

## **MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG VIỄN THÁM TRONG GIÁM SÁT MÔI TRƯỜNG SINH THÁI TẠI CÁC KHU VỰC KHAI THÁC KHOÁNG SẢN**

**KS. VŨ ĐÌNH THẢO  
KS. BÙI ANH THƠ  
KS. PHẠM VĨNH HÀ**

*Trung tâm Viễn thám quốc gia*

**K**hai thác khoáng sản là một hoạt động công nghiệp, đóng góp quan trọng vào phát triển KTXH của đất nước, nhưng đồng thời cũng gây những tác động đến các yếu tố môi trường sinh thái, như tạo ra một lượng chất thải lớn, gây ô nhiễm không khí, nguồn nước, làm thay đổi dòng chảy, tàn phá rừng, chiếm dụng đất, làm cho đất bị thoái hóa, phá hoại cảnh quan thiên nhiên, di tích lịch sử - văn hoá... Vì vậy, một trong những nhiệm vụ quan trọng trong hoạt động khai thác khoáng sản là phải thường xuyên giám sát môi trường sinh thái tại các khu vực khai thác khoáng sản, nhằm kịp thời phát hiện, ngăn chặn, giảm thiểu những tác động tiêu cực đến môi trường sinh thái. Viễn thám có thể coi là một công cụ thích hợp nhất để thực hiện công việc này.

### **1. Tổng quan về hiện trạng môi trường và những tác động đến môi trường sinh thái do các hoạt động khai thác khoáng sản gây ra.**

Ở nước ta hiện có khoảng hơn 5.000 mỏ và điểm mỏ đang được khai thác, chủ yếu tập trung ở các khu vực đồi núi và ven biển. Hoạt động khai thác, chế biến khoáng sản diễn ra ở quy mô công nghiệp, bao gồm các loại khoáng sản nhiên liệu như dầu, khí đốt thiên nhiên, than, một số khoáng sản kim loại như chì, kẽm, đồng, thiếc, ilmenite, crômít, sắt, nguyên liệu phụ gia luyện kim, vật liệu chịu lửa, apatit, pyrit, nguyên liệu hoá chất, đá vôi, xi măng, sét xi măng và các nguyên liệu phụ gia xi măng khác. Còn khai thác các mỏ

khoáng sản quy mô vừa và nhỏ có trên khắp các địa phương trong cả nước đối với các loại khoáng sản vật liệu xây dựng, như đá, cát, sỏi, các loại khoáng sản kim loại và phi kim loại tại các mỏ nhỏ, phân tán. Thực tế cho thấy rằng, chỉ có hoạt động khai thác và chế biến khoáng sản quy mô công nghiệp đối với các đơn vị khai thác lớn mới có được những đầu tư về công nghệ, phương pháp làm giảm thiểu việc gây ra ô nhiễm môi trường và có được sự quan tâm nhất định đến việc hoàn nguyên môi trường và bảo vệ tài nguyên khoáng sản. Còn hoạt động khai thác, chế biến khoáng sản quy mô vừa và nhỏ, tận thu và đặc biệt là khai thác trái phép, đang diễn ra phổ biến ở nhiều nơi, thì hầu như việc thực thi theo quy định của pháp luật về khai thác khoáng sản, bảo vệ môi trường hiện còn rất lỏng lẻo và thiếu hiệu quả. Hậu quả là môi trường sinh thái bị tác động, sức khỏe của người dân bị ảnh hưởng, phát triển kinh tế thiếu bền vững.

Một thực tế hiện nay ở nước ta có hàng nghìn cơ sở khai thác, chế biến và sản xuất các sản phẩm khoáng sản, trong đó có cả các điểm khai thác khoáng sản có đăng ký hợp pháp, nhưng đồng thời còn có nhiều khu mỏ và điểm khai thác khoáng sản tự do nằm rải rác ở nhiều vùng trong cả nước. Số điểm khai thác loại khoáng sản nhiều nhất, tập trung vào vật liệu xây dựng và than với hình thức khai thác mỏ lộ thiên là chủ yếu. Số lượng các mỏ khai thác có quy mô lớn (trên 1.000.000 tấn/năm) chỉ có khoảng 20 mỏ thuộc về mỏ đá xi măng và than. Số mỏ quy



mô khai thác trên 200.000 tấn/năm rất ít, chủ yếu là các mỏ khai thác quy mô nhỏ (10.000-100.000 tấn/năm).

Khai thác khoáng sản quy mô vừa và nhỏ được phân bố ở hầu hết trong các tỉnh, thành trong cả nước. Trong đó loại khoáng sản được khai thác nhiều nhất là các mỏ khai thác vật liệu thông thường, như đá, cát, sỏi, sét gạch ngói. Tiếp đến là các mỏ khai thác khoáng sản vật liệu xây dựng như cao lanh, fenspat, đá ốp lát, đá blok; khai thác khoáng sản nguyên liệu hóa chất như đá vôi trắng, pyrit, bauxit, đá bazan; khai thác quặng ilmenhit ven biển, quặng sắt, chì-kẽm, mangan, thiếc, vàng...

Những tác động chính của hoạt động khai thác khoáng sản đến môi trường sinh thái bao gồm:

- Tác động đến cảnh quan: làm biến đổi bề mặt địa hình; làm thay đổi các hệ sinh thái bản địa; xâm phạm di tích lịch sử - văn hóa, danh lam - thắng cảnh.

- Tác động đến môi trường đất: chiếm dụng đất, làm giảm diện tích đất nông/lâm nghiệp, đất ở; gây ô nhiễm và làm thoái hóa đất.

- Tác động đến môi trường nước: làm cạn kiệt các nguồn nước mặt, nước ngầm, làm mất cân bằng nguồn nước; làm thay đổi dòng chảy, lưu lượng dòng chảy; gây ô nhiễm nguồn nước.

- Tác động đến môi trường không khí: gây ô nhiễm không khí do bụi, khí thải độc hại; gây ra hiện tượng mưa axit làm phá hoại cây cối, mùa màng, nguồn nước sinh hoạt của con người, phá hủy môi trường sống của nhiều loài sinh vật khác.

Một trong các biện pháp nhằm chủ động ngăn chặn, giảm thiểu tác động đến môi trường là việc tiến hành công tác đánh giá tác động môi trường (ĐTM). Công việc này được tiến hành ở tất cả các giai đoạn, từ lập dự án khai thác, trong quá trình khai thác đến khi đóng mỏ. Ngoài ra, còn triển khai

công tác hoàn thổ, hoàn nguyên môi trường đối với các khu vực sau khai thác.

## **2. Cơ sở khoa học của công nghệ viễn thám dùng trong giám sát môi trường sinh thái tại các khu vực khai thác khoáng sản**

Công nghệ viễn thám được sử dụng để giám sát môi trường sinh thái tại khu vực khai thác khoáng sản, thực chất là việc thu nhận, xử lý, giải đoán ảnh nhằm phát hiện những biến đổi của môi trường và các hệ sinh thái tại khu vực khai thác và các vùng lân cận do tác động của các hoạt động khai thác khoáng sản gây ra. Việc giám sát này được tiến hành định kỳ hoặc theo yêu cầu của cơ quan quản lý môi trường ở địa phương hay ngành đề xuất. Kết hợp giám sát bằng công nghệ viễn thám là quan trắc bằng việc đo ở các trạm hoặc đo tại các điểm đo di động được xác định vị trí bằng GPS về các thông số môi trường nhằm xác lập các hàm tương quan giữa các thông số đo thực với các chỉ số thông tin ảnh để nội suy từ ảnh về các yếu tố cần giám sát.

Để nâng cao chất lượng giải đoán cần tiến hành nghiên cứu đặc trưng phổ, đặc biệt là đặc trưng phản xạ phổ của các đối tượng có ở khu vực khai thác, như các loại đất đá, khoáng vật, thực phủ, nước trong các điều kiện môi trường khác nhau; cần tính toán chỉ số NDVI với việc hiệu chỉnh bức xạ của đầu thu và khí quyển và ứng dụng phương pháp phân loại ảnh số.

Qua nghiên cứu cho thấy, công nghệ viễn thám có thể dùng để giám sát được các đối tượng môi trường sinh thái tại khu vực khai thác khoáng sản sau:

- Môi trường không khí: bụi lơ lửng, khí SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO;

- Môi trường nước: độ đục, chất rắn lơ lửng, BOD<sub>5</sub>, COD, dầu mỡ, kim loại nặng, Coliforms, quá trình thay đổi dòng chảy, bồi tụ, lắng đọng đất đá ở lòng sông suối, vùng cửa sông, ven biển;



- Môi trường đất: sự cố trôi trượt, sạt lở đất tại các bờ moong, bãi thải; hoang hóa, suy thoái, chiếm dụng đất để làm bãi chứa thải;

- Thảm thực vật: diện tích rừng, cây nông nghiệp bị biến động;

- Địa hình, cảnh quan: sự biến đổi bề mặt địa hình; sự tàn phá cảnh quan thiên nhiên, danh lam thắng cảnh, di tích lịch sử.

- Việc hoàn thổ, hoàn nguyên môi trường: diện tích được san lấp, trồng cây xanh, diện tích chưa được phục hồi.

Ngoài ra, còn có thể giám sát được một số sự cố khai thác mỏ như cháy mỏ, sập mỏ.

### **3. Sử dụng ảnh vệ tinh đa thời gian để giám sát một số thành phần môi trường sinh thái tại các khu vực khai thác khoáng sản.**

a) Giám sát sự biến động bề mặt địa hình. Đây là đối tượng dễ nhận biết nhất trên ảnh viễn thám, đặc biệt là bề mặt địa hình ở các khu vực khai thác mỏ lộ thiên. Khả năng nhận biết sự biến động của địa hình phụ thuộc vào các yếu tố cơ bản sau:

- Độ phân giải của ảnh. Với ảnh vệ tinh độ phân giải siêu cao như Quickbird, IKONOS cho phép nhận biết được chi tiết về các đồng bãi thải, bãi chứa quặng; đối với ảnh vệ tinh độ phân giải cao như ảnh SPOT 4,5 cho phép nhận biết bề mặt địa hình của cả khu vực khai trường, vỉa mỏ...; còn đối với ảnh có độ phân giải trung bình như ảnh Landsat thì chỉ có thể nhận biết được địa hình của cả vùng khai thác mỏ có quy mô lớn, như khai thác than, khai thác đá...

- Đặc điểm của địa hình về diện mạo, độ cao, lớp phủ thực vật, độ ẩm của đất, chất đất. Thông qua các dấu hiệu điều vẽ ảnh như hình dáng, màu sắc, độ tương phản, diện mạo, cấu trúc để phát hiện trên ảnh viễn thám.

- Tính chất phản xạ phổ của bề mặt địa hình. Đặc trưng phản xạ phổ của đất đá được thể hiện thông qua hàm số  $P_s = F(m,$

$s, sh, o, p)$ . Trong đó: (m) là loại đá, (s) là kích thước đá, (sh) là hình dạng đá, (o) là hướng không gian của vỉa đá và (p) là mật độ không gian của loại đá. Công thức này cho thấy, phản xạ phổ của mỗi loại đá phụ thuộc vào nhiều yếu tố liên quan đến đất đá (chất liệu, kích thước, hình dạng, vị trí phân bố).

b) Giám sát biến động của lớp phủ rừng, lớp phủ thực vật khác. Lớp phủ thực vật nói chung và lớp phủ rừng nói riêng là những đối tượng rất dễ bị tổn thương do quá trình khai thác khoáng sản, đặc biệt là do khai thác lộ thiên vì phải bóc dỡ lớp phủ bề mặt cũng như bị tận dụng để làm nơi chứa thải đất đá và các quặng khai thác. Các khu rừng bị chặt phá, các vùng đất trồng cây nông nghiệp bị chiếm dụng hoặc bị suy thoái do quá trình khai thác khoáng sản, kể từ lúc mỏ khai trường đến khi ngừng khai thác nếu vẫn chưa được hoàn nguyên môi trường.

Lớp phủ thực vật được nhận biết trên ảnh vệ tinh viễn thám, thông qua việc nghiên cứu về đặc trưng phản xạ phổ của các loại thực phủ khác nhau, mà đặc trưng này lại phụ thuộc chủ yếu vào tán lá, vòm cây và thực vật không quang hợp. Trong tán lá, thành phần quan trọng nhất có ảnh hưởng trực tiếp đến đặc trưng phổ là các chất sắc tố, nước, cacbon và nitơ. Còn các thành phần khác như photpho, canxi gần như không trực tiếp ảnh hưởng đến đặc trưng phổ của lá cây. Vòm cây, bao gồm khối lượng tán lá và cấu trúc vòm cây cũng có những ảnh hưởng quan trọng đến khả năng tán xạ cũng như hấp thụ của lớp phủ thực vật. Vì vậy, với đặc điểm vòm cây khác nhau thì khả năng phản xạ phổ của lớp thực phủ cũng sẽ khác nhau, mà biểu hiện rõ nhất là độ tán cây với độ che phủ khác nhau. Thực vật không quang hợp là loại thực vật già cỗi hoặc đã chết, tức là thực vật không có khả năng quang hợp, nên không còn màu xanh của lá mà chỉ là cây và cành cây trơ trụi. Trong thực tế, thực vật không quang hợp có thể nằm xen kẽ giữa các vòm cây, tán lá. Do



vậy, bước sóng hồng ngoại sóng ngắn là bước sóng dùng để đo thực vật không quang hợp lại không thể xuyên qua được vòm lá để tới loại thực vật này.

Mặc dù tính chất phản xạ phổ của các mỗi loại thực vật là khác nhau, nhưng chúng đều có cơ chế phản xạ phổ giống nhau. Bức xạ của Mặt trời ( $F_0$ ) khi tới bề mặt của lá cây, một phần được phản xạ lại ( $F_1$ ), một phần xuyên qua lớp mô bì của lá cây, sau quá trình hấp thụ sẽ bức xạ trở lại. Năng lượng sóng bức xạ trở lại có thể thay đổi về thành phần, vì lúc này năng lượng bức xạ ở vùng sóng lam (Blue) và sóng đỏ (Red) bị các chất diệp lục của lá cây hấp thụ để cho quá trình quang hợp và phát triển của cây, chỉ còn phần năng lượng bức xạ nằm trong vùng sóng lục (Green), khi gặp chất diệp lục của lá sẽ phản xạ trở lại ( $F_2$ ). Như vậy, sau khi đi qua lá, năng lượng bức xạ Mặt trời trong vùng sóng nhìn thấy chỉ còn lại một phần là  $F_2$ . Còn bức xạ ở vùng sóng hồng ngoại ( $F_3$ ) sẽ phản xạ khi gặp các khí khổng và vách mô bì của lá cây. Như vậy tổng năng lượng phản xạ từ lớp phủ thực vật sẽ là:  $F_{ph.x} = F_1 + F_2 + F_3$ . Trong đó, phần năng lượng ( $F_2 + F_3$ ) chứa đựng các thông tin về bản chất và trạng thái của thực vật, còn phần năng lượng  $F_1$  chỉ có tác dụng tạo ra độ chói của đối tượng.

Trong thực tế, sự khác nhau về đặc trưng phản xạ phổ của thực vật được xác định bởi các yếu tố cấu tạo trong và ngoài của lá cây (sắc tố diệp lục, cấu tạo mô bì của lá, thành phần và cấu tạo biểu bì, hình thái cây...), thời kỳ sinh trưởng (tuổi cây, giai đoạn sinh trưởng) và những tác động ngoại cảnh (điều kiện sinh trưởng, điều kiện chiếu sáng, thời tiết, vị trí địa lý...). Tuy vậy, đặc trưng phản xạ phổ của lớp phủ thực vật vẫn có quy luật chung. Đó là khả năng phản xạ mạnh ở vùng sóng lục (510-575 nm) và cận hồng ngoại (720-900 nm), hấp thụ mạnh ở vùng sóng lam (390-480 nm) và sóng đỏ (680-720 nm).

c) Giám sát tình trạng bồi lấp sông, suối,

vùng cửa sông và ô nhiễm nước. Một trong những tác động do các hoạt động khai thác mỏ gây ra dễ nhận thấy nhất, đó là việc bồi lấp lòng sông, suối, vùng cửa sông và tình trạng ô nhiễm nguồn nước. Quá trình này liên tục xảy ra và là nguy cơ làm biến dạng hệ thống thủy văn cả về hình dáng và động lực dòng chảy cũng như của cả hệ thống bồn thu nước và làm suy giảm đáng kể chất lượng nước của cả khu vực. Nguyên nhân chính của các hiện tượng này là do tình trạng trôi lấp đất đá, quặng từ khu vực khai thác xuống lòng sông suối rồi cuốn trôi cả về các vùng cửa sông. Có nhiều đoạn sông suối còn bị chặn lấp. Hình dạng các dòng sông suối đã bị thay đổi, chủ yếu là bị đứt đoạn, quanh co với nhiều khúc uốn lượn nhỏ. Nước ở đây bị ứ đọng, tạo ra các hồ nhân tạo nhỏ, hoạt động của sông suối không liên tục. Do lòng sông suối bị bồi lấp, nên đáy của chúng bị nâng dần, có chỗ gần như nổi hẳn lên trở trọi. Tại các cửa sông đổ ra biển, quá trình bồi lấp cũng rất dễ nhận thấy, bởi các bãi được hình thành giữa cửa sông. Ngoài ra, việc sử dụng đất đá thải từ khu vực khai thác để san lấp các khu vực trũng ven biển, đã làm cho đường bờ biển cũng có sự thay đổi đáng kể.

Như chúng ta đã biết, ánh sáng mặt trời khi tới mặt nước một phần bị hấp thụ, một phần tán xạ và một phần phản xạ trở lại. Nhiều công trình nghiên cứu cho thấy, dải sóng màu lam tán xạ mạnh hơn dải sóng màu đỏ. Hầu hết năng lượng tán xạ đều bị nước hấp thụ. Trong môi trường nước sạch chỉ có khoảng 1% năng lượng tán xạ ngược trở lại. Năng lượng tán xạ ngược trở lại này được đặc trưng bởi hàm lượng cũng như tính chất của các chất lơ lửng chứa trong nước. Các kênh phổ khác nhau của ánh sáng có khả năng xuyên sâu khác nhau trong môi trường nước. Trong môi trường nước sạch và sâu có đến 50% tín hiệu của ánh sáng màu lam (0,4-0,5 m) xuất phát từ độ sâu 15 m, trong khi đó với ánh sáng màu đỏ (0,6-0,7 m) đa số tín hiệu nhận được lại từ độ sâu



nhỏ hơn 1 m. Đối với nước sạch và nông, năng lượng mặt trời có thể được phản xạ trở lại từ đáy.

Khả năng phản xạ phổ của nước phụ thuộc vào tính chất của nước và hàm lượng cũng như loại chất lơ lửng chứa trong nước. Nước đục (turbid water) phản xạ phổ cao hơn nước trong (clean water) một khoảng nhất định tại các kênh phổ 1,2,3 trên ảnh vệ tinh Landsat TM, đặc biệt là ở bước sóng trong khoảng từ 0,5 m - 0,6 m (dải sóng màu lục). Nhưng đến kênh 4,5,6 thì lại ngược lại, nước trong lại có phản xạ phổ lớn hơn nước đục, tuy không nhiều do chúng đều bị nước hấp thụ. Sự khác biệt lớn nhất giữa phổ phản xạ nước trong và nước đục trên ảnh vệ tinh Landsat MSS nằm trong khoảng 0,6-0,9 m (đỏ, cận hồng ngoại). Đặc biệt trong khoảng 0,7-0,8 m là kênh quan trọng nhất có thể dự đoán được các thông số về chất lượng nước. Trong khoảng dải phổ 0,8-1,1 m (cận hồng ngoại) cho phép có thể xác định ranh giới giữa đất và nước, bởi nước hấp thụ hoàn toàn sóng hồng ngoại. Nếu trên kênh này có độ sáng cao, có nghĩa là trên mặt nước có một lớp vật chất lơ lửng, phản ánh độ đục của nước.

d) Nghiên cứu sử dụng kết hợp ảnh vệ tinh và mô hình số độ cao để ước tính khối lượng bãi thải đất đá, bãi quặng khai thác. Quá trình khai thác khoáng sản, đặc biệt là khai thác mỏ lộ thiên luôn đi kèm với việc đổ thải một khối lượng lớn đất đá và hình thành lên các bãi chứa quặng. Các bãi thải và bãi chứa này chiếm một diện tích đáng kể và gây ra những tác động tiêu cực đến môi trường sinh thái, vì vậy cần phải xác định phạm vi và quy mô phân bố của chúng, nhằm kiểm soát và đề ra các giải pháp khắc phục thông qua việc lập kế hoạch và phương án hoàn thổ, hoàn nguyên môi trường.

Bằng kỹ thuật giải đoán ảnh vệ tinh, tiến hành nhận dạng và xác định phạm vi ranh giới bãi, sau đó là việc tích hợp ảnh với mô hình số độ cao để nhận được ảnh 3D và

bằng các modul phần mềm như ArcGis hoặc ERDAS của ERSI để xác định các thông tin không gian, trong đó có độ rộng, chiều dài, diện tích, chiều cao và khối lượng của bãi. Các bước công việc gồm:

- Giải đoán các khu vực bãi trên ảnh, thông 7 dấu hiệu là hình dạng, kích thước, độ tương phản, màu sắc, bóng, diện mạo, đặc điểm phân bố và động thái của đối tượng. Trong đó đặc biệt quan trọng cho giải đoán các bãi thải đất đá, bãi than trên ảnh là dấu hiệu về hình dạng, kích thước, màu sắc, diện mạo và đặc điểm phân bố.

- Lập mô hình số độ cao (DEM) bằng các phương pháp khác nhau, như: đo đạc thực địa, lập từ bản đồ địa hình, đo vẽ ảnh viễn thám (ảnh hàng không, ảnh vệ tinh), quét LIDAR, IFSAR.

- Tính toán, xác định diện tích (mặt bằng và bề mặt), khối lượng của bãi. Đối với ảnh số ở dạng dữ liệu Raster, diện tích bãi được tính bằng tích số của tổng các pixel ảnh nhân với độ lớn của 1 pixel ảnh, ví dụ đối với ảnh SPOT 5 kích thước 1 pixel ảnh là 2,5m x 2,5m trên thực địa. Số lượng các pixel ảnh được xác định bằng 1 modul phần mềm của hệ thống ArcGis. Khối lượng của bãi là tổng các khối lượng của các pixel thực địa chiếu theo độ cao đến chân mặt bãi, tính theo công thức:

$$V = \sum_{i=1}^n v_i = \sum_{i=1}^n S_i \cdot h_i$$

Trong đó  $S_i$  là diện tích 1 pixel ảnh trên thực địa và  $h_i$  là chiều cao từ chân bãi đến đỉnh bãi tại tâm của pixel ảnh.

#### **4. Quy trình công nghệ giám sát môi trường sinh thái bằng công nghệ viễn thám tại các khu vực khai thác khoáng sản**

- Thu nhận ảnh vệ tinh được thực hiện tại Trạm thu ảnh vệ tinh Việt Nam. Trong khâu này, ngoài việc thu nhận tín hiệu phát từ vệ tinh rồi được chuyển đổi về dữ liệu ảnh số, còn phải tiến hành xử lý ban đầu (tiền xử lý) với việc hiệu chỉnh sai số trong của đầu thu,



hiệu chỉnh nhiễu khí quyển và hiệu chỉnh ảnh hưởng do góc chiếu của mặt trời và địa hình.

- Tạo ảnh chuẩn dùng cho giám sát, bao gồm việc nắn ảnh, tăng cường chất lượng ảnh và cắt ghép ảnh theo khu vực cần giám sát. Nắn ảnh là việc hiệu chỉnh biến dạng hình học của ảnh do quá trình thu ảnh và do ảnh hưởng của chênh cao địa hình gây ra, đồng thời với việc chuyển tọa độ điểm ảnh từ phép chiếu không gian ảnh sang phép chiếu thẳng góc. Tăng cường chất lượng ảnh là việc hiệu chỉnh bức xạ ảnh (xử lý mức độ xám đối với ảnh toàn sắc - Panchromatic và xử lý phổ đối với ảnh đa phổ - XS), nhằm nâng cao khả năng thông tin của ảnh. Cắt ghép ảnh được thực hiện do có thể phải dùng nhiều cảnh ảnh khác nhau, đồng thời cũng chỉ cần ảnh cắt theo vùng cần giám sát.

- Giải đoán ảnh thông qua việc phân loại ảnh số gồm các bước công việc chính như sau: Bước 1: Định nghĩa các lớp phân loại về mặt chỉ tiêu. Bước 2: Tuyển chọn các đặc trưng (bao gồm đặc trưng về phổ của đối tượng, biến động về thời gian và cấu trúc cụ thể của đối tượng). Bước 3: Chọn vùng mẫu trên ảnh dựa trên kết quả của bước 1 và 2. Bước 4: Ước tính thống kê vùng mẫu nhằm xác định các giá trị tương ứng với loại phổ trong không gian đặc trưng của đối tượng, từ đó xác định phương pháp phân loại khác nhau với vùng mẫu và so sánh kết quả đạt được nhằm tìm thuật toán tối ưu cho kết quả phân loại. Bước 5: Phân loại dựa trên các luật quyết định và các chỉ tiêu đã thiết lập, các pixel sẽ được phân loại tuần tự vào các lớp đã chọn.

- Kiểm tra, đánh giá kết quả phân loại được thực hiện nhằm quyết định chấp nhận đạt hay không chấp nhận kết quả phân loại về độ chính xác và độ tin cậy. Nếu các chỉ tiêu không đạt cần phải tiến hành các bước lặp lại từ chọn vùng mẫu.

- Tích hợp kết quả giải đoán ảnh với kết

quả ảnh giám sát lần trước trên nền bản đồ địa hình chuẩn

- Phân tích, xác định các tham số, thành lập bản đồ

- Lập báo cáo giám sát

Lưu ý: Thực hiện theo Quy trình này cần một số tài liệu có sẵn: ảnh và tài liệu giám sát lần trước; bản đồ địa hình số ở tỷ lệ phù hợp; dữ liệu đo khống chế ảnh; mô hình số độ cao (DEM) dùng để nắn ảnh và để thành lập trực ảnh 3D; mẫu giải đoán ảnh; số liệu quan trắc môi trường và các tài liệu khác.

### **5. Một số kết quả thử nghiệm**

Khu vực thử nghiệm được chọn là khu vực khai thác than ở Cẩm Phả, Quảng Ninh. Ảnh dùng để thử nghiệm là ảnh vệ tinh SPOT 4,5 và ảnh vệ tinh Landsat ETM..

a) Hiệu chỉnh bức xạ phổ bao gồm hiệu chỉnh sai số trong của đầu thu và hiệu chỉnh nhiễu khí quyển. Kết quả cho thấy, chất lượng của các ảnh sau khi đã được hiệu chỉnh bức xạ phổ như sau: ảnh gốc (DN) có chỉ số biến đổi CV < 1 nhưng có phương sai rất lớn; ảnh bức xạ trước ống kính đầu thu (R), sau khi được hiệu chỉnh hàm phổ của ống kính đầu thu có chỉ số CV xấp xỉ CV của ảnh DN nhưng có phương sai nhỏ hơn gần 2 lần; ảnh bức xạ đỉnh khí quyển tuy có chỉ số biến đổi CV lớn hơn so với chỉ số biến đổi CV của ảnh DN, nhưng vẫn < 1, còn phương sai VAR lại có giá trị rất nhỏ, gần như bằng 0 (gần 4 phần vạn); ảnh bức xạ tại mặt đất có chỉ số biến đổi CV xấp xỉ bằng chỉ số biến đổi CV của ảnh gốc DN, nhưng giá trị phương sai VAR nhỏ hơn 100 nghìn lần so với chỉ số này của ảnh gốc DN.

b) Xác định chỉ số thực vật NDVI. Chất lượng của các ảnh NDVI sau khi được hiệu chỉnh bức xạ phổ của ảnh trên mặt đất có phương sai gần như bằng 0 với chỉ số CV nhỏ nhất, cho ảnh có độ tin cậy cao nhất.

c) Xây dựng bộ khóa giải đoán ảnh với 9 mẫu: khu vực khai thác than, khu vực đang bóc dỡ đất đá tạo khai trường, khu vực bãi

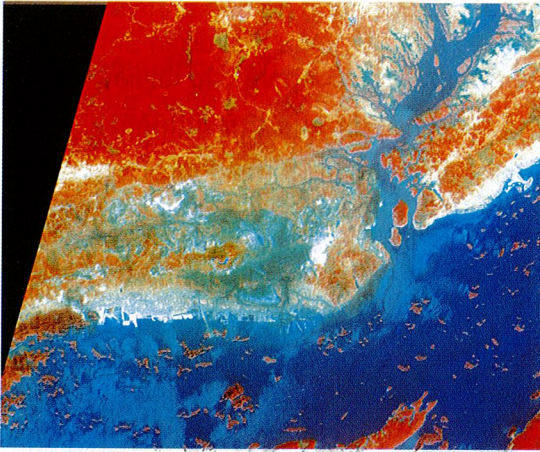


than, Moong hố sâu, bãi đất đá đổ thải, khu vực đất trống/đồi núi trọc, rừng, khu vực trồng cây nông nghiệp, khu vực cửa sông/ven biển bị bồi lấp.

d) Phân loại ảnh số đã xây dựng được bản đồ lớp phủ với các nội dung: khu vực khai thác than, vỉa than lộ thiên, bãi đất đá đổ thải, rừng, cây bụi, đồi núi trọc, vùng nước ven biển bị ô nhiễm.



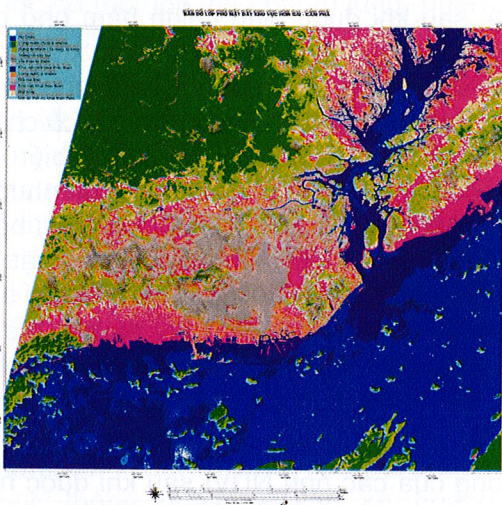
*Ảnh 3D khu vực mỏ than Cọc Sáu*



*Ảnh SPOT 5 tổ hợp màu giả*



*Ảnh 3D vỉa than đang được bóc dỡ*



*Bản đồ lớp phủ bề mặt*

đ) Thành lập ảnh 3D dùng để tính toán khối lượng bãi đất đá thải, bãi quặng bằng cách tích hợp bình đồ ảnh với DEM.

e) Thành lập một số bản đồ

- Bản đồ biến động các khu vực khai thác than gồm các nội dung về biến động của các khu vực khai thác than lộ thiên, biến động các khu vực chế biến và tập kết than, biến động các bãi thải đất đá từ khai thác, biến động các khu vực đã được hoàn thổ trong giai đoạn 1995-2001 và 2001-2008;

- Bản đồ biến động đất rừng, đất nông nghiệp gồm các nội dung: diện tích đất rừng bị tàn phá, đất nông nghiệp bị lấn chiếm, diện tích đất bị hoang hóa, diện tích đất rừng mới được phục hồi trong giai đoạn 1995-2001 và 2001-2008;

- Bản đồ hiện trạng bồi lấp sông suối, cửa sông và ô nhiễm nước gồm các nội dung chính là các đoạn sông suối bị bồi lấp, bị thay đổi dòng; các vùng cửa sông, ven biển được bồi lấp; các vùng nước bị ô nhiễm bùn than.○