

XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG DIỆP LỤC VÀ CHẤT LƠ LŨNG TRONG NƯỚC VEN BIỂN CẨM PHẢ TỪ ẢNH VỆ TINH

TS. TRINH LÊ HÙNG - Học viện Kỹ thuật Quân sự
TS. VŨ DANH TUYÊN - Trường Đại học TN và MT Hà Nội

Do đặc điểm địa lý, khí hậu, Việt Nam là một quốc gia có nguồn tài nguyên khoáng sản phong phú và đa dạng. Tài nguyên khoáng sản đã có những đóng góp to lớn giúp phát triển kinh tế-xã hội nước ta, đặc biệt là các khu vực khai thác mỏ. Tuy nhiên, quá trình khai khoáng cũng tác động mạnh mẽ đến môi trường, đặc biệt là môi trường nước mặt.

Quảng Ninh là một trong những điểm nóng ô nhiễm môi trường, trong đó có ô nhiễm nguồn nước mặt do khai thác khoáng sản, đặc biệt là khai thác than. Theo tính toán, để sản xuất 1 tấn than cần bóc đi từ 8÷10 m³ đất phủ và thải ra từ 1÷3 m³ nước thải mỏ. Hàng năm, các mỏ than ở Quảng Ninh đã thải vào môi trường hàng trăm triệu m³ đất đá và nước thải mỏ, dẫn đến một số vùng bị ô nhiễm nước mặt đến mức báo động như Mạo Khê, Uông Bí, Cẩm Phả,...

Trong hơn 3 thập kỷ qua, công nghệ viễn thám đã có những thành tựu hết sức to lớn trong lĩnh vực nghiên cứu Trái đất và trở thành một công cụ quan trọng phục vụ nghiên cứu, giám sát môi trường nói chung, môi trường nước mặt nói riêng. Nhiều nghiên cứu trên thế giới như của Weipi He (2008), Emmanuel Olet (2000), D. Doxaran (2007), M. Borup (2013),... đã sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh quang học SPOT, Landsat, MODIS nhằm xác định hàm lượng các thông số chất lượng nước như chất lơ lửng (suspended sediment), chất diệp lục (chlorophyll), chất hữu cơ hòa tan,... [1]-[6]. Ở Việt Nam cũng đã có một số nghiên cứu sử dụng tư liệu ảnh vệ tinh quang học để đánh giá chất lượng nước khu vực ven biển Quảng Ninh-Hải Phòng, hồ Trị An [10]-[12].

Trên thế giới hiện nay có rất nhiều phần mềm thương mại xử lý ảnh vệ tinh như ERDAS Imagine, ENVI, PCI,... Tuy nhiên, giá thành các phần mềm này là rất cao cũng như không có các module chuyên biệt trong đánh giá chất lượng nước. Bài báo này trình bày kết quả xây dựng chương trình

xác định hàm lượng chất lơ lửng, chất diệp lục từ tư liệu ảnh vệ tinh quang học Landsat phục vụ công tác giám sát và đánh giá chất lượng nước mặt khu vực khai thác mỏ.

1. Phương pháp nghiên cứu

1.1 Cơ sở lý thuyết

Theo Mobley (1999), giá trị phản xạ viễn thám R_{rs} đối với nước được xác định bằng công thức sau [1, 12]:

$$R_{rs} = (L_w / E_d) \quad (1)$$

Trong đó: L_w - Bức xạ rời khỏi mặt nước; R_d - Bức xạ từ mặt trời hay bức xạ nguồn sáng đi tới mặt nước.

Bức xạ nguồn sáng đi tới mặt nước được xác định theo công thức sau [1, 12]:

$$E_d = \pi \cdot L_d(\lambda) / [R_p(\lambda)] \quad (2)$$

Trong đó: L_d - Bức xạ phổ đo được; R_p - Tham số phản xạ; λ - Kênh ảnh tương ứng với bước sóng tương thích.

Bức xạ rời khỏi mặt nước L_w có dạng:

$$L_w(\lambda) = L_u(\lambda) - k \cdot L_s(\lambda) \quad (3)$$

Trong đó: k - Tham số tỉ lệ giữa bức xạ bầu trời L_s và bức xạ phản xạ trực tiếp từ bề mặt nước L_r .

Do đặc điểm thu nhận, ảnh viễn thám quang học nói chung để đưa vào sử dụng cần phải tiến hành hiệu chỉnh ảnh hưởng của môi trường khí quyển. Để hiệu chỉnh các ảnh hưởng của khí quyển đến chất lượng ảnh, ảnh gốc cần biến đổi từ giá trị số nguyên (digital number - DN) về ảnh phản xạ ở đỉnh khí quyển R^* (top of atmospheric - TOA). Bước tiếp theo sử dụng các mô hình hiệu chỉnh khí quyển như DOS, COST, DDV,... biến đổi từ ảnh phản xạ ở TOA về phản xạ bề mặt [9].

Phản xạ đỉnh khí quyển R^* liên quan với đối tượng nước, cụ thể là phản xạ rời khỏi mặt nước R_w thông qua công thức:

$$R^* = T_g \cdot (R_a + R_r + T_d \cdot R_w) \quad (4)$$

Trong đó: R_a và R_r - Phản xạ sol khí (aerosol) và phản xạ Rayleigh; T_g và T_d - Tham số truyền dẫn và khuếch tán bức xạ trong khí quyển.

Như vậy, phản xạ viễn thám R_{rs} được tính theo mối quan hệ sau:

$$R_{rs} = R_w / [\pi(1 + S \cdot R_w)] \quad (5)$$

Ở đây: S - Giá trị suất phân chiếu bầu trời (albedo).

Từ những phân tích trên có thể kết luận rằng, phản xạ viễn thám xác định từ tư liệu ảnh vệ tinh quang học tuân theo quy luật khách quan khi có tương tác của ánh sáng vào đối tượng nước [1]-[6], [12].

1.2. Phương pháp xác định hàm lượng thông số chất lượng nước

Để thành lập bản đồ phân bố hàm lượng các thành phần ô nhiễm nước mặt từ tư liệu ảnh viễn thám, điểm mấu chốt cần thiết lập mô hình ước lượng chất lượng nước dựa trên phản xạ rời khỏi bề mặt nước [10], [12]. Bản chất của việc thiết lập mô hình này là xây dựng hàm hồi quy giữa giá trị đo hàm lượng các thành phần ô nhiễm nước mặt từ các trạm đo thực địa và phản xạ rời khỏi bề mặt nước.

Các mô hình hồi quy phổ biến có thể tóm tắt ở 4 dạng cơ bản [12]:

$$\log Y = c_0 + \sum_{i=0}^k c_i \cdot \log X_i$$

$$\log Y = c_0 + \sum_{i=0}^k c_i \cdot X_i \quad (6)$$

$$Y = a_0 \cdot \sum_{i=0}^k c_i \cdot X_i^{a_i}$$

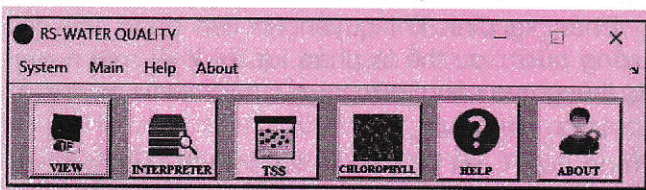
$$Y = c_0 + \sum_{i=0}^k c_i \cdot X_i$$

Trong đó: Y - Biến số chất lượng nước (hàm lượng BOD, COD, TSS,...); X_i - Phản xạ rời khỏi mặt nước trong một dải sóng cụ thể [12].

2. Phát triển chương trình xác định tham số chất lượng nước từ tư liệu ảnh vệ tinh

2.1 Mô tả chương trình

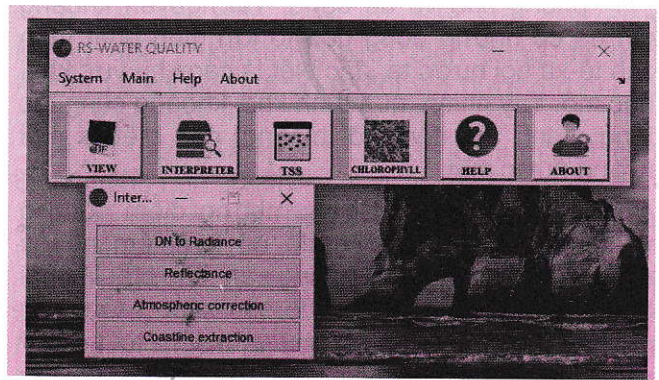
Chương trình RS-WQ (Remote sensing water quality) được xây dựng trong môi trường Matlab. RS-WQ bao gồm các module chính: View (đọc và hiển thị ảnh ở định dạng TIFF), Interpreter (xử lý ảnh), TSS (tính hàm lượng chất lơ lửng), Chlorophyll (tính hàm lượng chất diệp lục). Giao diện chương trình được thể hiện trên hình H.1.



H.1. Giao diện chương trình RS-WQ

Module Interpreter cung cấp các công cụ trong hiệu chỉnh bức xạ tư liệu ảnh vệ tinh Landsat nhằm xác định phản xạ phổ (H.2). Trong module này cũng có công cụ tách ranh giới nước-đất liền Coastline extraction bằng thuật toán Alesheikh [7].

Module TSS và Chlorophyll cho phép ước lượng hàm lượng chất lơ lửng và chất diệp lục trong nước bằng cách xác định hàm hồi quy giữa kết quả quan trắc chất lượng nước (resampling data) và giá trị phản xạ phổ từ ảnh vệ tinh. Giá trị quan trắc chất lượng nước được nhập vào dưới định dạng .txt, bao gồm thông tin về tọa độ điểm lấy mẫu và hàm lượng các thông số chất lượng nước. Tư liệu ảnh đầu vào có thể sử dụng ảnh vệ tinh Landsat TM, ETM+ và Landsat 8.



H.2. Module xử lý ảnh Interpreter

2.2. Kết quả xác định hàm lượng chất lơ lửng, chất diệp lục khu vực ven biển Quảng Ninh

Tư liệu viễn thám sử dụng trong nghiên cứu là ảnh vệ tinh quang học Landsat 5 TM chụp ngày 01-11-2010 khu vực khai thác mỏ Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh (H.3). Ảnh bao gồm 7 kênh phổ với độ phân giải không gian 30 m ở các kênh đa phổ và 120 m ở kênh hồng ngoại nhiệt (kênh 6).

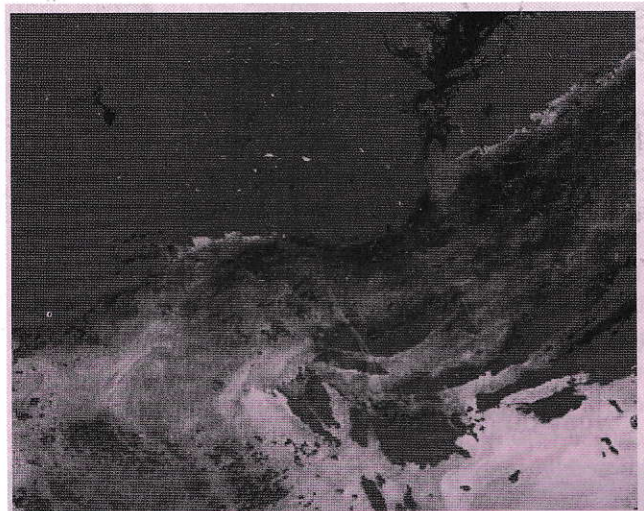
Để tách ranh giới nước-đất liền, trong nghiên cứu sử dụng thuật toán do Alesheikh đề xuất năm 2006 [7]. Trong phương pháp này, trước tiên, cần xác định giá trị ngưỡng trên kênh ảnh 5 (hồng ngoại giữa) để phân biệt giữa nước và đất liền. Giá trị ngưỡng để xác định ranh giới nước-đất liền được xác định dựa vào phân tích histogram. Ảnh tỉ số kênh2/kênh4 được sử dụng để phân loại đất và nước, ảnh tỉ số kênh2/kênh5 dùng để tách vùng bờ không có thực vật.

Trên các ảnh tỉ số này, vùng nước là các vùng có giá trị lớn hơn 1, những pixel có giá trị nhỏ hơn 1 thuộc đất liền. Ranh giới nước-đất liền ở các ảnh tỉ số này có độ chính xác cao trong trường hợp bờ biển không có thực vật bao phủ. Ngược lại, trong trường hợp bờ biển có thực vật bao phủ có thể xảy ra nhầm lẫn trong xác định ranh giới. Do vậy, để

nâng cao độ chính xác, hai ảnh tỉ số này được tích hợp để tạo ra một ảnh tỉ số mới nhằm bổ sung thông tin cho nhau. Ảnh thu được sau bước này sẽ được lọc nhiễu nhằm loại bỏ các đối tượng không cần thiết trên ảnh [7]. Kết quả cuối cùng được nhân với ảnh gốc để loại bỏ đất liền (H.4).

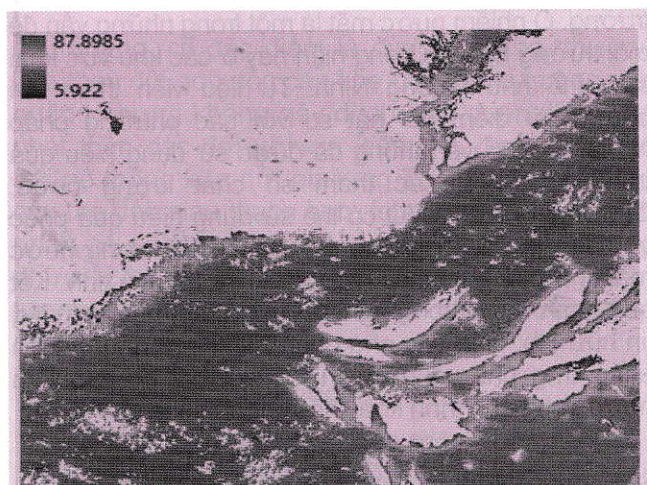


H.3. Tư liệu ảnh vệ tinh Landsat 5 TM ngày 01-11- 2010 khu vực Quảng Ninh

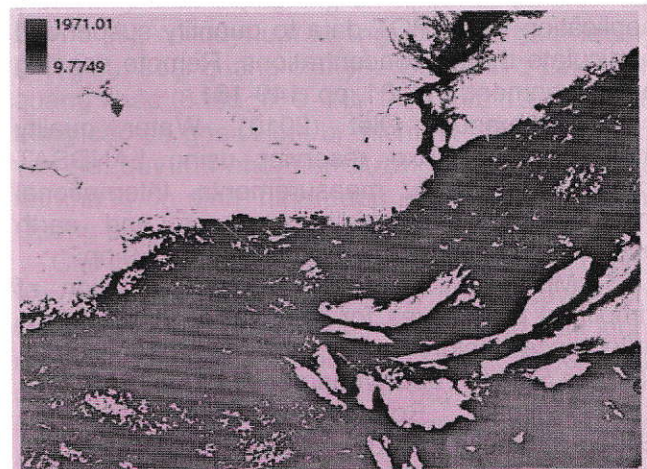


H.4. Kết quả tách ranh giới nước-đất liền

Kết quả xác định hàm lượng chất lơ lửng trong nước mặt khu vực Cẩm Phả, Quảng Ninh được thể hiện trên hình 5. Phân tích kết quả nhận được cho thấy, phần lớn diện tích nước mặt khu vực nghiên cứu có hàm lượng chất lơ lửng trong khoảng 20÷30 mg/l (màu xanh lá cây), xấp xỉ với quy chuẩn Việt Nam QCVN08:2008 là 30 mg/l. Giá trị hàm lượng chất lơ lửng đạt cao (trên 30 mg/l) ở vùng nước ven bờ biển, ven các đảo và cửa sông. Đặc biệt, hàm lượng chất lơ lửng đạt cao nhất (trên 80 mg/l) được ghi nhận tại các hồ chứa nằm trong khu vực khai thác than ở Cẩm Phả. Có thể khẳng định, hoạt động khai thác mỏ đã ảnh hưởng lớn đến chất lượng nước mặt khu vực Quảng Ninh, đặc biệt là hàm lượng chất lơ lửng.



H.5. Kết quả xác định hàm lượng chất lơ lửng khu vực ven biển tỉnh Quảng Ninh



H.6. Kết quả xác định hàm lượng chất diệp lục khu vực ven biển tỉnh Quảng Ninh

Các nghiên cứu trên thế giới cho thấy, kênh cận hồng ngoại (kênh 4) ảnh Landsat TM có khả năng thể hiện chính xác sự phân bố hàm lượng chất lơ lửng trong nước mặt. Để thử nghiệm xác định hàm lượng chất lơ lửng khu vực khai thác mỏ Quảng Ninh, trong nghiên cứu sử dụng mô hình do Carolyn Merry đề xuất năm 2003 [8]:

$$\ln(Y) = -0,125 + 1,39 \cdot \ln(B2) + 1,03 \cdot \ln(B3/B4) \quad (7)$$

Trong đó: Y - Hàm lượng chất lơ lửng, mg/l; B2, B3, B4 - Tương ứng là giá trị phản xạ phổ (%) ở kênh 2, 3 và 4 ảnh Landsat TM.

Do chất diệp lục phản xạ mạnh năng lượng bức xạ điện từ ở dải sóng cận hồng ngoại và hấp thụ ở dải sóng đỏ, để xác định hàm lượng chất diệp lục, trong nghiên cứu sử dụng mô hình do M. Borup

(2013) đề xuất trên cơ sở phản xạ phổ ở kênh đỏ và cận hồng ngoại (kênh 3 và 4) ảnh Landsat TM [8]:

$$Chl(mg/l) = -205,9x^3 + 628,66x^2 - 619,72x + 207,58 \quad (8)$$

Trong đó: $x = \ln(\rho_3/\rho_4)$; ρ_3, ρ_4 - Phản xạ phổ ở kênh 3 và kênh 4 ảnh Landsat TM.

Kết quả xác định hàm lượng chất diệp lục được thể hiện trên H.6. Có thể nhận thấy, hàm lượng chất diệp lục đạt cao nhất tại các hồ chứa trong đất liền và khu vực ven biển gần đảo Vân Đồn, trong đó giá trị cao nhất đạt gần 1000 mg/l. Trong khi tại các vùng nước xa bờ, giá trị này đạt thấp, khoảng trên 10 mg/l.

4. Kết luận

Quá trình khai khoáng bên cạnh lợi ích về kinh tế xã hội cũng để lại hậu quả nặng nề đối với môi trường. Ô nhiễm nước mặt là một trong những vấn đề môi trường nghiêm trọng hiện nay ở các khu vực khai thác mỏ như Quảng Ninh. Tư liệu viễn thám với những ưu điểm nổi bật so với các phương pháp nghiên cứu truyền thống đã được sử dụng hiệu quả trong xác định các tham số chất lượng nước. Chương trình RS-WQ có thể sử dụng hiệu quả phục vụ công tác đánh giá và giám sát chất lượng nước mặt khu vực khai thác mỏ từ tư liệu ảnh vệ tinh. Kết quả nhận được trong nghiên cứu là một nguồn thông tin hữu ích, giúp các nhà quản lý đưa ra những biện pháp ứng phó và giảm thiểu thiệt hại do ô nhiễm nước trong quá trình khai thác khoáng sản gây ra. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. David Doxaran, Jean-Marie Froidefond, Samantha Lavender, Patrice Castaing (2007). Spectral signature of highly turbid waters application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations, Remote sensing of Environment, Vol. 81, pp. 149-161.
2. Emmanuel Olet (2010). Water quality monitoring of Roxo reservoir using LANDSAT images and In-situ measurements, International institut for geo-information science and earth observation enschede, the Netherlands, 69 pp.
3. Moran, M.S. et al (1992). Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output, Remote Sensing of Environment 41:169-184.
4. Vilmaliz Rodriguez-Guzman, Fernando Gilbes-Santaella (2009). Using MODIS 250m Imagery to Estimate Total suspended sediment in a Tropical open bay, International journal of systems applications, engineering & development, Issue 1, Vol. 3, pp. 36 - 44.
5. Weiqi He et al (2008). Water quality monitoring in slightly-polluted body through remote sensing-a case study in Guanting Reservoir Beijing, China, Front. Environ. Sci. Engin, Vol. 1, 11 pp.

Front. Environ. Sci. Engin, Vol. 1, 11 pp.

6. M. Drett Borup, Victor N.A. Narted (2013). Mapping and modeling chlorophyll-a concentration in Utan lake using Landsat 7 ETM+ imagery, WEFTEC 2013.

7. Alesheikh A.A., Ghorbanali A., Nouri A. (2007). Coastline change detection using remote sensing, International Journal of Environment, Sciences and Technology, pp. 61 - 66.

8. Carolyn Merry (2003). Water quality monitoring with remote sensing, Ohio geospatial technologies conference for Agriculture and Natural resources, 2003, Columbus, Ohio.

9. Chavez, P.S. (1996). Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 62(9):1025-1036.

10. Trinh Le Hung, Vu Danh Tuyen (2014). Estimating suspended sediment concentrations in surface water of Tri An lake using LANDSAT multispectral images, Journal of Sciences, Orel State Agrarian University, Russia, Vol.3(48), 2014, pp. 57-64.

11. Trinh Le Hung, Vu Danh Tuyen (2014). Monitoring coastal dynamics using LANDSAT multi-temporal images, Journal of Sciences, Orel State Agrarian University, Russia, Vol. 01(46), 2014, pp. 46 - 55.

12. Lương Chính Kế (2013). Ứng dụng công nghệ viễn thám vệ tinh giám sát chất lượng nước mặt vùng cửa sông ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng bằng ảnh SPOT - 5, Hội thảo Khoa học Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, 2013.

Người biên tập: Võ Chí Mỹ

Từ khóa: ảnh vệ tinh, chất lơ lửng, chất diệp lục, nước ven biển Cẩm Phả.

Ngày nhận bài: 12 tháng 01 năm 2016

Ngày duyệt đăng bài: 06 tháng 8 năm 2016

SUMMARY

This article presents a result of building program to estimate the suspended sediment and chlorophyll concentrations in surface water of the Quảng Ninh coal mine from LANDSAT multispectral images. The results which are obtained in this study can be used to create the map of suspended sediment and chlorophyll distribution and to evaluate water quality.