

بارسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه با استفاده از روش فرکتالی عیار-محیط (log-log C-P) در محدوده شیربیت (شمال شرق اهر)

عزیزه وحدتی هلان^۱، کمال سیاه چشم^{۲*}، سیدغفور علوی^۲

۱- کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

۲- استادیار زمین‌شناسی اقتصادی، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱/۱۷

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۹/۲۴

چکیده

محدوده پلی متال شیربیت، در استان آذربایجان شرقی و در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان اهر، در منطقه فلزایی اهر و حاشیه باتولیت شیورداغ واقع شده است. تزریق نفوذی‌های گرانودیوریتی به درون سنگ‌های تراکیتی، آندزیتی توأم با میان لایه‌های آذرآواری ائوسن سبب ایجاد دگرسانی گرمابی گسترده سیلیسی، آرژیلیکی و پروپلیتیکی به همراه کانی‌زایی بفرم رگچه‌های کوارتز- سولفیدی (اکسیدی \pm کربناتی \pm سولفاتی) مس، مولیبدن و سرب شده است. تراکم غالب رگچه‌های کالکوپیریت و پیریت و مولیبدنیت به همراه مالاکیت و آزوریت و هیدروکسیدهای آهن در واحد تراکیتی- آندزیتی با دگرسانی سیلیسی- آرژیلیک متمرکز می‌باشد. نقطه عطف این پژوهش بررسی قابلیت روش فرکتالی عیار- محیط (log-log C-P) برای جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی عناصر کانساری از زمینه، تعیین حد آستانه‌ای دقیق، کاهش مساحت آنومالی‌ها و نیز تعیین تعداد مراحل غنی شدگی عناصر در محدوده مورد مطالعه در قیاس با روش‌های آمار چند متغیره می‌باشد. برای این منظور، تعداد ۸۵ نمونه رسوب آبراه‌ای برداشت شده از یک شبکه نمونه- برداری سیستماتیک به روش ICP-MS مورد تجزیه واقع شده و با هدف شناسایی نواحی مستعد کانی‌سازی، با ترسیم نمودارهای لگاریتمی عیار - محیط مقادیر زمینه و آنومالی‌ها برای عناصر موردنظر در منطقه از یکدیگر جدا شدند؛ سپس نقشه‌های آنومالی عنصری تهیه و در نهایت نقشه‌های توزیع عناصر کانساری ترسیم و آنومالی‌های مربوطه به تفکیک مشخص شدند. نتایج استفاده از روش فرکتالی عیار- محیط نشانگر وجود آنومالی‌های احتمالی عناصر Cu، Mo و Ti در بخش شرقی-شمال شرقی و جنوب غربی محدوده شیربیت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فرکتال عیار محیط، تحلیل فاکتوری، خوشه‌ای، اهر، شیربیت.

مقدمه

منطقه فلززایی اهر- ارسباران، محدوده‌های شمال و باختر مشگین شهر، اهر، کلیبر، ورزقان، سیه رود، بلندی‌های ارسباران و قره‌داغ را شامل می‌شود. در اغلب مناطق نوار ولکانوپلوتونیک شمال غرب ایران (ارس تا مشگین شهر) ولکانیک‌های ائوسن تحت تاثیر سیالات نشات گرفته از توده‌های نفوذی جوانتر (الیگومیوسن) متحمل دگرسانی شده‌اند. این منطقه پوشیده از سنگ‌های ماگمایی ترشیاری بوده و کانی‌سازی فلزی نیز به فعالیت توده‌های نفوذی عمیق تا نیمه عمیق ترشیاری وابسته است. منطقه فلززایی اهر- ارسباران پس از منطقه کرمان مستعدترین منطقه کانی‌سازی فلزات پایه و گرانبها از آن جمله مس، مولیبدن، طلا، نقره و سرب و روی در ایران است که در آن به اشکال مختلف افشان، رگه‌ای، استوک ورکی و مرتبط با زون‌های اسکارنی رخ داده است. محدوده پلی متال شیربیت در ۳۰ کیلومتری شمال شرق اهر، بین طول‌های شرقی $47^{\circ}19'36''$ و $47^{\circ}23'15''$ و عرض‌های شمالی $38^{\circ}30'47''$ و $38^{\circ}35'5''$ واقع شده است جهت دستیابی به این محدوده در ۱۶ کیلومتری جاده اهر-کلیبر یک جاده فرعی وجود دارد که پس از طی مسافت ۱۴ کیلومتر به محدوده مورد مطالعه می‌رسد. یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای جدایش جوامع ژئوشیمیایی روش‌های فرکتالی هستند که توسط ماندلبروت (۱۹۸۳) مطرح شده و توسط چن و همکاران (۱۹۹۱) روش‌های کاربردی گوناگون آن بسط داده شده‌اند. روش‌های مختلف فرکتالی جدایش آنومالی از زمینه عبارتند از: روش عیار- محیط، روش عیار- مساحت، روش طیف-توان، روش عیار-فاصله. یکی از مهم‌ترین این روش‌ها روش عیار- محیط می‌باشد که برای تعیین حد آستانه با ضریب اطمینان بالا، استفاده می‌شود. در این

مطالعه ۸۵ نمونه رسوبات آبراهه‌ای برداشت شده و مورد آنالیز شیمیایی ۲۸ عنصری به روش ICP-MS قرار گرفتند. در این نوشتار مقایسه روش‌های مرسوم آماری چند متغیره با روش‌های نوین مبتنی بر هندسه فرکتالی (به خصوص در مورد عناصر مس، تیتانیوم و مولیبدن) مورد بحث واقع شده است. علاوه بر محاسبه پارامترهای آماری تک متغیره، با پردازش آمار چند متغیره و استفاده از آنالیز خوشه‌ای مهم‌ترین پاراژنهای کانی‌سازی شناسایی و نهایتاً با آنالیز فاکتوری، فاکتورهای کنترل کننده تغییرپذیری و آنومالی‌های موجود در منطقه شناسایی گردیدند. سپس جهت جداسازی آنومالی‌ها از روش نوین فرکتال عیار- محیط بهره گرفته شد و نقشه آنومالی‌های عنصری به تفکیک ترسیم شدند. هدف اصلی این تحقیق نشان دادن برتری روش فرکتالی عیار- محیط برای جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی عناصر مختلف از زمینه در قیاس با روش‌های آمار چند متغیره می‌باشد.

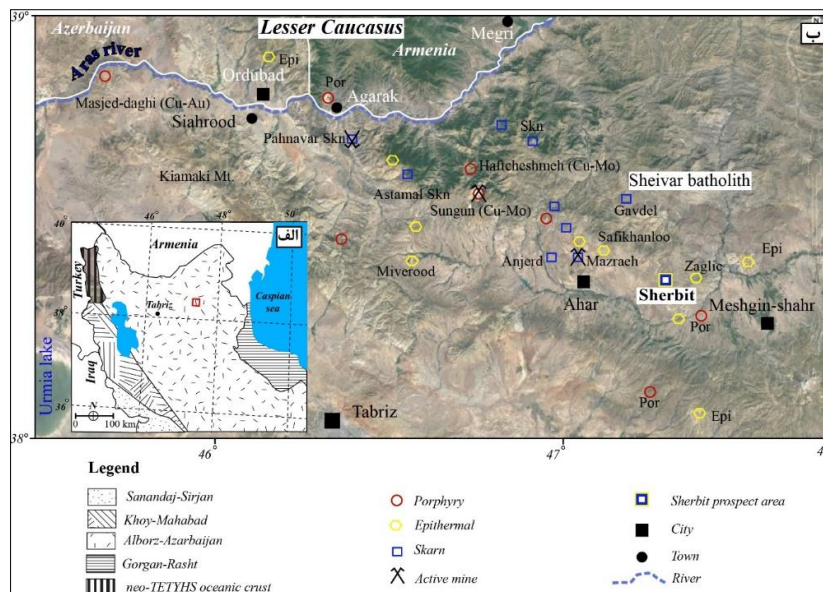
محدوده مورد مطالعه

زمین‌شناسی و کانی‌سازی محدوده مطالعاتی

براساس تقسیم‌بندی زون‌های زمین ساختی- رسوبی ایران، محدوده اکتشافی شیربیت، در زون البرز غربی- آذربایجان قرار گرفته است (شکل ۱ الف). این محدوده جزء چهارگوش زمین شناسی $1:100,000$ کلیبر (مهر پرتو و همکاران، ۱۳۷۸) بوده و با وسعتی بالغ بر ۴۰ کیلومتر مربع در منطقه فلززایی اهر- ارسباران و در حاشیه باتولیت شیورداغ واقع شده است (شکل ۱ ب). زون اهر- ارسباران بخشی از زون متالوژی قفقاز کوچک بوده که فعالیت تکتونوماگمایی آن از ژوراسیک شروع و تا کواترنری ادامه داشته است. ارتباط تنگاتنگی بین ولکانوپلوتونیسیم ترشیاری و

ترمال طلادار شرف آباد، هیزه جان، زایگلیک، میوه رود و صفی خانلو اشاره نمود. اسکارن‌های اطراف باتولیت شیورداغ (همانند انجرد، زندآباد، گودال و جوان شیخ) در محل همبری با آهک‌های کرتاسه و هم‌زمان با نفوذ آن شکل گرفته‌اند (حسن پور و همکاران، ۱۳۸۹؛ جمالی و همکاران، ۱۳۹۱).

کانه‌زایی مس، مولیبدن، طلا، نقره، سرب و روی و آهن در این زون وجود دارد همان‌طور که در شکل ۱ ب دیده می‌شود از مهم‌ترین کنسارهای مس-مولیبدن پورفیری این زون می‌توان به سونگون و بالوجه (هفت چشمه)، از ذخایر مس پورفیری طلادار می‌توان به مسجدداغی (سیه رود)، علی جواد (انجرد) و همچنین کانی‌سازی رگه‌ای اپی



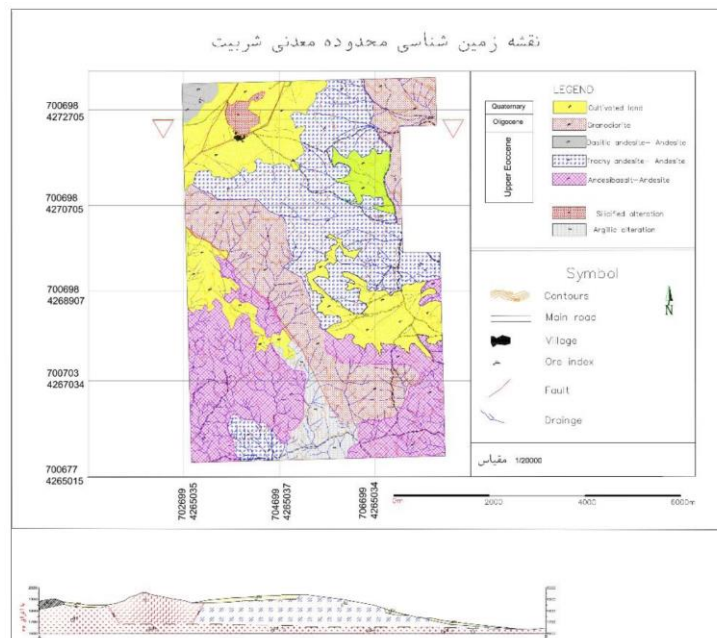
شکل ۱: الف: نقشه ساختاری - رسوبی شمالغرب ایران (نقل از نبوی، ۱۳۵۵؛ آقناباتی، ۱۳۸۳) و موقعیت محدوده شیربیت در زون البرزغربی - آذربایجان؛ ب: جایگاه محدوده مطالعاتی در زون فلززایی اهر- ارسباران و موقعیت ذخایر مختلف پورفیری، اپی ترمال و اسکارنی در این زون.

ولکانوپلوتونیک شمال غرب ایران (ارس تا مشگین شهر) ولکانیک‌های ائوسن تحت‌تاثیر سیالات نشات گرفته از توده‌های نفوذی جوانتر (الیگومیوسن) متحمل دگرسانی شده‌اند. باتولیت شیورداغ (با ترکیب غالب گرانودیوریتی) بعد از باتولیت قره داغ بزرگترین توده نفوذی منطقه محسوب می‌شود که سبب ایجاد دگرگونی مجاورتی در سنگ‌های رسوبی کرتاسه و دگرسانی هیدروترمالی در ولکانیک‌های ائوسن شده است. در حاشیه توده شیورداغ گسترش وسیعی از انواع دگرسانی‌های سیلیسی، آرژیلیتی و آلونیتی شدن در ولکانیک-

در منطقه شیورداغ قدیمی‌ترین واحدهای سنگی مربوط به کرتاسه فوقانی شامل تناوبی از آهک، ماسه-سنگ، شیل و سیلتستون و سنگ‌های ولکانیکی می‌باشند. در زمان ائوسن چیرگی با سنگ‌های آتشفشانی بوده که از ارس تا مشکین شهر و به طرف اردبیل بر روی واحدهای کرتاسه و سایر واحدهای قدیمی نهشته شده‌اند، به همین خاطر سازندهای قبل از کرتاسه در منطقه رخنمون ندارند. سنگ‌های آتشفشانی ائوسن اغلب از توف و گدازه با ترکیب حدواسط تا اسیدی تشکیل شده است. در اغلب مناطق نوار

سوپرژن در بخش‌های اکسیدان سطحی شده است. دگرسانی‌های عمده در این محدوده شامل دگرسانی سیلیسی، آرژیلیکی و پروپلیتیکی می‌باشد. کانی زایی مشهود در این محدوده به فرم رگه‌های سیلیسی حاوی کانی‌های سولفیدی و کربناتی مس‌دار از قبیل کالکوپیریت، مالاکیت و آزوریت به همراه پیریت و هماتیت در واحد تراکی آندزیتی تا آندزیتی می‌باشد. تراکم غالب این نوع کانی‌زایی رگچه‌ای در واحد تراکیتی- آندزیتی با دگرسانی سیلیسی- آرژیلیک متمرکز می‌باشد.

های ائوسن رخ داده است (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۴). طبق نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ تهیه شده، گستره محدوده شیربیت به‌طور غالب از سنگ‌های آتشفشانی-آذرآواری ائوسن میانی پوشیده شده است که دارای ترکیب تراکیتی، آندزیتی، آندزیت -بازالتی، و داسیت توأم با میان لایه‌های پیروکلاستی و توفی می‌باشد (شکل ۲). سیالات ناشی از توده‌های نفوذی گرانودیوریتی با روند غالب شمال شرقی- جنوب غربی در منطقه باعث ایجاد کانی زایی هیپوژن زیرسطحی و



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی محدوده معدنی شیربیت.

ساختاری در محیط نرم‌افزارهای Excel و SPSS مورد بررسی قرار گرفتند. مقایسه نتایج به دست آمده از هر دو روش با یکدیگر و تطبیق آن‌ها با نقشه زمین‌شناسی منطقه منجر به تهیه نقشه آنومالی‌های عنصری و شناسایی محدوده آن‌ها گردید. ابتدا دقت و صحت آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی بر روی ۷ نمونه تکراری به روش‌های دی‌گرام تامسون هوارث با نتایج کمتر از ۱۰ درصد خطا و روش محاسباتی برای تمامی عناصر انجام

مواد و روش‌ها

به منظور شناسایی آنومالی‌های احتمالی عناصر فلزی در منطقه و تعیین مناطق امید بخش، در این مطالعه ۸۵ نمونه رسوب آبراهه‌ای برداشت شده و مورد آنالیز ۲۸ عنصری به روش ICP-MS در آزمایشگاه زرکاوان البرز قرار گرفتند. نتایج آنالیزی ۵ عنصر مس، مولیبدن، تیتانیوم، سرب و آهن در جدول ۱ آورده شده است. این عناصر به روش‌های تحلیل ژئوشیمیایی غیر ساختاری و

روش عکس مجذور فاصله، عیار متناظر با روش تخمین شبکه به دست آمده و نمودارهای عیار-محیط (log-log C-P) هر عنصر با اکسل ترسیم و نقشه‌های کنترولی ایزوشیمیایی با نرم‌افزار Surfer تهیه و تحلیل شدند (جدول ۱).

گرفت سپس از لحاظ جدا سازی داده‌های سنسورد مورد پردازش قرار گرفتند و داده‌های سنسورد با روش بیشترین درست نمائی کوهن جایگزین شدند. برای تحلیل مولتی فرکتال پس از تعیین محیط هر سلول با نرم‌افزار Arc-GIS به

جدول ۱: نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها برای عناصر نقره، مس، کبالت، مولیبدن، سرب، تیتانیوم

| Sample ID | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Co (ppm) | Mo (ppm) | Pb (ppm) | Ti (ppm) | Sample ID | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Co (ppm) | Mo (ppm) | Pb (ppm) | Ti (ppm) |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ۱ | ۲ | ۹۳ | ۲۷ | ۵ | ۳۳ | ۴۳۰۰ | ۵۰ | ۱ | ۴۶ | ۱۹ | ۳ | ۲۲ | ۳۷۰۰ |
| ۲ | ۲ | ۴۷ | ۱۸ | ۵ | ۲۵ | ۳۲۰۰ | ۵۱ | ۰/۴۴ | ۶۲ | ۲۶ | ۴ | ۳۱ | ۵۷۰۰ |
| ۴ | ۵ | ۵۴ | ۲۹ | ۷ | ۳۰ | ۳۷۰۰ | ۵۲ | ۰/۴۴ | ۴۸ | ۲۶ | ۴ | ۳۱ | ۵۷۰۰ |
| ۵ | ۲ | ۱۱۴ | ۴۰ | ۶ | ۳۰ | ۳۹۰۰ | ۵۳ | ۰/۴۴ | ۵۹ | ۲۶ | ۶ | ۲۴ | ۶۳۰۰ |
| ۷ | ۲ | ۴۴ | ۲۲ | ۵ | ۳۵ | ۴۰۰۰ | ۵۴ | ۰/۴۴ | ۵۱ | ۲۶ | ۴ | ۲۴ | ۵۷۰۰ |
| ۸ | ۲ | ۴۶ | ۲۳ | ۵ | ۲۲ | ۴۱۰۰ | ۵۵ | ۰/۴۴ | ۵۱ | ۳۱ | ۵ | ۳۷ | ۶۶۰۰ |
| ۹ | ۲ | ۵۲ | ۲۳ | ۵ | ۱۶ | ۳۸۰۰ | ۵۶ | ۰/۴۴ | ۵۶ | ۲۷ | ۵ | ۳۴ | ۵۹۰۰ |
| ۱۰ | ۴ | ۷۰ | ۲۹ | ۱۰ | ۶۴ | ۶۳۰۰ | ۵۷ | ۰/۴۴ | ۵۶ | ۳۰ | ۵ | ۳۵ | ۶۴۰۰ |
| ۱۱ | ۲ | ۳۹ | ۱۹ | ۶ | ۳۳ | ۳۸۰۰ | ۵۸ | ۰/۴۴ | ۷۱ | ۲۶ | ۴ | ۳۳ | ۶۰۰۰ |
| ۱۱۱ | ۳ | ۶۰ | ۲۳ | ۸ | ۴۷ | ۵۱۰۰ | ۵۹ | ۰/۴۴ | ۵۲ | ۲۵ | ۵ | ۲۷ | ۴۸۰۰ |
| ۱۲ | ۳ | ۴۹ | ۲۳ | ۵ | ۳۰ | ۴۸۰۰ | ۶۰ | ۰/۴۴ | ۵۷ | ۲۱ | ۳ | ۳۷ | ۴۳۰۰ |
| ۱۳ | ۳ | ۵۰ | ۲۷ | ۶ | ۳۲ | ۵۵۰۰ | ۶۱ | ۰/۴۴ | ۷۱ | ۲۹ | ۴ | ۴۵ | ۶۶۰۰ |
| ۱۴ | ۲ | ۵۳ | ۱۹ | ۵ | ۳۹ | ۳۹۰۰ | ۶۲ | ۰/۴۴ | ۵۱ | ۱۴ | ۲ | ۳۰ | ۳۷۰۰ |
| ۱۱۴ | ۲ | ۱۱۶ | ۲۱ | ۵ | ۲۸ | ۳۷۰۰ | ۶۳ | ۰/۴۴ | ۵۷ | ۳۳ | ۵ | ۳۱ | ۶۴۰۰ |
| ۱۵ | ۲ | ۵۵ | ۲۰ | ۴ | ۳۶ | ۴۲۰۰ | ۶۴ | ۰/۴۴ | ۷۹ | ۳۰ | ۶ | ۳۶ | ۵۰۰۰ |
| ۱۶ | ۲ | ۱۱۳ | ۲۲ | ۵ | ۳۷ | ۴۱۰۰ | ۶۵ | ۰/۴۴ | ۵۳ | ۳۵ | ۵ | ۳۴ | ۶۳۰۰ |
| ۱۷ | ۳ | ۶۰ | ۲۳ | ۴ | ۲۸ | ۴۹۰۰ | ۶۶ | ۰/۴۴ | ۵۹ | ۲۶ | ۴ | ۵۱ | ۵۱۰۰ |
| ۱۸ | ۲ | ۵۵ | ۲۰ | ۵ | ۴۳ | ۳۹۰۰ | ۶۷ | ۰/۴۴ | ۷۰ | ۳۵ | ۸ | ۳۴ | ۷۸۰۰ |
| ۱۹ | ۳ | ۷۴ | ۲۹ | ۶ | ۴۹ | ۶۸۰۰ | ۶۸ | ۰/۴۴ | ۸۳ | ۴۳ | ۱۲ | ۴۷ | ۱۰۶۰۰ |
| ۲۰ | ۵ | ۷۷ | ۳۴ | ۹ | ۵۱ | ۹۴۰۰ | ۶۹ | ۰/۴۴ | ۶۵ | ۳۳ | ۶ | ۲۰ | ۷۶۰۰ |
| ۲۱ | ۳ | ۶۱ | ۲۶ | ۵ | ۳۶ | ۵۹۰۰ | ۷۰ | ۰/۴۴ | ۷۵ | ۴۰ | ۷ | ۳۲ | ۹۳۰۰ |
| ۲۲ | ۳ | ۶۵ | ۲۳ | ۶ | ۳۵ | ۵۹۰۰ | ۷۱ | ۰/۴۴ | ۶۳ | ۳۳ | ۷ | ۱۷ | ۷۱۰۰ |
| ۲۳ | ۲ | ۶۴ | ۲۶ | ۵ | ۳۱ | ۴۹۰۰ | ۷۱ | ۰/۴۴ | ۵۸ | ۳۰ | ۶ | ۱۱ | ۶۱۰۰ |
| ۲۴ | ۳ | ۶۷ | ۲۳ | ۴ | ۳۹ | ۵۲۰۰ | ۷۲ | ۰/۴۴ | ۶۰ | ۳۱ | ۶ | ۲۶ | ۶۴۰۰ |
| ۲۵ | ۳ | ۶۳ | ۲۳ | ۵ | ۴۶ | ۵۰۰۰ | ۷۳ | ۰/۴۴ | ۷۱ | ۳۸ | ۶ | ۳۴ | ۷۴۰۰ |
| ۲۶ | ۳ | ۶۴ | ۲۵ | ۶ | ۳۰ | ۵۰۰۰ | ۷۴ | ۰/۴۴ | ۸۱ | ۳۰ | ۳ | ۱۶ | ۵۳۰۰ |
| ۲۷ | ۱ | ۷۵ | ۲۰ | ۴ | ۲۸ | ۳۶۰۰ | ۷۵ | ۰/۴۴ | ۷۷ | ۴۰ | ۵ | ۳۰ | ۷۸۰۰ |
| ۲۹ | ۳ | ۴۶ | ۲۷ | ۶ | ۱۹ | ۶۰۰۰ | ۷۷ | ۰/۴۴ | ۴۵ | ۴۵ | ۶ | ۴۰ | ۱۳۲۰۰ |
| ۳۱ | ۱ | ۵۲ | ۱۴ | ۳ | ۲۰ | ۳۷۰۰ | ۷۸ | ۰/۴۴ | ۶۶ | ۳۱ | ۳ | ۲۰ | ۶۴۰۰ |
| ۳۳ | ۲ | ۳۴ | ۱۶ | ۳ | ۱۹ | ۳۰۰۰ | ۷۹ | ۰/۴۴ | ۵۳ | ۳۲ | ۸ | ۳۲ | ۷۲۰۰ |
| ۳۴ | ۲ | ۳۶ | ۱۸ | ۵ | ۲۱ | ۳۲۰۰ | ۸۰ | ۰/۴۴ | ۶۳ | ۳۴ | ۸ | ۴۷ | ۷۵۰۰ |
| ۳۵ | ۱/۱۶ | ۲۶ | ۱۱ | ۱ | ۸ | ۲۰۰۰ | ۸۱ | ۰/۴۴ | ۵۹ | ۳۲ | ۹ | ۳۷ | ۶۶۰۰ |
| ۳۶ | ۱ | ۱۸ | ۸ | ۱ | ۶ | ۱۴۰۰ | ۸۲ | ۰/۴۴ | ۷۱ | ۳۵ | ۶ | ۳۱ | ۸۰۰۰ |
| ۳۷ | ۲ | ۳۹ | ۱۸ | ۳ | ۲۰ | ۳۵۰۰ | ۸۳ | ۰/۴۴ | ۸۲ | ۳۲ | ۷ | ۴۱ | ۷۵۰۰ |
| ۳۸ | ۳ | ۴۵ | ۲۸ | ۶ | ۲۳ | ۶۶۰۰ | ۸۴ | ۰/۴۴ | ۶۲ | ۳۰ | ۵ | ۲۵ | ۶۴۰۰ |
| ۳۹ | ۳ | ۴۲ | ۲۶ | ۶ | ۲۱ | ۶۲۰۰ | ۸۵ | ۰/۴۴ | ۴۵ | ۳۳ | ۵ | ۲۲ | ۴۷۰۰ |
| ۴۰ | ۴ | ۴۵ | ۲۶ | ۶ | ۴۶ | ۵۳۰۰ | ۸۶ | ۰/۴۴ | ۷۲ | ۳۵ | ۶ | ۲۶ | ۷۴۰۰ |
| ۴۱ | ۳ | ۴۱ | ۲۳ | ۴ | ۳۸ | ۵۲۰۰ | ۸۸ | ۰/۴۴ | ۵۶ | ۳۳ | ۷ | ۲۳ | ۵۹۰۰ |
| ۴۳ | ۳ | ۶۰ | ۲۸ | ۶ | ۳۱ | ۶۴۰۰ | ۸۹ | ۰/۴۴ | ۶۲ | ۳۳ | ۶ | ۳۳ | ۶۰۰۰ |
| ۴۴ | ۰/۴۴ | ۵۵ | ۲۱ | ۹ | ۱۶ | ۳۹۰۰ | ۹۰ | ۰/۴۴ | ۷۰ | ۳۸ | ۸ | ۲۷ | ۶۱۰۰ |
| ۴۶ | ۰/۴۴ | ۷۰ | ۳۲ | ۶ | ۳۳ | ۷۲۰۰ | ۹۱ | ۰/۴۴ | ۶۱ | ۳۱ | ۵ | ۴۱ | ۵۱۰۰ |
| ۴۷ | ۰/۴۴ | ۵۰ | ۱۷ | ۲ | ۲۲ | ۲۹۰۰ | ۹۲ | ۰/۴۴ | ۵۱ | ۲۰ | ۳ | ۳۴ | ۳۸۰۰ |
| ۴۸ | ۰/۴۴ | ۴۹ | ۲۰ | ۳ | ۲۶ | ۳۱۰۰ | | | | | | | |

نتایج و بحث

تحلیل غیر ساختاری (آمار کلاسیک)

اولین مرحله پردازش یافته‌های ژئوشیمیایی، بررسی پارامترهای آماری مربوط به تک تک عناصر جهت شناخت ماهیت توزیع هر یک از آنها می‌باشد که شامل محاسبه پارامترهای آماری از قبیل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، واریانس و غیره است (کلارک، ۱۹۸۷). از آنجائی که استفاده از برخی روش‌های آماری منوط به نرمال بودن تابع توزیع متغیرهای مورد مطالعه و حذف نمونه‌های خارج از رده است (حسینی پاک،

۱۳۹۱) لذا برای شناسایی و حذف یافته‌های خارج از رده به روش ترسیمی از نمودارهای جعبه‌ای استفاده شد سپس از یافته‌های موجود، لاگ نرمال گرفته شد و پارامترهای آماری و هیستوگرام فراوانی برای یافته‌های نرمال شده تهیه شد (جدول ۲). به منظور شناسایی هرگونه ارتباط معنی‌دار بین تغییرات پارامترهای آماری عناصر، ضریب همبستگی یافته‌های خام و نرمال شده عناصر مورد مطالعه، به روش اسپیرمن و پیرسون در سطح اعتماد ۹۹٪ محاسبه گردید (جدول ۳ الف و ب).

جدول ۲: محاسبه پارامترهای آماری یافته‌های نرمال عناصر مورد مطالعه برای ۵ نمونه

| Statistics | nAg | nCo | nCu | nMo | nPb | nTi |
|------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| N | ۸۵ | ۸۵ | ۸۵ | ۸۵ | ۸۵ | ۸۵ |
| Mean | ۱/۸۹ | ۲۶/۸۱ | ۵۹/۸۶ | ۵/۳۳ | ۳۰/۹۴ | ۵۵۰۴/۷۱ |
| Std/ Error of Mean | -/۱۵ | -/۷۷۳۰۶ | ۱/۸۰۶۷۸ | -/۲۰۳۸۸ | ۱/۱۰۵۲۹ | ۲۰۵/۳۱ |
| Median | ۱/۷۵۲۹ | ۲۶/۵ | ۵۸/۵ | ۵/۲۸ | ۳۱/۱۱ | ۵۵۰۰ |
| Mode | -/۴۴ | ۲۶ | ۴۵ | ۵ | ۳۰ | ۶۴۰۰ |
| Std/ Deviation | ۱/۳۷ | ۷/۱۳ | ۱۶/۶۶ | ۱/۸۸ | ۱۰/۱۹ | ۱۸۹۱/۹۶ |
| Variance | ۱/۸۷۱ | ۵۰/۷۹۷ | ۲۷۷/۴۸ | ۳/۵۳۳ | ۱۰۳/۸۴۲ | ۳۵۷۹۵۰۱ |
| Skewness | -/۴۱۴ | -/۰۵۷ | ۱/۰۰۶ | -/۵۴۳ | -/۱۲۷ | -/۸۹۹ |
| Std/ Error of Skewness | -/۲۶۱ | -/۲۶۱ | -/۲۶۱ | -/۲۶۱ | -/۲۶۱ | -/۲۶۱ |
| Kurtosis | -/۹۴۵ | -/۰۹۴ | ۲/۷۵ | ۱/۵۴۷ | -/۶۸۹ | ۲/۵۷۳ |
| Std/ Error of Kurtosis | -/۵۱۷ | -/۵۱۷ | -/۵۱۷ | -/۵۱۷ | -/۵۱۷ | -/۵۱۷ |
| Range | ۴/۵۶ | ۳۷ | ۹۸ | ۱۱ | ۵۸ | ۱۱۸۰۰ |
| Minimum | -/۴۴ | ۸ | ۱۸ | ۱ | ۶ | ۱۴۰۰ |
| Maximum | ۵ | ۴۵ | ۱۱۶ | ۱۲ | ۶۴ | ۱۳۲۰۰ |
| Sum | ۱۶۰/۸ | ۲۲۷۹ | ۵۰۸۸ | ۴۵۳ | ۲۶۳۰ | ۴۶۷۹۰۰ |

جدول ۳: ضرایب همبستگی محاسبه شده به روش الف) اسپیرمن بر روی یافته‌های خام و ب) پیرسون بر روی یافته‌های نرمال عناصر منتخب

| | Pearson Correlation | | | | | | Spearman's Correlations | | | | | |
|-----|---------------------|-------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| | nAg | nCo | nCu | nMo | nPb | nTi | Ag | Co | Cu | Mo | Pb | Ti |
| Ag | ۱ | ۰/۱۹۱ | ۰/۱۲۷ | ۰/۵۵۳** | ۰/۲۸** | ۰/۲۵۸* | ۱ | ۰/۱۲۵ | ۰/۱۱۴ | ۰/۵۱۰ | ۰/۲۰۹ | ۰/۲۱۲ |
| nCo | | ۱ | ۰/۴۷۶** | ۰/۶۳۵** | ۰/۳۱۴** | ۰/۸۶۷** | | ۱ | ۰/۵۴۳** | ۰/۶۳۳** | ۰/۲۳۹* | ۰/۸۷۰** |
| nCu | | | ۱ | ۰/۳۴** | ۰/۳۳۸** | ۰/۲۹** | | | ۱ | ۰/۳۳۶** | ۰/۳۳۴** | ۰/۴۶۰** |
| nMo | | | | ۱ | ۰/۴۲۶** | ۰/۶۰۷** | | | | ۱ | ۰/۲۵۷* | ۰/۶** |
| nPb | | | | | ۱ | ۰/۳۷۸** | | | | | ۱ | ۰/۳۲۵** |
| nTi | | | | | | ۱ | | | | | | ۱ |

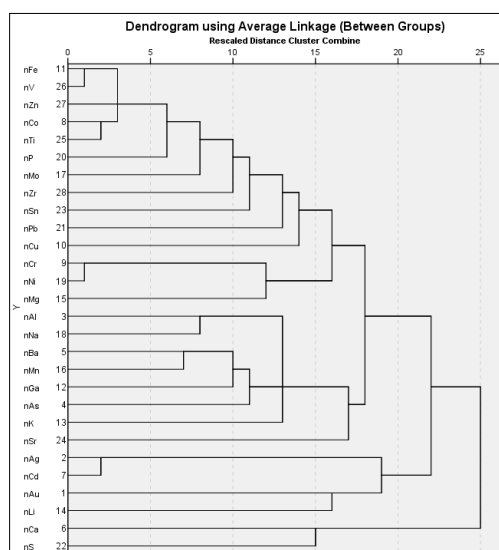
ب

الف

آنالیز خوشه‌ای

در این روش، هدف اصلی دست‌یابی به ملاکی برای رده‌بندی هر چه مناسبتر متغیرها بر پایه تشابه هر چه بیشتر درون گروهی و اختلاف هر چه بیشتر میان گروهی است (حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۸۰). در این مطالعه از روش خوشه‌بندی سلسه مراتبی مترکم شونده با الگوریتم اتصال میانگین (سوان و همکاران، ۱۹۹۵) برای ادغام

گروه‌ها استفاده شد و در پایان بهترین نمودار خوشه‌ای با استفاده از این روش به دست آمد (شکل ۳). همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، عناصر در پنج گروه جداگانه قرار گرفته‌اند. گروه اول (Fe, V, Zn, Co, Ti, P, Mo, Zr, Sn, Pb, Cu,) و گروه دوم (Cr, Ni, Mg) معادل آنومالی‌های اصلی در منطقه می‌تواند در نظر گرفته شود.



شکل ۳: دندروگرام حاصل از روش آنالیز خوشه‌ای بر روی داده‌های آبراه‌های منطقه شیربیت.

آنالیز فاکتوری

هدف از تجزیه و تحلیل فاکتوری تشخیص اصلی‌ترین متغیرهای کنترل‌کننده از متغیرهایی با نقش کمتر است. در این صورت می‌توان با حداقل تعداد متغیرهای فاکتوری، حداکثر تغییرپذیری بین داده‌ها را توجیه کرد و سهم نسبی هر یک از متغیرهای فاکتوری را در توجیه تغییرپذیری مشخص نمود (حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۹۰). آنالیز فاکتوری بر پایه یافته‌های لاگ نرمال صورت گرفته است. پیش از انجام آنالیز فاکتوری ابتدا باید میزان اعتبار آن روی مقادیر بررسی شود. برای این منظور از آزمون‌های KMO و Bartlett بهره گرفته می‌شود.

شود. مقادیر بزرگ ضریب مؤلفه اصلی KMO دلالت بر تأیید آنالیز فاکتوری و مقادیر کوچک آن دلالت بر عدم تأیید آنالیز فاکتوری دارد (کامرون و هوباس، ۱۹۷۱). مقادیر بزرگتر از ۰/۹ بیانگر این است که انجام آنالیز فاکتوری از اعتبار بالایی برخوردار است. به همین ترتیب مقادیر ۰/۸ از اعتبار بالا، ۰/۷ متعادل، ۰/۶ اعتبار متوسط، ۰/۵ از اعتبار ناچیز و مقادیر KMO کمتر از ۰/۵ جهت انجام آنالیز فاکتوری فاقد اعتبار هستند. مقدار KMO محاسبه شده برای یافته‌های مربوط به این پروژه ۰/۷۵۷ می‌باشد. این میزان بیانگر اعتبار متعادل تا بالای آنالیز فاکتوری برای یافته‌های منطقه مورد مطالعه است (جدول ۴). در

با توجه به جدول مذکور مشاهده می‌شود که تعداد ۸ فاکتور تقریباً ۸۴/۱۹۵ درصد کل تغییرپذیری را توجیه می‌کند که با توجه به این تعداد فاکتور، که بالاتر از ۵۰٪ بوده مقدار قابل قبولی است. بنابراین، براساس آنالیز فاکتوری برای یافته‌های موجود، ۸ فاکتور معرفی شده است. این تعداد فاکتور از روی نمودار صخره‌ای (شکل ۴) نیز قابل تأیید است.

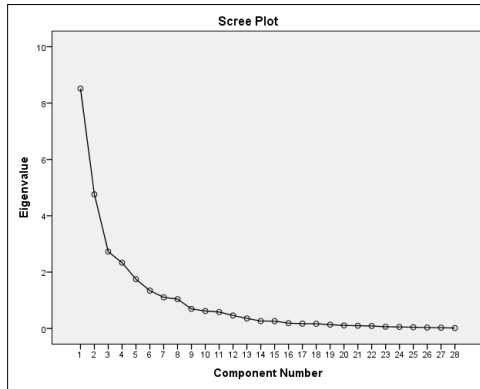
جدول ۵ مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد جمعی واریانس متناظر با عوامل محاسبه و سپس مقادیر بزرگ‌تر از ۱ استخراج و دوران داده شده است. بر پایه این جدول بیشترین مقادیر ویژه مربوط به مولفه‌های اول و دوم به ترتیب ۳۰/۴۰۸ و ۱۷/۰۰۷ و کمترین مقدار مربوط به مولفه بیست و هشتم و برابر ۰/۰۵۳ می‌باشد. واریانس کل معیاری جهت تعیین تعداد فاکتورها می‌باشد که

جدول ۴: آزمون KMO و Bartlett برای داده‌های منطقه

| KMO and Bartlett's Test | | |
|--|--------------------|----------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. | | ۰/۷۵۷ |
| Bartlett's Test of Sphericity | Approx. Chi-Square | ۲۴۸۳/۹۲۶ |
| | df | ۳۷۸ |
| | Sig | . |

جدول ۵: نتایج پارامترهای آماری عناصر و میزان مشارکت آنها در آنالیز فاکتوری

| Component | Total Variance Explained | | | | | | | | |
|-----------|--------------------------|---------------|--------------|-------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------|---------------|--------------|
| | Initial Eigenvalues | | | Extraction Sums of Squared Loadings | | | Rotation Sums of Squared Loadings | | |
| | Total | % of Variance | Cumulative % | Total | % of Variance | Cumulative % | Total | % of Variance | Cumulative % |
| ۱ | ۸/۵۱۴ | ۳۰/۴۰۸ | ۳۰/۴۰۸ | ۸/۵۱۴ | ۳۰/۴۰۸ | ۳۰/۴۰۸ | ۶/۸۶ | ۲۴/۵ | ۲۴/۵ |
| ۲ | ۴/۷۶۲ | ۱۷/۰۰۷ | ۴۷/۴۱۵ | ۴/۷۶۲ | ۱۷/۰۰۷ | ۴۷/۴۱۵ | ۳/۸۳ | ۱۳/۶۸۹ | ۳۸/۱۸۹ |
| ۳ | ۲/۷۲۹ | ۹/۷۴۵ | ۵۷/۱۶ | ۲/۷۲۹ | ۹/۷۴۵ | ۵۷/۱۶ | ۲/۹۱ | ۱۰/۳۹۹ | ۴۸/۵۸۸ |
| ۴ | ۲/۳۳۳ | ۸/۳۳۲ | ۶۵/۴۹۲ | ۲/۳۳۳ | ۸/۳۳۲ | ۶۵/۴۹۲ | ۲/۷۲ | ۹/۶۹۵ | ۵۸/۲۸۳ |
| ۵ | ۱/۷۴۸ | ۶/۳۴۲ | ۷۱/۷۳۴ | ۱/۷۴۸ | ۶/۳۴۲ | ۷۱/۷۳۴ | ۲/۶۷ | ۹/۵۲ | ۶۷/۸۰۳ |
| ۶ | ۱/۳۴۴ | ۴/۷۹۹ | ۷۶/۵۳۳ | ۱/۳۴۴ | ۴/۷۹۹ | ۷۶/۵۳۳ | ۱/۶۱ | ۵/۷۵۲ | ۷۳/۵۵۵ |
| ۷ | ۱/۱۰۴ | ۳/۹۴۲ | ۸۰/۴۷۶ | ۱/۱۰۴ | ۳/۹۴۲ | ۸۰/۴۷۶ | ۱/۶ | ۵/۷۱۷ | ۷۹/۲۷۱ |
| ۸ | ۱/۰۴۱ | ۳/۷۲ | ۸۴/۱۹۵ | ۱/۰۴۱ | ۳/۷۲ | ۸۴/۱۹۵ | ۱/۳۸ | ۴/۹۲۴ | ۸۴/۱۹۵ |
| ۹ | ۰/۶۹۵ | ۲/۴۸۳ | ۸۶/۶۷۸ | | | | | | |
| ۱۰ | ۰/۶۲ | ۲/۲۱۵ | ۸۸/۸۹۳ | | | | | | |
| ۱۱ | ۰/۵۸۲ | ۲/۰۸ | ۹۰/۹۷۳ | | | | | | |
| ۱۲ | ۰/۴۶۱ | ۱/۶۴۷ | ۹۲/۶۲ | | | | | | |
| ۱۳ | ۰/۳۵۵ | ۱/۲۶۹ | ۹۳/۸۸۹ | | | | | | |
| ۱۴ | ۰/۲۶۳ | ۰/۹۳۹ | ۹۴/۸۲۸ | | | | | | |
| ۱۵ | ۰/۲۶ | ۰/۹۲۸ | ۹۵/۷۵۷ | | | | | | |
| ۱۶ | ۰/۱۸۸ | ۰/۶۷۳ | ۹۶/۴۳ | | | | | | |
| ۱۷ | ۰/۱۷۱ | ۰/۶۱۲ | ۹۷/۰۴۱ | | | | | | |
| ۱۸ | ۰/۱۶۸ | ۰/۵۹۹ | ۹۷/۶۴۱ | | | | | | |
| ۱۹ | ۰/۱۳۵ | ۰/۴۸۴ | ۹۸/۱۲۵ | | | | | | |
| ۲۰ | ۰/۱۰۷ | ۰/۳۸۲ | ۹۸/۵۰۷ | | | | | | |
| ۲۱ | ۰/۰۹۸ | ۰/۳۴۹ | ۹۸/۸۵۶ | | | | | | |
| ۲۲ | ۰/۰۸۷ | ۰/۳۱ | ۹۹/۱۶۶ | | | | | | |
| ۲۳ | ۰/۰۶۱ | ۰/۲۱۷ | ۹۹/۳۸۲ | | | | | | |
| ۲۴ | ۰/۰۵۵ | ۰/۱۹۶ | ۹۹/۵۷۹ | | | | | | |
| ۲۵ | ۰/۰۴۵ | ۰/۱۵۹ | ۹۹/۷۳۸ | | | | | | |
| ۲۶ | ۰/۰۳۱ | ۰/۱۱۱ | ۹۹/۸۴۹ | | | | | | |
| ۲۷ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۹۸ | ۹۹/۹۴۷ | | | | | | |
| ۲۸ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۵۳ | ۱۰۰ | | | | | | |



شکل ۴: نمودار صخره‌ای جهت معرفی تعداد ۸ فاکتور واریانس کل.

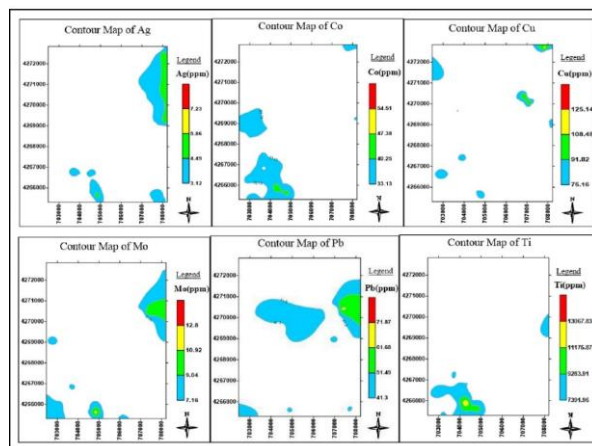
شمال شرقی، عنصر کبالت دارای آنومالی درجه ۳ در جنوب، عنصر مس دارای آنومالی درجه ۲ در شمال شرقی منطقه، عنصر مولیبدن دارای آنومالی درجه ۲ در جنوب منطقه، عنصر سرب دارای آنومالی درجه ۲ در شرق و عنصر تیتانیوم دارای آنومالی درجه ۲ در جنوب غربی منطقه شیریبت می‌باشد.

نقشه‌های آنومالی عنصری (مستخرج از روش-های کلاسیک)

نقشه‌های آنومالی ترسیم شده بر مبنای پارامترهای آماری غیر ساختاری که با استفاده از فرمول $(X+nS)$ (جدول ۶) و نرم‌افزار Surferv.12 (شکل ۵) ترسیم شده‌اند، نشان می‌دهد که عناصر دارای آنومالی‌های پراکنده در سطح منطقه می‌باشند. عنصر نقره دارای آنومالی درجه ۳

جدول ۶: جداسازی مقادیر زمینه از آنومالی ۶ عنصر منتخب در نمونه‌های آنالیز شده ذخیره شیریبت

| Element | X | S | X+S | X+2S | X+3S | X+4S |
|---------|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| nAg | ۲ | ۱/۳۷ | ۳/۳۷ | ۴/۷۴ | ۶/۱ | ۷/۴۷ |
| nCo | ۲۶ | ۷/۱۳ | ۳۳/۱۳ | ۴۰/۲۵ | ۴۷/۳۸ | ۵۴/۵ |
| nCu | ۵۹ | ۱۶/۶۶ | ۷۵/۶۶ | ۹۲/۳۲ | ۱۰۸/۹۷ | ۱۲۵/۶۳ |
| nMo | ۵ | ۱/۸۸ | ۶/۸۸ | ۸/۷۶ | ۱۰/۶۴ | ۱۲/۵۲ |
| nPb | ۳۱ | ۱۰/۱۹ | ۴۱/۱۹ | ۵۱/۳۸ | ۶۱/۵۷ | ۷۱/۷۶ |
| nTi | ۵۵۰۰ | ۱۸۹۲ | ۷۳۹۲ | ۹۲۸۳/۹ | ۱۱۱۷۶ | ۱۳۰۶۸ |



شکل ۵: نقشه کنتوری ایزوشیمیایی عناصر (روش آمار کلاسیک $(X+nS)$).

تحلیل ساختاری (مدل فرکتالی)

در روش‌های ساختاری علاوه بر عیار، موقعیت فضایی یافته‌ها نیز لحاظ می‌شود. به خاطر ماهیت فرکتالی توزیع عناصر در طبیعت نیازی به نرمال سازی یافته‌های خام و حذف مقادیر خارج از رده نیست زیرا به دلیل ماهیت فرکتالی در یافته‌ها به طور خودکار کنار گذاشته می‌شوند (آگتبرگ و همکاران، ۱۹۹۶؛ تورکات، ۱۹۹۷؛ گونکالوس، ۲۰۰۱). برای جدایش جامعه آنومالی غلظتی بحرانی که در محدوده آن بعد فرکتالی تغییر می‌کند (یعنی از بعد کمتر مربوط به جامعه زمینه با سطح ژئوشیمیایی هموار به بعد بیشتر مربوط به جامعه آنومالی با سطح ژئوشیمیایی ناهموار) به عنوان حد آستانه‌ای معرفی می‌گردد. بنابراین در این روش از توزیع فراوانی عناصر و شکل هندسی آنومالی در کنار هم برای تشخیص حد آستانه‌ای و جدایش جامعه آنومالی و زمینه استفاده می‌گردد. گام نخست ترسیم نمودار عیار-محیط است که به صورت ترکیب از دو (یا چند خط) در می‌آید. در واقع این دو خط نماینده جوامع زمینه و آنومالی است که دو شیب مختلف دارند مرز بین دو خط دارای عیاری است که معرف حد آستانه‌ای می‌باشد. برای رسم نمودارهای عیار-محیط ابتدا لازم است نقشه‌های کنترولی هم عیار یا نقشه‌های شبکه‌بندی شد در نظر گرفته شود.

این مدل تجربی ارتباط بین محیط (P) آنومالی ژئوشیمیایی و عیار عنصر (ρ) را با در نظر گرفتن حد آستانه‌ای آن (v) طبق رابطه ۱ بیان می‌کند:

رابطه ۱)

$$P(\rho \leq v) \propto \rho^{-\alpha_1}$$

مقدار α_1 در رابطه ۱ مقادیر متفاوتی را بسته به دامنه‌های متفاوت ρ نشان می‌دهد. با رسم متغیر P در مقابل ρ در یک نمودار تمام لگاریتمی می‌توان بعد v هر جامعه را از طریق شیب خط برازش شده به دست آورد. نقاط شکست خطوط نشان

دهنده تغییر عیار نمونه می‌باشد که به اینصورت می‌توان حد آستانه عناصر را تعیین کرد. در اکتشافات ژئوشیمیایی بعد فرکتالی کانی سازی با مقدار بعد زمینه متفاوت خواهد بود، پس می‌توان از این روش برای جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه استفاده کرد. در نمودارهای تمام لگاریتمی مولتی فرکتال، داده‌های آنومالی و زمینه عناصر به جای قرارگیری در یک راستا به حالت طیف منحنی مولتی فرکتال پلات شده و از توزیع نمایی مختلفی تبعیت می‌کنند. این نمودارها نه تنها توزیع فراوانی عیار عناصر مختلف را نشان می‌دهند، بلکه مشخصات فضایی و هندسی منعکس شده توزیع را نیز مشخص می‌نمایند. چنانچه در هر نمودار ملاحظه می‌گردد عیار محیطی $P(\rho)$ با عیارهای بیشتر از حد آستانه‌ای (v) یک رابطه نمایی معکوس را نشان می‌دهد. بدین معنی که با افزایش عیار محیط کوچکتر می‌شود که این نشانگر کاهش محیط از سمت زمینه به سمت مناطق آنومال می‌باشد. محل شکست‌ها بین قطعات خط مستقیم روی این نمودارها و مقادیر متناظرشان به عنوان عیار حد برای جدایش مقادیر ژئوشیمیایی به اجزای مختلف استفاده می‌شود که نشانگر فاکتورهای موثر مختلفی نظیر، تفکیک لیتولوژیکی و فرآیندهای ژئوشیمیایی (مثل حوادث کانی سازی، عیارهای عنصر ژئوشیمیایی سطحی، هوازدگی سطحی) می‌باشند (جوزانی کهن، ۱۳۸۵). در این مطالعه ابتدا محدوده مورد مطالعه به سلول‌های با ابعاد 200×200 متر شبکه‌بندی شد و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS-10.1 از روش عکس مجذور فاصله استفاده شده و محیط هر سلول محاسبه شد. سپس با روش تخمین شبکه میزان عیار برای هر یک از عناصر در هر سلول مورد تخمین قرار گرفت. باتوجه به این که محیط را در نرم‌افزار می-

۶). لذا حد آستانه‌ای عنصر مس $46/77$ ppm و حد آنومالی احتمالی (درجه ۲)، $81/85$ ppm ارزیابی می‌شود. براساس نقشه کنتروری عنصر Cu (شکل ۷)، آنومالی درجه ۳ بخش‌های قابل توجهی از محدوده را پوشانده است و آنومالی درجه ۲ در مساحت‌های کوچکی در سه بخش شمال شرقی و شرق و شمال غربی محدوده نمود دارد.

Mo

نمودار لگاریتمی عیار-محیط عنصر مولیبدن نیز نشانگر وجود سه جامعه مجزا می‌باشد. در این نمودار (شکل ۶) مقادیر زمینه، آنومالی و کانی زایی درجه ۲ و ۳ به ترتیب از چپ به راست قرار گرفته‌اند. بر این اساس حد آستانه‌ای عنصر مولیبدن $2/95$ ppm و حد آنومالی احتمالی (درجه ۲)، $3/98$ ppm به دست می‌آید. طبق نقشه کنتروری عنصری Mo (شکل ۷)، آنومالی درجه ۲ مساحت‌های قابل توجهی از محدوده را پوشانده است و آنومالی درجه ۳ در قسمت‌های کوچکی در سه بخش شمال غربی، مرکز و جنوب شرقی محدوده قرار گرفته است.

Pb

نمودار لگاریتمی عیار-محیط عنصر سرب، نشانگر وجود سه جامعه مجزا می‌باشد. زمینه (جامعه سمت چپ) و کانی زایی درجه سه و درجه دو (دو جامعه سمت راست) می‌باشند (شکل ۶). حد آستانه‌ای عنصر سرب $33/88$ ppm و حد آنومالی احتمالی (درجه ۲)، $50/12$ ppm است. براساس نقشه تهیه شده (شکل ۷)، آنومالی درجه ۳ بخش‌های قابل توجهی از مرکز محدوده را پوشانده است و آنومالی درجه ۲ در قسمت‌های کوچکی در بخش شرقی محدوده مشاهده می‌شود.

Ti

نمودار لگاریتمی عیار-محیط عنصر تیتانیوم، نشانگر وجود سه جامعه مجزا می‌باشد (شکل ۶). بر این اساس حد آستانه‌ای عنصر تیتانیوم

توان با کشیدن منحنی بسته به راحتی محاسبه نمود و نیز مقدار عیار هر عنصر برای هر سلول محاسبه شده است، پس ترسیم منحنی لگاریتمی عیار-محیط برای هر عنصر کارآسانی می‌باشد. بر این اساس منحنی‌های لگاریتمی عیار-محیط برای عناصر مورد مطالعه در نرم‌افزار Excel ترسیم شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. در این نمودارها، با افزایش عیار محیط کم می‌شود که این نشانگر کاهش محیط از سمت زمینه به سمت مناطق آنومال می‌باشد. سپس نقشه‌های کنتروری ایزوشیمیایی این عناصر در نرم‌افزار Surfer رسم شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

تفسیر ژئوشیمیایی نمودار لگاریتمی عیار-محیط عناصر

Ag

نمودار لگاریتمی عیار-محیط این عنصر، نشانگر وجود زمینه (جامعه سمت چپ) و کانی زایی درجه سه (جامعه سمت راست) می‌باشد (شکل ۶). بر این اساس حد آستانه‌ای عنصر نقره $2/95$ ppm بوده و براساس نقشه تهیه شده (شکل ۷)، آنومالی درجه ۳ در دو بخش شمال شرقی و جنوب غربی محدوده قرار گرفته است.

Co

نمودار لگاریتمی عیار-محیط این عنصر، نشانگر وجود زمینه (جامعه سمت چپ) و کانی زایی درجه سه (جامعه سمت راست) می‌باشد (شکل ۶). حد آستانه‌ای عنصر کبالت $24/55$ ppm محاسبه گردید. براساس نقشه تهیه شده (شکل ۷)، آنومالی درجه ۳ در دو بخش شمال غربی و جنوب شرقی محدوده دیده می‌شود.

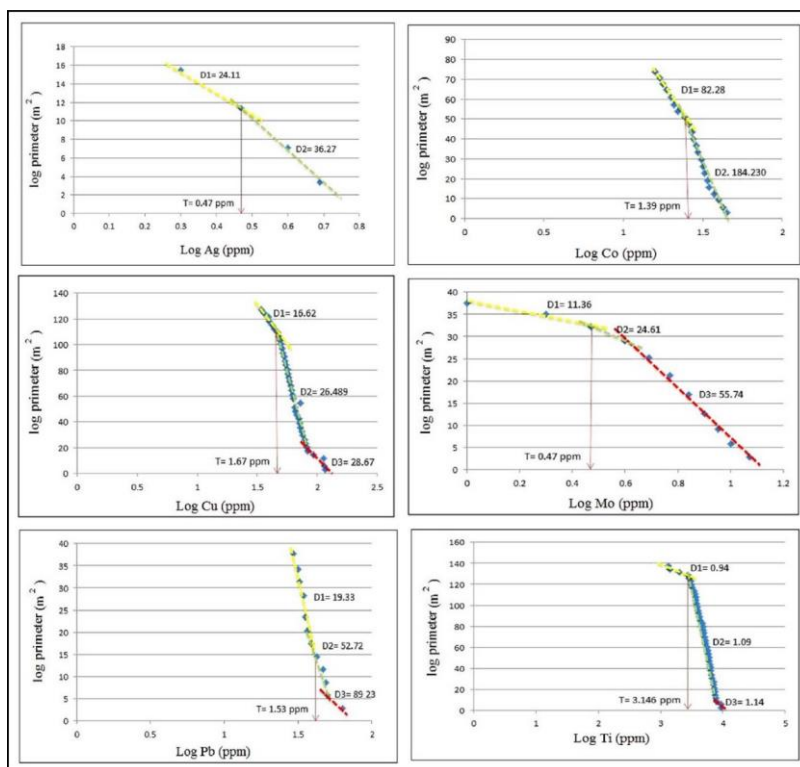
Cu

نمودار لگاریتمی عیار-محیط عنصر مس، نشانگر وجود سه جامعه مجزا می‌باشد که مقدار زمینه (جامعه سمت چپ) و کانی زایی درجه سه و درجه دو (دو جامعه سمت راست) می‌باشد (شکل

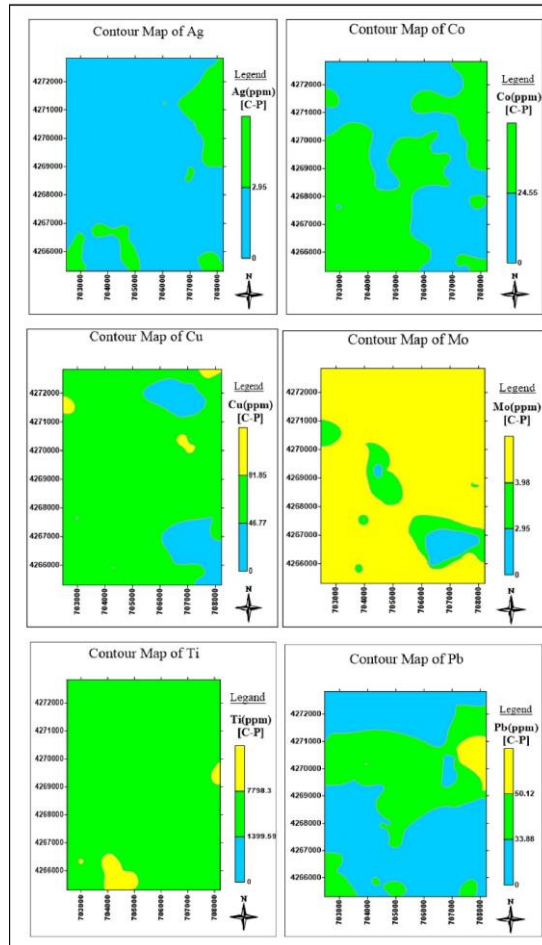
غربی منطقه دارای آنومالی درجه دو و عنصر تیتانیوم در شرق و جنوب غربی منطقه شیریبت دارای آنومالی درجه دو می‌باشد (شکل ۷). در مورد عناصر Ag, Co, Pb به دلیل غلظت‌های نزدیک حد آستانه‌ای، بدون آنومالی قابل ذکر معرفی می‌شوند. بنابراین از نظر توزیع مکانی آنومالی‌های عنصری، می‌توان محدوده مطالعاتی را به سه زون تقسیم‌بندی نمود (شکل ۸): زون ۱: این زون در بخش شرقی محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است. مولیبدن، مس و تیتانیوم با درجه آنومالی ۲، عناصر آنومال در این زون می‌باشند. زون ۲: این زون شامل بخش جنوب غربی محدوده مورد مطالعه می‌باشد و عناصر آنومال در این زون مولیبدن و تیتانیوم با درجه آنومالی ۲ می‌باشند. زون ۳: بخش شمال شرقی محدوده مورد مطالعه منطبق بر زون ۳ می‌باشد. عنصر آنومال در این زون مس، با درجه آنومالی ۲ می‌باشد.

۱۳۹۹/۵۹ ppm و حد آنومالی احتمالی (درجه ۲)، ۷۷۹۸/۳ ppm بوده و براساس نقشه تهیه شده (شکل ۷)، آنومالی درجه ۳ بخش‌های قابل توجهی از مرکز محدوده را پوشانده است، آنومالی درجه ۲ نیز در قسمت‌های کوچکی در دو بخش شرقی و جنوب غربی محدوده تظاهر دارد. نقشه‌های آنومالی عنصری (مستخرج از روش فرکتالی)

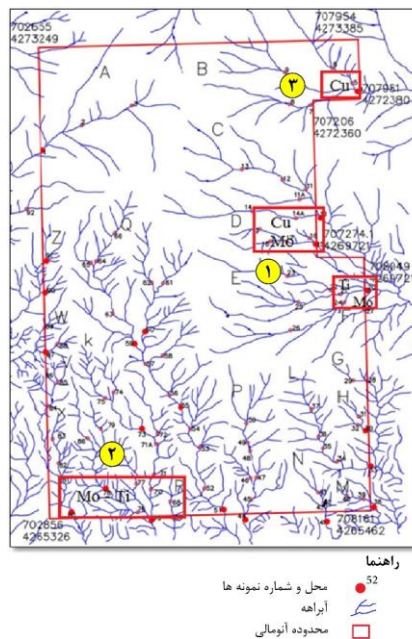
نقشه‌های آنومالی ترسیم شده بر مبنای روش فرکتالی عیار-محیط (شکل ۷) نشان می‌دهد که عناصر Ag, Co, Cu, Mo, Pb, Ti دارای آنومالی‌های پراکنده در سطح منطقه بوده و کانی‌سازی‌های مرتبط می‌توانند متعلق به سنگ‌های آتشفشانی تراکی آندزیتی-آندزیتی ائوسن بالایی و آندزیت بازالت-آندزیتی ائوسن بالایی در نظر گرفته شوند. عنصر مس در شمال غربی و شمال شرقی منطقه شیریبت آنومالی درجه دو را نشان می‌دهد. عنصر مولیبدن در شمال شرقی و جنوب



شکل ۶: نمودار لگاریتمی عیار- محیط عناصر مختلف برای تخمین حد آستانه و آنومالی در محدوده شیریبت.



شکل ۷: نقشه‌های آنومالی عناصر مورد مطالعه در منطقه شیربیت مستخرج از روش‌های تحلیل ساختاری.



شکل ۸: نقشه آنومالی عناصر مس، مولیبدن، تیتانیوم بر روی شبکه نمونه‌برداری منطقه شیربیت.

نتیجه گیری

بخش شرقی، شمال شرقی و جنوب غربی محدوده شیربیت قرار دارند. در مقایسه با آمار کلاسیک چون هندسه فرکتال هندسه طبیعت است، به طور خودکار داده‌های خارج از ردیف را حذف می‌کند و نیازی به هیچ‌گونه تغییر و تحول در داده‌ها نمی‌باشد. بیشترین همبستگی بین Mo و Ti وجود دارد و همبستگی در نقشه جوامع ژئوشیمیایی به خوبی آشکار است، به طوری که در جنوب غربی منطقه آنومالی این دو عنصر برهم منطبق است.

بدون تردید روش‌های مبتنی بر هندسه فرکتال از بهترین و کاربردی ترین روش‌ها جهت مطالعه بر چگونگی توزیع جوامع ژئوشیمیایی در مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافی می‌باشند. نتایج استفاده از روش فرکتالی عیار-محیط نشانگر این امر است که از ۶ عنصر انتخابی Ag, Co, Cu, Mo, Pb, Ti عناصر Cu, Mo, Ti آنومالی درجه ۲ را در منطقه دارا هستند. آنومالی‌های احتمالی این عناصر در

منابع

چشمه، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال ۴، شماره ۱۵، صفحات ۱۵-۲۸.
-حسینی پاک، ع.ا. و شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۰. تحلیل یافته‌های اکتشافی، تهران، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران، ۹۸۷ ص.
-سهرابی، ق.، حسین زاده، م.ر.، کلاگری، ع.ا. و حاجعلیلو، ب.، ۱۳۹۴. مطالعه کانی سازی مولیبیدن در نوار قره داغ (اردوباد) - شیورداغ با تأکید بر سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و دگرسانی توده‌های نفوذی میزبان (شمال باختر ایران)، سال ۲۴، شماره ۹۵، ص ۲۴۳-۲۵۸.
-مهرپرتو، م.، ۱۳۷۸. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلپیر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
-نبوی، م.ح.، ۱۳۵۵. دیپاچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۹ ص.

-آقا نباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۲۶ ص.
-جمالی، ح.، یعقوب پور، ع. و مهرابی، ب.، ۱۳۹۱. کانی سازی های مس و طلا و ارتباط آنها با فازهای مختلف ماگماتی درتوده‌های نفوذی خانکندی و یوسف لو، شرق اهر، مجله بلورشناسی و کانی شناسی، شماره پاییز ۱۳۹۱، دوره ۲۰، شماره ۳، ص ۵۴۷-۵۶۴.
-جوزانی کهن، گ.، ۱۳۸۵. به کارگیری روش فرکتالی عیار- محیط در جدایش آنومالی‌های ژئوشیمیایی از زمینه، دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران.
-حسن پور، ش.، رسا، ا.، حیدری، م.، متکان، ع.ا. و موید، م.، ۱۳۸۹. زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی سازی در ذخیره مس- مولیبیدن پورفیری هفت-

-Aghanabati, A., 2004. Geology of Iran: Geological Survey of Iran, 568p.
-Agterberg, F.P., Cheng, Q., Brown, A. and Good, D., 1996. Multifractal modeling of fractures in the Lac du Bonnet batholith, Manitoba, Computational Geosciences, v. 22(5), p. 497-507.

-Cameron, E.M. and Hobbs, O., 1971. Computerized methods for interpreting reconnaissance geochemical surveys, geochemical exploration (Boyle, tech. ed.), Special, Vd. 11, Canadian institute of mining and metallurgy, 509 p.
-Cheng, Q., Agterberg, F.P. and Ballantyne, S.B., 1995. The separation of geochemical anomalies from

- background by fractal methods, Journal of Geochemical Exploration, v.51, p. 109-130.
- Clark, I., 1987. Practical geostatistics, Elsevier Applied Science Publishers Ltd, 475 p.
- Goncalves, M.A., 2001. Characterization of geochemical distributions using multifractal models, Mathematical Geosciences, v.33 (1), p. 41-61.
- Mandelbrot, B.B., 1983. The Fractal Geometry of Nature, Freeman, Mandelbrot, 375 p.
- Nabavi, M., 1976. An Introduction to the Geology of Iran, Geological Survey of Iran Publication, 109 p.
- Swan, A.R.H., Sandilands, M. and Meccabe, P., 1995. Introduction to geological data analysis, Blackwell Science, Cambridge, 446 p.
- Turcotte, D.L., 1997. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge, 428 p.