

تحلیل آماری به روش آنالیز مولفه های اصلی و نمودار درختی در داده های رسوبات آبراهه ای نقشه یک صد هزارم کیوی، استان اردبیل

عادل شیرازی^۱، منصور ضیائی^{۲*}، اردشیر هزارخانی^۳

^۱ دانشجوی دکتری تخصصی، مهندسی معدن گرایش اکتشاف مواد معدنی، دانشگاه صنعتی شاهرود، Adel.Shirazy@shahroodut.ac.ir

^۲ دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، Mziaii@shahroodut.ac.ir

^۳ استاد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی معدن، Ardehez@aut.ac.ir

چکیده: منطقه مورد مطالعه موسوم به کیوی واقع در استان اردبیل، یکی از مناطق با پتانسیل عناصر فلزی است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیوی برداشت نمونه رسوبات آبراهه ای توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام گرفته است. یکی از اهداف عمده مطالعات ژئوشیمیایی، تحلیل و پردازش داده ها و دستیابی به بی‌هنجاری های عناصر و روابط بین آنها با استفاده از تحلیل های مختلف از جمله آنالیز مولفه های اصلی و بررسی های آماری تک و چند متغیره برای پتانسیل یابی کانی زایی است. در این پژوهش پس از پایش داده ها و مرتب سازی آنها، ابتدا بررسی های اولیه و سپس روش PCA و همچنین بررسی نمودار درختی صورت پذیرفت. در روش آنالیز مولفه های اصلی مشاهده گردید که مولفه اول لیتولوژی منطقه را تشکیل داده و مولفه دوم میتواند نشانگر کانی زایی باشد. برای بررسی های دقیقتر نمودار درختی برای عناصر با روش هایی چون مجذور فاصله اقلیدسی رسم و عناصر کانی ساز منطقه به تیتانیوم و روی کاهش یافت و این عناصر برای مطالعات بیشتر در این منطقه معرفی شدند و تجمع آنها در نقشه زمینشناسی به صورت هم پوشان ترسیم گردید.

واژه های کلیدی: آنالیز مولفه های اصلی، نمودار درختی، زمین آمار، کیوی، اردبیل

۱- مقدمه

نقشه یک صد هزارم ژئوشیمیایی کیوی از نقشه های استان اردبیل است که در شمال غربی چهارگوش زمین شناسی بندر انزلی قرار دارد. از منطقه کیوی تعداد ۷۱۴ نمونه رسوبات آبراهه ای جمع آوری و به روش ICP-MS تجزیه شده. تعیین عناصر مرتبط با کانی سازی و تشخیص الگوی کانی سازی یکی از مباحث مهم اکتشاف کانسارها است. در این تحقیق به منظور تعیین عناصر مرتبط با کانی سازی ابتدا تحلیل های اولیه آمار کلاسیک انجام گرفته و سپس برای شناخت الگو و چگونگی همراهی عناصر مورد توجه با یکدیگر از روش تحلیل مولفه های اصلی [۴-۱] بر روی داده های ژئوشیمیایی انجام میگردد. روش PCA یکی از روش های مشهور در آنالیز چند متغیره است و ابزاری مفید جهت ترکیب چند متغیره وابسته در یک متغیر و کاهش بعد مجموعه داده ها در مولفه های اصلی غیر وابسته بر اساس کواریانس و همبستگی [۷-۵] متغیرها است که یک همبستگی درونی را نشان میدهد. نمودار درختی [۱۲-۸] نیز با محاسبات مختلفی چون فاصله اقلیدسی میتواند تشابه عناصر را به صورت گروه بندی نشان داده و ابزاری برای اثبات عنصر مورد توجه باشد. از دیرباز این روش ها بسیار مورد توجه بوده و در مطالعات بسیاری استفاده شده اند.

۲- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه کیوی شامل سه واحد رسوبی، آذرین و دگرگونی می باشد. [۱۳] قدیمی ترین واحد رسوبی موجود سنگهای قبل از کرتاسه می باشد و جدیدترین آن مربوط به کواترنر و عهد حاضر است. (شکل ۱)

۱-۲- زمین شناسی عمومی منطقه

در مسیر جاده سنگ آباد به میانه رخنمونهایی از سنگهای دگرگونی با ترکیب فلدسپات، کلدیریت، میکاشیست، فیلیت دیده می شود. رخنمونهای آهکهای کرتاسه فقط در نواحی جنوب خاوری منطقه مورد مطالعه دیده میشود که گسترش آنها به سوی خاور بیشتر است. این واحد بصورت آهک سیلیسی توده ای تا ضخیم لایه است و گاهی میان لایه های آهک شیلی، شیلهای آهکی و شیلهای پیریت دار داخل آن دیده می شود. رنگ آن خاکستری و گاهی گلی پرنگ است. [۱۳]

در منطقه بصورت واحدهای رسوبی و آذرین است که قسمت اعظم منطقه را پوشانده است. پس از ولکانیسم گسترده ائوسن و احتمالاً با یک وقفه زمانی که میتواند معادل فاز پیرنئن باشد، فعالیت الیگوسن با پدیده های آتشفشانی بصورت خروج گدازه های ریولیتی و آندزیتی شروع شده و با رسوبگذاری کنگلومرا، ماسه سنگ و مارن ادامه می یابد.

سنگهای آذرین رخنمون شده در این منطقه شامل سنگهایی با ترکیب داسیتی، میانه و بازیک است. سنگهای اسیدی و میانه فقط در جنوب باختری منطقه دیده می شود. در حالیکه سنگهای گابرویی در بخشهای خاوری و شمال این منطقه رخنمون دارد. با توجه به اینکه تمام توده های نفوذی منطقه، سنگهای آتشفشانی ائوسن را قطع کرده اند، احتمالاً خروج آنها می تواند در ارتباط با فاز کوهزایی پیرنئن (ائوسن - اولیگوسن) باشد. سنگهای گرانیتی در جنوب باختری روستای کمندان و در حاشیه رودخانه قزل اوزن دیده می شود. رنگ اصلی سنگ گلی روشن و دارای فلدسپات و کوارتز، در متن می باشد. بافت سنگ میکروگرانولار و گرافیک بوده، کانیهایی تشکیل دهنده آن، فلدسپات آلکالن، پلاژیوکلاز، کوارتز و مسکویت است. این توده نفوذی کوچک در داخل سنگهای آتشفشانی ائوسن تزریق شده و اثرات دگرسانی روی این سنگها بجا گذاشته است. بنابراین می توان گفت که این سنگها جوانتر از سنگهای ائوسن می باشد. [۱۳]

در کنار رخنمون گرانیت دو بیرونزدگی کوچک نیز از یک توده نفوذی با ترکیب کوارتز مونوزونیت دیده می شود. بافت سنگ گرانولار است، کانیهایی آن پلاژیوکلاز، فلدسپات آلکالن، کوارتز، آمفیبول، کلریت، اپیدوت و سیرسیت می باشد. در جنوب روستای النگش در داخل آندزیت های پورفیری و مگاپورفیری ائوسن، دایکهای متعدد و ضخیمی دیده می شود که دارای راستای شمال خاوری - جنوب باختری هستند.

این دایکها اغلب در ستیخ کوهها مشاهده میگردند. بافت این سنگها میکروگرانولار بوده و دارای کانیهایی پلاژیوکلاز در حد لابرادوریت، کلینوپیروکسن از نوع اوژیت، الیون تجزیه شده و کانیهایی کدر می باشد. حداکثر پهنای این دایکها ۳۰ متر بوده و طول آنها گاهی بیش از ۲۰۰۰ متر می رسد. رخنمونهایی از سنگهای گابرویی و الیون گابرو در باختر روستای النگش و جنوب روستای سیاه پوش دیده میشود. این گابروها نیز سنگهای آتشفشانی ائوسن را قطع کرده اند. بافت این سنگها میکروگرانولار است. کانیهایی تشکیل دهنده سنگ شامل پلاژیوکلاز، اوژیت، الیون تجزیه شده به کلریت، سرپانتین و ایدنگسیت، آپاتیت و کانیهایی فلزی است. این سنگها نیز جوانتر از سنگهای آتشفشانی ائوسن هستند. [۱۳]

۲-۲- زمین شناسی اقتصادی منطقه

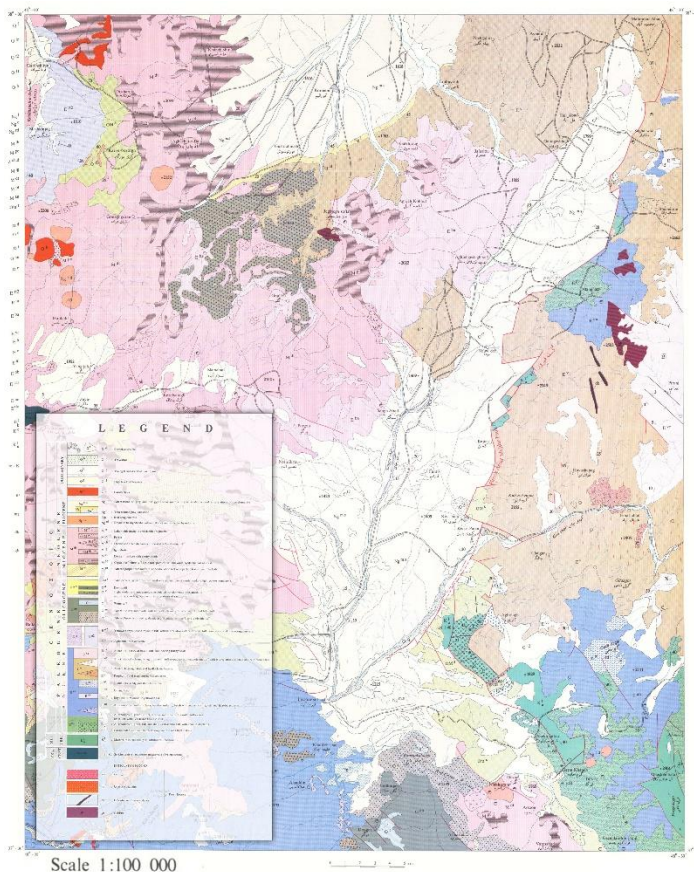
اندیسهای فراوانی از کانیهایی فلزی و غیرفلزی در منطقه به چشم می خورد. برخی از مواد معدنی مثل مس، زغال سنگ، تراورتن، سنگ ساختمانی و آهک، شن و ماسه یا قبلاً استخراج شده اند و یا در حال حاضر نیز مورد بهره برداری قرار دارند.

آهک اسپارایتی کرتاسه بالا دارای رنگ مناسب برای استفاده در سنگ نما هستند ولی اغلب بعلت عملکرد گسلها خرد شده می باشند. در داخل سنگهای آتشفشانی ائوسن آثاری از کانی سازی مس بصورت پراکنده و رگه ای دیده می شود. مس در این منطقه بسیار مورد اهمیت است. از بازالت های تحتانی ائوسن نیز به عنوان سنگ ساختمانی مورد استفاده قرار می گیرد.

در جنوب خاوری روستای سنجیدله و در داخل بخش ولکانوسیدیمتر ائوسن، آثاری از زغال سنگ نامرغوب وجود دارد که با توجه به ذخیره کم و نامرغوب بودن آن نمی تواند به عنوان یک اندیس خوب در نظر گرفته شود.

در داخل سنگهای آتشفشانی نئوژن، سنگهایی با بافت پرلیتی و سیاه رنگ دیده می شود که از نظر ترکیب شیمیایی مشابه پرلیت است و جهت استفاده صنعتی نیاز به مطالعات بیشتری دارد. مارنهای قرمز نیز بویژه در مناطق شمال خاوری روستای فاراب جهت تهیه آجر ساختمانی مناسب می باشد. زیرا مقدار گچ و نمک خیلی پایینی دارد و درصد کانیهایی رسی آن بالاست. [۱۳ و ۱۴]

در منطقه مورد مطالعه چشمه های آهک ساز نسبتاً زیادی فعال بوده و تراورتن های متنوعی را بوجود آورده اند که بعضی از آنها با توجه به رنگ و ضخامت مناسب می تواند مورد بهره برداری قرار گیرد. همچنین بستر رودخانه های موجود مثل کیوی چای و سنگورچای می تواند محل مناسبی برای استخراج شن و ماسه باشد.



Scale 1:100 000

شکل ۱: نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کیوی، اردبیل [۱۳]

۳- روش شناسی

۳-۱- روش تحلیل مولفه های اصلی

تحلیل مولفه های اصلی تبدیلی در فضای برداری است، که بیشتر برای کاهش ابعاد مجموعه داده ها مورد استفاده قرار می گیرد. تحلیل مولفه های اصلی در سال ۱۹۰۱ توسط کارل پیرسون ارائه شد. این تحلیل شامل تجزیه مقادیرهای ویژه ماتریس کواریانس می باشد. تحلیل مولفه های اصلی در تعریف ریاضی یک تبدیل خطی متعامد است که داده را به دستگاه مختصات جدید می برد به طوری که بزرگترین واریانس داده بر روی اولین محور مختصات، دومین بزرگترین واریانس بر روی دومین محور مختصات قرار می گیرد و همین طور برای بقیه. تحلیل مولفه های اصلی می تواند برای کاهش ابعاد داده مورد استفاده قرار بگیرد، به این ترتیب مولفه هایی از مجموعه داده را که بیشترین تاثیر در واریانس را دارند حفظ می کند. در این روش میتوان سنگساز (که معمولاً در مولفه اول و دوم مشاهده میشود) و کانی سازی را جدا کرد و حتی اثر لیتولوژی منطقه را حذف کرد. [۱۵]

۳-۲- روش خوشه بندی درختی

در داده کاوی و آمار، خوشه بندی سلسله مراتبی یک روش خوشه بندی می باشد که هدف آن ساخت یک سلسله مراتب از خوشه ها می باشد. روش های خوشه بندی سلسله مراتبی به دو دسته تقسیم می شوند:

- تجمعی: رویکرد این دسته «پایین به بالا» می باشد: با شروع از پایین، در هر مرحله دو خوشه با یکدیگر جمع شده و یک خوشه جدید تشکیل می دهند. خوشه های جدید در سطح های بالاتر قرار گرفته و این روند تکرار می شود.
- تجزیه ای: رویکرد این دسته «بالا به پایین» می باشد: با شروع از بالا، در هر مرحله یک خوشه به خوشه های کوچکتری تجزیه می شود که در سطح پایین تر قرار می گیرند.

هر سطح از سلسله مراتب یک دسته بندی از داده ها را نمایش می دهد که می توان به آن به شکل یک درخت نگاه کرد. هر کدام از برگ های درخت نشان دهنده یک مشاهده اولیه می باشند و ریشه درخت مجموعه ای تمام مشاهدات است. نتایج یک خوشه بندی سلسله مراتبی عموماً به شکل یک دندروگرام نمایش داده می شوند. [۱۶-۱۸]

۴- بحث و بررسی

۴-۱- تحلیل اولیه تک متغیره

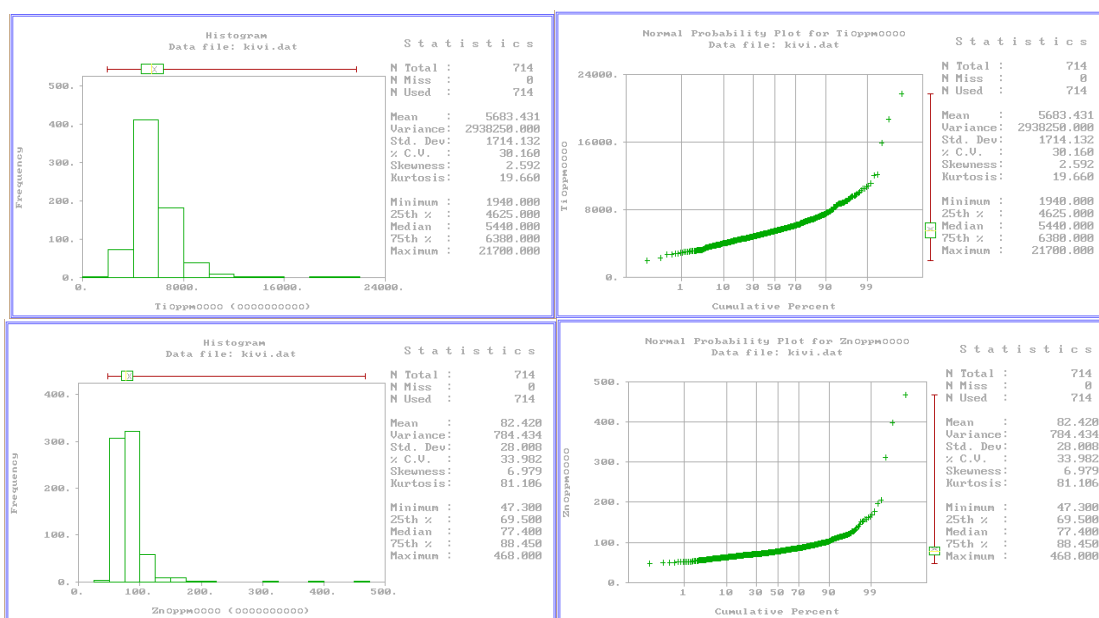
پس از آنالیز داده ها به صورت تک متغیره که در جدول ۱ آورده شده است و با توجه به رسم هیستوگرام و نمودار احتمال تمامی داده ها توسط نرم افزار ژئوایز که در ادامه آورده میشود عناصر مهم در این بررسی انتخاب گردید. [۱۹]

جدول ۱: پارامترهای آماری داده ها

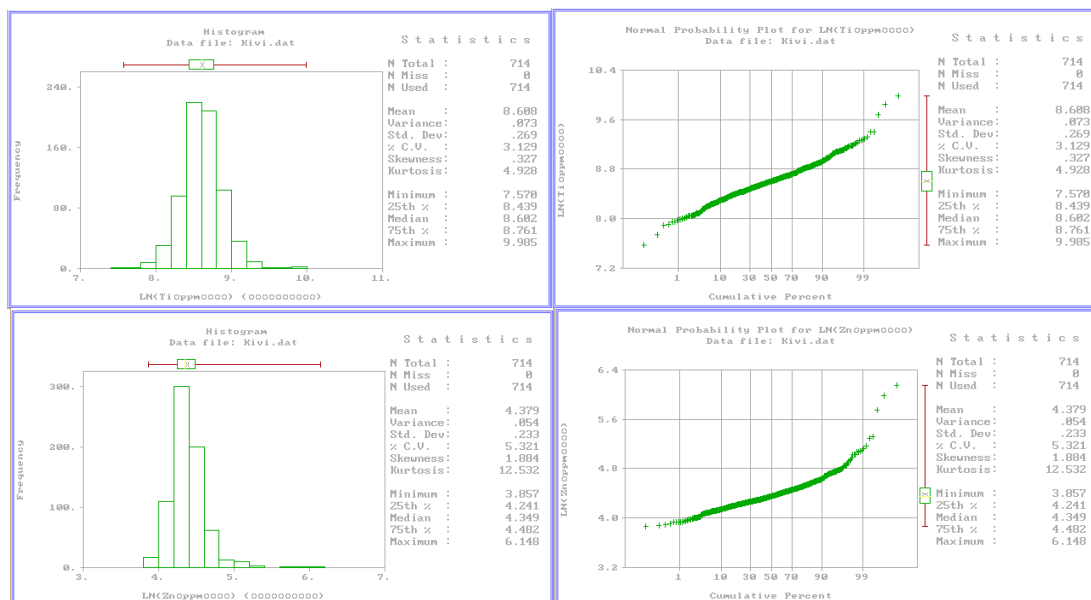
عناصر	میانگین	میان	مد	کمینه	بیشینه	واریانس	چولگی	تیزی	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات	حد زمینه	اولویت آنومال
Ag (ppm)	۰	۰.۱۵	۰.۱۳	۰.۰۳	۴.۸۰	۰.۷۹	۱۰.۸۴۴	۱۴۷.۱۹۹	۰.۲۸۰۳۲۸۰	۱۴۰.۱۶۳۹۷۶۱	۰.۱	۷
As (ppm)	۱۵	۱۰.۸۵	۴.۹۰	۰.۵۰	۱۷۵.۰۰	۲۵۰.۷۷۶	۴.۳۵۴	۲۶.۹۲۳	۱۵.۸۳۵۹۱۰۹	۱۰۲.۸۳۰۵۹۰۴	۱۵۰	۸
Au (ppm)	۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۰	۳.۳۴۴	۱۸.۹۰۹	۰.۰۱۷۶۶۸	۷۸.۸۷۳۳۷۸۷	-	
Ba (ppm)	۶۵۷	۶۶۱.۰۰	۶۲۸.۰۰۰ ^a	۱۶۹.۰۰	۱۴۸۰.۰۰	۴۲۵۱۹.۱۰۹	۰.۱۹۵	-۰.۰۰۵	۲۰۶.۲۰۱۶۲۱۴	۳۱.۴۰۹۲۳۴۰	۱۰۰ to ۳۰۰	
Be (ppm)	۲	۱.۹۰	۲.۰۰	۱.۰۰	۱۴.۰۰	۱.۴۹۲	۳.۹۷۰	۲۱.۸۳۸	۱.۲۲۱۴۲۷۰	۵۵.۵۱۹۴۱۰۳	۶	
Co (ppm)	۱۸	۱۶.۶۵	۱۷.۰۰	۳.۵۰	۶۲.۲۰	۵۳.۴۶۷	۱.۲۰۳	۲.۵۴۵	۷.۳۱۲۱۳۳۹	۴۰.۶۲۲۹۶۶۰	۱۵۰	
Cr (ppm)	۷۳	۴۸.۰۰	۴۰.۰۰	۱۱.۰۰	۱۱۰۰.۰۰	۷۱۵۵.۶۹۱	۵.۱۸۲	۴۱.۸۲۷	۸۴.۵۹۱۳۱۷۱	۱۱۶.۵۱۶۹۶۵۸	۵۵۰	۲
Cu (ppm)	۸۰	۷۰.۰۰	۱۱۲.۰۰	۱۳.۰۰	۲۲۲.۰۰	۱۷۵۶.۸۷۴	۰.۹۳۹	۰.۳۲۳	۴۱.۹۱۵۰۸۳۳	۵۲.۳۹۳۸۵۴۱	۲۵۰	۵
Mn (ppm)	۹۸۹	۹۵۶.۰۰	۱۰۰۰.۰۰	۴۴۹.۰۰	۳۱۶۰.۰۰	۵۲۹۹۷.۲۹۸	۲.۲۶۶	۱۳.۰۲۹	۲۳۰.۲۱۱۴۱۹۶	۲۳.۲۷۷۱۹۱۱	۸۵۰	۳
Mb (ppm)	۲	۱.۹۰	۱.۵۰	۰.۱۰	۳۸.۶۰	۳.۴۷۷	۱۰.۷۶۶	۲۰.۲۶۹۳	۱.۸۶۴۵۴۵۷	۸۳.۹۸۸۵۴۶۶	۲	۶
Ni (ppm)	۳۵	۲۷.۰۰	۲۱.۰۰	۹.۰۰	۲۱۰.۰۰	۷۵۱.۷۷۲	۳.۱۹۸	۱۱.۸۱۲	۲۷.۴۱۸۴۶۲۰	۷۹.۴۷۳۸۰۳۰	۵۵۰	
Pb (ppm)	۱۶	۱۵.۴۰	۱۵.۱۰	۵.۹۰	۵۶.۲۰	۲۰.۴۵۹	۲.۳۶۵	۱۴.۵۳۷	۴.۵۲۳۱۸۴۹	۲۸.۶۲۷۷۵۲۶	۲۵۰	
Sb (ppm)	۲	۱.۳۰	۰.۸۰	۰.۲۰	۲۵.۳۰	۵.۶۸۴	۳.۶۶۶	۱۹.۹۹۲	۲.۳۸۴۱۳۴۱	۱۱۳.۵۳۰۱۹۴۱	۵	
Se (ppm)	۱	۰.۷۰	۰.۷۰	۰.۲۰	۱.۸۰	۰.۶۸	۰.۴۱۳	۰.۳۰۰	۰.۲۶۱۴۸۱۳	۳۸.۴۵۳۱۳۵۷	-	
Sn (ppm)	۲	۱.۵۰	۱.۴۰	۰.۸۰	۸.۲۰	۰.۵۵۴	۲.۹۹۱	۱۲.۸۲۷	۰.۷۴۴۲۵۸۰	۴۱.۳۴۷۶۶۹۱	۱۰	
Sr (ppm)	۵۰۱	۴۹۰.۵۰	۴۶۴.۰۰	۷۰.۰۰	۱۰۳۰.۰۰	۲۸۰۶۷.۹۱۷	۰.۱۶۷	۰.۰۶۱	۱۶۷.۵۳۴۸۲۱۹	۳۳.۴۴۰۰۸۴۲	۵۰ to ۱۰۰	۴
Ti (ppm)	۵۶۸۳	۵۴۴۰.۰۰	۵۵۸۰.۰۰	۱۹۴۰.۰۰	۲۱۷۰۰.۰۰	۲۹۳۸۲۴۹.۷۸۰	۲.۵۹۷	۱۶.۷۸۶	۱۷۱۴.۱۳۳۳۶۹۴	۳۰.۱۶۲۴۵۵۹	۵۰۰	۱
W (ppm)	۳	۲.۲۰	۲.۱۰	۰.۸۰	۹.۶۰	۱.۵۹۴	۲.۲۰۴	۶.۵۸۶	۱.۲۶۲۳۶۶۹	۴۸.۵۵۲۵۷۴۰	-	
Zn (ppm)	۸۳	۷۷.۴۰	۷۱.۰۰	۴۷.۳۰	۴۶۸.۰۰	۷۸۴.۴۳۴	۶.۹۹۴	۷۸.۶۶۴	۲۸.۰۰۷۷۵۰۸	۳۳.۹۴۸۷۸۸۸	۱۰ to ۳۰۰	

داده ها به فرمت نرم افزار SPSS تهیه شده و جدول آماری از داده ها بدست آمده که در جدول قبل آورده شد. و اولویت آنومال بودن عناصر نیز در ستون آخر آورده شد.

در صورتی که کانی سازی یا آلودگی در منطقه وجود داشته باشد میانگین روی میانه قرار نمی گیرد و میانه به چپ یا راست میانگین منحرف می شود و تقارن در هیستوگرام وجود ندارد و در نمودار احتمال نیز داده ها روی یک خط مستقیم قرار می گیرند. در نتیجه عناصر با اهمیت با توجه به بالا بودن نسبت به زمینه و چولگی و کشیدگی و همچنین عدم تقارن در هیستوگرام و خطی نبودن در نمودار احتمال از دیگر عناصر جدا می شوند. [۲۰-۲۱] با توجه به جدول ۱ که نشان دهنده بررسی تک متغیره عناصر می باشد و حد زمینه هر عنصر؛ تعداد ۸ عنصر که دارای اهمیت می باشند انتخاب گردید (زرد قرمز). و رنگ زرد عناصر مشکوک به آنومال بودن هستند. برای دو عنصر مهم شناسایی شده نیز نمودار احتمال و هیستوگرام به صورت غیر لوگاریتمی و لوگاریتمی (شکل های ۲ و ۳) نیز در ذیل رسم گردید.



شکل ۲: نمودار های احتمال و هیستوگرام به صورت غیر لوگاریتمی برای تیتانیوم و روی



شکل ۳: نمودار های احتمال و هیستوگرام به صورت لوگاریتمی برای تیتانیوم و روی

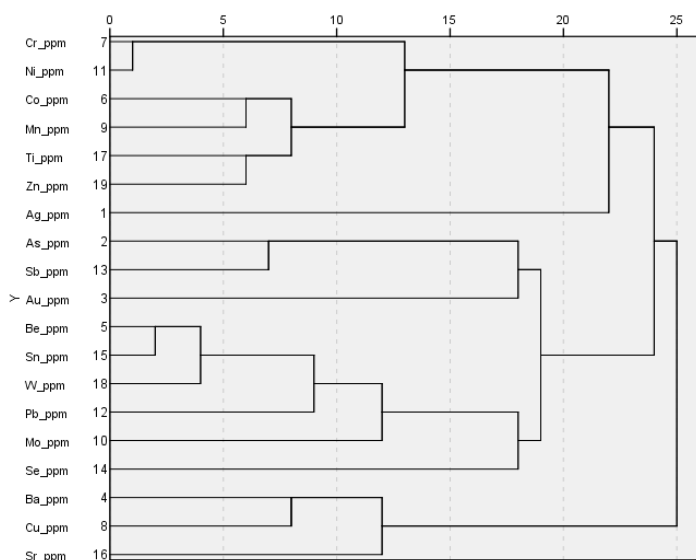
۴-۲- بررسی ضرایب همبستگی و خوشه بندی درختی

در مطالعات تک متغیره و بررسی های آماری مربوط به آن ها، عدم وابستگی متغیرها ملاک اصلی است؛ اما عملاً چنین چیزی را نمی توان در طبیعت مشاهده نمود؛ چرا که عوامل مختلفی از قبیل عوامل ژنتیکی و غیره می توانند در ارتباط و وابستگی متغیرها به یکدیگر مؤثر باشند. بنابراین مقدار این وابستگی را میتوان به صورت یک عدد بیان کرد. ضریب همبستگی [۲۲] و ارتباط ژئوشیمیایی بین عناصر عبارت است از سنجشی از شدت وابستگی دو متغیر اندازه گیری شده در مجموعه ای از داده های منفرد وضعیت توزیع و پراکندگی عناصر مختلف در واحدهای سنگی یک کانسار و بررسی ارتباط و وابستگی این عناصر با یکدیگر، از مهم ترین موارد در بررسی های ژئوشیمیایی است، زیرا با استفاده از آن می توان تا حدودی به محیط و فرآیندهای مؤثر در تشکیل کانسار پی برد. در این بخش از تحقیق، به منظور تعیین ارتباط بین عناصر در سنگ های کانه زار، ضرایب همبستگی در ماتریس همبستگی این عناصر محاسبه گردید (جدول ۲) همبستگی های بالا که توسط رنگ نارنجی نشان داده شده نشان دهنده همبستگی شدید عنصر تیتانیوم و روی که عناصر کانی ساز منطقه است را نشان و سایر همبستگی ها مربوط به لیتولوژی منطقه، عناصر و هاله ها است.

جدول ۲: ضرایب همبستگی عناصر مورد بررسی

	Ag	As	Au	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	W	Zn
Ag	1.000																		
As	0.128**	1.000																	
Au	0.020	0.090*	1.000																
Ba	0.085*	0.277**	-0.091*	1.000															
Be	0.128**	0.182**	0.100**	0.210**	1.000														
Co	-0.190**	-0.128**	-0.035	-0.271**	-0.646**	1.000													
Cr	-0.089*	-0.064	-0.073	-0.327**	-0.563**	0.678**	1.000												
Cu	0.171**	0.048	0.019	0.516**	-0.004	0.063	-0.150**	1.000											
Mn	-0.112**	-0.061	0.015	-0.092*	-0.097**	0.526**	0.387**	-0.045	1.000										
Mo	0.295**	0.241**	0.021	0.081*	0.523**	-0.381**	-0.194**	0.001	-0.046	1.000									
Ni	-0.083*	-0.138**	-0.013	-0.442**	-0.463**	0.581**	0.822**	-0.261**	0.319**	-0.248**	1.000								
Pb	0.248**	0.307**	0.080*	0.345**	0.689**	-0.518**	-0.359**	0.011	-0.082*	0.508**	-0.308**	1.000							
Sb	0.217**	0.655**	0.070	0.015	0.058	-0.159**	0.068	-0.232**	-0.110**	0.283**	0.018	0.180**	1.000						
Se	0.294**	-0.077*	0.028	-0.256**	0.033	0.007	0.097**	-0.161**	0.100**	0.213**	0.133**	0.034	0.048	1.000					
Sn	0.256**	0.226**	0.068	0.003	0.640**	-0.375**	-0.169**	-0.188**	0.010	0.555**	-0.181**	0.632**	0.190**	0.190**	1.000				
Sr	-0.146**	-0.242**	-0.088*	0.403**	-0.236**	0.253**	0.055	0.429**	0.102**	-0.184**	0.039	-0.192**	-0.370**	-0.106**	-0.336**	1.000			
Ti	-0.072	0.007	-0.072	-0.033	-0.259**	0.567**	0.528**	-0.013	0.524**	-0.028	0.307**	-0.153**	0.051	-0.045	0.039	0.154**	1.000		
W	0.183**	0.409**	0.109**	0.189**	0.697**	-0.569**	-0.382**	-0.105**	-0.176**	0.526**	-0.350**	0.631**	0.361**	0.078*	0.638**	-0.263**	-0.229**	1.000	
Zn	0.065	-0.076*	0.042	-0.252**	-0.050	0.420**	0.411**	-0.053	0.534**	0.058	0.318**	0.064	-0.033	0.186**	0.207**	-0.033	0.618**	-0.161**	1.000

بر اساس این همبستگی ها میتوان خوشه بندی هایی را با استفاده از مجذور فاصله اقلیدسی پس از استاندارد سازی داده ها بین ۰ تا ۱ انجام داد که شکل ۴ این خوشه بندی را نشان میدهد.

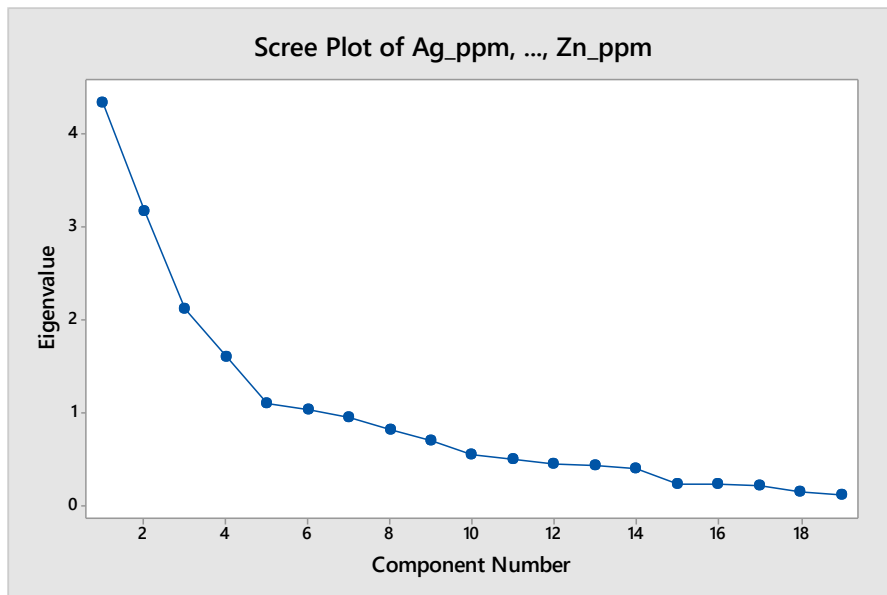


شکل ۴: نمودار شاخه ای عناصر موجود در منطقه

این شکل میتواند به وضوح کانی سازی تیتانیوم و روی را در یک گروه نشان دهد.

۳-۴- بررسی آنالیز مولفه های اصلی

این روش که برای کاهش ابعاد در نظر گرفته میشود انجام گرفت و با توجه به شکل ۵ میتوان دید که تعداد ۶ مولفه میتواند تغییرات مناسبی را نشان دهد و ماتریس جدول ۳ مقادیر هر مولفه را برای هر عنصر به صورت چرخش یافته واریمکس را نشان میدهد. مقادیر با رنگ قرمز عناصر بارز شده در آن مولفه است که کاملا واضح است که مولفه یک لیتولوژی منطقه و مولفه دوم کانی سازی را شرح میدهد.



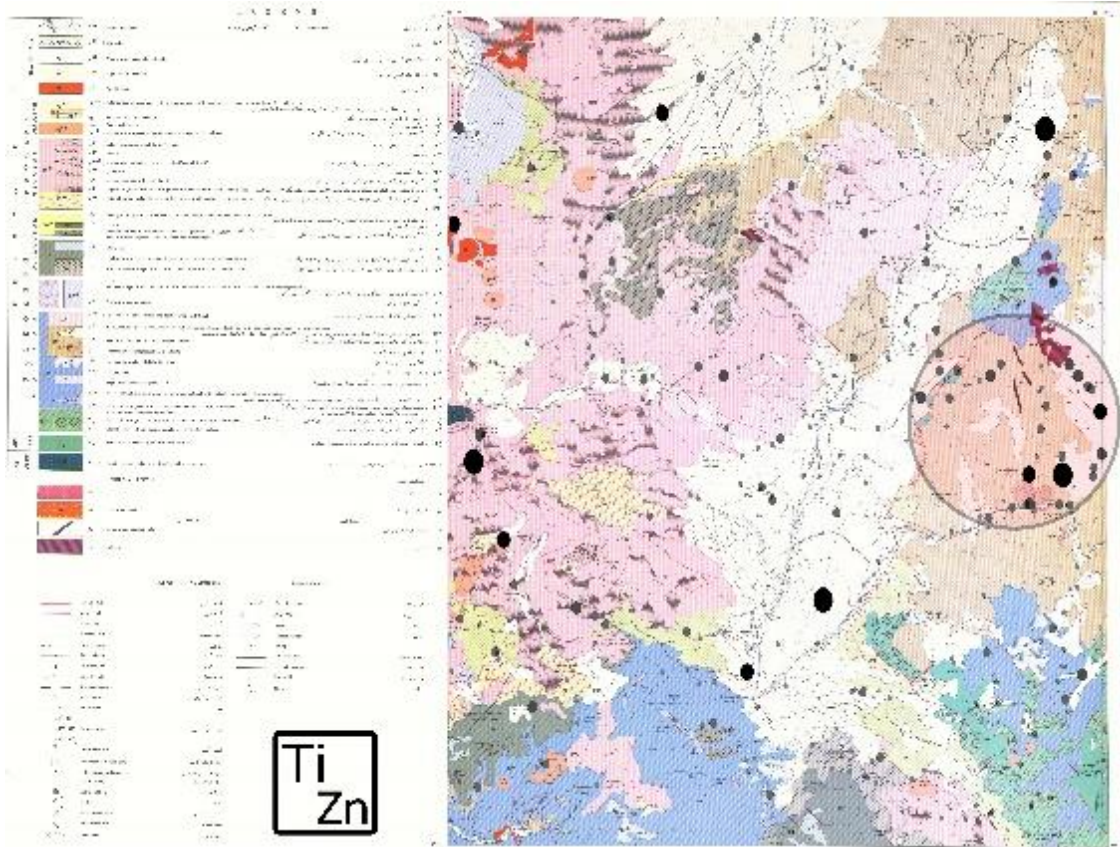
شکل ۵: نمودار سنگ ریزه ای برای تشخیص مولفه های بهینه

جدول ۳: مقادیر هر مولفه برای هر عنصر و انتخاب مولفه کانی ساز

	PC					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
Ag	.۰۱۱	-.۰۶۱	.۱۳۴	.۱۷۴	.۰۹۷	.۸۲۷
As	-.۰۸۴	-.۰۰۶	.۰۸۴	-.۰۱۴	.۸۲۵	-.۰۲۹
Au	-.۱۳۲	.۱۱۹	-.۲۹۴	-.۳۹۵	.۳۵۳	.۲۱۱
Ba	-.۰۰۷	-.۰۸۱	.۸۳۸	-.۱۸۲	.۱۴۴	-.۱۵۶
Be	.۸۰۳	-.۱۱۰	-.۳۰۱	-.۱۷۸	-.۱۴۷	.۰۱۱
Co	-.۴۸۵	.۳۳۸	-.۱۱۸	.۴۲۶	-.۱۰۱	-.۰۰۷
Cr	-.۱۷۷	.۳۰۶	-.۱۷۰	.۷۸۴	.۰۳۱	.۰۶۴
Cu	-.۱۴۰	-.۰۳۸	.۷۵۰	-.۱۱۳	-.۰۶۳	.۱۱۲
Mn	-.۰۱۳	.۸۵۱	-.۰۲۶	.۰۷۷	-.۰۹۴	-.۰۱۲
Mo	.۶۶۲	.۰۰۴	.۰۹۷	.۱۵۱	.۰۸۵	.۰۹۵
Ni	-.۱۸۲	.۱۷۸	-.۲۴۲	.۸۲۷	-.۰۴۳	.۰۸۸
Pb	.۶۸۸	.۱۶۱	.۲۴۴	-.۱۶۹	.۳۷۴	.۰۰۵
Sb	.۱۴۷	-.۰۰۳	-.۰۹۱	-.۰۱۷	.۸۴۲	-.۰۱۰
Se	.۱۷۰	.۰۹۵	-.۳۰۲	-.۱۲۸	-.۱۵۳	.۵۹۸
Sn	.۸۱۲	.۱۳۸	-.۲۶۱	-.۱۶۱	-.۰۴۷	.۰۵۴
Sr	-.۴۱۴	.۲۲۸	.۵۵۷	-.۰۵۰	-.۲۷۷	-.۰۹۵
Ti	-.۰۴۵	.۸۰۵	.۰۷۸	.۲۰۶	.۰۱۷	-.۰۲۳
W	.۷۶۶	-.۰۸۲	-.۲۰۰	-.۲۰۳	.۲۲۴	-.۰۰۴
Zn	.۲۲۱	.۸۲۶	-.۰۶۷	-.۰۰۳	.۱۵۲	.۰۷۱

۴-۴- ترسیم غلظت عناصر

با توجه به بررسی و شناسایی عناصر تیتانیوم و روی در یک گروه میتوان مولفه اصلی جدا شده شامل این دو عنصر را بر روی نقشه زمین شناسی ترسیم نمود و پس از آن همچوشانی تیتانیوم و روی را از روی نقشه تشخیص داده و محل پر پتانسیل را شناسایی نمود. طبق نقشه شکل ۶..... میتوان گفت که منطقه دارای اهمیت در شرق نقشه یک صد هزارم زمینشناسی کیوی است. (شکل ۶)



شکل ۶: ترسیم مولفه دوم روش pca بر روی نقشه زمین شناسی منطقه

۵- نتیجه گیری

منطقه مورد مطالعه موسوم به کیوی واقع در استان اردبیل، یکی از مناطق با پتانسیل عناصر فلزی است. در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیوی برداشت نمونه رسوبات آبراهه ای توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام گرفته است. بر روی تعداد ۷۱۴ نمونه آبراهه ای برداشت شده، در ابتدا آمار کلاسیک و رسم هیستوگرام و نمودار احتمال صورت پذیرفت. پس از تشخیص دو عنصر تیتانیوم و روی به عنوان عناصر مشکوک در منطقه، بر روی داده های این دو عنصر آنالیز مولفه های اصلی و همچنین برآورد همبستگی و در نهایت نمودار درختی اعمال شد. با مشاهده نتایج این روش ها و همچنین بروز همبستگی قوی دو عنصر تیتانیوم و روی، مولفه ای که هر دو عنصر نمود بارز در آن داشته مشخص و بر روی نقشه یک صد هزارم زمینشناسی منطقه تصویر گردید. در پایان دیده شد که در شرق منطقه علائم بسیار مثبتی جهت اکتشاف این دو عنصر استراتژیک وجود دارد و پیشنهاد میشود که بررسی ها تفصیلی بر آن محدوده اعمال شود.

مراجع

- [1] Wold, S., Esbensen, K., & Geladi, P. (1987). Principal component analysis. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 2(1-3), 37-52.
- [2] Zou, H., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2006). Sparse principal component analysis. *Journal of computational and graphical statistics*, 15(2), 265-286.
- [3] Schölkopf, B., Smola, A., & Müller, K. R. (1997, October). Kernel principal component analysis. In *International conference on artificial neural networks* (pp. 583-588). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] Tipping, M. E., & Bishop, C. M. (1999). Probabilistic principal component analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 61(3), 611-622.
- [5] Benesty, J., Chen, J., Huang, Y., & Cohen, I. (2009). Pearson correlation coefficient. In *Noise reduction in speech processing* (pp. 1-4). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [6] Lawrence, I., & Lin, K. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, 255-268.
- [7] Mukaka, M. M. (2012). A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi medical journal*, 24(3), 69-71.
- [8] Phipps, J. B. (1971). Dendrogram topology. *Systematic zoology*, 20(3), 306-308.
- [9] Podani, J., & Schmera, D. (2006). On dendrogram-based measures of functional diversity. *Oikos*, 115(1), 179-185.
- [10] Lee, H., Kang, H., Chung, M. K., Kim, B. N., & Lee, D. S. (2012). Persistent brain network homology from the perspective of dendrogram. *IEEE transactions on medical imaging*, 31(12), 2267-2277.
- [11] Mouchet, M., Guilhaumon, F., Villéger, S., Mason, N. W., Tomasini, J. A., & Mouillot, D. (2008). Towards a consensus for calculating dendrogram-based functional diversity indices. *Oikos*, 117(5), 794-800.
- [12] Chen, J., MacEachren, A. M., & Peuquet, D. J. (2009). Constructing overview+ detail dendrogram-matrix views. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 15(6), 889-896.
- [13] Shirazi, Adel, Ziaii, Mansour, Hazarkhani, Ardeshir. (1398). Investigation of the geochemical behavior of copper element by K-means method and its prediction by artificial neural network in Kivi region, Ardabil province. *Journal of Mining Engineering*, 14 (45), 96-112. doi: 10.22034 / ijme.2020.37388
- [14] Shirazi, A., Hezarkhani, A., Shirazy, A., & Shahrood, I. R. A. N. (2018). Exploration Geochemistry Data-Application for Cu Anomaly Separation Based On Classical and Modern Statistical Methods in South Khorasan, Iran. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7, 39-44.
- [15] Shirazi, A., Shirazy, A., Saki, S., & Hezarkhani, A. (2018). Introducing a software for innovative neuro-fuzzy clustering method named NFCMR. *Global Journal of Computer Sciences: Theory and Research*, 8(2), 62-69.
- [16] Shirazi, A., Hezarkhani, A., Shirazy, A., & Shahrood, I. R. A. N. (2018). Remote Sensing Studies for Mapping of Iron Oxide Regions, South of Kerman, IRAN. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7(4), 45-51.
- [17] Alahgholi, S., Shirazy, A., & Shirazi, A. (2018). Geostatistical Studies and Anomalous Elements Detection, Bardaskan Area, Iran. *Open Journal of Geology*, 8(7), 697-710.
- [18] Shirazi, A., Shirazy, A., & Karami, J. (2018). Remote Sensing to Identify Copper Alterations and Promising Regions, Sarbishe, South Khorasan, Iran. *International Journal of Geology and Earth Sciences*, 4(2), 36-52.
- [19] Shirazi, A., Shirazy, A., Saki, S., & Hezarkhani, A. (2018). Geostatistics Studies and Geochemical Modeling Based on Core Data, Sheytoor Iron Deposit, Iran. *Journal of Geological Resource and Engineering*, 6, 124-133.
- [20] Khakmardan, S., Shirazi, A., Shirazy, A., & Hosseingholi, H. (2018). Copper Oxide Ore Leaching Ability and Cementation Behavior, Mesgaran Deposit in IRAN. *Open Journal of Geology*, 8(09), 841.
- [21] Shirazy, A., Shirazi, A., Ferdossi, M. H., & Ziaii, M. (2019). Geochemical and Geostatistical Studies for Estimating Gold Grade in Tarq Prospect Area by K-Means Clustering Method. *Open Journal of Geology*, 9(6), 306-326.
- [22] Yoo, J. C., & Han, T. H. (2009). Fast normalized cross-correlation. *Circuits, systems and signal processing*, 28(6), 819.