Archive of SID



# بررسی زمین شیمی و شناسایی پتانسیل معدنی طلا در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران، خراسان جنوبی با استفاده از روش خوشه بندی میان مرکز فازی

محمد امین فرشادمهر[۱و*]، احمد آریافر[۲]، محمد شیوا[۳]
[۱و*] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه بیرجند: m_a_farshadmehr@yahoo.com
[۳و۲] استادیار گروه معدن، دانشگاه بیرجند

## چکیده

یکی از مراحل لازم در پردازش داده‌های اکتشاف ژئوشیمیایی، حذف اثر سنژنتیک (سنگ‌زایی) به منظور شناسایی مؤلفه‌ی اکتشافی اپی‌ژنتیک می باشد. در این تحقیق برای شناسایی مناطق امیدبخش عنصر طلا در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران، با استفاده از روش خوشه بندی میان مرکز فازی و با استفاده از نتایج آزمایشگاهی پروژه‌ی اکتشافات ژئوشیمیایی برگه‌ی بصیران، به بررسی مناطق آنومالی برای عناصر پاراژنز طلا و آرسنیک پرداخته شده‌است. اجرای صحیح خوشه بندی میان مرکز فازی در شناسایی هرچه بهتر مناطق آنومالی تأثیر زیادی دارد که در این نوشتار پس از توضیح اجرای گام به گام این روش، نواحی امید بخش طلا برای مراحل تفصیلی تر معرفی شده‌است.

# Geochemical survey and identify potential for gold in Basiran sheet (1:100000) in south khorasan, using fuzzy c-means clustering

Farshadmehr, mohammad amin[1,*], Aryafar, ahmad, Shiva, mohammad
[1,*]MSc student in Mining Exploration, University of Birjand

## Abstract

One of the essential steps in the data processing of geochemical exploration is excluding the syngenetic effect.. In this study, the anomaly areas of Paragenese elements of both gold and arsenic has been argued applying the fuzzy c-means clustering method by means of the experimental data of Basiran sheet geochemical exploration project in order to discover the promising areas of gold in Basiran sheet (1:100000) in Southern Khorasan. Proper implementation of fuzzy c-means clustering method dramatically affects the identification of anomalous areas. In this article the promising areas of gold will be introduced after description of the step by step approach of the mentioned method.

## مقدمه

در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش رسوبات آبراهه‌ای تغییرپذیری دارای دو مؤلفه‌ی اساسی است که عبارتند از مؤلفه‌ی سنژنتیک که مربوط به سنگ‌زایی و تغییرات لیتوژئوشیمیایی است و نیز مؤلفه‌ی اپی‌ژنتیک که در ارتباط با فرایندهای کانی‌سازی است و به عنوان مؤلفه‌ی مفید اکتشافی شناخته می‌شود [۱]. تا کنون روش‌های مختلفی برای حذف اثر سنژنتیک مورد استفاده قرار گرفته‌است. در این نوشتار پس از بیان و اجرای خوشه بندی میان مرکز فازی و توضیح نحوه‌ی انتخاب بهینه ی فاکتورهای مورد نیاز، به حذف اثر سنژنتیک و معرفی مناطق آنومالی طلا برای برگه‌ی بصیران پرداخته شده‌است. محدوده‌ی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران در شرق ایران و در استان خراسان جنوبی، به فاصله-

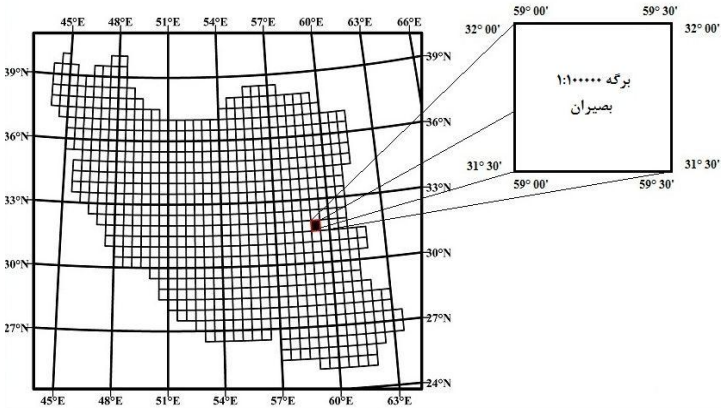


www.SID.ir

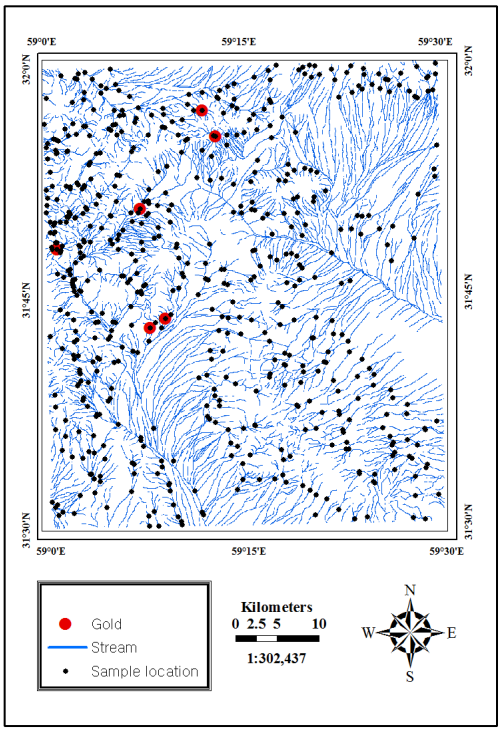
Archive of SID



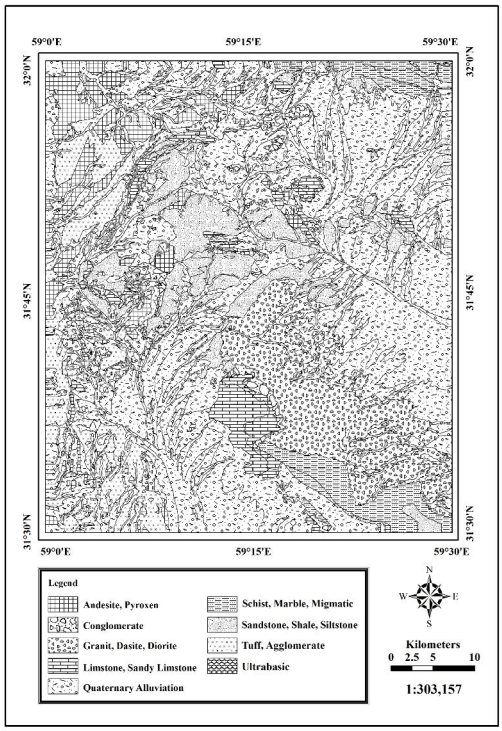
ی تقریبی ۱۵۰ کیلومتری جنوب شهرستان بیرجند و در محدوده‌ی جغرافیایی ۵۹ درجه تا ۵۹ درجه و ۳۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۲ درجه‌ی عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). طی پروژه‌ی اکتشاف ژئوشیمیایی که در محدوده‌ی این برگه توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت گرفته است، مراحل نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌های رسوبات رودخانه‌ای برای ۵۸۵ نمونه انجام و نمونه‌ها برای آنالیز بیست عنصری به آزمایشگاه فرستاده شده‌اند، که در این تحقیق از نتایج آزمایشگاهی خام عناصر طلا و آرسنیک استفاده شده‌است. به علاوه در پروژه‌ی مذکور تعداد ۱۰۷ نمونه‌ی کانی سنگین نیز به منظور کنترل آنومالی‌ها برداشت و آنالیز شده‌است [۲]. شکل (۲) محل نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای و شش نمونه‌ی کانی سنگین حاوی ذرات طلا و شکل (۳) نقشه‌ی زمین شناسی منطقه را نمایش داده است.




شکل ۱- موقعیت جغرافیایی برگه ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران.




شکل ۲- موقعیت نمونه های آبراهه ای و کانی سنگین حاوی طلا.




شکل ۳- نقشه ی زمین شناسی برگه ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران [۳].



www.SID.ir

Archive of SID



### زمین شناسی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران

برگه‌ی بصیران از نظر ساختمانی در محدوده‌ی بلوک لوت و منطقه‌ی فلیش-کمربند افیولیتی شرق ایران قرار گرفته است و در نتیجه از نظر ساختار زمین شناسی ویژگی و اختصاصات این دو بخش را دارا می‌باشد (شکل ۳). رسوبات مزوزوئیک و ترشیاری در پهنه‌ی وسیعی از بخش مرکزی شرق و غرب ناحیه رخنمون دارند. در بخش شمال شرقی این برگه بخش کوچکی از منطقه‌ی فیلیش-کمربند افیولیتی شرق ایران دیده می‌شود که محل اتصال بلوک لوت و منطقه‌ی فیلیش می‌باشد. نهشته‌های ژوراسیک در محدوده‌ی برگه‌ی بصیران از نوع آواری و کم عمق است و با ریخت تپه ماهوری بخش وسیعی از ناحیه به خصوص بخش مرکزی و جنوب غربی برگه را پوشانده است. واحدهای آتشفشانی ائوسن در برگه‌ی بصیران به وسیله‌ی توده‌های گرانیتی، گرانودیوریتی، دیوریتی، دایک‌ها و توده‌های کوچک داسیتی برید شده‌اند. در تماس این توده‌ها به خصوص زائده‌های داسیتی، با سنگ‌های آذرآواری و آتشفشانی ائوسن کانی‌هایی از قبیل سرب، مس، آهن و طلا تشکیل گردیده‌است. در شمال غرب برگه‌ی بصیران روانه‌های تیره رنگ شامل پیروکسن آندزیت، آندزیت بازالت و به همراه توف‌های برشی آندزیتی بر روی سنگ‌های گوناگون قرار گرفته‌است. در بخش غربی برگه، دایک‌های اسیدی در امتداد گسل‌ها به خصوص در سنگ‌های آتشفشانی پالئوژن نفوذ نموده که کانی سازی طلا را در بردارند [۲ و ۳].

## روش مطالعه

پس از جایگزینی مقادیر سنسورد و مقادیر خارج از ردیف، به منظور اعمال روش خوشه بندی میان مرکز فازی بر روی داده‌های منطقه، لازم بود پیش پردازش‌هایی صورت گیرد. از آنجا که در اکثر روش‌های آماری برای رسیدن به نتایج مناسب داده‌های چند متغیره بایستی توزیع نرمال داشته باشند و نیز داده‌های غیرنرمال خوشه‌بندی را مختل می‌سازد، با استفاده از تبدیل‌های لگاریتمی ساده و لگاریتمی سه‌پارامتری، عناصری که توزیع نرمال نداشتند به توزیع نرمال نزدیک شدند و سایر عناصر با توزیع طبیعی نزدیک به نرمال به همان صورت وارد محاسبات شدند. به علاوه در مورد داده‌هایی که اولاً از یک جنس هستند و نیز مقادیر مطلق بررسی نمی‌شود، نیاز به استاندارد کردن داده‌هاست [۴ و ۵]، که این عمل نیز بر روی داده‌های منطقه‌ی مورد مطالعه اعمال شد.

### خوشه بندی میان مرکز فازی

روش تحلیل خوشه‌ای میان مرکز یکی از روش‌های تحلیل خوشه‌ای فازی است که کاربرد زیادی در علوم مختلف پیدا کرده‌است. کرامر[1] [۶] در سال ۱۹۹۵روش خوشه‌بندی میان مرکز فازی را برای رسم نقشه‌های عضویت و نیز آنومالی بازماند داده‌های ژئوشیمیایی به کار گرفت.

فرض کنیم n نمونه با m متغیر اندازه گیری شده داشته باشیم. می‌خواهیم این نمونه‌ها را به C خوشه با مرکز معلوم تقسیم کنیم. الگوریتم تحلیل خوشه‌ای فازی میان مرکز به این ترتیب است:

۱- درجه‌ی عضویت هر نمونه به هر خوشه به طور تصادفی تعیین می‌شود. برای این منظور بایستی برای هر نمونه به تعداد خوشه‌ها عدد تصادفی تولید شود. شرط موجود در این مرحله واحد بودن مجموع عضویت‌های هر نمونه به خوشه‌های مختلف است.

۲- با استفاده از درجه‌ی عضویت و مختصات مرکز خوشه‌ها لازم است مختصات جدید مرکز خوشه‌ها از رابطه‌ی زیر محاسبه شود:

$$C_{ij} = \frac{\sum \mu_{ki}^{q} X_{kj}}{\sum_{k=1}^{n} \mu_{ki}^{q}} \qquad (۱)$$

1. Kramar



www.SID.ir

Archive of SID



که در آن $C_{ij}$ مقدار متغیرjام از مرکز خوشه‌ی iام، $\mu_{ki}$ درجه‌ی عضویت نمونه‌ی kام به خوشه‌ی iام و $X_{kj}$ مقدار متغیر jام در نمونه‌ی kام است. q شدت شولایی یا فازی شدگی متغیر j در نمونه‌ی kام است که به آن توان فازی نیز می‌گویند.

۳- درجه‌ی عضویت هر نمونه به هر مرکز خوشه‌ی جدید از رابطه‌ی زیر محاسبه می شود:

$$\mu_{ik} = \frac{(d_{ik}^2)^{1/(q-1)}}{\sum_{k=1}^{c}(d_{ij}^2)^{-1/(q-1)}} \qquad (۲)$$

که در این رابطه $d_{ik}$ فاصله‌ی نمونه kام تا مرکز خوشه‌ی iام است که با استفاده از رابطه‌ی (۳) محاسبه می‌شود که در آن $S_j$ انحراف معیار متغیر jام است.

$$(d_{ik})^2 = \sum_{j-1}^{m}[(X_{kj} - C_{ij})/S_j]^2 \qquad (۳)$$

۴- محاسبه‌ی تابع هدف. تابع هدف متغیر j در محیطی با درجه ی فازی شدگی q از رابطه‌ی زیر به دست می آید:

$$I_q = \sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{n}(\mu_{ik})^q(d_{ik}^2)^q \qquad (۴)$$

که در آن مقادیر $\mu_{ik}$ و $d_{ik}^2$ از روابط قبلی به دست می‌آید.

۵- تکرار محاسبات از مرحله‌ی دوم تا چهارم تا جاییکه اختلاف بین دو مرحله‌ی متوالی تابع هدف به دست آمده از دقت مورد نیاز کمتر شود [۱].

پس از به دست آوردن مرکز خوشه‌ها، مقادیر هریک از متغیرهای ژئوشیمیایی (عناصر) و درجه‌ی عضویت نمونه‌ها به خوشه‌ها، مقدار بازماند از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$\sigma_{kj} = X_{kj} - \sum_{i-1}^{c}\mu_{ik}C_{ij} \qquad (۵)$$

که در رابطه‌ی ۵، $\sigma_{kj}$ مقدار بازماند متغیر jام در نمونه‌ی kام، $X_{kj}$ مقدار داده‌ی ورودی متغیرjام از نمونه‌ی kام، $\mu_{ik}$ درجه عضویت نمونه‌ی kام به خوشه‌ی iام و $C_{ij}$ مقدار مرکز خوشه‌ی iام برای متغیر jام می باشد.

قبل از اجرای روش خوشه بندی میان مرکز فازی نیاز به تعیین دو پارامتر می‌باشد: ۱- توان فازی ۲- تعداد خوشه‌ها. روش نظری و دقیقی برای محاسبه‌ی این دو عامل وجود ندارد و با توجه به مطالعات انجام شده، جمع بندی در مورد انتخاب مقدار این دو عامل صورت گرفته‌است که در ادامه خواهدآمد.

**تعیین توان فازی یا شدت فازی شدگی (q)**

هرچه پراش تخصیص کمتر باشد روش تحلیل خوشه‌ای قدرتمندتر است. پراش تخصیص نمونه‌ی kام با استفاده از رابطه‌ی (۶) به دست می آید:

$$S_k^2 = \sum \sigma_{kj}^2 \qquad (۶)$$

که در این رابطه $\sigma_{kj}$ مقدار بازماند متغیر jام در نمونه‌ی kام است [۶]. بر این اساس مقادیر پراش تخصیص نمونه‌ها برای مقدار q بین ۱/۳ تا ۱/۹ که بیشترین سازگاری را با واقعیات تجربی دارند، محاسبه و مشاهده شد که مقدار۱/۳برای q، کمترین پراش تخصیص را به همراه دارد، لذا از این مقدار در ادامه‌ی محاسبات استفاده شد.

**تعیین تعداد خوشه‌ها**

تعداد خوشه‌ها بایستی با توجه به تنوع واحدهای سنگی و چگونگی توزیع آنها در منطقه انتخاب شود. دو پارامتر آنتروپی کلاس بندی (H) و ضریب جداسازی (F) برای تعیین اعتبار خوشه‌بندی از روابط ۷ و ۸ به دست می‌آید:



www.SID.ir

Archive of SID

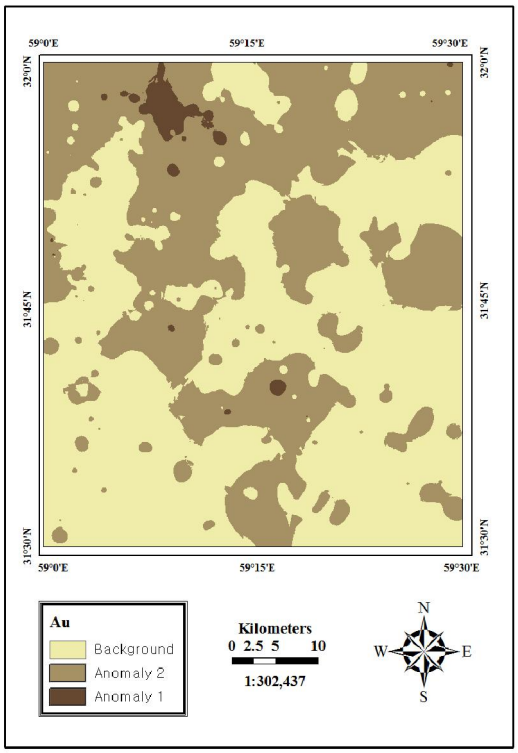


$$H = -\sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{n}\frac{\mu_{ik}\log(\mu_{ik})}{n} \qquad 0 \le H \le \log(\mu_{ik}) \qquad (۷)$$

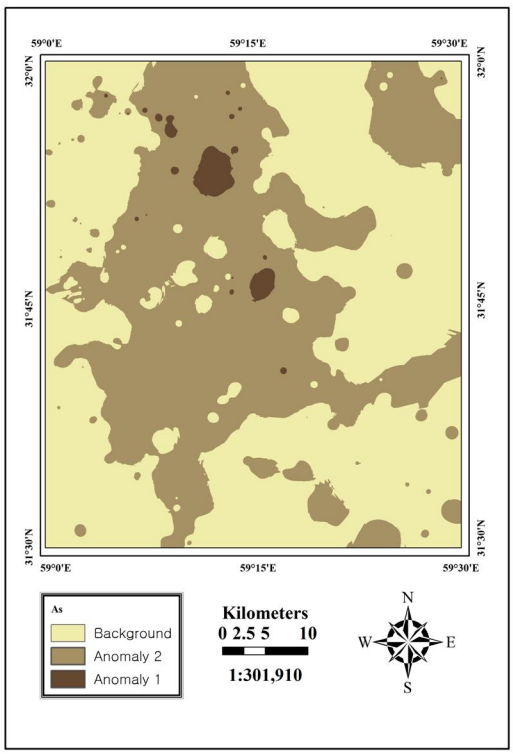
$$F = \sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{n}\frac{\mu_{ik}^{2}}{n} \qquad \frac{1}{c} \le F \le 1 \qquad (۸)$$

که در روابط ۷ و ۸، $\mu_{ik}$ مقدار عضویت نمونه‌ی kام به خوشه‌ی iام می‌باشد. مقدار H هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد تحیل خوشه‌ای از اعتبار بیشتری برخوردار است. مقدار F که به نوعی پراش درون خوشه‌ای را معرفی می‌کند نیز هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، تحلیل خوشه‌ای معتبرتر است [۱].

به طور کل با جمع‌بندی عوامل موثر در انتخاب تعداد خوشه برای تحلیل خوشه‌ای میان مرکز فازی، از پارامترهای زیر استفاده شد: ۱- تنوع واحدهای سنگ شناسی؛ ۲- استفاده از روش خوشه‌بندی K-means؛ ۳- انتخاب نمونه بر اساس کمترین مقدار بازماند؛ ۴- استفاده از فاکتورهای ضریب جداسازی و آنتروپی کلاس بندی؛ ۵- تطابق با زمین شناسی و اطلاعات موجود در منطقه [۴، ۵ و ۷]. با در نظرگیری پارامترهای پنج گانه‌ی مذکور تعداد ۶ خوشه برای داده‌های منطقه در نظر گرفته شد و با برنامه نویسی در نرم افزار متلب، مقادیر بازماند عناصر به دست آمد. شکل (۴) و (۵) نقشه‌های آنومالی بازماند عناصر طلا و آرسنیک را نمایش می‌دهد که در این نقشه‌ها مقادیر ۲/۵ درصد فراوانی مقادیر بازماند به عنوان آنومالی درجه اول و مقادیر بازماند مثبت به عنوان آنومالی درجه دو معرفی شده‌اند.




شکل ۴- آنومالی بازماند به دست آمده از روش خوشه‌بندی میان مرکز فازی برای عنصر طلا.




شکل ۵- آنومالی بازماند به دست آمده از روش خوشه‌بندی میان مرکز فازی برای عنصر آرسنیک.



www.SID.ir

Archive of SID



## بحث و نتیجه‌گیری

حذف اثر سنژنتیک از داده‌های ژئوشیمیایی که امری ضروری در راستای شناسایی آنومالی واقعی از کاذب است با استفاده از روش خوشه‌بندی میان مرکز فازی قابل اجراست. این روش که نسبت به روش مرسوم تفکیک جوامع سنگی از مزایایی مانند سهولت اجرا و صرفه‌جویی درزمان و انرژی برخوردار است، نیاز به اجرای صحیح و انتخاب دقیق پارامترهای مربوطه از جمله تعداد خوشه دارد که در این راستا، انطباق زمین‌شناسی مهمترین معیار در انتخاب پارامترهای مختلف است. در این تحقیق با استفاده از داده‌های رسوبات آبراهه‌ای برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران، به منظور شناسایی نواحی امید بخش و پتانسیل‌های معدنی طلا، به اجرای روش خوشه‌بندی میان مرکز فازی برای دو عنصر پاراژنز طلا و آرسنیک پرداخته‌شد. مناطق آنومالی به دست آمده از این روش برای دو عنصر مذکور، تطابق خوبی هم با یکدیگر به عنوان عناصر پاراژنز و هم با نمونه‌های کانی سنگین حاوی ذرات طلا به خصوص در نواحی شمالی و غربی منطقه داشته است. لازم به ذکر است که مقادیر غلظت آرسنیک در نمونه‌هایی که در مناطق آنومال واقع شده‌اند (بیش از ۲۰ ppm)، بیش از مقدار کلارک در سنگ‌های مختلف است [۸]. علاوه بر مطالب فوق طبق گزارش موجود در سازمان صنعت، معدن و تجارت استان خراسان جنوبی، معدن طلای رگه‌ای هیرد با ذخیره‌ی ۵/۰۱۵ میلیون تن ذخیره‌ی قطعی کانسنگ با عیار ۱/۱۶ ppm نیز در قسمت شمالی برگه و نزدیکی روستای بصیران وجود دارد که داخل منطقه‌ی آنومالی درجه اول طلا و آرسنیک واقع شده‌است. تمامی این نتایج، ضمن تأیید عملکرد خوشه‌بندی میان مرکز فازی، چند قسمت از منطقه (واقع در قسمت‌های شمالی، شمال غربی و نیز غربی) را به عنوان مناطق امیدبخش معدنی طلا برای مراحل اکتشاف تفصیلی‌تر معرفی می‌نماید.

## منابع

[۱] حسنی پاک ع.ا.، شرف الدین م.، *"تحلیل داده های اکتشافی"*، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، (۱۳۹۰) ۹۸۷ ص.

[۲] سازمان زمین شناسی کشور، *"گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده‌ی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران"*، وزارت صنایع و معادن (۱۳۷۹).

[۳] بهروزی ا.، ناظر ن.خ.، *"نقشه‌ی زمین شناسی بصیران به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰"*، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، (۱۳۷۱).

[۴] فداکار القلندیس ی.، *"تحلیل و مقایسه‌ی روش‌های فرکتال و فازی در اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای، مطالعه‌ی موردی برگه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ راور"*، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی فنی دانشگاه تهران (۱۳۸۳).

[5] Vriend S. P., Van Gaans P. F., Middelburg J., De Nus A., *"The application of fuzzy c-means cluster analysis and non-linear mapping to geochemical datasets: examples from Portugal"*, Applied Geochemistry, 3 (1988) 213-224.

[6] Kramar U., *"Application of limited fuzzy clusters to anomaly recognition in complex geological environments"*, Journal of Geochemical Exploration, 55 (1995) 81-92.

[7] Shiva M., Aryafar A., Zaremotlagh S., *"Fuzzy c-means cluster analysis, a robust multivariate technique in stream sediment geochemical exploration, a case study in Eastern part of Iran, Birjand"*, Journal of Geology and Mining Research Vol 3(1) (2011) 1-6.

[۸] مدنی ح.، *"اصول پی جویی، اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی"*، انتشارات خانه فرهنگ، تهران، (۱۳۷۸) ۷۹۷ ص.



www.SID.ir