



## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>

# Ứng dụng phương pháp phân tích thành phần chính có hướng trong chiết tách khu vực chứa khoáng sản sét trên ảnh vệ tinh quang học Landsat 8

Nguyễn Sách Thành<sup>1,\*</sup>, Trịnh Lê Hùng<sup>1</sup>, Đỗ Văn Dương<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bộ môn Trắc địa Bản đồ, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Việt Nam

<sup>2</sup> Khoa Trắc địa, Bản đồ và Thông tin địa lý, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

### TÓM TẮT

#### Quá trình:

Nhận bài 09/8/2019  
Chấp nhận 25/9/2019  
Đăng online 31/10/2019

#### Từ khóa:

Khoáng sản,  
Viễn thám,  
Tỉ lệ ảnh,  
Phân tích thành phần  
chính có hướng.

Giải đoán, phát hiện các đối tượng khoáng sản trên ảnh vệ tinh là một vấn đề phức tạp và được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Các nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam đã sử dụng các kỹ thuật xử lý ảnh như tỉ lệ ảnh, tổ hợp màu, phân tích thành phần chính (PCA),... nhằm làm nổi bật thông tin của một số khoáng vật như oxit sắt, sét trên ảnh vệ tinh quang học. Mặc dù vậy, các kỹ thuật xử lý ảnh viễn thám này thường chỉ phù hợp với từng khu vực cụ thể và khó có thể áp dụng hiệu quả với những vùng có điều kiện khí hậu nhiệt đới như Việt Nam. Bài báo này trình bày kết quả ứng dụng phương pháp phân tích thành phần chính có hướng (DPCA) trong chiết tách các khu vực chứa khoáng vật sét trên địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc từ ảnh vệ tinh Landsat 8. Trên cơ sở kết hợp các ảnh tỉ lệ và PCA, phương pháp DPCA cho phép tận dụng được những ưu điểm của hai phương pháp trên trong xác định các khu vực chứa khoáng sản. Kết quả nhận được trong nghiên cứu có thể sử dụng nhằm cung cấp thông tin đầu vào phục vụ công tác điều tra, phát hiện khoáng sản.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

Việt Nam là một quốc gia có nguồn tài nguyên khoáng sản phong phú. Trong những năm qua, ngành công nghiệp khai thác khoáng sản đã có những đóng góp quan trọng phục vụ quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước. Mặc dù vậy, do khai thác quá mức, một số tài nguyên khoáng sản đang dần cạn kiệt, việc thăm dò, phát

hiện các mỏ khoáng sản mới trở thành một đòi hỏi cấp thiết (Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam 2012).

Ngày nay, với những ưu điểm nổi bật so với các phương pháp nghiên cứu truyền thống, công nghệ viễn thám đã trở thành một ngành khoa học được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, trong đó có lĩnh vực địa chất - khoáng sản. Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã sử dụng các kỹ thuật xử lý ảnh viễn thám khác nhau như phương pháp tỉ lệ ảnh (band ratio), phân tích thành phần chính (principal component analysis) nhằm làm nổi bật

\*Tác giả liên hệ

E - mail: thanhns.dth@gmail.com

những khu vực chứa nhiều khoáng sản. Có thể kể đến các nghiên cứu của Arunachalam et al., 2014; Kao, 2014; Liu nnk, 2011.

(Dehnavi, et al., 2010; Estornell, et al., 2013; Gupta, et al., 2013; Mia and Fujimitsu, 2012; Simpson, 1978; Zhao and Zhang, 1990) đã sử dụng ảnh vệ tinh quang học như Aster, Landsat TM, Landsat ETM+ trong xác định các khu vực chứa nhiều khoáng sản sắt, khoáng sản thủy nhiệt. Các nghiên cứu này cũng cho thấy, phương pháp phân tích thành phần chính tỏ ra hiệu quả hơn so với phương pháp tỉ lệ ảnh trong phát hiện các khoáng vật. Một số nghiên cứu gần đây như của Mwaniki, et al., 2015; Li, et al., 2018; Trinh Le Hung and Zablotskii, 2019; Li và Yeh, 2002 đã sử dụng ảnh vệ tinh Landsat thế hệ mới (Landsat 8) cũng như ảnh Sentinel 2 nhằm phát hiện các loại khoáng sản trên cơ sở phương pháp phân tích thành phần chính. Ngoài ra, cũng có thể kể đến một số nghiên cứu ở Việt Nam như của Đào Khánh Hoài nnk., 2013; Trịnh Lê Hùng, 2014.

Các kỹ thuật xử lý ảnh như tỉ lệ ảnh, phân tích thành phần chính mặc dù tỏ ra hiệu quả khi nâng cao sự tương phản giữa các loại khoáng vật với các đối tượng khác trên ảnh, tuy nhiên các phương pháp này thường chỉ phù hợp với những khu vực có lớp phủ thực vật thưa (Zhao và Zhang 1990). Việc kết hợp ưu điểm của hai phương pháp này giúp nâng cao hiệu quả khi phát hiện khoáng vật ở những khu vực có điều kiện nhiệt đới gió mùa như ở Việt Nam. Trong xử lý ảnh viễn thám, phương pháp phân tích thành phần chính có hướng là sự kết hợp của hai phương pháp tỷ số ảnh và phân tích thành phần chính (Kao và Roy, 2014). Phương pháp này dựa trên tỷ số ảnh để làm nổi bật các đặc trưng phản xạ phổ đầu vào của một số lớp thông tin như thực vật, nước, đất, khoáng sản, sau đó sẽ chiết tách ra các thông tin của lớp khoáng sản dựa trên phân tích các thành phần chính (Kao và Roy, 2014 ; Latif, 2014 ; Tiwari et al., 2011; Liu và Mason, 2009). Bài báo này trình bày kết quả ứng dụng phương pháp phân tích thành phần chính có hướng trong nâng cao khả năng giải đoán khoáng vật sét tại địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc từ ảnh vệ tinh quang học Landsat 8.

## 2. Cơ sở lý thuyết

### 2.1 Phương pháp tỷ lệ ảnh

Tỷ lệ ảnh hay còn gọi là tỷ số kênh là kỹ thuật

xử lý ảnh số nhằm tăng cường độ tương phản giữa các đối tượng bằng cách chia độ phản xạ của các điểm ảnh trong một kênh cho các điểm ảnh tương ứng của kênh ảnh khác của cùng một ảnh vệ tinh. Chúng dựa trên nguyên lý khả năng hấp thụ và phản xạ giữa các dải phổ khác nhau. Kỹ thuật này được sử dụng rộng rãi để trực quan hóa và lập bản đồ đá biến đổi nhiệt dịch (Mia, Fujimitsu(2012), (Mwaniki nnk 2015). Một số nghiên cứu đã sử dụng các ảnh tỷ lệ của ảnh vệ tinh Landsat TM nhằm làm nổi bật các khu vực có tiềm năng khoáng sản sét, sắt.

### 2.2 Phương pháp phân tích thành phần chính

Các kênh ảnh của ảnh vệ tinh quang học thường có sự tương quan về mặt thông tin rất lớn. Việc sử dụng tất cả các kênh ảnh này trong giải đoán, phát hiện khoáng sản là không cần thiết và gây khó khăn trong quá trình xử lý. Phương pháp phân tích thành phần chính (PCA) cho phép giảm khối lượng dữ liệu cần xử lý mà vẫn giữ được tối đa lượng thông tin có ích (Estornell et al., 2013; Latif, 2014; Liu và Mason, 2009).

Trong xử lý ảnh, PCA tạo ra các ảnh không tương quan với nhau từ các kênh ảnh gốc tương quan. Giả sử  $X$  biểu diễn một ảnh đa phổ  $m$  kênh, ma trận hiệp phương sai  $\Sigma_x$  được xác định bởi công thức:

$$\begin{aligned} \Sigma_x &= \varepsilon\{(x - m_x)(x - m_x)^T\} \\ &\approx \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (x_j - m_x)(x_j - m_x)^T \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó:

$$x_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm})^T \quad (x_j \in x, j = 1, 2, \dots, N)$$

là một vector điểm ảnh  $m$  chiều bất kỳ của  $m$  kênh ảnh  $X$ ,  $N$  là số điểm ảnh trong ảnh  $X$  và  $m_x$  là vector trung bình của ảnh  $X$ . Phép tính  $\varepsilon$  là một kỹ vận toán học:

$$m_x = \varepsilon\{x\} = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N x_j \quad (2)$$

Từ đó, ma trận hiệp phương sai  $\Sigma_x$  là ma trận đối xứng không âm, tồn tại một phép biến đổi tuyến tính mà chéo hóa  $\Sigma_x$ :  $y = G$  Ma trận hiệp phương sai  $\Sigma_y$  ( $y_j \in y, j = 1, 2, \dots, N$ ) là ma trận đường chéo. Trong không gian  $Y$ , ma trận hiệp

phương sai  $Z_y$  được xác định như sau:

$$\Sigma_y = \varepsilon \{ (y - m_y)(y - m_y)^T \} \quad (3)$$

Trong đó:  $m_y$  là vector trung bình của ảnh chuyển đổi Y. Vì vậy

$$\begin{aligned} m_y &= \varepsilon \{ y \} = \varepsilon \{ Gx \} = G\varepsilon \{ x \} = Gm_x \\ \Sigma_y &= \varepsilon \{ (Gx - Gm_x)(Gx - Gm_x)^T \} \\ &= G\varepsilon \{ (x - m_x)(x - m_x)^T \} G^T \\ &= G\Sigma_x G^T \end{aligned} \quad (4)$$

Thông qua các biến đổi ma trận, có thể chứng minh rằng việc chuyển đổi G là ma trận chuyển đổi  $n \times m$  của các vector riêng của  $Z_x$

$$G = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1m} \\ g_{21} & g_{22} & \dots & g_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{n1} & g_{n2} & \dots & g_{nm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1^T \\ g_2^T \\ \vdots \\ g_n^T \end{pmatrix} \quad (5)$$

$Z_y$  là một ma trận đường chéo với các giá trị riêng của  $Z_x$ , các phần tử trên đường chéo khác 0

$$\Sigma_y = \begin{pmatrix} \lambda_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \lambda_n \end{pmatrix} \quad (6)$$

với  $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_n$ ;

Giá trị riêng  $\lambda_i$  là trị riêng của ảnh  $PC_i$  và tỷ lệ thuận với thông tin được chứa trong  $PC_i$ . Các giá trị riêng của  $Z_x$  có thể được tính từ phương trình đặc trưng:

$$|\Sigma_x - \lambda I| = 0 \quad (7)$$

Trong đó: I là ma trận đơn vị m chiều. Một vector riêng của ma trận  $Z_x$  được xác định như một vector  $g$  ( $g \in G$ ) thỏa mãn:

Trong đó: I là ma trận đơn vị m chiều. Một vector riêng của ma trận  $Z_x$  được xác định như một vector  $g$  ( $g \in G$ ) thỏa mãn:

$$\Sigma_x g = \lambda g \text{ or } (\Sigma_x - \lambda I)g = 0 \quad (8)$$

Công thức này được gọi là đa thức đặc trưng của  $Z_x$ . Vì vậy, khi biết giá trị  $\lambda_i$  thì vector riêng  $g_i$  cũng được xác định. Mỗi ảnh PC là một tổ hợp tuyến tính của các kênh ảnh:

$$PC_i = g_i^T X = \sum_{k=1}^m g_{ik} Band_k \quad (9)$$

Trong đó:  $g_{ik}$  là phần tử của  $g$  ở hàng thứ i và cột thứ k hay phần tử thứ k của vector riêng thứ i

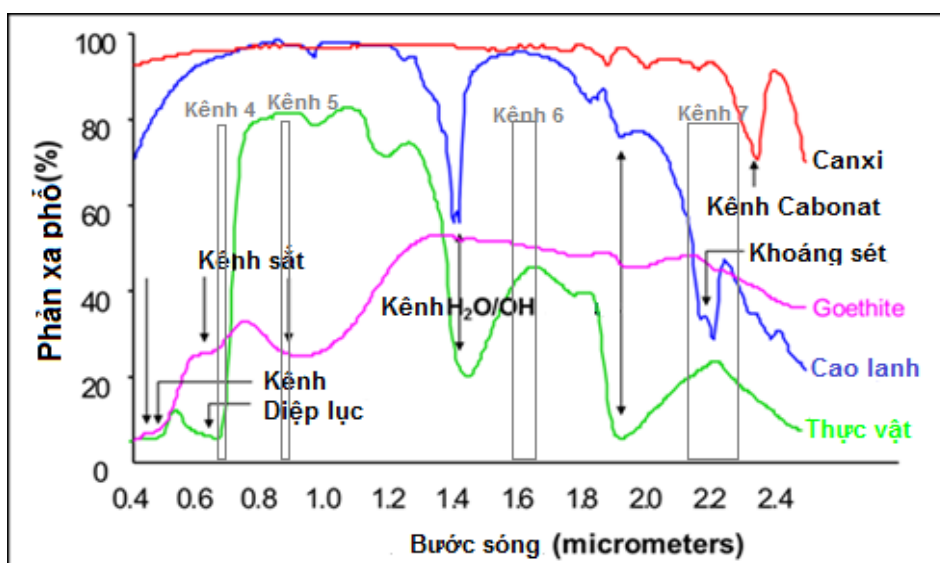
$$g_i^T = (g_{i1}, g_{i1}, \dots, g_{ik}, \dots, g_{im}) \quad (10)$$

### 2.3. Đề xuất quy trình

Dựa theo đồ thị phản xạ phổ ở Hình 1, nhận thấy:

- Thực vật phản xạ phổ tốt ở kênh 5 (0.851÷0.879  $\mu\text{m}$ ) và bị hấp thụ nhiều ở kênh 4 (0.636÷0.673  $\mu\text{m}$ ). Lớp khoáng vật sét và oxit sắt ở 2 dải sóng này có độ phản xạ phổ gần giống nhau. Như vậy khi sử dụng tỷ số ảnh kênh 5 chia kênh 4 sẽ chỉ làm nổi bật lớp thực vật.

- Tại dải phổ kênh 6 (1.566÷1.651  $\mu\text{m}$ ): Khoáng vật sét phản xạ phổ mạnh nhất rồi đến



Hình 1. Đồ thị phản xạ phổ.

oxit sắt và thực vật. Trong khi đó, trên dải phổ kênh 7 ( $2.107 \div 2.294 \mu\text{m}$ ) thì so với kênh 6: Khoáng vật sét bị hấp thụ rất mạnh; thực vật cũng bị hấp thụ nhiều. Như vậy, khi sử dụng tỷ số kênh 6 chia kênh 7 sẽ làm nổi bật lớp khoáng vật sét và lớp thực vật.

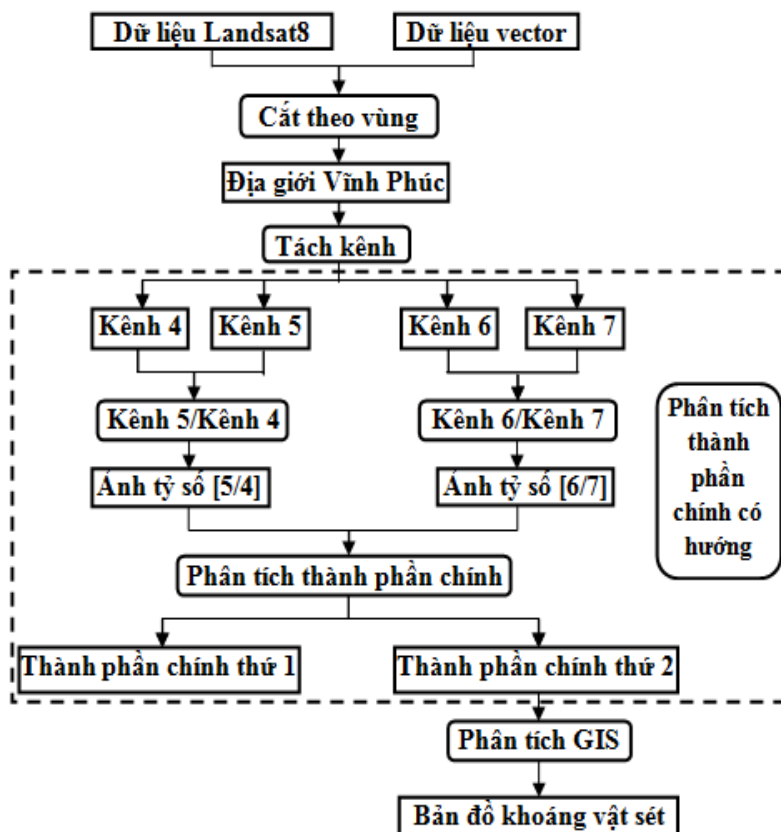
Do đặc điểm của phương pháp phân tích thành phần chính: thành phần chính thứ nhất chủ yếu sẽ lưu trữ các thông tin chung của tập dữ liệu và các thành phần chính còn lại sẽ lưu trữ các thông tin riêng của mỗi lớp đối tượng. Bởi vậy, khi sử dụng phân tích thành phần chính từ hai ảnh tỷ số ở trên (ảnh tỷ số kênh 5 chia kênh 4 và ảnh tỷ số kênh 6 chia kênh 7) thì thành phần chính thứ nhất sẽ tập trung các thông tin chung của cả hai ảnh đầu, tức là sẽ làm nổi bật lớp thực vật, trong khi đó lớp khoáng vật sét sẽ được thể hiện trong thành phần chính thứ hai. Khi tiến hành nghiên cứu phương pháp phân tích thành phần chính có hướng trên tập dữ liệu ảnh Landsat-8, nhóm tác giả đã xây dựng mô hình nâng cao khả năng giải đoán đối tượng khoáng vật sét như trên Hình 2

### 3. Kết quả và thảo luận

Khu vực thử nghiệm được lựa chọn là địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc, một địa phương giàu tiềm năng khoáng sản sét, đá. Ảnh vệ tinh sử dụng trong nghiên cứu là ảnh Landsat - 8 thu nhận ngày 4/6/2017 với độ phân giải không gian 30 m ở các kênh đa phổ (Hình 3). Với độ phân giải không gian tốt, kích thước lớn, ảnh Landsat tỏ ra hiệu quả với các nghiên cứu ở quy mô cấp tỉnh, vùng.

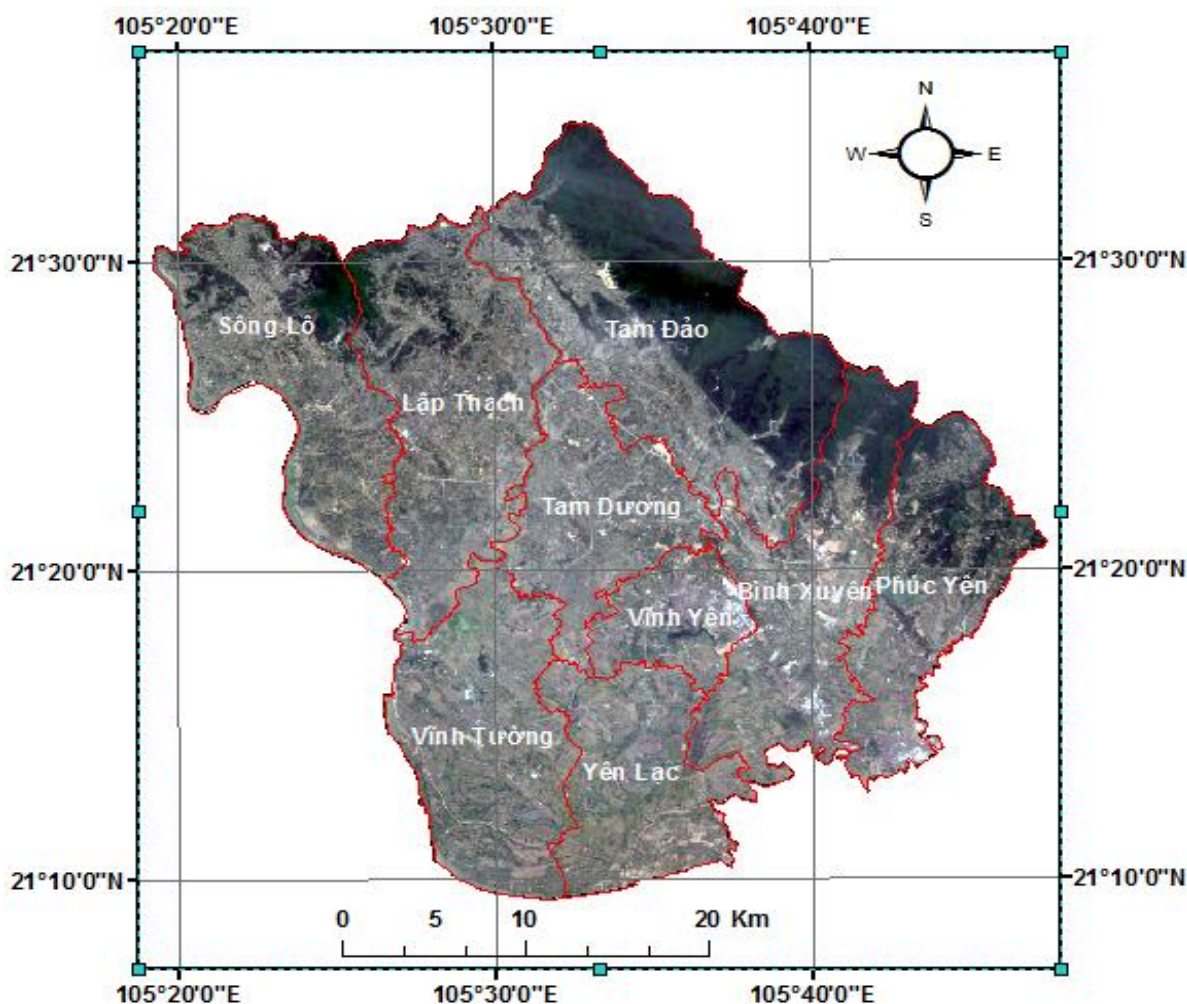
Kết quả thực nghiệm khi tiến hành theo mô hình nghiên cứu với tập các kênh 4, kênh 5, kênh 6, kênh 7, nhận được các ảnh tỷ số [kênh 5]/[kênh 4], [kênh 6]/[kênh 7] và hai ảnh thành phần chính như Hình 4. Đối với kết quả này, rút ra một số nhận xét như sau:

- Dữ liệu tập trung chủ yếu ở thành phần chính thứ nhất (PC1); điều này có thể được chứng minh khi so sánh các thông số thống kê của ảnh như min, max, mean, median, mode (Bảng 1, 2). PC1 thể hiện hình ảnh phản chiếu của bề mặt trên ảnh vệ tinh, đặc biệt là với lớp phủ thực vật do giá trị của ảnh tỷ số [kênh 5]/[kênh 4] là 0.9741.



Hình 2. Quy trình ứng dụng phương pháp phân tích thành phần chính có hướng trong nâng cao khả năng giải đoán khoáng sản sét.





Hình 3. Ảnh tổ hợp 4-3-2 Landsat-8 khu vực tỉnh Vĩnh Phúc.

- Thành phần chính thứ hai (PC2) làm nổi bật các thông tin về lớp khoáng vật sét (giá trị của ảnh tỷ số [kênh 6]/[kênh 7] là 0.9743).

- Từ kết quả của ảnh tỷ số [kênh 6]/[kênh 7] trên Hình 4, nhận thấy việc sử dụng Phương pháp tỷ số ảnh đơn thuần sẽ không thể phát hiện rõ ràng khu vực có khoáng vật sét với khu vực có thảm thực vật phát triển.

Sử dụng thành phần chính thứ 2 (PC2) và phương pháp phân ngưỡng với ngưỡng được lựa chọn là 1.042 thông qua phân tích historgam ảnh, trong nghiên cứu xây dựng được bản đồ phân bố khoáng vật sét như trên Hình 5 với màu đen thể hiện khu vực tập trung cao khoáng vật sét. Để đánh giá khả năng giải đoán đối tượng khoáng vật sét, nhóm tác giả đã dựa trên các nguồn thông tin khác. Chẳng hạn như theo trang cổng thông tin - giao tiếp điện tử của tỉnh Vĩnh Phúc đã giới thiệu:

- Khoáng sản không kim loại chủ yếu là cao

lanh, có nguồn gốc phong hóa từ đá alumoxilicat như granit, plagiogranit có các mạch đá aplit, sionit phân bố ở Tam Dương, Vĩnh Yên và Lập Thạch. Điều này khá phù hợp với kết quả giải đoán như thể hiện trên Hình 6.

- Cao lanh do đá granit phong hóa, trữ lượng trên 6 triệu tấn. Cao lanh phong hóa còn có ở Thanh Vân, Hướng Đạo, Hoàng Hoa (Tam Dương). Cao lanh do đá mạch kiềm Pecmalit, Sienit được phong hóa triệt để từ đá thuần Fenspat, phân bố ở mỏ Định Trung, xóm Mới Thanh Vân và rải rác ở thôn Lai Sơn (phường Đồng Tâm, Vĩnh Yên), xã Kim Long (Tam Dương). Phù hợp với kết quả giải đoán như trên Hình 5.

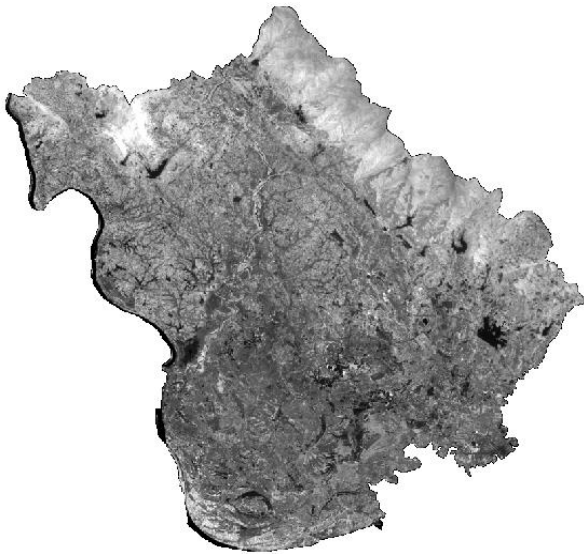
- Dải sắt Khai Quang (Vĩnh Yên): bắt đầu từ xã Đạo Tú, Thanh Vân (Tam Dương) qua Định Trung về Khai Quang (Vĩnh Yên), có chiều dài hàng chục kilomet, rộng hàng chục mét, có chỗ hàng trăm mét như trên Hình 5.

Bảng 1. Bảng giá trị đặc trưng của phân tích thành phần chính có hướng.

TT	Vector riêng	Trị riêng	Lượng thông tin (%)
1	[0.9741 0.22514]	0.1346	98.25
2	[-0.2251 0.9743]	0.0024	1.75

Bảng 2. Bảng các giá trị đặc trưng của ảnh thành phần chính.

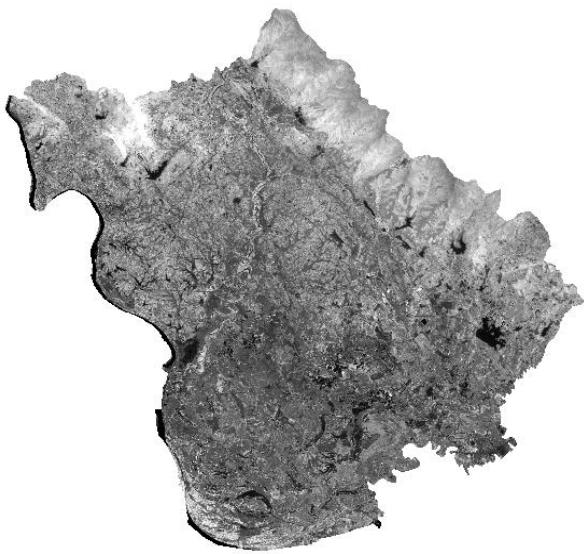
TT	Thành phần chính	Min	Max	Mean	Median	Mode	Std.Dev
1	PC - 1	0	3.7928	2.091	2.0742	1.8519	0.367
2	PC - 2	0	1.3772	0.912	0.90919	0.91457	0.049



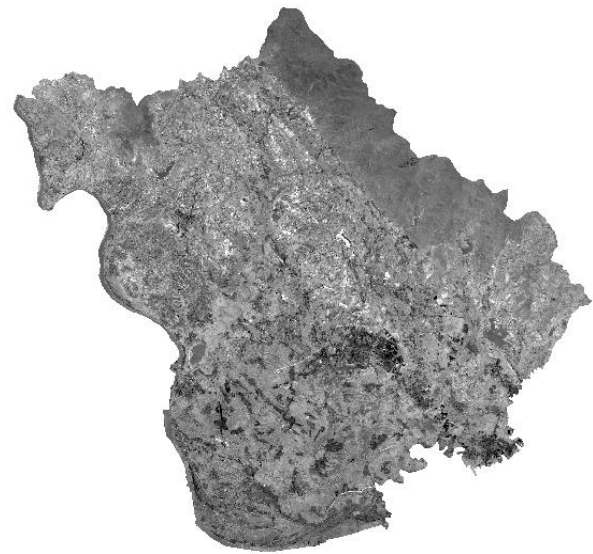
(a) Ảnh tỷ số [kênh 5] / [kênh 4]



(b) Ảnh tỷ số [kênh 6] / [kênh 7]

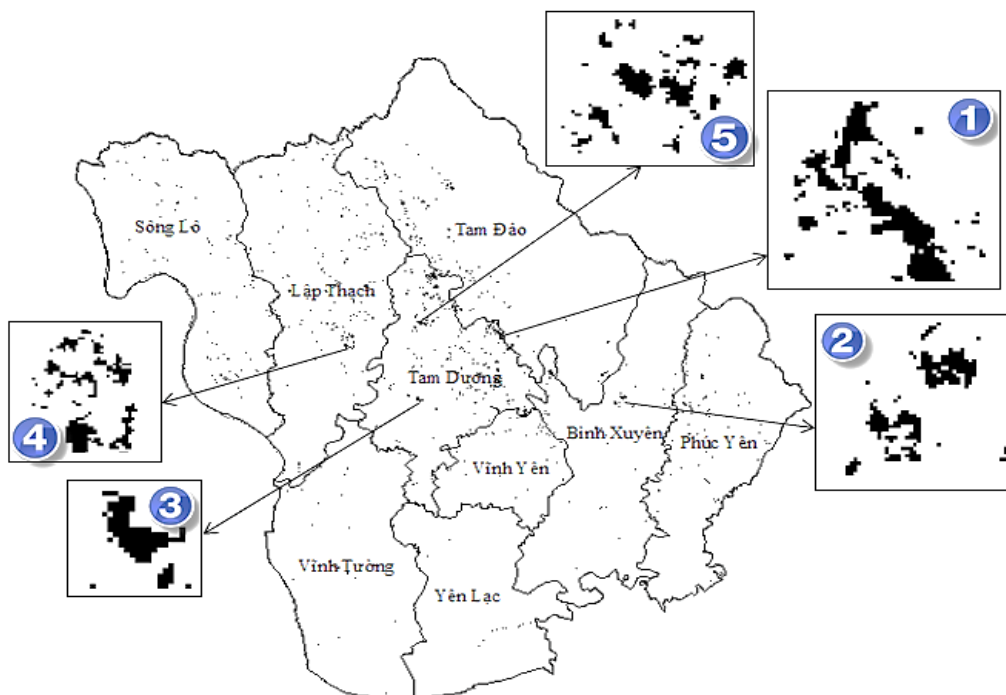


(c) PC1



(d) PC2

Hình 4. Kết quả xác định thành phần chính thứ nhất (PC-1) và thứ hai (PC-2).









Hình 5. Bản đồ phân bố khoáng vật sét (tỉnh Vĩnh Phúc)

Bảng 3. So sánh kết quả chiết tách khu vực chứa khoáng sản sét và ảnh thực tế.

Ký hiệu	1	
Tọa độ	21.396682 - 105.589820	
Vị trí	Kim Long - Tam Dương - Vĩnh Phúc	
Hình ảnh		
Ký hiệu	2	
Tọa độ	21.351364 - 105.668649	
Vị trí	Trung Mỹ - Bình Xuyên - Vĩnh Phúc	
Hình ảnh		



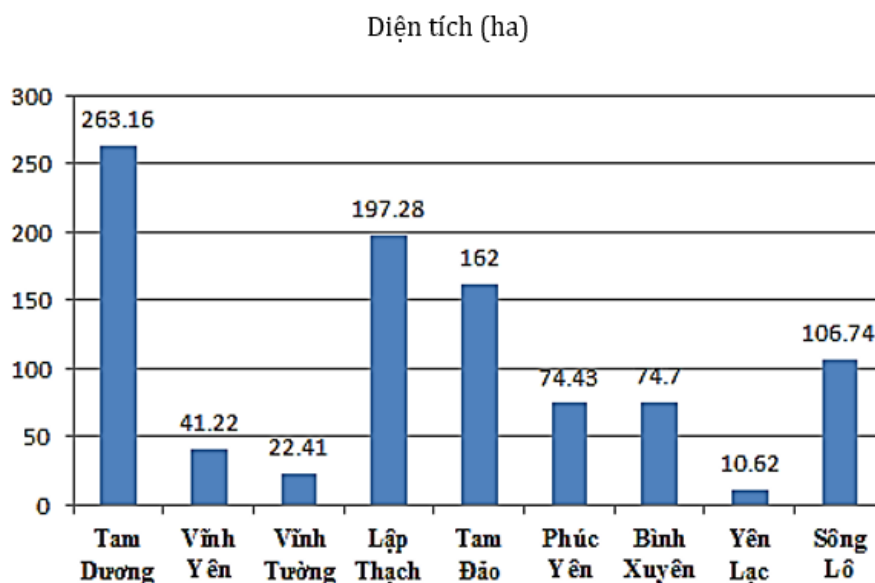
Ký hiệu	3	
Tọa độ	21.351286 - 105.540794	
Vị trí	Duy Phiên - Tam Dương - Vĩnh Phúc	
Hình ảnh		
Ký hiệu	4	
Tọa độ	21.386539 - 105.493596	
Vị trí	Bàn Giản - Lập Thạch - Vĩnh Phúc	
Hình ảnh		
Ký hiệu	5	
Tọa độ	21.401053 - 105.540822	
Vị trí	Bàn Giản - Lập Thạch - Vĩnh Phúc	
Hình ảnh		

Đồng thời, nhóm tác giả cũng phân tích sâu 5 khu vực có mật độ tập trung khoáng vật sét cao (Hình 5); kết hợp với dữ liệu ảnh vệ tinh độ phân giải cao (ảnh Google) cho thấy kết quả giải đoán phù hợp với hình ảnh thực tế của khu vực (Danh sách các bảng thông tin về 5 khu vực (Bảng 3).

#### 4. Kết luận

Phân tích những kết quả nhận được cho thấy, so với các kỹ thuật xử lý ảnh truyền thống như tỉ lệ ảnh, phân tích thành phần chính, phương pháp phân tích thành phần chính có hướng trên cơ sở kết hợp ưu điểm của ảnh tỷ số và sự phân bố thông tin của thành phần chính là một tiếp cận phù hợp nhằm nâng cao khả năng giải đoán các loại khoáng sản trên ảnh vệ tinh quang học. Tại khu vực





Hình 6. Đồ thị biểu diễn sự phân bố khoáng sản sét (tỉnh Vĩnh Phúc).

thử nghiệm thuộc địa bàn tỉnh Vĩnh Phúc, việc sử dụng phương pháp phân tích thành phần chính có hướng cho phép dự báo và khoanh vùng được những vùng có tiềm năng khoáng sản sét cao. Kết quả nhận được trong nghiên cứu này có thể sử dụng nhằm cung cấp thông tin hỗ trợ công tác thăm dò, đánh giá và phát hiện khoáng sản, giúp tiết kiệm thời gian và chi phí so với các phương pháp điều tra thực địa.

#### Tài liệu tham khảo

Arunachalam, M., Udhayaraj, A. D., Jacob, A., Prabakaran V.P., Vasanth M.S., Saravanavel J., (2014). Hydrothermal Mineral Alteration Mapping in parts of Northwestern Tamil Nadu, India - using Geospatial Technology, No.476/ISRS Proceedings 2014

Đào Khánh Hoài, Nguyễn Sách Thành, Nguyễn Văn Hùng, 2013. Ứng dụng phương pháp phân tích thành phần chính có hướng trong phát hiện khoáng chất sét và đá. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, số 2B, trang 67 - 70.

Dehnavi, A. G., Sarikhani, R., Nagaraju, D., 2010. Image Processing and Analysis of Mapping Alteration Zones In environmental research, East of Kurdistan, Iran. *World Applied Sciences Journal* 11 (3): 278 - 283.

Địa chất, khoáng sản Vĩnh Phúc, xem tại địa chỉ <http://sokhcn.vinhphuc.gov.vn>

Estornell, J., Marti-Gavila, J., Sebastia, M., 2013. Principal component analysis applied to remote sensing. *Modelling in Science Education and Learning* 6(2), No. 7.

Gupta, R. P., Tiwari, R. K., Saini, V., Srivastava, N. 2013. A Simplified Approach for Interpreting Principal Component Images. *Advances in Remote Sensing*.

Kao, Y., Van Roy, B., 2014. Directed Principal Component Analysis, Vol. 62(4). 957-972.

Latif, M. S., 2014. Principal Component Image Interpretation - A Logical and Statistical Approach. *International Journal of Engineering Development and Research*. Vol. 2(4).

Li, J., Yang, X., Maffei, C., Tooth, S., Yao, G., 2018. Applying Independent Component Analysis on Sentinel-2 Imagery to Characterize Geomorphological Responses to an Extreme Flood Event near the Non-Vegetated Río Colorado Terminus, Salar de Uyuni, Bolivia

Li, X., Yeh, A., 2002. Urban Simulation using principal components analysis and cellular automata for Land-use planning. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 68(4). 341-351.

Liu, J. G., Mason, P. J., 2009. Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing. *John Wiley & Sons Ltd Publication*. 96 - 109.

- Liu, L., Zhuanga, D., Zhou, J., Qiu, D., 2011. Alteration mineral mapping using masking and Crosta technique for mineral exploration in mid-vegetated areas: a case study in Areltuoobie, Xinjiang (China). *International Journal of Remote Sensing*. 1931 - 1944
- Mia, B., Fujimitsu, Y., 2012. Mapping hydrothermal altered mineral deposits using Landsat 7 ETM+ image in and around Kujū volcano, Kyushu, Japan. *Journal of Earth System Science* 4. 1049-1057.
- Mwaniki, M. V., Moeller, M. S., Schellmann, G., 2015. A comparison of Landsat 8 (OLI) and Landsat 7 (ETM+) in mapping geology and visualising lineaments: A case study of central region Kenya. *36th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Berlin, Germany.
- Simpson, C. J., 1978. LANDSAT: developing techniques and applications in mineral and petroleum exploration. *Journal of Australian Geology & Geophysics* 3. 181 - 191.
- Tập đoàn Than Khoáng sản Việt Nam, 2012. Đánh giá tài nguyên khoáng sản Việt Nam trong bối cảnh khoáng sản thế giới, Truy cập tại website <http://vinacomin.vn> ngày 11/11/2019.
- Tiwari, P. S., Sen, A. K., Gar, R. D., 2011. Application of DPCA Technique in Khetri Copper Belt, India for Alteration Zones. *Asian Journal of Earth Sciences* 4. 54 – 59.
- Trịnh Lê Hùng, 2014. Ứng dụng viễn thám trong phát hiện các hợp phần chứa sắt và khoáng vật sét trên cơ sở kỹ thuật Crosta. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ* 1. 36 - 40.
- Trinh Le Hung, Zablotkii, V., 2019. The method of detection of clay minerals and iron oxide based on multispectral images (as exemplified in the territory of Thai Nguyen province, Vietnam). *Mining Science and Technology* 4 (1), 65 - 75.
- Zhao, T., Zhang, F., 1990. An automatic technique and its effect by using Landsat TM data to extract hydrothermal alteration information in subtropical volcanic rock area, *Asian Conference on Remote Sensing*, 1990.

## ABSTRACT

### Application of directed principal component analysis method in extraction of clay minerals from Landsat 8 multispectral image

Thanh Sach Nguyen <sup>1</sup>, Hung Le Trinh <sup>1</sup>, Duong Van Do <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Geodesy and Cartography - Military Technical Academy, Vietnam

<sup>2</sup> Faculty of Surveying, Mapping and Geographic Information - Hanoi University of Natural resources and Environment, Vietnam

Interpretation and detection of mineral objects on satellite images is a complex issue and is interested by scientists. Researches in the world and in Vietnam have used image processing techniques such as image ratio, color combination, principal component analysis,... to enhance information of some minerals such as iron oxide, clay on optical satellite imagery. However, these techniques are only suitable for specific area and difficult to apply effectively to regions with tropical climatic conditions such as Vietnam. This paper presents the results of applying the Directed principal component analysis (DPCA) method in extracting clay mineral deposit areas in Vinh Phuc province from Landsat 8 satellite images. Based on the combination of ratio images and PCA, the DPCA method allows taking advantage of the advantages of the above two methods in identifying mineral deposits. The results in this research can be used to provide input information for mineral investigation and discovery.