

## شناسایی مناطق کانی‌زایی مس پورفیری با استفاده از تلفیق روش‌های تک متغیره و چند متغیره بر روی داده‌های ژئوشیمیایی آبراهه‌ای در منطقه قلعه عسکر، استان کرمان

سمیه عباس زاده\*<sup>۱</sup>، غلامرضا رحیمی پور<sup>۲</sup>، مجید نجم الدینی<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی معدن، بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲- استادیار، بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- مربی، بخش مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنند

(دریافت آبان ۹۲، پذیرش آذر ۹۳)

### چکیده

منطقه قلعه عسکر در استان کرمان در شمال شرقی شهرستان بافت واقع شده است. در منطقه فوق کانی‌زایی مس پورفیری رخ داده است. برای تعیین مناطق مرکزی و حاشیه‌ای کانی‌زایی ۶۳ نمونه آبراهه‌ای از منطقه قلعه عسکر جمع‌آوری و به روش ICP-MS برای عناصر U, Th, Ba, W, As, Mo, S, Bi, Re, Sn, Cr, Ni, V, Co, Sr, Zn, Mn, Cd, Pb, Sb, Au, Cu, Ag و Hg تجزیه شدند. آنالیزهای تک متغیره و چند متغیره (خوشه‌ای و فاکتوری) بر روی داده‌های فوق انجام شد که برای رسم نقشه بی‌هنجاری هر عنصر ابتدا حد آستانه‌ای آن با دو روش تک متغیره (آمار انفصال و  $\bar{X} + tS$ ) محاسبه شد. نتایج این دو روش نشان داد که مقدار حد آستانه با روش  $\bar{X} + tS$  نسبت به روش آمار انفصال بیشتر است و نقشه بی‌هنجاری هر عنصر محدوده کوچک‌تری را نشان می‌دهد. نتایج آنالیز خوشه‌ای سلسله مراتبی شش خوشه جداگانه نشان داد که خوشه چهارم شامل عناصر Bi, Cu, Sr و خوشه پنجم شامل عناصر Cr, Ni, U, Mo, S, Th به عنوان مرکز کانی‌زایی مشخص شدند همچنین نتایج آنالیز K-means Cluster نتایج آنالیز خوشه‌ای سلسله مراتبی را تأیید کردند و دو خوشه کانی‌زایی فوق را به رنگ قرمز و سبز در منطقه نشان دادند. بر روی داده‌های فوق همچنین آنالیز فاکتوری نیز انجام شد که با مطالعه مقادیر ویژه فاکتور ششم مشخص شد که این فاکتور نشان‌دهنده مناطق مرکزی کانی‌زایی است. در نهایت نتایج فوق با هم تلفیق شده و بهترین مناطق امیدبخش برای مطالعات آتی مشخص شدند.

### کلمات کلیدی

کانی‌زایی، مس پورفیری، حد آستانه، آنالیز خوشه‌ای سلسله مراتبی، K-means cluster، آنالیز فاکتوری

## ۱- مقدمه

منطقه قلعه‌عسگر در استان کرمان در شمال شرقی شهرستان بافت واقع شده است. این منطقه در طول جغرافیایی  $56^{\circ}, 39', 30''$  تا  $56^{\circ}, 43', 00''$  و عرض جغرافیایی  $29^{\circ}, 26', 30''$  تا  $29^{\circ}, 29', 30''$  در نقشه توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰۰ بافت واقع شده است. محدوده مورد مطالعه در ۴۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان بافت و ۱۲۸ کیلومتری جنوب کرمان قرار دارد که این منطقه در مرز شهرستان بافت و بردسیر واقع است. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در بخش جنوبی کمر بند آتشفشانی ارومیه - دختر واقع شده و بر اساس تقسیمات تکتونیکی دیمیترویچ (۱۹۷۳) در زون دهج - ساردوئیه در استان کرمان جای دارد [۱].

نواحی معدنی مس پورفیری به خوبی توسط آنومالی‌های هاله ثانویه و آبراهه‌های عناصر معدنی مشخص می‌شوند و عنصر مس با اکسیداسیون و شستشو از کانه‌های اولیه جدا شده و در آبراهه‌ها گاهی تا ۲۰ کیلومتر از منبع اولیه کانسار خویش دور می‌شود. مولیدن نیز مشابه مس و گاهی حتی فراتر از مس تا کیلومترها از منبع اولیه جدا شده و هاله‌های ثانویه و آبراهه‌های گسترده‌ای را به وجود می‌آورد [۲].

در محدوده نواحی معدنی، می‌تواند یک یا چند سیستم معدن - ماگمایی پراکنده وجود داشته باشد که هر یک از این سیستم‌ها به یک نفوذی پورفیری تعلق خواهند داشت. هر یک از این سیستم‌ها که نمایانگر یک میدان معدنی است با نمونه‌برداری متراکم، به صورت هاله‌های ژئوشیمیایی چند عنصره (پلی‌متال) آشکار خواهند گردید [۲].

در این مقاله از روش‌های آنالیز تک متغیره (محاسبه حد آستانه به روش‌های غیر ساختاری) و روش‌های آنالیز چند متغیره خوشه‌ای و فاکتوری و با استفاده از نرم‌افزارهای Arc GIS, Surfer, SPSS برای مشخص نمودن مناطق پتانسیل استفاده شد. روش‌های آنالیز تک متغیره و چند متغیره بر روی داده‌های ژئوشیمیایی توسط محققان زیادی استفاده شده است. اکبرپور و همکاران (۲۰۱۲) [۳]، از روش‌های آنالیز چند متغیره (آنالیز

فاکتوری و آنالیز خوشه‌ای) برای شناسایی مناطق امیدبخش کانی‌زایی پورفیری و اپی ترمال در منطقه مسجد داغی همچنین سان و همکاران (۲۰۱۱) [۴] از روش آنالیز چند متغیره فاکتوری برای شناسایی الگوی ژئوشیمیایی در منطقه شدولانگ در کشور چین استفاده کردند در حالی که خراسانی پور و همکاران (۲۰۱۲) [۵] و یوان و همکاران (۲۰۱۳) [۶] روش‌های فوق را به ترتیب برای شناسایی فلزات خطرناک در اطراف معدن مس سرچشمه و شناسایی آلودگی فلزات سنگین در منطقه‌ای از چین استفاده کردند.

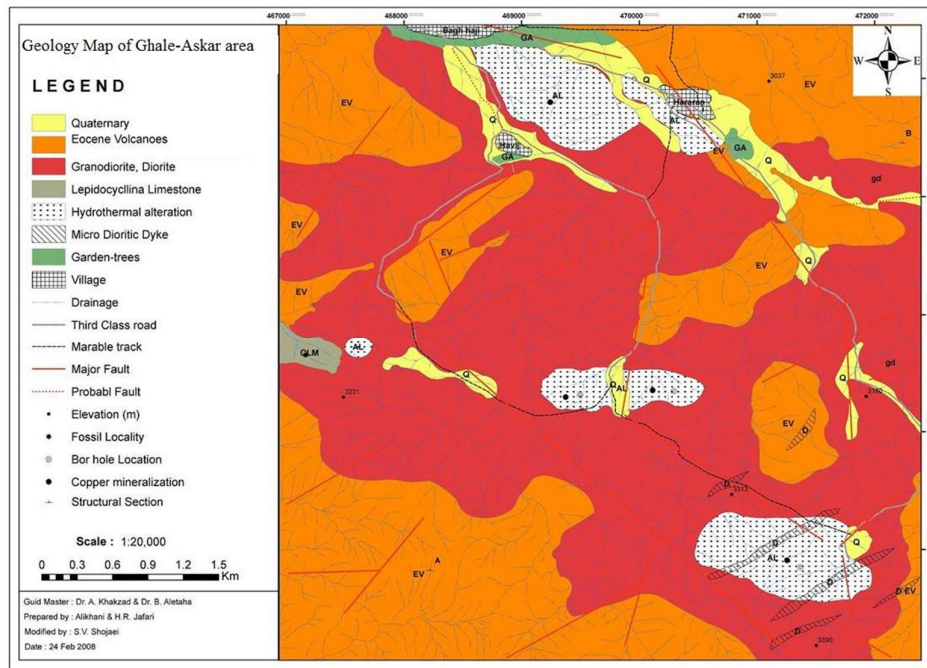
نویسندگان ایرانی بسیاری از روش‌های آنالیز چند متغیره بر روی داده‌های ژئوشیمیایی و مقاصد مختلف به کار برده‌اند که از آن جمله می‌توان موارد زیر را بیان کرد: ایوبی و همکاران (۱۳۹۲)، از روش آماری چند متغیره فاکتوری بر روی داده‌های ژئوشیمیایی آبراهه‌های منطقه مسگران بیرجند برای شناسایی ناهنجاری‌های عناصر مختلف استفاده کردند [۷]. در صورتی که قورچی روکی و کریم پور (۱۳۸۹) از روش آماری چند متغیره تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای شناسایی آنومالی‌های ژئوشیمیایی در ناحیه فیض‌آباد (شمال شرق ایران) استفاده کردند [۸]. از روش‌های آماری تک متغیره هاشمی گهروبی و همکاران (۱۳۹۱) [۹] برای ارزیابی پتانسیل کانی‌زایی بازالت در منطقه سلطان میدان (شمال شاهرود) و دهقان منشادی و همکاران (۱۳۹۰) برای شناسایی بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی کانسار چاهمیر استفاده کردند [۱۰].

از روش‌های آماری چند متغیره (خوشه‌ای و آنالیز مؤلفه اصلی) بر روی داده‌های ژئوشیمیایی منطقه چهار گنبد (سیرجان) برای شناسایی کانی‌زایی کانسار مس-طلا توسط یوسفی و مرادیان (۱۳۹۱) استفاده شد و سه فاز اصلی کانه زایی را در منطقه مشخص کردند [۱۱]. در حالی که یوسفی و همکاران (۱۳۸۵) از روش‌های آماری آنالیز چند متغیره فاکتوری و خوشه‌ای بر روی داده‌های آبراهه‌ای برای شناسایی مناطق دارای بی‌هنجاری ژئوشیمیایی استفاده کردند [۱۲]. حاجی میرزا جان و همکاران (۱۳۹۲)، از تلفیق داده‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی برای شناسایی کانی‌زایی در منطقه رودگز، جنوب شرق گناباد استفاده کردند [۱۳].

## ۲- زمین‌شناسی منطقه قلعه عسکر

متعاقب آن دگرسانی و کانی‌سازی صورت گرفته است. توده‌های نفوذی بعد از کانی‌سازی نیز حجم قابل توجهی در محدوده مورد نظر دارد. رسوبات جوان کواترنری نیز در بخش‌هایی از نقشه مشاهده می‌شوند. بخش عمده رسوبات کواترنری به صورت آبرفت و کوهرفت هستند. بر روی هریک از واحدها پوشش کوهرفت تشکیل شده که دارای قطعاتی از سنگ بستر است.

همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، در محدوده نقشه ۱:۲۰۰۰۰ قلعه عسکر قدیمی‌ترین سنگ‌ها، مربوط به سنگ‌های ولکانیکی و پیروکلاستیکی ائوسن هستند. این سنگ‌ها در بیش از ۷۰ درصد محدوده مورد مطالعه، برنزد دارند. توده نفوذی پورفیری به درون این واحد نفوذ نموده و



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی منطقه قلعه عسکر [۱۴]

بااهمیت مشخص و نمونه‌برداری از رسوبات در طول مسیر رودخانه‌های اصلی و حوضه‌های آبریز کوچک صورت گرفته است. ۶۳ نمونه آبراهه‌ای از منطقه قلعه عسکر جمع‌آوری و در آزمایشگاه Amdel استرالیا و به روش ICP-MS برای عناصر U, Th, Ba, W, As, Mo, S, Bi, Re, Sn, Cr, Ni, V, Co, Sr, Zn, Mn, Cd, Pb, Sb, Au, Cu, Ag و Hg تجزیه شدند. قبل از استفاده از داده‌ها برای آنالیزهای ژئوشیمیایی باید روی آن پیش‌پردازش صورت گیرد.

پیش‌پردازش داده‌های ژئوشیمی، شامل جایگزینی داده‌های سنسورد و جایگزینی مقادیر خارج از ردیف است. داده‌های سنسورد به داده‌هایی اطلاق می‌شود که به صورت مقادیر کمتر از و یا بیشتر از حد حساسیت دستگاهی (>, <) گزارش شده‌اند. این داده‌ها با توجه به مقادیر بسیار

دایک‌های داسیتی در منطقه مورد مطالعه گسترش دارند که این دایک‌ها در واقع از نظر ترکیب، بافت و ساخت کاملاً مشابه واحد ساب ولکانیک تونالیت و گرانودیوریتی است. در برخی نقاط رخداد واحد تونالیت و گرانودیوریتی به صورت دایک بوده و گاه استوک بوده است.

این واحد نیز در مقابل فرسایش مقاوم بوده و اغلب در بالای تپه‌ها در مقابل فرسایش مقاومت نموده و بالای ستیغ را تشکیل می‌دهد. گاه به هم پیچیدگی این دایک‌ها و واحد آندزیتی باعث تشکیل ستیغ‌ها گردیده است.

## ۳- روش مورد مطالعه

با تلفیق داده‌های ماهواره‌ای و نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ و محل گمانه‌های قدیمی، حوضه‌های آبریز

زیاد و یا بسیار کم عناصر و با عنایت به حد تشخیص دستگاه گزارش می شوند. روش های جایگزینی ساده شامل جایگزینی نصف و یا  $3/4$  حد حساسیت برای مقادیر کوچک تر از  $(<)$  و  $4/3$  حد حساسیت برای مقادیر بزرگ تر از  $(>)$  حد حساسیت دستگاهی است در این پژوهش  $3/4$  حد تشخیص دستگاهی جهت جایگزینی داده های سنسورد لحاظ گردیده است [۱۵].

مقادیر خارج از رده به مقادیری اطلاق می شوند که بنا به دلایلی به گونه ای چشمگیر، خارج از جامعه اصلی قرار گرفته و خود را جدا از بقیه نمونه ها قرار داده اند. روش های مختلفی برای شناسایی مقادیر خارج از ردیف وجود دارد از آن جمله می توان به نمودار جعبه ای، نمودار Q-Q Plot، روش محاسباتی  $x_i \geq \bar{x} + s.g$  و نمودار دورفل اشاره کرد [۱۵]. در این تحقیق مقادیر خارج از ردیف با دو روش نمودار جعبه ای عناصر و نمودار Q-Q-Plat آن ها، مشخص شدند و سپس با بیشینه مقدار پس از آن جانشین شده اند. در جدول ۱ مقادیر خارج از رده نمونه های آبراه های در منطقه قلعه عسکر نشان داده شده است.

از میان روش های قدیمی برای مدل کردن آنومالی های ژئوشیمیایی تک متغیره، تخمین حد آستانه  $x+2S$  بر اساس آمار کلاسیک به کار می رود. اساس کاربرد آمار کلاسیک بر فرض مستقل بودن نمونه ها و نرمال بودن توزیع آن هاست. تبدیل های معینی معمولاً برای نرمال کردن مقادیر مجموعه داده های ژئوشیمیایی تک متغیره به کار می رود [۱۶]

جدول ۱: نمونه های خارج از ردیف و جایگزینی آن ها برای نمونه های آبراه های در منطقه قلعه عسکر

مقدار جایگزینی	ردیف جایگزینی	مقدار خارج از ردیف	element
۶/۲	۳۰	۴۰.۳۸	Cu
۵/۲		۵۵.۴۵.۱۰	Mo
۷۸	۵۵	۵۵.۲۱.۹.۸	Ni
۹۲	۴۴	۵۵.۷	Pb
۲/۴	۲۸	۳۵.۳۱	Sb
۳۳۴	۲۲	۱۸	Zn
۴۶۲	۷	۵	Ba
۵۰۰	۱	۲	S

### ۳-۱- روش های آنالیز تک متغیره

برای آنالیز تک متغیره از روش های جداسازی بی هنجاری از

زمینه استفاده شد که به طور کلی این روش ها را می توان به دو دسته کلی روش های ساختاری و روش های غیر ساختاری تقسیم کرد. روش های غیر ساختاری روش هایی هستند که بر اساس پارامترهای توزیع، حد آستانه ای را مشخص می نمایند ولی روش های ساختاری، ساختار و ارتباط فضایی نمونه ها را نیز جهت شناسایی حد آستانه ای مد نظر قرار می دهند [۱۵]. در این تحقیق از روش های غیر ساختاری  $\bar{X} + tS$  و آمار انفصال استفاده شد.

### ۳-۲- روش های آنالیز چند متغیره

از حد آستانه برای رسم نقشه استفاده شد که یکی از راه های درک ارتباط بین داده ها و اطلاعات بررسی شده در یک پروژه اکتشافی، ترسیم نقشه است. نقشه ها به صورت نمادین، حاصل مراحل داده پردازی، تحلیل و تخمین مناسب داده ها بوده و کمک بسیار مؤثری در درک ارتباطات بین اجزای موجود و تعبیر و تفسیر نتایج و نهایتاً طراحی بهینه فاز بعدی می کنند [۱۷].

تجربه نشان داده است که اگر ترکیبی از مقادیر یک گروه از عناصر معرف، به جای مقدار یک عنصر خاص بکار گرفته شود، هاله های ژئوشیمیایی در اطراف توده های کانساری بهتر مشخص می شوند و اثرات خطاهای تصادفی در آن ها به حداقل می رسد. به طور کلی دو مزیت عمده در بررسی های آماری چند متغیره وجود دارد. اول آنکه هاله های مرکبی که از روش های آماری چند متغیره به دست می آید، نسبت به سیمای زمین شناسی و ماهیت ژنتیکی نهشته های کانساری رابطه نزدیک تری را نشان می دهد و در نتیجه ارتباط بین عناصر بهتر مشخص می شود. دوم آنکه به وسیله هاله های مرکب می توان خطاهای تصادفی، تعداد داده ها و نقشه ها را به حداقل رسانده و به نتایج کارآمدتری دست یافت [۱۸].

روش های متداول در آمار چند متغیره شامل: روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA)، تحلیل فاکتوری (FA)، تحلیل خوشه ای (CA)، رگرسیون چند گانه، تحلیل ویژگی و تحلیل تفریقی است. روش تحلیل فاکتوری و تحلیل تفریقی بر اساس تحلیل مؤلفه اصلی صورت می گیرد [۱۵]. در این تحقیق از ضریب همبستگی و روش های آنالیز چند متغیره خوشه ای و فاکتوری استفاده شده است. مقدار ضریب همبستگی بالا (بین ۱- و ۱) رابطه بسیار خوبی را

خوشه به خوشه دیگر روی این مقیاس خطی متناظر با درجه شباهت آن است [۲۰].

#### ب: K-means Cluster

این روش از روش‌های جزء بندی آنالیزهای خوشه‌ای است که تلاش می‌کند تا مجذور میانگین بین مشاهدات و مرکز خوشه آن‌ها حداقل شود. با انتخاب  $k$  خوشه اولیه شروع می‌شود که مثلاً  $k$  به صورت تصادفی می‌تواند تعداد مشاهدات باشد. این روش به این طریق است که هر مشاهده را در مرکز ثقلش قرار می‌دهد (مثلاً با به کار بردن فاصله اقلیدسی) و دوباره مرکز هر خوشه مشخص می‌شود و به‌طور متناوب مرکز هر خوشه محاسبه می‌شود [۲۱].

الگوریتم‌های متفاوتی برای این هدف وجود دارد که از بین آن‌ها هارتینگان (۱۹۷۵) و مک کوپین معمول‌تر هستند. اگر از فاصله مانهاتان استفاده شود مرکز ثقل آن‌ها، میانه هر خوشه است. نتایج این الگوریتم‌ها به تعداد خوشه اولیه بستگی دارد که اگر بد انتخاب شود، الگوریتم جزء بندی متناوب به یک مقدار بهینه محلی می‌رسد که مقدار زیادی از میانگین جهانی فاصله دارد. این مشکل می‌تواند با بکار بردن مقدارهای اولیه متفاوت و انتخاب بهترین نتیجه پایان یابد [۲۱].

#### ۳-۲-۲- روش آنالیز فاکتوری

این روش برای کاهش دادن ابعاد داده‌های ژئوشیمیایی مفید است به این طریق که به جای استفاده از متغیرهای خام، می‌توان از ضرایب فاکتور برای تفسیر آنومالی‌های مشاهده شده استفاده کرد [۳].

در واقع 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 [۱۵].

#### ۴- منطق فازی جهت تلفیق داده‌های ژئوشیمیایی

عضویت در روش منطق فازی بر روی یک مقیاس گروه‌بندی شده از ۱ (عضویت کامل) تا صفر (عدم عضویت کامل) بیان می‌شود. کلاس‌های هر نقشه می‌توانند مقدار عضویت بین صفر و یک به خود بگیرند. پنج عملگر را

بین دو متغیر نشان می‌دهد و در نقطه مقابل ضریب همبستگی در اطراف صفر، رابطه‌ای بین آن‌ها نشان نمی‌دهد. در سطح اعتماد ۰/۹۵، پارامترهایی که ضریب همبستگی آن‌ها بیش از ۰/۷ باشند، دارای همبستگی قوی هستند و ضریب همبستگی بین ۰/۴ تا ۰/۷ رابطه متوسطی بین پارامترها را نشان می‌دهد.

#### ۳-۲-۱- آنالیز خوشه‌ای

روش‌های تحلیل خوشه‌ای کاربرد وسیعی در علوم زمین دارند. گروه‌بندی خوشه‌ای، روشی است که برای دسته‌بندی داده‌های ژئوشیمیایی به کار می‌رود. تحلیل خوشه‌ای، مشاهداتی را که با هم شباهت زیاد دارند را به یکدیگر مرتبط می‌کند. سپس به‌طور متوالی، مشاهداتی را که بیش‌ترین شباهت نسبت به مشاهدات قبلی را دارند به آن‌ها متصل می‌کند. محاسبه شباهت بین تمام جفت نمونه‌ها، منتج به یک ماتریس  $m \times m$  خواهد شد. در مرحله بعد، نمونه‌ها یا متغیرها به صورتی مرتب می‌شوند که دو نمونه یا متغیر با بیش‌ترین شباهت، در یک گروه قرار گیرند. سپس ماتریس دوباره حساب می‌شود. این عمل به صورتی تکرار می‌شود که در نهایت به یک ماتریس  $2 \times 2$  کاهش یابد [۱۹].

آنالیز خوشه‌ای شامل دو روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی و K-means Cluster است.

#### الف: روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی

برای انجام این آنالیز از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که یکی از این روش‌ها، راهکار وارد است. این روش دارای کمترین افزایش در مجموع انحراف معیار مجذور شده میانگین خوشه‌ها است. خطای مجموع مربعات، یک مورد فراگیر در آمار است و برای جلوگیری از افزایش واریانس خوشه‌ها در هنگام متصل شدن یک انتخاب طبیعی است. روش وارد، اصولاً نتیجه خوب و ساختار خوشه‌ای متناسبی به دست می‌دهد [۱۹].

معمولاً نتایج حاصل از محاسبات تحلیل خوشه‌ای را به صورت یک نمودار سلسله مراتبی به نام دندروگرام نمایش می‌دهند. دندروگرام یک ساختار سلسله مراتبی است که نحوه اتصال نمونه‌ها و یا متغیرها را به یکدیگر نشان می‌دهد. در این نمودار یک مقیاس خطی افقی در بالای آن قرار داده می‌شود. محل اتصال هر نمونه با یک خوشه یا یک

مقدارهای عضویت مشترک بر روی نتیجه تأثیر می گذارد [۲۳]. همچنین از آنجایی که در نقشه خروجی، اعداد کوچک تر شده و به سمت صفر میل می کنند. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی خوب قرار می گیرد. به همین دلیل، این اپراتور حساسیت بالایی در مکان یابی اعمال می کند ولی ممکن است مکان های مناسب دیگری هم وجود داشته باشند که به دلیل حساسیت بالای این مدل جزء مناطق مطلوب قرار نگیرند.

#### عملگر جمع جبری فازی: این عملگر مکمل

حاصل ضرب جبری است و به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mu_{com} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad (4)$$

نتیجه این عملگر همیشه بزرگ تر یا مساوی بزرگ ترین مقدار عضویت فازی مشترک است. بنابراین اثر آن افزایشی است. در این عملگر دو قسمت از شواهد که هر دو یک فرضیه را تأیید می کنند یکدیگر را تقویت می کنند و به کارگیری مدارک ترکیب شده از به کارگیری هریک از قسمت های شواهد به طور جداگانه بهتر است. برای مثال حاصل جمع جبری فازی اعداد (۰/۷۵ و ۰/۵) برابر است با  $(1 - 0.75) \times (1 - 0.5) = 0.1875$  می شود [۲۳].

#### عملگر فازی گاما: این عملیات بر حسب ضرب جبری

فازی و حاصل جمع جبری فازی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mu_{com} = (\text{حاصل ضرب جبری فازی})^{\gamma} \times (\text{جمع جبری فازی})^{\gamma-1} \quad (5)$$

که در آن  $\gamma$  پارامتر انتخاب شده در محدوده صفر و یک است. وقتی  $\gamma$  یک باشد، ترکیب همان جمع جبری فازی خواهد بود و وقتی صفر باشد، ترکیب برابر با حاصل ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح و آگاهانه  $\gamma$ ، مقدارهایی در خروجی به وجود می آورد که هریک سازگاری قابل انعطافی میان گرایش های افزایشی جمع جبری فازی و اثرات کاهش یافته حاصل ضرب جبری فازی برقرار می کند [۲۲].

#### ۵- بحث و بررسی

پیش پردازش روی داده های آبراه های منطقه مورد مطالعه انجام شد که شامل جایگزینی داده های سنسورد و مقادیر خارج از ردیف بود و ۳/۴ حد تشخیص دستگامی جهت

معرفی کردند که برای تلفیق داده های اکتشافی سودمند، عبارت اند از: عملگر فازی AND، عملگر فازی OR، حاصل ضرب جبری فازی، جمع جبری فازی و عملگر گامای فازی. در این پژوهش از عملگر گامای فازی استفاده شده که شرح مختصری از این عملگرها ارائه شده است [۲۲].

#### عملگر فازی AND در واقع همان عملگر اشتراک

مجموعه های فازی است و به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mu_{com} = \min(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (1)$$

که  $\mu_{com}$  مقدار عضویت نقشه نهایی (حاصل از ترکیب دو یا چند نقشه)،  $\mu_A$  مقدار عضویت برای نقشه A در یک موقعیت به خصوص و  $\mu_B$  مقدار عضویت برای نقشه B در یک موقعیت به خصوص و... است.

#### عملگر فازی OR در واقع همان عملگر اجتماع

مجموعه های فازی است و به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mu_{com} = \max(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad (2)$$

با استفاده از این عملگر، مقدار عضویت ترکیب شده در یک محل، فقط توسط مناسب ترین نقشه های نشانگر محدود می شود. در نتیجه به دلیل صرف نظر نمودن از وزن های پایین پیکسل ها، یک خروجی بسیار خوش بینانه به دست می آید. برای تهیه نقشه های پتانسیل معدنی این عملگر در جایی قابل قبول است که شاخص های مورد نظر در کانی زایی کمیاب هستند و حضور هر نشانگر مثبت می تواند برای اظهار مطلوبیت کافی باشد.

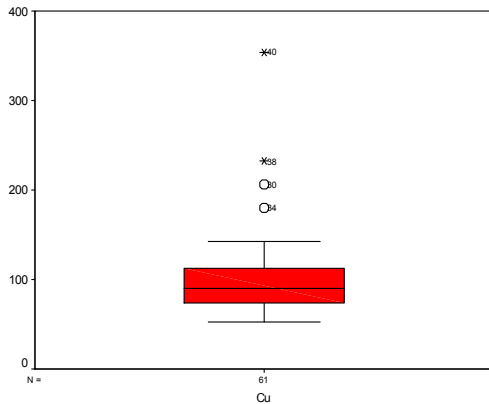
#### عملگر حاصل ضرب جبری فازی: تابع عضویت فازی

این عملگر به صورت زیر تعریف می شود:

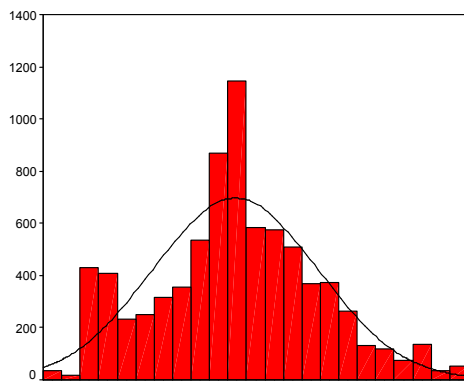
$$\mu_{com} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad (3)$$

که  $\mu_i$  تابع عضویت فازی برای  $i$  امین نقشه و  $i$  تعداد نقشه هایی است که قرار است ترکیب شوند.

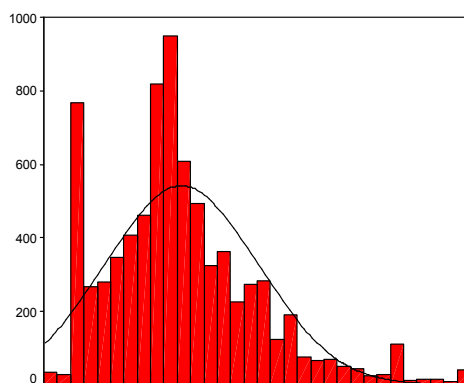
مقادیر فازی حاصل از این عملگر به مقدارهای بسیار کوچک میل می کنند که این به علت اثر ضریب کردن چندین عدد کوچک تر از ۱ است. خروجی همواره کوچک تر یا مساوی کوچک ترین مقدار عضویت مشترک است و بنابراین به صورت کاهش یافته است. برای مثال حاصل ضرب دو عدد ۰/۷۵ و ۰/۵ برابر ۰/۳۷۵ است. اما مزیتی که این روش برخلاف عملگرهای AND و OR دارد این است که کلیه



شکل ۲- ب: نمودار جعبه‌ای عنصر مس بر روی داده‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای در منطقه قلعه عسکر



شکل ۳- الف: نمودار فراوانی عنصر مس بعد از تبدیل لگاریتمی بر روی داده‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای در منطقه قلعه عسکر



شکل ۳- ب: نمودار فراوانی عنصر مس قبل از تبدیل لگاریتمی بر روی داده‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای در منطقه قلعه عسکر

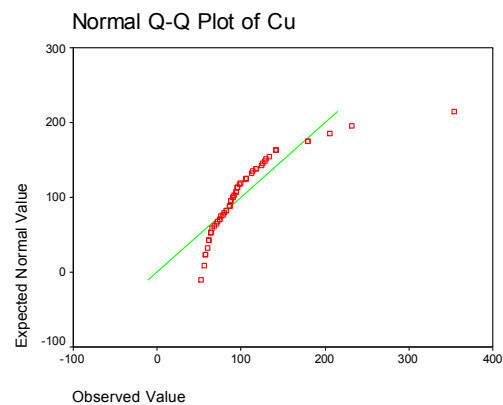
جایگزینی داده‌های سنسورد لحاظ گردید. همچنین مقادیر خارج از ردیف با دو روش نمودار جعبه‌ای عناصر و نمودار Q-Q-Plat آن‌ها، مشخص شدند و سپس با بیشینه مقدار پس از آن جانشین شده‌اند. برای مثال نمودار جعبه‌ای و Q-Q plot عنصر مس در شکل ۲ رسم شده است. با توجه به شکل مشخص شد که نمونه‌های شماره‌های ۳۰، ۳۴، ۳۸ و ۴۰ دارای مقادیر خارج از ردیف بودند.

نمودار فراوانی عناصر رسم شد و مشخص شد که اکثر عناصر توزیع نرمال نشان نمی‌دهند و باید با یک تبدیل به توزیع نرمال تبدیل شوند که در این مقاله از تبدیل لگاریتمی (Ln) استفاده شد. برای مثال نمودار فراوانی عنصر مس قبل از تبدیل لگاریتمی و پس از آن در شکل ۳ رسم شده است. همان‌طور که از شکل پیداست، نمودار فراوانی عنصر مس پس از تبدیل به توزیع نرمال تبدیل شده است.

برای رسم نقشه بی‌هنجاری عناصر، ابتدا باید حد آستانه آن‌ها را به دست آورد که برای تعیین آن به روش  $\bar{X} + tS$  باید مقدار زمینه و انحراف معیار مشخص شود که برای تعیین مقدار زمینه از تلفیق دو روش پیشنهادی زیر استفاده شد:

۱. ابتدا باید به کمک هیستوگرام فراوانی داده‌ها مقادیر بی‌هنجاری از بقیه مقادیر جدا شوند پس از آن بین داده‌های باقیمانده میانگین حسابی گرفته شود که این مقدار به عنوان زمینه شناخته شود.

۲. روش دوم استفاده از میانه داده‌هاست؛ که در آن میانه کل داده‌ها به عنوان مقدار زمینه انتخاب می‌شود.



شکل ۲- الف: نمودار Q-Q plot عنصر مس بر روی داده‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای در منطقه قلعه عسکر

نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است. همان طور که قبلاً اشاره شد، عناصری که ضریب همبستگی آن‌ها از ۰/۷ بیشتر باشد، دارای همبستگی قوی هستند این عناصر در جدول به رنگ صورتی نمایش داده شده‌اند و شامل همبستگی زیاد بین عناصر سرب و روی همچنین عناصر کروم و نیکل هستند. عناصری که دارای ضریب همبستگی بین ۰/۴ تا ۰/۷ باشند، دارای همبستگی متوسط می‌باشند این عناصر در جدول فوق به رنگ زرد نشان داده شده‌اند. برای انجام آنالیز خوشه‌ای سلسله مراتبی از روش وارد استفاده شد و نتایج آن به صورت دندروگرام در شکل ۵ نشان داده شده است همان طور که در شکل دیده می‌شود، عناصر در پنج خوشه جداگانه قرار گرفته‌اند که شامل موارد زیر است:

به دلیل آنکه مقدار میانه مستقل از توزیع فراوانی داده‌ها بوده و از روی نمودار توزیع محاسبه نمی‌گردد و همچنین مستقل از مقادیر کرانه‌ای بوده و مقدار بیشینه و کمینه داده‌ها در آن تأثیری ندارد، می‌توان گفت پارامتر بسیار مناسبی جهت تعیین مقدار زمینه است. باید توجه داشت که روش اول بدون اشتباه نخواهد بود زیرا جدا کردن داده‌های مربوط به زمینه روش دقیقی نیست و احتمال وجود اشتباه در آن وجود دارد. نتایج حد آستانه با این روش در جدول ۲ و نتایج آن با روش آمار انفصال در جدول ۳ نشان داده شده است. در نهایت بر اساس مقادیر حد آستانه هر دو روش برای هر عنصر نقشه بی‌هنجاری آن رسم شد که برای مثال نقشه بی‌هنجاری عنصر مس در شکل ۴ نشان داده شده است. ضریب همبستگی پیرسون برای عناصر محاسبه شد و

جدول ۲: مقادیر حد آستانه (بر حسب ppm) برای عناصر مختلف به روش  $\bar{X} + tS$  در منطقه قلعه عسکر

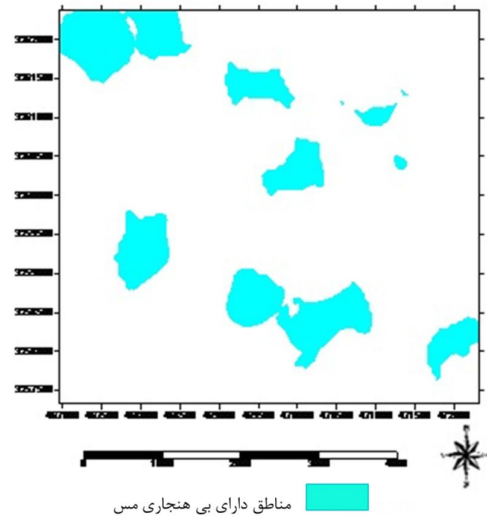
عنصر	میانه	انحراف معیار	$\bar{X} + 2S / \bar{X} \cdot E^2$	$\bar{X} + S / \bar{X} \cdot E$
As	۱۷	۲/۶۳	۲۲/۲۶	۱۹/۶۳
Co	۲۵	۳/۷۵	۳۲/۵۰	۲۸/۷۵
Cr	۷۰	۱۶/۰۱	۱۰۲/۰۲	۸۶/۰۱
Mn	۱۲۵۵	۱۷۴/۳۵	۱۶۰۳/۷۱	۱۴۲۹/۳۶
Sb	۱/۲۰	۰/۵۵	۲/۳۰	۱/۷۵
Sr	۲۴۷/۵۰	۱۷/۱۰	۲۸۱/۷۰	۲۶۴/۶۰
Ba	۲۸۴	۴۲/۱۲	۳۶۸/۲۵	۳۲۶/۱۲
Ti	۰/۴۸	۰/۰۵	۰/۵۹	۰/۵۴
V	۱۷۷/۵۰	۲۱/۴۵	۲۲۰/۴۰	۱۹۸/۹۵
S	۱۷۵	۵۸/۵۳	۲۹۲/۰۶	۲۳۳/۵۳
W	۱/۲۵	۰/۷۹	۲/۸۴	۲/۰۴
U	۰/۸۰	۰/۱۳	۱/۰۷	۰/۹۳
Th	۳/۸۰	۰/۶۵	۵/۱۱	۴/۴۵
Cu	۹۰/۹۹	۱/۲۱	۱۳۳/۱۴	۱۱۰/۰۷
Mo	۱	۱/۵۰	۲/۲۵	۱/۵۰
Ni	۳۸	۱/۲۱	۵۶/۰۹	۴۶/۱۷
Pb	۲۶	۱/۳۱	۴۴/۶۹	۳۴/۰۹
Zn	۱۲۳	۱/۲۴	۱۸۷/۹۵	۱۵۲/۰۴
Sn	۱	۱/۴۰	۱/۹۵	۱/۴۰
Nb	۷/۵۰	۱/۳۸	۱۴/۲۸	۱۰/۳۵
Bi	۰/۲۰	۱/۶۸	۰/۵۷	۰/۳۴



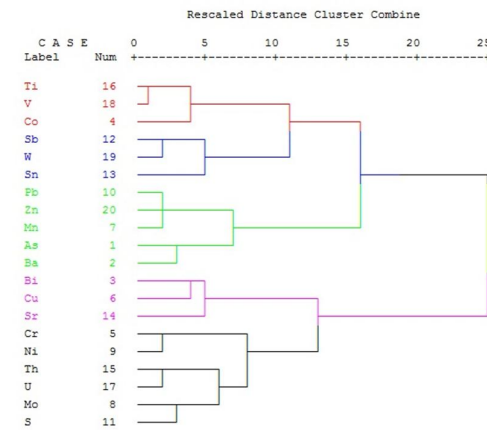
کالکوفیل بوده و در کنسارهای مس پورفیری ای حاشیه کانی‌زایی را مشخص می‌کنند. خوشه چهارم شامل عناصر Bi, Cu, Sr, Cr, Ni, U, Mo, S, می‌دهد. خوشه پنجم شامل عناصر Th است که این عناصر نیز با فاصله کمی از خوشه چهارم قرار می‌گیرند. به‌طور کلی خوشه چهارم و پنجم را می‌توان به عنوان مرکز کانی‌زایی و بقیه خوشه‌ها را به عنوان حاشیه کانی‌زایی در نظر گرفت.

جهت انجام تجزیه و تحلیل K-means Cluster از ابتدا از فایل داده‌های خام آبراه‌های توسط نرم‌افزار Surfer یک فایل تخمین شبکه‌ای جدید برای هر عنصر شامل ۷۸۲۵ نقطه و در یک شبکه ۵۰×۵۰ متری تهیه گردید. انجام این کار برای پوشش قرار دادن تمامی نقشه انجام گرفت. این آنالیز خوشه‌ای بر اساس نمونه‌ها و برای خوشه‌های متفاوتی انجام گرفت که در نهایت ۵ خوشه مناسب‌تر بود. بنابراین نمونه‌ها به ۵ خوشه تقسیم شدند. هدف اصلی از این آنالیز به نقشه درآوردن خوشه‌ها بود که نتایج آن کاملاً با نتایج آنالیز خوشه‌ای سلسله‌مراتبی تطابق داشتند. خوشه‌های چهارم و پنجم آنالیز خوشه‌ای سلسله‌مراتبی مرکز کانی‌زایی را نشان دادند که به ترتیب با خوشه دوم و خوشه سوم این آنالیز تطابق داشتند بنابراین خوشه‌های دوم و سوم این آنالیز به ترتیب به رنگ قرمز و سبز نشان‌دهنده مرکز کانی‌زایی و بقیه خوشه‌ها حاشیه کانی‌زایی را نشان می‌دهند. نتایج آنالیز فوق در شکل ۶ نشان داده شده است.

برای انجام آنالیز فاکتوری، بعد از نرمال‌سازی داده‌ها، به نرم‌افزار SPSS منتقل شده و این آنالیز بر روی داده‌های استاندارد و بدون مقادیر خارج از رده انجام شد. در این روش، مشخص کردن تعداد فاکتورها مهم است که با توجه به جدول درصد واریانس (جدول ۵) و نمودار Scree Plot (شکل ۷) شش مؤلفه انتخاب شده است.



شکل ۴: نقشه بی‌هنجاری عنصر مس با استفاده از داده‌های آبراه‌های در منطقه قلعه عسکر



شکل ۵: دندروگرام حاصل از روش آنالیز خوشه‌ای سلسله‌مراتبی بر روی داده‌های آبراه‌های منطقه قلعه عسکر

خوشه اول شامل عناصر Ti, V, Co است این عناصر سیدروفیل بوده و در حاشیه کانی‌زایی قرار می‌گیرند. این عناصر از مرکز شسته و در حاشیه قرار می‌گیرند. خوشه دوم شامل عناصر Sb, W, Sn و این عناصر نیز حاشیه کنسارهای مس پورفیری را نشان می‌دهند. خوشه سوم شامل عناصر Pb, Zn, Ba, Mn, AS است. این عناصر

جدول ۳: ستون پنجم نشان دهنده حد آستانه‌ای به روش آماره انفصال برای عناصر مختلف در منطقه قلعه عسکر (ppm)

عنصر	مقدار استاندارد شده	میانگین	انحراف معیار	حد آستانه
As	۱/۲۸	۱۸/۲۷	۶/۰۴	۲۶/۰۰
Co	۰/۱۲	۲۴/۵۲	۳/۹۲	۲۵/۰۰
Cr	۱/۰۵	۷۴/۱۹	۲۴/۶۶	۱۰۰/۰۰
Mn	۰/۶۷	۱۲۶۵/۶۱	۳۱۳/۲۲	۱۴۷۴/۰۰
Sb	۰/۵۱	۱/۴۷	۱/۳۳	۲/۱۰
Sr	۰/۴۱	۲۴۹/۷۷	۳۰/۹۴	۲۶۲/۵۰
Ba	۰/۹۸	۲۹۶/۶۰	۷۳/۰۷	۳۶۸/۰۰
V	۱/۰۷	۱۸۴/۳۷	۴۰/۵۰	۲۲۷/۵۰
S	۱/۰۸	۲۰۵/۴۴	۱۱۰/۸۵	۳۲۵/۰۰
W	۰/۳۲	۱/۰۰	۰/۷۹	۱/۲۵
U	۰/۶۷	۰/۸۸	۰/۲۵	۱/۰۵
Th	۰/۸۰	۳/۶۵	۰/۹۴	۴/۴۰
Cu	۰/۷۸	۴/۵۴	۰/۳۴	۴/۸۰
Mo	۰/۳۴	-۰/۰۵	۰/۴۹	۰/۱۱
Ni	۰/۶۸	۳/۶۳	۰/۳۵	۳/۸۷
Pb	۰/۲۷	۳/۳۰	۰/۵۸	۳/۴۶
Zn	۰/۸۸	۴/۹۰	۰/۳۹	۵/۲۵
Sn	۰/۴۲	۰/۲۰	۰/۳۶	۰/۳۵
Nb	۰/۹۱	۱/۹۹	۰/۵۹	۲/۵۳
Bi	۱/۰۵	-۱/۵۱	۰/۶۲	-۰/۸۶

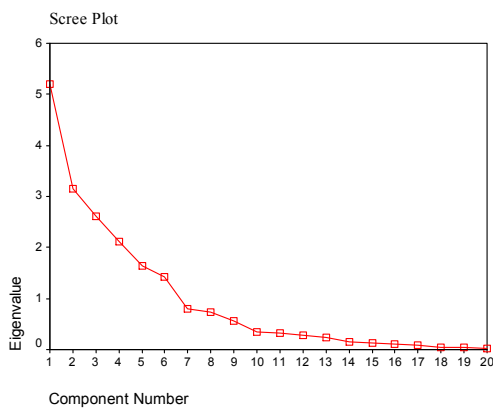
جدول ۴: ضریب همبستگی بین ۲۰ عنصر بر روی داده‌های آبراهه‌های منطقه قلعه عسکر

As	Ba	Bi	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	S	Sb	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	W	Zn
۱	۰/۵۹	-۰/۲۳	-۰/۲۵	-۰/۲۲	-۰/۰۴	۰/۴۱	-۰/۰۹	-۰/۱۹	۰/۵۸	-۰/۰۵	۰/۲۲	-۰/۰۴	-۰/۱۲	-۰/۱۷	۰/۲۷	-۰/۱۹	-۰/۲۱	-۰/۰۹	۰/۵۰
	۱	-۰/۰۹	-۰/۳۹	۰/۰۲	-۰/۱۶	۰/۱۷	-۰/۱۷	۰/۱۵	-۰/۲۵	۰/۲۳	-۰/۳۴	-۰/۱۵	-۰/۰۲	-۰/۲۶	-۰/۲۴	-۰/۲۳	-۰/۲۲	-۰/۴۲	۰/۱۸
		۱	-۰/۳۱	-۰/۱۳	۰/۲۳	-۰/۱۶	۰/۲۰	۰	-۰/۰۵	۰/۲۴	-۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۰۲	-۰/۳۹	-۰/۰۵	-۰/۳۹	-۰/۱۰	۰/۲۰
			۱	-۰/۱۰	-۰/۰۷	-۰/۴۰	-۰/۴۴	-۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۵۱	-۰/۲۵	-۰/۰۹	-۰/۲۲	-۰/۴۰	-۰/۴۹	-۰/۲۷	-۰/۵۱	-۰/۲۵	-۰/۰۱
				۱	-۰/۰۸	-۰/۱۳	-۰/۲۶	۰/۱۳	-۰/۱۷	-۰/۰۸	-۰/۱۲	-۰/۱۱	۰/۲۵	-۰/۵۷	-۰/۰۹	۰/۲۹	-۰/۱۶	-۰/۰۱	-۰/۱۱
					۱	-۰/۰۵	-۰/۱۹	-۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۱۹	-۰/۰۲	۰/۲۸	-۰/۰۷	-۰/۰۵	-۰/۱۱	-۰/۰۱	-۰/۱۹	-۰/۱۳	-۰/۱۳
						۱	-۰/۴۰	-۰/۰۸	۰/۶۹	-۰/۲۸	۰/۴۴	-۰/۰۹	-۰/۳۱	-۰/۴۷	۰/۴۲	-۰/۲۷	۰/۴۱	-۰/۰۶	۰/۶۹
							۱	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۵۱	-۰/۱۱	-۰/۱۲	-۰/۳۸	-۰/۴۷	-۰/۴۰	-۰/۴۷	-۰/۱۲	-۰/۰۵	-۰/۰۵
								۱	-۰/۱۲	۰/۲۵	-۰/۱۸	-۰/۰۱	۰/۱۱	-۰/۳۷	-۰/۱۷	-۰/۴۲	-۰/۲۲	-۰/۱۰	-۰/۱۰
									۱	-۰/۰۷	۰/۵۰	-۰/۰۴	-۰/۲۸	-۰/۲۸	-۰/۲۲	-۰/۰۲	-۰/۱۵	-۰/۱۰	۰/۷۵
										۱	-۰/۱۵	۰/۱۰	-۰/۰۹	۰/۳۹	-۰/۶۰	-۰/۱۳	-۰/۶۷	-۰/۱۵	۰
											۱	-۰/۳۱	-۰/۳۷	-۰/۲۷	-۰/۴۸	-۰/۱۴	-۰/۲۷	۰/۶۸	۰/۳۴
												۱	-۰/۱۲	-۰/۲۵	-۰/۱۲	-۰/۲۳	-۰/۲۸	۰/۳۹	۰/۰۸
													۱	-۰/۱۴	-۰/۲۴	-۰/۰۸	-۰/۱۰	-۰/۳۱	-۰/۱۵
														۱	-۰/۴۷	۰/۶۶	-۰/۶۲	-۰/۰۴	-۰/۲۳
															۱	-۰/۰۲	-۰/۹۱	۰/۳۴	-۰/۱۵
																۱	-۰/۲۷	-۰/۱۲	-۰/۱۲
																	۱	-۰/۲۰	-۰/۱۳
																		۱	-۰/۰۲
																			۱

جدول ۵: درصد واریانس مؤلفه‌ها حاصل از روش آنالیز فاکتوری در منطقه قلعه عسکر

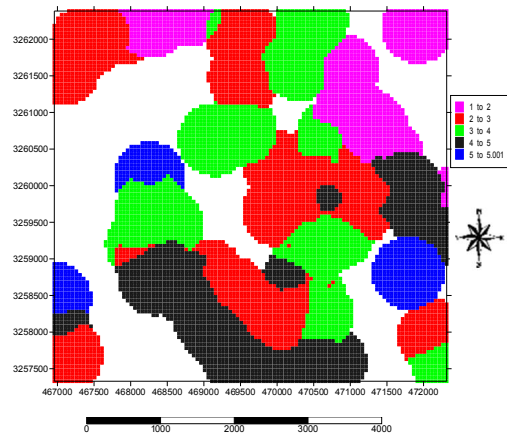
Total Variance Explained										
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings			
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	
۱	۵/۲۱	۲۶/۰۵	۲۶/۰۵	۵/۲۱	۲۶/۰۵	۲۶/۰۵	۲/۶۶	۱۸/۲۰	۱۸/۲۰	
۲	۲/۱۴	۱۵/۷۲	۴۱/۷۷	۲/۱۴	۱۵/۷۲	۴۱/۷۷	۲/۲۰	۱۶/۴۸	۲۴/۷۷	
۳	۲/۶۲	۱۲/۱۱	۵۴/۸۸	۲/۶۲	۱۲/۱۱	۵۴/۸۸	۲/۶۸	۱۲/۴۲	۴۸/۲۰	
۴	۲/۱۱	۱۰/۵۶	۶۵/۴۴	۲/۱۱	۱۰/۵۶	۶۵/۴۴	۲/۳۸	۱۱/۸۹	۶۰/۰۸	
۵	۱/۶۵	۸/۲۴	۷۳/۶۸	۱/۶۵	۸/۲۴	۷۳/۶۸	۲/۲۹	۱۱/۴۷	۷۱/۵۵	
۶	۱/۴۲	۷/۰۹	۸۰/۷۷	۱/۴۲	۷/۰۹	۸۰/۷۷	۱/۸۴	۹/۲۱	۸۰/۷۷	
۷	۰/۸۰	۲/۹۸	۸۴/۷۴							
۸	۰/۷۲	۲/۶۵	۸۸/۲۹							
۹	۰/۵۶	۲/۸۲	۹۱/۲۱							
۱۰	۰/۳۴	۱/۷۱	۹۲/۹۲							
۱۱	۰/۲۲	۱/۵۹	۹۴/۵۰							
۱۲	۰/۲۲	۱/۳۲	۹۵/۸۷							
۱۳	۰/۲۵	۱/۲۲	۹۷/۱۰							
۱۴	۰/۱۵	۰/۷۶	۹۷/۸۷							
۱۵	۰/۱۴	۰/۶۸	۹۸/۵۴							
۱۶	۰/۱۱	۰/۵۵	۹۹/۰۹							
۱۷	۰/۰۸	۰/۳۸	۹۹/۴۷							
۱۸	۰/۰۵	۰/۲۵	۹۹/۷۲							
۱۹	۰/۰۴	۰/۱۷	۹۹/۸۹							
۲۰	۰/۰۲	۰/۱۱	۱۰۰							

گرفتن این عناصر در کنار هم می‌توان این فاکتور را به عنوان فاکتور نشان‌دهنده کانی‌زایی در منطقه در نظر گرفت. نقشه فاکتور ششم به همراه مقادیر ویژه آن در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۷: نمودار Scree Plot حاصل از روش آنالیز فاکتوری بر روی داده‌های آبراهه‌ای منطقه قلعه عسکر

برای تعیین مناطق امیدبخش از لحاظ کانی‌زایی، نقشه‌های مربوط به آنالیز تک متغیره، آنالیز خوشه‌ای بر

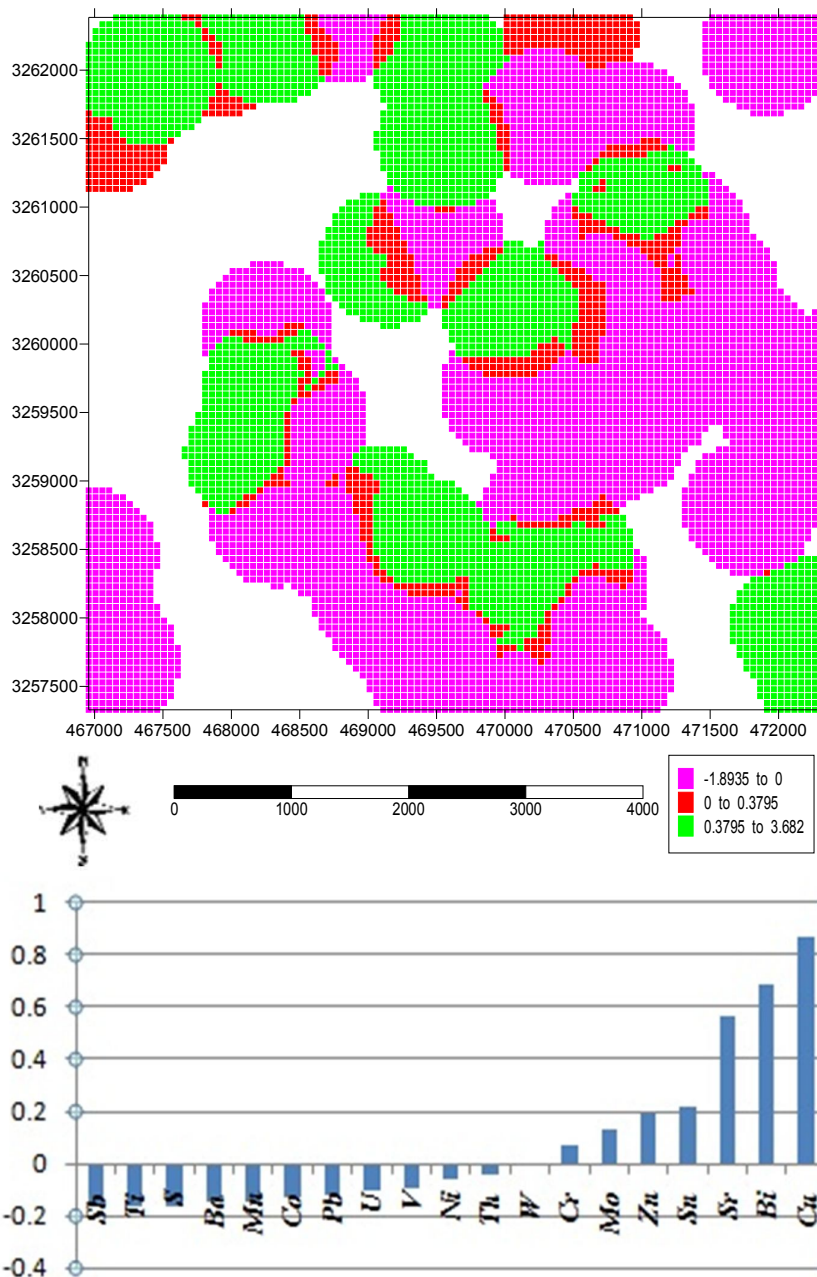


شکل ۶: نقشه حاصل از نتایج آنالیز K-means Cluster بر روی داده‌های آبراهه‌ای منطقه قلعه عسکر

شش فاکتور به دست آمده با استفاده از این روش به نرم‌افزار Surfer منتقل شدند و نقشه هر فاکتور رسم شد. نقشه هر فاکتور همراه با مقادیر ویژه آن بررسی شد و در نهایت مشخص شد که در فاکتور ششم عناصر Cu, Bi, Sr, Mo, Sn دارای مقدار ویژه بالایی هستند. با توجه به قرار

شدند و در نهایت نقشه نهایی مناطق امیدبخش در منطقه قلعه عسکر به دست آمد که این مناطق با رنگ آبی در شکل ۹ دیده می‌شوند

حسب نمونه‌ها، آنالیز فاکتوری و نقشه زمین‌شناسی منطقه، به نرم‌افزار Arc Map منتقل شده و در آنجا با استفاده از روش منطق فازی و توسط عملگر فازی گاما با هم تلفیق



شکل ۸: نقشه فاکتور شماره ۱ (a) به همراه مقادیر بردارهای ویژه آن (b) در منطقه قلعه عسکر

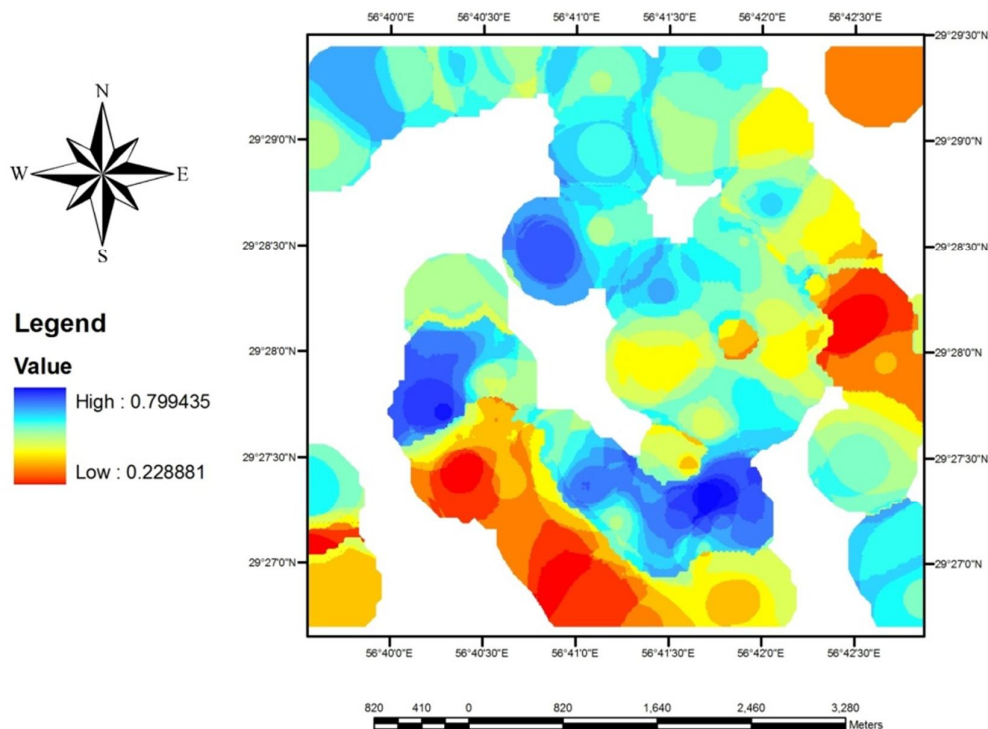
است. در این منطقه کانی‌زایی مس پورفیری رخ داده است که با استفاده از روش‌های آنالیز تک متغیره و چند متغیره این مناطق شناسایی شدند. نقشه بی‌هنجاری تک‌تک عناصر به کمک روش‌های آنالیز تک متغیره رسم شد

#### ۶- نتیجه‌گیری

منطقه قلعه عسگر در استان کرمان در شمال شرقی شهرستان بافت و در قسمتی از زون ارومیه دختر واقع شده

نشان‌دهنده مرکز کانی‌زایی معرفی شدند. از میان فاکتورهای انتخاب شده به وسیله روش آنالیز فاکتوری، فاکتور شماره ۶ مرکز کانی‌زایی را مشخص کرد. نتایج روش‌های بیان شده به روش منطق فازی با هم تلفیق شده و در نهایت بهترین مناطق کانی‌زایی مشخص شدند.

همچنین نتایج ضریب همبستگی نشان داد که عنصر سرب با عنصر روی و عنصر کروم با عنصر نیکل دارای همبستگی بالایی هستند. شش خوشه جداگانه با استفاده از آنالیز خوشه‌ای سلسله مراتبی به دست آمد که خوشه چهارم و پنجم مرکز کانی‌زایی را مشخص کردند. آنالیز K-means cluster نیز بر روی داده‌ها انجام شد که خوشه دوم به رنگ قرمز و خوشه سوم به رنگ سبز به عنوان خوشه‌های



شکل ۹: مناطق آبی رنگ نشان‌دهنده مناطق امیدبخش برای کانی‌زایی مس پورفیری با استفاده از روش منطق فازی در منطقه قلعه عسکر

exploration area, northwestern Iran", Arab J Geosci 1-12.

[4] Sun X., Deng J., Gong Q., Wang Q., Yang L., and Zhao Z.; (2009) "Kohonen neural network and factor analysis based approach to geochemical data pattern recognition", Journal of Geochemical Exploration 103 (1) 6-16.

[5] Khorasanipour M., Tangestani M., and Naseh R.; (2012) "Application of multivariate statistical methods to indicate the origin and geochemical behavior of potentially hazardous elements in sediment around the Sarcheshmeh copper mine, SE Iran", Environ Earth Sci 66 (2) 589-605.

## ۷- مراجع

[۱] خاکزاد ا.، جعفری ح.؛ ۱۳۸۱ "کانی شناسی، پاراژنز و زمین شناسی اقتصادی کانسارهای مس حراران در استان کرمان". دهمین همایش انجمن بلور شناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

[2] kurdiasef a., 1989 "application of lithochemical methods in detection and exploration of porphyry copper deposits" (Institute of mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Trace elements, Academy of Russian sciences

[3] Akbarpour A., Gholami N., Azizi H., and Torab F.; (2012) "Cluster and R-mode factor analyses on soil geochemical data of Masjed-Daghi

- استان خراسان رضوی"، مجله زمین شناسی اقتصادی جلد ۵ (شماره ۱) ص ۱۱۷-۱۳۶
- [۱۴] علیخانی ا.، جعفری ر.؛ (۱۳۸۵) "نقشه زمین شناسی منطقه قلعه عسکر"، شرکت ملی مس ایران
- [۱۵] حسنی پاک ع.، شرف الدین م.؛ (۱۳۹۰) "تحلیل داده های اکتشافی"، انتشارات دانشگاه تهران چاپ سوم
- [16] Carranza E.J.M. "Chapter 6: Analysis of Geologic Controls on Mineral Occurrence", in Emmanuel John, M.C. (Ed.): 'Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry' (Elsevier Science B.V., 2009), pp. 147-187
- [۱۷] یزدی م.؛ (۱۳۸۱) "روش های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمیایی"، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- [۱۸] پایگاه ملی داده های علوم زمین؛ (تاریخ به روز رسانی: ۱۳۹۲/۰۶/۰۷) "اکتشاف ژئوشیمیایی بافق"، آدرس اینترنتی: [www.ngdir.ir](http://www.ngdir.ir)
- [۱۹] شایسته فر م.، رسا ا.؛ (۱۳۸۴) "تحلیل داده های چند متغیره کانسار سرب و روی قنات مروان کرمان"، مجله علوم زمین شماره ۵۷
- [20] Nude P.M., Asigri J.M., Yidana S.M., Arhin E., Foli G., and Kutu J.M.; (2012) "Identifying Pathfinder Elements for Gold in Multi-Element Soil Geochemical Data from the Wa-Lawra Belt, Northwest Ghana: A Multivariate Statistical Approach", International Journal of Geosciences 3 (1)
- [21] Templ M., Filzmoser P., and Reimann C.; (2008) "Cluster analysis applied to regional geochemical data: Problems and possibilities", Applied Geochemistry 23 (8) 2198-2213.
- [22] Hakin, S.;(1999) "Neural Networks", second edition, Simon and Schuster Company, Newjersy.
- [23] Bonham-Carter, G.F.;(1994) "Geographical Information Systems for geoscientists: modelingwith GIS". Pergamon Press, Ontario, Canada. 398p.
- [6] Yuan G.-L., Sun T.-H., Han P., and Li J.; (2013) "Environmental geochemical mapping and multivariate geostatistical analysis of heavy metals in topsoils of a closed steel smelter: Capital Iron & Steel Factory, Beijing, China", Journal of Geochemical Exploration 130 (0) 15-21.
- [۷] ایوبی ا.، شمسی پوردهکردی ر.، شیوا م.؛ (۱۳۹۲) "شناسایی ناهنجاریها در اکتشافات زمین شیمی رسوبات آبراهه ای با استفاده از تحلیل عاملی در منطقه مسگران بیرجند، شرق ایران"، مجله زمین شناسی اقتصادی جلد ۵ (شماره ۴) ص ۱۰۵-۱۱۷.
- [۸] قورچی روکی م.، کریم پور م.؛ ۱۳۸۹ "کاربرد تحلیل مولفه های اصلی در شناسایی آنومالیهای ژئوشیمیایی در ناحیه فیض آباد، شمال شرق ایران". نخستین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- [۹] هاشمی گهروئی م.، شفیعی ب.، غلامحسین ش.، حسین ت.؛ (۱۳۹۱) "کاربرد روشهای اکتشافی رسوب آبراهه ای و کانی سنگین در ارزیابی پتانسیل کانی سازی بازالت های سلطان میدان (شمال شاهرود)", مجله زمین شناسی اقتصادی جلد ۴ (شماره ۲) ص ۲۵۷-۲۶۹.
- [۱۰] دهقان منشادی م.، علی نیا ف.، اسلام کیش ت.؛ ۱۳۹۰ "مقایسه آمار کلاسیک، روش فراکتال و آنالیز چند متغیره در جداسازی آنومالیهای ژئوشیمیایی کانسار چاهمیر". پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران دانشگاه تربیت معلم تهران
- [۱۱] یوسفی س.ج.، مرادیان ع.؛ (۱۳۹۱) "الگوی کانه زایی مس - طلا چهار گنبد (سیرجان)، با استفاده از مطالعات کانی شناسی، دگرسانی، ژئوشیمیایی و آزمونهای آماری چند متغیره"، مجله زمین شناسی اقتصادی جلد ۴ (شماره ۱) ص ۱۳۵-۱۵۳.
- [۱۲] یوسفی م.، مرتضوی س.، منتظری ع.، توکل نیا ک.؛ ۱۳۸۵ "کاربرد تجزیه و تحلیل های چند متغیره در پردازش داده های اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات رودخانه ای با نگرشی ویژه با روشهای آنالیز فاکتوری و خوشه ای". دومین همایش منطقه ای مهندسی معدن دانشگاه آزاد اسلامی واحد سواد کوه.
- [۱۳] حاجی میرزاچان ح.، کریم پور م.، ملکزاده سفارودی آ.، حیدریان شهری م.، هامونی س.؛ (۱۳۹۲) "تلفیق داده های زمین شناسی، کانی شناسی، ژئوشیمی و مطالعات ژئوفیزیکی و مغناطیس سنجی زمینی منطقه رودگز، جنوب شرق گناباد،

- 1- Colluvium
- 2- Detection Limit
- 3- Anomaly
- 4- Back ground
- 5- Principal Component Analysis
- 6- Factor Analysis
- 7- Cluster analysis
- 8- Multivariate Regression
- 9- Characteristic analysis
- 10- Discriminant Analysis
- 11- Hierarchical Cluster