

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP TRỌNG SỐ BẰNG CHỨNG TRONG TÌM KIẾM QUẶNG WOLFRAM VÙNG PLEIMEO, TỈNH KON TUM

ĐỖ MẠNH AN, BÙI HOÀNG BẮC, NGUYỄN TIẾN DŨNG,
KHƯƠNG THẾ HÙNG, TRƯƠNG HỮU MẠNH, NGUYỄN DUY HÙNG

E-mail: hoangbacbui@gmail.com

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Ngày nhận bài: 4 - 10 - 2012

1. Mở đầu

Kon Tum là một tỉnh miền Trung Việt Nam có tiềm năng lớn về các loại khoáng sản như Au, Cu, Mo, W, Sn,... và được đề cập trong các công trình nghiên cứu về địa chất và khoáng sản khu vực [5, 11, 12]. Tuy nhiên, việc khảo sát đánh giá về tiềm năng khoáng sản và phân vùng triển vọng khoáng sản khu vực vẫn chưa được nghiên cứu một cách có hệ thống. Các tài liệu hiện có chủ yếu là các công trình đo vẽ bản đồ địa chất và khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 và 1:50.000. Ngoài ra, còn có một số công trình điều tra nghiên cứu những điểm khoáng hóa riêng lẻ trong vùng.

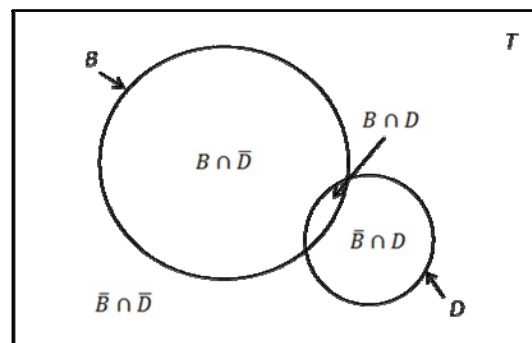
Trong những năm gần đây, hệ thống thông tin địa lý (GIS) đã và đang được áp dụng phổ biến trên thế giới và có nhiều ứng dụng mang lại hiệu quả khả quan trong các lĩnh vực Khoa học Trái Đất. Đối với công tác tìm kiếm thăm dò khoáng sản rắn, việc ứng dụng công nghệ GIS kết hợp một số phương pháp toán địa chất đã đem lại những thành công nhất định, góp phần nâng cao hiệu quả công tác tìm kiếm, giảm thiểu chi phí điều tra và thời gian nghiên cứu [1, 2, 4, 10, 14-16]. Trong những phương pháp toán phải kể đến phương pháp trọng số bằng chứng (weights of evidence) được đưa ra bởi Cục Địa chất Canada và được ứng dụng từ những năm 1980. Năm 1994, Bonham-Carter áp dụng phương pháp này cho việc tìm kiếm vàng tại vùng Nova Scotia, Canada [3]. Từ đó tới nay, rất nhiều các dự án áp dụng hệ phương pháp này cho công tác tìm kiếm khoáng sản vàng, đồng, nikel và đã đem lại hiệu quả nhất định như công trình nghiên cứu của Carranza (1999), Asadi và Hale (2001), Porwal (2003, 2010), Partington (2010) [1, 4, 14-16]. Dữ liệu đầu vào trong các công trình nghiên

cứu trên chủ yếu bao gồm các tài liệu địa chất liên quan đến khoáng hóa như thạch học, kiến tạo, địa hóa và các điểm mỏ đã biết. Ở Việt Nam, phương pháp toán kết hợp với GIS chưa được quan tâm đúng mức trong công tác tìm kiếm khoáng sản rắn, mà chủ yếu tập trung trong nghiên cứu tai biến địa chất [9, 18]. Nội dung của bài báo nhằm giới thiệu phương pháp trọng số bằng chứng trong tìm kiếm khoáng sản rắn và kết quả áp dụng trong phân vùng triển vọng khoáng hóa wolfram khu vực Plei Meo thuộc tỉnh Kon Tum dựa theo các tài liệu thạch học, địa hóa, địa vật lý, kiến tạo và các điểm khoáng hóa.

2. Phương pháp trọng số bằng chứng

Nội dung của bài toán được tóm tắt như sau:

Giả sử vùng nghiên cứu T có diện tích là $N(T)$. Trong vùng nghiên cứu có các điểm khoáng hóa đã biết (D) chiếm diện tích hoặc số lượng là $N(D)$. Một bản đồ dấu hiệu tìm kiếm B có diện tích là $N(B)$ (hình 1). Theo giả thiết xác suất có điều kiện Bayes, ta có:



Hình 1. Mô hình biểu diễn thuật toán của phương pháp trọng số bằng chứng

Xác suất xuất hiện dấu hiệu B căn cứ vào những điểm khoáng hóa đã biết được xác định theo công thức:

$$P\{B \setminus D\} = \frac{P\{B \cap D\}}{P\{D\}} = \frac{N\{B \cap D\}}{N\{D\}} \quad (1)$$

Xác suất xuất hiện dấu hiệu B căn cứ vào diện tích ngoài mô là:

$$P\{B \setminus \bar{D}\} = \frac{P\{B \cap \bar{D}\}}{P\{\bar{D}\}} = \frac{N\{B \cap \bar{D}\}}{N\{\bar{D}\}} \quad (2)$$

Xác suất không xuất hiện dấu hiệu B căn cứ vào những điểm khoáng hóa đã biết như sau:

$$P\{\bar{B} \setminus D\} = \frac{P\{\bar{B} \cap D\}}{P\{D\}} = \frac{N\{\bar{B} \cap D\}}{N\{D\}} \quad (3)$$

Xác suất không xuất hiện dấu hiệu B căn cứ vào diện tích ngoài mô là:

$$P\{\bar{B} \setminus \bar{D}\} = \frac{P\{\bar{B} \cap \bar{D}\}}{P\{\bar{D}\}} = \frac{N\{\bar{B} \cap \bar{D}\}}{N\{\bar{D}\}} \quad (4)$$

Trọng số bằng chứng dương (W^+) xác định theo công thức:

$$W^+ = \ln LS = \ln \frac{P\{B \setminus D\}}{P\{\bar{B} \setminus \bar{D}\}} \quad (5)$$

Trọng số bằng chứng âm (W^-) xác định theo công thức:

$$W^- = \ln LN = \ln \frac{P\{\bar{B} \setminus D\}}{P\{\bar{B} \setminus \bar{D}\}} \quad (6)$$

Độ tương phản (C) giữa trọng số bằng chứng dương và âm xác định theo công thức:

$$C = W^+ - W^- \quad (7)$$

Độ tương phản (C) thể hiện mối quan hệ không gian giữa các dấu hiệu không gian và đối tượng nghiên cứu. Khi $C > 0$ thì mối quan hệ không gian thuận; $C < 0$ mối quan hệ không gian tương quan nghịch và $C = 0$ thì chúng không có mối quan hệ không gian với nhau. Thông thường, khi vùng nghiên cứu và số lượng điểm mô lớn thì giá trị tương phản lớn nhất sẽ thể hiện mối quan hệ không gian tốt nhất giữa dấu hiệu nghiên cứu và điểm mô [1, 3]. Ngược lại khi diện tích nghiên cứu và số lượng điểm mô nhỏ thì trọng số dấu hiệu nghiên cứu có thể lớn và do vậy giá trị phân bố Student

của C sẽ được dùng để xác định mối quan hệ không gian tối ưu nhất. Giá trị phân bố Student của C được xác định bằng $C/s(C)$. Trong đó $s(C)$ là độ lệch chuẩn của C, xác định theo công thức $s(C) = \sqrt{s^2(W^+) + s^2(W^-)}$. s^2 là phương sai của trọng số bằng chứng dương hoặc âm và được tính tương đối theo công thức của Bishop (1975) [2]:

$$s^2(W^+) = \frac{1}{N\{B \setminus D\}} + \frac{1}{N\{B \setminus \bar{D}\}} \text{ và} \quad (8)$$

$$s^2(W^-) = \frac{1}{N\{\bar{B} \setminus D\}} + \frac{1}{N\{\bar{B} \setminus \bar{D}\}}$$

Trong quá trình nghiên cứu chồng ghép bản đồ, có nhiều các bản đồ dấu hiệu liên quan tới đối tượng nghiên cứu sẽ được sử dụng để phân tích đánh giá. Sau đó các dấu hiệu được kết hợp với nhau thành nhóm dấu hiệu đặc trưng cho đối tượng nghiên cứu. Điều kiện để kết hợp các dấu hiệu để đánh giá là chúng phải thỏa mãn độc lập có điều kiện (Conditional independence). Một trong những phương pháp kiểm tra điều kiện này là phương pháp được đề xuất bởi Bonham-Carter, 1994 [3]. Theo Bonham-Carter, một cặp dấu hiệu là điều kiện độc lập nếu diện tích của đối tượng nghiên cứu có mặt đồng thời 2 dấu hiệu thông tin B_1 và B_2 thỏa mãn phương trình:

$$N\{B_1 \cap B_2 \cap D\} = \frac{N\{B_1 \cap D\} * N\{B_2 \cap D\}}{N\{D\}} \quad (9)$$

Trong đó: B_1 và B_2 là hai dấu hiệu thông tin; D là diện tích đối tượng nghiên cứu đã biết. $N\{B_1 \cap B_2 \cap D\}$ là diện tích của đối tượng nghiên cứu có mặt đồng thời do dấu hiệu thông tin B_1 và B_2 . $\frac{N\{B_1 \cap D\} * N\{B_2 \cap D\}}{N\{D\}}$ là diện tích đối tượng

dự đoán xảy ra trong diện tích chung của các dấu hiệu thông tin. Mối quan hệ này được thể hiện qua bảng ngẫu nhiên của phương pháp kiểm tra cặp (bảng 1).

Giả thiết về tính độc lập có điều kiện của dấu hiệu thông tin được kiểm tra bởi giá trị chi-square (χ^2) tính toán được xác định theo công thức:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^4 \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (10)$$

Trong đó: O_i là giá trị thông tin đã xác định; E_i là giá trị thông tin suy đoán.

Giá trị χ^2 tính toán được nhỏ hơn giá trị $\chi^2_{\alpha,df}$

tra bằng (df là bậc tự do và α là giá trị tới hạn) thì cặp dấu hiệu thông tin thỏa mãn tính độc lập có điều kiện và được dùng để kết hợp nghiên cứu dự báo đối tượng nghiên cứu.

Bảng 1. Bảng ngẫu nhiên của phương pháp kiểm tra cặp

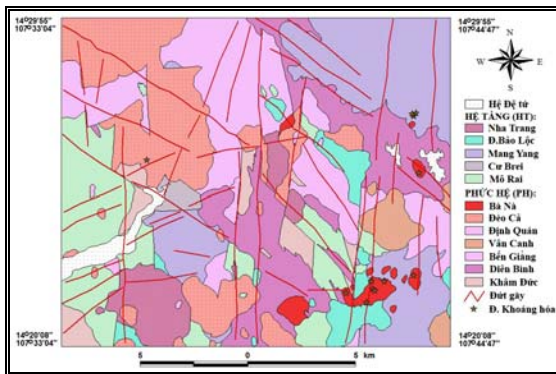
Dấu hiệu thông tin và đặc tính của chúng	Dấu hiệu thông tin 1 (B_1)		Tổng số
	B_1 có mặt	B_2 vắng mặt	
Dấu hiệu thông tin 2 (B_2) có mặt	$N\{B_1 \cap B_2 \cap D\}$	$N\{\bar{B}_1 \cap B_2 \cap D\}$	$N\{B_2 \cap D\}$
Dấu hiệu thông tin 2 (B_2) vắng mặt	$N\{\bar{B}_1 \cap \bar{B}_2 \cap D\}$	$N\{\bar{B}_1 \cap \bar{B}_2 \cap D\}$	$N\{\bar{B}_2 \cap D\}$
Tổng số	$N\{B_1 \cap D\}$	$N\{\bar{B}_1 \cap D\}$	$N\{D\}$

3. Đặc điểm địa chất, khoáng sản vùng Pleimeo, tỉnh Kontum

3.1. Đặc điểm địa chất

Vùng Plei Meo có diện tích khoảng 378,5km² thuộc địa phận các xã Mô Rai và Sa Sơn, huyện Sa Thầy, tỉnh Kon Tum, vùng được giới hạn bởi tọa độ địa lý 14°20'08"÷14°29'55" vĩ độ bắc và 107°33'04"÷107°44'47" kinh độ đông. Địa hình khu vực có dạng núi cao và mức độ phân cắt mạnh với độ chênh cao lớn (300 ÷ 1.700m). Trong vùng có sông Đắk Ho Draì chảy theo hướng từ bắc xuống nam với chiều dài tổng cộng khoảng 50km. Hệ thống suối rất phát triển, nhưng ngắn và dốc, nhiều thác ghềnh, mùa mưa dễ gây lũ quét. Điều kiện tự nhiên phức tạp của vùng là một trong các yếu tố ảnh hưởng lớn đến công tác tìm kiếm khoáng sản.

Các thành tạo trầm tích phát triển rất phong phú và đa dạng, phân bố rộng khắp vùng nghiên cứu, có tuổi từ Proterozoi đến Kainozoi (hình 2).



Hình 2. Sơ đồ địa chất đơn giản hóa khu vực nghiên cứu

Thành phần thạch học chủ yếu bao gồm các đá trầm tích lục nguyên, trầm tích carbonat tuổi Paleozoi, các thành tạo hệ tầng Mô Rai bị biến

chất ở tương đá phiến lục thuộc loại tương nhiệt độ - áp suất thấp. Các thành tạo núi lửa tuổi Mesozoi (hệ tầng Mang Yang, hệ tầng Đèo Bảo Lộc) có thành phần chủ yếu bao gồm các đá cuội kết tuf, cát sạn kết tuf, bột kết tuf (tương trầm tích nguồn núi lửa); ryolit, ryolit porphyr, felsit, felsit porphyr, ryodacit, ryodacit porphyr, dacit, dacit porphyr, tuf của chúng (tương phun trào thực thụ); ryolit ignimbrit, felsit, felsit porphyr, dăm kết tuf thành phần felsic (tương hòng núi lửa).

Các thành tạo magma xâm nhập phân bố rộng rãi trong khu vực nghiên cứu với diện tích khoảng 210km². Chúng phát triển mạnh, đa dạng, có mặt từ Paleozoi đến Kainozoi, tạo nên các giai đoạn phát triển magma lớn, một số phức hệ magma phân dị với đầy đủ thành phần từ mafic đến axit (ví dụ như phức hệ Bến Giằng, Định Quán). Kết quả nghiên cứu giai đoạn trước đã ghi nhận sự có mặt của 7 phức hệ magma xâm nhập phát triển trong 6 giai đoạn kiến tạo. Thành phần thạch học chủ yếu bao gồm diorit, diorit thạch anh, ít hơn là gabrodiorit (phức hệ Diên Bình); granodiorit biotit hornblend, ít hơn là granit biotit hornblend, tonalit biotit hornblend (phức hệ Bến Giằng, Định Quán); granosyenit biotit, ít granit biotit, granit á kiềm (phức hệ Vân Canh, Đèo Cã); granit hai mica, granit sáng màu, ít granit có biotit, apogranit (phức hệ Bà Nà). Đặc biệt, các đá granitoid phức hệ Bà Nà bị các hệ thống đứt gãy kinh tuyến và tây bắc - đông nam cắt qua làm dập nát, méo mó, phức tạp hóa, nhiều nơi gặp greizen hóa, nhất là ở đới nội tiếp xúc. Các nguyên tố có hệ số tập trung cao hơn nhiều so với trị số clark như Mo 2,00 ÷ 2,30 clark; W 20,00 ÷ 24,30 clark, Sn 1,22 ÷ 3,06 clark, Ag 2,00 ÷ 2,44 clark; rất có triển vọng khoáng sản wolfram và thiếc [12].

3.2. Đặc điểm khoáng hóa wolfram

Quặng wolfram lần đầu tiên được phát hiện trên diện tích nghiên cứu từ kết quả đãi mẫu trọng sa và không lâu sau đó quặng gốc cũng được phát hiện [7, 12]. Quặng hóa được cho là có mối liên quan mật thiết với magma xâm nhập pha 2 phức hệ Bà Nà và các hoạt động phá hủy kiến tạo gây nên bởi các đứt gãy phương đông bắc - tây nam và phương kinh tuyến, á kinh tuyến. Kết quả nghiên cứu cho thấy quặng wolfram có nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình - cao (195 ÷ 326°C), thuộc kiểu khoáng wolframit - thạch anh. Tổ hợp khoáng vật quặng gồm: wolframit (casiterit), pyrit, chalcopyrit, bismutin, bismuthit, topaz, hematit, ilmenit (fluorit) [7, 12].

4. Cơ sở dữ liệu và kết quả tính toán trọng số

Với mục đích xây dựng bản đồ phân vùng triển

vọng khoáng hóa wolfram khu vực nghiên cứu dựa trên công nghệ GIS, tất cả các tài liệu liên quan đến khu vực nghiên cứu hiện có được thu thập, chọn lọc và xử lý nhằm xây dựng tập cơ sở dữ liệu hiệu quả nhất.

4.1. Các điểm khoáng hóa

Các tài liệu nghiên cứu giai đoạn trước trong vùng cho thấy giữa các nguyên tố W, Sn, Bi và Mo có mối tương quan thuận với nhau. Do vậy, các nguyên tố này có ý nghĩa quan trọng góp phần nâng cao hiệu quả công tác tìm kiếm sơ bộ khoáng sản wolfram. Vị trí của các điểm phân tích mẫu địa hóa nguyên sinh các nguyên tố có hàm lượng đạt chỉ tiêu áp dụng trong điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 được coi như những điểm khoáng hóa (ĐKH) và được lựa chọn là một thành phần của hệ thống cơ sở dữ liệu để xây dựng bản đồ triển vọng tìm kiếm W trong khu vực nghiên cứu. Để tránh sự

trùng lặp thì các điểm khoáng hóa phải cách nhau khoảng cách trên 10m. Kết quả tính toán đã lựa chọn được 19 điểm khoáng hóa thỏa mãn điều kiện trong khu vực nghiên cứu. Bản đồ vị trí các điểm khoáng hóa W được thể hiện trên hình 1.

4.2. Bản đồ thạch học

Dựa theo bản đồ địa chất tỷ lệ 1:50.000 (tờ Plei Meo D-48-60-C), các thành tạo địa chất trong khu vực nghiên cứu được đơn giản hóa theo các địa tầng và phức hệ (hình 2). Các đơn vị thạch học này sẽ được đưa vào tính toán và xử lý nhằm xác định mối liên quan với điểm khoáng hóa xác định trên. Kết quả tính toán (bảng 2) cho thấy phức hệ Bà Nà có trọng số bằng chứng cao nhất so với các phức hệ khác, với 13 trong số 19 điểm khoáng hóa nằm trong phức hệ. Giá trị tương phản (C) là 4,795 và diện tích của phức hệ Bà Nà được coi là một trong những cơ sở dữ liệu đầu vào cho công tác nghiên cứu.

Bảng 2. Bảng tổng hợp tính trọng số bằng chứng theo phương pháp trọng số

Lớp thông tin	Diện tích (m ²)	Điểm khoáng hóa	W ⁺	W ⁻	C	s ² (W ⁺)	s ² (W ⁻)	s(C)	C/s(C)
1. Hệ thống đứt gãy á kinh tuyến (AKT)									
Vùng đệm 100m	23029577	8	1,925	-0,483	2,408	0,125	0,091	0,465	5,182
Vùng đệm 200m	47144774	10	1,431	-0,613	2,044	0,100	0,111	0,459	4,449
Vùng đệm 300m	72150056	13	1,268	-0,939	2,207	0,077	0,167	0,494	4,472
Vùng đệm 400m	97165600	13	0,971	-0,853	1,823	0,077	0,167	0,494	3,694
Vùng đệm 500m	120533290	13	0,755	-0,765	1,520	0,077	0,167	0,494	3,079
2. Địa tầng và magma									
H.T. Mang Yang	70520126	5	0,336	-0,097	0,433	0,200	0,071	0,521	0,830
P.H. Bà Nà	6602281	13	3,660	-1,135	4,795	0,077	0,167	0,494	9,714
P.H. Đèo Cả	64763469	1	-1,189	0,136	-1,324	1,000	0,056	1,027	-1,289
3. Dị thường địa vật lý - Kali (%)									
K - 2,5	50653686	5	0,667	-0,160	0,827	0,200	0,071	0,521	1,587
K - 2,0	106537980	3	-0,588	0,163	-0,750	0,333	0,063	0,629	-1,193
K - 1,5	193135399	11	0,117	-0,141	0,258	0,091	0,125	0,465	0,554
4. Dị thường địa vật lý - Thorium (ppm)									
Th - 20	34552628	3	0,538	-0,075	0,613	0,333	0,063	0,629	0,975
Th - 15	65052979	15	1,515	-1,368	2,882	0,067	0,250	0,563	5,122
Th - 12	120892627	1	-1,813	0,335	-2,148	1,000	0,056	1,027	-2,091
5. Dị thường địa vật lý - Urani (ppm)									
U - 7,5	32047483	1	-0,485	0,035	-0,520	1,000	0,056	1,027	-0,507
U - 4,5	183851412	14	0,407	-0,661	1,068	0,071	0,200	0,521	2,050
U - 3	285484313	1	-2,672	1,380	-4,052	1,000	0,056	1,027	-3,944
U - 1,5	307931687	3	-1,649	1,551	-3,200	0,333	0,063	0,629	-5,087
6. Vành dị thường địa hóa nguyên sinh									
W	9021959	16	3,555	-1,821	5,377	0,063	0,333	0,629	8,546
Sn	3944117	13	4,175	-1,142	5,317	0,077	0,167	0,494	10,773
Mo	17316519	18	3,021	-2,897	5,918	0,056	1,000	1,027	5,760
Bi	5366271	1	1,302	-0,040	1,342	1,000	0,056	1,027	1,306

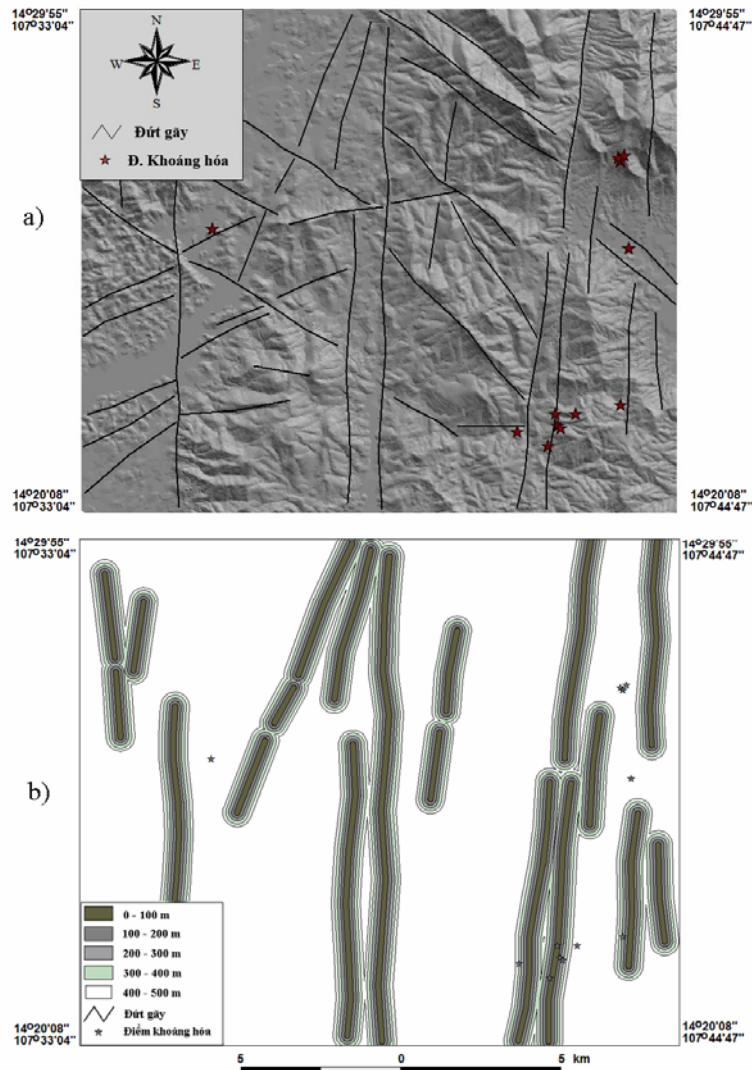
Ghi chú: W⁺, W⁻ là giá trị tỷ trọng thông tin dương và âm được tính theo công thức (5) và (6); C là giá trị tương phản được tính theo công thức (7); s²(W⁺), s²(W⁻) được xác định theo công thức (8); $s(C) = \sqrt{s^2(W^+) + s^2(W^-)}$

4.3. Bản đồ kiến tạo

Trên cơ sở phân tích mô hình độ cao (DEM), kết hợp với kết quả nghiên cứu của giai đoạn trước [10, 15], có thể thấy rằng, trong diện tích nghiên cứu phát triển 3 hệ thống đứt gãy chính có phương tây bắc - đông nam, đông bắc - tây nam và phương kinh tuyến, á kinh tuyến (hình 3).

Các đứt gãy phương tây bắc - đông nam phân bố ở phía tây, tây bắc vùng nghiên cứu; chúng cắt qua các trầm tích hệ tầng Mô Rai, Mang Yang, các đá biến chất phức hệ Khâm Đức, cắt qua các đá magma xâm nhập phức hệ Đèo Cả và Diên Bình.

Các đứt gãy phương đông bắc - tây nam phát triển hạn chế, phân bố ở khu vực trung tâm và phía tây vùng nghiên cứu, cắt qua các trầm tích hệ tầng Mô Rai, thành tạo phun trào andesit hệ tầng Đèo Bảo Lộc, ryolit hệ tầng Mang Yang, granit pha 2 phức hệ Bà Nà. Hệ thống đứt gãy phương kinh tuyến, á kinh tuyến hoạt động rất mạnh mẽ và phát triển rộng rãi trên diện tích vùng nghiên cứu. Đây được cho là hệ thống đứt gãy trẻ, hoạt động rất mạnh, tạo ra các đới cà nát, dập vỡ và đóng vai trò quan trọng trong quá trình dẫn và tích tụ quặng wolfram và quặng đa kim. Dọc theo đứt gãy thường có các đới kataclazit, thạch anh hóa, greisen hóa chứa khoáng hóa wolfram và sulfide [7].



Hình 3. a- Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) và các yếu tố tuyến tính;
b- Bản đồ phạm vi đới ảnh hưởng hệ thống đứt gãy phương á kinh tuyến

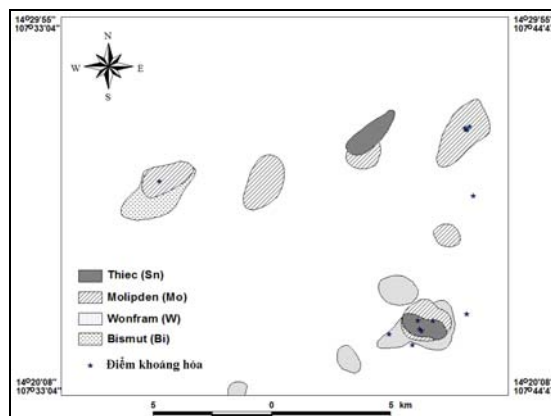
Nhằm xác định diện tích đối ảnh tối ưu dọc các đứt gãy cho công tác tìm kiếm khoáng sản, các vùng đệm được xây dựng với khoảng cách từ 100 đến 500m dọc các đứt gãy theo từng hệ thống. Kết quả tính toán theo phương pháp tỉ trọng thông tin cho thấy hệ thống đứt gãy phương đông bắc - tây nam và tây bắc - đông nam có trọng số bằng chứng thấp nên không được sử dụng để chồng ghép bản đồ trong nghiên cứu này. Ngược lại, hệ thống đứt gãy theo phương á kinh tuyến có ý nghĩa lớn trong tìm kiếm khoáng sản wolfram trong vùng với đến 13 điểm trong 19 điểm khoáng hóa nằm trong vùng đệm 500m dọc theo hệ thống đứt gãy (hình 3). Trong đó, vùng đệm 100m được cho là có ý nghĩa nhất với 8 trên 19 điểm khoáng hóa nằm trong và độ tương phản C là 2,408 (bảng 2). Diện tích vùng đệm này có mối quan hệ không gian tối ưu nhất với các điểm khoáng hóa và được sử dụng để chồng ghép bản đồ trong các bước tiếp theo.

4.4. Bản đồ dị thường địa hóa

Trong diện tích nghiên cứu đã khoan định được 13 vành phân tán địa hóa nguyên sinh của các nguyên tố Mo, W, Sn, Bi [7, 12]. Các vành phân tán của nguyên tố Sn, Mo, Bi phát triển khá mạnh và tập trung thành nhiều đới có chiều rộng 20 ÷ 200m, kéo dài 100 ÷ 1000m theo phương kinh tuyến, chủ yếu trên diện tích đá granit phức hệ Bà Nà.

Vành phân tán địa hóa đá gốc W thuộc trường dị thường tây Chư Ya Krei. Đá gốc chủ yếu là granit sáng màu thuộc pha 2 phức hệ Bà Nà (G/Kbn₂). Trong đá bắt gặp các mạch thạch anh xuyên lên trong các đới dập vỡ kiến tạo có chứa tinh thể wolframit, gây biến đổi greisen cạnh mạch đá vây quanh. Vành phân tán có diện tích khoảng 5,2km², hàm lượng cực đại W đạt đến 1% (gấp 9,091 lần clark), hàm lượng dị thường trung bình 244,10⁻³% (gấp 22 lần clark). Các vành dị thường địa hóa nguyên sinh W, Sn, Mo và Bi là những tài liệu quan trọng trong việc xác định các diện tích triển vọng trong vùng nghiên cứu (hình 4).

Kết quả tính toán trọng số bằng chứng ở bảng 2 cho thấy số lượng điểm khoáng hóa nằm trong các vành dị thường W, Sn và Mo khá cao với độ tương phản đều lớn hơn 5. Đối với vành dị thường địa hóa Bi chỉ có 1 điểm khoáng hóa nằm trong với độ tương phản tính toán là 1,342. Điều này có thể do số lượng mẫu phân tích cũng như vị trí lấy mẫu chưa phản ánh đầy đủ nhất mối quan hệ giữa các nguyên tố với nhau.



Hình 4. Bản đồ dị thường địa hóa nguyên sinh các nguyên tố

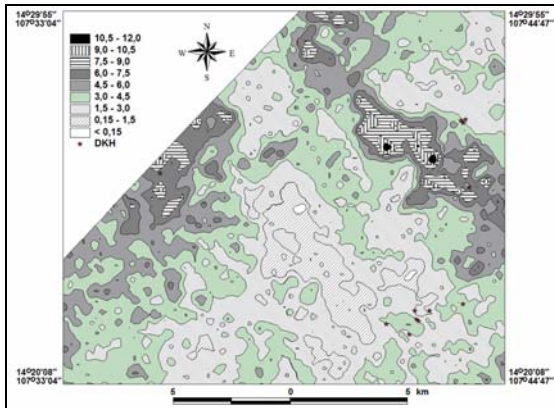
4.5. Bản đồ dị thường địa vật lý

Kết quả đo dị thường xạ hàng không và mặt đất của Liên đoàn Vật lý Địa chất đã thành lập được các mặt cắt chi tiết có cường độ xạ cao (trên 80μR/h) ở khu vực Sa Sơn, Chư Ya Krei, thường liên quan với các khoáng hóa xạ (U, Th) và đất hiếm (TR) [13]. Diện phân bố các vành dị thường này có khả năng liên quan với khoáng hóa wolfram. Các bản đồ trường địa vật lý trọng lực, từ và phổ gamma trong vùng nghiên cứu không những phản ánh các thành tạo địa chất có mặt trong vùng, tính chất và sự biến đổi của chúng, mà còn giúp phát hiện các đới dập vỡ kiến tạo, biểu hiện đứt gãy, đới đá biến đổi có thể liên quan khoáng hóa wolfram.

Những khu vực có cường độ phóng xạ, hàm lượng urani, thori cao nhất làm thành những chòm nhỏ nằm rải rác trên vùng không theo qui luật. Chúng phản ánh diện phân bố của các đá magma xâm nhập axit. Diện tích có cường độ phóng xạ thấp nhất (<3μR/h) tương ứng với diện phân bố của lớp phủ basan và các đá magma xâm nhập mafic; diện tích có cường độ phóng xạ trung bình (3 ÷ 6μR/h) tương ứng với diện phân bố của các đá trầm tích và các đá magma xâm nhập trung tính, khối lượng của hai loại này chiếm hơn 90% diện tích của vùng; còn diện tích có cường độ phóng xạ cao (8 ÷ 12μR/h) tương ứng với diện phân bố của các khối đá granit thuộc các phức hệ Bến Giằng - Quế Sơn, Diên Bình, Vân Canh và Bà Nà. Hàm lượng urani nằm trong khoảng 0 ÷ 13ppm, hàm lượng urani cao (>8ppm) có ở trong các đá magma xâm nhập của phức hệ Bà Nà.

Trong nghiên cứu này, ba bản đồ dị thường địa vật lý của thori, urani và kali được sử dụng như

những dữ liệu đầu vào quan trọng để phân vùng triển vọng quặng hóa wolfram khu vực nghiên cứu. Từ kết quả tính toán ở *bảng 2* cho thấy, đối với mỗi bản đồ địa thường địa vật lý, giá trị địa thường của vành tối ưu có ý nghĩa nhất trong tìm kiếm của từng loại là vành 2,5% của kali; 15ppm của thori và 4,5ppm của urani (*hình 5*).



Hình 5. Bản đồ dị thường địa vật lý urani

5. Đánh giá triển vọng

Thành lập bản đồ dự báo triển vọng quặng hóa wolfram là công đoạn cuối cùng cần giải quyết của nhiệm vụ nghiên cứu và cũng là nội dung quan trọng khi sử dụng phương pháp trọng số bằng chứng kết hợp công nghệ GIS trong tìm kiếm khoáng sản. Trên cơ sở tính toán số liệu đầu vào, 9 thông tin được lựa chọn để xây dựng bản

đồ phân vùng triển vọng khoáng sản wolfram vùng Plei Meo, tỉnh Kon Tum bao gồm đới ảnh hưởng 100m của hệ thống đứt gãy á kinh tuyến; phức hệ Bà Nà; các vành dị thường địa hóa nguyên sinh của W, Sn, Mo, Bi; vành dị thường địa vật lý 2,5% của kali, 15ppm của thori và 4,5 ppm của urani.

Điều kiện độc lập được tiến hành kiểm tra cho từng cặp dữ liệu thông tin và giá trị χ^2 của các cặp được thống kê ở *bảng 3* và *4*. Kết quả tính toán cho thấy giá trị χ^2 tính toán của vành dị thường 2,5% của kali với đới ảnh hưởng 100m của hệ thống đứt gãy á kinh tuyến (9,298), phức hệ Bà Nà (10,719) và với vành dị thường địa hóa nguyên sinh của thiếc (10,719) lớn hơn giá trị χ^2 tra bảng với mức độ tự do $df = 1$ và giá trị tới hạn $\alpha = 0,01$ (5,41) [6]. Do đó, vành dị thường 2,5% của kali bị loại bỏ khi kết hợp các tập dữ liệu khác trong nghiên cứu này. Đối với mức độ tự do $df = 1$ và giá trị tới hạn $\alpha = 0,025$ thì giá trị χ^2 tra bảng là 3,84. Trong trường hợp này thì có thể thấy một số các cặp dữ liệu có giá trị χ^2 tính toán lớn hơn 3,84 sẽ bị vi phạm điều kiện độc lập, trong đó có cặp vành dị thường W và Sn. Điều này không hợp lý do vành dị thường W và Sn đóng vai trò rất quan trọng trong công tác tìm kiếm khoáng sản wolfram trong vùng. Như vậy, các cặp số liệu nghiên cứu thỏa mãn tính độc lập có điều kiện với giá trị χ^2 tính toán nhỏ hơn 5,41 sẽ được sử dụng để xác lập diện tích có triển vọng khoáng hóa wolfram trong diện tích vùng nghiên cứu.

Bảng 3. Ví dụ bảng ngẫu nhiên của các cặp bản đồ chồng ghép

Dấu hiệu thông tin và đặc tính của chúng	Phức hệ Bà Nà		Vành dị thường W		Vành dị thường Mo		Tổng
	Có mặt	Vắng mặt	Có mặt	Vắng mặt	Có mặt	Vắng mặt	
Đới 100m - Có mặt	7 (5,47)	1 (2,53)	8 (6,74)	0 (1,26)	8 (7,58)	0 (0,42)	8
AKT Vắng mặt	6 (7,53)	5 (3,47)	8 (9,26)	3 (1,74)	10 (10,42)	1 (0,58)	11
Tổng	13	6	16	3	18	1	19

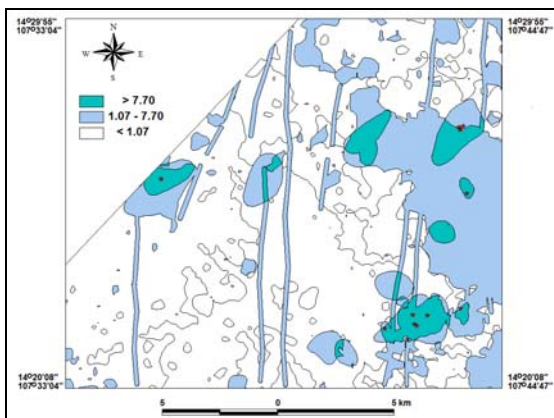
Bảng 4. Bảng tổng hợp giá trị χ^2 tính toán giữa các cặp bản đồ chồng ghép

Dấu hiệu	PH. Bà Nà	W	Sn	Mo	Bi	2,5% - K	15 ppm - Th	4,5 ppm - U
Đới 100m - AKT	1,053	0,946	4,103	0,027	0,027	9,298	1,822	2,869
PH. Bà Nà		4,416	2,905	0,166	0,166	10,719	0,082	0,008
W			4,416	2,029	2,029	1,031	2,311	2,942
Sn				0,166	0,166	10,719	0,082	0,008
Mo					4,237	0,305	0,532	0,305
Bi						0,305	0,532	0,305
2,5% - K							0,499	0,932
15 ppm - Th								3,421

Ghi chú: - Đới 100m - AKT: Đới ảnh hưởng 100m của hệ thống đứt gãy á kinh tuyến; - PH. Bà Nà: Phức hệ Bà Nà; - W, Sn, Mo, Bi: Vành dị thường địa hóa của wolfram, thiếc, molipden, bismut; - 2,5% - K, 15ppm - Th, 4,5ppm - U: Vành dị thường địa vật lý 2,5% của kali, 15ppm của thori và 4,5ppm của urani. Các giá trị gạch chân là các giá trị lớn hơn giá trị χ^2 tra bảng.

Dựa vào kết quả tính toán trọng số bằng chứng và độ tương phản C ở *bảng 2*, tiến hành xác lập các diện tích triển vọng wolfram theo tổng giá trị độ tương phản của 8 dấu hiệu nghiên cứu (đã loại bỏ dấu hiệu vành dị thường kali 2,5%).

Dựa trên sự trùng hợp ngẫu nhiên của giá trị tương phản của các dấu hiệu nghiên cứu, bản đồ kết quả phân vùng triển vọng đã được xây dựng và phân chia thành ba loại: khu vực ít có triển vọng, có triển vọng trung bình và khu vực rất có triển vọng. Ngưỡng giá trị để phân chia giữa khu vực ít có triển vọng và khu vực có triển vọng trung bình được xác định theo giá trị độ tương phản thấp nhất của 1 dấu hiệu nghiên cứu (vành dị thường địa vật lý 4,5ppm của urani = 1,07); ngưỡng giá trị để phân chia giữa khu vực có triển vọng trung bình và khu vực rất có triển vọng được xác định bằng tổng giá trị độ tương phản của 4 dấu hiệu thấp nhất (vành dị thường địa vật lý 15ppm của thori và 4,5ppm của urani, vành dị thường địa hóa của bismut và đới ảnh hưởng 100m của hệ thống đứt gãy á kinh tuyến = 1,07 + 2,88 + 1,34 + 2,41 = 7,70). Như vậy, bản đồ phân vùng triển vọng quặng hóa wolfram khu vực nghiên cứu được chia làm 3 khu, cụ thể: khu vực rất triển vọng có giá trị $C \geq 7,70$, triển vọng trung bình có giá trị $C 1,07 \div 7,70$ và ít và không có triển vọng với giá trị $C \leq 1,07$ (*hình 6*).



Hình 6. Bản đồ phân vùng triển vọng khoáng hóa wolfram khu vực Plei Meo, Kon Tum

Khu vực rất triển vọng có 17 trong tổng số 19 điểm khoáng hóa wolfram (chiếm 89,5%) và chiếm 4,1% tổng diện tích khu vực nghiên cứu. Trên cơ sở đối sánh, diện tích rất triển vọng nằm khá tương đồng với những khu vực triển vọng được xác lập theo các tài liệu địa chất nghiên cứu theo phương pháp truyền thống trước đây [7, 12]. Bên cạnh đó,

một số diện tích rất triển vọng mới không có các điểm khoáng hóa đã biết cũng được xác lập. Những diện tích này thường nằm bao trùm lên các yếu tố thông tin có tỷ trọng cao của vành dị thường địa hóa và địa vật lý. Kết quả phương pháp tỷ số khá dĩ cho thấy các khu vực rất triển vọng có tỷ số khá dĩ lớn (*bảng 5*). Điều này nói lên rằng, mức độ tương quan giữa điểm khoáng hóa đã biết và các khu vực rất triển vọng theo mô hình nghiên cứu trên là khá chính xác. Các khu vực này cần được đầu tư công tác điều tra chi tiết thêm trong thời gian tới.

Bảng 5. Tương quan giữa điểm khoáng hóa và các khu vực triển vọng theo phương pháp tỷ số khá dĩ

Mức triển vọng	Điểm khoáng hóa	% điểm khoáng hóa (A)	Diện tích (km ²)	% diện tích (B)	Tỷ số khá dĩ (A/B)
Rất	17	89,47	15,5	7,36	12,15
Trung bình	2	10,53	83,05	39,45	0,27
ít và không	0	0	111,95	53,18	0
Tổng	19	100	210,5	100	

6. Kết luận

Kết quả đạt được của việc ứng dụng phương pháp trọng số bằng chứng kết hợp GIS trong tìm kiếm khoáng sản rắn là những thông tin quan trọng ban đầu, góp phần định hướng, nâng cao hiệu quả công tác tìm kiếm và đánh giá triển vọng quặng hóa khu vực nghiên cứu. Việc áp dụng này đặc biệt có ý nghĩa đối với các khu vực nghiên cứu có điều kiện địa hình phức tạp, việc tiếp cận trực tiếp với đối tượng tìm kiếm gặp nhiều khó khăn. Trên cơ sở tổng hợp và phân tích các tài liệu địa chất liên quan đến khoáng hóa wolfram khu vực Plei Meo, tỉnh Kon Tum (tài liệu thạch học, địa hóa, địa vật lý và kiến tạo), hệ thống cơ sở dữ liệu trong môi trường GIS được xây dựng theo phương pháp trọng số bằng chứng. Tám dấu hiệu thông tin liên quan đến quặng hóa wolfram vùng Plei Meo thỏa mãn điều kiện độc lập và được kết hợp để xây dựng bản đồ phân vùng triển vọng quặng hóa bao gồm đới ảnh hưởng 100m của hệ thống đứt gãy á kinh tuyến, phức hệ Bà Nà, vành dị thường địa hóa của wolfram, thiếc, molipden, bismut; vành dị thường địa vật lý 15ppm của thori và 4,5ppm của urani. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra ba mức độ triển vọng khác nhau cho quặng hóa wolfram khu vực nghiên cứu là: khu vực rất triển vọng có giá trị tương phản $C \geq 7,70$, khu vực triển vọng trung bình có giá trị $C 1,07 \div 7,70$ và khu vực ít triển vọng với giá trị $C \leq 1,07$. Bản đồ khoanh vùng triển vọng là tài liệu

tham khảo có ý nghĩa cho công tác tìm kiếm quặng hóa wolfram khu vực trong giai đoạn nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU DẪN

- [1] *Asadi H.H., Hale M.*, 2001: A predictive GIS model for mapping potential gold and base metal mineralization in Takab area, Iran. *Computer & Geosciences* 27, p.901-912.
- [2] *Bishop M.M., Fienberg S.E. Holland P.W.*, 1975: *Discrete Multivariate Analysis: Theory and Practice*. MIT Press, Cambridge Massachusetts, p.587.
- [3] *Bonham-Carter G.*, 1994: *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS*. Pergamon Press, Oxford, p.398.
- [4] *Carranza E.J., Mangaoang, J.C., Hale, M.*, 1999: Application of mineral exploration models and GIS to generate mineral potential maps as input for optimum land-use planning in the Philippines. *Natural Resources Research* 2 (8), p.165-173.
- [5] *Đỗ Văn Chi* (chủ biên), 1998: Báo cáo lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Đăk Lêi- Khâm Đức. Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.
- [6] *Davis J.C.*, 1986: *Statistics and Data Analysis in Geology*, 2nd edn. John Wiley and Sons, Toronto, Canada.
- [7] *Thân Đức Duyệt, Nguyễn Cảnh Biên* (đồng chủ biên), 2006: Báo cáo kết quả điều tra chi tiết khoáng sản wolfram vùng Chư Ya Krei. Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.
- [8] *Trần Duân, Thân Đức Duyệt* (đồng chủ biên), 2006: Báo cáo lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Kon Tum. Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.
- [9] *Nguyễn Tứ Dân, Trần Anh Tuấn, Saro Lee*, 2008: Ứng dụng công nghệ GIS để thành lập Bản đồ nhạy cảm trượt lở đất các tỉnh biên giới Tây Bắc Việt Nam. *Tc. Các Khoa học về Trái Đất*, T.30, 1, 12-20.
- [10] *Hariri M.*, 2003: Use of GIS (geographic information system) in determining relationship between geology, structure and mineral prospects, southern part of the Arabian Shield, Saudi Arabia, Pakistan. *Journal of Applied Sciences* 3 (2), 92-96.
- [11] *Hoa T.T., Borisenko A.S., Anh, T.T., Izokh, A. E., Phuong, N.T.*, 2006: Cu-Mo-Au porphyry type in Sa Thay area in the west of Kon Tum block. *Journal of Geology (Ha Noi). Series B*, No.28: p.71-83.
- [12] *Nguyễn Quang Lộc* (chủ biên), 1998: Báo cáo lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Đăk Tô. Trung tâm thông tin lưu trữ địa chất, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.
- [13] *Nguyễn Xuân Sơn* (chủ biên), 2000: Báo cáo bay đo từ phổ gamma tỷ lệ 1:50.000 và đo trọng lực tỷ lệ 1:100.000 vùng Kon Tum. Trung tâm thông tin lưu trữ địa chất, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.
- [14] *Partington G.*, 2010: Developing models using GIS to assess geological and economic risk: an example from VMS copper gold mineral exploration in Oman. *Ore Geology Reviews* 38, 197-207.
- [15] *Porwal A., Carranza E., Hale M.*, 2003: Knowledge-driven and datadriven fuzzy models for predictive mineral potential mapping. *Natural Resources Research* 12 (1), p.1-25.
- [16] *Porwal A., González-Álvarez I., Markwitz V., McCuaig T.C., Mamuse A.*, 2010: Weights-of-evidence and logistic regression modeling of magmatic nickel sulfide prospectivity in the Yilgarn Craton, Western Australia. *Ore Geology Reviews* 18, p.184-196.
- [17] *Nguyễn Chí Vũ* (chủ biên), 2009: Đề án thăm dò wolfram khu vực Chư Ya Krei, xã Ya Xiêr, huyện Sa Thầy, tỉnh Kon Tum. Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.
- [18] *Trần Anh Tuấn, Nguyễn Tứ Dân*, 2012: Nghiên cứu nhạy cảm và phân vùng nguy cơ trượt - lở đất khu vực hồ thủy điện Sơn La theo phương pháp phân tích cấp bậc SAATY. *Tc. Các Khoa học về Trái Đất*, T.34, 3, 223-232.

SUMMARY

Application of the GIS modeling technique and weights-of-evidence method for prospecting tungsten minerals in the Pleimeo area, Kontum province

The Pleimeo area, Kontum province, has a high potential for valuable minerals including tungsten. However, mineral investigation in this area is still limited because of difficult topographical and transportation conditions and distance from residential area. In order to overcome those obstacles, authors introduce the application of the GIS modeling combining with a geomathematic method for prospecting tungsten mineral in the Pleimeo area. Based on synthesized and analytic geological data related to tungsten (petrological, structural, geochemical, and geophysical map), a database in GIS environment was generated and analyzed by using weight of evidence method.

Buffer zones were created along lineaments with intervals of 100 ÷ 500 m and the optimal spatial evidences related to tungsten mineral in the area were also determined. Eight evidences that satisfy the independent conditions were used to create a potential tungsten mineral map in Pleimeo area. Three zones with different levels of high potential, potential and low potential were identified. These results can be used as guidelines for future mineral exploration in the area.