

Kỹ thuật giám sát tảo nở hoa từ không gian

Nguyễn Hoàng Thông^{1,2}, Lê Xuân Thuần^{2,3}, Trần Thị Vân^{1,2,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Sự nở hoa của các loài vi tảo là một trong những vấn đề môi trường nghiêm trọng gây ảnh hưởng lớn đến môi trường sống của các sinh vật dưới nước. Chúng làm suy kiệt nguồn oxy trong nước, làm thiếu hụt nghiêm trọng nguồn oxy hô hấp cho các sinh vật sống trong thủy vực. Một số loài vi tảo còn có khả năng phát sinh ra các loại độc tố, điển hình là loài tảo lam, làm cho các loài sinh vật trong nước bị nhiễm độc, dẫn đến tử vong và gây ảnh hưởng đến sức khỏe, thậm chí tính mạng của con người khi uống phải. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu lập bản đồ phân bố nồng độ tảo để hỗ trợ đánh giá chất lượng nước cho hồ Dầu Tiếng. Ảnh vệ tinh Landsat được sử dụng để đánh giá định tính và định lượng phát hiện sự xuất hiện của tảo trong khu vực hồ. Kết quả tính toán cho thấy, nồng độ tảo có mối tương quan tuyến tính với tỉ số kênh của thuật toán 3 kênh 3BDA(2), là sự kết hợp của các kênh phản xạ phổ ở dải bước sóng xanh GREEN, đỏ RED và cận hồng ngoại NIR. Từ đó nghiên cứu đã mô phỏng phân bố không gian nồng độ tảo trên khu vực toàn hồ cho 3 thời điểm ảnh vệ tinh đã thu thập. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy công nghệ viễn thám có thể được dùng để giám sát sự xuất hiện và diễn biến nồng độ tảo trong nước, là giải pháp cần thiết nhằm đưa ra các cảnh báo kịp thời cũng như hỗ trợ việc giám sát và quản lý chất lượng môi trường nước để giảm thiểu thiệt hại đối với con người và hệ sinh thái.

Từ khóa: tảo nở hoa, tảo lam, tỷ số kênh, viễn thám

GIỚI THIỆU

Dân số thế giới bùng nổ, các quá trình công nghiệp hóa, đô thị hóa là nguồn phát sinh chất thải vào môi trường nước. Những chất thải này đem lại hàm lượng dinh dưỡng vô cùng lớn, làm phú dưỡng các thủy vực, là nguồn dinh dưỡng giúp tảo có thể phát triển mạnh. Đó là chưa kể đến việc sử dụng phân bón hóa học trong nông nghiệp, vốn chứa rất nhiều thành phần dinh dưỡng như N, P... Lượng phân bón này thường bị rửa trôi bởi các trận mưa lớn và đổ vào các thủy vực gần đó, gây nên hiện tượng phú dưỡng hóa, tạo điều kiện cho tảo nở hoa. Hiện tượng tảo nở hoa là khi mật độ tế bào tảo gia tăng một cách nhanh chóng từ vài chục, vài trăm tế bào/mL lên hơn 10.000 tế bào/mL và thật sự gây hại đối với con người, sinh vật khi đạt mức 100.000 tế bào/mL¹, tương đương nồng độ khoảng 1,2 mg/L đối với loài tảo lam².

Sự nở hoa của tảo gây nên những tác động vô cùng nghiêm trọng đối với môi trường sống của các loài sinh vật trong nước. Chúng làm suy kiệt nguồn oxy trong nước, làm thiếu hụt nghiêm trọng nguồn oxy cho các sinh vật sống trong thủy vực hô hấp. Bên cạnh đó, một số loài tảo có khả năng phát sinh ra các loại độc tố, điển hình là loài tảo lam (hay còn gọi là vi khuẩn lam). Các loại độc tố này làm cho các loài sinh vật bị nhiễm độc và dẫn đến tử vong. Sự nở hoa của tảo tại các vùng biển còn làm ảnh hưởng đến sự sống

và phát triển của các rạn san hô, là môi trường sống của nhiều loài sinh vật biển. Đối với con người tảo biển cũng gây những tác hại vô cùng to lớn khi gây chết hàng loạt các loại cá, tôm được con người nuôi trồng. Những độc tố của tảo tiết ra trong môi trường nước còn gây ảnh hưởng đến sức khỏe, thậm chí tính mạng của con người khi uống phải.

Chính vì những tác hại của hiện tượng nở hoa ở tảo gây ra, việc theo dõi, giám sát diễn biến, nồng độ tảo tại các vùng ven biển hay hồ nước là việc làm cần thiết nhằm có thể nhanh chóng đưa ra các cảnh báo cho người dân. Tuy nhiên, việc giám sát nồng độ tảo trên một khu vực rộng lớn bằng các phương pháp đo đạc truyền thống là vô cùng khó khăn và tốn kém. Phương pháp viễn thám cho phép giám sát bề mặt đất theo phân tử ảnh pixel phủ khắp trên một vùng nghiên cứu, kết hợp các kỹ thuật xử lý ảnh để phát hiện đối tượng bề mặt đã và đang thể hiện ưu thế nổi trội. Trên thế giới, ứng dụng công nghệ viễn thám, theo dõi diễn biến của tảo bằng các ảnh vệ tinh là phương pháp thường được các nhà nghiên cứu sử dụng trong hơn hai thập kỉ gần đây như nghiên cứu sử dụng tổ hợp kênh ảnh (GREEN+NIR)/RED cho ảnh Landsat 7 để phân tích nồng độ tảo một đoạn sông Ohio, Hoa Kỳ³; nghiên cứu so sánh thuật toán 2BDA, 3BDA và chỉ số NDCI (chỉ số điệp lục khác biệt chuẩn hóa)⁴; nghiên cứu so sánh độ chính xác của phân tích

¹Trường Đại học Bách khoa TP HCM, Việt Nam

²Đại học Quốc gia TP HCM, Việt Nam

³Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

Liên hệ

Trần Thị Vân, Trường Đại học Bách khoa TP HCM, Việt Nam

Đại học Quốc gia TP HCM, Việt Nam

Email: tranthivankt@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 14-4-2021
- Ngày chấp nhận: 16-6-2021
- Ngày đăng: 15-7-2021

DOI: 10.32508/stdjns.v5i3.1054



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



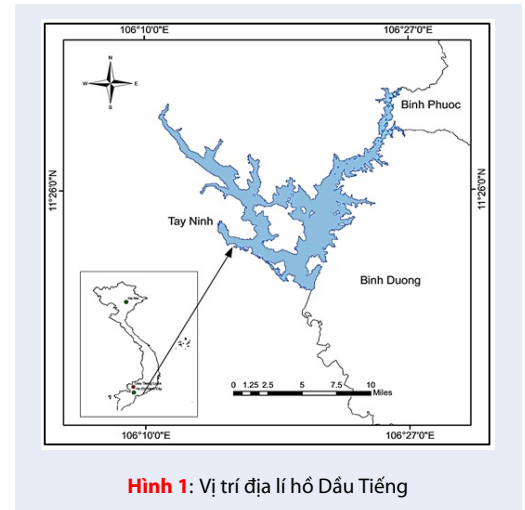
Trích dẫn bài báo này: Thông N H, Thuần L X, Vân T T. Kỹ thuật giám sát tảo nở hoa từ không gian. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 5(3):1374-1383.

tảo nở hoa giữa ảnh radar và ảnh viễn thám vệ tinh⁵; nghiên cứu so sánh tính hiệu quả của các thuật toán của các ảnh vệ tinh WorldView, Sentinel 2, Landsat 8 và MERIS/OLCI⁶ hay nghiên cứu so sánh hiệu quả thuật toán 2BDA, 3BDA và NDCI giữa ảnh Landsat 8 và Sentinel 2...⁷ Các kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, giữa giá trị phổ phản xạ và giá trị thực đo có mối quan hệ tuyến tính ở mức khá trở lên ($R^2 > 0,7$). Tại Việt Nam, việc theo dõi nồng độ tảo bằng công nghệ viễn thám đã được nghiên cứu và ứng dụng chỉ trong những năm gần đây⁸⁻¹⁰. Nhìn chung việc ứng dụng công nghệ viễn thám trong đánh giá hiện tượng nở hoa ở tảo đã và đang được nghiên cứu và phát triển rộng rãi trên thế giới, tuy nhiên tại Việt Nam vẫn còn hạn chế chưa có nhiều nghiên cứu. Thông qua một số nghiên cứu tổng hợp, các kênh ảnh NIR và kênh đỏ là các kênh ảnh thường được sử dụng trong các nghiên cứu. Giải thích cho điều này là do kênh NIR có bước sóng nằm trong khoảng 715 nm là đỉnh phản xạ bức xạ của chlorophyll-a, còn kênh đỏ với bước sóng khoảng 686 nm là đỉnh hấp thụ của chlorophyll-a.

TỔNG QUAN KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Hồ Dầu Tiếng nằm ở thượng lưu sông Sài Gòn thuộc địa phận của 3 tỉnh: Tây Ninh, Bình Phước, Bình Dương. Hồ có tọa độ địa lý từ 11°29'07" đến 11°36'15" vĩ độ Bắc và từ 106°10'49" đến 106°29'07" kinh độ Đông (Hình 1). Cách thị xã Tây Ninh 25 km về phía Đông Bắc và cách TP.HCM 70 km về phía Bắc. Hồ Dầu Tiếng có hình chữ V, cao dần về phía Bắc. Hai bên nhánh của hồ hướng về phía Tây Bắc có núi Bà Đen cao 986 m, núi cao nhất vùng Đông Nam Bộ, phía Đông Bắc có dãy núi Cộ cao 350 - 500 m¹¹. Hồ nằm trong khu vực khí hậu nhiệt đới gió mùa, được phân thành hai mùa rõ rệt: mùa mưa bắt đầu từ tháng 6 - 11. Khí hậu nóng ẩm, ôn hòa quanh năm, do nằm sâu trong lục địa nên ít chịu ảnh hưởng của bão và những yếu tố bất lợi khác. Nhiệt độ trung bình năm 27,4⁰C. Độ ẩm trung bình năm vào khoảng 70-80%. Có hai mùa rõ rệt, mùa khô từ tháng 12 đến hết tháng 04, mùa mưa từ tháng 05 đến hết tháng 11. Lượng mưa trung bình năm là 1.800-2.200 mm. Lượng sáng quanh năm dồi dào, mỗi ngày trung bình có đến 6 giờ nắng, cùng với nhiệt độ cao quanh năm là điều kiện vô cùng thuận lợi cho sự phát triển của các loài tảo, đặc biệt là loài tảo lam.

Hồ Dầu Tiếng là công trình thủy lợi lớn nhất nước ta, với dung tích hữu hiệu khoảng 1,45-1,5 tỉ m³, diện tích mặt nước là 27.000 ha, trong đó có 5.000 ha đất bán ngập triều, có khả năng tưới cho 175.000 ha đất canh tác của tỉnh Tây Ninh, TP.HCM và Long An. Mực nước dao động từ 17-24 m¹¹. Hồ lấy nước từ một số sông, suối bao gồm cả dòng Nước Đục và Krai



Hình 1: Vị trí địa lý hồ Dầu Tiếng

chảy từ Campuchia hình thành trên sông Tha La, các dòng suối Chàm, Ngô, Xa Cát và Lap chảy vào hồ từ tỉnh Bình Dương¹².

Được khởi công xây dựng từ 1979 và hoàn tất vào năm 1985, hồ Dầu Tiếng là một hồ chứa đa chức năng như ngăn lũ, cấp nước sinh hoạt, tưới tiêu, rửa mặn, cải thiện chất lượng nước sông Sài Gòn và nuôi trồng thủy sản. Bên cạnh đó, Hồ Dầu Tiếng là nguồn nước cấp trực tiếp và gián tiếp (thông qua sông Sài Gòn) cho sinh hoạt của hàng triệu dân ở Tây Ninh và TP.HCM. Tuy nhiên hiện nay, hiện trạng chất lượng nước tại hồ Dầu Tiếng đang sụt giảm, nguồn nước trong hồ là nơi tiếp nhận nhiều nguồn thải từ các nơi đổ vào, gây nguy cơ phú dưỡng, điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của các loài tảo lam¹³.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Dữ liệu

Số đo quan trắc tảo

Số liệu quan trắc và phân tích mẫu tảo lam được thu thập từ đề tài nghiên cứu của tác giả¹⁴ thuộc Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP.HCM trong thời gian năm 2012- 2013 tại 5 điểm quan trắc trên hồ Dầu Tiếng với vị trí tọa độ như trình bày trong Bảng 1 và Hình 2. Đơn vị của nồng độ tảo là mg/L. Phương pháp phân tích tảo của tác giả¹⁴ được thực hiện trong phòng thí nghiệm trên các mẫu nước thu từ hiện trường, cụ thể là định lượng vi khuẩn lam (VKL) được tiến hành bằng phương pháp đếm số lượng VKL bằng buồng đếm Uternohl (KC/AS) trên kính hiển vi đảo ngược (Olympus CKX 41) kèm theo thước đo chuyên dụng¹⁵. Sinh khối VKL được tính toán dựa theo công thức thể tích hình học theo hướng dẫn của¹⁶. Các

Bảng 1: Tọa độ năm điểm quan trắc trên hồ Dầu Tiếng

Điểm thu mẫu	Tọa độ	
	North	East
DT1	11°20'32.8"	106°19'39.1"
DT2	11°25'20.2"	106°22'09.3"
DT3	11°27'48.4"	106°23'39.7"
DT4	11°23'40.8"	106°17'04.2"
DT5	11°26'47.8"	106°15'17.2"

mẫu được chọn lựa theo ngày lấy ảnh vệ tinh sẽ được trình bày ở mục tiếp theo bên dưới.

27/11/2012, 26/01/2013 và 27/02/2013, tương đồng với thời gian quan trắc lấy mẫu thực địa.



Hình 2: Vị trí năm điểm quan trắc trên ảnh Google Earth

Dữ liệu khác

Ngoài dữ liệu ảnh vệ tinh và số đo quan trắc mặt đất, nghiên cứu đã sử dụng các dữ liệu hỗ trợ gồm: (i) Bản đồ nền địa hình số hóa, hệ tọa độ VN-2000, tỉ lệ 1/25.000, được thu thập từ Nhà xuất bản bản đồ, được sử dụng để nắn chỉnh hình học cho ảnh vệ tinh; (ii) Dữ liệu ảnh GoogleEarth, nguồn dữ liệu này thường có độ phân giải rất cao (trên dưới 1 m tùy khu vực) được sử dụng để tham khảo, đối chiếu các đối tượng quan sát từ ảnh Landsat; nghiên cứu này sử dụng dữ liệu ảnh GoogleEarth tại các năm tương ứng theo ảnh Landsat.

Dữ liệu viễn thám

Thời gian nghiên cứu để chọn ảnh vệ tinh phụ thuộc vào nguồn số liệu sẵn có đã được thu thập. Số liệu đo nồng độ tảo trên hồ Dầu Tiếng được quan trắc vào năm 2012 và 2013 do đó ảnh vệ tinh cũng phải được thu thập vào khoảng thời gian này.

Ảnh vệ tinh Landsat có rất nhiều ứng dụng trong giám sát môi trường và tài nguyên, dù là nguồn dữ liệu miễn phí nhưng chất lượng đảm bảo và được cộng đồng quốc tế tin tưởng. Tuy nhiên, do đặc điểm ảnh quang học dễ bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết và môi trường, vì vậy cần thiết phải chọn lựa ảnh có chất lượng tốt, không bị mây che phủ làm mất đối tượng quan sát, do đó thời điểm mùa khô là chọn lựa tốt nhất. Khoảng thời gian nghiên cứu là giai đoạn của vệ tinh Landsat 7 đang hoạt động, mặc dù dữ liệu ảnh bị sọc lỗi do mất tín hiệu, tuy nhiên ngay tại khu vực hồ Dầu Tiếng thì không bị lỗi sọc, chỉ một vài lỗi rất nhỏ không đáng kể (Hình 3). Vì vậy nguồn ảnh vệ tinh Landsat 7 được sử dụng cho nghiên cứu. Khu vực thuộc cảnh ảnh có dải bay/dòng (path/row) là 125/052. Thời gian thu nhận ảnh vào các ngày

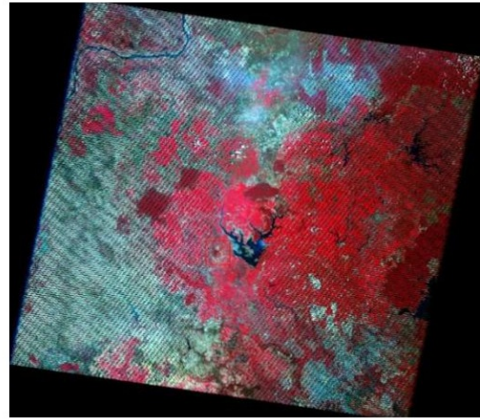
Phương pháp

Định tính từ chỉ số phổ ảnh viễn thám

Cơ sở của viễn thám là sóng điện từ được phân xạ hay bức xạ từ vật thể, là nguồn cung cấp thông tin chủ yếu về đặc tính của đối tượng. Tùy thuộc vào bước sóng điện từ phản xạ hay bức xạ này từ các vật thể được thu nhận bởi các bộ cảm biến sẽ tạo ra các bức ảnh viễn thám với các phổ khác nhau. Phản xạ phổ tương ứng với từng loại lớp phủ mặt đất cho thấy có sự khác nhau do sự tương tác giữa bức xạ điện từ và vật thể, điều này cho phép viễn thám có thể xác định hoặc phân tích đặc điểm của lớp phủ thông qua việc đo lường phản xạ phổ¹⁷.

Các nghiên cứu chỉ ra rằng (Hình 4), thành phần chlorophyll-a trong tảo có xu hướng hấp thụ bức xạ cao ở các bước sóng nằm trong dải màu xanh lam (~430 nm) và dải màu đỏ (~686 nm)^{4,6}, trong khi lại phản xạ rất mạnh tại các bước sóng nằm trong dải màu xanh lục (~550 nm) do thành phần diệp lục và dải gần hồng ngoại (~715 nm) do phản xạ từ thành phần tế bào thực vật⁴.

Việc ứng dụng các dải màu kênh ảnh như xanh lam, xanh lục, đỏ và cận hồng ngoại (NIR) đã được phát triển rộng rãi trong các thuật toán^{3,6,7}. Đây là các dải

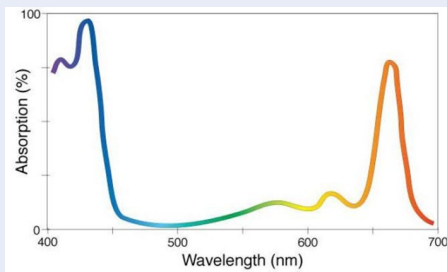


(a)



(b)

Hình 3: Ảnh Landsat 7 toàn cảnh có chứa hồ Dầu Tiếng ở tâm ảnh (a) và cắt nhỏ ngay khu vực hồ (b)



Hình 4: Phổ phân xạ của chlorophyll-a¹⁸

màu thường được sử dụng trong các nghiên cứu do chúng có mối quan hệ chặt chẽ với thực vật nói chung, đặc biệt là các loài thực vật hay cụ thể là tảo trong môi trường nước. Đối tượng nghiên cứu là sự hiện diện của tảo trong hồ. Do đó, việc xác định phân xạ phổ của tảo hay cụ thể hơn là phân xạ phổ của chlorophyll-a là nền tảng cho các thuật toán phân tích. Trong nghiên cứu này, hai thuật toán để đánh giá định tính sự phân bố của tảo trong hồ được sử dụng gồm: thuật toán hai kênh 2BDA và thuật toán ba kênh 3BDA. Các thuật toán đều được phát triển dựa theo phương pháp tỉ số kênh. Các ảnh tỉ số được tính toán bằng cách chia các giá trị của từng pixel ảnh nhằm làm nổi bật các yếu tố ảnh và loại bỏ các dạng nhiễu từ đó làm nổi bật lên đối tượng nghiên cứu⁹.

Các thuật toán dùng để tính toán định tính nồng độ tảo được sử dụng trong nghiên cứu được trình bày trong công thức (1), (2) và (3).

$$2BDA = NIR / RED \quad (1)$$

$$3BDA(1) = (GREEN + NIR)/RED \quad (2)$$

$$3BDA(2) = (GREEN^{-1} + NIR^{-1})/RED \quad (3)$$

Trong đó: GREEN, RED là các kênh phổ trong dải bước sóng nhìn thấy màu xanh lục và đỏ; NIR là kênh phổ trong dải bước sóng cận hồng ngoại.

Định lượng từ thống kê

Phân tích tương quan được vận dụng để nghiên cứu mối quan hệ giữa các hiện tượng hoặc giữa các biến. Phương pháp tương quan tuyến tính đơn được sử dụng trong nghiên cứu này để biểu hiện và phân tích mối liên hệ giữa số đo quan trắc mặt đất và giá trị phổ trích xuất từ ảnh vệ tinh ngay tại điểm quan trắc. Hệ số tương quan dương phản ánh mối quan hệ cùng chiều (đồng biến), ngược lại, hệ số tương quan âm biểu thị mối quan hệ ngược (ngược biến) giữa hai biến.

Phân tích hồi quy là quá trình ước lượng hoặc dự báo một biến trên cơ sở giá trị đã cho của các biến khác. Kết quả của phân tích hồi quy là tìm ra dạng của mô hình hồi quy. Đây là một vấn đề quan trọng, một trong những nhân tố có tính quyết định đối với kết quả nghiên cứu. Dạng của mô hình hồi quy là một vấn đề thực nghiệm¹⁹. Đồ thị điểm được sử dụng để biểu diễn mối liên hệ giữa 2 biến. Trên các đồ thị này, các đường thẳng là đường hồi quy lý thuyết, chúng điều chỉnh và bù trừ chênh lệch ngẫu nhiên, cho nên chúng có khả năng tương trưng được cho mối liên hệ tương quan tuyến tính giữa 2 biến xem xét. Vị trí của các đường hồi quy lý thuyết này được xác định theo phương trình trong công thức (4).

$$y = a + bx \quad (4)$$

trong đó, y là biến phụ thuộc với các giá trị nồng độ tảo được mô phỏng, x là biến độc lập là các giá trị phổ trích xuất từ ảnh vệ tinh, a và b là các hệ số phải xác định. Phương pháp ước tính các hệ số này dựa vào phương pháp bình phương tối thiểu. Hệ số a là mức độ xuất phát đầu tiên của đường hồi quy, đây là tham số tự do không phụ thuộc vào x . Hệ số b là mức độ quy định độ dốc của đường hồi quy hay còn gọi là hệ số hồi quy, nói lên mức độ ảnh hưởng của biến độc lập x đối với biến phụ thuộc y , cụ thể là mỗi khi tăng x lên một giá trị thì y sẽ tăng bình quân lên một giá trị b .

Kiểm tra độ chính xác

Sai số đánh giá độ chính xác được tính từ độ lệch trung bình (bias) giữa các giá trị ước tính với giá trị đo đạc thực tế theo công thức (5).

$$bias = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X - X^*) \quad (5)$$

Trong đó, N là số mẫu được lấy để tính sai số; X là giá trị thực đo quan trắc, X^* là giá trị tính toán từ ảnh vệ tinh.

Tổng hợp độ chính xác của mô hình hồi quy được đánh giá theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Sai số được tính toán dựa trên độ chênh lệch bình phương giữa giá trị thực tế (của các điểm đối chiếu) và giá trị mô phỏng (trong mô hình hồi quy) theo công thức (6).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X^*)^2}{N}} \quad (6)$$

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sau các bước tiến xử lý và cắt ảnh khu vực nghiên cứu, ảnh vệ tinh Landsat được sử dụng tính toán theo hai thuật toán đã mô tả trong phần phương pháp.

Định tính sự xuất hiện tảo trên hồ

Thuật toán hai kênh 2BDA

Kết quả định tính theo thuật toán 2BDA (Hình 5) cho thấy sự khác biệt về giá trị phản xạ phổ giữa các tháng, đặc biệt là tháng 2/2013 có giá trị phản xạ phổ tại một số vùng cao hơn hai tháng còn lại. Điều này có thể là do nồng độ tảo trong hồ Dầu Tiếng vào tháng 2/2013 cao hơn so với những tháng trước đó. Tuy nhiên, cũng có thể là do ảnh hưởng của các yếu tố khác trong hồ như nồng độ phù sa cao, các chất hữu cơ có màu CDOM hay các phần tử không phải tảo NAP... So sánh với kết quả quan trắc tảo tại 5 điểm giữa các tháng, cho thấy nồng độ tảo của tháng 2/2013 và tháng 11/2012 cao hơn so với nồng độ tảo vào tháng 1/2013. Điều này cũng được thể hiện một phần trong kết quả tính toán định tính sơ bộ này.

Thuật toán ba kênh 3BDA(1)

Kết quả nghiên cứu định tính theo thuật toán 3BDA(1) trình bày trên Hình 6 cho thấy sự khác biệt rõ rệt của kết quả tháng 2/2013 so với hai tháng còn lại. Các kết quả tính toán của tháng 11/2012 và tháng 1/2013 cho thấy giá trị phản xạ phổ khá cao và đồng đều tại hầu hết các vùng nước. Tuy nhiên, cơ sở lý thuyết của thuật toán 3BDA(1) là cộng thêm kênh GREEN, kênh phản xạ tốt bức xạ mặt trời vào trong công thức, nên sẽ làm tăng lượng quang phổ thu được.

Thuật toán ba kênh 3BDA(2)

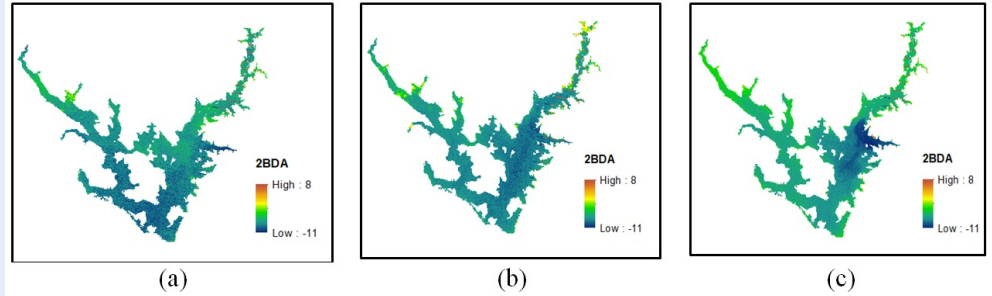
Thuật toán 3BDA(2) là thuật toán thực nghiệm của nghiên cứu này được phát triển dựa trên thuật toán 3BDA(1) và công thức của ⁴. Kết quả tính toán định tính của thuật toán 3BDA(2) được thể hiện trong Hình 7. Kết quả cho thấy sự thay đổi nồng độ tảo rõ rệt qua các tháng. Tuy nhiên có thể nhận thấy rằng, ở cả ba tháng, vùng thủy vực giáp tỉnh Bình Dương luôn cho giá trị phản xạ phổ cao hơn vùng thủy vực giáp tỉnh Tây Ninh.

Định lượng nồng độ tảo

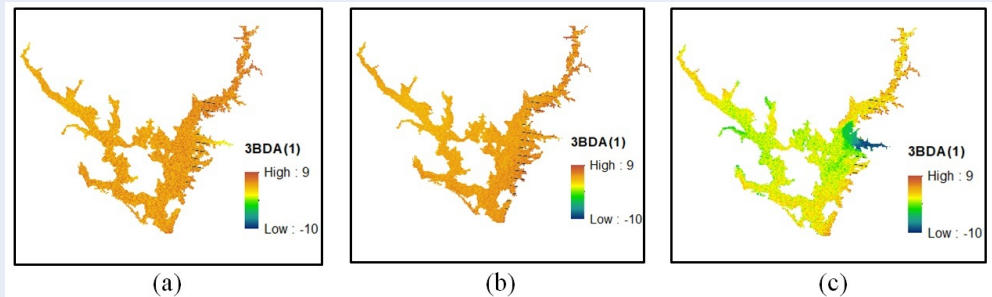
Các mối liên hệ tương quan giữa các hiện tượng thường được biểu hiện bằng dạng phương trình tuyến tính. Trong nhiều trường hợp phân tích, thực tế cho thấy mối liên hệ là phi tuyến tính, nhưng người ta cho rằng nếu không có sai số lớn lắm thì có thể dùng phương trình tuyến tính để mô tả một cách xấp xỉ, gần đúng, quá trình tính toán lại đơn giản hơn. Cũng có khi hình thức của mối liên hệ này còn chưa rõ, người ta cũng giả thiết là mối liên hệ tuyến tính ²⁰. Do đó, nghiên cứu này chỉ khảo sát cho trường hợp quan hệ tuyến tính. Phương pháp định lượng nồng độ tảo được thực hiện thông qua thống kê tương quan theo tập số liệu được xây dựng từ số đo quan trắc mặt đất (nồng độ tảo sau phân tích phòng thí nghiệm, đơn vị mg/L) và giá trị phổ trích xuất từ ảnh vệ tinh sau tiến xử lý và tính toán theo thuật toán 2 kênh và 3 kênh (Bảng 2). Giá trị nồng độ tảo quan trắc mặt đất là nồng độ của loài tảo lam (cyanobacteria), loài chiếm ưu thế trong các loài tảo trên hồ Dầu Tiếng ²¹.

Quá trình tính toán và khảo sát được thể hiện trên các biểu đồ phân tán điểm biểu diễn quan hệ giữa số liệu đo quan trắc mặt đất với giá trị phổ từ tính toán theo thuật toán 2 kênh và 3 kênh được trình bày trên các biểu đồ Hình 8.

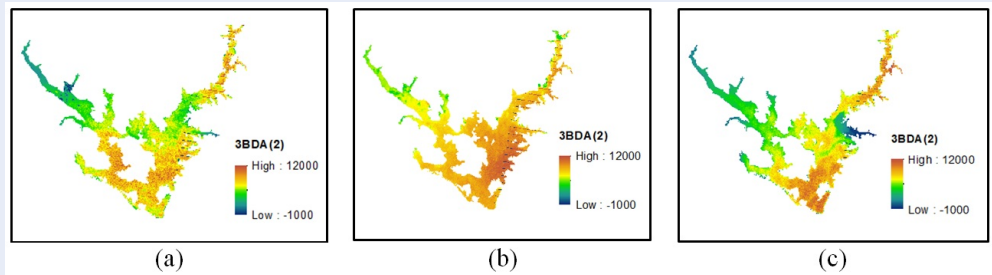
Kết quả phân tích tương quan của thuật toán 2BDA cho hệ số tương quan R^2 là 0,28, thể hiện sự tương quan kém giữa các giá trị quan trắc và bức xạ phổ. Do đó, hàm hồi quy không phù hợp. Kết quả phân



Hình 5: Kết quả định tính theo thuật toán 2BDA: a, Ngày 27/11/2012; b, Ngày 26/01/2013; c, Ngày 27/02/2013.



Hình 6: Kết quả định tính theo thuật toán 3BDA(1): a, Ngày 27/11/2012; b, Ngày 26/01/2013; c, Ngày 27/02/2013.



Hình 7: Kết quả định tính theo thuật toán 3BDA(2): a, Ngày 27/11/2012; b, Ngày 26/01/2013; c, Ngày 27/02/2013.

tích tương quan của thuật toán 3BDA(1) cho sự không tương quan giữa các giá trị phản xạ phổ và số liệu quan trắc, với R^2 là 0,03. Do đó, hàm hồi quy không phù hợp. Trường hợp phân tích tương quan của thuật toán 3BDA(2) cho hệ số tương quan R^2 là 0,60, thể hiện mức tương quan khá, đây là mức tương quan tốt nhất trong ba thuật toán sử dụng trong nghiên cứu này. Do đó, phương trình hồi quy được sử dụng để tính toán định lượng nồng độ tảo tại hồ Dầu Tiếng thể hiện trong công thức (7).

$$y = -0,0022x + 3,411 \quad (7)$$

với x là giá trị ảnh tính từ công thức của thuật toán 3BDA(2); y là nồng độ tảo mô phỏng.

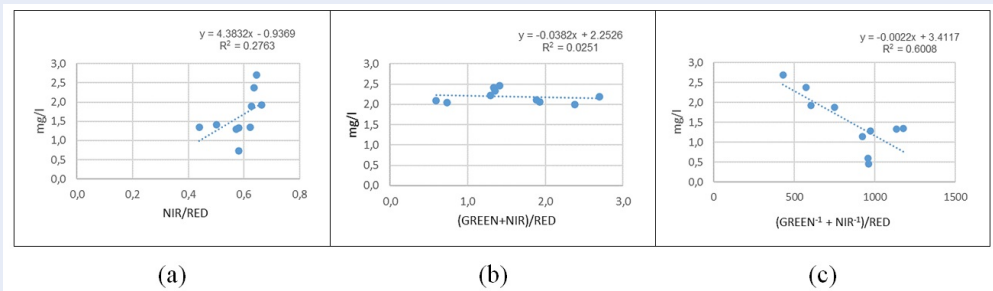
Từ đây các bản đồ phân bố không gian nồng độ tảo được thành lập phục vụ cho các bước phân tích tiếp sau (Hình 9)

Các số liệu tính toán định lượng sau đó được so sánh với các kết quả quan trắc để kiểm tra tính chính xác của thuật toán 3BDA(2). Tính sai số theo chỉ tiêu Bias và RMSE cho thấy độ lệch Bias = 0,4776 (mg/L) và RMSE = 1,0752 (mg/L) là khá nhỏ.

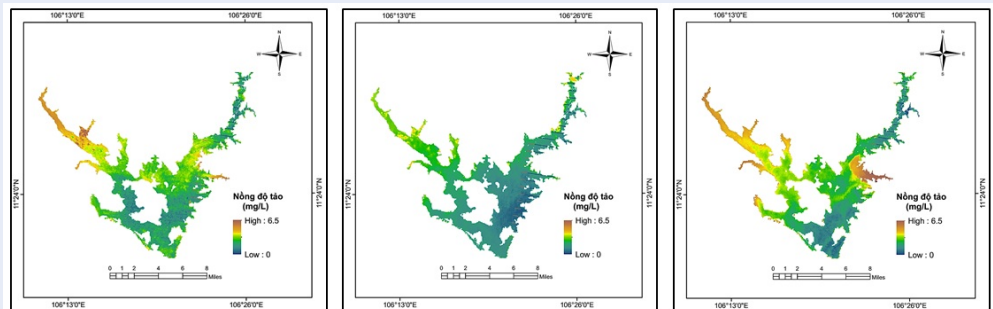
Từ kết quả tính toán định tính và định lượng của thuật toán 3BDA(2) cho thấy, giá trị phản xạ phổ càng thấp càng biểu thị cho sự xuất hiện của tảo trên hồ.

Bảng 2: Tập số liệu mẫu để tính tương quan và hồi quy

Ngày	Điểm quan trắc	Nồng độ tảo (mg/L)	Giá trị phổ		
			2BDA	3BDA(1)	3DBA(2)
27/11/2012	DT1	1,3538	0,440	2,334	1177,440
	DT2	1,3379	0,580	2,407	1134,762
	DT3	0,4534	0,502	2,398	963,410
	DT4	1,4096	0,576	2,466	1371,981
	DT5	4,3492	0,652	2,243	834,221
26/01/2013	DT1	1,2909	0,571	2,219	974,875
	DT2	0,5936	0,555	2,095	956,550
	DT3	0,7337	0,582	2,051	681,874
	DT4	1,8860	0,628	2,102	751,529
	DT5	1,3474	0,623	1,981	465,812
27/02/2013	DT1	0,2089	0,585	2,156	984,773
	DT2	1,1505	0,457	1,922	922,903
	DT3	2,6986	0,645	2,188	429,128
	DT4	1,9260	0,664	2,066	602,777
	DT5	2,3789	0,636	2,001	574,644



Hình 8: Biểu diễn tương quan giữa nồng độ tảo và giá trị phổ tính từ thuật toán: a, 2BDA; b, 3BDA(1); c, 3BDA(2).



Hình 9: Mô phỏng phân bố không gian nồng độ tảo lam (mg/L) trên hồ Dầu Tiếng vào các thời điểm ảnh: a, 27/11/2012; b, 26/01/2013; c, 27/02/2013.

Điều này thể hiện rõ nhất ở vị trí phía Đông của hồ Dầu Tiếng, khi kết quả phân tích định tính cho phân xạ phổ thấp hơn các vùng nước còn lại và kết quả tính toán định lượng lại cho thấy nồng độ tảo cao tại vùng nước này.

Thống kê từ ảnh phân bố không gian nồng độ tảo lam tại hồ Dầu Tiếng cho thấy, nồng độ tảo lam đạt từ 0 đến trên 4 mg/L. Một số khu vực có nồng độ tảo cao như khu vực phía Tây Bắc và một phần nhỏ phía Đông của hồ. Trong cả ba tháng nồng độ tảo tại khu vực phía Tây Bắc luôn cao hơn mức 2,2 mg/L và dao động trong khoảng 2,2–4,2 mg/L. Đối với khu vực phía Đông hồ Dầu Tiếng, vào tháng 01/2013, nồng độ tảo dao động trong khoảng 1,6–2,5 mg/L, tuy nhiên vào các tháng 11/2012 và tháng 2/2013 nồng độ tảo luôn cao hơn mức 2,5 mg/L và cao nhất ở nồng độ 3,3 mg/L. Nhìn chung các khu vực trên hồ Dầu Tiếng đang có dấu hiệu tảo nở hoa khi nồng độ > 1,2 mg/L^{2,7}. Nếu không kiểm soát tốt, hiện tượng nở hoa trong hồ Dầu Tiếng sẽ ngày càng trở nên xấu hơn và gây ảnh hưởng lớn đến hệ sinh thái trong thủy vực.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã chứng minh khả năng của công nghệ viễn thám trong giám sát tảo trên hồ, trong khi thực tế khó có thể đo đạc toàn bộ hồ rộng lớn với mức độ chi tiết như từ ảnh vệ tinh. So sánh giữa hai kết quả quan trắc và kết quả tính toán định lượng, tại một số vị trí quan trắc, nồng độ tảo có sự chênh lệch khá lớn. Nguyên nhân dẫn đến sự chênh lệch có thể do nhiều yếu tố, trong đó có thể do tương quan chỉ ở mức khá ($R^2 = 0,6$) cho nên hàm hồi quy mô phỏng chưa được tốt. Bên cạnh đó, bộ mẫu dùng cho phân tích tương quan giữa giá trị trị thực đo và giá trị phản xạ phổ cũng là một hạn chế. Mặc dù kết quả đạt được chưa thực sự tốt, nhưng nhìn chung nghiên cứu này đã có thể mô phỏng được phân bố nồng độ tảo theo không gian. Định hướng nghiên cứu tiếp theo và lâu dài hơn là sẽ tăng dày số lượng điểm quan trắc để hàm hồi quy sẽ có ý nghĩa thống kê hơn và mô phỏng tốt hơn cũng như thực hiện thêm các đợt khảo sát khác để đánh giá tốt hơn cho mô hình.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số 562-2020-18-08. Đồng thời, chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu này.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

2BDA : Thuật toán hai kênh (Two Band Algorithms)

3BDA : Thuật toán ba kênh (Three Band Algorithms)

CDOM: Các chất hữu cơ hòa tan có màu (Chromophoric Dissolved Organic Matter)

NAP : Các phần tử không phải tảo (Non-Algal Particles)

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Nguyễn Hoàng Thông tham gia xử lý ảnh và tính toán

Trần Thị Vân chịu trách nhiệm chính viết bài

Lê Xuân Thuỳn chỉnh lý kết quả

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. WHO. Guidelines for Safe Recreational Water Environments (Online), Viewed 13 March 2021. 2003; Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe1/en/.
2. Wenna H. Dry Weight and Cell Density of Individual Algal and Cyanobacterial Cells for Algae, Master of Science Thesis, Faculty of the Graduate School, University of Missouri. 2014;.
3. Bee S. Seasonal and Annual Changes in Water Quality in the Ohio River Using Landsat-based measures of Turbidity and Chlorophyll-a, Master Bachelor of Science, Devi Ahilya University. 2008;.
4. Augusto-Silva PB, et al. Analysis of MERIS Reflectance Algorithms for Estimating Chlorophyll-a Concentration in a Brazilian Reservoir, Remote Sensing, vol 6, 11689-11707. 2014; Available from: <https://doi.org/10.3390/rs6121689>.
5. Ganlin W, et al. Monitoring cyanobacteria-dominant algal blooms in eutrophicated Taihu Lake in China with synthetic aperture radar images, Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015;33:139-148. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00343-015-4019-8>.
6. Richard J. Evaluating the portability of satellite derived chlorophyll-a algorithms for temperate inland lakes using airborne hyperspectral imagery and dense surface observations. Harmful Algae, 76, 35-46. 2018; PMID: 29887203. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2018.05.001>.
7. Buma WG, Lee SI. Evaluation of Sentinel-2 and Landsat 8 Images for Estimating Chlorophyll-a Concentrations in Lake Chad, Africa, Remote Sensing, 2437. 2020; Available from: <https://doi.org/10.3390/rs12152437>.
8. Nguyen HQ, Ha NT, Pham TL. Inland harmful cyanobacterial bloom prediction in the eutrophic Tri An Reservoir using satellite band ratio and machine learning approaches, Environmental Science and Pollution Research, 27, pages 9135-9151. 2019; PMID: 31916153. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07519-3>.
9. Phi NQ, Như NTH, Đức Mạnh N, Cường LP, Huy LV, Hoàn LH. Nghiên cứu đánh giá chất lượng nước mặt khu vực ven biển cửa Đáy ứng dụng công nghệ viễn thám. Kỷ yếu hội thảo GIS toàn quốc 2014, 28/11/2014, Đại học Cần Thơ. 2014;.
10. Sơn NT, et al. Ứng dụng ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+ đánh giá chất lượng nước hồ Kè Gỗ, tỉnh Hà Tĩnh, Tạp chí Hoạt động KH-CN An toàn- Sức khỏe & Môi trường lao động, số 1,2&3, 81-96. 2019;.
11. Tám TX. Nghiên cứu thành phần loài cá ở hồ Dầu Tiếng, Tạp chí Khoa học ĐHPSP TPHCM. 2017;10:62-70.
12. Tuấn NT. Ứng dụng công nghệ GIS và mô hình SWAT đánh giá chất lượng nước lưu vực hồ Dầu Tiếng, Luận văn Kỹ sư, Khoa Môi trường và Tài nguyên, Đại học Nông Lâm. 2011;.
13. Đào Thanh Sơn, Ly TT, Lưu PT. Nguy cơ ngộ độc bởi độc tố vi khuẩn lam ở hồ Dầu Tiếng, STINFO, số 1&2/2013. 2013;p. 49-55.

14. Đào Thanh Sơn. Nghiên cứu vi khuẩn lam, độc tố microcystins ở hồ Dầu Tiếng trong mối tương quan với các yếu tố môi trường. Đề tài cấp ĐHQG-HCM, mã số: B2012-24-01TĐ. 2012;.
15. Sournia A. Phytoplankton manual. UNESCO, UK. p.77. 1978;.
16. Olrik K, et al. Methods for quantitative assessment of phytoplankton in freshwater, part 1: sampling, processing and application in freshwater environmental monitoring programmes. Naturvardsverket Forlag, Stockholm. 1998;p. 1–86.
17. Trung LV. Giáo trình viễn thám, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh. 2015;.
18. Schirber M. The Full Palette of Photosynthesis, NASA. 2013;.
19. Quảng N. Một số phương pháp toán học hiện đại, NXB Bưu điện. 2008;.
20. Quế NT, Hà VM. Giáo trình thống kê kinh tế, NXB ĐHQG Hà Nội. 2008;.
21. Quý HVN, Đỗ Thị Bích Lộc. Đánh giá khu hệ thực vật nổi thuộc hệ thống thủy lợi hồ Dầu Tiếng năm 2012. Hội nghị khoa học toàn quốc về sinh thái và tài nguyên sinh vật lần thứ 5, 18/10/2013, Hà Nội. 2012;.

Monitoring techniques for algae blooms from space

Nguyen Hoang Thong^{1,2}, Le Xuan Thuyen^{2,3}, Tran Thi Van^{1,2,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Microalgae blooms are one of the most serious environmental problems that greatly affect the living environment of aquatic organisms. They deplete the oxygen source in the water, seriously depleting the respiratory oxygen source for organisms living in the water body. Some species of microalgae are also capable of producing toxins, typically blue-green algae, poisoning aquatic organisms and causing death, health effects on human life when ingested. This paper presents the results of research on mapping algae concentration distribution to support water quality assessment for Dau Tieng reservoir. Landsat satellite imagery was used for qualitative and quantitative assessment of algae presence in the lake area. Calculation results showed that algae concentration had a linear correlation with the band ratio of the 3-band algorithm (3BDA (2)), and was a combination of spectral reflective bands in the green wavelength bands GREEN, RED and near infrared NIR. We simulated the spatial distribution of algae concentrations on the entire lake area on 3 points of time when satellite images had been collected. Result of this study showed that remote sensing technology can be used for monitoring the appearance and change of algae concentration in water, which is an essential measurement for timely providing warnings as well as assisting in monitoring and managing water environment quality to minimize damages to people and the ecosystem.

Key words: algal blooms, band ratio, cyanobacteria, remote sensing

¹University of Technology (HCMUT), Vietnam

²Vietnam National University Ho Chi Minh City (VNU-HCM), Vietnam

³University of Science (HCMUS), Vietnam

Correspondence

Tran Thi Van, University of Technology (HCMUT), Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City (VNU-HCM), Vietnam

Email: tranthivankt@hcmut.edu.vn

History

- Received: 14-4-2021
- Accepted: 16-6-2021
- Published: 15-7-2021

DOI : 10.32508/stdjns.v5i3.1054



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Thong N H, Thuyen L X, Van T T. **Monitoring techniques for algae blooms from space.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 5(2):1374-1383.