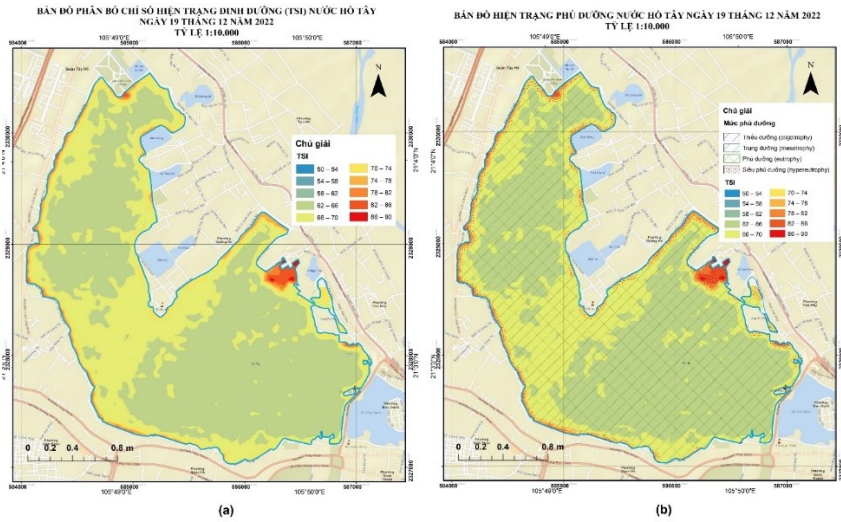
Mô hình tính toán chỉ số TSI từ ảnh Sentinel-2 được lựa chọn (hình 2a) là phương trình (1) được đề xuất bởi [16] và áp dụng để tính toán giá trị TSI cho từng pixel của hồ (hình 2b).

$$TSI = 9,39 \cdot \frac{B4}{B2} + 7,52 \cdot \frac{B4}{B5} + 4,14 \cdot \frac{B4}{B1} + 71,7 \quad (1)$$

Quá trình thực hiện được tuân thủ theo quy trình đề xuất gồm các bước chính: (1) Xác định ảnh vệ tinh phù hợp, chọn mô hình tính toán TSI; (2) Xây dựng bản đồ tỷ lệ 1:10.000 với khung bản đồ bao gồm mặt hồ và các khu vực xung quanh; (3) Số hóa bản đồ nền từ dữ liệu OpenStreetMap; (4) Cắt ảnh vệ tinh và chiết xuất dữ liệu phản xạ từ mặt nước hồ Tây; (5) Tính toán và tạo ảnh giá trị TSI, sau đó chuyển sang định dạng vector và *.csv; (6)

Thành lập cơ sở dữ liệu với các lớp bản đồ nền và chuyên đề, nội suy giá trị TSI cho các vùng bị mây che phủ; (7) Hoàn thiện bản đồ hiện trạng phú dưỡng.

Bản đồ giá trị TSI của nước hồ Tây từ ảnh vệ tinh chụp ngày 19/12/2022 cho thấy giá trị TSI dao động từ 50 đến 90, được chia thành 6 dải màu với khoảng cách 4 đơn vị. Mức TSI cao hơn tập trung ở ven hồ (hình 3a), đặc biệt là bờ phía Tây và khu vực làng Nghi Tàm, trong khi trung tâm hồ có mức TSI thấp hơn. Trên bản đồ, 95% diện tích hồ ở trạng thái phú dưỡng, một số khu vực ven hồ đạt mức siêu phú dưỡng (hình 3b). Bản đồ thể hiện rõ sự phân bố TSI và các vùng mức độ phú dưỡng của hồ.



Hình 3: Bản đồ phân bố giá trị TSI của nước hồ Tây (a) và hiện trạng phú dưỡng nước hồ Tây (b)

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy ảnh Sentinel 2 mức 2A hoàn toàn phù hợp để thành lập bản đồ hiện trạng phú dưỡng các hồ nội địa, bao gồm cả các hồ có diện tích nhỏ hơn 100 ha. Việc thành lập bản đồ hiện trạng phú dưỡng các hồ phụ thuộc rất nhiều vào mô hình ước tính các thông số môi trường nước chỉ thị cho mức độ phú dưỡng (hàm lượng chlorophyll-a, độ trong của nước, chỉ số hiện trạng dinh dưỡng). Thực tế mỗi một hồ có một bối cảnh khác nhau, việc xây dựng mô hình ước tính các thông số này phải được thực hiện trước khi thành lập bản đồ. Quy trình thành lập bản đồ hiện trạng phú dưỡng các hồ tuân thủ chặt chẽ các qui định theo các thông tư hiện hành của Bộ Tài nguyên và Môi trường, có tính khả thi, đảm bảo yêu cầu tiến độ đặt ra và có thể áp dụng rộng rãi vào thực tế công tác quản lý môi trường ở các hồ. Kết quả thử nghiệm vào ảnh Sentinel 2 chụp Hồ Tây vào ngày 19 tháng 12 năm 2022 cho thấy giá trị TSI của nước Hồ Tây đang nằm trong dải từ 50 đến 90, cao ở phần ven bờ và thấp ở phần trung tâm hồ, nước hồ đang ở hai trạng thái là phú dưỡng (với $50 < TSI < 90$, chiếm 95% diện tích mặt hồ) và

siêu phú dưỡng (phân bố ở các vùng nước ven bờ Tây của hồ và ven bờ làng Nghi Tàm).

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua đề tài Nghị định thư Việt Nam - Đài Loan có mã số NĐT/TW/21/16, thông qua đây, tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Vezjak, M., Savsek, T., & Stuhler, E. A. (1998). System dynamics of eutrophication processes in lakes. *European Journal of Operational Research*, 109(2), 442-451.
- [2]. Kakade, A., Salama, E. S., Han, H., Zheng, Y., Kulshrestha, S., Jalalah, M., ... & Li, X. (2021). World eutrophic pollution of lake and river: Biotreatment potential and future perspectives. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101604.
- [3]. Akinawo, S. O. (2023). Eutrophication: Causes, consequences, physical, chemical and biological techniques for mitigation strategies. *Environmental Challenges*, 12, 100733.
- [4]. Linh, N. T., Ha, N. T. T., Thao, N. T. P., & Pham, Q. V. (2021). Assessing trophic status of Suoi Hai reservoir using carlson's

trophic state index. *VN J. Earth Sci*, 43(4), 509-523.

[5]. Yên, T. T. H., Lượm, L. T., & Lư, P. T. (2019). 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*, 17(8), 645-664.

[6]. Thảo, N. T. P., Thắng, P. Đ., Hiền, T. T., & Thu, N. T. (2023). Đánh giá và mô hình hóa hiện trạng phú dưỡng nước hồ Quan Sơn theo không gian và thời gian. *Tạp chí khí tượng thủy văn*, 748(4), 42-52.

[7]. Trung tâm nghiên cứu môi trường và cộng đồng, (2015). Báo cáo hồ Hà Nội 2015. Hà Nội, Việt Nam

[8]. Vos, R. J., Hakvoort, J. H. M., Jordans, R. W. J., & Ibelings, B. W. (2003). Multiplatform optical monitoring of eutrophication in temporally and spatially variable lakes. *Science of the Total Environment*, 312(1-3), 221-243.

[9]. Mozafari, Z., Noori, R., Siadatmousavi, S. M., Afzalimehr, H., & Azizpour, J. (2023). Satellite-based monitoring of eutrophication in the Earth's largest transboundary lake. *GeoHealth*, 7(5), e2022GH000770.

[10]. Spoto, F., Sy, O., Laberinti, P., Martimort, P., Fernandez, V., Colin, O., ... & Meygret, A. (2012, July). Overview of Sentinel-2. In *2012 IEEE international geoscience and remote sensing symposium* (pp. 1707-1710). IEEE.

[11]. Pahlevan, N., Chittimalli, S. K., Balasubramanian, S. V., & Vellucci, V. (2019). Sentinel-2/Landsat-8 product consistency and implications for monitoring aquatic systems. *Remote sensing of Environment*, 220, 19-29.

[12]. Liu, H., He, B., Zhou, Y., Yang, X., Zhang, X., Xiao, F., ... & Fu, C. (2021). Eutrophication monitoring of lakes in Wuhan based on Sentinel-2 data. *GIScience & Remote Sensing*, 58(5), 776-798.

[13]. Peppas, M., Vasilakos, C., & Kavrouidakis, D. (2020). Eutrophication monitoring for lake Pamvotis, Greece, using sentinel-2 data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 143.

[14]. Li, S., Chen, F., Song, K., Liu, G., Tao, H., Xu, S., ... & Mu, G. (2022). Mapping the trophic state index of eastern lakes in China using an empirical model and Sentinel-2 imagery data. *Journal of Hydrology*, 608, 127613.

[15]. Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes 1. *Limnology and oceanography*, 22(2), 361-369.

[16]. Quang Vinh, P., Thi Thu Ha, N., Thao, N. T. P., Ha Linh, P., Hien, T. T., & Parsons, M. (2024). Investigating the spatial-temporal pattern of the trophic state index in Hanoi's largest urban lake (Vietnam) using Sentinel-2 images. *Urban Water Journal*, 1-16.

[17]. Nguyễn, T. T. H., Bùi, Đ. C., Nguyễn, T. P. T., & Bùi, T. N. (2016). Thử nghiệm mô hình hóa sự phân bố không gian của hàm lượng chlorophyll-a và chỉ số trạng thái phú dưỡng nước Hồ Tây sử dụng ảnh Sentinel-2A. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 32(2S).

[18]. Nguyen, T. L., Pham, T. H. T., Luong, T. P., Vu, T. H., Nguyen, T. T. H., & Pham, Q. V. (2019). Using Sentinel-2B imagery to estimate the eutrophication level of Linh Dam Lake, Hoang Mai District, Hanoi. *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 35(4).

[19]. Khánh, N. Q., Phan, V. N. (2015). Xây dựng quy trình công nghệ thành lập tập bản đồ hiện trạng tài nguyên thiên nhiên trên cơ sở ứng dụng viễn thám và GIS. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, 26-12/2015, 52-57.

[20]. Long, Đ. N., Hoai, Đ. T., Thủy, N. T., (2016). Quy trình thành lập bản đồ địa hình bằng công nghệ ảnh Radar kết hợp với ảnh vệ tinh quang học. *Kỹ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ: Đo đạc và Bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu*, tháng 7/2016. Hà Nội, 130-135.

[21]. Mai, Đ. S., Trinh, L. H., & Vương, T. K. (2021). Nghiên cứu quy trình công nghệ thành lập bản đồ thành phố 3D trên nền web. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, (47), 26-32. <https://doi.org/10.54491/jgac.2021.47.236>

[22]. Thông tư số 10/2017/TT-BTNMT ngày 06/6/2017 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định quy trình thành lập bản đồ chuyên đề bằng ảnh viễn thám tỷ lệ 1:5.000, 1:10.000, 1:500.000, 1:1.000.000.

[23]. Thông tư 13/2018/TT-BTNMT ngày 18/10/2018 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định về kỹ thuật thành lập bản đồ nhiệt độ bề mặt nước biển và bản đồ hàm lượng diệp lục bề mặt nước biển tỷ lệ 1:500.000, 1:1.000.000 bằng dữ liệu viễn thám quang học độ phân giải thấp.

[24]. Carlson, R.E. and J. Simpson. 1996. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American Lake Management Society. 96 pp.

[25]. Vân, H. T. L., Cầu, L. N., Dũng, Q. D., Anh, N. T. K., Tiến, N. V., Giang, N. T., Anh, N. T. K., (2018). Đánh giá hiện trạng chất lượng nước Hồ Tây. *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, 08, 58-62.

[26]. Tiên, N. T. H., Vân, N. S., Nguyễn, V. T. H., Thoa, K. T., Tuấn, N. Đ., & Vạn, K. V. (2019). Hiện trạng môi trường nước, trầm tích Hồ Tây (Hà Nội) và đề xuất một số giải pháp bảo vệ nguồn lợi thủy sản. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam 2018*, 16(5): 464-472.

Summary

Establishing a technical framework for creating the lake eutrophication status map using Sentinel-2 satellite imagery

*Pham Quang Vinh, Institute of Geography, Vietnam Academy of Science and Technology
Nguyen Thi Thu Ha, Faculty of Geology, University of Science, Vietnam National University, Hanoi*

This study outlines the technical framework for creating a lake trophic state map using Sentinel-2 Level 2 satellite images. The framework is proposed based on current regulations and insights from previous studies on mapping natural resources using satellite imagery. By applying remote sensing and GIS technology, this process was validated in West Lake using Sentinel-2 imagery captured on December 19th, 2022. The results show that with TSI values ranging from 50 to 90 obtained from the images, West Lake is experiencing a eutrophic to hypereutrophic state. The spatial differences in trophic levels are clearly depicted on the resulting map, with approximately 95% of the lake's surface area in a eutrophic state ($50 < \text{TSI} < 70$) and hypereutrophic waters mainly concentrated along the lake's western shore.

Keywords: Technical framework; Mapping; Eutrophication; West Lake; Sentinel 2.