



بکارگیری روشهای آماری در بررسی ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای کانسار گرو - جنوب راین، استان کرمان

علی قاسمی^۱ مجیر مجیری^۲

۱- استادیار پژوهشی، جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. A_ghasemi@acecr.ac.ir

۲- کارشناس ارشد اکتشاف شرکت مهندسی آسیا، اصفهان، ایران. m.mojeeri@gmail.com

مقدمه

از تجزیه نمونه‌های رسوب آبراهه‌ای سطحی و جدایش بی‌هنجاری‌های عناصر در کانسار مس گرو است.

محدوده معدنی گرو در فاصله زمینی ۷۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان جیرفت و ۱۰۰ کیلومتری شرق شهرستان بافت قرار دارد. این کانسار بخشی از کمان ماگمایی ارومیه-دختر در ایران مرکزی است که به صورت خطی و مجموعه‌ای از توده‌های نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی، به عرض ۵۰ تا ۱۵۰ و به طول ۱۵۰۰ کیلومتر، به موازات نوار کوهزایی زاگرس و در تمام طول آن کشیده شده است. این کمان ماگمایی از واحدهای سنگ‌شناسی متفاوتی شامل توده‌های نفوذی کوچک و بزرگ از گرانیت، دیوریت، گابرو، گدازه‌های بازالتی، تراکی‌بازالت، (به‌طور محلی شوشونیتی)، تراکیت، آندزیت، داسیت، آذرآوری‌ها (بیشتر توف و آگلومرا)، ایگنیمبریت و توده‌های ژرف تا نیمه آتشفشانی اسیدی-حدواسط است. جوان‌ترین-سنگ‌ها (بیشتر جریان‌های گدازه‌های و آذرآوری) مربوط به مخروط‌های آتشفشانی پلیوسن-کواترنری، با ماهیت آکالین و کالک‌آکالین هستند در طول کمان ماگمایی ارومیه-دختر کانسارهای مس پورفیری بزرگی قرار دارند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کانسار سرچشمه، میدوک، دره‌زرشک و سونگون اشاره کرد (Shahabpour, 2005). در طول این مطالعات حدود ۲۰ نمونه ژئوشیمیایی خاک به طور سیستماتیک و نمونه سنگ از رخنمون‌ها برداشت شد. سپس نقشه ۱:۲۰۰۰۰ زمین‌شناسی و دگرسانی این محدوده تهیه شد. هدف از این پژوهش، بررسی داده‌های ژئوشیمیایی حاصل

زمین‌شناسی

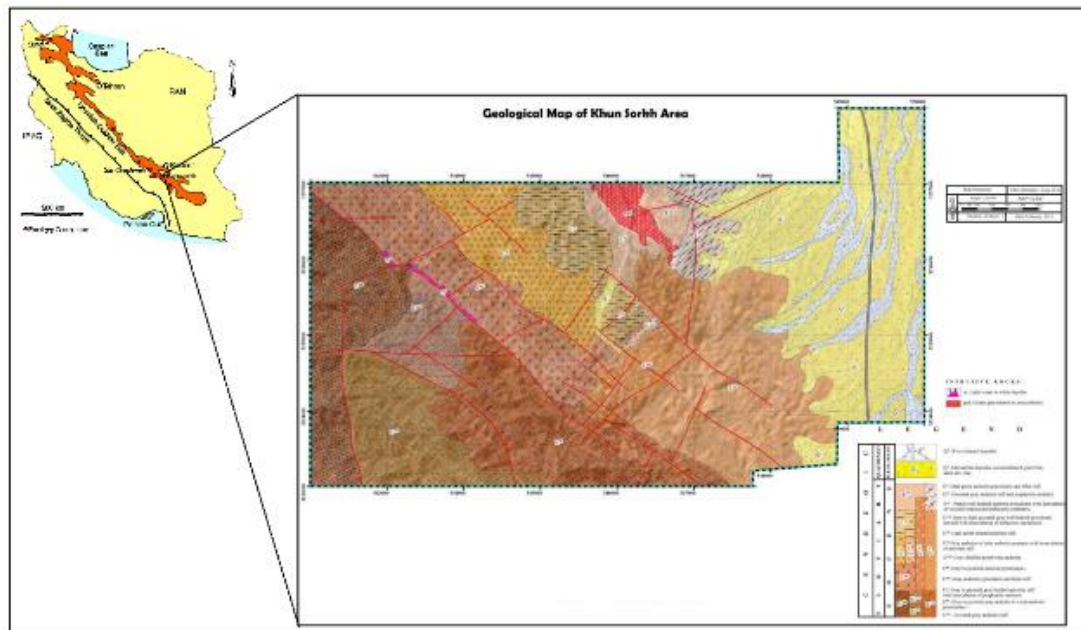
منطقه گرو در پهنه زمین‌شناسی ارومیه-دختر و در زون دهج-ساردوئیه واقع شده است (دیمیتریویچ، ۱۹۷۳). این منطقه میزبان بزرگترین ذخایر مس پورفیری ایران است، لذا کنترل دگرسانی‌های موجود در این منطقه از اهمیت بسزایی برخوردار است. نقشه زمین‌شناسی منطقه توسط پیمایش‌های زمینی پروفیل‌های مناسب و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دقت مناسب انجام شد. بر اساس نقشه تهیه شده توالی سنی سکانس سنگ‌های آذرآوری و آتشفشانی منطقه از جنوب غربی به سمت شمال شرقی جوانتر می‌شود. سکانس مذکور توسط توده‌های نفوذی و دایک‌های بریده شده است. مجموعه رسوبی-آتشفشانی منطقه شامل مجموعه سنگ‌های ائوسن است که با روند عمومی شمال غربی-جنوب شرقی برونزد یافته است. اگرچه تغییرات جانبی در سکانس رسوبی-آتشفشانی فراوان و چشمگیر است. شکل ۱ نقشه واحدهای سنگی منطقه تهیه نقشه را نمایش می‌دهد.

از نظر گسترش مکانی واحد توف آندزیتی خاکستری مایل به سبز (E_{tan}) در غرب و جنوب غربی نقشه تهیه شده برونزد دارد. به سمت شرق به صورت تدریجی این واحد به دو واحد E_{aan} و E_{ant}



سنگ‌های آذرآواری آندزیتی خاکستری تیره تا خاکستری مایل به سبز با بین لایه‌های آندزیت پورفیری E_{alt} با روند شمال غربی-جنوب شرقی بر روی واحد E_{apt} قرار گرفته است و توسط واحد E_{py} قرار گرفته است. این واحد توسط واحد E_{an} پوشیده می‌شود. این واحد بر اثر نفوذ توده کمی هورنفلسی شده و کانی‌های مربوط به مناطق دگرگونی مجاورتی در آن رشد کرده است. در مرکز نقشه واحد آذرآواری، سنگ‌های آذرآواری با لایه‌بندی خوب خاکستری تا خاکستری مایل به سبز روشن و توف با بین لایه‌های ماسه سنگ توفی (E_{at}) برونزد کوچکی دارد. مرز زیرین و بالایی آن گسله است و به صورت تدریجی به واحدهای E_{and} و E_{py} تبدیل می‌شود. سنگ‌های آذرآواری با لایه‌بندی خوب ارغوانی با بین لایه‌های برش ولکانیکی و توف (E_{py}) نیز در مرکز نقشه حضور داشته و با واحد E_{and} دارای مرز مشترک و طبیعی می‌باشد. در ادامه سکانشی رسوبی-آتشفشانی ائوسن آندزیت خاکستری مایل به سبز تا خاکستری تیره و آندزیت پورفیری با بین لایه‌های سنگ‌های آذرآواری بنفش (E_{an}) و بر روی واحد E_{py} قرار گرفته است. توده نفوذی گرانودیوریتی به درون این واحد نفوذ کرده است و باعث هورنفلسی شدن این واحد گردیده است. بالاترین بخش سکانش آذرآواری ائوسن در منطقه تهیه نقشه سنگ‌های آذرآواری آندزیتی سبز تیره و لیتیک توف (E_{lt}) است. این واحد متشکل از سنگ‌ها یا آذرآواری آندزیتی سبز تیره و لیتیک توف است. بخشی از واحد در کنتاکت توده نفوذی است و با توجه به اینکه توده بعد از ائوسن تزریق شده است، هورنفلس گردیده است. در گستره نقشه و با توجه به مقیاس یک توده کوارتز دیوریتی Qd یک دایک گرانودیوریتی gd ترسیم شده است. توده کوارتز دیوریتی بعد از ائوسن به درون مجموعه سنگ‌های آذرآواری در شمال نقشه تزریق شده و باعث تشکیل هورنفلسی و دگرسانی واحدها شده است. توده دارای بافت گرانولار است و بخشی از یک توده بزرگ می‌باشد. دایک گرانودیوریتی در امتداد یکی از گسل‌های شمال غربی-جنوب شرقی تزریق شده است. دایک مذکور بافت پورفیری دارد و ساب‌ولکانیک محسوب می‌شود.

تبدیل می‌شود. از نظر سنگ‌شناسی این واحد متشکل از توف و سنگ‌های آذرآواری خاکستری مایل به سبز است. از نظر مورفولوژی این واحد به دلیل سخت‌فرسا بودن ارتفاعاتی نسبتاً بلند را تشکیل می‌دهد. در جنوب غربی نقشه واحد سنگ‌های آذرآواری تراکی آندزیت تا آندزیتی دیده می‌شود که گاه دارای لایه‌بندی می‌باشد. مرز بالایی و غربی این واحد گسله است و به سمت شرق به طور تدریجی به واحد E_{at} تبدیل می‌شود. واحد آندزیت تا سنگ‌های آذرآواری آندزیتی (E_{aan}) میزبان بخش عمده کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه است. این واحد نرم‌فرساست و اغلب رخنمون‌های آن توسط خاک و نهشته‌های آبرفتی پوشیده شده است. مرز زیرین و بالایی واحد گسله است و توسط اینگسل‌ها از واحدهای دیگر جدا می‌شود. به سمت شرق و به طور تقریبی بین واحدهای E_{ant} و E_{aan} به واحد E_{at} تبدیل می‌شوند. این واحد سخت‌فرساست و حضور افق‌های سخت‌فرسای اینگمبریت در آن بر مقاومت آن در مقابل فرسایش افزوده است. این واحد توسط واحدهای آذرآواری E_{apt} و E_{ab} پوشیده می‌شود. واحد سنگ‌های آذرآواری آندزیتی خاکستری تا سبز (E_{apt}) با روند شمال غربی-جنوب شرقی در مرکز و شمال غربی نقشه برونزد دارد. این واحد نسبتاً سخت‌فرساست و مرز جنوبی آن به طور کامل گسله می‌باشد. در امتداد این گسل یک دایک گرانودیوریتی نفوذ کرده است. مرز شمالی آن نیز در بخش‌هایی گسله است و در سایر بخش‌ها توسط واحدهای E_{alt} پوشیده می‌شود. واحد آندزیت پورفیری خاکستری با بین لایه‌های توف آندزیتی (E_{and}) در مرکز نقشه برونزد دارد. روند این توسط گسل‌های موجود در مرکز نقشه تغییر یافته و به روند شمال شرقی-جنوب غربی تبدیل شده است. این واحد بر روی واحد E_{at} به صورت هم‌شیب قرار گرفته و توسط واحدهای E_{an} و E_{lt} پوشیده می‌شود. در کنار توده نفوذی گاه هورنفلسی شده است. بخش مهمی از شرق نقشه توسط آندزیت تا آندزیت پورفیری خاکستری رنگ با بین لایه‌های توف آندزیتی (E_{ab}) اشغال شده است. این واحد بر روی واحد E_{at} قرار دارد و در نقشه تهیه شده واحدی بر روی آن قرار ندارد و در حاشیه آن نهشته‌های کوهپایه‌ای و آبرفت‌ها مشاهده می‌شوند. در شمال غربی نقشه واحد



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ گرو

رگچه‌ها گاه به حدی است که بخش قابل ملاحظه‌ای است از سنگ را تشکیل می‌دهد. در نقشه تهیه شده این دگرسانی بر اساس شدت و گسترش به ۳ رده تقسیم شده است.

مهم‌ترین زون کانی‌سازی واقع در جنوب غربی نقشه در سنگ میزبان آذرآواری با دگرسانی کلریتی و اپیدوتی تشکیل شده است. یکی از مهمترین دگرسانی‌های منطقه شامل منطقه‌ای دگرسانی‌های کوارتز-اپیدوت-مگنتیتی است. در این بخش رگچه‌های کوارتز-اپیدوت-مگنتیت به وفور در سنگ میزبان و مکانیکی تشکیل شده‌اند. حضور رگچه‌های مذکور باعث مقاومت بالاتر در مقابل فرسایش شده است. لذا بخشهای مرتفع منطقه مورد مطالعه دارای دگرسانی است. در بخش‌هایی در منطقه دگرسانی رگچه‌ها به صورت موازی Sheeted Veinlet دیده می‌شوند و مگنتیت حضور ندارد. در این بخش از دگرسانی کانی‌سازی مس به صورت شکافه پرکنی و رگه‌ای نیز دیده می‌شود. دگرسانی کوارتز اپیدوتی گاه دارای کانی‌سازی اسپیکولاریت است که به صورت یک منطقه مجزا ترسیم شده است. در این بخش شدت دگرسانی بسیار زیاد است و اغلب با زونهای گسله مرتبط هستند. منطقه دگرسانی کوارتز-پیریت-

دگرسانی و کانه زایی

بررسی نقشه تهیه شده نشان می‌دهد که تقریباً کل واحدهای سنگی منطقه گرو متحمل دگرسانی گرمایی شده‌اند (شکل ۱)، اگرچه شدت دگرسانی در بخش‌های مختلف متفاوت است. بر اساس نقشه تهیه شده کلیه واحدهای سنگی منطقه متحمل دگرسانی اپیدوتی-کلریتی شده‌اند. این دگرسانی بخشی از فرایندهایی است که کلیه واحدهای سنگی منطقه و حتی کل کمربند دهج-بزمان را تحت تاثیر قرار داده است. بررسی صحرایی نشان می‌دهد که کانی‌های اپیدوت و کلریت گسترش زیادی در منطقه مورد مطالعه دارند و حضور کانی‌هایی باعث تشکیل رنگ سبز در تمام واحدهای منطقه شده است (شکل ۶-۶۳). مطالعه مقاطع نازک حاکی از حضور گسترده کانی‌های مذکور در مقاطع می‌باشد. کانی‌های مافییک اغلب در اثر دگرسانی به کانی‌های کلریت و اپیدوت دگرسان شده‌اند. اپیدوت در مناطق با شدت بالاتر به صورت رگچه‌ای و یا لکه‌ای دیده می‌شود. گسترش



بالتر، از مقدار بالاتری برخوردار می باشند در مواردی که دگرسانی‌های شدید مشاهده شده است، به ویژه در اطراف سنگهای نفوذی یا خروجی موجود در نواحی کم ارتفاع، درجه مرکز ثقل آبراهه‌ها به طور محلی افزایش یافت. این امر به دلیل اهمیت چنین مناطقی می باشد. چگالی نمونه‌ها ۳ نمونه در هر کیلومتر مربع بوده است. در طول عملیات صحرایی ضمن برداشت نمونه‌های ژئوشیمیایی کلیه اطلاعات زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی نیز مورد توجه و ثبت قرار گرفت. هر نمونه ژئوشیمیایی متشکل از حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم جزء ۸۰- مش رسوبات آبراهه‌ای می باشد که پس از الک کردن رسوب خشک در محل، درون کیسه های پلاستیکی ریخته شده و شماره گذاری شده است. نمونه‌ها با استفاده از چهار اسید (HCl-HNO_3) شده است. هضم شدند و غلظت عناصر با استفاده از روش ICP-MS بدست آمد. نتایج آنالیزها پس از اعمال تصحیحات اولیه جهت تعیین الگوی ژئوشیمیایی عناصر استفاده گردید.

در پروژه حاضر در راستای مطالعات ژئوشیمیایی، تعداد ۲۰ نمونه رسوبات آبراهه‌ای در گستره ۲۰ کیلومتر مربعی گرو طراحی، برداشت و مورد آنالیز واقع شد. نحوه پردازش داده‌های رسوبات آبراهه‌ای بدین صورت می باشد که نتایج آنالیز ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای به همراه مختصات محل برداشت نمونه‌ها در یک بانک اطلاعاتی ذخیره می گردد. سپس از این داده‌ها جهت محاسبه پارامترهای آماری، پردازش‌های آماری تک متغیره، تعیین مشاهدات خارج از رده، تعیین آنومالی‌ها، پردازش‌های آماری چند متغیره (ضرایب همبستگی، آنالیز خوشه‌ای، آنالیز فاکتوری) استفاده شده است که شرح جزئیات آن در ادامه خواهد آمد.

بحث

ژئوشیمی اکتشافی یا به عبارت دیگر ژئوشیمی کانی جویی کاربرد عملی و تئوری اصول ژئوشیمیایی برای اکتشاف ذخایر معدنی و کانی‌های مختلف اقتصادی می باشد. ژئوشیمی پی جویی، بصورت اندازه گیری منظم و سیستماتیک یک یا چند عنصر و خواص

رسی-سرسیت در سنگ میزبان توده ساب‌ولکانیک کوارتز دیوریتی تشکیل شده است. در این بخش که در شمال غربی نقشه قرار دارد حضور سیلیس در متن سنگ‌ها مشهود است ولی گاه بلورهای اکسید آهن حاصل از اکسیداسیون پیریت دیده می شود. یکی دیگر از دگرسانی‌های مهم و گسترده منطقه، دگرسانی سیلیسی است. این دگرسانی در بخش‌های دگرسانی مختلف قابل مشاهده است به طوریکه همراه با اغلب دگرسانی‌ها حضور دارد. در حاشیه توده نفوذی رگه‌های سیلیسی شیری رنگ حاصل از توده نفوذی دیده می شود. در حالیکه در مناطق کوارتز-اپیدوت، سیلیسی شدن به صورت رگچه‌ای و همراه با اپیدوت صورت گرفته است. در غرب نقشه یک توده کوارتز دیوریتی دیده می شود که دارای رگچه‌های سیلیسی فراوان است. در این بخش رگچه‌های سیلیسی به صورت شبکه‌ای در سنگ میزبان ساب‌ولکانیک گسترش یافته‌اند. دگرسانی‌های رسی و اکسید آهنی گسترش زیادی در منطقه مطالعاتی دارند به طوریکه همراه با اغلب دگرسانی‌ها کانی‌های رسی و اکسید آهنی نیز دیده می شوند. در نقشه برخی از بخش‌های دارای دگرسانی شاخص اکسید آهنی و رسی تفکیک شده است.

روش پژوهش

در این مرحله بر اساس واحدهای سنگی موجود در منطقه، سیستم ریخت‌شناسی و شبکه آبراهه‌ای، سیستم گسله حاکم بر منطقه و... طراحی نقشه نمونه‌برداری، صورت گرفت طراحی شبکه نمونه‌برداری طوری انجام شد که نمونه‌های برداشتی حداکثر سازگاری را با روش مرکز ثقل داشته باشد (Hale & Plant, 1994). درجه مرکز ثقل را عواملی مانند چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی و تکنیک کنترل می کنند. معمولاً در طراحی به روش مرکز ثقل، چگالی نمونه‌برداری در اطراف توده های نفوذی و خروجی و نواحی مجاور آنها (کنتاکت‌ها)، نواحی اطراف گسل‌ها و تقاطع آنها، منطقه‌های دگرسان شده بعد از فعالیت ماگمایی و مناطقی که در بخش فوقانی توده‌های نفوذی نیمه عمیق قرار دارند به علت داشتن پتانسیل معدنی



آبراهه‌ای بر مبنای هاله‌های ثانویه انتقال یافته نمایان بر مبنای طبقه‌بندی سولووف (۱۹۸۷) قرار دارد. این هاله‌ها در واقع براساس مهاجرت عناصر در رسوبات آبراهه‌ای ایجاد می‌شود.

طراحی شبکه و انجام نمونه برداری

اصولاً در روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای، یک نمونه برداری بهینه برای حصول نتیجه مطلوب بر اساس روش تعیین مرکز ثقل آبراهه انجام می‌شود، به طوری که اگر خود آبراهه اصلی مرکز ثقل در نظر گرفته شود، تعداد آبراهه‌های بیرونی (آبراهه‌های شماره یک) واقع در دو سوی آن با هم مساوی باشند. معمولاً مرکز ثقل یک شبکه آبراهه‌ای را می‌توان با استفاده از فرمول $M_c = \frac{(1+M_o)}{2}$ محاسبه کرد که M_c شماره نسبت داده شده به آبراهه مرکز ثقل و M_o شماره آبراهه خروجی حوضه آبریز است. برای عملی کردن نمونه برداری ابتدا شبکه آبراهه‌ها را در درجه‌بندی می‌کنند. بدین ترتیب که شاخه‌های آبراهه‌ها را در حوضه آبریز شماره گذاری می‌کنند. شماره‌گذاری بدین شکل است که به هر انشعاب، عددی برابر تعداد شاخه‌های بالادست آن داده می‌شود. بدین ترتیب به بیرونی‌ترین شاخه‌ها عدد یک و به انشعابی که از دو شاخه درجه یک منشأ می‌گیرد، عدد شماره ۲ تعلق می‌گیرد و به همین ترتیب شماره گذاری ادامه می‌یابد تا به آبراهه اصلی ختم شود. اگر شماره گذاری صحیح انجام شده باشد، عدد آبراهه اصلی در دهانه خروجی با تعداد کل بیرونی‌ترین شاخه‌ها برابر خواهد بود (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰). تعداد نمونه‌هایی که باید برداشت کرد تا بهترین نتیجه را دربر داشته باشد، با توجه به فرمول‌های زیر تعیین می‌شود. اگر منطقه مورد اکتشاف از آبراهه‌های شماره ۱ شروع شود در آن صورت تعداد نمونه‌های مناسب برای نشان دادن ناهنجاری از فرمول $R = 1 + \log_2 Mn$ محاسبه می‌شود. در این فرمول R تعداد نمونه‌هایی است که برای کشف کانی‌سازی احتمالی باید برداشت شود.

ژئوشیمیایی یک کانی که بصورت طبیعی یافت می‌شود، تعریف می‌شود. هدف اصلی این علم دست یافتن به کانسارهای فلزی و غیر فلزی جدید، پیدا کردن تجمع نفت و گاز و مخازن هیدروکربن و همچنین ادامه و گسترش منابع موجود توسط روش‌های ژئوشیمیایی است. رسیدن به این هدف با بررسی و مطالعه ناهنجاری‌ها (آنومالی‌ها) یا تمرکزهای غیر عادی موضعی و ناحیه‌ای امکان پذیر است. روش‌های مورد تحقیق شامل پی‌جوئی‌های ژئوشیمیایی، زمین‌شناسی و نیز تفسیر و محاسبات داده‌های بدست آمده است و روش‌های مورد استفاده شامل اندازه‌گیری منظم و سیستماتیک ترکیبات و عناصر مختلف که به صورت نادر یافت می‌شوند می‌باشد.

روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای متداول‌ترین شیوه اکتشافات ژئوشیمیایی مقدماتی است که برای اکتشافات مقیاس کوچک تا متوسط کاربرد دارد. این روش بطور وسیعی برای پی‌جوئی‌های ناحیه‌ای و شناسایی مقدماتی نواحی امیدبخش کانی‌سازی در مناطقی که دارای آبراهه هستند و وسعت حوضه آبریز زیاد باشد به کار می‌رود. از طرفی مشکلات جدا کردن کانی‌ها (در روش کانی‌های سنگین) و یا آب (در روش هیدروژئوشیمیایی) را ندارد و قابل کاربرد در وضعیت‌های آب و هوایی متفاوت است. رسوبات آبراهه‌ای در واقع یک نمونه ترکیبی از مواد فرسایش یافته از سنگ‌های بالادست حوضه آبریز است. بنابراین وجود ناهنجاری در این رسوبات از وجود یک منبع پرعیار در بالادست آن حکایت می‌کند. مثلاً در وضعیت‌های آب و هوایی مختلف آب‌های جوی باعث تجزیه کانی‌ها، به خصوص کانی‌های سولفیدی می‌شود و عناصر کمیاب همراه آن‌ها را به فواصل دورتر منتقل می‌کند. این عناصر به منظور نشانه و راهنما برای پیدا کردن محل کانسارها به کار می‌رود. اگر چه پیدا کردن ناهنجاری در محل آبراهه‌ها خود نشان دهنده کانسار در محل نیست، بلکه با توجه به تحرک عناصر می‌توان منشأ اولیه این عناصر (توده کانساری) را با توجه به اطلاعات به دست آمده شناسایی کرد. همچنین نفوذ آبهای زیرزمینی یا سیلاب‌های بارانی می‌تواند منشأ این عناصر باشد. اساس روش اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات



پردازش داده‌های خام

در پروژه‌های اکتشافی فایل‌بندی نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها، اساسی‌ترین بخش یک پروژه به حساب می‌آید. در راستای پردازش‌های ژئوشیمیایی محدوده مورد مطالعه، اطلاعات عددی حاصل از آنالیز نمونه‌ها به یک فایل در محیط نرم‌افزار Excel تبدیل شد و عملیات پردازش آن‌ها در نرم‌افزارهای Minitab و Excel صورت گرفت. با توجه به نتایج آنالیز و بالا بودن میزان داده‌های سنسورد، تنها برخی عناصر مهم در کانی‌سازی نظیر As, Ba, Cu, Fe, Pb, Zn پردازش شده‌اند که در ادامه به شرح بررسی‌ها پرداخته شده است.

مطالعات آماری تک متغیره (آمار کلاسیک)

روش‌های تک متغیره، پایه و اساس هر مطالعه ژئوشیمیایی جهت‌یافته آماری، صرفنظر از میزان پیچیدگی اهداف خاص مورد نظر در هر مطالعه، می‌باشند. بعلت سادگی نسبی آنالیزهای تک متغیره، این روش‌ها عموماً بصورت سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بویژه در مطالعاتی که اصولاً روش‌های چند متغیره را مدنظر دارند. یک درک درست از متغیرهای منفرد، برای توصیف نتایج حاصل از روش‌های چند متغیره الزامی است. در حقیقت در بسیاری از موارد، نتایج مطالعات چند متغیره را می‌توان بوسیله یک روش تک متغیره تفصیلی، بویژه اگر این روش با یک مطالعه همبستگی ساده همراه باشد، پیش بینی کرد.

جهت محاسبه پارامترهای آماری پس از ذخیره داده‌های خام در نرم افزار Excel و جایگزینی داده‌های سنسورد، از نرم افزار Minitab استفاده شده است. در جداول شماره ۴ پارامترهای آماری داده‌های خام از قبیل میانگین، میانه، مد، انحراف استاندارد، پراش، چولگی، کشیدگی، مقادیر بیشینه و کمینه و صدک ۲۵، ۵۰ و ۷۵ برای عناصر منتخب در زون‌های مختلف محاسبه شده است.

معمولاً رسوبات آبراه‌های مخلوطی از تخته سنگ‌ها، قلوه سنگ‌ها، ماسه‌ها، سیلت‌ها و رس‌هاست. ولی اندازه نمونه‌های برداشت‌شده باید در حد ماسه ریز، سیلت و رس باشد. معمولاً در مطالعات از هر نوع دانه بندی جداگانه نمونه برداشته می‌شود. ولی بطور عمومی بیشتر ناهنجاری‌های فلزی در اجزای ریز دانه رودخانه تمرکز می‌یابند. بنابراین وابستگی معکوسی بین مقدار فلز و اندازه اجزای رسوبات رودخانه ای وجود دارد و مناسب ترین نوع اندازه‌ها بین ۸۰ تا ۲۰۰ مش است. در صورت لزوم از ماسه‌های درشت دانه‌تر نیز نمونه برداری می‌کنند که در آن صورت از مطالعه کانی‌های سنگین نیز می‌توان بهره جست.

نمونه برداری را با توجه به عمق نمونه‌ها و سختی محیط کار می‌توان با بیل دستی یا مکانیکی انجام داد. مثلاً از محل تقاطع می‌توان با اوگر، مغزه گیر و بیل‌های لایروبی نمونه برداری کرد. در محل‌های کم عمق نمونه برداری راحت‌تر است و می‌توان وسایلی چون بیل دستی را به کار برد، ولی از محل‌های عمیق‌تر نمونه برداری مشکل‌تر است و از مغزه گیرهای حفاری استفاده می‌شود.

محل‌های مناسبی که می‌تواند سبب تشکیل نمونه‌ها باشد از جمله کناره رودخانه‌ها و یا آبراهه‌ها در دیواره‌های پرسیب آن می‌باشند. در نمونه برداری مشخص می‌شود حداقل‌امکان از قسمت مرکزی رودخانه و یا آبراهه نمونه برداری صورت گیرد.

جدول ۱ مختصات نمونه‌های رسوبات آبراه‌های برداشت شده در محدوده گرو.

	Sample ID	X	Y	No	Sample ID	X	Y
1	FSS 01	547435	3236141	11	FSS 11	545506	3235292
2	FSS 02	547586	3236184	12	FSS 12	545628	3236081
3	FSS 03	547738	3236557	13	FSS 13	544933	3235745
4	FSS 04	546000	3235900	14	FSS 14	544689	3235109
5	FSS 05	546360	3236366	15	FSS 15	543730	3236385
6	FSS 06	546958	3236409	16	FSS 16	543796	3236509
7	FSS 07	546875	3236231	17	FSS 17	543382	3236937
8	FSS 08	547030	3236178	18	FSS 18	544604	3236766
9	FSS 09	546591	3234611	19	FSS 19	542098	3234136
10	FSS 10	546098	3234848	20	FSS 20	543101	3234278



اظهار داشت که بیش از ۳۰٪ نمونه‌ها دارای عیار بالاتر از میانگین می‌باشند. همچنانکه از هیستوگرام تابع توزیع تجمعی نمایان است، عنصر مس دارای چولگی مثبت و توزیع غیرنرمال می‌باشد و این امر به دلیل وجود نمونه‌های پرعیار می‌باشد (شکل ۳). مقدار میانگین و انحراف استاندارد عنصر آهن به ترتیب ۶/۰۸۱ و ۱/۳۶ می‌باشد. همچنین این عنصر دارای مقادیر بیشینه و کمینه ۸/۱۲۹ و ۳/۹۳ می‌باشد. همچنانکه از هیستوگرام تابع توزیع تجمعی نمایان است، عنصر آهن دارای توزیع نرمال می‌باشد (شکل ۳).

مقدار میانگین و انحراف استاندارد عنصر سرب به ترتیب ۲۳/۲۹ ppm و ۱۰/۱۹ ppm می‌باشد. همچنین این عنصر دارای مقادیر بیشینه و کمینه ۵۰/۶ ppm و ۴/۴ ppm می‌باشد. همچنانکه از هیستوگرام تابع توزیع تجمعی نمایان است، عنصر سرب دارای توزیع تقریباً نرمال می‌باشد (شکل ۳). مقدار میانگین و انحراف استاندارد عنصر روی به ترتیب ۹۹/۵۱ ppm و ۱۸/۷ می‌باشد. همچنین این عنصر دارای مقادیر بیشینه و کمینه ۱۳۳/۱ ppm و ۴۹ ppm می‌باشد. همچنانکه از هیستوگرام تابع توزیع تجمعی نمایان است، عنصر روی دارای توزیع نرمال می‌باشد (شکل ۳).

مطالعات آماری چند متغیره

روش‌های چند متغیره امکان آنالیز آماری همزمان چندین متغیر را فراهم می‌کنند. مسائل مربوط به یک، دو و یا سه متغیر را می‌توان به طور ذهنی تصور کرد و یا به طور گرافیکی نمایش داد ولی گاهی در مسائل اکتشافی با یک فضای ۱۰، ۲۰ و یا ۵۰ متغیره روبرو هستیم که بررسی روابط بین آن‌ها را بسیار دشوار می‌سازد. در این‌گونه موارد لازم است با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره به کاهش تعداد بعدها در فضای مورد بررسی پرداخت، به طوری که نتایج این ابعاد جدید (متغیرهای جدید) با تعدادی به مراتب کمتر از حالت قبل، بتواند بخش اعظم تغییرپذیری داده‌ها را تشریح کنند.

جدول ۲- پارامترهای آماری داده‌های خام رسوبات آبراه‌های

Statistics						
Variable	As	Ba	Cu	Fe	Pb	Zn
Unit	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Mean	11.728	253.28	133.8	6.081	23.29	99.51
Median	11	267.3	104.5	5.995	19.8	103.75
Mode	11	313.5	104.5	5.94	19	104.5
StDev	3.14	67.57	114.6	1.136	10.19	18.7
Variance	9.861	4565.08	13134.3	1.291	103.75	349.8
Maximum	30	448	620	8.129	50.6	133.1
Minimum	7	129	30	3.93	4.4	49
Skewness	3.23	0.13	3.13	0.07	1.05	-0.89
Kurtosis	17.2	-0.44	9.82	-0.85	0.92	0.85
Sum	797.5	17222.8	9098.4	413.529	1583.9	6766.7
Percent	100	100	100	100	100	100

در نمودار تجمعی P-P Plot یا (Probability- Plot) در محور افقی فراوانی نسبی تجمعی داده‌های مورد بررسی یک متغیر و در محور عمودی فراوانی نسبی تجمعی یک توزیع نرمال واقعی برای هر نمونه در نظر گرفته می‌شود. اگر توزیع داده‌ها نرمال باشد تمام نمونه‌ها روی یک خط ۴۵ درجه یا خط نرمال قرار خواهند گرفت. از روی این نمودار می‌توان جوامع فرعی را از روی جدایش در پیوستگی فضایی نمونه‌ها با هم تشخیص داد. گاهی اوقات اولین شکستگی در قسمت بالا سمت راست نمودار یعنی قسمت متعلق به بیشترین مقادیر در نمونه‌ها را به عنوان شروع محدوده نمونه‌های ناهنجار مثبت در نظر می‌گیرند.

مقدار میانگین و انحراف استاندارد عنصر آرسنیک به ترتیب ۱۱/۷۲ ppm و ۳/۱۴ ppm می‌باشد. همچنین این عنصر دارای مقادیر بیشینه و کمینه به ترتیب ۳۰ ppm و ۷/۱ ppm می‌باشد. همچنانکه از هیستوگرام تابع توزیع تجمعی نمایان است، عنصر آرسنیک دارای توزیع نرمال می‌باشد (شکل ۳). مقدار میانگین و انحراف استاندارد عنصر باریم به ترتیب ۲۳۵/۲۸ ppm و ۶۵/۷۵ می‌باشد. همچنین این عنصر دارای مقادیر بیشینه و کمینه ۴۴۸/۱ ppm و ۱۲۹/۱ ppm می‌باشد. همچنانکه از هیستوگرام تابع توزیع تجمعی نمایان است، عنصر باریم دارای توزیع نرمال می‌باشد (شکل ۳). مقدار میانگین و انحراف استاندارد عنصر مس به ترتیب ۱۳۳/۸ ppm و ۱۱۴/۶ ppm می‌باشد. همچنین این عنصر دارای مقادیر بیشینه و کمینه ۶۲۰/۴ ppm و ۳۰/۳ ppm می‌باشد. با نگاه اجمالی به عیار نمونه‌ها می‌توان



می‌دهند و در نتیجه ارتباط میان عناصر بهتر مشخص می‌شود. دوم آنکه به وسیله هاله‌های مرکب می‌توان خطاهای تصادفی، تعداد داده‌ها و نقشه‌ها را به حداقل رسانده و به نتایج کارآمدتری دست یافت.

در مقاله حاضر برای بیان ارتباط ژنتیکی عناصر، از ضرائب همبستگی (Spearman & Pearson Correlation)، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (Cluster Analysis) و آنالیز فاکتوری (Factor Analysis) استفاده شده است.

محاسبه‌ی ضرائب همبستگی

برای شناسایی روابط ژنتیکی و ثانویه میان متغیرها (عناصر) و تجزیه و تحلیل آن‌ها، بررسی‌های دو متغیره، به عنوان نخستین گزینه انتخاب می‌شود. بررسی‌های دو متغیره شامل بررسی و تفسیر نمودار پراکنش و محاسبه ضریب همبستگی بین دو متغیر (عناصر) می‌باشد.

ضریب همبستگی و بررسی تغییرات آن در مراحل اکتشافی و به ویژه در اکتشافات ژئوشیمیایی کاربرد گسترده ای دارد. در پردازش‌های انجام شده، ضرائب همبستگی پیرسون و اسپیرمن با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه شده است که نتایج مربوط به آن‌ها به صورت ماتریس ضرائب همبستگی به ترتیب در جداول شماره ۳ و ۴ آورده شده است.

در جداول مذکور، ضرائب همبستگی (Corr) به ترتیب زیر طبقه‌بندی شده‌اند:

$$0.35 < Corr < 0.5 \text{ : همبستگی متوسط}$$

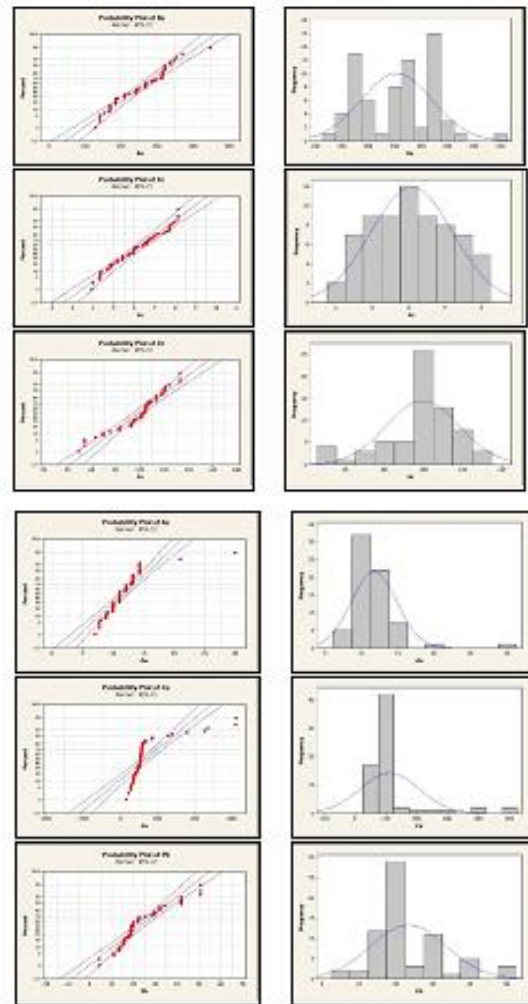
$$0.5 < Corr < 0.7 \text{ : همبستگی خوب}$$

$$Corr > 0.7 \text{ : همبستگی قوی}$$

با نگاهی به این جداول، نتایج زیر قابل استنتاج می‌باشد:

۱- این دو جدول حدود ۹۰٪ به یکدیگر شبیه هستند. مقایسه دو جدول بیانگر این نکته است که ماتریس همبستگی پیرسون علاوه بر اینکه تعداد همبستگی نسبی بیشتری را نشان می‌دهد، ضرائب همبستگی نیز مقادیر نسبتاً بیشتری محاسبه شده‌اند.

به طور کلی دو مزیت عمده در بررسی‌های آماری چند متغیره وجود دارد. نخست آنکه هاله‌های مرکبی که از روش‌های آماری چند متغیره



شکل ۳-هیستوگرام و تابع توزیع تجمعی عناصر آرسنیک، روی، مس، آهن، سرب و باریوم

به دست می‌آید نسبت به سیمای ساختمانی، زمین شناسی و ماهیت ژنتیکی نهشته‌های کانساری رابطه نزدیک‌تری را نشان

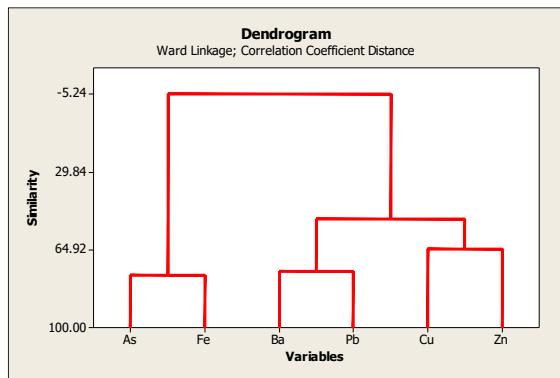


	Al	As	Ba	Ca	Ce	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Mg	Mn	Ni	P	Pb	Sr	Th	V	Zn	Zr
Al	1	0.03	-0.75	0.22	-0.23	-0.72	-1.11	0.66	-0.74	-0.07	0.58	0.55	-0.21	0.05	-0.67	0.02	0.17	0.02	0.19	-1.41	0.21
As		1	-0.59	0.26	-0.23	-0.87	0.91	-0.84	-0.10	-0.18	-0.54	0.08	0.17	0.10	0.02	0.75	0.17	0.02	0.14	0.01	0.99
Ba			1	-0.37	-0.61	0.88	0.93	-0.81	0.52	0.53	-0.41	-0.68	0.20	-0.69	0.62	-0.66	0.07	-0.52	-0.44	0.90	-0.65
Ca				1	-0.23	-0.33	-0.38	-0.08	-0.20	-0.05	-0.74	-0.81	0.68	0.20	0.54	0.81	-0.54	-0.83	0.18	0.64	0.20
Ce					1	-0.22	-0.37	0.18	0.74	-0.05	-0.74	-0.81	0.68	0.20	0.54	0.81	-0.54	-0.83	0.18	0.64	
Cr						1	-0.58	-0.24	0.14	0.14	-0.59	0.20	0.01	0.00	0.89	0.40	-0.49	0.06	-0.12	0.18	
Cu							1	-1.41	0.82	0.92	0.34	-0.20	-0.10	-0.07	-0.10	-0.12	0.09	-0.18	0.20	0.05	
Fe								1	0.02	-0.74	-0.11	0.55	-0.21	0.01	0.40	0.84	-0.98	0.04	0.04	0.03	
Ga									1	0.00	0.11	-0.44	-0.67	0.44	-0.20	0.16	0.29	0.14	0.22	0.78	
K										1	-0.87	-0.41	-0.65	0.99	0.23	0.02	-0.68	-0.93	-0.40	-0.44	
La											1	-0.82	-0.55	-0.31	0.56	-0.30	-0.84	-0.51	-1.02	-0.92	
Mg												1	0.50	0.60	0.38	0.27	-0.79	0.14	0.28	0.00	
Mn													1	0.24	0.09	0.48	0.23	-0.17	0.24		
Ni														1	-0.25	0.19	-0.80	0.29	0.60		
P															1	-0.69	-0.45	0.31	0.20		
Pb																1	-0.20	0.17	0.21		
Sr																	1	-0.18	0.05		
Th																		1	-0.24		
V																			1	0.06	
Zn																				1	
Zr																					1

۲- عنصر مس با بقیه عناصر همبستگی قابل توجهی ندارد و این امر بر اساس بررسی‌های زمین شناسی انجام شده ممکن است ناشی از مورفولوژی پست‌زون کانه‌دار باشد که باعث رقیق‌شدگی این عنصر در آبراه‌ها گردیده است.

آنالیز خوشه‌ای

آنالیز خوشه‌ای در حقیقت یک فرایند طبقه‌بندی غیرکنترلی است که مواد مورد بررسی را برحسب میزان شباهت یا تفاوت آن‌ها، خوشه‌بندی می‌کند (وانگ و سان، ۲۰۰۹). آنالیز خوشه‌ای ابزار مناسبی برای طبقه‌بندی و شناخت منشأ فلزات سنگین می‌باشد (لی و فنگ، ۲۰۱۲). در تفسیر و تجزیه و تحلیل خوشه‌های داده‌ها با توجه به همبدهای ژئوشیمیایی عناصر، هر گروه یا متأثر از عوامل زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی خاص است؛ بنابراین هر گروه یا زیرگروه را بایستی با همدیگر تعبیر و تفسیر نمود. (کوالکوفسکی و همکاران، ۲۰۰۵) به‌منظور شناسایی بهتر روابط بین عناصر آنالیز خوشه‌ای به‌روش وارد (۱۹۶۳) بر روی داده‌های خاک‌ها صورت پذیرفت که در شکل ۵ ارائه شده است.



شکل ۵- دندروگرام حاصل از آنالیز خوشه‌ای داده‌های رسوبات آبراه‌های محدوده گرو.

آنالیز فاکتوری

آنالیز فاکتوری روشی برای بررسی و مطالعه همزمان تغییرات متغیرهای مورد بررسی در یک نقطه و انعکاس نحوه تغییرات آن‌هاست (دیویس، ۱۹۸۶). مهم‌ترین مسئله در آنالیز فاکتوری، اصل بیان همبستگی بین مقادیر غلظت عناصر به‌منظور نمایش الگوی تغییرات همزمان آن‌ها در یک مکان است. در آنالیز فاکتوری به روش مؤلفه‌های اصلی (PCA) برآورد ماتریس ضرایب همبستگی به دست می‌آید. با محاسبه مقادیر ویژه این ماتریس مقادیر بزرگ‌تر از یک جدا شده و برای آن‌ها بردارهای ویژه محاسبه می‌گردد. در جدولی که تحت عنوان درصد تجمعی واریانس آمده است، مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد تجمعی واریانس متناظر با عوامل، محاسبه شده و سپس مقادیر بزرگ‌تر از یک استخراج و دوران داده شده‌اند. با توجه به جدول

جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون در رسوبات آبراه‌های گرو.

	Al	As	Ba	Ca	Ce	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Mg	Mn	Ni	P	Pb	Sr	Th	V	Zn	Zr
Al	1	0.03	-0.75	0.22	-0.23	-0.72	-1.11	0.66	-0.74	-0.07	0.58	0.55	-0.21	0.05	-0.67	0.02	0.17	0.02	0.19	-1.41	0.21
As		1	-0.59	0.26	-0.23	-0.87	0.91	-0.84	-0.10	-0.18	-0.54	0.08	0.17	0.10	0.02	0.75	0.17	0.02	0.14	0.01	0.99
Ba			1	-0.37	-0.61	0.88	0.93	-0.81	0.52	0.53	-0.41	-0.68	0.20	-0.69	0.62	-0.66	0.07	-0.52	-0.44	0.90	-0.65
Ca				1	-0.23	-0.33	-0.38	-0.08	-0.20	-0.05	-0.74	-0.81	0.68	0.20	0.54	0.81	-0.54	-0.83	0.18	0.64	0.20
Ce					1	-0.22	-0.37	0.18	0.74	-0.05	-0.74	-0.81	0.68	0.20	0.54	0.81	-0.54	-0.83	0.18	0.64	
Cr						1	-0.58	-0.24	0.14	0.14	-0.59	0.20	0.01	0.00	0.89	0.40	-0.49	0.06	-0.12	0.18	
Cu							1	-1.41	0.82	0.92	0.34	-0.20	-0.10	-0.07	-0.10	-0.12	0.09	-0.18	0.20	0.05	
Fe								1	0.02	-0.74	-0.11	0.55	-0.21	0.01	0.40	0.84	-0.98	0.04	0.04	0.03	
Ga									1	0.00	0.11	-0.44	-0.67	0.44	-0.20	0.16	0.29	0.14	0.22	0.78	
K										1	-0.87	-0.41	-0.65	0.99	0.23	0.02	-0.68	-0.93	-0.40	-0.44	
La											1	-0.82	-0.55	-0.31	0.56	-0.30	-0.84	-0.51	-1.02	-0.92	
Mg												1	0.50	0.60	0.38	0.27	-0.79	0.14	0.28	0.00	
Mn													1	0.24	0.09	0.48	0.23	-0.17	0.24		
Ni														1	-0.25	0.19	-0.80	0.29	0.60		
P															1	-0.69	-0.45	0.31	0.20		
Pb																1	-0.20	0.17	0.21		
Sr																	1	-0.18	0.05		
Th																		1	-0.24		
V																			1	0.06	
Zn																				1	
Zr																					1

جدول ۴- ضرایب همبستگی اسپیرمن در رسوبات آبراه‌های گرو.



هدف مورد نظر بستگی دارد. نقشه‌های ژئوشیمیایی را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

۱- نقشه‌های که غلظت عناصر را در محل نمونه‌ها نشان می‌دهند (نقشه‌های نمادین یا symbol map).

۲- نقشه‌هایی که تاکید بر الگوی توزیع عناصر در مقیاس ناحیه‌ای و محلی دارند (نقشه‌های کنوری و طیفی).

تکنیک رسم نقشه‌های نوع دوم به طور مرسوم و گسترده در بسیاری از نرم‌افزارهای کامپیوتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس این روش درون‌یابی (Interpolation) مقادیر برای نقاط فاقد اطلاعات یک شبکه منظم (نقاط گره) از روی داده‌های موجود می‌باشد. به دنبال آن کنتورها از بین نقاط شبکه عبور داده می‌شود و رشته‌ای از مختصات که بیانگر سطح با نقاط هم مقدار بر روی آن است، پدید می‌آورد. نظم شبکه لزوم ذخیره سازی جهت مختصات‌ها را برای هر نقطه گره در شبکه مرتفع ساخته و موجب تسهیلات بعدی در پردازش داده‌ها می‌گردد. عوامل موثر در تغییر سطح پردازش شده نهایی عبارتند از:

جدول ۶- جدول مقادیر تبدیل یافته هر مؤلفه و ضرایب امتیازی (فاکتورها).

	Rotated Component Matrixa					
	Component					
	1	2	3	4	5	6
Al	.568	-.120	-.179	-.109	.253	-.015
As	.571	-.096	.076	.668	-.298	-.266
Ba	-.950	-.059	-.001	.025	.255	.050
Ca	.315	-.598	-.203	.127	-.531	-.022
Ce	-.869	-.032	.123	.301	.199	-.153
Co	.946	.077	.053	.226	-.113	-.132
Cr	-.458	.039	.339	-.220	.107	.040
Cu	-.070	-.078	-.036	.020	-.077	-.028
Fe	.931	.117	-.108	.045	.022	.023
Ga	-.402	.213	.042	-.635	.403	.359
K	-.777	.489	.161	-.258	.220	.055
La	-.951	-.009	.047	-.082	.211	.076
Li	.838	.374	.193	.193	-.208	-.088
Mg	.951	.028	.236	.032	-.116	-.073
Mn	.725	-.186	.027	-.152	-.402	-.032
Na	-.127	-.452	-.546	-.273	.416	.076
Ni	-.104	.000	.930	.113	-.143	-.156
P	.201	.343	.098	-.326	.139	-.149
Pb	-.225	-.190	.065	.829	.075	.235
Sn	.421	.711	-.183	.100	-.002	-.042
Sr	.104	-.958	-.076	.112	-.072	-.036
Ti	.884	.386	-.091	.050	.035	-.046
V	.942	.080	-.152	.116	-.208	.004
Y	-.231	.136	-.091	-.065	.788	-.096
Zn	.503	.019	.652	.176	.250	.343
Zr	.592	.480	.484	-.304	-.119	.207

ماتریس دوران یافته (جدول ۸-۴) و نیز میزان بار فاکتوری که نرم‌افزار برای هر عامل محاسبه می‌کند، جهت انجام آنالیز فاکتوری از امکانات نرم‌افزار SPSS در محیط Windows بهره گرفت.

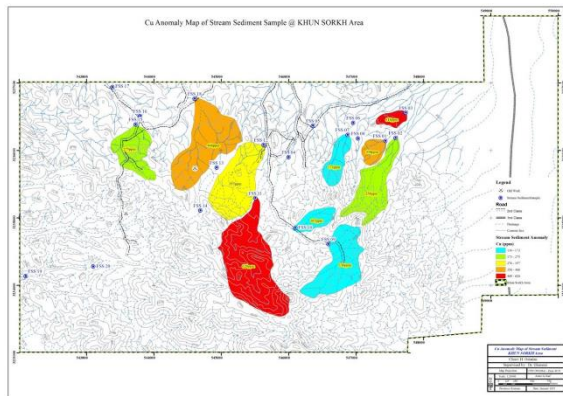
بر اساس جدول مقادیر ویژه (جدول ۵) ۶ فاکتور توانسته ۹۰٪ واریانس و تغییرات عمومی محیط ژئوشیمیایی را توجیه کند. در محدوده مورد مطالعه پس از انتخاب پنج مولفه اول مقادیر خام هر مولفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مولفه و ضرایب امتیازی هر مولفه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۵- جدول مقادیر ویژه، واریانس و واریانس تجمعی هر مولفه، همراه با مقادیر مشارکت هر مولفه.

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 %
1	11.893	45.742	45.742	11.893	45.742	45.742	11.245	43.249	43.249
2	4.474	17.208	62.949	4.474	17.208	62.949	3.681	14.156	57.405
3	2.875	11.057	74.006	2.875	11.057	74.006	2.849	10.957	68.362
4	1.798	6.914	80.920	1.798	6.914	80.920	2.252	8.662	77.024
5	1.291	4.966	85.885	1.291	4.966	85.885	2.010	7.730	84.754
6	1.118	4.299	90.184	1.118	4.299	90.184	1.412	5.431	90.184
7	.887	3.410	93.594						
8	.444	1.709	95.304						
9	.366	1.408	96.712						
10	.313	1.204	97.916						
11	.263	1.013	98.929						
12	.139	.533	99.462						
13	.062	.237	99.698						
14	.042	.161	99.860						
15	.013	.051	99.911						
16	.009	.035	99.946						
17	.008	.032	99.978						
18	.006	.022	100.000						
19	.000	.000	100.000						
20	.000	.000	100.000						
21	.000	.000	100.000						
22	.000	.000	100.000						
23	.000	.000	100.000						
24	.000	.000	100.000						
25	.000	.000	100.000						
26	.000	.000	100.000						

رسم نقشه ناهنجاری عناصر

در زمینه اکتشافات ژئوشیمیایی، اهمیت تغییرات فضایی داده‌ها در راستای تشخیص الگوهای غیرمعمول که ممکن است در ارتباط با پتانسیل‌های کانی‌سازی باشند، بر کسی پوشیده نیست (رولینسون، ۱۹۹۳). توزیع فضایی مقادیر غلظت عناصر به صورت نقشه توصیف می‌شود که طبیعت و مقیاس این نقشه به



شکل ۶ نقشه ناهنجاری عنصر مس در نمونه‌های آبراه‌های محدوده گرو

نتیجه‌گیری

مطالعات ژئوشیمیایی و نتایج به دست آمده از شرح نقشه‌ها مقایسه آماری می‌توان نتیجه گرفت که محدوده گرو از نظر کانی‌سازی مس دارای اهمیت است و همچنین عناصر همراه مس مانند سرب و مس نیز بی‌هنجاری خوبی نشان دادند زیرا همپوشانی کاملاً معنی‌دار در محدوده می‌شود ارتباط آن با کانی‌سازی در بالا دست این آبراه‌ها، بارزترین نتیجه بررسی‌ها و رسم نقشه‌ها بوده است. شواهد کانی‌سازی در بخش مرکزی با توجه به عیارهای به دست آمده از نمونه‌های کانی‌سازی شده مشروط بر گسترش سطحی و عمقی می‌تواند حائز اهمیت تلقی شده و به عنوان منطقه حاوی پتانسیل در مسیر ادامه عملیات اکتشافی قرار گیرد.

منابع و ماخذ

حسینی پاک، ع. و شرف‌الدین، م.، ۱۳۸۰، "تحلیل داده‌های اکتشافی" انتشارات دانشگاه تهران، ۳۷۸ صفحه.

Davis, J.C., 1986, "Statistics and Data Analysis in Geology", John Wiley, New York
Dimitrijevic, M.D., 1973, "Geology of Kerman Region. Geology Survey of Iran", Report No. 52, 334 p.
Kowalkowski, T., Zbytniewski, R., Szpejna, J., Buszewski, B., 2005, "Application of chemometrics in river water classification", Water Res, 40(4):744-752.

الف- تعداد نمونه‌ها: هر چه سطح برازش شده دارای پیچیدگی بیشتری باشد، تعداد داده‌های بیشتری برای توصیف آن مورد نیاز است. این تعداد داده‌ها از پیش شناخته شده نبوده و در اکتشافات ژئوشیمیایی، چگالی نمونه برداری از پیش و براساس مفهوم اولیه ابعاد هدف مورد نظر تعیین می‌گردد.

ب- توزیع فضای نمونه‌ها: وضعیت نقاط نمونه برداری براساس ماهیت جستجو و محیط نمونه برداری تغییر می‌کند. داده‌های با توزیع فضایی نامنظم در نمونه برداری رسوبات آبراهه ای امری عادی است چون که طراحی شبکه نمونه برداری براساس الگوی حوضه آبریز صورت می‌گیرد.

در این پروژه، استخراج نواحی ناهنجر توسط محاسبه‌ی مقادیر زمین، حد آستان‌های و آنومالی‌های هر عنصر (ممکن و احتمالی) در دستور کار قرار گرفت. برای رسم نقشه‌های ژئوشیمیایی مربوط به رسوبات آبراهه‌ای نمی‌توان از نرم‌افزارهای متداول تخمین استفاده کرد؛ زیرا این نمونه‌ها برخلاف نمونه‌های ژئوشیمیایی مربوط به بخش سنگ یا خاک (که معرفی از اطراف خود هستند)، معرفی از حوضه‌ی آبریز است. یعنی هر نمونه از حوضه‌ی آبریز آبراهه‌ای که از آن برداشت گردیده تاثیر می‌پذیرد. لذا ترسیم نقشه‌ها با استفاده از نرم افزار ArcGIS و روش ترسیم حوضه آبریز نمونه استفاده شده است.

بر اساس نقشه حاصله (شکل ۶)، در مرکز محدوده شاهد آنومالی گسترده‌ای از عنصر مس هستیم که عیار نمونه مربوطه ۶۲۰ گرم بر تن بوده است. پس از نمونه ۱۱، نمونه شماره ۳ بالاترین میزان مس را به خود اختصاص داده است که برابر با ۶۱۸ گرم بر تن بوده و در بخش شمال شرق محدوده ایجاد ناهنجاری نموده است. علاوه بر اینها، نمونه‌های شماره ۱، ۲، ۱۲، ۱۸ و ۱۶ که به ترتیب ۴۵۰، ۲۵۸، ۳۵۷، ۴۶۸ و ۲۷۵ گرم بر تن مس دارند، دارای عیار بالاتر از میانگین (۲۱۰ گرم بر تن) می‌باشند و ناهنجاری‌های خوبی را در بخش میانی سبب شده‌اند (شکل ۶).



Hale, M., Plant, J.A, 1994, "Drinage geochemistry in mineral exploration," Elsevier, Sci.Ltd., 120

Li, X.P., Feng, L.N., 2012, "Multivariate and geostatistical analyzes of metals in urban soil of Weinan industrial areas, Northwest of China", Atmos Environ 47:58–65

Rollinson, H., 1993, "Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation: Harlow", U.K., Pearson Education Limited, 352 p

Shahabpour, J., 2005, "Tectonic evolution of the orogenic belt in the region located between Kerman and Neyriz", Journal of Asian Earth Science, 24: 405-417

Solovov, A.P, 1987, "Geochemical Prospecting for Mineral Deposits", Mir, Moscow, 288 pp.

Ward, Jr., 1963, "Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function", Journal of the American Statistical Association, 58. 236–244

Wang, X.S., Sun, C., 2009, "Pt and Pd concentrations and source in urban roadside soils from Xuzhou, China", Environ Geol, 56:1129–1133