

An Toàn - Sức Khỏe & Môi Trường Lao Động

VIỆN KHOA HỌC AN TOÀN VÀ VỆ SINH LAO ĐỘNG - TỔNG LIÊN ĐOÀN LAO ĐỘNG VIỆT NAM

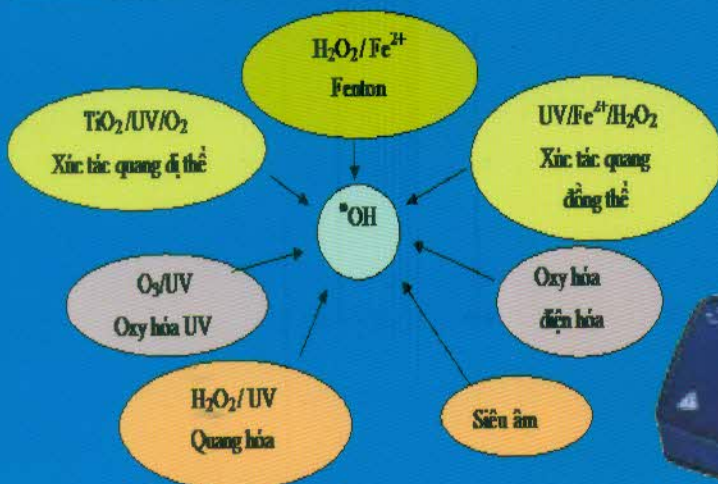
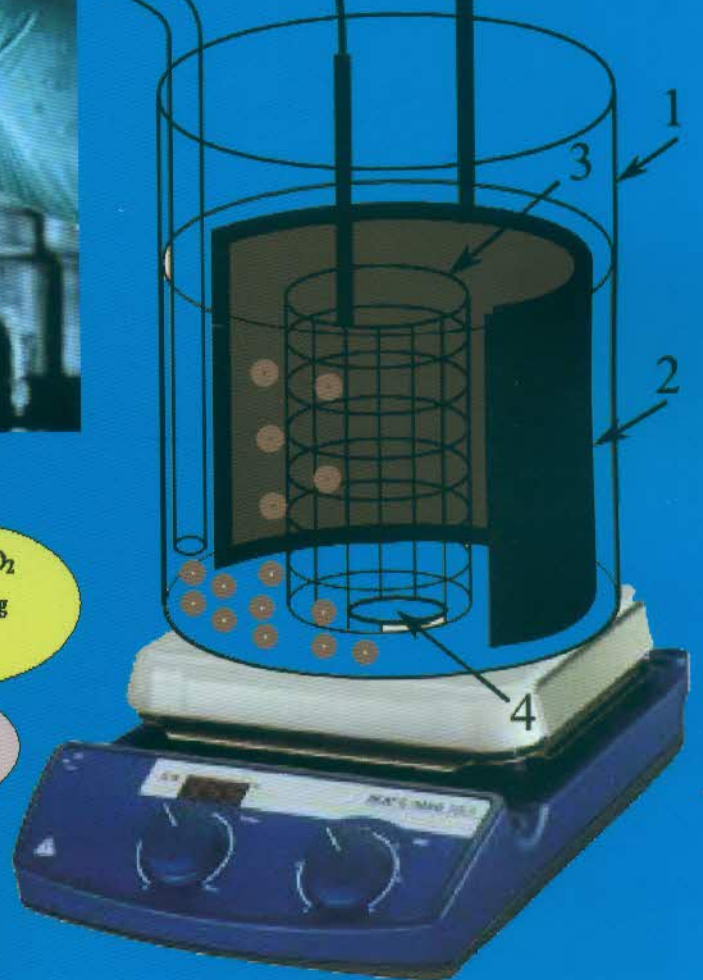
SỐ 1,2&3 - 2018

Safety - Health & Working Environment

KHÔNG NGỪNG
PHẦN ĐẤU
VÌ MỤC TIÊU
BẢO VỆ VÀ
NÂNG CAO
CHẤT LƯỢNG
NGUỒN NHÂN LỰC
CỦA ĐẤT NƯỚC



Compressed
air



Ứng dụng ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+ đánh giá chất lượng nước hồ Kẻ Gỗ, tỉnh Hà Tĩnh

Nguyễn Thiện Sơn¹, Vũ Huy Chương¹, Nguyễn Thị Nguyệt¹,
Lê Xuân Quang¹, Nguyễn Quang Vinh¹, Lê Văn Cư¹, Trần Xuân Tùng¹,
Nguyễn Thị Hương Giang¹, Ngô Thị Phương Nhung¹, Lê Thị Văn Anh¹,
Nguyễn Hoài Nam², Lê Minh Thành², Nguyễn Thành Luân³

1. Viện Nước, Tưới tiêu và Môi trường

2. Trường Đại học Thủy Lợi

3. Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực Sông Biển

TÓM TẮT

Nước là nguồn tài nguyên vô cùng quan trọng đối với đời sống của con người. Hiện nay, tuy tài nguyên nước bề mặt của nước ta tương đối dồi dào, nhưng đều có xu hướng bị ô nhiễm ngày càng nghiêm trọng do các hoạt động sản xuất công nghiệp, nông nghiệp, và sinh hoạt. Vì vậy, việc đánh giá chất lượng nguồn nước để có thể đề ra được giải pháp quản lý, khai thác và sử dụng hiệu quả tài nguyên nước là một yêu cầu cấp thiết. Hồ Kẻ Gỗ là hồ thủy lợi, hồ nhân tạo lớn nhất khu vực miền Trung Việt Nam, thuộc xã Cẩm Mỹ, huyện Cẩm Xuyên, tỉnh Hà Tĩnh. Hồ có nhiệm vụ tích nước tưới cho 21.136ha đất canh tác của hai huyện Thạch Hà và Cẩm Xuyên, kết hợp nuôi cá và phòng chống lũ cho hạ du. Mục tiêu của nghiên cứu này là ứng dụng ảnh viễn thám Landsat Enhanced Thematic

Mapper Plus (Landsat 7 ETM+) trong việc đánh giá chất lượng nước hồ Kẻ Gỗ tại một thời điểm trong năm 2017 (tháng 9). Các thông số chất lượng nước cũng đã được đo đạc trong thời điểm này bao gồm chlorophyll-a (chl-a) và nitrat (NO_3^-). Giá trị đo đạc các thông số chất lượng nước cùng với các giá trị phản xạ của các kênh phổ ảnh Landsat 7 ETM+ được sử dụng để tính toán các mô hình tương quan theo phương pháp tổ hợp các kênh phổ ảnh sử dụng các thuật toán khác nhau. Kết quả phân tích chỉ ra rằng, có sự tương quan chặt chẽ giữa các thông số chất lượng nước và những mô hình này. Từ những mô hình tương quan này, trích xuất ra các thông số chất lượng nước từ ảnh Landsat 7 ETM+. Kết quả đánh giá độ chính xác của mô hình sử dụng hệ số xác định (R^2) cho thấy kết quả trích xuất có độ chính xác cao với $R^2 > 0,8$. Cuối cùng, phần mềm ArcGIS 10.2 được sử dụng để thành lập bản đồ mô phỏng các giá trị phân bố theo không gian của các thông số chất lượng nước đã tính toán, trích xuất từ ảnh viễn thám Landsat 7 ETM+.



Ảnh minh họa, nguồn Internet

Kết quả nghiên cứu KHCN

1. MỞ ĐẦU

Công trình hồ Kê Gổ thuộc xã Cẩm Mỹ huyện Cẩm Xuyên tỉnh Hà Tĩnh, có chiều dài 29km, diện tích lòng hồ hơn 30km² với dung tích hữu ích 345 triệu m³, dung tích toàn bộ 425 triệu m³. Hệ thống công trình đầu mối gồm 01 đập chính bằng đất đồng chất cao 37,4m dài 970m cùng 03 đập phụ và 03 tràn xả lũ. Kênh chính rộng hơn 10m, dài 17,2km, tải lưu lượng 28,2m³/s. Hệ thống kênh nhánh dài 110km. Công trình được khởi công xây dựng từ năm 1976 đến năm 1978 bắt đầu tích nước. Năm 1983 công trình hoàn thành và chính thức đưa vào khai thác. Nhiệm vụ của hồ là tưới cho 21.136ha đất canh tác của hai huyện Thạch Hà và Cẩm Xuyên, kết hợp nuôi cá và phòng chống lũ cho hạ du [3]. Hồ Kê Gổ được lựa chọn để nghiên cứu đánh giá chất lượng nước mặt, nhằm cải thiện khả năng đáp ứng nguồn nước chất lượng phục vụ sản xuất, đời sống nhân dân trong vùng (Hình 1).

Sự ra đời của hệ thống thủy lợi Kê Gổ đã góp phần phát triển các ngành kinh tế trong khu vực (nông nghiệp, công nghiệp, dịch vụ), đi cùng với đó là sự gia tăng dân số, cũng như tình trạng biến đổi khí hậu hiện nay khiến cho hồ Kê Gổ đang phải đối mặt với những thách thức không nhỏ, trong đó có vấn đề về gia tăng hàm lượng bùn cát lơ lửng và nồng độ các chất dinh dưỡng trong nước. Do đó, việc giám sát chất lượng nước hồ chứa là một nhiệm vụ rất cần thiết nhằm đề ra các biện pháp giải quyết phù hợp. Tuy nhiên, các kỹ thuật giám sát chất lượng nước truyền thống, đó là việc thu thập các mẫu nước để về phân tích trong phòng thí nghiệm mặc dù đưa ra kết quả chính xác về chất lượng nước tại điểm lấy mẫu [4] nhưng cũng đã bộc lộ rất nhiều hạn chế như tốn kém thời gian, chi phí, đồng thời khó có thể cung cấp thông tin chất lượng nước mặt phân bố theo không gian và thời gian bởi số lượng mẫu không

đủ đảm bảo tính đại diện. Trong trường hợp này, công nghệ viễn thám là một kỹ thuật phù hợp để giám sát chất lượng nước mặt hồ Kê Gổ từ các dữ liệu quan trắc chất lượng nước. Phương pháp sử dụng ảnh viễn thám để giám sát chất lượng nước đã được sử dụng phổ biến ở các quốc gia tiên tiến như Mỹ, Nhật Bản, Ấn Độ..., tuy nhiên nó còn mới ở Việt Nam. Mục tiêu chính của nghiên cứu này là tính toán thực nghiệm các thuật toán để trích xuất các thông số chất lượng nước bao gồm chlorophyll-a và nitrat trong nước mặt hồ Kê Gổ từ ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+ và thành lập bản đồ phân bố theo không gian và thời gian của các thông số chất lượng nước. Nhiều nghiên cứu cho thấy, Hàm lượng chlorophyll-a và NO₃⁻ có mối tương quan thuận, chlorophyll-a (diệp lục tố) là sắc tố quan trọng góp phần trong quá trình quang hợp góp phần phát triển sinh khối của tảo, trong khi đó hàm lượng NO₃⁻ thuộc nhóm thông số dinh dưỡng liên quan đến mật độ phân bố của tảo trong khu vực hồ. Chính vì vậy trong nghiên cứu, nhóm tác giả lựa chọn 2 chỉ tiêu trên để đánh giá chất lượng nước hồ Kê Gổ.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu nghiên cứu

a. Dữ liệu thông số chất lượng nước thực đo

Dữ liệu thông số chất lượng nước thực đo được lấy từ Báo



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

cáo kết quả phân tích chất lượng nước mặt của hồ Kẻ Gỗ vào ngày 09 tháng 9 năm 2017, Bảng 1.

b. Dữ liệu ảnh viễn thám

Dữ liệu ảnh viễn thám Landsat 7 ETM + sử dụng trong nghiên cứu này được tải về từ Cơ sở dữ liệu khảo sát địa chất của Hoa Kỳ (USGS) tương ứng với thời gian lấy mẫu chất lượng nước hồ Kẻ Gỗ tại địa chỉ <http://glovis.usgs.gov/>. Ảnh Landsat 7 ETM + bao gồm 8 kênh phổ trong đó 6 kênh phổ nằm trên dải sóng nhìn thấy và hồng ngoại với độ phân giải không gian 30m x 30m, một kênh phổ dải hồng ngoại nhiệt ở kênh số 6 với độ phân giải không gian là 60m x 60m (ảnh lúc chụp có độ phân giải 60m x 60m, nhưng sau 25 tháng 2 năm 2010 có thể xử lý để nâng độ phân giải lên 30m x 30m) để đo nhiệt độ bề mặt và một kênh phổ dải toàn sắc ở kênh số 8 với độ phân giải không gian là 15m x 15m [7]. Các thông số cơ bản của ảnh viễn thám Landsat 7 ETM + được thể hiện trong Bảng 2.

Mặc dù được kế thừa và nâng cấp các thiết bị quan trắc trái đất, tuy nhiên từ ngày 31/5/2003 thiết bị Scan Line Corrector, bộ phận sensor điều chỉnh hướng bay trên vệ tinh Landsat 7 đã gặp sự cố kỹ thuật, kết quả là tất cả các cảnh Landsat 7 ETM + được thu nhận kể từ ngày 14/7/2003 đến nay đều ở chế độ "SLC-off" nghĩa là xuất hiện các vết sọc đen cách đều làm giảm khả

năng thu nhận thông tin quan sát trái đất khoảng 30% nên cần được xử lý.

2.2. Phương pháp xử lý ảnh vệ tinh

a. Xử lý ảnh Landsat 7 ETM + bằng phần mềm Envi 4.7

Xử lý vết kẻ sọc (SLC-off) bao gồm cải chỉnh nhiễu bức xạ, cải chỉnh hình học và bổ sung những pixel bị thiếu ở chế độ SLC-off. Việc tính toán các pixel bị thiếu dựa vào so khớp độ xám từ một hay nhiều các cảnh bù được chụp ở các thời điểm khác nhau. Các ảnh này được xoay và định hướng theo các phép chiếu do người dùng tùy chọn. Cảnh mặt nạ cho các khe hở được cung cấp kèm theo các cảnh ở SLC-off. Dựa vào nguyên lý đó, phía NASA (the National Aeronautics and Space Administration of the United

Bảng 1. Dữ liệu thông số chất lượng nước thực đo hồ Kẻ Gỗ

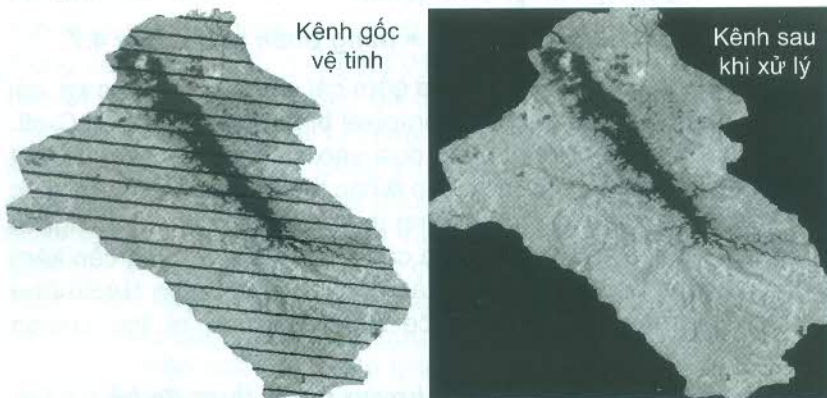
| Điểm lấy mẫu | Tọa độ VN2000 | | Hàm lượng chlorophyll-a (µg/l) | Hàm lượng nitrat (mg/l) |
|--------------|---------------|--------|--------------------------------|-------------------------|
| | X (m) | Y (m) | | |
| 1 | 2012543 | 544972 | 2,3 | 0,21 |
| 2 | 2013595 | 543824 | 2,3 | 0,18 |
| 3 | 2014880 | 543342 | 3,5 | 0,20 |
| 4 | 2015310 | 542622 | 4,3 | 0,26 |
| 5 | 2015068 | 541648 | 4,3 | 0,28 |
| 6 | 2010696 | 544360 | 4,9 | 0,32 |
| 7 | 2008569 | 546027 | 5,7 | 0,41 |
| 8 | 2006462 | 547485 | 5,7 | 0,42 |
| 9 | 2010353 | 545726 | 7,3 | 0,43 |

Bảng 2. Các thông số cơ bản của ảnh Landsat 7 ETM +

| Các kênh | Các dải phổ | Bước sóng (µm) | Độ phân giải không gian (m) |
|----------|------------------------|----------------|-----------------------------|
| ETM1 | Xanh lam nhìn thấy | 0,45 - 0,52 | 30 |
| ETM2 | Xanh lục nhìn thấy | 0,52 - 0,60 | 30 |
| ETM3 | Đỏ nhìn thấy | 0,63 - 0,69 | 30 |
| ETM4 | Cận hồng ngoại | 0,76 - 0,90 | 30 |
| ETM5 | Hồng ngoại sóng ngắn 1 | 1,55 - 1,75 | 30 |
| ETM6 | Hồng ngoại nhiệt | 10,40 - 12,50 | 60 (30) |
| ETM7 | Hồng ngoại sóng ngắn 2 | 2,08 - 2,35 | 30 |
| ETM8 | Toàn sắc | 0,50 - 0,90 | 15 |

Kết quả nghiên cứu KHCN

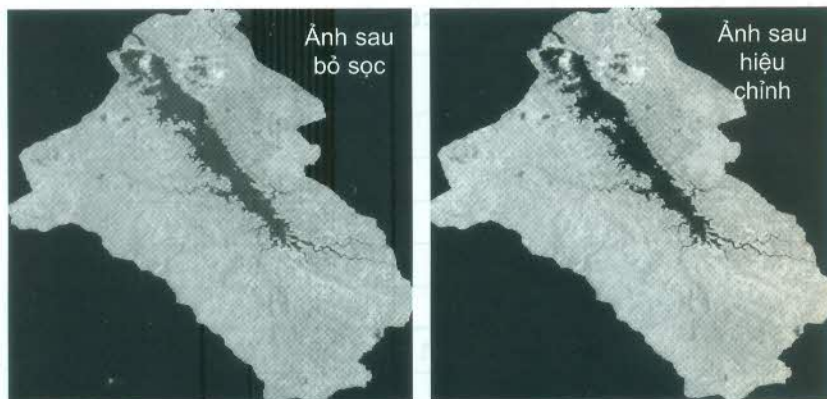
States) đã cung cấp công cụ riêng trong phần mềm Envi 4.7 để khắc phục vấn đề này. Kết quả xử lý vết kẻ sọc được thể hiện trong Hình 2:



Hình 2. Kết quả xử lý loại bỏ vết kẻ sọc khu vực hồ Kê Gổ

b. Hiệu chỉnh khí quyển

Hiệu chỉnh khí quyển là một trong những bước quan trọng loại bỏ nhiễu khí quyển trong quá trình truyền và thu nhận năng lượng bức xạ điện từ. Những hiệu ứng khí quyển này bao gồm quá trình tán xạ và hấp thụ năng lượng điện từ bởi các thành phần khí quyển và các hạt ion khí được các cảm biến vệ tinh phát hiện. Vì quá trình này mà sự phân bố phổ, phân bố góc và phân bố không gian do việc phát xạ của các đối tượng nghiên cứu bị yếu đi. Để khắc phục vấn đề này, có nhiều mô hình được sử dụng bao gồm DOS [8], ATCOR [9] hay FLAASH [10]. Để tăng cường độ chính xác, mô hình hiệu chỉnh khí quyển FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes) đã được sử dụng trong nghiên cứu này để loại bỏ các ảnh hưởng



Hình 3. Kết quả hiệu chỉnh khí quyển ảnh Landsat 7 ETM+ bằng mô hình FLAASH

bởi các hiệu ứng khí quyển. Dữ liệu đầu vào của mô hình hiệu chỉnh khí quyển này là ảnh đã được tính chuyển sang giá trị bức xạ (Radiance). Các thông số đưa vào mô hình được lựa chọn dựa trên loại tư liệu, tọa độ địa lý vị trí khu vực nghiên cứu và thời gian thu nhận ảnh viễn thám.

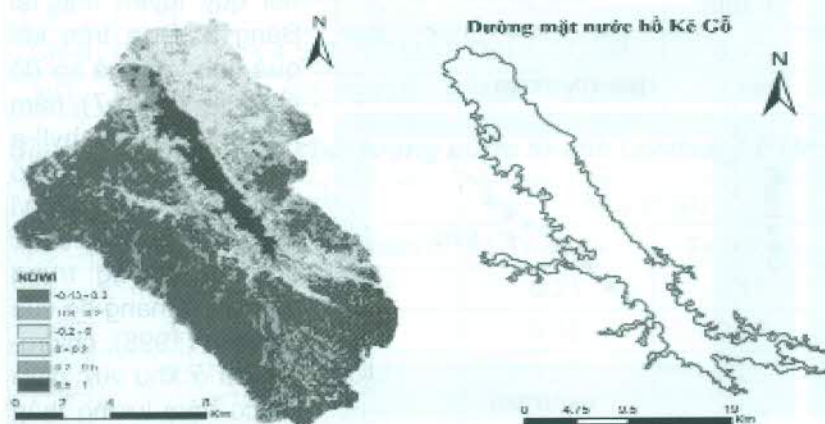
c. Tạo ranh giới đường mặt nước hồ Kê Gổ

Đường mặt nước là cơ sở để đo vẽ và phân chia ranh giới giữa phần đất liền và phần nước mặt. Việc xác định ranh giới này, từ trước đến nay, thường được các chuyên gia đo vẽ bản đồ tiến hành thông qua việc đo đạc, khảo sát hiện trường. Tuy nhiên, phương pháp xác định này là rất khó khăn, tốn kém thời gian, công sức và trong một số trường hợp là không thể thực hiện được [11]. Vì vậy, công nghệ viễn thám phát triển đã giúp cho việc xác định đường ranh giới giữa phần mặt đất và phần mặt nước là rất dễ dàng và chính xác. Theo đó, trình tự tạo đường ranh giới mặt nước hồ Kê Gổ trong nghiên cứu này được tiến hành như sau: sử dụng ảnh viễn thám Landsat 7 ETM+ đã qua các bước xử lý, hiệu chỉnh bên trên để tính toán chỉ số NDWI (Normalized Difference Water Index - chỉ số khác biệt nước tiêu chuẩn) theo công thức:

$$NDWI = \frac{\rho_{ETM2} - \rho_{ETM4}}{\rho_{ETM2} + \rho_{ETM4}}$$

Trong đó: "pETM2" và "pETM4" là phản xạ phổ của kênh xanh lục nhìn thấy và của kênh cận hồng ngoại.

Kết quả tính toán chỉ số NDWI có giá trị nằm trong khoảng từ -0,43 đến 1 (chi tiết xem ở Hình 4). 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 hồ Kẻ Gỗ như Hình 4 với diện tích mặt nước vào thời điểm đó là 23km².



Hình 4. Kết quả trích xuất phạm vi hồ Kẻ Gỗ từ chỉ số NDWI

2.3. Phương pháp xác định các thông số chất lượng nước từ ảnh vệ tinh

Đã có nhiều thuật toán được sử dụng để tìm ra mối tương quan giữa các thông số chất lượng nước với các thông số ảnh vệ tinh, trong đó có ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM + [1], [13]. Mỗi thuật toán được sử dụng không những phụ thuộc vào rất nhiều điều kiện tự nhiên, thời điểm chụp ảnh,... mà còn phụ thuộc vào kinh nghiệm của chuyên gia nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, các thuật toán được kế thừa, so sánh, phân tích và thử nghiệm để tìm ra mối tương quan tối ưu giữa phản xạ phổ của các kênh ảnh Landsat 7 ETM + với các thông số chất lượng nước (chlorophyll-a và nitrat) hồ Kẻ Gỗ.

2.4. Phương pháp phân tích thống kê và xây dựng bản đồ

Phần mềm SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) được sử dụng để tính toán mối tương quan giữa thông số chất lượng nước từ ảnh viễn thám Landsat 7 ETM +. Dựa trên kết quả tính toán nhóm tác giả ứng dụng phần mềm ArcGis 10.2 để tính toán và biên tập sự phân bố giá trị hàm lượng chlorophyll-a và nitrat theo không gian trong nước mặt hồ Kẻ Gỗ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mối quan hệ giữa phản xạ phổ của các kênh ảnh Landsat 7 ETM + với các thông số chất lượng nước

Kết quả phân tích mối quan hệ giữa phổ phản xạ mặt nước hồ Kẻ Gỗ của các kênh ảnh Landsat 7 ETM+ với kết quả phân tích Chlorophyll-a cho thấy, tương quan giữa hàm lượng Chlorophyll-a với tỷ số của 2 kênh phổ ETM3/ETM1 là rất cao với $R^2=0,973$, ứng với tỷ số bước sóng 6,9 μ m và 4,5 μ m (Hình 5), kết quả này cũng tương đồng với nghiên cứu của tác giả Mohammed F.O. Khattab tại hồ Mosul phía Bắc Irắc (2014).

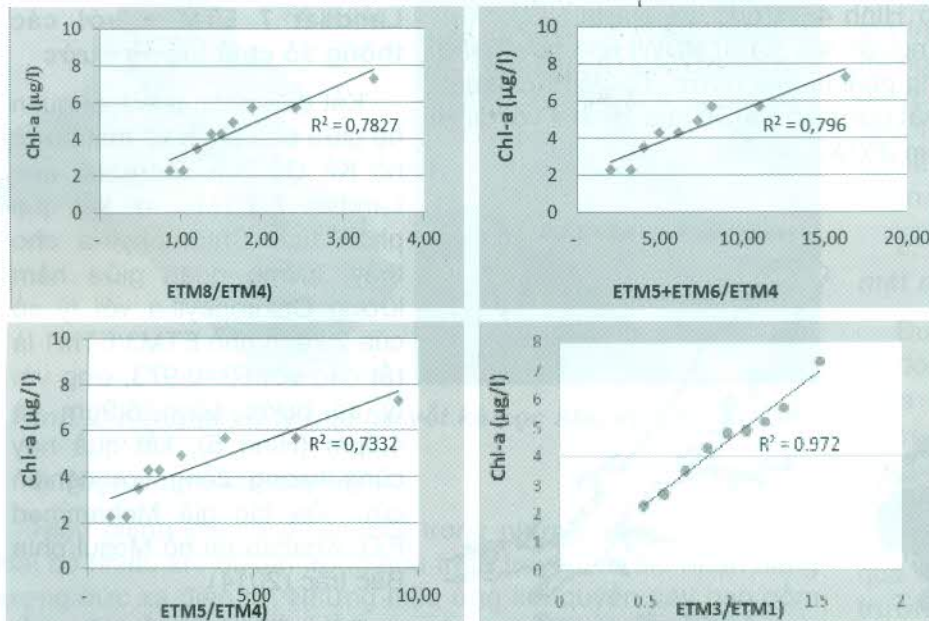
Đối với thông số NO_3^- kết quả phân tích cho thấy, tương quan cao giữa hàm lượng NO_3^- với ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+ tại kênh phổ phản xạ ETM62/ETM61, $R^2=0,883$, ứng với tỷ số bước sóng 12,5 μ m và 10,4 μ m. Các kênh phổ của ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+ có mối tương quan với hàm lượng NO_3^- ở mức trung bình ETM1/ETM3, $R^2=0,71$, ETM4/ETM5, $R^2=0,76$ và ETM1+ETM2/ETM3, $R^2=0,78$ (Hình 6).

3.2. Phân bố hàm lượng Chlorophyll-a và NO_3^- tính toán từ ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+

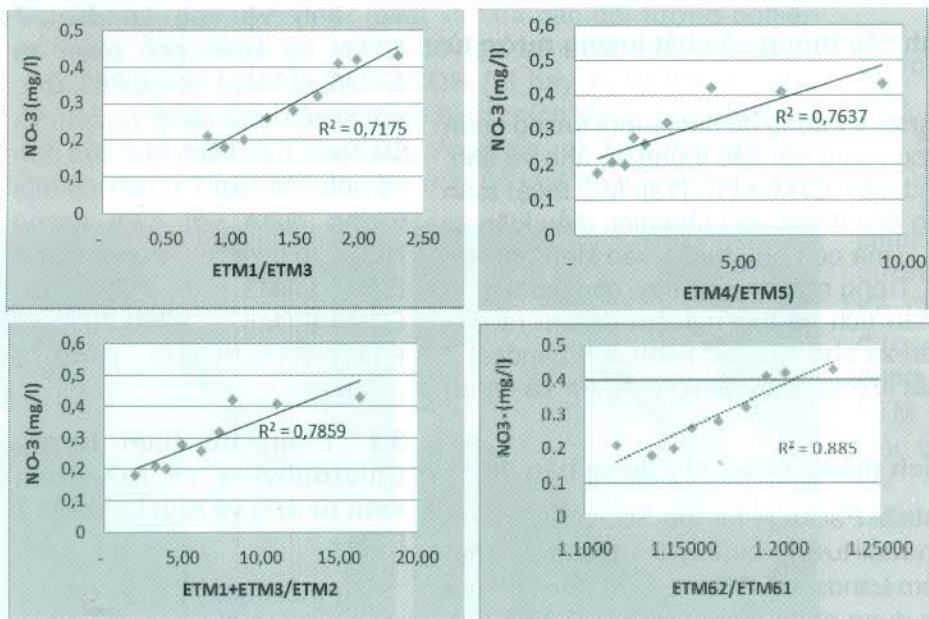
Từ mối quan hệ giữa chlorophyll-a và NO_3^- với các kênh phổ phản xạ ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+ (Hình 5 và

Kết quả nghiên cứu KHCV

Hình 6), phương trình và kết quả tính toán hàm lượng chlorophyll-a và NO_3^- tại hồ Kê Gổ thời điểm lấy mẫu phân tích thể hiện tại Bảng 3 và Bảng 4.



Hình 5. Mối quan hệ giữa hàm lượng Chlorophyll-a với tỷ số phản xạ phổ mặt nước hồ Kê Gổ tương ứng với các kênh ảnh Landsat 7 ETM+



Hình 6. Mối quan hệ giữa hàm lượng NO_3^- với tỷ số phản xạ phổ mặt nước hồ Kê Gổ tương ứng với các kênh ảnh Landsat 7 ETM+

Kết quả tính toán hàm lượng chlorophyll-a và NO_3^- với giá trị sai chuẩn của phép tính là $0,15\mu\text{g/l}$ và $0,02\text{mg/l}$ cho thấy, hàm lượng chlorophyll-a và NO_3^- trong nước hồ Kê Gổ được tính dựa vào hàm hồi quy tuyến tính tại Bảng 3. Dựa trên kết quả tính toán và sơ đồ phân bố (Hình 7), hàm lượng chlorophyll-a trong nước hồ Kê Gổ dao động từ $2,02\mu\text{g/l}$ đến $7,66\mu\text{g/l}$ và ở mức độ phú dưỡng trung bình theo thang đo của Carlson (1996), chlorophyll-a ở khu vực giữa hồ có hàm lượng thấp hơn so với khu vực gần bờ, đồng thời ở phía hạ lưu hồ hàm lượng chlorophyll-a cao hơn so với thượng lưu. Trong khi đó, hàm lượng NO_3^- dao động từ $0,12\text{mg/l}$ đến $0,48\text{mg/l}$ và nằm trong giới hạn cho phép tại cột A2 (5mg/l , có thể dùng cho mục đích sinh hoạt) và B2 (10mg/l , dùng cho mục đích tưới tiêu, thủy lợi) trong QCVN08-MT:2015. Kết quả cho thấy, hàm lượng NO_3^- phân bố tỷ lệ thuận với hàm lượng chlorophyll-a trong nước hồ Kê Gổ, ở những nơi có hàm lượng NO_3^- cao

Kết quả nghiên cứu KHCN

cũng là nơi có hàm lượng chlorophyll-a (khu vực ven bờ và khu vực hạ lưu), điều đó phù hợp với thực tế bởi chỉ số dinh dưỡng trong nước có mối quan hệ tỷ lệ thuận với sự phát triển của các loài tảo. Như vậy, kết quả phân tích và kết quả tính toán từ ảnh

Bảng 3. Các thuật toán tối ưu đối với tương quan giữa phản xạ phổ của các kênh ảnh Landsat 7 ETM+ với các thông số chất lượng nước thực đo Hồ Kẻ Gỗ

| Thông số | Đơn vị | Phương trình tương quan | Hệ số xác định R ² |
|------------------------------|--------|-------------------------------|-------------------------------|
| Chl-a | µg/l | = 4,5374*ETM3/ETM1 + 0,0708 | 0,973 |
| NO ₃ ⁻ | mg/l | = 2,5952*ETM62/ETM61 - 2,7049 | 0,883 |

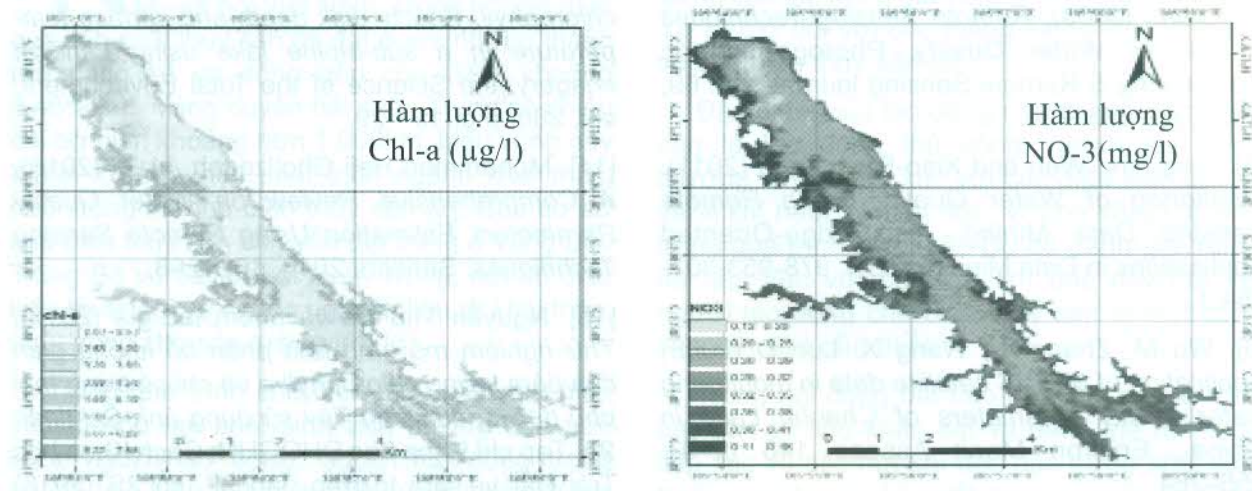
Bảng 4. Các thông số chất lượng nước từ ảnh Landsat 7 ETM+

| Dải phổ | Chl-a (µg/l) | | NO ₃ ⁻ (mg/l) | |
|---------|--------------|-----------|-------------------------------------|-----------|
| | Thực đo | Tính toán | Thực đo | Tính toán |
| 1 | 2,3 | 2,32 | 0,21 | 0,16 |
| 2 | 2,7 | 2,86 | 0,18 | 0,22 |
| 3 | 3,5 | 3,42 | 0,23 | 0,25 |
| 4 | 4,3 | 4,01 | 0,26 | 0,28 |
| 5 | 4,8 | 4,54 | 0,28 | 0,30 |
| 6 | 4,9 | 5,03 | 0,32 | 0,33 |
| 7 | 5,2 | 5,52 | 0,41 | 0,36 |
| 8 | 5,7 | 6,03 | 0,42 | 0,39 |
| 9 | 7,3 | 6,97 | 0,43 | 0,44 |

vệ tinh Landsat 7 ETM+ cho thấy, nước hồ Kẻ Gỗ khá tốt chưa có biểu hiện bị phú dưỡng và sự phát triển của các loài tảo.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng chlorophyll-a và NO₃⁻ từ kết quả thực đo có tương quan rất cao với tỷ số kênh phổ phản xạ từ ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+, tương ứng ETM3/ETM1 và ETM62/ETM61, sai số chuẩn giữa thực đo và kết quả tính toán rất thấp 0,15µg/l (chlorophyll-a) và 0,02 mg/l (NO₃⁻). Sự phân bố hàm lượng chlorophyll-a và NO₃⁻ trong nước hồ có mối quan hệ tỷ lệ thuận, đồng thời nước mặt hồ Kẻ Gỗ chưa có biểu hiện bị phú dưỡng. Như vậy, có thể tính toán hàm lượng chlorophyll-a và NO₃⁻ từ các kênh phổ phản xạ của ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+ với bước sóng phù hợp.



Hình 7. Phân bố hàm lượng chlorophyll-a và NO₃⁻ trong nước hồ Kẻ Gỗ

Nghiên cứu đã mở ra một hướng đi mới trong phân tích các thông số chất lượng nước mặt dựa trên ảnh viễn thám. Cần tiếp tục có những nghiên cứu chuyên sâu ứng dụng ảnh viễn thám trong phân tích một số thông số nước mặt với thời gian lấy mẫu phân tích và thời gian chụp ảnh viễn thám phải đồng thời để đảm bảo độ chính xác của phương pháp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Mohammed F. O. Khattab & Broder J. Merkel, *Arabian Journal of Geosciences* (2013) *Application of Landsat 5 and Landsat 7 images data for water quality mapping in Mosul Dam Lake, Northern Iraq.*, Volume 7, Number 9, pp. 3557-3573;
- [2]. Xian Guan (2009), *Monitoring Lake Simcoe Water Quality using Landsat TM Images*. Master thesis of Geography Science, The University of Waterloo, Canada.
- [3]. Nguyễn Thị Phương Dung (2014), *Đánh giá hiện trạng quản lý, sử dụng hồ Kẻ Gỗ, tỉnh Hà Tĩnh và đề xuất biện pháp khai thác hiệu quả, giảm thiểu rủi ro.*, Luận văn Thạc sỹ Khoa học, Trường Đại Học Khoa Học Tự Nhiên - Đại Học Quốc Gia Hà Nội.
- [4]. Jerry C. Ritchie, Paul V. Zimba, and James H. Everitt (2003), *Remote Sensing Techniques to Assess Water Quality*, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing journal*, Vol. 69, No. 6, pp. 695-704.
- [5]. Xing-Ping Wen and Xiao-Feng Yang (2011), *Monitoring of Water Quality Using Remote Sensing Data Mining*, *Knowledge-Oriented Applications in Data Mining*, ISBN: 978-953-307-154-1.
- [6]. Wu M, Zhang W, Wang X, Luo D (2009) *Application of MODIS satellite data in monitoring water quality parameters of Chaohu Lake in China.*, *Environ Monit Assess* 148 (1-4): 255-264.
- [7]. The U.S. Geological Survey (USGS)1998, *Landsat 7 Science Data Users Handbook*.
- [8]. Chavez, P. S., Jr (1996), *Image-based atmospheric corrections - Revisited and Improved*, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62 (9), pp. 1025-1036.
- [9]. Richter, R (2003), *Status of Model ATCOR4 on Atmospheric/Topographic Correction for Airborne Hyperspectral Imagery.*, 3rd EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, Herrsching, 13-16.
- [10]. Matthew, M. W (2003), *Atmospheric correction of spectral imagery: evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data, Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral and Ultraspectral Imagery SPIE*, Orlando, FL, USA, 474-482.
- [11]. Bagli S, Soille P (2003), *Morphological automatic extraction of panEuropean coastline from Landsat ETM+ images*, *COASTGIS03: Fifth International Symposium on GIS and Computer Cartography for Coastal Zone Management*, Genova, Italy, 16-18.
- [12]. Hao Jiang. et al (2014), *An Automated Method for Extracting Rivers and Lakes from Landsat Imagery*. *Remote Sensing*, 6, 5067-5089.
- [13]. Claudia Giardino. et al (2011), *Detecting chlorophyll, Secchi disk depth and surface temperature in a sub-alpine lake using Landsat imagery*, *the Science of the Total Environment*, vol. 268, p.p. 19 - 29.
- [14]. Mohammad Haji Gholizadeh. et. al (2016), *A Comprehensive Review on Water Quality Parameters Estimation Using Remote Sensing Techniques*. *Sensors* 2016, 16, 1298.
- [15]. Nguyễn Thu Hà và nhóm tác giả (2016), *Thử nghiệm mô hình hóa phân bố không gian của hàm lượng chlorophyll-a và chỉ số trạng thái phú dưỡng nước hồ Tây sử dụng ảnh Sentinel-2A*, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Cách Khoa học Trái Đất và Môi trường*, tập 32, số 2S (2016) 121-130.