

کاربرد روش خوشه بندی فازی در خنثی سازی اثر سنژنتیک داده های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای در منطقه طارم

سعید سلطانی محمدیⁱ، اردشیر هزارخانیⁱⁱ، سید حسن سیدی قوژدیⁱⁱⁱ

چکیده:

تغییرپذیری تمرکز عناصر در نمونه های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای دارای دو مؤلفه اصلی سنژنتیک و اپی-ژنتیک است که مؤلفه اپی ژنتیک به عنوان مؤلفه مفید اکتشافی شناخته می شود. گاهی مؤلفه سنژنتیک چنان قوی است که اثر مؤلفه اپی ژنتیک را کاملاً محو می کند، این رخداد، شناسایی مؤلفه مرتبط با کانی سازی را دشوار می کند. از این رو روش های متعددی برای خنثی سازی اثر لیتولوژی ارائه شده که برای مثال می توان از روش جداسازی جوامع سنگی، تحلیل مؤلفه های اصلی و خوشه بندی فازی نام برد. در این مقاله، اثر مؤلفه سنژنتیک در داده های حاصل از آنالیز نمونه های رسوبات آبراهه ای (۱۲۲ نمونه) منطقه یمقان طارم با استفاده از روش خوشه بندی فازی خنثی شده است. در این تحقیق از روش خوشه بندی فازی C-Means استفاده شد. بر اساس مطالعات انجام گرفته، ضریب فازی شدگی ۱/۴ و تعداد خوشه برابر ۲ در خوشه بندی فازی C-Means انتخاب شد. در ادامه، نتایج حاصل با نتایج حاصل از روش جداسازی جوامع سنگی مقایسه و مشاهده شد که در نتایج حاصل از خوشه بندی فازی، آنومالی های جدیدی نشان داده شده است که در روش جداسازی سنگ بالادست نشان داده نشده و از طرف دیگر یک سری از آنومالی های دروغین که از روش جداسازی سنگ بالادست حاصل شده بودند، محو شدند. همچنین نرم افزار تهیه شده برای این منظور تشریح شده است.

Applying the fuzzy C-means clustering method to remove the effect of the geochemical stream sediment syngenetic components in Tarom area

Soltani Mohammadi, S., Hezarkhani, A., Seiedi S.H.

ABSTRACT

Geochemical exploration, using the stream sediment method, involves two components that control the concentration of elements in the samples: syngenetic and epigenetic. The epigenetic component is useful factor for exploration goals. However, usually as the syngenetic component is stronger, it dwarfs the effect of epigenetic component. There are several methods used to eliminate the effect of syngenetic component on geochemical data processing; such as, separation of upstream rock groups, principal component analysis (PCA) and fuzzy c-means clustering method (FCM). The effect of the syngenetic component, from stream sediment samples obtained from Yamaghan, was removed using the both separation of upstream rock groups and fuzzy clustering method. Then results from this method were compared to the results from the separation of the upstream rock groups method. Based on the following research, Fuzzy coefficient is calculated to be 1.4 and the number of clustering is equal to 2 in the selected C-means method. New anomalies have been recognized that they have not been mentioned based on the separation of upstream rock group method. In the

i دانشجوی دکتری مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ii دانشیار دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

iii کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

other hand, some false anomalies have been removed in the result of applying this method. Furthermore, the software that was created for this purpose was explained.

۱- مقدمه

جدایش جوامع چند سنگی کارایی چندانی ندارند، چرا که با تخصیص هر نمونه به یک خوشه عملاً امکان نسبت دادن یک نمونه به چند نوع سنگ را از ما سلب می‌کند، مگر آنکه برای ترکیب سنگ‌ها نیز خوشه‌هایی تعریف کنیم و یا اینکه با خطای زیادی این نمونه‌ها را به یک خوشه نسبت دهیم. در صورتیکه خوشه‌بندی فازی بخوبی این ضعف را برطرف می‌سازد و امکان تخصیص یک نمونه را به چند خوشه فراهم می‌سازد.

هدف از این تحقیق بررسی کاربرد روش تحلیل خوشه فازی میان مرکز برای حذف مؤلفه اثر سنگ بستر در رسوبات آبراهه ای است. در این روش ابتدا درجه فازی شدگی داده‌ها محاسبه و با توجه به لیتولوژی منطقه مورد مطالعه داده‌ها دسته بندی می‌شوند؛ سپس بر اساس دسته بندی انجام شده، مقادیر بازمانده عناصر محاسبه و با اجرای روش های آماری کلاسیک نمونه‌های ناهنجار تعیین می‌شوند.

۲- آشنایی با منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با وسعتی در حدود ۲۰۰ کیلومتر مربع در ۹۰ کیلومتری شمال شهرستان قزوین و در ۴۰ کیلومتری شمال اهر واقع شده و از لحاظ زمین شناسی، در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ زنجان قرار دارد [۳]. از لحاظ چینه شناسی در سازند کرج واقع شده و از سنگ‌های توف، آندزیت و گدازه‌های آندزیتی دارای سن ائوسن تشکیل شده است [۳].

۳- پردازش آماری داده‌ها

در منطقه یمقان تعداد ۱۱۲ نمونه رسوبات آبراهه‌ای در عملیات صحرایی برداشت و پس از طی مراحل آماده سازی این نمونه‌ها در آزمایشگاه Amdel استرالیا برای ۴۴ عنصر به روش ICP مورد آنالیز قرار گرفته بودند [۴] از نتایج حاصله به عنوان داده‌های خام در این تحقیق استفاده شد.

در اولین گام با استفاده از روش بیشترین درست‌نمایی کوهن داده‌های سنسورد عناصر طلا، جیوه، نقره و بیسموت جایگزین گردیدند. در ادامه به منظور نرمال‌سازی داده‌های رسوبات آبراهه‌ای از روش کاکس و باکس استفاده شد. برای این منظور ماکرو ویزوال بیسیکی در نرم افزار اکسل نوشته شد. سپس با استفاده از این نرم‌افزار، ضریب بهینه اهمیت چولگی نسبت به کشیدگی ۲/۲ محاسبه شد. در جداول ۱ و ۲ خصوصیات آماری داده‌های خام و نرمال شده نشان داده شده

ترکیب شیمیایی رسوبات آبراهه‌ای اطلاعاتی را در مورد ترکیب سنگ شناسی حوضه آبریز و وجود کانی زایی و یا آلاینده‌ها ارائه می‌کند [۱]. مقدار زمینه عناصر مختلف، در سنگ‌های گوناگون متفاوت می‌باشد، در نتیجه حد آنومالی در این سنگ‌ها و در رسوبات آبراهه‌ای نشأت گرفته از آنها نیز متفاوت است؛ لذا جهت حذف این عامل در بررسی ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای، نمونه‌ها را با توجه به سنگ بالادست آنها در جوامع گوناگونی تقسیم‌بندی و پارامترهای آماری در جوامع مربوط به آنها بررسی می‌شود [۲]. برای حذف اثر سنگ بالادست سه روش وجود دارد: روش اول استفاده از جداول جهانی مقدار زمینه عناصر در سنگ‌های مختلف است. به این ترتیب که با توجه به میانگین جهانی در سنگ مورد نظر، اثر سنگ بالادست را حذف کنیم. این زمینه جهانی در تمام سنگ‌ها مشابه و یکسان نیست و می‌تواند تا حدود زیادی در زمان‌ها و مناطق مختلف تغییر کند. ایراد دیگر این روش آن است که در صورت داشتن جوامع چند سنگی به مشکل برمی‌خوریم. روش دوم تعیین مقدار زمینه در سنگ‌ها با توجه به نمونه‌های آبراهه‌ای است. در این روش، نمونه‌های با سنگ بالادست مشابه را به صورت یک یا چند جامعه در نظر گرفته، با توجه به پارامترهای آماری این جامعه، اثر سنگ بالادست را حذف می‌کنند. تعداد نمونه‌های لازم برای تشکیل یک جامعه آماری معمولاً بین ۱۰-۸ نمونه در نظر گرفته می‌شود. ایراد این روش این است که اگر نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس منطقه در دسترس نباشد، تعیین سنگ‌های بالادست نمونه‌ها با خطا همراه است و چه بسا ممکن است واحد سنگی مهمی از قلم بیفتد. ایراد دیگر، میزان تأثیر هر واحد سنگی بر ترکیب نمونه است. به گونه‌ای که مساحت حوضه آبریز آبراهه‌ها در هر حوضه سنگی، شیب آبراهه و وضعیت توپوگرافی در هر واحد سنگی، فاصله واحد سنگی از محل نمونه‌گیری و عواملی از این دست متغیر است. با وجود این، این روش مهم‌ترین و پرکاربردترین روش برای جدایش جوامع سنگی می‌باشد [۲].

روش سوم استفاده از روش‌های خوشه‌بندی و خوشه‌بندی فازی است. با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی، نمونه‌ها را به گروه‌های مختلفی تقسیم، و با توجه به آن گروه‌ها، اثر سنگ بالادست حذف می‌شود [۲]. روشهای خوشه‌بندی سخت، برای

است.

جدول ۱) مشخصات آماری داده‌های خام

ELEMENT	Pb	Zn	Fe	Cu	As	Sb	Ag	Au*
Units	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb
average	۱۴۹	۶۴۷	۶۲۹٫۹	۳۷۸٫۷	۱۹٫۳	۲۳٫۰۱	۳٫۹	۶۴۱٫۳
median	۱۳۴٫۵	۵۷۷	۵۸۱	۳۲۳٫۲	۱۷	۱۵	۲٫۹	۵۸۹٫۵
var	۳۷۲۹	۵۰۵۹۵	۷۴۴۵۶	۱۳۴۶۵	۱۴۲٫۸	۶۸۲٫۷	۱۰۹٫۹	۷۸۸۵۰
min	۵۶	۳۱۶	۷۱٫۸	۶۶	۰٫۶۸	۴	۰٫۶۸	۷۱٫۸
max	۴۵۹	۱۸۰۵	۱۹۶۰	۲۸۰۰	۱۱۲	۱۸۵	۱۱۲	۱۹۶۰
skew	۱٫۶۷	۱٫۷	۱٫۸۹	۴٫۲	۴٫۵۱	۳٫۷۶	۱۰٫۳	۱٫۸۱
kurt	۴۰٫۶	۵۶	۶٫۱۲	۲۲٫۳	۳۳۰٫۶	۱۷٫۸۳	۱۰۷٫۳	۵٫۶۳

ع- روش کار

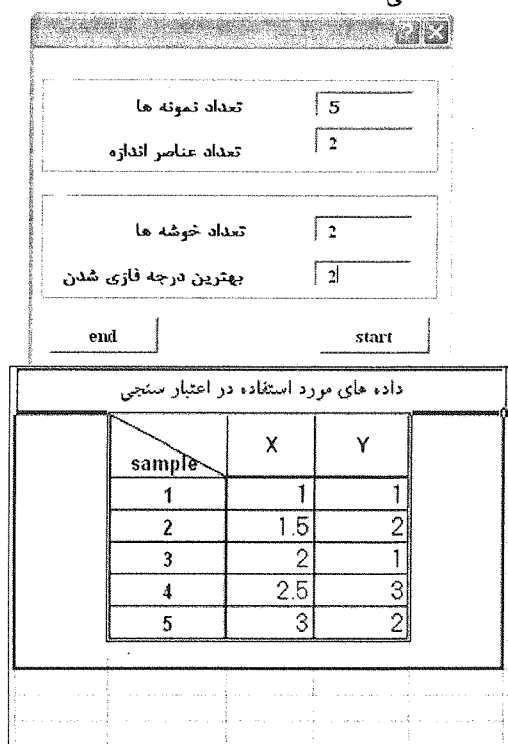
روش خوشه‌بندی C-means بی‌انعطاف مبتنی بر فرآیند تکرار است و هدف آن به حداقل رساندن بزرگ‌ترین فاصله یک نمونه (متغیر) تا مرکز خوشه است. در این روش، در نهایت هر نمونه یا متغیر به یک خوشه تعلق می‌گیرد [۵]. حتی به نمونه‌ها و یا مقادیری که در حد واسط بین خوشه‌ها قرار دارند و متعلق به دو یا چند خوشه هستند و همچنین به مقادیر خارج از ردیف که به هیچ خوشه‌ای تعلق ندارند، این امکان داده می‌شود که به طور غیر واقعی در یکی از خوشه‌ها قرار گیرند. این امر موجب می‌شود تا تأثیر آنها در خوشه‌ای که در آن طبقه‌بندی می‌شوند بیش از اندازه باشد. این در حالی است که تأثیر آنها روی خوشه‌های دیگر که متأثر از آن هم هستند صفر می‌شود. از این رو مدل حاصل نمی‌تواند ساختار واقعی داده‌ها را معرفی کند [۵].

جدول ۲) مشخصات آماری داده‌های نرمال شده

ELEMENT	Pb	Zn	Fe	Cu	As	Sb	Ag	Au*
average	۲۰٫۵	۹۱٫۰	۱۹٫۳	۱۲٫۴	۵٫۰	۳٫۵	۷٫۵	۰٫۹
median	۱۹٫۸	۸۵٫۸	۱۹٫۲	۱۲٫۵	۴٫۹	۳٫۳	۷٫۵	۱٫۱
var	۲۲٫۰	۳۷۸٫۲	۷٫۸	۶٫۹	۱٫۲	۱٫۴	۷٫۰	۰٫۳
min	۱۲٫۳	۵۸٫۱	۸٫۷	۷٫۲	۲٫۹	۱٫۵	-۰٫۲	-۰٫۳
max	۳۷٫۴	۱۷۷٫۲	۲۹٫۱	۲۳٫۸	۹٫۳	۷٫۷	۱۶٫۷	۳٫۳
skew	۰٫۹	۱٫۱	۰٫۲	۱٫۵	۱٫۱	۱٫۰	۰٫۳	۰٫۴
kurt	۱٫۲	۲٫۷	۲٫۶	۴٫۵	۳٫۰	۱٫۳	۲٫۴	۳٫۰

فرض کنید n نمونه داشته باشیم که برای هر یک m متغیر اندازه‌گیری شده باشد. می‌خواهیم این نمونه‌ها را به C کلاستر با مرکز معلوم تخصیص دهیم. برای این کار از الگوریتم تحلیل خوشه‌بندی فازی C-means به صورت زیر استفاده می‌شود:

- ۱) تعیین درجه عضویت هر نمونه به هر خوشه به طور تصادفی.



شکل ۱) شمایی از نرم افزار تهیه شده

این اصل فازی که هیچ نمونه و یا متغیر به طور مطلق متعلق به یک خوشه نیست، در اینجا به کمک می‌آید و مشکل را حل می‌کند. در این مدل چیزی که مطرح نیست تعلق کامل یک نمونه یا متغیر به یک خوشه است؛ زیرا وجود یا عدم وجود چنین تعلق ملاک کار نیست، بلکه بیان میزان شباهت هر نمونه یا متغیر به خوشه مفروض مورد توجه است. میزان این شباهت از طریق تابع پیوسته‌ای به نام تابع عضویت با مقادیر صفر (متناظر با عدم عضویت یک نمونه یا متغیر در خوشه) تا یک (متناظر با تعلق کامل نمونه یا متغیر در یک خوشه) مشخص می‌شود. البته مجموع درجه عضویت هر نمونه یا متغیر در تمام خوشه‌ها باید برابر واحد باشد. بدین دلیل روش تحلیل خوشه‌ای فازی C-means این امکان را می‌دهد که یک نمونه و یا متغیر در حد واسط دو یا چند خوشه قرار گیرد، در این حالت درجه عضویت نمونه یا متغیر مورد نظر به دو یا چند خوشه با هم برابر است. هم چنین مقادیر خارج از ردیف برای همه خوشه‌ها به طور یکسان شرکت می‌کنند. البته در صورتی که نمونه‌ها از نمونه‌های دیگر بسیار دور باشند و تغییر زیادی در مرکز خوشه‌ها ایجاد کنند، می‌توان آنها را قبل از خوشه بندی حذف کرد. در محاسبه مرکز هر خوشه، هر یک از نمونه‌ها و یا متغیرها، وزنی برابر درجه عضویت آن در خوشه مربوطه اعمال می‌کند. بنابراین مقادیر خارج از ردیف نسبت به روش تحلیل خوشه‌ای بی‌انعطاف تأثیر کمتری روی شکل گرفتن نهایی خوشه دارند [۵ و ۲].

معتبر

درجه	درجه	درجه	درجه	درجه
عضویت در خوشه ۲ (حاصل از نرم افزار تهیه شده)	عضویت در خوشه ۱ (حاصل از نرم افزار تهیه شده)	عضویت در خوشه ۱ (مرجع)	عضویت در خوشه ۲ (مرجع)	شماره نمونه
۰,۹۴۱۶	۰,۹۴۳۳	۰,۰۵۸۴	۰,۰۵۶۸	۱
۰,۷۷۷۰	۰,۷۳۹۲	۰,۲۲۳۰	۰,۲۵۰۸	۲
۰,۸۸۰۸	۰,۸۹۱۳	۰,۱۱۹۲	۰,۱۰۸۷	۳
۰,۰۶۹۲	۰,۰۶۸۰	۰,۹۳۰۸	۰,۹۳۳۰	۴
۰,۰۹۸۵	۰,۱۰۶۳	۰,۹۰۱۵	۰,۸۹۳۷	۵

۲) محاسبه مختصات جدید مرکز خوشه ها با استفاده از درجه عضویت و مختصات مراکز خوشه ها و با استفاده از رابطه ۱.

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

که در آن C_{ij} مقدار متغیر زام از مرکز خوشه i ام، μ_{ki} درجه عضویت نمونه k ام به خوشه i ام و X_{kj} مقدار متغیر زام در نمونه k ام است. q معرف شدت شمولایی یا فازی شدن متغیر زام در نمونه k ام است. اگر این مقدار برابر واحد باشد، فازی شدگی در حداقل مقدار ممکن خود است (حالت غیر فازی) و اگر مقدار q به سمت بی نهایت میل کند، همه مراکز خوشه ها به مرکز کل داده ها همگرا می شود و درجه عضویت همه نمونه ها به مراکز خوشه ها برابر $\frac{1}{C}$ می گردد.

۳) پس از محاسبه مراکز جدید خوشه ها لازم است درجه عضویت هر نمونه به همه مراکز خوشه جدید بر مبنای فاصله اقلیدسی از رابطه ۲) محاسبه شود.

$$\mu_{ik} = \frac{(d_{ik}^2)^{\frac{-1}{q-1}}}{\sum_{k=1}^c (d_{ik}^2)^{\frac{-1}{q-1}}} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن μ_{ik} درجه عضویت نمونه k ام به خوشه i ام و d_{ik} فاصله نمونه k ام تا مرکز خوشه i ام است که به طریق زیر محاسبه می شود:

$$(d_{ik})^2 = \sum_{j=1}^m \left[\frac{(X_{kj} - C_{ij})}{S_j} \right]^2 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن X_{kj} مقدار متغیر زام در نمونه k ام و C_{ij} مقدار متغیر زام از خوشه i ام و S_j انحراف معیار متغیر زام است.

۴) محاسبه تابع هدف: تابع هدف متغیر زام در محیطی که به درجه q فازی شدگی دارد به صورت رابطه ۴) تعریف می شود.

$$J_q = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^q (d_{ik}^2)^q \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن مقادیر μ_{ik} و d_{ik}^2 از روابط قبلی محاسبه می شود. ۵) تکرار محاسبات از مرحله دوم تا چهارم تا جایی که اختلاف بین دو مرحله متوالی محاسبه J_q کمتر از خطای مجاز شود [۶ و ۷].

تعداد بهینه تعداد خوشه ها با محاسبه پارامترهای آنتروپی کلاس بندی (رابطه ۵) و ضریب جداسازی (رابطه ۶) می شوند [۶ و ۷].

$$H = - \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n \frac{\mu_{ik} \log(\mu_{ik})}{n} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$F = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n \frac{\mu_{ik}^2}{n} \quad (\text{رابطه ۶})$$

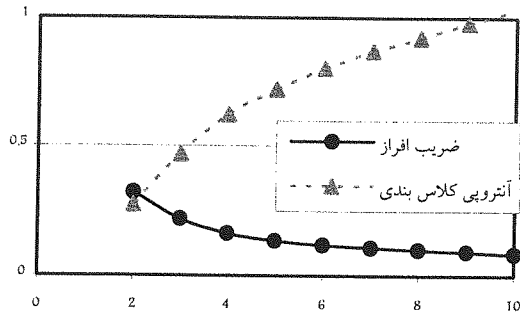
از این دو پارامتر در تعیین تعداد بهینه خوشه ها استفاده می شود؛ به این گونه که تعداد خوشه بهینه را حالتی در نظر می گیریم که ضریب جداسازی نزدیک به یک و آنتروپی افزاز نزدیک به صفر باشد [۶ و ۷].

با استفاده از قابلیت تهیه ماکرو در نرم افزار اکسل، نرم افزاری به زبان ویژوال بیسیک در فرم ماکرواکسل نوشته شد که قادر به خوشه بندی فازی داده ها بر اساس الگوریتم فوق بود (شکل ۱). به منظور اعتبار سنجی نرم افزار از مثال مندرج در کتب مرجع استفاده شد و نتایج به دست آمده از نرم افزار با نتایج منبع مذکور مقایسه گردید. که نتایج اعتبار نرم افزار تهیه شده را به اثبات رساند (جدول ۳) [۸].

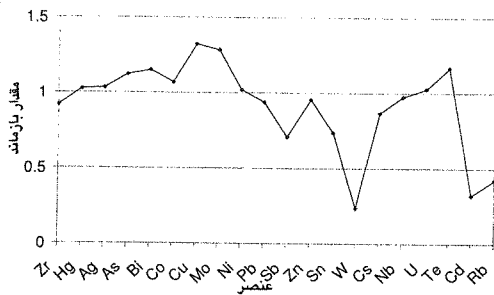
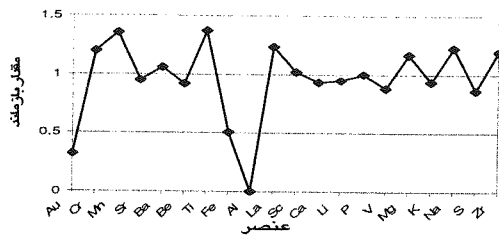
۵- خوشه بندی داده ها با استفاده از روش خوشه-

فازی C-means

اجرای الگوریتم بالا بر روی داده های ژئوشیمیایی رسوبات آبراه ای نرمال شده به روش کاکس و باکس (جدول ۲) امکان خوشه بندی داده های ژئوشیمیایی فراهم می شود. برای اجرای این برنامه علاوه بر ماتریس داده های نرمال شده نیاز به دانستن دو متغیر تعداد خوشه ها (پارامتر c در رابطه ۴) و درجه فازی شدگی (پارامتر q در رابطه ۴) می باشد. براساس تحقیقات صورت گرفته [۹ و ۱۰] مقدار درجه فازی شدگی بین



شکل ۳) نمودار ضریب افراز و آنتروپی در برابر تعداد خوشه‌ها



شکل ۴: توزیع مقادیر بازماند در نمونه G-181

۶- ارائه نتایج حاصل از کاربرد روش خوشه بندی

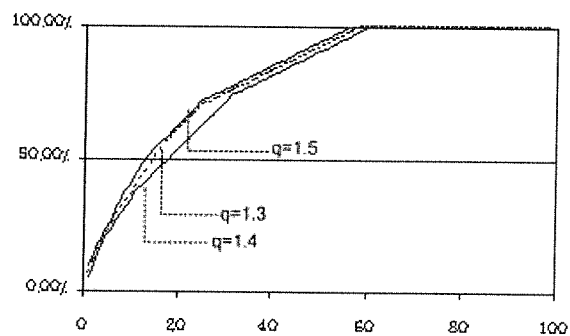
فازی و مقایسه آن با روش جداسازی اثر سنگ

بالا دست

بر اساس داده‌های نرمال شده، تعداد خوشه‌های بهینه و ضریب فازی شدگی بهینه الگوریتم اجرا و ترکیب شیمیایی مرکز خوشه‌ها (جدول ۴) و مقادیر بازماند نمونه‌ها محاسبه و آنومالی‌های موجود در منطقه بر اساس مقادیر بازماند عناصر محاسبه گردید. در شکل ۵ و ۴ توزیع مقادیر بازماند برای دو نمونه G-47 و G-181 نشان داده شده است. این دو نمونه بر اساس انتخاب شد که نمونه G-47 شباهت ۹۹/۹۹٪ با خوشه ۱ و تنها ۰/۰۱٪ شباهت با خوشه ۲ نشان داده بود و خوشه G-181 بالعکس. برای این منظور نیز برنامه‌ای نوشته شد تا مقادیر بازماند عناصر مختلف را نرمال کرده، سپس انواع آنومالی‌ها [۱۱ و ۱۲]، را برای عناصر در نمونه‌های مختلف از

۱/۳ تا ۳ برای این زمینه تحقیقاتی مناسب است. لذا برای یافتن درجه فازی شدگی بهینه، گزینه ای در نرم افزار در نظر گرفته شد که واریانس تخصیص نمونه‌ها را به ازای مقادیر متفاوت فازی شدگی محاسبه و درجه فازی شدگی‌ای را که به ازای آن واریانس تخصیص نمونه‌ها کمینه باشد؛ یعنی سطح زیر نمودار جمعی آن بیشینه باشد [۱۰] به عنوان درجه فازی شدگی بهینه انتخاب و به صورت خروجی مشخص سازد. در مطالعه موردی حاضر که در منطقه یمقان صورت گرفته است، مقدار فازی شدگی ۱/۴ به عنوان مقدار درجه فازی شدگی بهینه تشخیص داده شد (شکل ۲).

با توجه به رابطه ۴، برای خوشه بندی فازی داده‌ها تعیین پارامتر تعداد خوشه‌ها لازم است. برای تعیین این پارامتر تغییرات پارامترهای آنتروپی افراز (رابطه ۵) و ضریب جداسازی (رابطه ۶) نسبت به هم و به ازای تعداد خوشه‌های متفاوت در یک نمودار رسم می‌شوند. در نرم افزار طراحی شده گزینه ای هم برای این منظور تعریف شده است که در آن بر اساس مقادیر ۲ تا ۱۲ خوشه مقادیر آنتروپی افراز و ضریب جداسازی را محاسبه و به صورت نمودار ارائه می‌دهد (شکل ۳). برای تعیین تعداد خوشه‌های مناسب علاوه بر توجه به نمودار، باید به پارامترهایی چون زمین شناسی منطقه و درجه عضویت نمونه‌ها نیز دقت کرد و تعداد خوشه‌ها را با توجه به تمامی این پارامترها برگزید. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود حداکثر مطلق ضریب افراز و حداقل مطلق آنتروپی افراز در $n=2$ حاصل شده است که این امر انطباق کامل با نتایج حاصل از آنالیز فاکتوری [۷] در جهت تعیین تعداد جامعه‌های سنگی موجود در منطقه دارد.



شکل ۲) نمودار واریانس تخصیص برای ضرایب فازی شدگی ۱/۳ و ۱/۴

روش $\bar{x} + 2s$ محاسبه نماید. آنگاه با استفاده از مدل ارتفاع رقومی، [۱۳] حوضه آبریز هر نمونه معین و آنومالی عناصر مختلف بر اساس آن در نقشه مشخص شد (شکل ۷).

مقایسه نتایج حاصل از روش خوشه بندی فازی و جداسازی اثر سنگ بالادست (شکل ۶) بر اساس آنومالی های دو روش و نقشه های تهیه شده از آنومالی ها صورت گرفت و مشخص شد که :

۱- همان طور که در این دو نقشه نشان داده شده است، در آبراهه هایی که از معدن چیزه (در شرق منطقه) و همچنین معدن یمقان (در غرب منطقه) منشعب شده اند، آنومالی مس نشان داده شده است. از این نکته می توان برای ارزیابی صحت هر دو روش استفاده کرد.

۲- اکثر آنومالی هایی که از روش خوشه بندی فازی حاصل شده اند در روش جداسازی سنگ بالادست نیز حاصل شده اند. البته شدت این آنومالی ها بعضاً در دو روش متفاوت است؛ به این صورت که بعضی از آنومالی ها در روش خوشه بندی فازی شدید تر نشان داده شده اند. همچنین یک سری آنومالی نیز در این روش حاصل شده اند که از روش جداسازی سنگ

بالادست حاصل نشده اند.

۳- با وجود اینکه تمام آنومالی های حاصل از روش خوشه بندی فازی، از روش جداسازی سنگ بالادست نیز حاصل شده اند، عکس این مطلب صادق نیست. تعدادی از آنومالی های نشان داده شده از روش جداسازی سنگ بالادست در نتایج حاصل از خوشه بندی فازی به عنوان آنومالی معرفی نشده اند. مشخصه مشترک تمامی این آنومالی ها عدم ارتباط ژنتیکی بین این آنومالی ها با ماهیت زمین شناسی منطقه و عدم وجود پارائنز بین این آنومالی ها با سایر آنومالی های ارائه شده برای همان مناطق است. به عنوان مثال، روش جداسازی سنگ بالادست آنومالی باریم و جیوه را در اطراف کوه های سندان داغ نشان داده است که می تواند دلالت بر وجود کانی زایی پگماتیتهی در منطقه داشته باشد؛ در حالی که چنین مطلبی با داشته های زمین شناسی ما از منطقه مطابقت ندارد. این در حالی است که روش خوشه بندی فازی برای این منطقه آنومالی جیوه را نشان نمی دهد، بلکه آنومالی باریم، قلع و طلا را نشان داده است که می تواند دلالت بر کانی زایی رگه ای داشته باشد که با داشته های ما از منطقه، این احتمال وجود دارد.

جدول ۴) ترکیب شیمیایی مرکز خوشه های محاسبه شده به روش تحلیل خوشه فازی

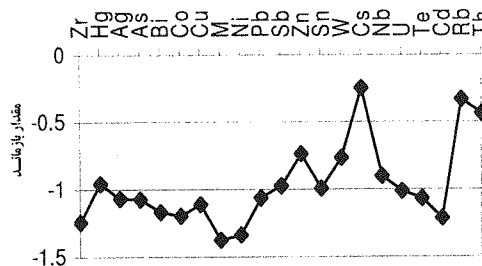
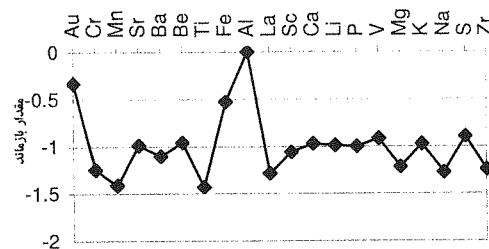
ELEMENT	Cu (PPM)	Pb (PPM)	Zn (PPM)	Ag (PPM)	Fe (PPM)	As (PPM)	Sb (PPM)	Au* (PPB)
خوشه ۱	۲/۴۹	۵۳۹	۲/۹۲	۰/۰۲	۴۸۰۶۱	۳۰۰	۱/۶۹	۲/۲۳
خوشه ۲	۲/۸۶	۵۳۲	۲/۲۶	۰/۰۱	۷۲۹۸۷	۶۸۵	۱/۶۲	۲/۸۵

۷- نتیجه گیری و پیشنهاد

همان طور که در جدول ۲ نشان داده شده است اعمال تبدیل کاکس و باکس بر روی داده های خام که نشان دهنده تغییرات سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه هستند، منجر به نزدیک تر شدن آنها به توزیع نرمال شده است. بر اساس داده های نرمال شده خوشه بندی داده ها در دو خوشه صورت گرفت که مرکز این خوشه ها در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به اینکه واریانس تخصیص با ضریب فازی شدگی ۱/۴ می نیم می شود، ضریب فازی شدگی ۱/۴ در نظر گرفته شد.

با استفاده از روش $\bar{x} + 2s$ آنومالی های مقادیر بازماند برای عناصر مختلف مشخص و بر روی نقشه نمایش داده شدند (شکل ۵).

در اکتشافات ژئوشیمیایی، خوشه بندی فازی C-Means روش مؤثری برای تعیین غلظت زمینه ناشی از سنگ شناسی در ترکیب ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای است. با استفاده از این

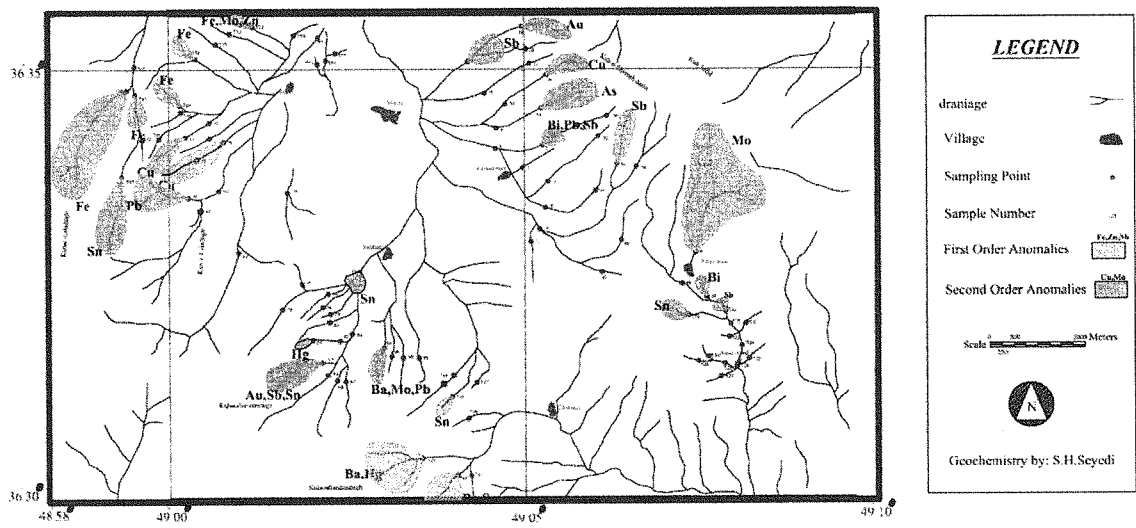


شکل ۵: توزیع مقادیر بازماند در نمونه G-47

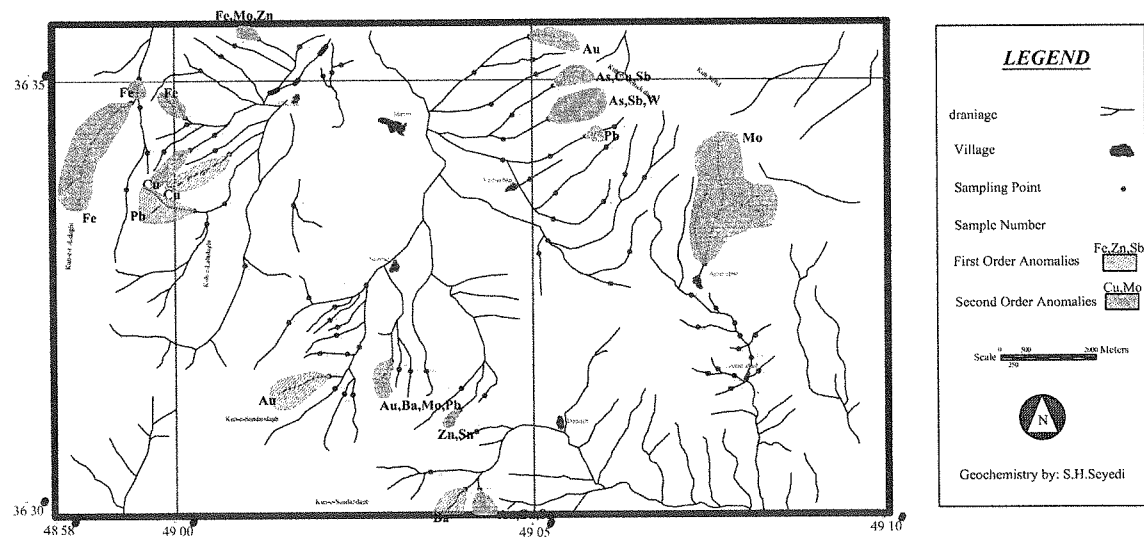
- [۶] Vriend, S.P. et. Al; "The Application of Fuzzy C-means Cluster Analysis and Non-linear Mapping to geochemical Data Set, Examples of Portugal", J. of Applied Geochemistry, Vol. 3, pp. 213-224, Elsevier, 1987
- [۷] Rantitsch, G., "Application of fuzzy clusters to quantify lithological background concentrations in stream-sediment geochemistry", Applied Geochemistry, vol. 7, p.p. 73-82, 2000
- [۸] سلطانی محمدی، سعید، مقایسه نتایج حاصل از روش حذف اثر سنگ بالا دست با منطق فازی در مورد داده-های اکتشافی منطقه شمال تکاب، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۲
- [۹] Weller, F.W., Statistical Evaluation in Exploration for Mineral Deposits, Springer New York, pp. 379, (1998).
- [۱۰] Levinson, A. A., Introduction of Exploration geochemistry, Calgary: Applied Publishing Company, 1974.
- [۱۱] Karner, U., "Application of limited fuzzy cluster to anomaly reorganization in complex geological environments", Geochemical Exploration, Vol. 55, p.p. 8-92, 1995
- [۱۲] Selinus, O.S., Esbensen, K., "Separating anthropogenic from natural anomalies in environmental geochemistry", Journal of Geochemical Exploration, Vol. 55, p.p. 55-66, 1995
- [۱۳] Richard, J., "Algorithms for using a DEM for mapping catchment areas of stream sediment samples", Computers & Geosciences, vol. 28, p.p. 05-060, 2002
- [۱۴] روش تفسیر اشتباه مناطق آنومالی که فقط مرتبط با ترکیب سنگ شناسی حوضه آبریز نمونه هستند، کاهش می‌یابد [۹].
- [۱۵] روش خوشه بندی فازی کمتر تحت تاثیر استنباطهای شخصی بوده، بسیار سریع تر از روش جدایش سنگ بالادست انجام می‌شود و در ضمن آنومالی‌های جدیدی را نشان می‌دهد که در روش جداسازی سنگ بالادست نشان داده نمی‌شود. از طرف دیگر همان‌طور که مشاهده شد در نتایج حاصل از روش خوشه بندی فازی یک سری از آنومالی‌های دروغینی که از روش جداسازی سنگ بالادست حاصل شده بودند، نشان داده نشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در تمامی پروژه‌های ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای، مانند این پروژه، علاوه بر استفاده از روش جدایش سنگ بالادست، از روش خوشه بندی فازی نیز استفاده شود، و در مرحله چک کردن آنومالی‌ها، هر دو دسته آنومالی‌ها مورد مطالعه قرار گیرد.

۸- منابع :

- [۱] Singh, M., Ansari, A., Muller, G. Singh, I.B., "Heavy metals in freshly deposited sediments of the Gomati River" Environmental Geology, 1997
- [۲] حسنی‌پاک، علی‌اصغر - شرف‌الدین، محمد، تحلیل داده-های اکتشافی، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۸۰
- [۳] نقشه زمین شناسی : ۵۰۰۰۰ منطقه طارم، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- [۴] سیدی، حسن، اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده : ۵۰۰۰۰ یمقان طارم / پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴
- [۵] وانگ، لی، سینمهای فازی و کنترل فازی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۷۸



شکل ۶- نقشه توزیع آنومالی های موجود در منطقه یمقان طارم که از روش جداسازی اثر سنگ بالادست تهیه شده اند.



شکل ۷- نقشه توزیع آنومالی های موجود در منطقه یمقان طارم که از روش خوشه بندی فازی تهیه شده اند.