

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی و تخمین آنومالی های ژئوشیمیایی اندیس های مس در منطقه شمال جوین

میشم امانی

استاد راهنما:

منصور ضیایی

مرداد ۱۳۹۴

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای میثم امانی

تحت عنوان: ارزیابی و تخمین آنومالی های ژئوشیمیایی اندیس های مس در منطقه شمال جوین

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقدیم به

به سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

مویشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا کرم ما بخش وجود ما و روشکر را همان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان.

که از نگاهشان صلابت و از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم.

## تشکر و قدردانی

یا هو

ای هستی بخش، وجود مرا بر نعمات بی کرانت توان شکر نیست

ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می تپد.

الهی مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور،

نه حلقه ای برای اسارت

و نه دست مایه ای برای تجارت،

بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران، خاص که

مسئولیت دانشگاه و دانشگاهیان جایگاهی حساس و تعیین کننده در روند حرکت اجتماع دارد.

بیش از همه از استاد گرانقدر و بزرگوار **جناب آقای دکتر منصور ضیایی** که همواره با

راهنمایی و مشاوره، مرا مورد لطف و محبت خود قرار داده اند، نهایت تشکر و قدردانی را

دارم.

در پایان از همسرم که با صبر و شکیبایی اینجانب را در انجام این پایان نامه یاری

رساند تشکرمی نمایم و از پروردگار بزرگ برایشان موفقیت روزافزون در تمامی مراحل

زندگی را خواستارم.

## تعهد نامه

اینجانب **میثم امانی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف از دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان: **ارزیابی و تخمین آنومالی های ژئوشیمیایی اندیس های مس در منطقه شمال جوین تحت راهنمایی آقای دکتر منصور ضیایی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیرگذار بوده اند، در مقالات مستخرج از این پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده است، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) مربوط به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده:

مطالعات انجام گرفته در محدوده‌ی مس جوین در دو بخش زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی صورت گرفت. در بررسی زمین‌شناسی منطقه، نقشه‌های زمین‌شناسی مقیاس بزرگ تهیه گردید. همچنین از مناطق دارای کانه‌زایی نمونه گرفته شده و آنالیز و تهیه‌ی مقطع از آن‌ها منبر به شناسایی کانی‌های اصلی محدوده شد که غالباً به صورت اکسیدهای مس و آهن بودند. در مطالعات ژئوشیمیایی، جهت بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از روش‌های بررسی آماری تک متغیره، دو متغیره و چند متغیره استفاده شد که نتایج بررسی‌ها نشان از وجود سه محدوده کانی‌سازی در غرب، مرکز و شرق محدوده داشت. در ادامه جهت شناسایی اولویت‌های اکتشافی و زون بندی مناطق دارای پتانسیل از روش زونالیت‌ژئوشیمیایی، استفاده شد و نقشه‌های پتانسیل مطلوب محدوده مورد مطالعه ساخته شد. بر اساس این نقشه‌های پتانسیل مطلوب دو زون در قسمت‌های غربی و مرکزی محدوده به منظور اکتشافات دقیقتر انتخاب شدند و وجود یک ذخیره پنهان در این زون‌ها تایید شد. پس از بازدیدهای صحرائی کارشناسان زون مرکزی برای ادامه کار اکتشافی و حفر گمانه برگزیده شد.

در مجموع حدود ۵۲۰ متر حفاری پودری در زون مرکزی صورت گرفت. بررسی ژئوشیمیایی نمونه‌های حفاری‌های صورت گرفته نشان داد که پیش‌بینی‌های ارائه شده توسط روش زونالیت‌ژئوشیمیایی برای زون مرکزی کاملاً صحیح می‌باشد و محاسبه ضرایب شاخص زونالیت‌ژئوشیمیایی نشان از وجود ذخیره پنهانی در عمق ۱۰-۲۰ متری در بعضی از گمانه‌های حفاری شده این زون دارد. البته لازم بذکر است که در بعضی از گمانه‌های حفاری شده کانی‌سازی در اعماق بیشتر هم مشاهده می‌شود که می‌بایست در مراحل آینده اکتشاف این محدوده مورد توجه قرار گیرند.

کلمات کلیدی: زونالیت‌ژئوشیمیایی، ضرایب زونالیت‌ژئوشیمیایی، شاخص زونالیت‌ژئوشیمیایی، مقادیر خارج از ردیف، تحلیل مولفه اصلی، نرمال‌سازی داده‌ها، اسکری‌پلات، نقشه پتانسیل مطلوب

## فهرست مطالب

عناوین.....صفحه

فصل اول: کلیات ..... ۱

۱-۱ مقدمه ..... ۲

۲-۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده مس جوین ..... ۳

۳-۱ موقعیت سیاسی و محلی منطقه ..... ۴

۴-۱ جغرافیای انسانی و جمعیت ..... ۶

۵-۱ ضرورت و هدف از انجام پایان‌نامه ..... ۶

۶-۱ روش تحقیق پایان‌نامه ..... ۷

۷-۱ ساختار پایان‌نامه ..... ۷

۸-۱ مروری بر مطالعات انجام‌شده ..... ۸

۹-۱ کلیاتی در مورد مس ..... ۹

۱-۹-۱ ویژگی‌های کلی مس ..... ۱۰

۲-۹-۱ کانی‌های مس ..... ۱۱

۱-۲-۹-۱ کانی‌های اکسیدی مس ..... ۱۱

۲-۲-۹-۱ کانی‌های سولفیدی مس ..... ۱۱

۳-۲-۹-۱ مس طبیعی ..... ۱۲

۳-۹-۱ انواع ذخایر مس ..... ۱۳



۱۳	..... مس پورفیری	۱-۳-۹-۱
۱۴	..... مس رسوبی استراتی باند	۲-۳-۹-۱
۱۴	..... مس ماسیوسولفید ولکانوژنیک	۳-۳-۹-۱
۱۴	..... مس گابروئیدی	۴-۳-۹-۱
۱۵	..... مس گرمابی	۵-۳-۹-۱
۱۵	..... مس هیدروترمال رگه‌ای	۶-۳-۹-۱
۱۵	..... کانسارهای اسکارن مس دار	۷-۳-۹-۱
۱۵	..... نحوه تهنشست ذخایر سولفیدی مس	۴-۹-۱
۱۶	..... منابع مس در جهان	۵-۹-۱
۱۷	..... منابع مس در ایران	۶-۹-۱
۱۹	..... فصل دوم: زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی و کانه‌زایی در محدوده‌ی مس جوین	
۲۰	..... ۱-۲ زمین‌شناسی محدوده	
۲۰	..... ۱-۱-۲ زمین‌شناسی ناحیه‌ای	
۲۰	..... ۱-۱-۱-۲ چینه‌شناسی و تفکیک واحدهای سنگی	
۲۲	..... ۲-۱-۱-۲ سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی وابسته به افیولیت	
۲۲	..... ۳-۱-۱-۲ زمین‌شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه	
۲۳	..... ۲-۱-۲ زمین‌شناسی منطقه‌ای	
۲۵	..... ۱-۲-۱-۲ تهیه‌ی نقشه زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه	

۲۷	..... ۲-۲-۱-۲ تهیه‌ی نقشه‌ی ۱:۵۰۰۰
۳۲	..... ۳-۱-۲ مطالعات میکروسکوپی
۳۲	..... ۱-۳-۱-۲ مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک
۳۷	..... ۴-۱-۲ مطالعات مینرالوگرافی مقاطع صیقلی
۳۹	..... فصل سوم: اکتشافات ژئوشیمیایی محدوده‌ی مورد مطالعه
۴۰	..... ۱-۳ مقدمه
۴۱	..... ۲-۳ اکتشافات ژئوشیمیایی اولیه
۴۱	..... ۱-۲-۳ نمونه‌برداری
۴۲	..... ۲-۲-۳ محیط و طراحی شبکه‌ی نمونه‌برداری
۴۵	..... ۳-۲-۳ انجام آزمایشات
۴۶	..... ۱-۳-۲-۳ آنالیز <i>XRF</i>
۴۷	..... ۲-۳-۲-۳ آنالیز <i>XRD</i>
۴۸	..... ۴-۲-۳ آماده‌سازی و تجزیه نمونه‌ها
۴۸	..... ۳-۳ پردازش اولیه داده‌های ژئوشیمیایی
۴۹	..... ۱-۳-۳ بررسی‌های آماری تک متغیره
۵۰	..... ۲-۳-۳ پارامترهای آماری داده‌های خام
۵۲	..... ۳-۳-۳ آزمون مقادیر خارج از ردیف
۵۳	..... ۴-۳-۳ بررسی توزیع داده‌ها

- ۵-۳-۳ تفسیر بررسی‌های آماری تک متغیره ..... ۵۶
- ۴-۳ نرمال‌سازی داده‌ها ..... ۵۶
- ۵-۳ بررسی‌های آماری دومتغیره ..... ۵۹
- ۱-۵-۳ ترسیم نقشه‌های توزیع عیار برای چند عنصر دارای همبستگی ..... ۶۳
- ۶-۳ بررسی‌های آماری چند متغیره ..... ۷۰
- ۱-۶-۳ تجزیه و تحلیل خوشه ای ..... ۷۰
- ۲-۶-۳ تجزیه و تحلیل مولفه‌ی اصلی (PCA) ..... ۷۴
- ۱-۲-۶-۳ استخراج مؤلفه‌های اصلی ..... ۷۴
- ۲-۲-۶-۳ ماتریس مؤلفه‌ها ..... ۷۸
- ۳-۲-۶-۳ دوران فاکتورها ..... ۷۹
- ۴-۲-۶-۳ محاسبه امتیازات فاکتوری ..... ۸۱
- ۵-۲-۶-۳ تهیه‌ی نقشه امتیازدهی مؤلفه‌ها ..... ۸۴
- ۳-۶-۳ جمع‌بندی ..... ۸۷
- فصل چهارم: بکارگیری روش زونالیته در شناسایی مناطق آنومال ..... ۸۹**
- ۱-۴ مقدمه ..... ۹۰
- ۲-۴ اکتشافات ژئوشیمیایی با استفاده از روش زونالیته ..... ۹۱
- ۳-۴ الگوهای توزیع منطقه‌ای عناصر محدوده مورد مطالعه ..... ۹۴
- ۱-۳-۴ برآورد مقدار زمینه و حد آستانه‌ای به روش آماری سالووف ..... ۹۵

- ۲-۳-۴ آشکارسازی مناطق آنومال در مقیاس ناحیه‌ای ..... ۱۰۱
- ۳-۳-۴ بررسی گمانه‌های اکتشافی و تغییرات عمقی عنصر مس در آنها ..... ۱۰۲
- ۴-۳-۴ تغییرات عمقی شاخص‌های زونالیت‌گمانه‌های اکتشافی ..... ۱۰۴
- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ..... ۱۰۷
- ۱-۵ نتیجه‌گیری ..... ۱۰۸
- ۲-۵ پیشنهادات ..... ۱۰۸

- شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه‌ی جوین ..... ۴
- شکل ۲-۱: نقشه‌ی کروکی راه‌های دهستان بالا جوین ..... ۵
- شکل ۳-۱: تصویر ماهواره‌ای از محدوده‌ی اکتشافی جوین ..... ۵
- شکل ۴-۱: ساختار پهنه کانی‌سازی مس سولفید با منشأ سوپرژن: (a) رگه‌های کانی‌سازی شده کلسیت-کالکوپیریت، (b) کانی‌سازی کولیت-کالکوزین، (c) مالاکیت-کوپریت، (d) مالاکیت-آزوریت. (هارالد، ۲۰۱۰) ..... ۱۲
- شکل ۱-۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه بر روی نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای ..... ۲۴
- شکل ۲-۲: نقشه تلفیقی زمین‌شناسی، ساختاری و توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده مورد مطالعه ..... ۲۶
- شکل ۳-۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ محدوده مورد مطالعه ..... ۲۸
- شکل ۴-۲: نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰ بخشی از منطقه‌ی مورد مطالعه ..... ۳۱
- شکل ۵-۲: مقطع نازک گرفته شده از نمونه‌ی JCT-1 ..... ۳۲
- شکل ۶-۲: مقطع نازک گرفته شده از نمونه‌ی JCT-2 ..... ۳۳
- شکل ۷-۲: نمونه‌ی مقطع نازک گرفته شده از JCT-2 ..... ۳۵
- شکل ۸-۲: نمونه‌هایی از مقاطع نازک گرفته شده از نمونه‌ی JCT-3 ..... ۳۶
- شکل ۹-۲: ذره مشکوک به مس نیتیو و طلا در مرکز عکس مربوط به نمونه JCP-5 ..... ۳۷
- شکل ۱۰-۲: تبدیل شدگی کالکوپیریت به کالکوسیت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن در نمونه JCP-4 ..... ۳۸
- شکل ۱-۳: شبکه‌ی نقاط نمونه‌برداری محدوده‌ی مورد مطالعه ..... ۴۴
- شکل ۲-۳: تصویر ماهواره‌ای از شبکه‌ی نقاط نمونه‌برداری شده ..... ۴۴

- شکل ۳-۳: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-24 به روش XRD ..... ۴۷
- شکل ۳-۴: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-18 به روش XRD ..... ۴۷
- شکل ۳-۵: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-21 به روش XRD ..... ۴۸
- شکل ۳-۶: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-13 و LJS-43 به روش XRD ..... ۴۸
- شکل ۳-۷: حد آستانه‌ای مقادیر خارج از ردیف (g) به‌عنوان تابعی از تعداد نمونه (n) و سطح اعتماد (لوینسون، ۱۹۸۰) ..... ۵۳
- شکل ۳-۸: نمودار هیستوگرام داده‌های خام برخی از عناصر ..... ۵۴
- شکل ۳-۹: نمودار چارک-چارک و باکس پلات عناصر Cr و Co ..... ۵۵
- شکل ۳-۱۰: نمودار چارک-چارک و باکس پلات داده‌های خام عناصر آهن و مس ..... ۵۵
- شکل ۳-۱۱: نمودار چارک-چارک و باکس پلات برخی از عناصر نرمال شده ..... ۵۸
- شکل ۳-۱۲: نمودار نحوه‌ی پراکندگی و همبستگی مثبت و منفی عناصر با هم ..... ۶۱
- شکل ۳-۱۳: نحوه توزیع پراکندگی عناصر کبالت، کروم، مس، سرب و روی نسبت به هم ..... ۶۲
- شکل ۳-۱۴: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر مس در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۴
- شکل ۳-۱۵: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر نقره در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۴
- شکل ۳-۱۶: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر آرسنیک در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۵
- شکل ۳-۱۷: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر آلومینیوم در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۵
- شکل ۳-۱۸: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر کادمیم در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۶
- شکل ۳-۱۹: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر آهن در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۶
- شکل ۳-۲۰: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر سرب در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۷

- شکل ۳-۲۱: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر آنتیموان در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۷
- شکل ۳-۲۲: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر روی در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده ..... ۶۸
- شکل ۳-۲۳: نمودار همبستگی عنصر مس با عناصر اکسیدی ..... ۶۹
- شکل ۳-۲۴: نمودار دندروگرام خوشه‌ای عناصر ..... ۷۳
- شکل ۳-۲۵: نمودار اسکری‌پلوت داده‌های استخراج‌شده ..... ۷۶
- شکل ۳-۲۶: تصویر سه‌بعدی از فضای دوران یافته متغیرها ..... ۸۱
- شکل ۳-۲۷: نمودار امتیازات فاکتور اول در محل برداشت نمونه‌ها ..... ۸۲
- شکل ۳-۲۸: نمودار امتیازات فاکتور دوم در محل برداشت نمونه‌ها ..... ۸۲
- شکل ۳-۲۹: نمودار امتیازات فاکتور سوم در محل برداشت نمونه‌ها ..... ۸۲
- شکل ۳-۳۰: نمودار امتیازات فاکتور چهارم در محل برداشت نمونه‌ها ..... ۸۳
- شکل ۳-۳۱: نمودار امتیازات فاکتور پنجم در محل برداشت نمونه‌ها ..... ۸۳
- شکل ۳-۳۲: نمودار امتیازات فاکتور ششم در محل برداشت نمونه‌ها ..... ۸۳
- شکل ۴-۱: مدل استاندارد زونالیته معادن مس و مولیبدن پورفیری (Ziaii, 2007) ..... ۹۲
- شکل ۴-۲: مدل ضرایب زونالیته ژئوشیمیایی برای نهشته‌های مس پورفیری به‌صورت تیپیک در قزاقستان، بلغارستان، ارمنستان و ایران (Ziaii, 1996) ..... ۹۴
- شکل ۴-۳: تابع چگالی داده‌های ژئوشیمیایی جامعه آنومالی A با میانگین  $\mu_A$  و زمینه B با میانگین  $\mu_B$  (چنگ، ۱۹۹۹) ..... ۹۶
- شکل ۴-۴: زون بندی منطقه و موقعیت نقاط آنومال برای عناصر Ag,Co,Cr,Cu ..... ۹۸
- شکل ۴-۵: زون بندی منطقه و موقعیت نقاط آنومال برای عناصر Mo,Ni,Pb,Zn ..... ۹۹

شکل ۴-۶: موقعیت همه‌ی نقاط آنومال عناصر مورد بررسی و تقسیم‌بندی منطقه به سه ناحیه‌ی

کوچکتر..... ۹۹

شکل ۴-۷: تغییرات عمقی عنصر مس در گمانه‌های اکتشافی..... ۱۰۳



- جدول ۱-۱: مختصات محدوده اکتشافی جوین ..... ۳
- جدول ۲-۱: طول اضلاع محدوده اکتشافی جوین ..... ۳
- جدول ۱-۳: مختصات نقاط برداشت نمونه‌ها ..... ۴۵
- جدول ۲-۳: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-24 به روش XRF ..... ۴۶
- جدول ۳-۳: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-18 به روش XRF ..... ۴۶
- جدول ۴-۳: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-21 به روش XRF ..... ۴۶
- جدول ۱-۴: محاسبه مقادیر زمینه  $C_p$ ، انحراف معیار  $\varepsilon$  و حد آستانه‌ای  $C_A$  برای عناصر شاخص  
مورد استفاده در روش زونالیت (غلظت‌ها بر حسب ppm) ..... ۹۸
- جدول ۲-۴: مقادیر میانگین نمونه‌های آنومال برای عناصر فوق کانساری (غلظت‌ها بر حسب ppm)  
..... ۱۰۰
- جدول ۳-۴: مقادیر میانگین نمونه‌های آنومال نواحی سه گانه برای عناصر تحت کانساری (مقادیر  
بر حسب ppm) ..... ۱۰۰
- جدول ۴-۴: محاسبه ضرایب زونالیت برای نواحی سه گانه (مقادیر بر حسب ppm) ..... ۱۰۰
- جدول ۵-۴: محاسبه ضرایب شاخص زونالیت با اعمال ضریب کانی‌سازی ..... ۱۰۱

## فصل اول:

### کلیات

## ۱-۱ مقدمه

نظام توزیع عناصر شیمیایی در سنگ‌های پوسته زمین و عوامل مهم مؤثر در مهاجرت و تمرکز عناصر در طی فرایندهای طبیعی، مبنای تئوریک تکنیک‌هایی را تشکیل می‌دهد که در اکتشافات ژئوشیمیایی بکار رفته است. هم‌اکنون این روش‌ها، وسیله‌ای بسیار سودمند و مؤثر هستند که عملاً در همه مراحل جستجو برای اکتشاف ذخایر معدنی بکار گرفته می‌شوند. با وجود این روش‌ها، نه تنها می‌توان در برون‌زدها به دنبال ذخایر معدنی گشت، بلکه می‌توان به اکتشاف مستقیم کانسارهایی دست‌یافت که هنوز نمایان نگشته و یا به وسیله انواع گوناگون مواد پوشیده شده‌اند (حسنی پاک، ۱۳۸۱). به کارگیری علم ژئوشیمی اکتشافی در یافتن نهشته‌های جدید فلزی، غیرفلزی، ذخایر نفت خام و گاز طبیعی است. در تمام این موارد هدف مشترک یافتن تمرکزهایی از یک یا چند عنصر یا ترکیبات آن‌ها با غلظتی بالاتر از حد زمینه<sup>۱</sup> است، به طوری که بتوان آن را تمرکز غیرعادی عناصر یا آنومالی تلقی کرد. در این صورت می‌توان امیدوار بود که این آنومالی با کانی‌سازی در ارتباط باشد. کاربرد روش‌های ژئوشیمیایی در اکتشافات زمین‌شناختی در مقیاس بزرگ، به پیشرفت علمی و تکنولوژیکی زمین‌شناسی می‌انجامد تا از این طریق اکتشاف زمین‌شناختی را سرعت بخشیده و هزینه‌های آن را کاهش داد. حداکثر کارایی روش‌های ژئوشیمیایی زمانی حاصل می‌شود که ترتیب انجام مراحل اکتشافی رعایت گردد. اولین مرحله در اکتشافات ژئوشیمیایی، توجه به مطالعات زمین‌شناسی و شناخت ویژگی‌های ساختاری، ماگماتیسم، کانی‌شناسی، لیتولوژی، محیط تکتونیک، دگرسانی و ارتباط آن با کانی‌سازی و دیگر عوامل زمین‌شناختی محدوده‌ی مورد اکتشاف است (گریگوریان، ۱۹۷۵). در واقع هدف از اکتشاف منطقه‌ای، بررسی و شناسایی مسائلی است که برای تعیین مشخصات صنعتی یک کانسار لازم است. اولین هدف، تعیین مشخصات کمی و کیفی توده‌ی معدنی و شناسایی شرایط طبیعی و اقتصادی و نحوه‌ی پیدایش آن است. مشخصات کمی کانسار، با

---

<sup>۱</sup>. Background value

داشتن حجم آن تعیین می‌شود و بنابراین در این قسمت، بایستی شکل و ابعاد آن را مشخص کرد .  
 برای تعیین مشخصات کیفی، نه تنها بایستی ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی توده را در نظر گرفت،  
 بلکه بایستی خواص تکنولوژیکی و عیار آن را نیز مشخص کرد. در واقع مشخصات کیفی و کمی  
 کانسار بایستی در ارتباط با هم مورد مطالعه قرار گیرند.

## ۲-۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده مس جوین

بر اساس اطلاعات حاصله از بررسی نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ و تکتونیک  
 منطقه محدوده ای با مختصات جغرافیایی در حدود طول‌های جغرافیایی "۱۰' ۱۵' ۵۷° تا "۲۶'  
 ۲۱' ۵۷° درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی "۴۹' ۴۷' ۳۶° تا "۲۴' ۴۶' ۳۶° درجه شمالی  
 جهت اکتشافات بیشتر و به مساحت ۲۰ کیلومتر مربع و با رئوس زیر که در ذیل مختصات و اندازه  
 اضلاع آن در قالب جداول ۱ و ۲ و بر مبنای UTM-WGS84 ارائه می‌گردد انتخاب گردید.

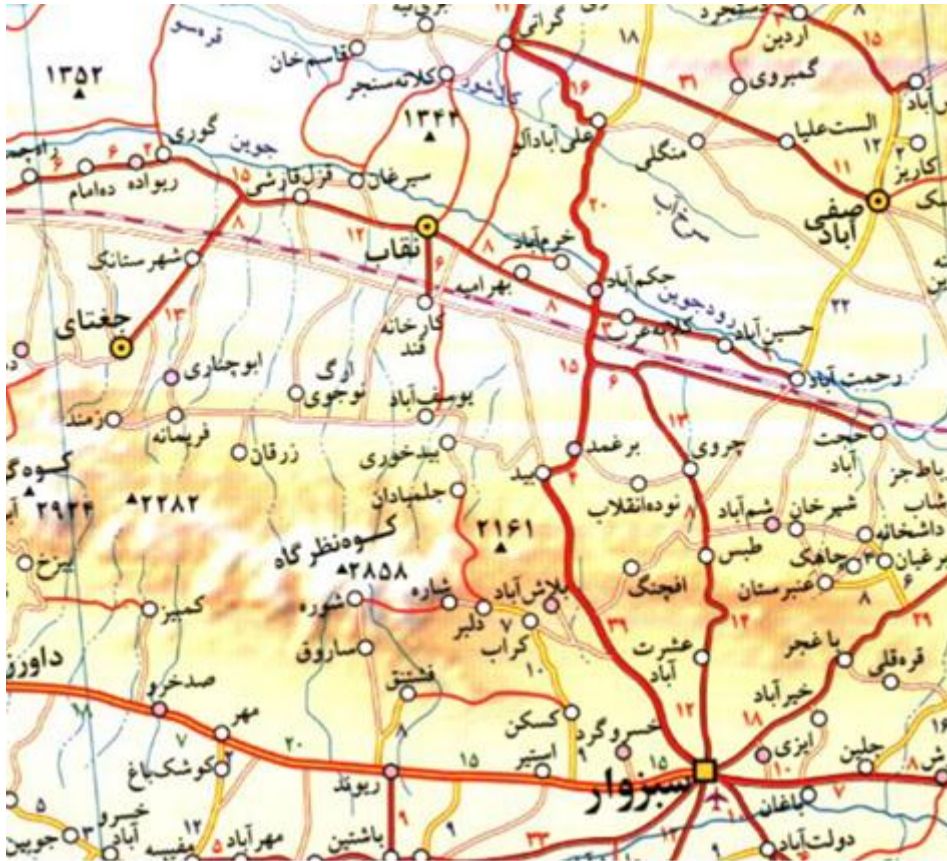
جدول ۱-۱: مختصات محدوده اکتشافی جوین

رئوس محدوده	A	B	C	D
Northing	۴۰۷۲۳۷۸	۴۰۷۲۳۷۹	۴۰۷۲۰۵۵	۴۰۷۲۰۷۹
Easting	۵۲۲۵۵	۵۲۲۹۸۳	۵۲۲۹۸۴	۵۳۰۱۹۱
رئوس محدوده	E	F	G	H
Northing	۴۰۷۱۱۰۴	۴۰۷۱۱۱۰	۴۰۶۹۷۸۸	۴۰۶۹۷۵۸
Easting	۵۳۰۱۹۴	۵۳۱۸۹۱	۵۳۱۸۹۶	۵۲۲۵۶۶

جدول ۲-۱: طول اضلاع محدوده اکتشافی جوین

اضلاع	AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH
طول (متر)	۴۲۵	۳۲۵	۷۲۰۰	۹۷۸	۱۷۰۰	۱۳۰۰	۹۳۰۰

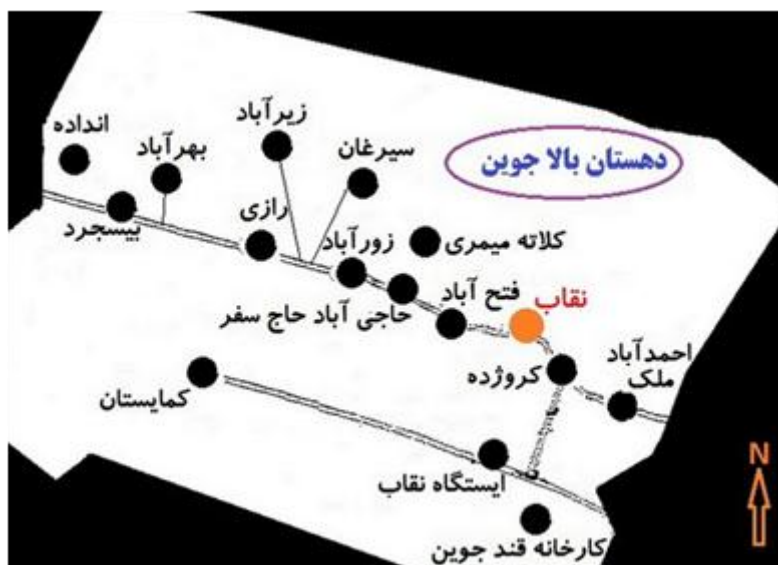
به منظور دسترسی به محدوده مورد نظر با طی مسافتی در حدود ۶۳ کیلومتر به سمت شمال از شهر سبزوار، به شهرستان نقاب رسیده و با طی مسیری در حدود ۱۲ کیلومتر به روستای سیرغان و زیر آباد خواهیم رسید (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه‌ی جوبین (گزارش پایان اکتشاف مس جوبین ۱۳۹۳)

### ۳-۱ موقعیت سیاسی منطقه

جوبین منطقه‌ای است که از نظر تقسیمات کشوری جزئی از استان خراسان رضوی است و در غرب این استان قرار دارد و از بخش‌های تابعه شهرستان سبزوار است. مرکز بخش جوبین شهر نقاب می‌باشد (شکل ۱-۲). بخش جوبین شامل نواحی مرکزی و شرقی جوبین است و قسمت غربی و پائین جوبین از نظر تقسیمات کشوری اکنون در حوزه شهرستان جغتای قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۱: نقشه‌ی کروکی راه‌های دهستان بالا جوین (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین ۱۳۹۳)

ارتفاعات منطقه جوین به دودسته تقسیم می‌شود: ۱- رشته کوه‌های جغتای (که بیشتر بابت

کرومیت پتانسیل دارد). ۲- کوه جوین. شکل (۱-۳)



شکل ۳-۱: تصویر ماهواره‌ای از محدوده‌ی اکتشافی جوین

## ۴-۱ جغرافیای انسانی منطقه

شهر نقاب در آذر ماه سال ۱۳۷۳ از ادغام شش روستا تاسیس و شهرداری رسماً فعالیت خود را آغاز نمود. این شهر دارای ۶۶۰ هکتار وسعت در محدوده قانونی و حدود ۱۴۲۵ کیلومتر مربع وسعت در حریم ماده ۹۹ با جمعیتی بالغ بر ۱۵۰۰۰ نفر می‌باشد. ترکیب جمعیتی دشت جوین شامل ترک - کرد - فارس و تعدادی کمی از ایلات دیگر می‌باشد. پخش و پراکندگی جمعیت در بخش جوین حالت یکنواخت و همسانی ندارد در بعضی از نواحی و روستاها از پراکندگی شدیدی برخوردار و بعضی دیگر از پراکندگی کمتری برخوردار است این پراکندگی به عوامل طبیعی و مسائل اقتصادی بستگی دارد (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

با احداث کارخانه قند جوین، اکثر مردم منطقه به کشاورزی و کشت چغندر قند مشغول می‌باشند. شغل دیگر مردم منطقه دامداری می‌باشد که با توجه به خشکسالی‌های سال‌های اخیر منطقه و کم‌آبی در این منطقه دام‌ها اکثراً از نوع بز است و در برخی روستاها شتر نیز دیده می‌شود. با توجه به احداث کارخانه فرآوری کرومیت جوین در سال‌های اخیر و وجود کانسارهای کرومیت در منطقه، عده‌ای در این بخش شاغل می‌باشند.

## ۵-۱ ضرورت و هدف از انجام پایان‌نامه

شکی نیست که در آینده نهشته‌های کانساری با عیار کم و یا نهشته‌های با ابعاد کوچک و یا پنهان، اقتصادی می‌گردند که تعیین مکان واقعی این نهشته‌ها فوق‌العاده مشکل است. به‌ویژه اگر این نهشته‌ها با خاک، ذرات آواری یخچالی، مواد آبرفتی و غیره پوشیده شده باشند و درست در چنین مواردی است که استفاده از ژئوشیمی اکتشافی مفید خواهد بود. در واقع اکتشافات ژئوشیمیایی بیشتر برای کشف نهشته‌های پنهان مناسب است. به‌ویژه برای اکتشاف نهشته‌هایی همچون کانسارهای

پنهان که تعیین محل و موقعیت آن‌ها مشکل است و یا نهشته‌هایی که شناخت سطحی آن‌ها غیرممکن است (همچون برخی نهشته‌های مس پورفیری). در پی جویی ذخایر معدنی مس از روش‌ها و تئوری‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی متعددی استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت ذخایر مس و نیاز روزافزون به این ماده معدنی، روش‌های ژئوشیمیایی یکی از راه‌کارهای مناسب جهت اکتشاف این کنسارها می‌باشند. هدف اصلی در این پایان‌نامه، تعیین نقاط دارای پتانسیل اکتشاف با استفاده از روش‌های مختلف ژئوشیمی (شامل بررسی‌های تک متغیره، دو و چند متغیره) و مقایسه این روش‌ها با روش زونالیت<sup>۱</sup> ژئوشیمیایی در جهت شناسایی مناطق مستعد کانی‌سازی و مقایسه آن با برخی از روش‌های دیگر همچون آنالیز چند متغیره<sup>۲</sup> ژئوشیمیایی است.

## ۱-۶ روش تحقیق پایان‌نامه

در این تحقیق نخست با توجه به نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه، زمین‌شناسی ناحیه‌ای و منطقه‌ای و تفکیک واحدهای سنگی محدوده موردنظر مطالعه می‌گردد. در مرحله دوم، سنگ‌شناسی و کانه‌زایی منطقه بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی و مطالعات صحرایی بررسی می‌شود. در این فصل مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک و صیقلی برخی از نمونه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و کانی‌های اصلی مس‌دار و دیگر عناصر شاخص شناسایی می‌گردند. در مرحله سوم اکتشافات ژئوشیمیایی محدوده مورد مطالعه با توجه به روش‌های آماری چند متغیره و روش سنتی زونالیت ژئوشیمیایی مناطق آنومال و محدوده‌های امیدبخش اکتشافی تعیین می‌گردند و نتایج این روش‌ها باهم مقایسه شدند.

## ۱-۷ ساختار پایان‌نامه

فصل دوم این پایان‌نامه به بررسی زمین‌شناسی ناحیه‌ای و منطقه‌ای محدوده موردنظر می‌پردازد. در

---

<sup>۱</sup>.Zonality

<sup>۲</sup>.Multivariate Analysis



این فصل، ساختارهای زمین‌شناسی و واحدهای سنگی تفکیک و بررسی می‌گردد. سپس سنگ‌شناسی و کانه‌زایی بررسی می‌گردد. در ادامه مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک و صیقلی نمونه‌ها تشریح می‌شود. انواع سنگ‌ها و کانی‌های سازنده قسمت‌های مختلف محدوده، با توجه به مطالعات صحرایی و نمونه‌های دستی برای بخش سنگ‌شناسی و مطالعه مقاطع نازک برای بخش کانه‌زایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل سوم، اکتشافات ژئوشیمیایی منطقه با روش‌های آماری یک، دو و چندمتغیره بررسی می‌گردد. این مرحله بر اساس نمونه‌برداری‌های لیتوژئوشیمیایی و آنالیز چند عنصری نمونه‌ها و سپس بررسی‌های آماری عناصر تجزیه‌شده صورت می‌پذیرد. در این فصل در آمار یک متغیره مقادیر تابع توزیع عناصر محاسبه‌شده و عناصر از نظر نرمال و غیر نرمال بودن و روش‌های نرمال‌سازی بررسی می‌گردند. در آمار دومتغیره، همبستگی عناصر به روش پیرسون بررسی شده و نقشه توزیع عیار برخی از عناصر شاخص و دارای همبستگی بالا ترسیم می‌گردد. بررسی‌های آماری چند متغیره با روش‌های تحلیل مؤلفه اصلی و ترسیم نقشه‌های امتیازات هرکدام از فاکتورهای محاسبه‌شده، آنالیز خوشه‌ای و مقایسه آن با روش تحلیل مؤلفه اصلی انجام می‌گیرد. در فصل چهارم روش سنتی زونالیته ژئوشیمیایی در تعیین مناطق مستعد کانه‌زایی بررسی می‌شود. در فصل پنجم، نتیجه بررسی‌های انجام‌گرفته بیان می‌گردد و پیشنهادهای لازم در جهت اکتشاف مناطق آنومال ارائه می‌گردد.

## ۸-۱ مروری بر مطالعات انجام‌شده

بیشتر اکتشافات صورت گرفته در این منطقه به واسطه وجود افیولیت‌ها بر روی کرومیت بوده است. اما در سال‌های اخیر و بواسطه افزایش قیمت مس در بازارهای جهانی مطالعاتی توسط بخش خصوصی در این منطقه برای مس صورت گرفته است به این صورت که در نزدیکی این محدوده یک محدوده دارای پروانه بهره‌برداری مس با ذخیره ۵۰۰۰۰۰ تنی وجود دارد. از جمله دیگر اکتشافات صورت گرفته در این منطقه مطالعات ژئوشیمی و... برای اکتشاف طلا در محدوده توسط بخش

خصوصی می باشد.

ژئوشیمی اکتشافی آن چنان که امروزه آن را می‌شناسیم، طی سال‌های ۱۹۳۰ از اتحاد جماهیر شوروی پای گرفته است. در اواخر دهه‌ی ۱۹۴۰ و اوایل دهه‌ی ۱۹۵۰ تلاش‌های مقدماتی در استفاده از ژئوشیمی اکتشافی، در کشورهای غربی بر اساس تکنیک‌هایی بود که برای اولین بار در شوروی گسترش یافت. اولین برنامه اکتشافی در مقیاس بزرگ در سال ۱۹۳۲ به وسیله‌ی زمین‌شناسان اتحاد جماهیر شوروی انجام گرفت. آن‌ها روش تجزیه اسپکتروگراف تابشی و روش نمونه‌برداری ژئوشیمیایی را برای بررسی خاک‌ها عرضه و توسعه بخشیدند. در اواخر دهه ۱۹۳۰ تحقیقاتی در مورد کاربرد گیاهان برای مقاصد اکتشافی در اتحاد جماهیر شوروی، سوئد و فنلاند شروع شد. در همان زمان در نروژ کارهای کلاسیک گلدشمیت<sup>۱</sup> در مورد توزیع عناصر توجه زیادی را به خود جلب نمود. در خلال این کارها، ضمن تعیین فراوانی عناصر در بسیاری از سنگ‌های مختلف، قوانین حاکم بر توزیع و پراکندگی آن‌ها نیز اراده شد و بلافاصله این قوانین در کارهای اکتشافی مورد استفاده قرار گرفت (گریگوریان<sup>۲</sup>، ۱۹۷۵). در سال ۱۹۷۵ مطالعات بیوشیمیایی وارن و همکارانش<sup>۳</sup> در کانادا موجب کشف آنومالی‌هایی از عناصر مس و روی در روی یک نهشته کانسار فلزی که از قبل شناخته شده بود گردید و به دنبال آن مطالعاتی در مورد خاک‌ها، آب‌ها و رسوبات رودخانه‌ای نیز برای به دست آوردن ارتباط بین آنومالی احتمالی و نهشته‌های کانساری انجام گرفت (وارن، ۱۹۷۵). در کشور ما، ژئوشیمی اکتشافی از اواسط دهه ۱۳۴۰ به‌عنوان روشی برای کشف توده‌های کانساری فلزی و غیرفلزی پیدایش و توسعه یافت.

## ۹-۱ کلیاتی در مورد مس

شواهد باستان‌شناسی نشان می‌دهد که مس یکی از نخستین فلزاتی است که توسط انسان

---

<sup>۱</sup>.Goldschmidt

<sup>۲</sup>.Grigorian

<sup>۳</sup>.Warren et al

مورد استفاده قرار می‌گرفته است. قدمت مصنوعات مسی کشف‌شده به سال ۸۷۰۰ قبل از میلاد برمی‌گردد. در دوران ماقبل تاریخ، بشر متوجه شد که چگونه مس را استخراج کند. در هزاره سوم و چهارم قبل از میلاد نیز کارگران از منطقه هولوا<sup>۱</sup> در اسپانیا مس استخراج می‌کردند. یونانیان در دوران ارسطو با چگونگی ساخت آلیاژ برنج به‌عنوان یکی از آلیاژهای ارزشمند مس آشنا شدند. این فلز را یونانیان با توجه به اینکه مقدار زیادی از آن در قبرس استخراج می‌شد به‌عنوان کالکوس<sup>۲</sup> می‌شناختند. بعدها این کلمه به فرم ساده‌تر (Cuprum) درآمد و در نهایت انگلیسی شده و به لغت (Copper) تبدیل شد (بانک اطلاعات مواد معدنی ایران).

### ۱-۹-۱ ویژگی‌های کلی مس

عنصر مس با نشان اختصاری (Cu)، بیست و چهارمین عنصر فراوان با درصد فراوانی ۰.۰۱٪ در پوسته زمین است. این عنصر دارای عدد اتمی ۲۹، جرم اتمی ۶۳/۵۴۶، وزن مخصوص  $\frac{96}{cm^3}$ ، نقطه ذوب  $1084^{\circ}C$  و نقطه جوش  $2567^{\circ}C$  است. این عنصر به علت ویژگی‌هایی چون هدایت الکتریکی و حرارتی بالا، شکل‌پذیری، چکش‌خوار بودن، مقاومت در برابر خوردگی، رسانایی و قابلیت انعطاف پس از آهن و آلومینیم سومین فلز پرمصرف در صنعت امروزی است. مس به‌عنوان یک ماده غذایی نیز نقش حیاتی در حفظ سلامت افراد دارد. تولید و استفاده از مس در توسعه جامعه ضروری بوده و تضمین توسعه پایدار جامعه است (زیسکی<sup>۳</sup>، ۱۹۷۲).

### ۲-۹-۱ کانی‌های مس

تاکنون بیش از ۲۰۰ نوع کانی مس در طبیعت یافت شده است. از مهم‌ترین این کانی‌ها که دارای

---

<sup>۱</sup>.Huelva

<sup>۲</sup>.Chalkos

<sup>۳</sup>.wodzicki

اهمیت تجاری و صنعتی می‌باشند می‌توان به کالکوپیریت<sup>۱</sup> ( $\text{CuFeS}_2$ )، بورنیت<sup>۲</sup> ( $\text{CuFeS}_4$ )، کالکوزین<sup>۳</sup> ( $\text{Cu}_2\text{S}$ )، کولیت<sup>۴</sup> ( $\text{CuS}$ )، مالاکیت<sup>۵</sup> ( $\text{CuCO}_3(\text{OH})_2$ )، آتاکامیت<sup>۶</sup> ( $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ ) و آزوریت<sup>۷</sup> ( $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ )، اشاره کرد. مس به سه صورت مس خالص، مس اکسیدی و مس سولفیدی در طبیعت یافت می‌شود. مس یک عنصر کالکوفیل تیپیک است و از این رو، بیشتر تشکیل کانی‌های سولفیدی همچون، کالکوپیریت، بورنیت و کالکوسیت را می‌دهد (های<sup>۸</sup>، ۱۹۶۷).

#### ۱-۲-۹-۱ کانی‌های اکسیدی مس

این کانی‌ها بیشتر در قشری از زمین که نزدیک به سطح است یافت می‌شوند و در اثر تغییرات جوی و واکنش‌های آرام شیمیایی که در رگه‌های سولفیدی کانه‌دار مس صورت می‌گیرد، به وجود می‌آیند. از طرف دیگر، آب‌های طبیعی که حاوی  $\text{CO}_2$  می‌باشند، بر روی کانی‌های سولفیدی اثر کرده و به تدریج آن‌ها را به کربنات، اکسید، سولفات و گاهی اوقات آن‌ها را به سیلیکات مس تبدیل می‌کنند (شکل ۴-۱). از مهم‌ترین کانی‌های پهنه‌ی اکسیدان می‌توان آزوریت، مالاکیت، کریزوکولا و تنوریت را نام برد (های، ۱۹۶۷).

#### ۲-۲-۹-۱ کانی‌های سولفیدی مس

قسمت اعظم سنگ‌های معدنی مس را این نوع کانی‌ها تشکیل می‌دهند. عوامل درونی، فشار و دما، سبب اصلی پیدایش این نوع کانی‌ها است. از جمله این کانی‌ها، کالکوپیریت، بورنیت، کولیت،

<sup>۱</sup>.Chalcopyrite

<sup>۲</sup>.Bornite

<sup>۳</sup>.Chalcocite

<sup>۴</sup>.Covellite

<sup>۵</sup>.Malachite

<sup>۶</sup>.Atacamite

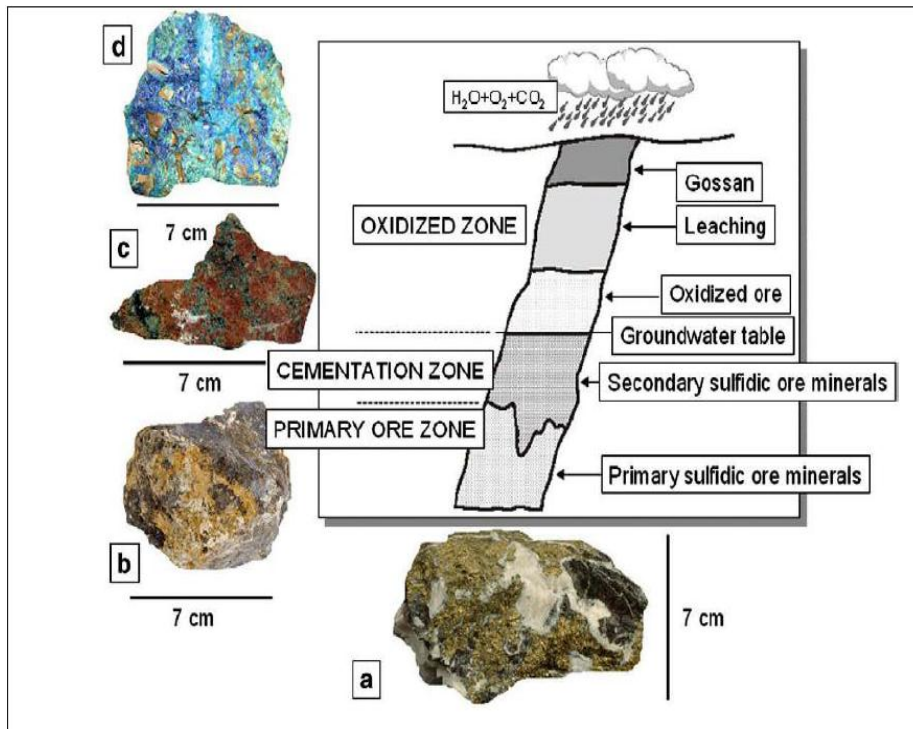
<sup>۷</sup>.Azurite

<sup>۸</sup>.Hay

تتراندريت و انارژيت می‌باشند (کاکس<sup>۱</sup>، ۱۹۸۹).

### ۳-۲-۹-۱ مس طبیعی

مس طبیعی در حالت آزاد به‌صورت توده‌های بزرگ و یا به شکل ذرات پراکنده در قشر زمین به وجود می‌آید (شکل ۴-۱). این نوع مس در طبیعت فراوان نیست و در بعضی از مناطق دنیا مانند نواحی دریاچه‌ی سوپریور، در ایالات‌متحده آمریکا، در کشورهای بولیوی، چین و شیلی مشاهده شده است.



شکل ۴-۱: ساختار پهنه کانی‌سازی مس سولفید با منشأ سوپرژن: (a) رگه‌های کانی‌سازی شده کلسیت-کالکوپیریت،

(b) کانی‌سازی کولیت-کالکوزین، (c) مالاکیت-کوپریت، (d) مالاکیت-آزوریت. (هارالد<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰)

کانی‌های مس همچنین به‌صورت کانی‌های موجود در پهنه هیپوژن (کالکوپیریت، بورنیت، بورتونیت، انارژیت)، پهنه سوپرژن (کالکوسیت، کولیت و بورنیت) و کانی‌های پهنه اکسیدی (مالاکیت، آزوریت، کوپریت، تنوریت، مس طبیعی) تقسیم‌بندی می‌شوند.

<sup>۱</sup>.Cox

<sup>۲</sup>.Harald

### ۳-۹-۱ انواع ذخایر مس

به طور کلی ذخایر مس در شش دسته گروه بندی می شوند که شامل ذخایر مس پورفیری، ذخایر رسوبی استراتی باند، ذخایر ماسیوسولفید و لکانوزنیک، ذخایر گابروئیدی، مس طبیعی، هیدروترمال رگه ای و جایگزینی می باشند (بوون<sup>۱</sup>، ۱۹۶۹). از میان این شش گروه، سه گروه پورفیری، استراتی باند و ماسیوسولفید، حدود ۸۰٪ مس تولیدی جهان را در برمی گیرند.

#### ۱-۳-۹-۱ مس پورفیری

این ذخایر که ممکن است در بردارنده مقادیر خیلی کم مولیبدن، طلا و نقره می باشند، به صورت کانسارهای استوک ورک تا افشان بزرگ و عیار پایین مس می باشد. این ذخایر معمولاً کانسارهای مس - مولیبدن - یا مس - طلا هستند. عیار بیشتر این کانسارها ۰/۴ تا ۱٪ مس و می توانند تناژی در حد ۱۰۰۰ میلیون تن داشته باشند. افت پیاپی قیمت مس در سال های اخیر سبب شده تا به عیار ماده معدنی اهمیت بیشتری داده شود. به همین دلیل استخراج انتخابی در این معادن صورت می گیرد و با توجه به اینکه بافت سنگ میزبان، استوک ورک و افشان است و باید ماده معدنی و سنگ در بردارنده آن یک جا استخراج شود، برخی از بزرگ ترین حفره های ساخت بشر در پوسته ی زمین در اثر معدنکاری روی این ذخایر ایجاد می گردد. یک کانسار نمونه ی مس پورفیری، توده ی نفوذی مرکب، استوانه ای و استوک مانندی است که رخنمونی کشیده یا نامنظم با ابعادی در حدود ۱/۵×۲ کیلومتر دارد و اغلب، سنگ هایی متوسط دانه با بافتی همسان دانه را در برمی گیرد. بخش مرکزی توده ی نفوذی که بخش پورفیری آن است، دارای بافت پورفیری است که به یک دوره ی سردشدگی سریع اشاره دارد و منجر به تشکیل زمینه ی ریزدانه در سنگ می شود (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

<sup>۱</sup>.Bowen

#### ۱-۹-۳-۲ مس رسوبی استراتی باند

" این نوع ذخایر، کانسار و خاستگاه اصلی سرب و روی و گاه فلوریت و باریت هستند. در برخی محدوده های معدنی، به ویژه نواحی معدنی ایرلند مرکزی، مس دارای اهمیت بیشتری است. از نظر عیار در تعدادی از معادن جهان، نقره و مس و همین طور کادمیم و ژرمانیم، فرآورده های جنبی مهمی به شمار می روند. فلزاتی که در نهشته های تیپ ماسه سنگی به مقدار قابل توجه وجود دارند عبارت اند از: اورانیوم، وانادیم، مس، نقره، سلنیم و مولیبدن. یک ذخیره ممکن است دربردارنده ی یک یا شمار بیشتر از این فلزها به هر نسبتی باشد، البته به جز وانادیم و مس که معمولاً استثناء هستند. مقدار اورانیم، وانادیم و مس به گونه ای شگفت آور در یک ذخیره و نیز میان ذخایر مختلف متغیر است و میزان نوسان عیار برخی کانی ها از ایه ی یک عدد میانگین کلی را ناممکن می سازد" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

#### ۱-۹-۳-۳ مس ماسیوسولفید ولکانوژنیک

"این نهشته ها بیشتر در محیط های دریایی غیر آتش فشانی یافت می شوند. این ذخایر، از نظر زمانی و مکانی پراکندگی گسترده از پروتروزوئیک تا ترشیری دارند و تناژ آن ها از چند صد میلیون تن تا مقادیر نیمه اقتصادی متغیر است. به طور کلی از نظر شکل، عدسی مانند تا چینه سان بوده و درازای این ذخایر چند برابر (حدود ۱۰ برابر) پهنای آن ها است. عیار در این ذخایر از ۱ تا ۰.۵٪ مس، متغیر است (بوون، ۱۹۶۹)" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین).

#### ۱-۹-۳-۴ مس گابروئیدی

در این ذخایر، سولفید به صورت توده و به شکل لایه و یا عدسی در درون سنگ های گابروئیدی قرار دارد. این ذخایر حاوی Ni و Co و دارای عیار ۰/۲ تا ۰.۵٪ مس هستند (های، ۱۹۶۶)<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>.Hey

### ۱-۹-۳-۵ مس گرمابی

این کانسارها دارای دو منشأ پلوتونیک و آتش فشانی هستند. مس گرمابی به طور عمده مربوط به مراحل نهایی کوهزایی و یا فعالیت دوباره پلاتفرم‌های قدیمی است (های، ۱۹۶۶).

### ۱-۹-۳-۶ مس هیدروترمال رگه‌ای

این نوع ذخیره در درون شکستگی‌های با میزان کوارتز بالا و شامل کالکوپیریت و دیگر سولفیدهای مس و سولفوسالات هاست. این نهشته‌ها می‌توانند جایگزین لایه‌هایی از سنگ‌های رسوبی شوند. مس در این شکستگی‌ها معمولاً همراه عناصری چون (Au, Ag, Pb, Zn) است. علاوه بر موارد ذکر شده، مس به صورت کانسار، در محیط‌های کربناته، اسکارن و گرمابی نیز تشکیل کانسار می‌دهد (های، ۱۹۶۶).

### ۱-۹-۳-۷ کانسارهای اسکارن مس‌دار

عبور توده نفوذی ماگمایی به درون مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی کربناته همچون، آهک و دولومیت، این کانسارها را تشکیل می‌دهد. این کانسارها تشکیل کانی‌های کالک‌سیلیکات و کانی‌های سولفیدی و اکسیدی را می‌دهند. در کانسارهای اسکارن، کانه‌های مس و آهن و کانه‌های کالک-سیلیکات در کنار هم و به صورت مخلوط می‌باشند.

### ۱-۹-۴ نحوه تهنشست ذخایر سولفیدی مس

بیشتر این نهشته‌ها در محیط‌های دریایی غیرآتشفشانی یافت می‌شوند. این نهشته‌ها، از نظر زمانی و مکانی پراکندگی گسترده از پروتروزوئیک تا ترشیاری دارند و تناژ آن‌ها می‌تواند از چندصد میلیون تن تا مقادیر نیمه اقتصادی متغیر باشد. به طور کلی از نظر شکل، عدسی‌مانند تا چینه‌سان بوده و درازا در آن‌ها دست‌کم ده برابر پهناست. در بیشتر موارد، بیش از یک لایه‌ی ماده‌ی معدنی وجود دارد. عیار بیشتر کانسارهای بهره‌برداری شده یا در دست بهره‌برداری از ۱,۱۸ تا ۰,۵٪ مس تغییر می‌کند. اما



کانسارهایی با عیار کمتر، پشتوانه ای معتبر هستند. تناژ نیز می تواند بسیار زیاد باشد.

بیشتر کانسارهای اصلی در شیل های آهکی احیاشده ی پیریتی سرشار از مواد آلی، یا هم ارز دگرگونی آنها یافت می شوند، اما تقریباً ۱/۳ باقی مانده ی آنها در ماسه سنگ هاست. این سنگ های میزبان، در رسوب های بی اکسیژن پارالیک دریایی (یا رسوب های دریاچه ای شور بزرگ مقیاس) یافت می شود که بلافاصله بر روی رسوب های تخریبی قاره ای سرخ و اکسید شده، واقع است. این گونه نهشته ها در توالی های سنگی، پس از نخستین پیدایش لایه های سرخ (۲۴۰۰ میلیون سال) قرار دارند و سن آنها تا امروز می رسد. مهم ترین و فراوان ترین نهشته ها در سنگ های پروتروزوئیک بالایی و پالئوزوئیک بالایی قرار دارد که در نواحی خشک و نیمه خشک محیط های کافتی قاره ای، حداکثر دارای عرض های ۲۰ تا ۳۰ از دیرینه استوا تشکیل شده اند. در بسیاری مناطق، این سنگ ها دارای میان لایه هایی از سنگ های تبخیری است. در مرز اکسایش - کاهش، توالی بالارونده ی کانی ها در منطقه ی مینرالیزه، شامل همه ی کانی های زیر یا برخی از آنهاست:

هماتیت، مس آزاد، کالکوسیت، بورنیت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت و پیریت

## ۵-۹-۱ منابع مس در جهان

به طور کلی، ذخایر مس در سطح زمین در حدود ۱/۶ میلیارد تن و منابع موجود در ندول های کف دریا در حدود ۰/۷ میلیارد تن برآورد شده است. بر طبق گزارش هیئت مدیره شرکت ملی مس و سازمان های زیربند بین المللی و همچنین کوپر اینوستینگ نیوز (اخبار مرتبط مس)، بیش از نیمی از ذخایر مس دنیا در منطقه آمریکای جنوبی قرار دارد. با توجه به آمارهای منتشره، کشور شیلی ۳۶٪ از بازار تولید جهانی مس را در اختیار دارد که سالانه بیش از ۵ میلیون تن مس در جهان تولید می کند. کشورهای چین با تولید ۱/۵ میلیون تن، پرو ۱/۲ میلیون تن، آمریکا ۱/۱ و استرالیا با تولیدی معادل ۹۷۰ هزار تن، بیشترین تولیدکنندگان مس در جهان به شمار می روند (گزارش صنعت مس، ۱۳۹۱).

## ۶-۹-۱ منابع مس در ایران

در ایران چنین پیداست که ایرانیان باستان با صنعت ذوب مس آشنایی کامل داشته‌اند. معدنچیان سنگ‌های مس خالص طبیعی (مس چکشی) و مس اکسیده که بیشتر در سطح زمین یافت می‌شده بوسیله دیلم و کلنگ خرد کرده و استخراج و ذوب می‌کردند و چون طرز ذوب کانی‌های سولفور را نمی‌دانستند در صورت برخورد با چنین معادنی، از استخراج آن صرف نظر می‌کردند. شواهد بدست آمده حاکی از این است که شمال آذربایجان، شیراز، بلوچستان و همچنین خراسان جنوبی و نواحی کرمان و سبزووار و مشهد و کوه‌های البرز و نیز ناحیه انارک از قدیمی‌ترین منابع تهیه مس بوده است. بازین و هوبند<sup>۱</sup> در کتاب توسعه شرح کانسارهای ایران (۱۹۶۹)، صنعت مس را به سه مرحله تقسیم می‌کنند:

- مرحله اول: حدود ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد و اواخر هزاره پنجم قبل از میلاد: مس از مس فلزی و طی مراحل چکش‌کاری، گرم کردن، ذوب کردن و احیاء تولید می‌شد.

- مرحله دوم: اواخر هزاره چهارم: در این مرحله، مس با ذغال چوب از کانیهای اکسیدی و کربناته (کوپریت - مالاکیت) بوسیله احیاء و ذوب (گرم کردن تا دماهای بیشتر) تولید می‌شد.

مرحله سوم: هزاره چهارم و سوم: در مرحله سوم مس از کانیهای سولفور مس (کالکوسیت، کالکوپریت و بورنیت) تولید می‌شد. در این مرحله اگر چه مس فلزی تولید نمی‌شود، اما مس مات (یک محصول حدواسط سولفیدی) تولید می‌گردد.

در ایران، تا کنون، در سیلک کاشان، قدیمی‌ترین اطلاعات، درباره ذوب مس بدست آمده و قدیمی‌ترین معدن مس ایران مس طالمسی نزدیک انارک است و بسیار احتمال می‌رود که اهالی سیلک کاشان، مس مورد نیاز خود را از این معدن تأمین نموده باشند. اشیاء مسی و مفرغی که در

<sup>2</sup> Bazin & Hubner

نقاط مختلف ایران در اثر کاوش‌های باستان‌شناسی به دست آمده، نشان می‌دهند که در قسمت‌های زیادی از کشور ما علاوه بر ایلام، کردستان، لرستان، خراسان نیز از معادن مس در عهد باستان بهره‌برداری می‌شده است. در سالهای ۱۲۵۴ تا ۱۲۵۹ کار زمین‌شناسی به طور اساسی در ایران آغاز می‌شود و اولین شرکت دولتی معدنی در سال ۱۳۱۲ تاسیس شده و طی سالهای مختلف نام‌های متفاوتی به خود گرفت تا در سال ۱۳۳۴ شرکت کل معادن و ذوب فلزات ایران نام گرفت.

در سال ۱۳۱۵، بدلیل نیاز ارتش به مهمات سازی شروع به استخراج مس از معدن انارک و عباس‌آباد سبزواری نمود و کارخانه ذوب مس غنی‌آباد را بنیان‌گذاری نمودند که با به کار گرفتن کارشناسان خارجی در تمام سطح ایران اقدام به پی‌جویی و اکتشاف معادن مس و سرب و روی نمود که اولین معادن مس انتخابی برای استخراج و سرمایه‌گذاری، معادن مس بایچه‌باغ، طالمسی، مسکنی و عباس‌آباد بودند. در دهه ۱۳۴۰ یک سری مطالعات زمین‌شناسی در ناحیه سرچشمه آغاز شد. در سال ۱۳۵۱، شرکت سهامی معادن مطالعات فنی آن جهت استخراج صورت می‌گیرد و تا سال ۱۳۵۷ تقریباً ۹۷٪ از کارهای ساختمانی مجتمع انجام شد. پس از پیروزی انقلاب اسلامی و آغاز جنگ تحمیلی بدلیل شرایط اقتصادی موجود، فعالیت بسیاری از معادن بجز سرچشمه و قلعه زری متوقف شده و پس از پایان جنگ همزمان با شروع دوره‌های سازندگی کانسارهای مس کشور مجدداً مورد توجه واقع شد و معادن شناخته شده مانند چهارگنبد و کانسارهای بزرگ همچون میدوک و سونگون راه‌اندازی شدند.

## فصل دوم

زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، کانه‌زایی و مطالعات

میکروسکوپی

## ۱-۲ زمین‌شناسی محدوده

### ۱-۱-۲ زمین‌شناسی ناحیه‌ای

محدوده مورد نظر بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ جغتای می‌باشد و برگه جغتای دارای مختصات  $۵۷^{\circ}$  تا  $۳۰'$   $۵۷^{\circ}$  طول جغرافیایی و  $۳۰'$   $۳۶^{\circ}$  تا  $۳۷^{\circ}$  عرض‌های شمالی است (شکل ۱-۲). این محدوده در شمال غرب شهرستان سبزوار و جنوب شرق شهرستان اسفراین، قرار دارد.

### ۱-۱-۱-۲ چینه‌شناسی مجموعه افیولیتی و نهشته‌های رسوبی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰

#### جغتای:

منطقه مورد بررسی در بخشی از کمربند افیولیتی سبزوار جای گرفته است. افیولیت‌های سبزوار، بخشی از نوار افیولیتی حلقوی، احاطه کننده خرده قاره ایران مرکزی اند. در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی جغتای، بخش کوچکی از مجموعه افیولیتی برونزد دارد.

"چینه‌شناسی مجموعه افیولیتی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای (نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور):

۱- واحد هارزبورژیتی (hz) : قسمت اصلی سنگ‌های اولترابازیک در منطقه را تشکیل می‌دهد و غالباً سرپانتینی شده اند. هارزبورژیت دارای رخنمون تیره تا قهوه‌ای بوده و غنی

از کانی ارتوپیروکسن است.

۲- واحد گابرو (gb) : بیشترین رخنمون این واحد در گوشه جنوب غربی محدوده و در میان

سنگ‌های پریدوتیتی سرپانتینه شده به چشم می‌خورد.

۳- واحد دیاباز (db) : دایک‌های دیابازی در این منطقه در محل‌های مختلف سنگ‌های

اولترا مافیک را قطع کرده اند.

۴- واحد دونیت (Du) : این بخش دارای سطح فرسایش صاف و بافت غربالی می‌باشد.

۵- واحد سرپانتینیت (Sr) : این واحد در جنوب خاور ورقه بیرونزدگی دارد و در بین انواع

سنگ های پریدوتیتی بیشترین گسترش را دارا است" (گزارش پایان عملیات اکتشاف

مس جوین، ۱۳۹۳)

اصلی ترین واحدهای تشکیل دهنده سنگهای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای

مربوط به دورانهای پرکامبرین و مزوزوئیک بوده و به شرح زیر می باشند:

#### -پرکامبرین:

۱- واحد pck: قدیمیترین رسوبات موجود در جنوب جوین می باشد و شامل فیلیت های سبز،

اسلیت های آبی، ماسه سنگ های دگرگونه و شیست می باشد و تقریباً هم سن با سازند کهر است.

۲- واحد pc-cs-bt: این واحد شامل دولومیت، آهک دولومیتی خاکستری تیره و سبزه لایه تا توده ای

می باشد. این واحد فقط در امتداد غسل راندگی شمال رودخانه جوین دیده می شود.

#### -مزوزوئیک:

۱- ژوراسیک:

۱-۱ واحد J: این واحد از ماسه سنگ، شیل، سیلتستون و کنگلو مرا تشکیل شده است و از نظر

سنگ های تشکیل دهنده با رسوبات سازند شمشک در البرز تقریباً هم ارز است.

۱-۲ واحد Jbg: این واحد از تناوبی از شیل و ماسه سنگ، با میان لایه هایی از آهک های ماسه

الیتیک و دولومیت های خاکستری تیره متشکل است.

۲- کرتاسه

۲-۱ واحد k: این واحد مشتمل از آهک های خاکستری روشن، رگه و رگچه های فراوان کلسیت،

شیل های خاکستری (در صورت هوازدگی با رنگ زرد متمایل به سبز و نازک لایه) می باشد. (گزارش

پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

## ۲-۱-۱-۲ سنگ های آتشفشانی-رسوبی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای:

بیشترین رخمون سنگی پس از واحد سرپانتینیت در منطقه را سنگ های آتشفشانی دارند. افزون بر آن آهک های پلاژیک، شیل و شیل های توفی می باشد که به واحد های زیر قابل تقسیم است:

### - زمین شناسی کواترنر:

در ورقه جغتای، رخمون ها و نهشته های کواترنر از نظر سن به دو بخش تقسیم می شوند.

- کواترنر پیشین (پلئیتوسن پیشین) که در برگیرنده سنگ های آتشفشانی می باشند (Qvb).

- کواترنر پسین (پلئیتوسن پسین) که در قالب مجموعه ای از نهشته های آبرفتی- واریزه ای و بادرفتی می باشند.

مقایسه نهشته های این دو واحد با سن متفاوت با یکدیگر مشخص می سازد که نهشته های کواترنر پسین از گسترش و تنوع بیشتری برخوردار است. (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

## ۳-۱-۱-۲ زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه

منطقه مورد بررسی از منظر تکتونیک شامل دو ناحیه کاملاً متمایز یکی پهنه ساختاری البرز (در شمال منطقه) و کمربند افیولیتی (در جنوب منطقه) می باشد. در بخش شمالی سنگ نهشته های کهن تر از کرتاسه برونزد دارند و مجموعه رسوبات وابسته به نئوژن در بخش شمالی گسترش زیادی دارند. حال آنکه در بخش جنوبی سنگ های رسوبی- آتشفشانی ترشیر، سنگ های بازیک و اولترا بازیک با سن کرتاسه بالایی گسترش فراوانی دارد و جزء مجموعه افیولیتی به حساب می آیند. افزون بر سنگ های مجموعه افیولیتی، ریفت های آتشفشانی و رسوبی مربوط به سنوزوئیک به ویژه ائوسن، نیز در جنوب منطقه گسترش قابل چشمگیری دارند.

گسترش واحد های سنگی به دلیل عملکرد و تکتونیک و گسل های فراوان نشان دهنده ضخامت

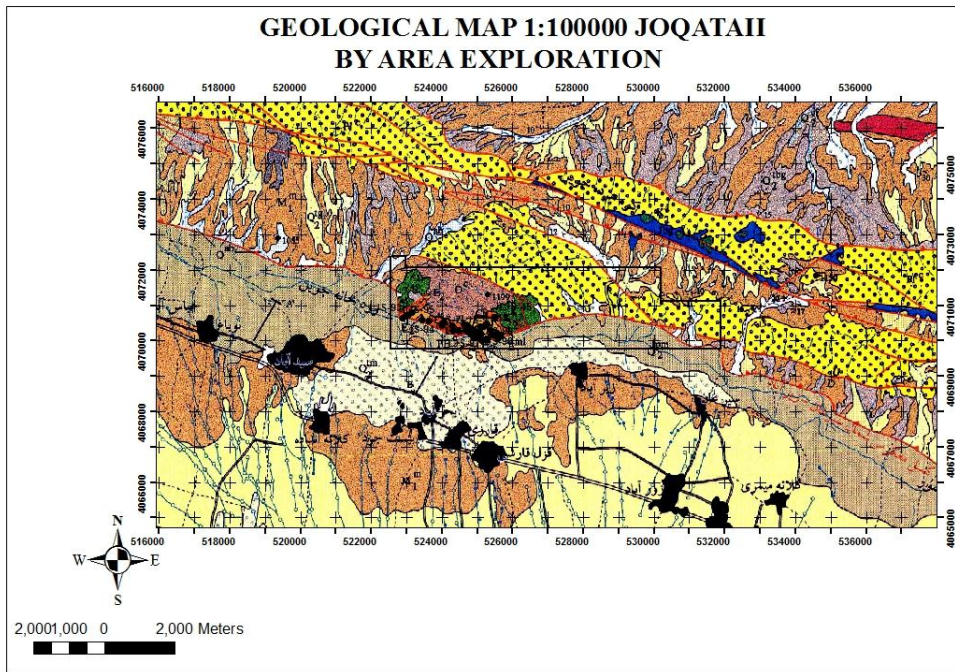
حقیقی آن ها نیست. گسل های موجود در ناحیه به دو گروه اصلی و فرعی قابل تقسیم هستند:

"گسل های اصلی شامل گسل های فشارشی است که در آنها گسل های معکوس با شیب زیاد و گسل های راندگی از نوع گسل های راندگی با مولفه راستگرد دیده می شود و گسل های فرعی به صورت گسل های راستا لغز و متقاطع است که به صورت عمود یا نزدیک به عمود نسبت به گسل های اصلی جای می گیرند" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

## ۲-۱-۲ زمین شناسی منطقه ای

از نظر کانی سازی مواد معدنی میتوان گفت نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جغتای فقیر است و تنها ماده معدنی فلزی مهم و اقتصادی آن مس و کرومیت است. میتوان به مواد معدنی غیر فلزی از جمله شن و ماسه، سنگ لاشه و مالون که می تواند در آینده ارزش اقتصادی داشته باشند نیز اشاره کرد. بعنوان مثال واحد های Qz بعنوان منبع تامین کننده شن و ماسه می تواند مورد اکتشاف و بهره برداری قرار گیرد و یا واحد های P و M به عنوان مخلوط جهت زیر سازی جاده ها استفاده نمود و یا لایه های ماسه سنگ و سنگ های داسیتی موجود در جنوب منطقه می تواند برای تامین سنگ لاشه و مالون مورد بهره برداری قرار گیرند (شکل ۱-۲). همچنین از شیل های موجود در واحد K با توجه به آلومینای نسبتاً بالا می توان به عنوان خاک صنعتی استفاده کرد (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).





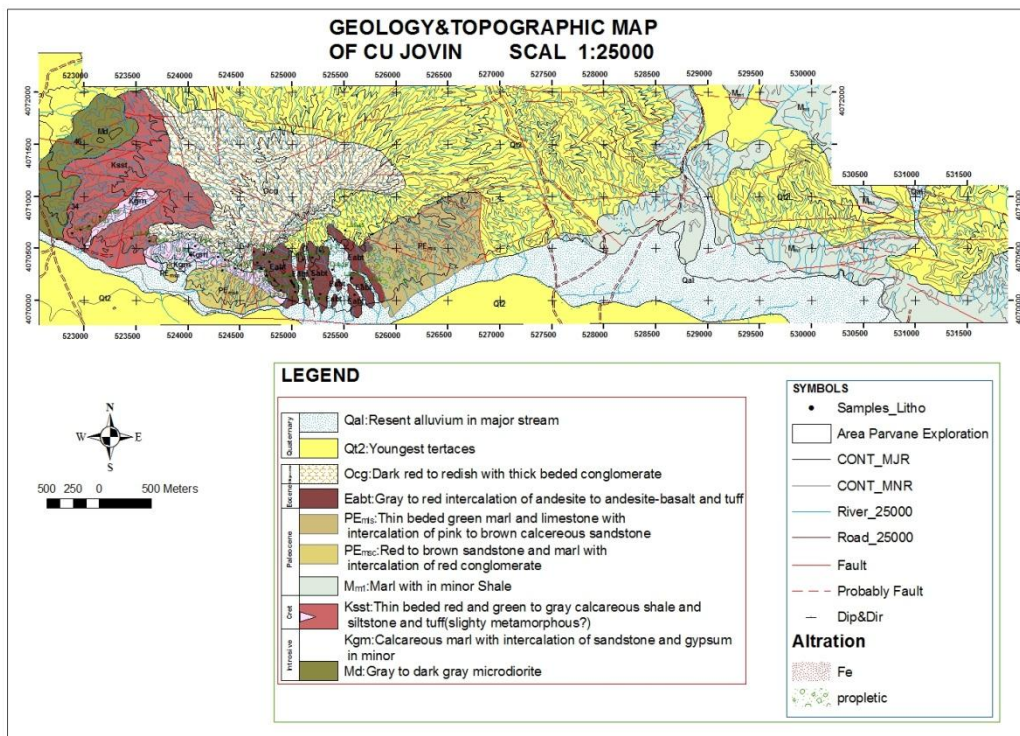
شکل ۱-۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه بر روی نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی جغتای<sup>۱</sup>



۱. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی جغتای تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی ایران

۱-۲-۱-۲ تهیه‌ی نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ محدوده‌ی مورد مطالعه

بمنظور بررسی وجود و یا عدم وجود ذخیره ماده معدنی در یک منطقه می‌بایست با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی کوچک مقیاس و تلفیق نقشه‌های پتانسیل مطلوب حاصل از اکتشافات ژئوشیمی و ژئوفیزیک با این نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ تهیه شده برای محدوده، وسعت محدوده مورد بررسی را کوچک نمود. سپس در نقاط دارای پتانسیل اقدام به تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی بزرگ مقیاس‌تر (به صورت مرحله‌ای ابتدا تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ و در صورت تایید وجود ذخیره در بخش یا بخش‌هایی از محدوده در این مرحله اقدام به تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰) نمود. به همین منظور نقشه تلفیقی زمین‌شناسی و توپوگرافی ۱:۲۰۰۰۰ محدوده مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ۲-۲). واحدهای سنگی تشکیل‌دهنده منطقه عبارت‌اند از: کنگلومرا، سنگ‌های آهکی، گدازه‌های آندزیتی، توده‌های نفوذی، لایه‌های توفی سبز و قرمز رنگ به همراه رسوبات آبرفتی عهد حاضر.



شکل ۲-۲: نقشه تلفیقی زمین‌شناسی، ساختاری و توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ محدوده مورد مطالعه (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

واحدهای سنگی تشکیل دهنده‌ی نقشه ۱:۲۰۰۰۰ این محدوده به شرح زیر می‌باشند:

واحد Md: توده‌های نفوذی مونزودیوریتی - کوارتز دیوریتی با بافت گرانولار می‌باشند که در قسمت غربی محدوده رخنمون دارند. "ترکیب کانی شناختی آنها شامل آندزیت (بطور جزئی تجزیه شده به سرسیت)، فلدسپات آلکالن، کوارتز بی شکل، هورنبلند (تجزیه شده به کلریت و کربنات)، بیوتیت (تجزیه شده به کلریت)، کانیه‌های کدر و آپاتیت است. سن این توده‌ها بطور مسلم پس از ائوسن میانی و احتمالاً مربوط به فازهای هم ارز الیگوسن (فاز پیرنئن) است. دگرگونی مجاورتی خفیفی در سنگهای دربرگیرنده توده‌های یاد شده بوقوع پیوسته است" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

• واحد Kgm: "مارن‌های آهکی با همراهی سند استون و گچ در نقشه ۱:۲۰۰۰۰ محدوده

مس جوین (شکل ۲-۲) با نام kmg نشان داده شده است. این واحد زمین‌شناسی در

قسمت های از جنوب و غرب محدوده رخنمون دارد" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین).

● واحد Ksst: لایه های نازک قرمز و سبز به همراه شیل های آهکی و توف این واحد را تشکیل می دهند. قسمت هایی از جنوب این واحد توسط رسوبات عهد حاضر پوشیده شده است.

● واحد PEmsc: در مقیاس مشاهدات صحرایی این واحد دارای رنگ قرمز تا قهوه ای روشن است. رنگ قرمز این واحد مربوط به کنگلومراهای قرمز رنگ به همراه گل سنگ های قرمز تا قهوه ای می باشد. این واحد شامل مارن نیز می باشد و با نام PEmsc در این نقشه مشخص گردیده است و در قسمت جنوبی محدوده گسترش زیادی دارند.

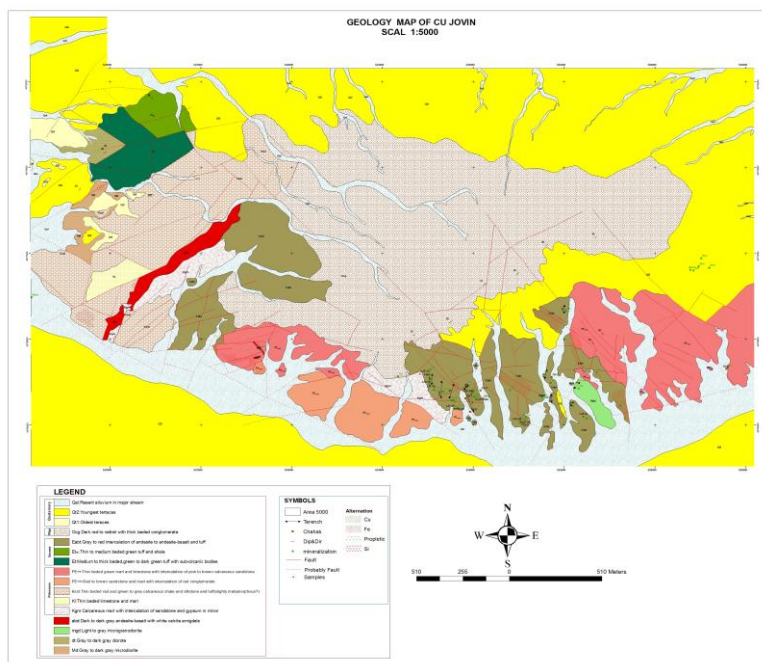
● واحد PEms: این واحد در قسمت مرکزی و جنوبی محدوده رخنمون دارد. البته قسمتی از رخنمون جنوبی این واحد توسط رسوبات عهد حاضر پوشیده شده است. بخش هایی از این واحد دارای آلتراسیون پروپیلیتی است و شامل سنگ آهک به همراه ماسه سنگ های صورتی تا قهوه ای رنگ با میان لایه های نازک مارن سبز است.

● واحد Eabt: توف به همراه آندزیت و آندزیت - بازالت های قرمز و خاکستری رنگ تشکیل دهنده این واحد می باشند. واحد اصلی دربرگیرنده کانی سازی مس موجود در محدوده در این واحد بوده و با توجه به تصویر نقشه ۱:۵۰۰۰ زمین شناسی تهیه شده از نقاط امید بخش این منطقه، تقریباً اکثر آثار کانی سازی مس دیده شده و ترانشه و گمانه های حفر شده در این واحد قرار گرفته اند. قسمت های از این واحد توسط رسوبات عصر حاضر پوشده شده و در مواردی باعث جدایش واحد در تصویر نقشه ۱:۲۰۰۰۰ محدوده شده است (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

## ۲-۲-۱-۲ تهیه نقشه ی ۱:۵۰۰۰ در مناطق دارای آثار کانی سازی مس:

نقشه ی ۱:۵۰۰۰ این محدوده با استفاده از بازدید صحرایی و نقشه زمین شناسی

۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰۰ منطقه تعیین و در محل های دارای پتانسیل کانی سازی ترسیم گردید (شکل ۳-۲). همان گونه که از نقشه پیداست، مهم ترین اهداف این مطالعات، اکتشاف مناطق آنومال کانی-سازی و تفکیک آن از نوع کاذب است.



شکل ۳-۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ محدوده مورد مطالعه (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

واحد های سنگی رخنمون یافته در محدوده تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ شامل واحد های رسوبی، آذرین و نفوذی می باشد. واحد های نفوذی این محدوده را توده های نفوذی که شامل دیوریت (dt) تا مونزودیوریت (md) و به صورت پراکنده در جای جای محدوده دیده می شود و میکرو گرانو دیوریت (mgd) تشکیل داده است. واحد لیتولوژیکی آذرین این محدوده را گدازه های آندزیت تا آندزیت -بازالت (abd) با گسترش قابل توجه تشکیل می دهد. واحد های رسوبی محدوده با (kgm) مشخص شده که شامل سند استون و مارن های آهکی است و به صورت محدود و با گسترش کم در قسمت جنوب و غرب محدوده دیده می شود. نهشت های عهد حاضر از گسترش نسبتا بالایی در محدوده برخوردارند که با نماد های Qt و Qal نشان داده شده است. در ادامه به شرح

این واحدها در نقشه ۱:۵۰۰۰ خواهیم پرداخت (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

## - سنگ های نفوذی

### • توده های نفوذی مونزودیوریتی - کوارتز دیوریتی (md) :

در قسمت غربی محدوده توده های نفوذی هولو کریستالین و متوسط بلور به رنگ خاکستری با بافت گرانولار دیده می شود که تشکیل دهنده این واحد هستند. ترکیب کانی شناختی آنها شامل آندزیت (بطور جزئی تجزیه شده به سرسیت)، فلدسپات آلكالین، کوارتز بی شکل، هورنبلند (تجزیه شده به کلریت و کربنات)، بیوتیت (تجزیه شده به کلریت)، کانیه های کدر و آپاتیت است. سن این توده ها بطور مسلم پس از ائوسن میانی و احتمالاً مربوط به فازهای هم ارز الیگوسن (فاز پیرنئن) است. دگرگونی مجاورتی خفیفی در سنگهای دربرگیرنده توده های یاد شده بوقوع پیوسته است.

• **دیوریت (dt) :** این توده نفوذی به رنگ خاکستری دارای بافت دانه ای با دانه های هم بعد می باشد و از فلدسپات پلاژیوکلاز (آندزین)، بیوتیت، هورنبلند و پیروکسن تشکیل شده است و در برخی مناطق محدوده مقادیر کمی از کانی هایمانند کوارتز، میکروکلین و الیوین در آن یافت می شود. بلورهای دیوریت ها ممکن است بی شکل و یا نیمه شکل دار باشد. کوارتز و ارتوز فقط باقیمانده بین سایر بلورها را پر می کند.

### • میکروگرانو دیوریت (mgd) :

" میکروگرانو دیوریت های پورفیری در جنوب شرقی نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ گسترش کمی دارند و شامل فنوکریستهای K-Fel، آلبیت بیوتیت سریسیتی و هورنبلند می باشند. در محل تماس میکروگرانو دیوریتها با واحدهای کرتاسه، اگزواسکارن با گسترش کم تشکیل شده است. اسکارن های با رنگ سبز شامل کوارتز، کلسیت، اپیدوت و کمی اکتینولیت و کلریت می باشند. آثار کانی سازی

مس در این واحد به چشم می خورد و بر روی این واحد در بخش هایی ترانسه طراحی و حفر گردیده است." (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

## - سنگ های آذرین

### • آندزیت- بازالت (abd):

این واحد، سنگ میزبان اصلی کانی سازی مس در منطقه می باشد. رگه رگچه های مس در درزه و شکاف های حاصل از تکتونیک منطقه نهشته شده است. در بیشتر قسمت ها این واحد دگرسان شده است. فرآیند دگرسانی با تهی شدگی اغلب عناصر اصلی و فرعی سنگ اولیه همراه بوده است. بیشترین میزان تهی شدگی عناصر اصلی و عناصر فرعی به ترتیب مربوط به عناصر آلکالن و عناصر لیتوفیل بزرگ یون می باشد. کمترین میزان تغییرات عناصر اصلیدر عناصر غیر متحرک آلومینیم و تیتانیم دیده می شود. در بین عناصر فلزی بیشترین تهی شدگی مربوط به عنصر مس است، در حالی که فلزات واسطه نیکل، کروم و روی غنی شدگی جزئی نشان می دهند (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

## - سنگ های آذرین

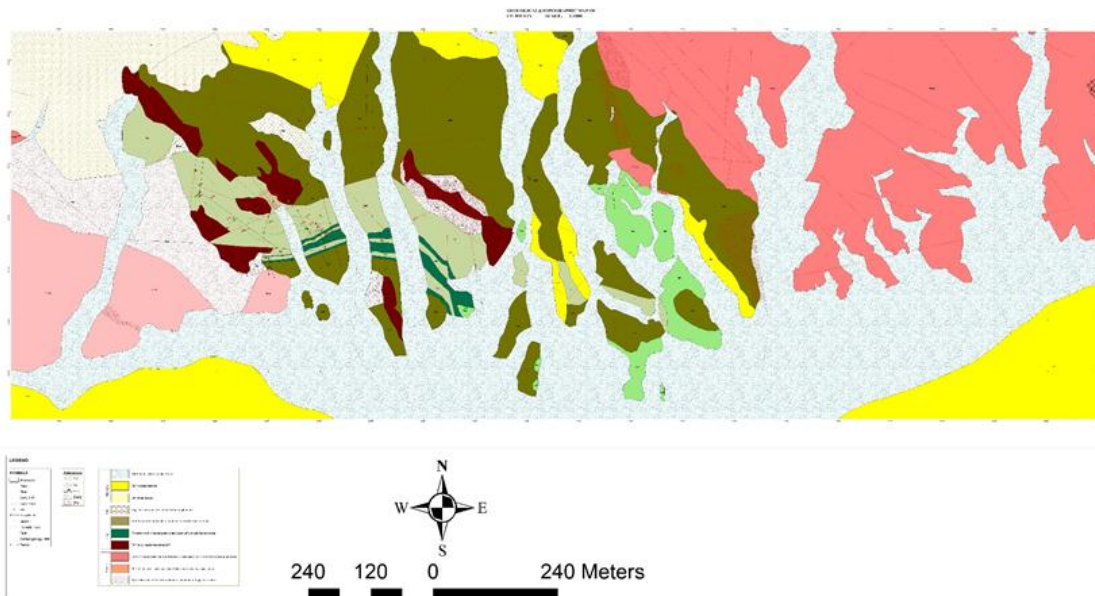
### • واحد های پالئوسن

سنگ های پالئوسن، بر اساس محیط رسوبگذاری و جغرافیای رخساره های متفاوتی دارند. در بسیاری از برونزدها، رسوبات منسوب به پالئوسن دارای رخساره کنگلومرایبی است. کنگلومراهای پالئوسن به احتمال زیاد رسوبات آواری پس از چین خوردگی لارامید می باشند. البته گاهاً دیده می شود که کنگلومرای پالئوسن با ردیف های کرتاسه بالا دارای ارتباط تدریجی است. در هر حال، باید گفت که سنگ های پالئوسن منحصر به کنگلومرا نبوده و گاهی سنگ های آتشفشانی، رسوبات کربناتی و نهشته های فلیش گونه ای را به سن پالئوسن نیز دانسته اند. (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)



## • واحد های ائوسن

در ایران مرکزی تفاوت آشکاری بین ویژگی‌های سنگی و زیستی ردیف‌های مختلف ائوسن تفاوت وجود دارد که می‌تواند بیانگر شرایط جغرافیای دیرینه متفاوت باشد. در نگاه کلی، دریای ائوسن گسترش و ژرفای بیشتری در مقایسه با زمان پالئوسن داشته است. ناپیوستگی‌ها و ناهمسازی‌های چینه‌ای، به ویژه فراوانی فعالیت‌های آتشفشانی وابسته به رویداد آلپ میانی، نشانه ناآرامی‌های زمین‌ساختی غالب بر حوضه‌های رسوبی ائوسن ایران مرکزی است. در رخنمون‌های رنگی این ناحیه، سنگ‌های آهکی به سن پالئوسن تا ائوسن میانی وجود دارد. در برخی مناطق سنگ‌های ائوسن از نوع فلیش است و نومولیت و دیگر روزنه‌داران از سنگواره‌های شاخص فلیش‌ها هستند (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳). بر اساس مطالعات نقشه‌های بزرگ مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه و پیمایش صحرایی و نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمی محدودی که پتانسیل مس آن به اثبات رسیده است برای تهیه نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰ زمین‌شناسی-توپوگرافی در نظر گرفته و اقدام به تهیه این نقشه گردید (شکل ۲-۴).



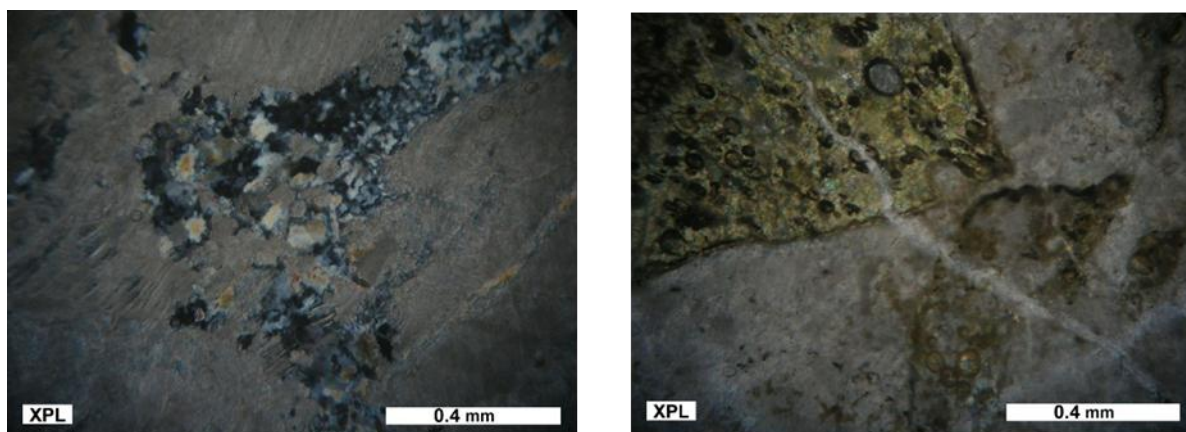
شکل ۲-۴: نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰ بخشی از منطقه‌ی مورد مطالعه (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)



## ۳-۱-۲ مطالعات میکروسکوپی

### ۱-۳-۱-۲ مطالعات پتروگرافی مقاطع نازک

- نمونه‌ی JCT-1: "بخش عمده این نمونه از بلورهای درشت کربنات کلسیم اسپارایتی تشکیل شده است. در این نمونه اثری از ذرات آلومک و خرده‌های فسیل مشاهده نمی‌شود. بافت این نمونه را می‌توان بافتی کریستالین در نظر گرفت. در این نمونه قطعات درشتی وجود دارد که بطور کامل از بلورهای بسیار ریز کوارتز، کانی‌های فیلوسیلیکاته و کانی‌های تیره ریز بلور تشکیل شده‌اند (شکل ۲-۵). داخل این قطعات در مواردی حالت‌هایی مشابه بافت هیالوپلتیک مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی گدازه‌بودن قطعات است. این قطعات ترکیبی بازیک دارند اما به علت دگرسانی شدید تشخیص دقیق جنس قطعات امکان‌پذیر نیست." (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

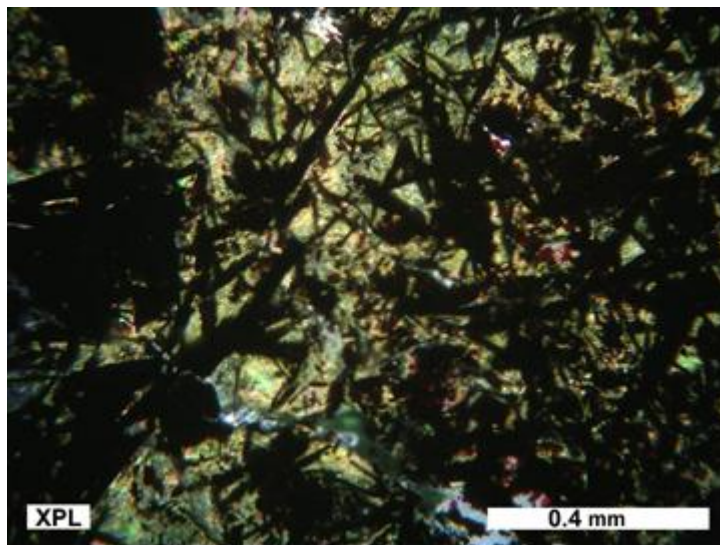


شکل ۲-۵: مقطع نازک گرفته شده از نمونه‌ی JCT-1 (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

"همچنین در این نمونه مقدار فراوانی کوارتز ریز بلور به صورت پراکنده وجود دارد. عدم وجود قطعات آلومک، وجود کوارتز به صورت رگه‌ای و ثانویه و همچنین وجود قطعات آذرین این احتمال را بوجود می‌آورد که سنگ مذکور یک سنگ کربناته نباشد و بخشی از یک سنگ آذرین شدیداً کربناته شده می‌باشد. اما در حال حاضر شواهد کافی برای نتیجه‌گیری دقیق وجود ندارد و فقط می‌توان این

نمونه را سنگی کربناته متبلور یا آهک کریستالین نامگذاری کرد. در زمینه این نمونه رگه های پر شده با کانی های تیره نیز وجود دارد" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

- نمونه ی JCT-2: "این نمونه متعلق به سنگی شدیداً دگرسان شده است. شدت دگرسانی به حدی است که تشخیص سنگ اولیه امکان پذیر نمی باشد. این سنگ تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی شدیداً خرد و کاتاکلاستی شده و همین امر سبب تسهیل نفوذ سیالات داغ در سنگ و گسترش دگرسانی شده است. در این نمونه بخش های لیتیک ماندنی وجود دارد که بطور کامل به کانی های فیلو سیلیکاته و کانی های تیره دگرسان شده تعلق دارد (شکل ۲-۶). در تعدادی از این قطعات نسجی از یک بافت هیالوپلیتیک مشاهده می شود که نشان دهنده گدازه ای بودن سنگ اولیه است" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).



شکل ۲-۶: مقطع نازک گرفته شده از نمونه ی JCT-2 (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

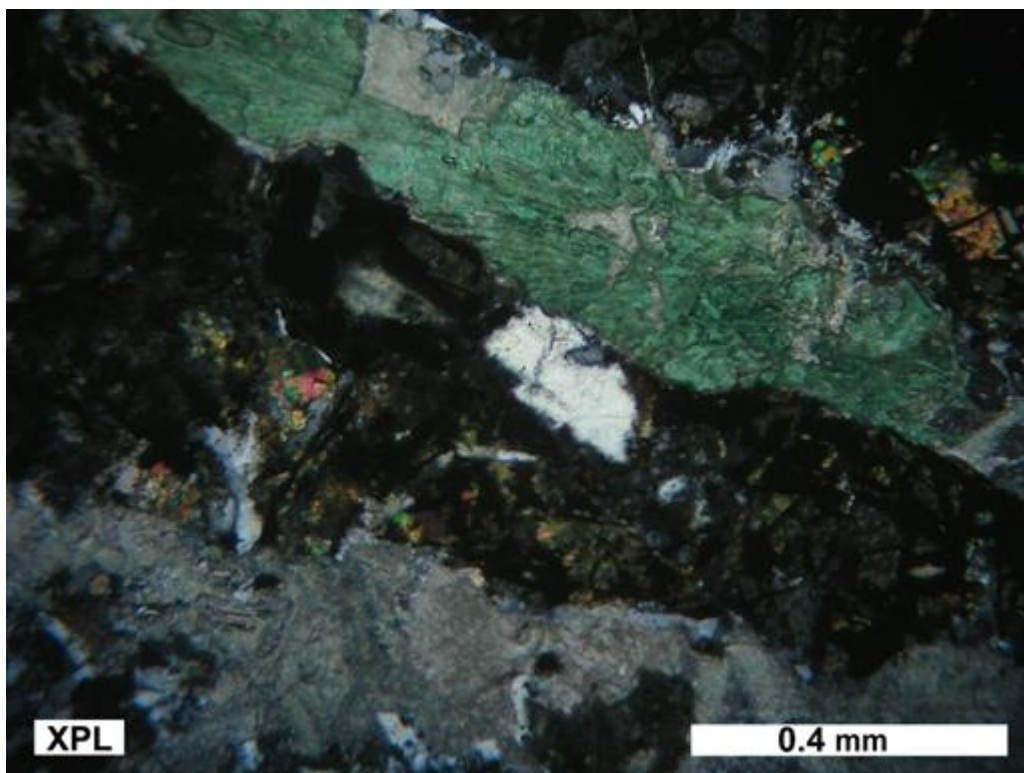
"در این نمونه حداقل دو نسل رگه جود دارد. نسل اول رگه های ضخیم پر شده توسط کوارتز و کمی اپیدوت و کانی های تیره است. بلور های کوارتز موجود در این رگه ها خاموشی موجی و حاشیه های مضرس دارند که نشان دهنده تاثیر نیروهای تکتونیکی بعد از تشکیل آنهاست.

نسل دوم رگه های موجود در این نمونه توسط کلسیت و کمی مالاکیت پر شده اند و در مواردی رگه های نسل اول را قطع کرده اند.

از نظر کانی شناسی بخش عمده کانی های این سنگ بصورت ثانویه تشکیل شده اند و بترتیب فراوانی عبارتند از کوارتز، کانی های تیره کلسیت، کانی های فیلو سیلیکاته، سرسیت، اپیدوت، مالاکیت، اکسید-هیدروکسید های آهن.

باتوجه به شواهد موجود این نمونه به احتمال قوی متعلق به سنگی آذرین نفوذی بوده که در ساختار آن مقداری مواد هیالین وجود داشته و این نمونه تحت تاثیر حداقل دو نسل دگرسانی قرار گرفته و بشدت دگرسان شده است (شکل ۲-۷).

نسل اول دگرسانی احتمالاً دگرسانی سیلیسی-اپیدوتی بوده و در مرحله دوم مورد هجوم سیالات کربنات دار قرار گرفته و متحمل دگرسانی کربناته شده است" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

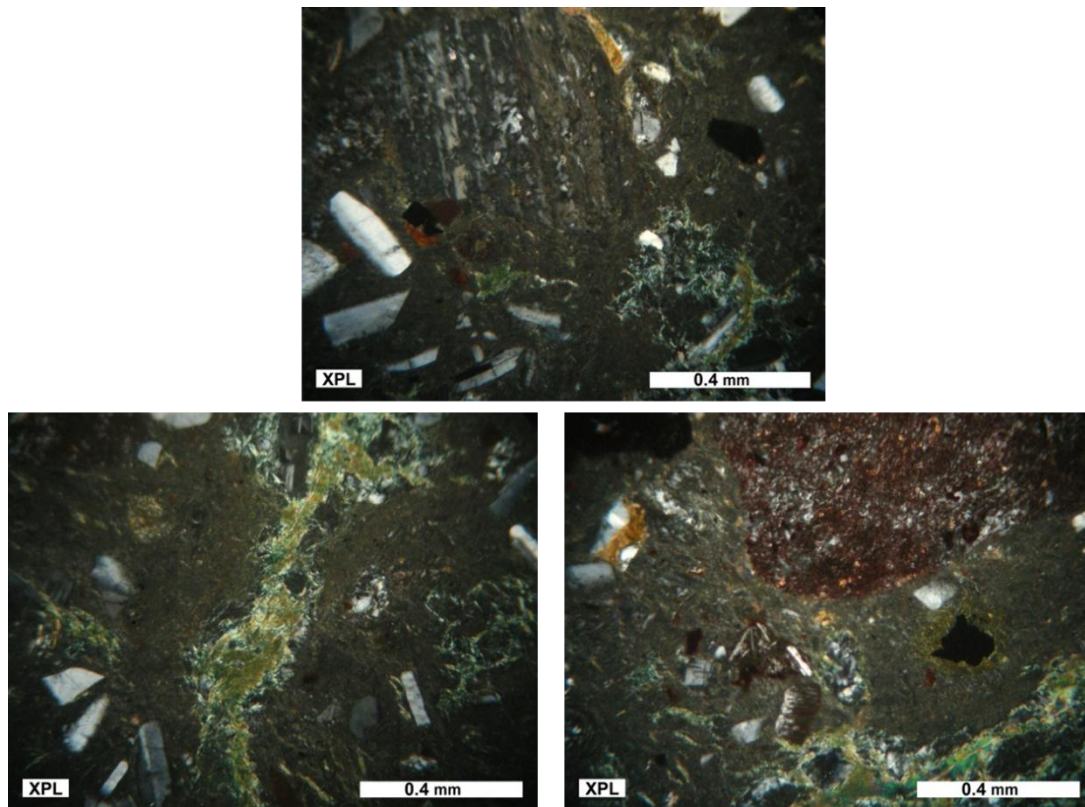


شکل ۷-۲: نمونه‌ی مقطع نازک گرفته شده از JCT-2. (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین)

- نمونه‌ی JCT-3: "این نمونه متعلق به سنگی آذرآواری است و از تجمع خرده های لیتیک و خرده های کریستالین در زمینه ای بسیار دانه ریز تشکیل شده است (شکل ۲-۸). زمینه این نمونه حالت جوش خورده دارد و در آن قطعات شارپ مشاهده می شود. بافت نمونه دانه پراکنده است. اجزای تشکیل دهنده‌ی آن شامل خرده های لیتیک (در این نمونه تعداد زیادی خرده های لیتیک با ابعاد متفاوت و ترکیب متنوع وجود دارد) است. بخش عمده قطعات موجود در این نمونه دارای بافت هیالو پلتیک تا هیالین بوده و ترکیب آنها بر اساس رنگ آنها حد واسط تا بازیگ است. مواد هیالین موجود در این خرده ها تا حد زیادی اوپاسیتی شده است.

همچنین در این نمونه تعدادی خرده سنگ با بافت میکروگرانولار با ترکیب کوارتز-فلدسپاتی وجود دارد که ترکیب میکروگرانیته دارند. تعدادی از قطعات میکروگرانولار موجود، ترکیب میکرودیوریتی دارند. در این نمونه مقداری کریستالین وجود دارد. بخش عمده این ذرات از جنس پلاژیوکلاز هستند و

اغلب تاحدودی به کانه های رسی و کمی اپیدوت دگرسان شده تعلق دارند" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).



شکل ۲-۸: نمونه‌هایی از مقاطع نازک گرفته شده از نمونه‌ی JCT-3 (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین)

"همچنین در این نمونه تعداد اندکی خرده کریستالین از جنس کانی های تیره و کانی های فرومنیزین دگرسان شده نیز وجود دارد.

زمینه سنگ: بخش عمده این نمونه سنگ را زمینه بسیار دانه ریز آن تشکیل می دهد. زمینه این نمونه حالت جوش خورده دارد و در آن خرده های شارپ مشاهده می شود. در زمینه این نمونه مقداری کانی رسی تشکیل شده است.

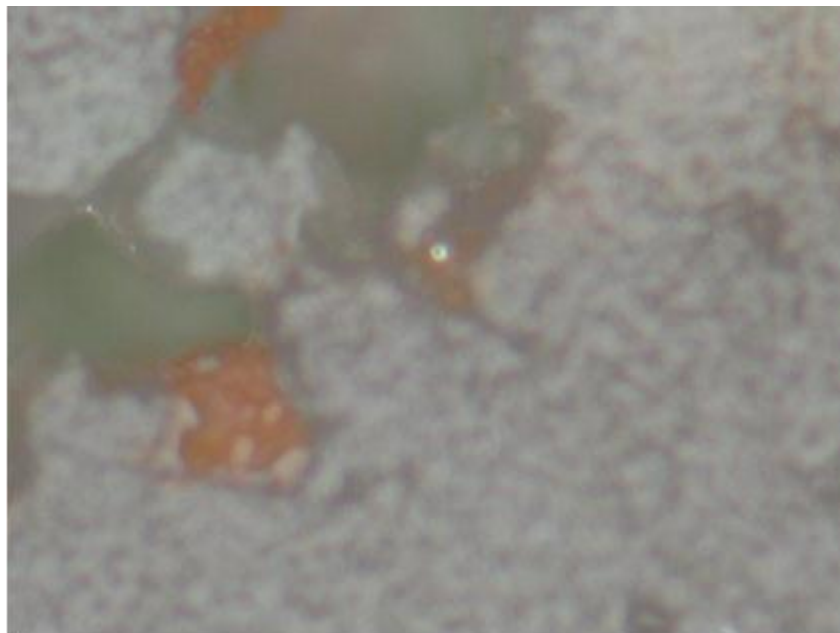
کانی های ثانویه: کانی های رسی، کلریت، سرسیت، کلسیت، کانی های تیره، اکسید های آهن" (گزارش

پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)



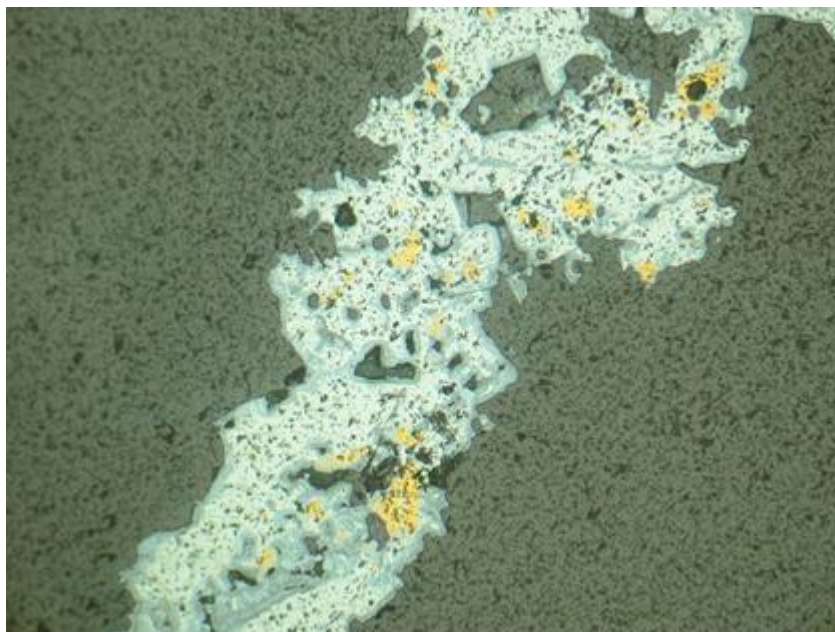
## ۴-۱-۲ مطالعات مینرالوگرافی مقاطع صیقلی

"مطالعات مقاطع صیقلی نشان داد که در داخل برخی از نمونه‌ها، مس طبیعی به صورت دانه‌ریز قرار دارد (شکل ۲-۹) و همچنین برخی از مقاطع حاوی کالکوپیریت و کالکوسیت هستند (شکل ۲-۱۰)" (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).



شکل ۲-۹: ذره مشکوک به مس نیترو و طلا در مرکز عکس مربوط به نمونه JCP-5 (گزارش پایان عملیات اکتشاف

مس جوین، ۱۳۹۳)



شکل ۱۰-۲: تبدیل شدگی کالکوپیریت به کالکوسیت و اکسید و هیدروکسیدهای آهن در نمونه JCP-4 (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

## فصل سوم

# اکتشافات ژئوشیمیایی محدوده مس جویین



## ۵-۱ مقدمه

باگذشت زمان نیاز به اکتشاف توده‌های کانساری عمیق و پنهان، هرروز بیش‌تر احساس می‌شود. به‌این ترتیب، احتیاج مبرم به تکنیک‌های اکتشافی پیشرفته‌ای که بتوان از طریق به‌کارگیری آن‌ها به کشف توده‌های کانساری عمیق پرداخت، هرروز بیشتر می‌شود. بیشتر موفقیت‌هایی که در این زمینه به‌دست آمده است، در ارتباط با کشف هاله‌های ژئوشیمیایی عناصری است که می‌توانند در محیط‌های ژئوشیمیایی برای فواصل قابل‌ملاحظه‌ای (صدها متر تا چند کیلومتر) مهاجرت کنند. با توجه به این‌که عناصر و ترکیبات می‌توانند فواصل نسبتاً زیادی را از نهشته‌های پنهان عمیق طی کرده و به سطح زمین نزدیک‌تر شوند، تکنیک آنالیز و اندازه‌گیری آن‌ها حائز اهمیت فراوان است (حسنی پاک، ۱۳۸۷). عمده زمینه‌های تحقیقاتی در ژئوشیمی اکتشافی شامل بررسی هاله‌های لیتوژئوشیمیایی (اولیه و ثانویه)، هاله‌های هیدروژئوشیمیایی، اتموژئوشیمیایی، بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی است که با توجه به اینکه محدوده مس جوین جزء مناطق خشک به حساب می‌آید و مراحل شناسایی و اکتشافات مقدماتی در مناطق خشک به دلیل شرایط ویژه و محدود بودن روش‌های قابل‌استفاده در این محیط‌ها نسبت به محیط‌های مرطوب، دچار مشکلاتی ازجمله، کمبود پوشش گیاهی جهت استفاده از روش بیوشیمیایی و کمبود منابع آبی جهت استفاده از روش هیدروژئوشیمیایی و یا در نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای به دلیل تأثیرات سیلاب با اندازه‌های مختلف ذرات و در نتیجه مواجه‌شدن با توزیع غیریکنواخت عناصر، مطالعات صورت گرفته در این پژوهش، مطالعات لیتوژئوشیمیایی و رسوبات آبراهه‌ای در محدوده است. بررسی سنگ‌ها و رسوبات در مرحله‌ی اکتشافات کوچک‌مقیاس، به‌منظور شناخت ایالات متالوژنی و سنگ‌های میزبان انجام می‌پذیرد که در ارتباط نزدیک با نوع خاصی از کانی است. روش‌های مطالعاتی در بررسی هاله‌های لیتوژئوشیمیایی شامل نمونه‌برداری، آماده‌سازی، تجزیه شیمیایی داده‌ها و تفسیر اطلاعات حاصله است.

## ۵-۲ اکتشافات ژئوشیمیایی اولیه

برای دستیابی به مشخصات محدوده از قسمت‌های مختلف محدوده نمونه برداری انجام شد. با توجه به کم بودن تعداد نمونه‌ها سعی شد که از بخش‌های مختلف محدوده نمونه برداری انجام گردد. نمونه‌ها به صورت نمونه سنگی و آبراهه‌ای و با لحاظ اصول نمونه برداری برداشت شد. پس از برداشت، نمونه‌ها در داخل کیسه‌هایی بسته بندی و کد گذاری شدند. کد نمونه‌ها متشکل از سه حرف لاتین بوده و با نماد های LJS (نمونه لیتو) و SJS (نمونه آبراهه) نامگذاری شده‌اند. اهداف موردنظر در مطالعات ژئوشیمیایی محدوده معدنی به صورت موارد ذکر شده در زیر می‌باشند.

- بررسی تغییرات ژئوشیمیایی و ناهنجاری‌های عناصر کانه ساز در محدوده
- تعیین آنومالی‌های ژئوشیمیایی
- تعیین رفتار ژئوشیمیایی عناصر نسبت به یکدیگر
- تعیین عناصر همراه کانه‌زایی مس
- تعیین همبستگی ژنتیکی مستقیم و معکوس بین عناصر موجود در محدوده
- تعیین ارتباط ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی با پهنه‌های دگرسانی و بخش کانه‌زایی محدوده

## ۵-۲-۱ نمونه برداری

قبل از انجام نمونه برداری در هر منطقه‌ای، باید اهدافی به شرح زیر مورد توجه قرار گیرد:

- تخمین بهترین اندازه رسوبات برای نمونه برداری از خاک، به طوری که مناطق کانی‌سازی به بهترین نحو شناسایی شوند (۱۰٪ کل نمونه‌ها با سائزهای مختلف برداشت و نتایج آنالیز آن مقایسه و بهترین سائز نمونه برداری انتخاب گردید که ۸۰ مش است).
- تعیین میزان محدوده پراکندگی رسوبات از یک کانی‌سازی شناخته شده به منظور به دست آوردن فاصله بهینه نمونه برداری.
- اثبات و جود تفاوت بین اندازه بهینه نمونه‌های ژئوشیمیایی در مناطق کوهستانی با ارتفاع

زیاد و مناطق دشت با ارتفاع کم.

• حضور ماسه‌بادی‌ها به‌عنوان مزاحم در نمونه‌ها

به همین منظور تعداد ۵ نمونه با سایزهای مختلف (مش ۸۰، ۴۰، ۱۰ و ۱۰۰) و در آبراهه‌های مختلف برداشت گردید. براساس مطالعات صورت گرفته مشاهده شد که سایز بهینه برداشت نمونه در رسوبات این محدوده نمونه‌های عبوری از الک با مش ۸۰ می‌باشد.

## ۵-۲-۲ محیط و طراحی شبکه‌ی نمونه‌برداری

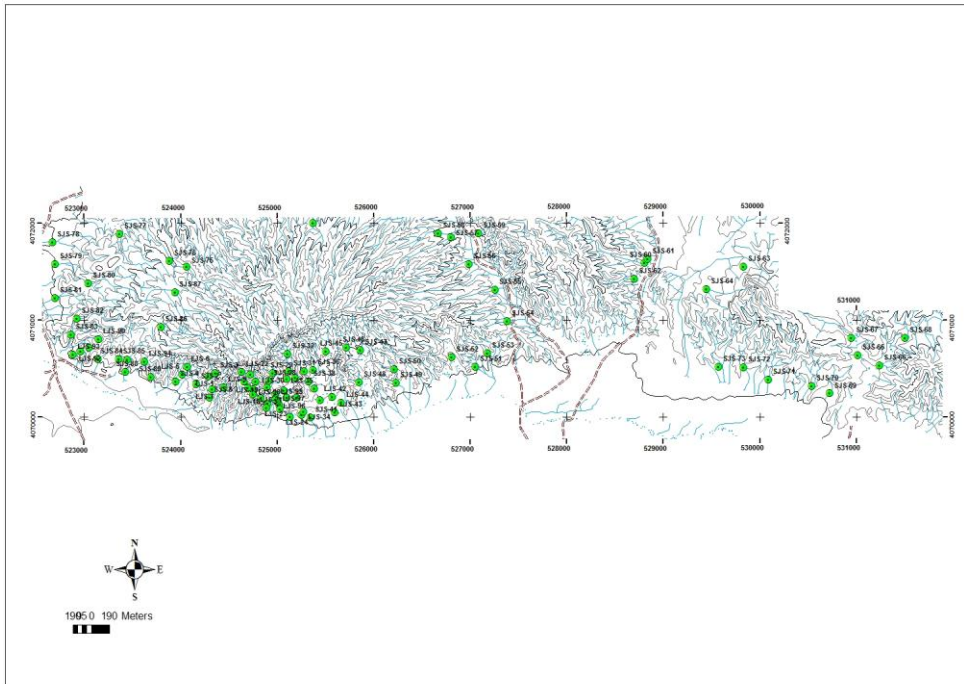
روش اکتشافات رسوبات آبراهه‌ای متداول‌ترین شیوه اکتشافات ژئوشیمیایی مقدماتی است که برای اکتشافات مقیاس کوچک تا متوسط کاربرد دارد. این روش به‌طور وسیعی برای پی‌جویی‌های ناحیه‌ای و شناسایی مقدماتی نواحی امید بخش کانی‌ساز در مناطقی که دارای آبراهه هستند و وسعت حوضه آبریز زیاد باشد به کار می‌رود. رسوبات آبراهه‌ای در واقع یک نمونه ترکیبی از مواد فرسایش یافته از سنگ‌های بالا دست حوضه آبریز است (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳). مطالعات ژئوشیمیایی سطحی محدوده، بر پایه نمونه‌برداری‌های صورت گرفته از سنگ‌ها و رسوبات سطحی است. با توجه به تأثیر هوازدگی و شدت فرسایش در منطقه معدنی جوین، محیط اکسیدانی در سطح محدوده ایجاد گردیده است که موجب اکسید شدن کانی‌های مس سولفیدی در منطقه گردیده و بخش سوپرژن اکسیدی در سطح محدوده گسترش یافته است. لذا بخش زیادی از مس موجود در نمونه‌های برداشت شده شامل کانی‌های اکسیدی و کربنات مس است. محیط نمونه‌برداری شامل یک محیط سوپرژن است که در چنین شرایطی قابلیت تحرک عناصر در ارتباط مستقیم با قابلیت انحلال آن‌ها است. با توجه به نوع کانه‌زایی در منطقه و وجود کانی‌های سولفیدی، تأثیر شرایط اکسیدان، موجب اکسید شدن کانی‌های سولفیدی بخصوص پیریت شده و با تولید آب‌های اسیدی ناشی از آن (در حضور آب) شرایط PH پایین و اسیدی ایجاد می‌گردد که خود باعث انحلال کانی‌های مس سولفیدی موجود در منطقه گردیده که می‌تواند محیط سوپرژن اکسیدی تشکیل دهد.

محدوده مورد نظر با وسعت تقریبی ۲۰ کیلومتر مربع با برداشت ۱۰۱ نمونه رسوبات آبراهه‌ای و نمونه‌ی لیتوژئوشیمیایی از سایز #80- تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی به منظور اکتشاف عنصر مس قرار گرفت. طراحی نمونه‌ها به نحوی انجام شد که تقریباً حوضه‌هایی که دارای رخنمون و جزء نقاط امید بخش بوده اند، فاقد نمونه و فاقد اطلاعات موجود نباشد. نمونه‌ها با توجه به استاندارد خاص نمونه‌برداری و رعایت اصول آن، با وزن حدود ۲۰۰ گرم، از زیر الک ۸۰ مش برداشت شده و جهت مراحل نهایی آماده‌سازی نمونه و در پی آن با روش ICP-OES به آزمایشگاه زرا‌ما برای ۲۶ آنالیز عنصر ارسال شدند. در ادامه مراحل نمونه‌برداری، داده پردازی، بررسی‌های آماری و شرح نقشه تهیه شده برای برخی عناصر ناهنجار آمده‌است.

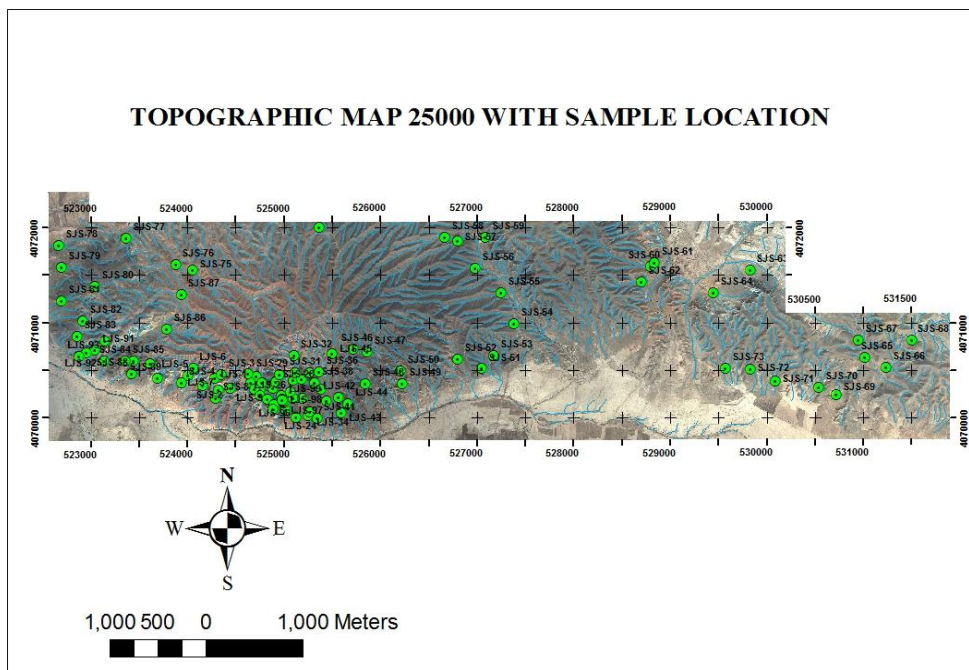
بطور کلی در طراحی محل نمونه‌ها باید به یکسری از مسائل از جمله نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، نقشه ژئوفیزیک هوایی (در صورت دسترسی)، عوامل ساختاری و تکتونیک منطقه و واحدهای بالقوه و مستعد کانی‌سازیرتوجه نمود و موارد زیر را نیز مدنظر قرارداد:

- دستیابی به توزیع یکنواخت نمونه‌ها در سطح منطقه
  - رعایت نسبی چگالی نمونه‌برداری بر اساس شرح خدمات
  - توزیع همگون و حتی‌الامکان متناسب نمونه‌ها در سطح حوضه آبریز و تعداد انشعاب آن
  - اولویت طراحی نمونه‌ها از آبراهه‌هایی که سنگ بستر خود را قطع کرده‌اند
  - در نظر داشتن اصل مهم Sample junction
  - بررسی امکانات جاده‌ای و مواصلاتی
  - پرهیز از مناطق کشاورزی و فرودست روستاها
- پس از طراحی محل نمونه‌ها بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه، با استفاده از امکانات نرم افزاری، موقعیت UTM محل نمونه‌ها و شماره گذاری آنها انجام گردید و این مختصات ها در GPS کارشناسان ذخیره و در اختیار گروه‌های نمونه‌برداری قرار گرفت. شکل (۳-۱) محل و ۱۰۱ نمونه

برداشت شده را نشان می دهد و (شکل ۳-۲) تصویر ماهواره ای از محل نمونه برداری را نشان می دهد.



شکل ۵-۱: شبکه ی نقاط نمونه برداری محدوده ی مورد مطالعه



شکل ۵-۲: تصویر ماهواره ای از شبکه ی نقاط نمونه برداری شده

مختصات نقاط برداشت نمونه در جداول زیر تشریح شده است.

جدول ۵-۱: مختصات نقاط برداشت نمونه‌ها

LJS-40	525207	4070204
SJS-41	525352	4069994
LJS-42	525580	4070202
LJS-43	525571	4070081
LJS-44	525678	4070128
SJS-45	525535	4070774
SJS-46	525732	4070720
SJS-47	525872	4070660
SJS-48	525854	4070362
SJS-49	526237	4070355
SJS-50	526223	4070477
SJS-51	527115	4070479
SJS-53	527213	4070582
SJS-52	526839	4070585
SJS-54	527392	4071013
SJS-55	527272	4071316
SJS-56	526994	4071585
SJS-57	526818	4071864
SJS-58	526657	4071905
SJS-59	527103	4071891
SJS-60	528812	4071571
SJS-61	528846	4071624
SJS-62	528728	4071406
SJS-63	529655	4071804
SJS-64	529447	4071337
SJS-65	531074	4070588
SJS-66	531242	4070530
SJS-67	530973	4070820
SJS-68	531528	4070808
Name	X	Y
SJS-69	530720	4070246
SJS-70	530524	4070303
SJS-71	530087	4070370
SJS-72	529823	4070513
SJS-73	529615	4070518
SJS-74	525366	4071976
SJS-75	524052	4071537
SJS-76	523904	4071609
SJS-77	523381	4071919
SJS-78	522643	4071806
SJS-79	522709	4071581
SJS-80	523052	4071372
SJS-81	522677	4071221
SJS-82	522931	4071013
SJS-83	522857	4070782
SJS-84	523151	4070576
SJS-85	523365	4070601
SJS-86	523801	4070930
SJS-87	523945	4071280
SJS-88	523421	4070442
SJS-89	523709	4070380
LJS-90	523155	4070805
LJS-91	523055	4070715
LJS-92	522977	4070677
LJS-93	522884	4070637
LJS-94	523637	4070571
LJS-95	523452	4070589
LJS-1	524298	4070408
SJS-2	524168	4070354
SJS-3	524362	4070446
LJS-5	524027	4070436
SJS-4	523945	4070367
LJS-6	524070	4070513
LJS-7	524334	4070289
SJS-8	524302	4070197
LJS-9	524444	4070292
LJS-10	524729	4070431
LJS-11	524666	4070365
LJS-12	524758	4070266
LJS-13	524755	4070312
LJS-14	524783	4070361
LJS-15	525001	4070199
LJS-16	525008	4070147
LJS-17	525032	4070093
LJS-18	524763	4070198
LJS-19	524822	4070188
LJS-20	524920	4070143
LJS-21	524863	4070105
LJS-22	524636	4070453
LJS-23	525139	4070005
LJS-24	525126	4070110
LJS-25	525092	4070209
LJS-26	525081	4070306
LJS-27	524940	4070303
SJS-28	524924	4070376
SJS-29	524962	4070450
LJS-30	525080	4070393
SJS-31	525134	4070460
Name	X	Y
SJS-32	525103	4070679
LJS-33	525195	4070409
LJS-34	525190	4070287
LJS-35	525444	4070155
SJS-36	525377	4070517
LJS-37	525284	4070471
SJS-38	525323	4070340
LJS-39	525322	4070202

### ۵-۲-۳ انجام آزمایشات

در مجموع تعداد ۱۰ نمونه از رخنمون‌ها جهت آنالیز XRF, XRD برداشت شد که ۵ نمونه تحت آزمایش XRF و ۵ نمونه تحت آزمایش XRD قرار گرفته است. به طور کلی و با پی‌جویی و مطالعات انجام شده در محدوده اکتشافی، ۵ نمونه اولیه از منطقه جهت انجام آنالیز برداشت گردید.

این نمونه ها توسط روش XRF آنالیز شده اند. آنالیز عناصر Cu, Fe, Ti, Ca, Si, Al, Mg و همچنین اکسیدهای  $\text{BaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  بر روی نمونه ها انجام شده است. نتایج آنالیزها در ادامه آورده شده است.

### ۱-۳-۲-۵ آنالیز XRF

در جداول زیر نتایج آنالیزهای XRF مشاهده می‌گردد.

جدول ۲-۵: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-24 به روش XRF

ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی
$\text{Na}_2\text{O}$	6.4	$\text{MgO}$	3.4	$\text{Al}_2\text{O}_3$	16.4	$\text{SiO}_2$	34.0
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.28	$\text{K}_2\text{O}$	2.8	$\text{CaO}$	3.0	$\text{TiO}_2$	0.34
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	8.0	$\text{CuO}$	0.32	$\text{SrO}$	0.12	$\text{BaO}$	0.04
L.O.I	2.62	La&Lu	<1	---	---	---	---

جدول ۳-۵: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-18 به روش XRF

ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی
$\text{Na}_2\text{O}$	6.4	$\text{MgO}$	3.4	$\text{Al}_2\text{O}_3$	16.4	$\text{SiO}_2$	34.0
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.28	$\text{K}_2\text{O}$	2.8	$\text{CaO}$	3.0	$\text{TiO}_2$	0.34
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	8.0	$\text{CuO}$	0.32	$\text{SrO}$	0.12	$\text{BaO}$	0.04
L.O.I	2.62	La&Lu	<1	---	---	---	---

جدول ۴-۵: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-21 به روش XRF

ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی	ترکیب	درصد وزنی
$\text{Na}_2\text{O}$	6.5	$\text{MgO}$	2.7	$\text{Al}_2\text{O}_3$	16.9	$\text{SiO}_2$	39.1
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.31	$\text{SO}_3$	1.0	$\text{Cl}$	4.0	$\text{K}_2\text{O}$	3.1
$\text{CaO}$	3.3	$\text{TiO}_2$	0.71	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3.8	$\text{CuO}$	0.47
L.O.I	16.11	La&Lu	<1	---	---	---	---

جدول ۵-۵: نتایج آنالیز نمونه‌ی ۲-۳۴۹۶۶ به روش XRF

Sample	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	$\text{MnO}$	$\text{CaO}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SO}_3$	LOI
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
34966-2	67.94	8.57	1.23	1.01	0.10	0.36	0.04	2.56	0.12	3.53	0.37	9.37

Sample	Ba	Co	Cr	Cu	Nb	Ni	U	Th	Ce	Cl
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
34966-2	38	48	49	38966	11	109	8	6	39	7338

Sample	Pb	Rb	Sr	V	W	Y	Zr	Zn	Mo
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
34966-2	82	17	817	91	104	27	155	63	N

جدول ۵-۶: نتایج آنالیز نمونه‌ی ۳۴۲۷۱-۱-X۴۰ به روش XRF

Sample	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	MgO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	LOI
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
34271-1-X40	47.92	7.95	0.49	2.04	6.10	0.51	0.07	0.71	0.10	10.21	1.62	8.60

Sample	Ba	Co	Cr	Cu	Nb	Ni	U	Th	Ce	Cl
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
34271-1-X40	0	115	69	135631	1	10	N	N	0	117

Sample	Pb	Rb	Sr	V	W	Y	Zr	Zn	Mo
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
34271-1-X40	50	166	214	165	N	68	186	N	N

### ۲-۳-۲-۵ آنالیز XRD

با توجه به نتایج آزمایشات انجام شده به روش XRD، فازهای زیر قابل شناسایی بودند:

1. Feldspar (Na, Ca)
2. Feldspar (K)
3. Clay Mineral
4. Calcite CaCO<sub>3</sub>
5. Dolomite CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
6. Magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>
7. Amphibole

شکل ۵-۳: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-24 به روش XRD

1. Quartz SiO<sub>2</sub>
2. Feldspar (Ca, Na)
3. Feldspar (K)
4. Calcite CaCO<sub>3</sub>
5. Halite NaCl
6. Clay Mineral
7. Tarosite (K, H<sub>3</sub>O)Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>6</sub>
8. Dolomite CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
9. Anatase TiO<sub>2</sub>

شکل ۵-۴: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-18 به روش XRD



1.Quartz	SiO <sub>2</sub>
2.Feldspar(Na)	
3.Feldspar(K)	
4.Calcite	CaCO <sub>3</sub>
5.Pyroxene	
6.Anatase	TiO <sub>2</sub>

شکل ۵-۵: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-21 به روش XRD

1.Quartz	SiO <sub>2</sub>	1.Clay Mineral	
2.Calcite	CaCO <sub>3</sub>	2.Quartz	SiO <sub>2</sub>
3.Feldspar(Na)		3.Feldspar(Ca,Na)	
4.Dolomite	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4.Feldspar(K)	
5.Clay Mineral		5.Feldspar(Na)	
		6.Calcite	CaCO <sub>3</sub>
		7.Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>

LJS-13

LJS-43

شکل ۵-۶: نتایج آنالیز نمونه‌ی LJS-43 و LJS-13 به روش XRD

## ۴-۲-۵ آماده‌سازی و تجزیه نمونه‌ها

پس از اینکه مرحله نمونه‌برداری به اتمام رسید، نمونه‌های رسوبات آبراهه ای برداشت‌شده از اندازه ۸۰ مش و نمونه‌های لیتو ژئوشیمی به ۲۰۰ مش خردایش شده اند و برای تجزیه ۲۶ عنصری به آزمایشگاه زر آزما ارسال گردیدند.

## ۳-۵ پردازش اولیه داده‌های ژئوشیمیایی

نمونه‌ها جهت آنالیز ۲۶ عنصری به آزمایشگاه زر آزما ارسال و پس از دریافت نتایج، پردازش مقدماتی داده‌ها انجام گرفت. از اولین مراحل پردازش داده‌های ژئوشیمی، جایگزینی مقادیر سنسورد<sup>۱</sup> است. داده‌های سنسورد به داده‌هایی اطلاق می‌شود که در بین آن‌ها به علت بالا بودن حد حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری تعدادی داده به صورت مقادیر کوچک‌تر از حد حساسیت دستگاه یافت می‌شود. وجود چنین اعدادی در بین داده‌ها بررسی‌ها آماری را دچار اختلال می‌کند (حسنی پاک،

<sup>۱</sup>.Sensord

۱۳۸۱). در صورتی که داده‌های سنسورد تخمین زده شوند و جایگزین گردند مقدار زمینه و شدت آنومالی‌ها دقیق‌تر محاسبه خواهد شد. این تخمین با استفاده از روش‌های جایگزینی ساده، روش ترسیمی و روش بیشترین درست‌نمایی کوهن انجام می‌گیرد. در این قسمت از روش جایگزینی ساده به منظور شناسایی مقادیر سنسورد استفاده شده است. مقادیر سنسورد مشاهده‌شده در داده‌ها تنها مربوط به عنصر Al, Cr, Ca بود که به دلیل مقادیر بالای داده سنسورد از محاسبات حذف گردید.

### ۱-۳-۵ بررسی‌های آماری تک متغیره

اولین گام در شناخت خصوصیات داده‌های اکتشافی محاسبه پارامترهای آماری داده‌ها نظیر، میانگین، انحراف معیار، واریانس، چولگی<sup>۱</sup> و کشیدگی<sup>۲</sup> است. بررسی ویژگی‌های توزیع عناصر با بهره‌گیری از پارامترهای ساده آماری تک متغیره<sup>۳</sup> و ترسیم هیستوگرام<sup>۴</sup> فراوانی عناصر با رسم منحنی نرمال صورت می‌گیرد. هیستوگرام ترسیم‌شده سه ویژگی موقعیت، پراکندگی و شکل داده را توصیف می‌کند. در این مرحله با توجه به تعیین ماهیت نرمال یا غیر نرمال هر عنصر، پارامترهای آماری دقیق‌تری برای عناصر به دست می‌آید. در این پروژه پارامترهای آماری تک متغیره برای ۲۶ عنصر توسط نرم افزار SPSS برای دو گروه داده‌های خام و داده‌های نرمال شده محاسبه شد. جدول پارامترهای آماری ۳-۷ خصوصیات از جمله ماکزیمم، مینیمم، واریانس، میانه، میانگین، خطای استاندارد میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی و ضریب تغییرات (CV%) را دربردارد. به منظور مقایسه درجه تغییر پذیری دو متغیر نسبت به هم انحراف معیار پارامتر مناسبی نیست، به همین سبب از ضریب تغییرات یا CV% که حاصل تقسیم انحراف معیار به میانگین می‌باشد، استفاده می‌شود. این پارامتر معیاری از تغییرپذیری نسبی بوده و امکان مقایسه تغییرات در تمامی عناصر را فراهم می‌نماید.

<sup>۱</sup>.Skewness

<sup>۲</sup>.Kurtosis

<sup>۳</sup>.Univariate

<sup>۴</sup>.Histogram

روش دیگر به منظور بررسی نرمال بودن یا غیر نرمال بودن جوامع آماری، بررسی چولگی و کشیدگی است. هر چه این دو مقدار به ترتیب به ۰ و ۳ نزدیکتر باشند، آن جامعه نرمال تر خواهد بود.

### ۲-۳-۵ پارامترهای آماری داده‌های خام

قبل از پردازش داده‌ها، به منظور شناخت ماهیت تابع توزیع مربوط به تک تک عناصر پارامترهای آماری داده‌های خام محاسبه می‌گردد. به این منظور، پارامترهای آماری نظیر، میانگین، میانه، انحراف معیار، واریانس، چولگی، کشیدگی و مقادیر مینیمم و ماکزیمم داده‌ها محاسبه گردیده است (جدول ۷-۳). با توجه به مقادیر به دست آمده مشخص است که بسیاری از عناصر دارای چولگی مثبت بوده و توزیعی به صورت غیر نرمال دارند. مقادیر چولگی و کشیدگی به دست آمده برای عناصر نقره، آلومینیوم، کادمیوم، سدیم و اورانیوم نشان‌دهنده‌ی آن است که مقادیر نرمال و یا نزدیک به نرمال هستند.

جدول ۷-۵: پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر شاخص (مقادیر بر حسب ppm)

	Ag	Al	As	Ca	Cd	Ce
N Valid	101	99	101	37	101	101
Missing	0	2	0	64	0	0
Mean	.2671	36447.25	21.762	48395.68	.3668	21.7327
Std. Error of Mean	.01591	1694.514	4.8171	4848.310	.04650	1.12451
Median	.2100	34740.00	7.100	41060.00	.2700	18.0000
Std. Deviation	.15987	16860.204	48.4108	29491.117	.46734	11.30123
Variance	.026	284266465.9	2343.610	869726001.0	.218	127.718
Skewness	2.735	1.055	4.865	.461	6.797	1.737
Std. Error of Skewness	.240	.243	.240	.388	.240	.240
Kurtosis	7.772	1.954	27.764	-1.287	52.454	1.930
Std. Error of Kurtosis	.476	.481	.476	.759	.476	.476
Range	.85	87764	361.0	91355	4.06	45.00
Minimum	.15	8830	2.1	8580	.24	10.00
Maximum	1.00	96594	363.1	99935	4.30	55.00

ادامہی جدول ۷-۳

	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li
N	Valid Missing	101 0	95 6	101 0	101 0	101 0
Mean	12.6337	20.72	1775.9802	32140.5644	16.0198	23.2574
Std. Error of Mean	.45701	1.341	532.91358	901.60031	.81605	1.31146
Median	13.0000	22.00	56.0000	31131.0000	13.0000	23.0000
Std. Deviation	4.59287	13.075	5355.71517	9060.97100	8.20120	13.18003
Variance	21.094	170.950	28683685.02	82101195.47	67.260	173.713
Skewness	.132	.198	5.603	-.112	1.635	.027
Std. Error of Skewness	.240	.247	.240	.240	.240	.240
Kurtosis	.599	-.566	39.977	-.075	1.675	-1.055
Std. Error of Kurtosis	.476	.490	.476	.476	.476	.476
Range	22.00	60	44158.00	42016.00	34.00	47.00
Minimum	3.00	1	21.00	8237.00	6.00	2.00
Maximum	25.00	61	44179.00	50253.00	40.00	49.00

ادامہی جدول ۷-۳

	Mg	Mn	Mo	Ni	P	Pb
N	Valid Missing	101 0	101 0	101 0	101 0	101 0
Mean	11009.0693	859.87129	1.0689	23.4158	940.9208	9.1980
Std. Error of Mean	404.43781	31.814685	.01883	1.72180	67.32715	.50971
Median	11565.0000	861.00000	1.0200	21.0000	667.0000	7.0000
Std. Deviation	4064.54965	319.733629	.18925	17.30391	676.62947	5.12254
Variance	16520563.85	102229.593	.036	299.425	457827.434	26.240
Skewness	-.400	1.443	2.625	.690	1.983	2.187
Std. Error of Skewness	.240	.240	.240	.240	.240	.240
Kurtosis	.140	7.170	12.761	-.492	2.951	4.157
Std. Error of Kurtosis	.476	.476	.476	.476	.476	.476
Range	18485.00	2322.000	1.40	65.00	2932.00	25.00
Minimum	841.00	219.000	.81	2.00	206.00	5.00
Maximum	19326.00	2541.000	2.21	67.00	3138.00	30.00

ادامه‌ی جدول ۷-۳

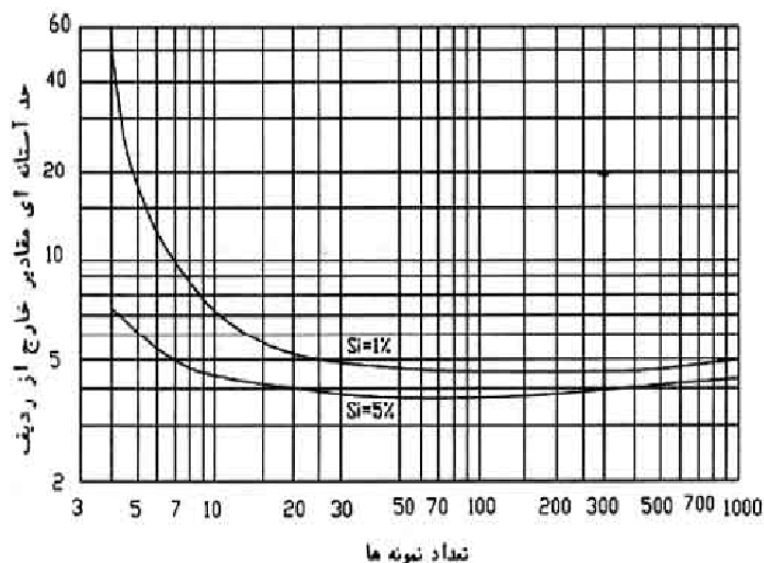
		S	Sb	Sc	Th	V	Y
N	Valid	101	101	101	101	101	101
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		360.2475	1.082	13.151	7.206	129.1881	18.19
Std. Error of Mean		64.50551	.0071	.4298	.3702	6.77064	.564
Median		202.0000	1.080	12.300	6.600	114.0000	18.00
Std. Deviation		648.27236	.0711	4.3194	3.7206	68.04406	5.665
Variance		420257.048	.005	18.657	13.843	4629.994	32.094
Skewness		6.617	.038	.612	4.917	.904	1.542
Std. Error of Skewness		.240	.240	.240	.240	.240	.240
Kurtosis		50.786	-.292	.235	28.025	.687	3.702
Std. Error of Kurtosis		.476	.476	.476	.476	.476	.476
Range		5709.00	.4	22.2	28.9	315.00	32
Minimum		54.00	.9	3.6	3.0	13.00	9
Maximum		5763.00	1.3	25.8	31.9	328.00	41

### ۳-۳-۵ آزمون مقادیر خارج از ردیف

اغلب مشاهده می‌شود که درصد کمی از داده‌های مربوط به قسمت کرانه‌ای توزیع از روند خطی داده‌ها فاصله می‌گیرند. در این حالت می‌توان قسمت منحرف‌شده توزیع را طوری تصحیح کرد که از همان روند خطی کل داده‌ها تبعیت کند. تصحیح نامبرده با استفاده از روش‌هایی مثل نمودار احتمال، کاهش بزرگ‌ترین مقدار به یکی قبل از آن و روش‌های آماری، انجام می‌گیرد. دورفل، نموداری برای تعیین حد آستانه‌ای مقادیر خارج از ردیف برای دو سطح معنی‌دار بودن ۵٪ و ۱٪ تهیه کرده است (شکل ۷-۳). برای انجام آزمون مقادیر خارج از ردیف، میانگین  $(\bar{X})$  و انحراف معیار  $(S)$  بدون در نظر گرفتن مقدار داده‌ها محاسبه می‌شود. سپس بزرگ‌ترین مقدار داده‌ها  $(X_A)$ ، در صورتی که در رابطه (۱-۳) صدق کند یک مقدار خارج از ردیف در نظر گرفته می‌شود.

$$X_A \geq \bar{X} + S.g \quad (1-3)$$

که در آن  $g$  حد آستانه‌ای مقادیر خارج از ردیف است که از نمودار دورفل محاسبه می‌گردد (شکل ۷-۳).



شکل ۵-۷: حد آستانه‌ای مقادیر خارج از ردیف (g) به‌عنوان تابعی از تعداد نمونه (n) و سطح اعتماد (لوینسون،

۱۹۸۰)

با روش ذکرشده، مقادیر خارج از ردیف محاسبه و تعیین شده است. در این قسمت بر اساس تعداد نمونه‌ها (۱۰۱ نمونه) مقدار g برابر ۳/۷ محاسبه شد و بر اساس رابطه‌ی (۳-۱) مقادیر خارج از ردیف بدست آمد. این مقادیر با بزرگ‌ترین مقدار داده در بین نمونه‌های هر عنصر که مقدار خارج از ردیف نبوده، جایگزین گردید.

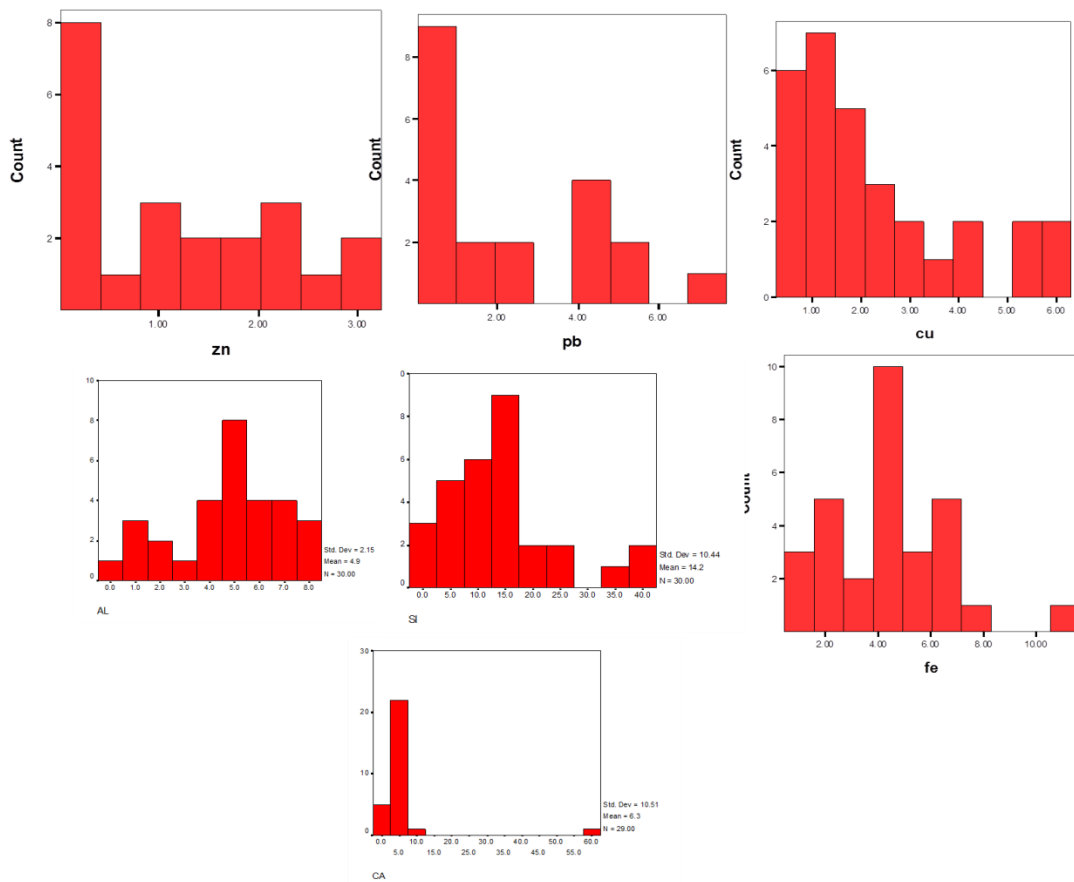
### ۴-۳-۵ بررسی توزیع داده‌ها

پس از محاسبه پارامترهای آماری داده‌ها، در جهت شناسایی ترتیب قرارگیری داده‌ها در کنار هم و بررسی توابع توزیع، هیستوگرام و نمودار جعبه‌ای داده‌ها ترسیم شد (شکل‌های ۳-۸ تا ۳-۱۰). بر طبق نتایج به‌دست آمده از این نمودارها و بررسی آزمون‌های آماری مختلف از جمله، آزمون کلموگروف-اسمیرنوف<sup>۱</sup> و آزمون کای دو<sup>۲</sup>، نشان داد که برخی از عناصر مثل Ag دارای تابع توزیع

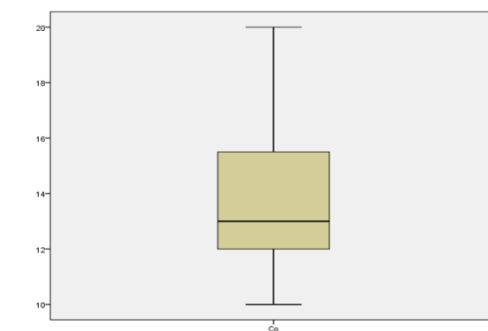
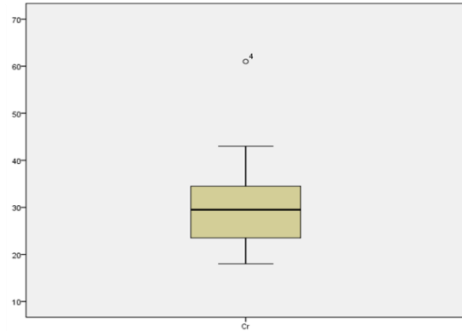
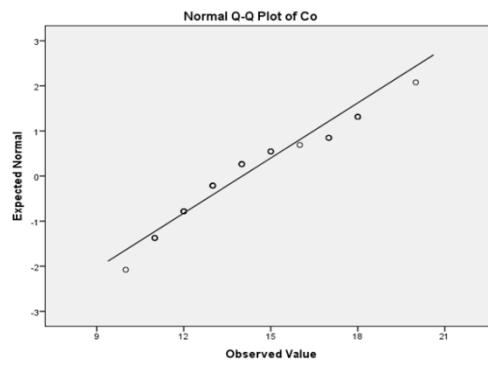
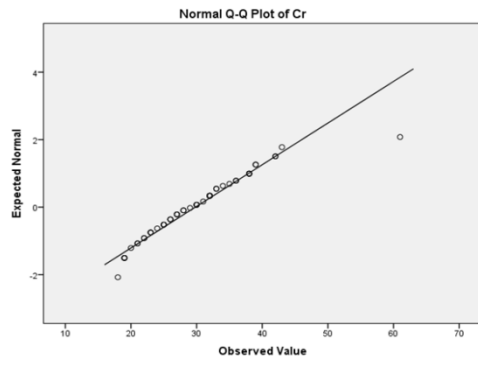
<sup>۱</sup>.Kolmogorov-Smirnov Test

<sup>۲</sup>.  $\chi^2$  Test

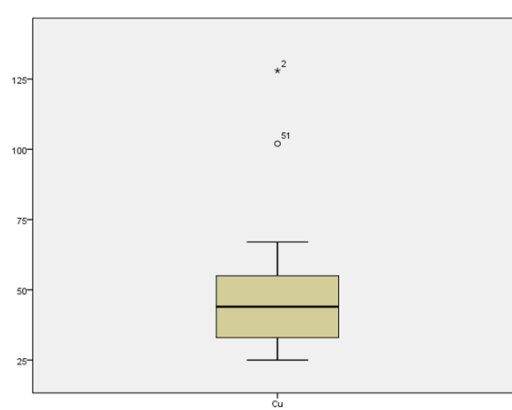
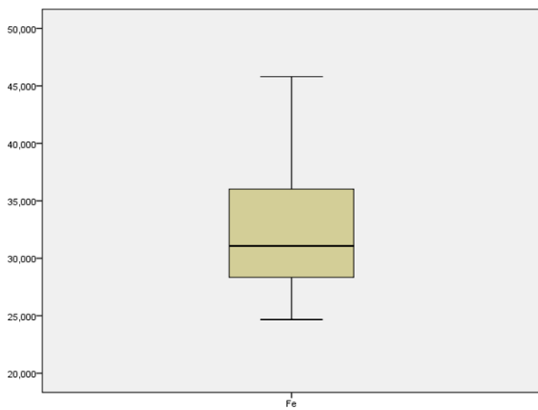
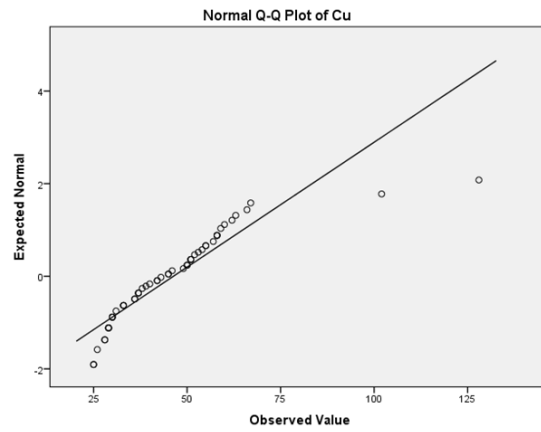
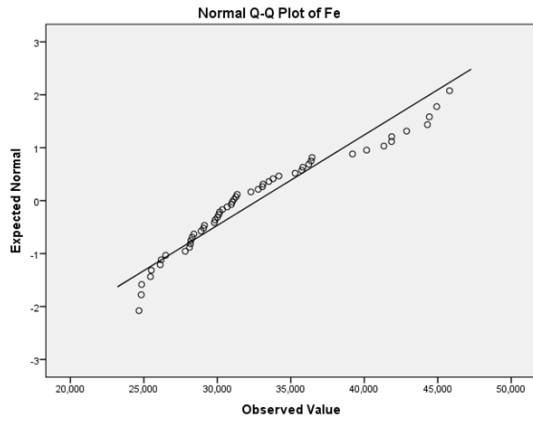
نرمال و برخی از عناصر مثل Cu دارای تابع توزیع غیر نرمال هستند. بعضی از عناصر نیز نزدیک به توزیع نرمال با مقدار کمی چولگی و یا کشیدگی در نمودار هیستوگرام خود بودند. بر این اساس عناصر نرمال جدا گشته و عناصر غیر نرمال در جهت نرمال سازی مورد بررسی قرار گرفتند که در ادامه ذکر می گردد. در شکل های زیر نمودارهای هیستوگرام و جعبه ای و همچنین انحراف از خط نرمال برای برخی از عناصر نشان داده شده است.



شکل ۵-۸: نمودار هیستوگرام داده های خام برخی از عناصر (گزارش پایان اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۴)



شکل ۵-۹: نمودار چارک-چارک و باکس پلات عناصر Cr و Co



شکل ۵-۱۰: نمودار چارک-چارک و باکس پلات داده‌های خام عناصر آهن و مس



## ۵-۳-۵ تفسیر بررسی‌های آماری تک متغیره

با توجه به مقادیر پارامترهای آماری داده‌های خام، نمودار هیستوگرام و جعبه‌ای داده‌ها و بررسی آزمون‌های آماری مربوط به نرمال بودن داده‌ها نتایج به دست آمده به شرح زیر بیان می‌گردد.

• عناصر Al, Ba, Ca, Mo, Mg, Mn دارای ماهیت تقریباً نرمال بوده و ناهنجاری‌های مهمی از

آن‌ها در این محدوده دیده نمی‌شود. اغلب این عناصر در ترکیب کانی‌های سنگ‌ساز منطقه مشارکت دارند.

• برخی از عناصر Cu, Co, Cr, Ni, Pb, Fe, Zn, Sb, As, Be دارای پراکندگی غیر نرمال بوده و در

برخی از آن‌ها مقادیر غیرعادی مشاهده می‌گردد. این مقادیر با توجه به خصلت کانه‌زایی موجود در منطقه می‌توانند به عنوان آنومالی‌های منشأ کانه‌زایی تلقی شوند.

• دیگر عناصر نیز دارای ماهیت لاگ نرمال می‌باشند که در هر کدام مقادیر چولگی، کشیدگی و

یا فراوانی بالای مربوط به یکی از داده‌های کلاسه‌بندی شده باعث انحراف از نرمال عنصر گردیده است.

## ۴-۵ نرمال سازی داده‌ها

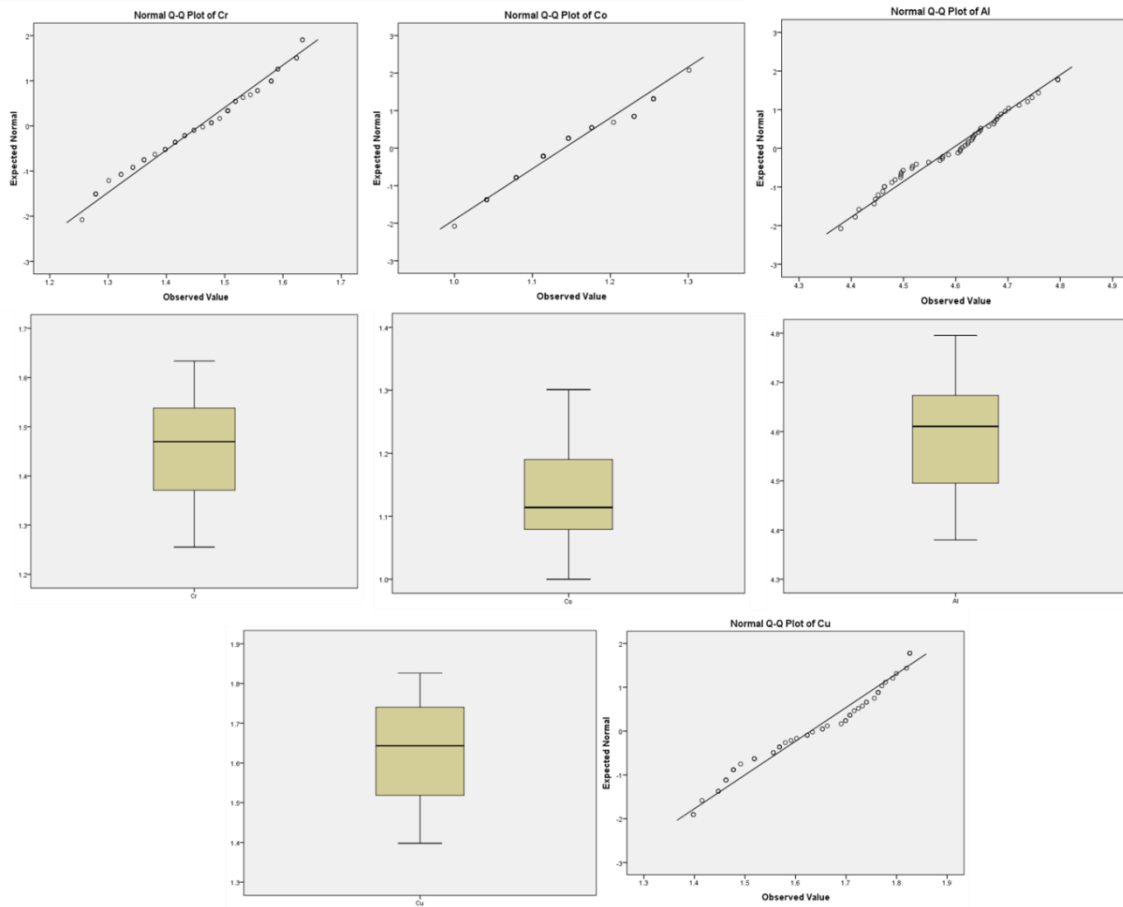
لازمه استفاده از برخی روش‌های آماری مانند ضریب همبستگی پیرسون، نرمال بودن تابع توزیع متغیرهای مورد مطالعه است. به دلیل ماهیت لاگ نرمال غالب عناصر در داده‌ها، اقدام به نرمال سازی داده‌های منطقه گردید. مهم‌ترین روش‌های نرمال کردن توابع توزیع عبارت‌اند از: تبدیل لگاریتمی سه پارامتری، تبدیل کاکس و باکس، استفاده از نمودار احتمال لگاریتمی و استفاده از نمودار فینی می-باشند که در این پژوهش جهت نرمال سازی داده‌ها از روش تبدیل لگاریتمی سه پارامتری و تبدیل کاکس و باکس استفاده شده است. با اعمال تبدیل کاکس و باکس، برخی از عناصر مثل آنتیموان نرمال گشته و برای آن دسته از عناصری که به این روش نرمال نشدند از روش تبدیل لگاریتمی سه پارامتری استفاده شده است. روش تبدیل لگاریتمی سه پارامتری به صورت رابطه‌ی (۲-۳) است.

$$P(x) = \text{Log}(ax \pm b) \quad (2-3)$$

اعمال این تبدیل به این صورت است که اگر داده‌ها دارای چولگی مثبت باشند مقدار  $b = +1$  و اگر داده‌ها دارای چولگی منفی باشند مقدار  $b = -1$  لحاظ می‌شود. در این رابطه معمولاً مقدار  $a$  برابر مثبت-منفی یک در نظر گرفته می‌شود. در روش کاکس و باکس، ابتدا تبدیلاتی برای پیدا کردن یک مقدار ( $\lambda$ ) انجام می‌شود. سپس به صورت کلی به ازای هر مشاهده‌ی  $X_t$  از تبدیل زیر استفاده می‌شود.

$$T(X_t) = \frac{X_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad (3-3)$$

با انجام این تبدیلات، تقریباً تمامی عناصر تبدیل به تابع توزیع نرمال و یا نزدیک به توزیع نرمال شدند که نمودار چارک-چارک و باکس پلات برخی از آن‌ها در شکل زیر ترسیم شده است (شکل ۳-۱۱).



شکل ۵-۱۱: نمودار چارک-چارک و باکس پلات برخی از عناصر نرمال شده

برای اثبات نرمال شدن داده‌ها از هیستوگرام‌ها و منحنی توزیع تجمعی و پارامترهای آماری مربوط به تک تک عناصر استفاده شده است. با توجه به پارامترهای آماری هر متغیر می‌توان نتیجه گرفت که مقدار چولگی و کشیدگی متغیرها در مقایسه با مقادیر متناظر داده‌های خام تا چه اندازه کاهش یافته و منحنی توزیع تجمعی آن‌ها به صورت یک خط راست است که مبین توزیع نرمال می‌باشد. با اعمال تبدیل کاکس و باکس عناصری نظیر  $Sb, As, Zn, Li, Co, S, Th, Ba$ , نرمال گشته و بقیه عناصر نظیر  $Cu$  به روش تبدیل لگاریتمی سه پارامتری نرمال شدند. بر اساس نتایج به دست آمده از نرمال سازی داده‌ها و انجام دوباره آزمون‌های نرمال بودن عناصر، مشاهده گردید که عملیات نرمال سازی تا حدود زیادی موفق عمل کرده و تقریباً همه عناصر به یکی از روش‌های نامبرده، تبدیل به تابع نرمال شده‌اند و برای دیگر بررسی‌های آماری مناسب می‌باشند.

## ۵-۵ بررسی‌های آماری دومتغیره

رفتار برخی از عناصر تحت شرایط حاکم بر محیط، نسبت به یکدیگر وابستگی و ارتباط متقابل نشان می‌دهند. شناخت ارتباط و وابستگی‌های ژنتیکی که میان دو یا چند عنصر وجود دارد، می‌تواند در تفسیر دقیق‌تر شرایط موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی بکار گرفته شود. از ابزارهای مفید در بررسی تغییرات همزمان چند عنصر، رسم نمودارهای پراکندگی و محاسبه ضرایب همبستگی است. در این بخش به منظور بررسی همبستگی عناصر با یکدیگر از ضریب همبستگی پیرسون و اسپیرمن استفاده شده است. ضریب همبستگی پیرسون برای داده‌های با توزیع نرمال به کار می‌رود و مقادیر این ضریب بین (۱ و -۱) قرار می‌گیرد. مقدار ۱ برای ضریب همبستگی کاملاً خطی همسو و مقدار -۱ برای همبستگی کاملاً خطی غیرهمسو بیان می‌شود. مقدار ضریب همبستگی پیرسون<sup>۱</sup> از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$r_{xy} = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (۴-۳)$$

مقادیر  $\sigma_x, \sigma_y$ ، انحراف معیار متغیرهای  $x$  و  $y$  هستند.

اگر توزیع داده‌ها نرمال نباشد، برای محاسبه ضریب همبستگی می‌توان از روش‌های نا پارامتری استفاده کرد. این روش‌ها نسبت به توزیع داده‌ها حساس نمی‌باشند. یکی از روش‌های نا پارامتری محاسبه ضریب همبستگی، ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن<sup>۲</sup> است که مقدار آن از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum (\Delta^2)}{n(n^2 - 1)} \quad (۳-۳)$$

که در آن  $\sum (\Delta^2)$ : جمع مربعات تفاضل شماره دو رتبه در دو سری داده به هم وابسته و  $n$ ، تعداد

<sup>۱</sup>.Pearson

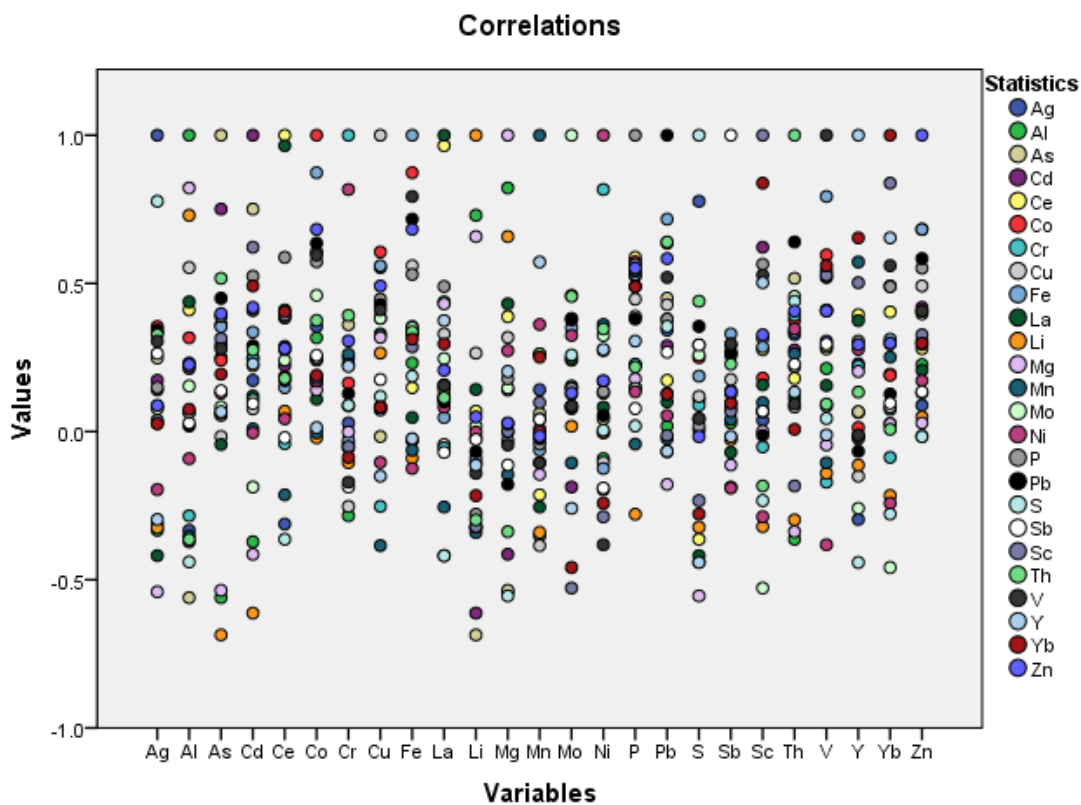
<sup>۲</sup>.Spearman

مشاهدات وابسته به یکدیگر است. با توجه به اینکه عناصر تبدیل به تابع توزیع نرمال شدند، در این مطالعات از روش همبستگی پیرسون استفاده شده است. مقادیر ضریب همبستگی پیرسون در جدول (۸-۳) نشان داده شده است.

جدول ۸-۵: مقادیر ضریب همبستگی عناصر به روش پیرسون

	Ag	Al	As	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	La	Li	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	S	Sb	Th	V	Zn	
Ag	1																					
Al	-.333	1																				
As	.248	-.560	1																			
Cd	.173	-.372	.751	1																		
Ce	-.312	.411	.055	.222	1																	
Co	.354	.317	.241	.247	.186	1																
Cr	.029	-.284	.361	.248	-.041	.163	1															
Cu	.084	.533	-.017	.077	.384	.606	-.253	1														
Fe	.334	.231	.354	.336	.148	.873	-.029	.559	1													
La	-.418	.438	-.044	.120	.965	.109	-.055	.330	.047	1												
Li	-.324	.730	-.696	-.61	.069	-.021	-.105	.265	-.090	.142	1											
Mg	-.541	.822	-.536	-.41	.388	.140	-.001	.318	-.030	.431	.658	1										
Mn	.141	-.353	.062	.009	-.214	-.004	.261	-.385	-.062	-.255	-.340	-.1	1									
Mo	.078	.153	.083	-.19	.241	.459	.086	.382	.350	.246	.018	.15	-.11	1								
Ni	-.196	-.092	.130	.00	.043	.170	.817	-.104	-.125	.082	-.002	.27	.36	.324	1							
Pb	.342	.019	.450	.290	.173	.636	.128	.428	.717	.101	-.088	-.2	-.02	.378	.054	1						
S	.777	-.440	.292	.107	-.363	.249	.089	.119	.187	-.419	-.323	-.6	.04	.258	.004	.355	1					
Sb	.264	.029	.138	.084	-.021	.257	-.187	.176	.330	-.070	-.027	-.1	.04	.126	-.19	.268	.292	1				
Th	.328	-.363	.517	.275	.179	.375	.392	.083	.337	.114	-.298	-.3	.26	.456	.347	.640	.440	.228	1			
V	.305	.213	.279	.408	.288	.506	-.171	.410	.793	.155	-.140	0	-.11	.086	-.38	.520	.044	.296	.093	1		
Zn	.089	.226	.398	.419	.280	.682	.306	.491	.683	.207	.050	.03	-.02	.130	.172	.584	-.02	.134	.407	.41	1	

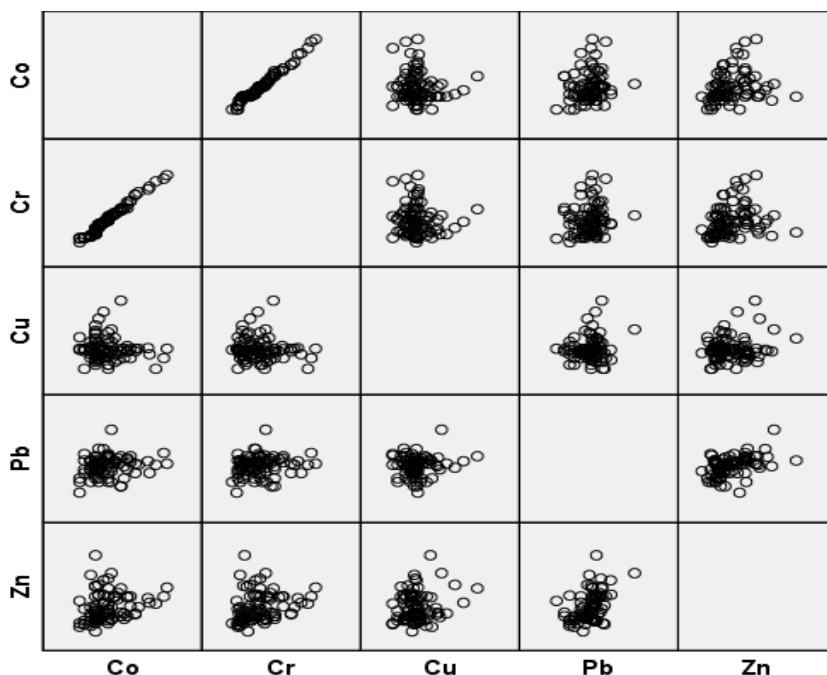
ضریب همبستگی خطی<sup>۱</sup> معیاری از درجه تمایل دو متغیر به داشتن رابطه خطی است و شاید همبستگی کلی دو متغیر را نشان ندهد. یکی از ابزارهای مفید در بررسی تغییرات همزمان دو متغیر، رسم نمودار پراکندگی<sup>۲</sup> است که در آن مقادیر مربوط به دو متغیر در دستگاه مختصات دومتغیره رسم می‌شوند. نمودار پراکندگی برخی از عناصر شاخص در شکل دیده می‌شود (شکل ۳-۱۲). این نمودار نشان می‌دهد که عناصری مثل کروم و کبالت دارای همبستگی خطی کامل با شیب مثبت هستند. جمع‌شدگی نقاط نشان از همبستگی مثبت این عناصر با همدیگر است (شکل ۳-۱۳).



شکل ۵-۱۲: نمودار نحوه‌ی پراکندگی و همبستگی مثبت و منفی عناصر با هم

<sup>۱</sup>.Linear Correlation Coefficient

<sup>۲</sup>.Dispersion



شکل ۵-۱۳: نحوه توزیع پراکندگی عناصر کبالت، کروم، مس، سرب و روی نسبت به هم

با توجه به مقادیر ضریب همبستگی به دست آمده برای عناصر به دو روش پیرسون و اسپیرمن، مقادیر ضریب همبستگی تفاوت معنی داری نسبت به دو روش مورد استفاده نشان نمی دهد. البته روش پیرسون به مراتب همبستگی قوی تری از عناصر را نسبت به روش اسپیرمن نشان می دهد. این مشخصه موفقیت آمیز بودن عملیات نرمال سازی بر روی داده ها را نشان می دهد.

مقایسه ضرایب همبستگی بین عناصر نتایج زیر را در بر داشت.

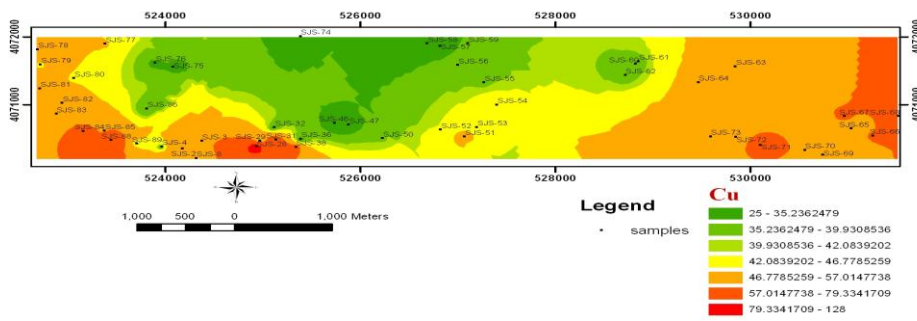
- عنصر Cu با عناصر Al, Co, Fe دارای همبستگی بالای ۵۰٪ می باشد.
- عنصر Zn بیشترین مقدار همبستگی را با عناصر Co, Fe و Pb دارد.
- عنصر Pb با عنصر آهن بالای ۷۰٪ همبستگی نشان می دهد.
- بیشترین میزان همبستگی مابین دو عنصر لانتانیم و سزیم است که این دو عنصر بالای ۹۵٪ با هم همبستگی دارند. این دو عنصر دارای بار اتمی بالای هستند که در مراحل انتهایی تفریق ماگمایی ته نشین شده اند و وجود مقادیر بالای این عناصر در بخش های دگرسان شده مؤید همبستگی بالای این عناصر باهم است.

## ۵-۵-۱ ترسیم نقشه‌های توزیع عیار برای چند عنصر دارای همبستگی

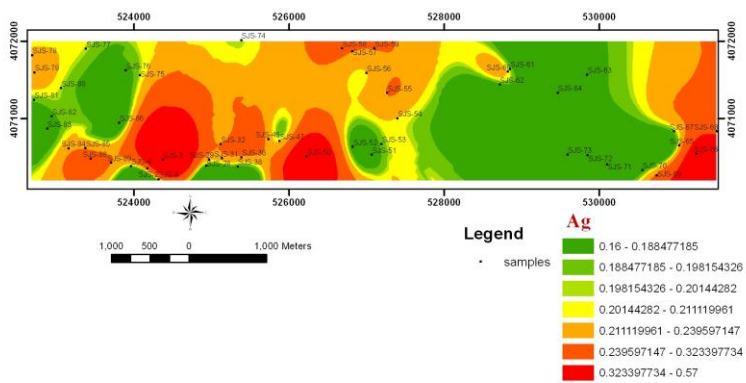
امروزه ترسیم نقشه‌ها با استفاده از نرم افزارها و توانمندی‌های آنها اجرا می‌شود، روش‌های مختلف رسم نقشه‌ها و الگوریتم‌های معمول در تخمین در این نرم افزارها پیش‌بینی شده‌است. از جنبه ریاضی، ترسیم نقشه به معنی ایجاد پیوستگی بین یک سری داده منفصل است، ایجاد چنین پیوستگی در آشکار سازی روابط بین اجزای مورد مطالعه موثر و مفید است. اساس بسیاری از نرم افزارها تعریف شبکه‌ای منظم در سرتاسر منطقه و تخمین هر سلول از شبکه با توجه به اطلاعات موجود می‌باشد. این روش‌ها برای نمونه‌هایی کاربرد دارند که معرف همان نقطه باشند. همانطور که قبلاً ذکر شد هدف این پروژه اکتشاف مس می‌باشد. نتایج نمونه رسوب آبراهه‌ای بیانگر حوضه بالا دست خود می‌باشد نه معرف همان نقطه نمونه برداری. به علت تعداد کم نمونه‌های برداشت شده و برای اینکه مقادیر به واقعیت نزدیک‌تر باشند از داده‌های خام برای ترسیم نقشه‌ها استفاده شد (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

بنابراین بر اساس نمونه‌های برداشت شده از هر آبراهه حوضه‌های بالا دست هر نمونه در نرم افزار ArcGIS ترسیم شد. ناهنجاری‌ها بر اساس مقدار مجموع میانگین و ضرایبی از انحراف معیار به ۵ یا ۶ دسته تقسیم و بر اساس مقدار ناهنجاری رنگ مورد نظر برای آن تعریف شد. در جدول رنگ‌های به کار رفته بر اساس مقادیر مجموع میانگین و ضرایبی از انحراف معیار نشان داده شده است. همچنین نقشه‌های ناهنجاری در نرم افزار ArcGIS و با استفاده از داده‌های خام و از طریق درون یابی به روش Kriging نیز ترسیم شده‌اند (شکل‌های ۳-۱۴ تا ۳-۲۲) (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳).

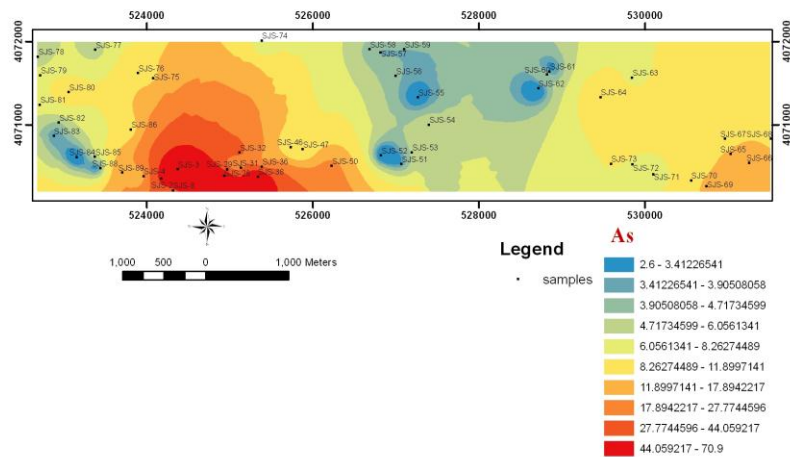




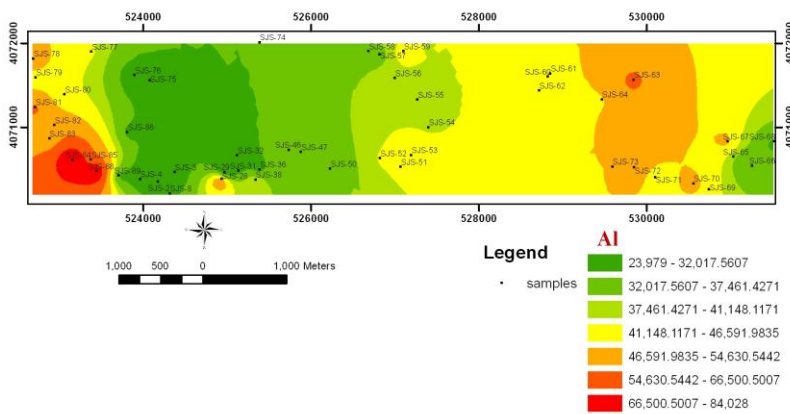
شکل ۵-۱۴: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر مس در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



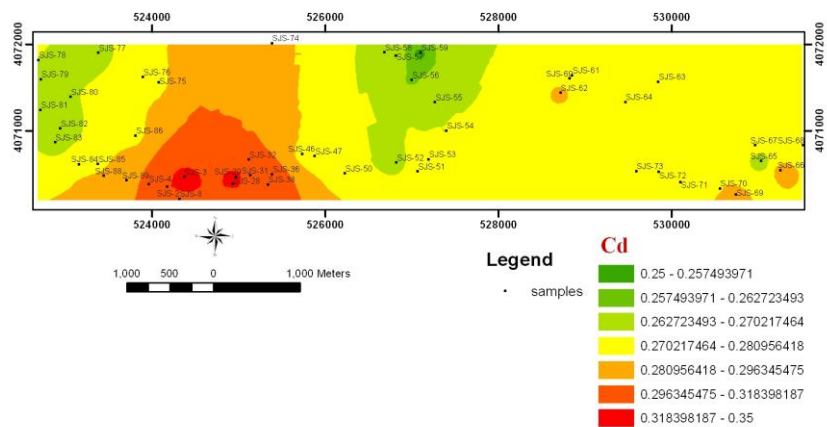
شکل ۵-۱۵: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر نقره در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



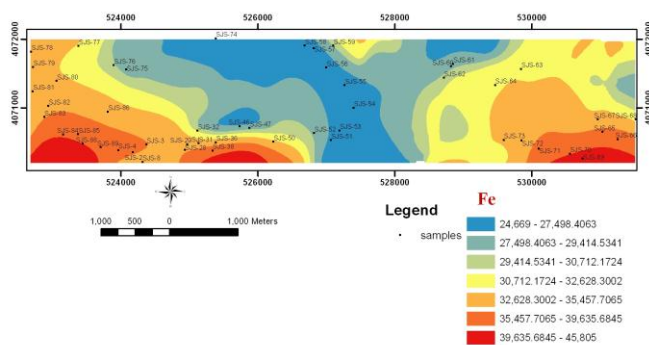
شکل ۵-۱۶: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر آرسنیک در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



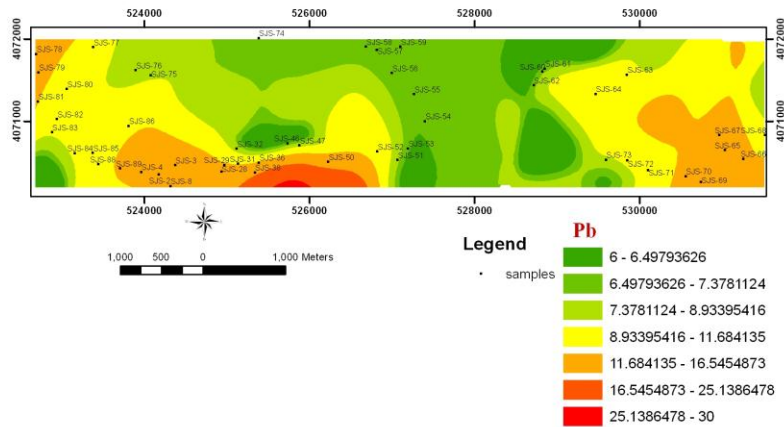
شکل ۵-۱۷: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر آلومینیوم در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



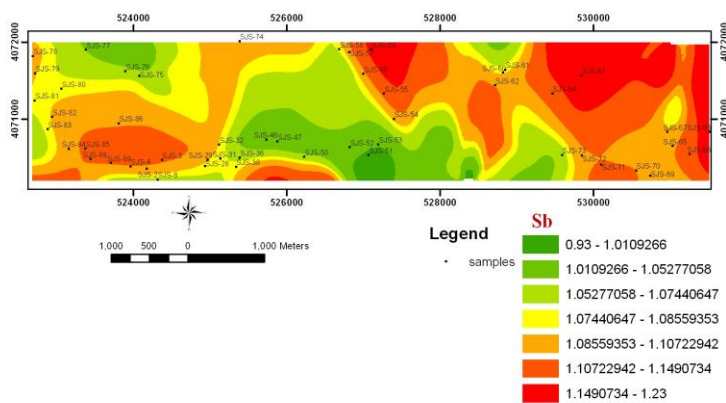
شکل ۵-۱۸: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر کادمیم در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



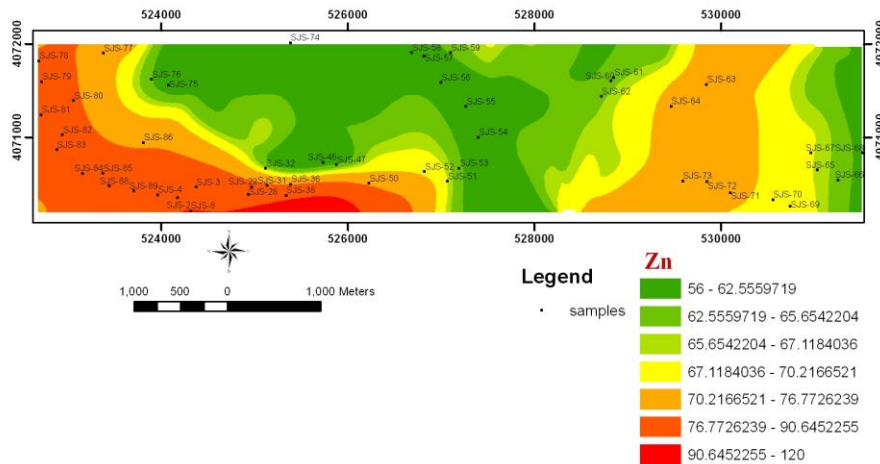
شکل ۵-۱۹: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر آهن در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



شکل ۵-۲۰: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر سرب در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



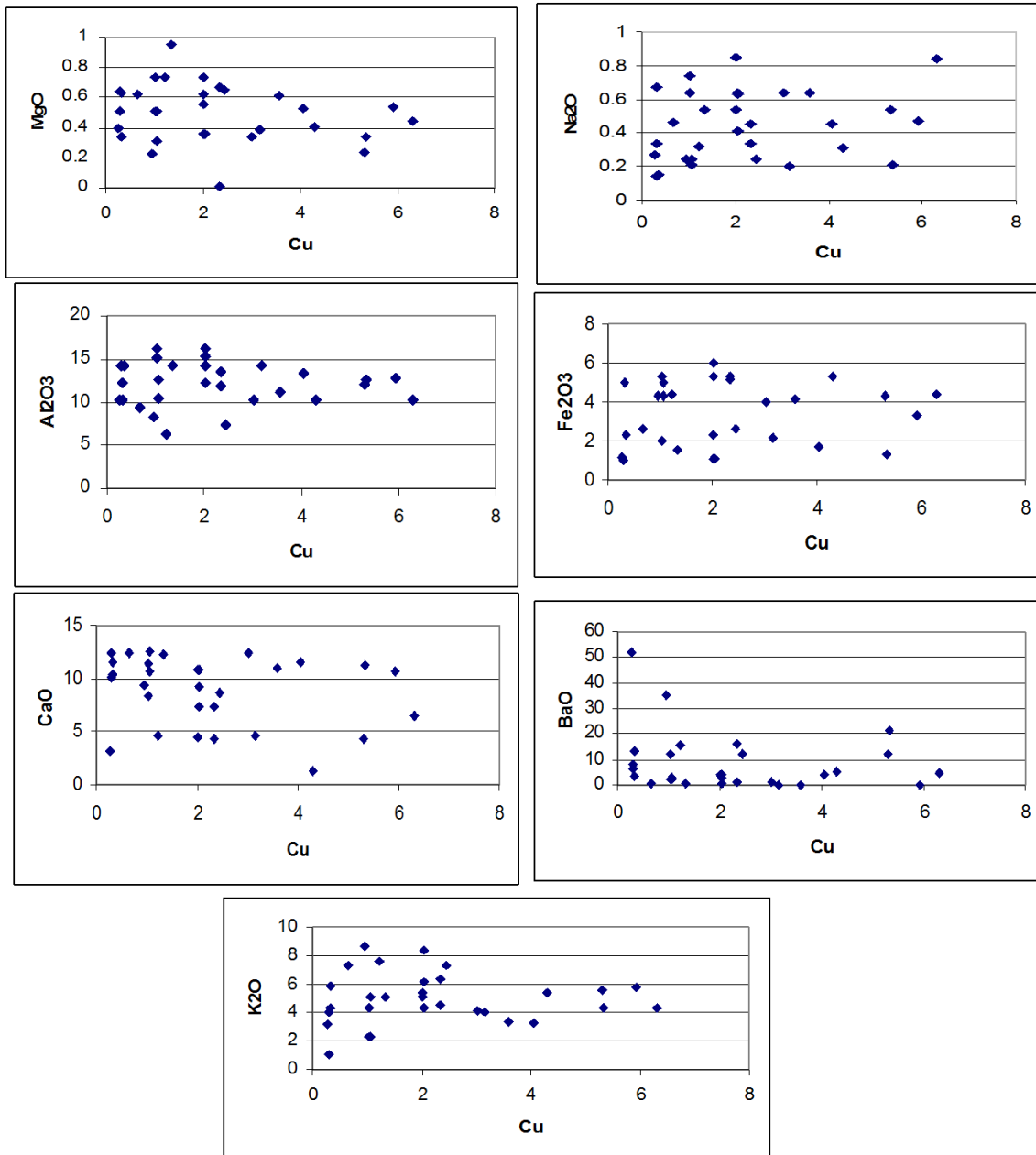
شکل ۵-۲۱: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر آنتیموان در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



شکل ۵-۲۲: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر روی در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده

از مجموع ۱۰۱ داده آنالیز شده مقدار عنصر Cu دارای میانگین (۱۷۵۶ ppm) است. با توجه به شواهد موجود در منطقه نقاط امید بخش و ناهنجاری مس در مرکز منطقه به سمت شمال و شرق محدوده به وضوح قابل مشاهده است و نیازمند انجام عملیات اکتشاف تکمیلی است که شرح فعالیت های مورد نیاز در ادامه و به عنوان پیشنهاد ارائه می گردد.

همچنین در ادامه جهت بررسی ارتباط بین مس و اکسیدهای همراه این رابطه در نمودارهایی مستقل نمایش داده شده اند. همچنین در انتها ضریب همبستگی بین مس و این اکسیدها نمایش داده شده اند (شکل ۳-۲۳). بر اساس این نمودارها بطور مثال مس با اکسید باریم رابطه عکس دارد و با اکسید آلومینیوم و آهن (تقریباً) رابطه مستقیم دارد.



شکل ۵-۲۳: نمودار همبستگی عنصر مس با عناصر اکسیدی (گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳)

## ۵-۶ بررسی‌های آماری چند متغیره

غالب تکنیک‌های چند متغیره در اصل بسط و توسعه آنالیزهای تک متغیره می‌باشند و البته بعضی از روش‌های چند متغیره تنها برای پاسخگویی به مقاصد چند متغیره طراحی شده‌اند که از جمله این روش‌ها می‌توان به آنالیز فاکتوری اشاره کرد. تجربه نشان داده است که چنانچه ترکیبی از متغیرها به جای یک متغیر به کار گرفته شوند و از نتایج ترکیبی آنها استفاده شود، امکان تشخیص هاله‌های مرکب ژئوشیمیایی در اطراف توده‌های کانساری به مراتب افزایش می‌یابد و از طرفی اثرات خطاهای تصادفی در بکارگیری ترکیبی متغیرها نسبتاً کاهش می‌یابد. از دیگر مزایای استفاده از روشهای چند متغیره، کاهش تعداد متغیرها در مباحث داده‌پردازی و در نتیجه کاستن از تعداد نقشه می‌باشد. با استفاده از این روشها امکان مقایسه متغیرها و کسب نتایج راحت‌تر خواهد بود. البته استفاده بهینه از روشهای چند متغیره در حالتی صادق خواهد بود که در پردازش داده‌ها با تعداد زیادی متغیر روبرو باشیم و تا حدودی امکان اخذ نتیجه از متغیرها به گونه منفرد غیر ممکن و یا توأم با خطای زیاد باشد. روش‌های رایج در آمار چند متغیره شامل: روش تحلیل مؤلفه اصلی<sup>۱</sup> (PCA)، تحلیل فاکتوری<sup>۲</sup>، تحلیل تفریقی، تحلیل خوشه‌ای، رگرسیون چندگانه و تحلیل ویژگی است. در این قسمت، روش‌های تحلیل مؤلفه اصلی و تحلیل خوشه‌ای موردبررسی قرار می‌گیرد.

### ۵-۶-۱ تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

شناخت ارتباط و همبستگی ژنتیکی متقابل بین عناصر مختلف می‌تواند در شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی به کار گرفته شود. ضمناً تجمع ژنتیکی بعضی از عناصر ممکن است به عنوان راهنمای مستقیم در تفسیر نوع نهشته‌ای که احتمالاً در ناحیه وجود دارد، به کار رود. آنالیز خوشه‌ای یک روش آماری چند متغیره است که عناصر را بر اساس شباهت تغییرپذیری

---

<sup>۱</sup>.Principal Component Analysis

<sup>۲</sup>.Factor Analysis

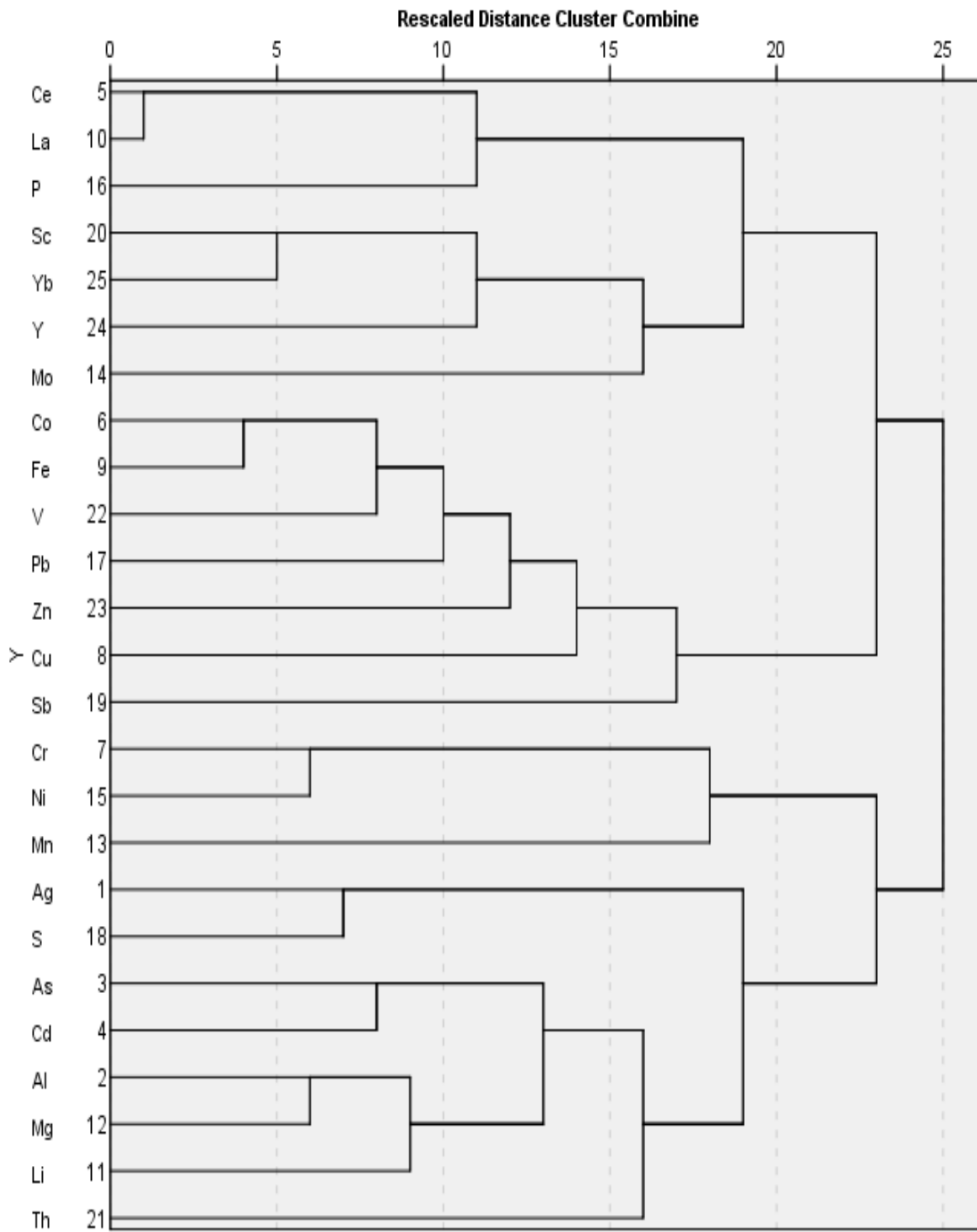
بین آنها در قالب دسته‌ها یا گروه‌هایی طبقه‌بندی می‌کند. البته باید توجه داشت که آنالیز خوشه‌ای می‌تواند گروه‌های غیر قابل انتظاری را نیز ایجاد نماید که بیانگر روابط جدیدی خواهند بود و باید مورد بررسی قرار گیرند. در روش آنالیز خوشه‌ای از داده‌های خام نرمال استفاده شده است تا اثر مقادیر غیر همساز از جامعه اصلی و نیز اثر تغییر مقیاس داده‌ها از میان برود. در این آنالیز می‌توان نمونه‌ها یا متغیرها را در کلاس‌هایی گروه‌بندی نمود که متغیرهای مشابه در یک کلاس قرار گیرند. این روش باید کاملاً عددی باشد و تعداد کلاس‌های آن مشخص نباشد. آنالیز خوشه‌ای بنا به دلایل زیادی امروزه در مبحث تجزیه و تحلیل داده‌ها کاربرد دارد، از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- تجزیه خوشه‌ای می‌تواند در پیدا کردن گروه‌های واقعی مؤثر باشد.
  - ۲- تجزیه خوشه‌ای می‌تواند برای کاهش داده‌ها مفید واقع گردد.
  - ۳- تجزیه خوشه‌ای می‌تواند گروه‌های غیر قابل انتظاری را ایجاد نماید و در این صورت نتایج حاصل، بیانگر روابط جدیدی خواهد بود که باید مورد بررسی قرار گیرد.
- در پردازش داده‌های این منطقه از آنالیز خوشه‌ای نوع  $R$  بر روی متغیرها استفاده شده است. در این روش رابطه ساختار بین متغیرها مورد توجه قرار می‌گیرد. اساس این روش‌ها بر مبنای تشخیص نسبی گروه‌های همگن از متغیرها یا نمونه‌ها بر اساس ویژگی‌های انتخاب شده و با استفاده از یک الگوریتم مناسب بنا نهاده شده است. در این روش، ابتدا هر متغیر یا نمونه در یک خوشه جداگانه قرار گرفته و سپس با ترکیب خوشه‌ها در نهایت به یک خوشه واحد متصل می‌گردد. نتیجه آنالیز خوشه‌ای منطقه مورد مطالعه به صورت یک نمودار درختی ارائه شده است (شکل ۳-۲۴). با توجه به نمودار درختی گروه‌های اصلی زیر را می‌توان جدا نمود. گروه اول: این گروه از دو شاخه تشکیل شده است. در شاخه اول عناصر سزیم، لانتانیم و فسفر با قرابت بالا در حدود ۱ تا ۴ با یکدیگر قرار دارند و عنصر استرانسیم در شاخه دوم با ضریب پائین تر (حدود ۶) به آنها متصل شده



است. گروه دوم: عناصر کبالت، آهن، وانادیم، سرب، روی، مس با ضریب انطباقی نسبتاً بالا با یکدیگر قرار دارند و عنصر آنتیموان با انطباق پائینی (حدود ۱۷) به آنها متصل شده است. گروه سوم: در این گروه سه عنصر کروم، نیکل و منگنز در کنار همدیگر قرار گرفته اند. گروه چهارم از دو شاخه مجزا تشکیل شده است. در شاخه اول عناصر نقره و سولفور و در شاخه دوم آلومینیوم، منیزیم و لیتیوم قرار دارند. عنصر توریم با کمی فاصله از این عناصر در شاخه با انطباق تقریبی ۱۵ قرار دارد.

### Dendrogram using Average Linkage (Within Groups)



شکل ۵-۲۴: نمودار دندروگرام خوشه‌ای عناصر

## ۵-۶-۲ تجزیه و تحلیل مولفه‌ی اصلی (PCA)

تجزیه به عامل‌ها شامل آنالیز مولفه‌ها (Component Analysis) و آنالیز فاکتوری عادی، یک روش آماری است که در شناخت روابط مابین تعداد زیادی از متغیرها کاربرد دارد. این روش متغیرها را بر اساس ابعاد مشترک آنها (فاکتورها) توضیح می‌دهد. هدف در تجزیه عاملها مشخص ساختن متغیرهای اضافی بوسیله تعداد کمتر عامل‌هاست که راهی برای فشردگی و خلاصه کردن اطلاعات بدست می‌دهد. در این پروژه برای ساخت متغیرهای مرکب و تعیین عناصر پارائز و همراه با یکدیگر، از روش تجزیه به عاملها استفاده شده است. نتیجه به‌کارگیری این روش معمولاً شاخص‌های کمتر و متغیرهای جدید است که تشریح‌کننده تغییراتی بوده و می‌توانند به خصوصیات ژئوشیمی-زمین-شناسی گره بخورند. با نگاهی به فاکتورهای زمین‌شناسی برای انتخاب مجموعه داده‌ها، روش آنالیز مؤلفه اصلی قادر است عناصر وابسته به محیط را مشخص کند. این آنالیز، مبتنی بر بردارهای ویژه و مقادیر ویژه است. برای نیل به این هدف ابتدا پارامترهای آماری شامل: مقادیر ویژه، واریانس و واریانس تجمعی هر مولفه، همراه با مقادیر مشارکت هر مولفه محاسبه و نتایج آن آورده شده است.

## ۵-۶-۱ استخراج مؤلفه‌های اصلی

پس از محاسبه ماتریس همبستگی که در بخش آنالیز دومتغیره ذکر گردید، اوزان محاسبه‌شده و مؤلفه‌ها استخراج می‌گردند و باید با استفاده از معیارهای مقدار واریانس تجمعی، مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک و اسکری پلوت<sup>۱</sup> انتخاب گردند (جدول ۳-۹). برای نشان دادن مقادیر ویژه نسبت به تعداد مولفه‌ها نمودار صخره‌ای مقادیر ویژه نیز ترسیم گردیده است (شکل ۳-۲۵). با توجه به جدول (۳-۹)، در ستون Component عناصر قرار گرفته‌اند. ستون Total حاوی مقادیر ویژه، ستون variance میزان درصد تغییراتی که توسط هر یک از مؤلفه‌ها قابل توجیه است و در ستون Cumulative میزان درصد تجمعی تغییرات آورده شده است. با توجه به جدول ۳-۹ بیشترین مقدار ویژه در ارتباط با مؤلفه

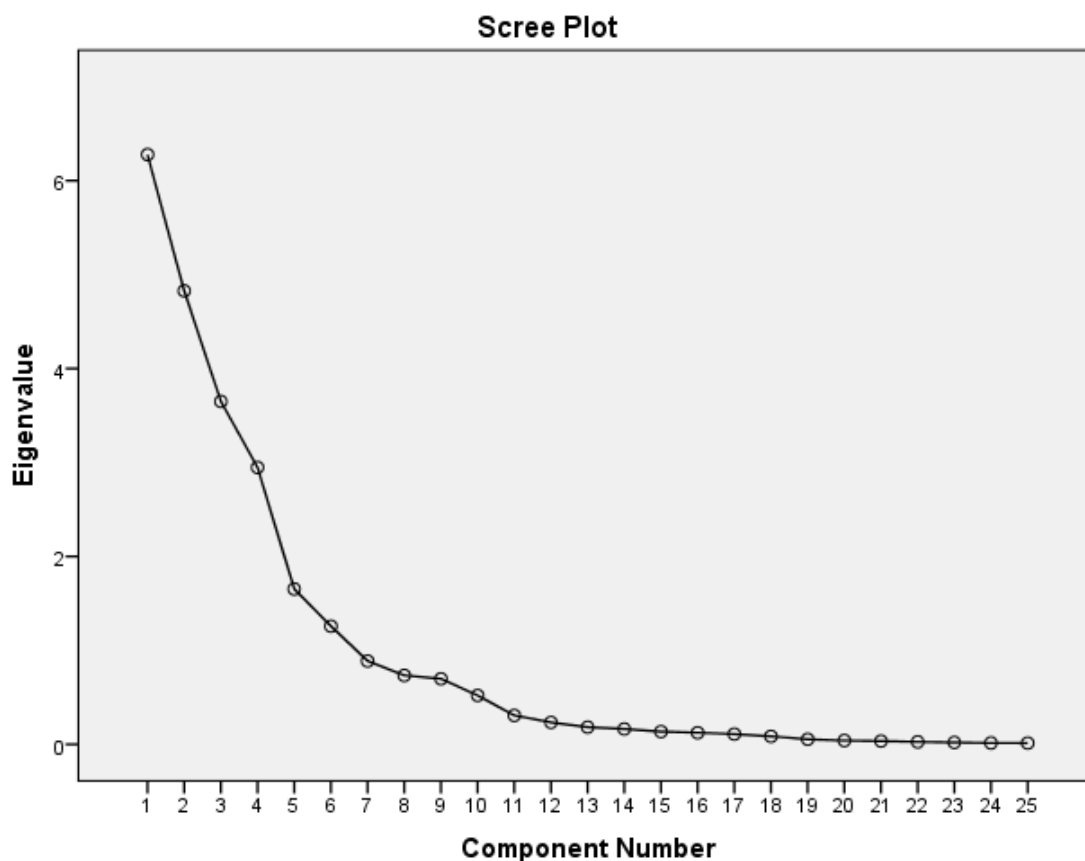
<sup>۱</sup>.Scree Plot

اول و برابر ۶/۲۷ و کمترین آن مربوط به مولفه بیستم و مساوی ۰/۰۱۳ می باشد. حد اعتبار بکارگیری مقادیر ویژه در این منطقه ۱/۲۵ محاسبه شده و از آن برای تعیین مولفه های اصلی استفاده گردیده است. از طرفی با توجه به نمودار اسکری پلات، بعد از ششمین مولفه، شکستی بین مولفه ها بوجود آمده است که این شکست برای انتخاب مؤلفه های اصلی بکار گرفته می شود. یعنی از سری داده ها، مولفه اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم با توجه به این نمودار بعنوان مولفه اصلی انتخاب و معرفی می شوند. مقدار واریانس برای مولفه اول ۲۵/۱۱ درصد، برای مولفه دوم ۱۹/۳۰۷، برای مولفه سوم ۱۴/۵۹ درصد، برای مولفه چهارم ۱۱/۷۸ درصد، مؤلفه پنجم ۶/۶ و مؤلفه ششم ۵/۰۳ درصد می باشد. با توجه به مقادیر ویژه بالای ۱/۳۳۸ بهتر است شش مولفه اول بعنوان مولفه انتخابی برگزیده شوند. (مؤلفه های اصلی با  $Eigen\ value > 1$  و توسط نرم افزار انتخاب گردیده است). این شش مولفه در حدود ۸۲/۴۵ درصد واریانس و تغییرات عمومی محیط ژئوشیمیایی مورد مطالعه را پوشش می دهند.

جدول ۵-۹: فاکتورهای استخراج شده و درصد واریانس توجیه شده توسط هر کدام از آنها

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 %
1	6.278	25.110	25.110	6.278	25.110	25.110	5.515	22.060	22.060
2	4.827	19.307	44.418	4.827	19.307	44.418	4.245	16.982	39.042
3	3.650	14.599	59.017	3.650	14.599	59.017	3.291	13.164	52.206
4	2.947	11.788	70.805	2.947	11.788	70.805	3.247	12.988	65.194
5	1.654	6.615	77.419	1.654	6.615	77.419	2.431	9.725	74.919
6	1.258	5.032	82.451	1.258	5.032	82.451	1.883	7.532	82.451
7	.887	3.548	85.999						
8	.734	2.936	88.935						
9	.698	2.793	91.728						
10	.521	2.082	93.811						
11	.308	1.232	95.043						
12	.233	.934	95.977						
13	.183	.732	96.709						
14	.163	.654	97.362						
15	.136	.543	97.906						
16	.124	.496	98.402						
17	.109	.438	98.839						
18	.086	.342	99.182						
19	.054	.217	99.398						
20	.040	.162	99.560						
21	.035	.141	99.701						
22	.027	.106	99.807						
23	.020	.081	99.888						
24	.015	.059	99.947						
25	.013	.053	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.



شکل ۵-۲۵: نمودار اسکری پلوت داده‌های استخراج شده

بیشترین مشارکت عناصر در ارتباط با عنصر سزیم می باشد که  $0.948$  و به ترتیب عناصر منیزیم، منگنز، کبالت، وانادیم، روی، آهن، مس، پتاسیم، مولیبدن، اسکاندیم، نیکل، تیتانیم، کلسیم، باریم، سرب، کروم، آرسنیک و گوگرد در مراحل بعدی می باشند. بعد از انتخاب شش مولفه اول، مقادیر خام هر مولفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مؤلفه و ضرایب امتیازی هر مولفه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول ۳-۱۱ به نمایش در آمده است. مقادیر خام تحت بردار خاص واریمکس (Varimax) قرار گرفته اند که این بردار در اثر چرخش محورها بیشترین واریانس را برای هر مولفه محاسبه می نماید. مقادیر عددی چرخش یافته بالای  $0.5$  در هر مولفه چرخش یافته (Rotated Component) ملاک انتخاب هر فاکتور می باشد. مقادیر کمتر از  $0.5$  از سطح اعتماد غیر قابل اطمینانی برخوردارند. بنابراین فاکتور اول شامل عناصر سرب، وانادیم، فسفر، کبالت، روی، مس و آهن فاکتور دوم در برگیرنده عناصر آرسنیک و کادمیم، فاکتور سوم اسکاندینیک و ایتربییم، فاکتور

چهارم شامل سزیم و لانتانیم، فاکتور پنجم کروم و نیکل و فاکتور ششم شامل منگنز و ایتریم می باشد. در مرکز محدوده علاوه بر بررسی پارامترهای آماری و نتایج آنالیز فاکتوری که در بالا مفصلاً بحث شد نقشه فاکتوری نیز به روش تخمین شبکه ای ترسیم گردید.

جدول ۵-۱۰: جدول درصد تغییرپذیری توجیه شده توسط هر کدام از عناصر

Communalities		
	Initial	Extraction
Ag	1.000	.686
Al	1.000	.945
As	1.000	.838
Cd	1.000	.857
Ce	1.000	.948
Co	1.000	.886
Cr	1.000	.862
Cu	1.000	.729
Fe	1.000	.885
La	1.000	.948
Li	1.000	.788
Mg	1.000	.869
Mn	1.000	.870
Mo	1.000	.804
Ni	1.000	.918
P	1.000	.750
Pb	1.000	.708
S	1.000	.748
Sb	1.000	.475
Sc	1.000	.928
Th	1.000	.829
V	1.000	.782
Y	1.000	.918
Yb	1.000	.903
Zn	1.000	.737

Extraction Method: Principal  
Component Analysis.

مقادیر این ماتریس در حقیقت بار مؤلفه‌ها بر روی متغیرها است. در جدول ترسیم شده (جدول ۳-۱۱)، ماتریس فاکتورهای دوران نیافته مشاهده می‌شود که شامل عناصر و فاکتورهای انتخاب‌شده است. این جدول مقدار تغییرپذیری هرکدام از عناصر به ازای هر یک از مؤلفه‌های انتخابی را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال فاکتور ۱، ۸۳٪ تغییرپذیری عنصر آهن را نشان می‌دهد که مشخص می‌کند این فاکتور نقش بسیار بالایی در توجیه تغییرپذیری این عنصر دارد. این ماتریس بهترین ترکیب خطی از فاکتورها را برای عناصر As, Cd, Co, Cu, Fe, P, Pb, V, Zn نشان می‌دهد که این عناصر قسمت عمده‌ای از تغییرپذیری‌ها را در بر می‌گیرند و بیانگر عناصر سنگ‌ساز و کانی‌ساز و در منطقه هستند.

جدول ۵-۱۱: ماتریس دوران نیافته مؤلفه‌های انتخابی

Component Matrix <sup>a</sup>						
	Component					
	1	2	3	4	5	6
Ag	.343	-.599	.282	-.297	.189	.080
Al	.060	.896	.289	-.099	.205	-.047
As	.607	-.529	-.212	.131	-.307	-.183
Cd	.655	-.283	-.457	-.058	-.268	-.252
Ce	.439	.625	-.177	.206	-.468	.268
Co	.784	.108	.397	.068	.295	-.102
Cr	.174	-.261	-.128	.758	.160	-.384
Cu	.517	.441	.483	-.153	-.063	-.077
Fe	.832	.054	.317	-.187	.225	-.066
La	.305	.669	-.146	.259	-.498	.264
Li	-.330	.649	.406	.020	.290	-.093
Mg	-.118	.855	.105	.247	.219	-.064
Mn	.027	-.338	-.386	.336	.562	.420
Mo	.246	.044	.683	.404	-.236	.236
Ni	.025	-.058	.018	.928	.170	-.154
P	.791	.246	-.166	.099	-.108	-.120
Pb	.725	-.135	.390	.079	.028	.073
S	.209	-.690	.461	-.093	-.011	.086
Sb	.309	-.118	.217	-.256	.180	.469
Sc	.508	.160	-.687	-.366	.126	-.153
Th	.524	-.404	.201	.476	-.099	.338
V	.743	.136	.031	-.452	.082	.000
Y	.243	.259	-.697	.349	.292	.315
Yb	.529	.223	-.663	-.266	.192	.161
Zn	.754	.151	.063	.186	.207	-.253

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 6 components extracted.

## ۵-۶-۲-۳ دوران فاکتورها

چرخش عامل‌ها فرایندی برای تعدیل محور عاملی به منظور دستیابی به عامل‌های معنی‌دار ساده انجام می‌گیرد. ساده‌ترین حالت دوران، یک دوران متعامد است که محورهای جدید باهم زاویه ۹۰ درجه می‌سازند. در حالتی که دوران باعث شود تغییر زاویه کمتر از ۹۰ درجه باشد، دوران صورت گرفته را مورب گویند. دوران واریمکس یک دوران متعامد است که روی بارهای فاکتوری صورت می‌گیرد. این دوران تغییرات مربعات عناصر ستون بارهای فاکتوری را ماکزیمم می‌کند. مقادیر بار فاکتوری دوران واریمکس نسبت به روش‌های دیگر دربردارنده نتایج بهتری است. این روش مقادیر نسبتاً بزرگ عددی یا صفر به ستون‌های ماتریس ضرایب عامل‌ها اختصاص می‌دهد. در نتیجه فاکتورهایی که ایجاد می‌شوند، یا به متغیرها وابسته‌اند و یا مستقل از آن‌ها هستند. در جدول ماتریس دوران واریمکس داده‌ها نشان داده شده است (جدول ۳-۱۲). با توجه به این جدول می‌توان بهترین ترکیب خطی از متغیرها را برای هر فاکتور انتخاب کرد. چنانچه ملاحظه می‌شود بارهای فاکتوری از نظر قدر مطلق به صفر و یک نزدیک‌تر شده‌اند و این نشان می‌دهد که دوران واریمکس در مورد داده‌ها موفق عمل کرده است. پس از دوران فاکتورها، به منظور محاسبه امتیازات فاکتوری همه مشاهدات، ضرایب فاکتوری محاسبه گردیده است. نتایج ضرایب فاکتوری در جدول (۳-۱۰) آورده شده است. برای محاسبه ضرایب فاکتوری از روش رگرسیون استفاده شده است. فضای سه‌بعدی دوران یافته متغیرها در شکل نشان داده شده است (شکل ۳-۲۶). بر اساس نتایج بدست آمده بهترین ترکیب خطی عناصر به ازای دوران مؤلفه‌های استخراج شده به صورت زیر است:

مؤلفه‌ی اول: Co, Cu, Fe, P, Pb, V, Zn

مؤلفه‌ی دوم: As, Cd

مؤلفه‌ی سوم: Sc, Yb

مؤلفه‌ی چهارم: Ce, La



مؤلفه‌ی پنجم: Cr,Ni

مؤلفه‌ی ششم: Mn,Y

جدول ۵-۱۲: ماتریس دوران یافته مؤلفه‌های انتخابی

**Rotated Component Matrix<sup>a</sup>**

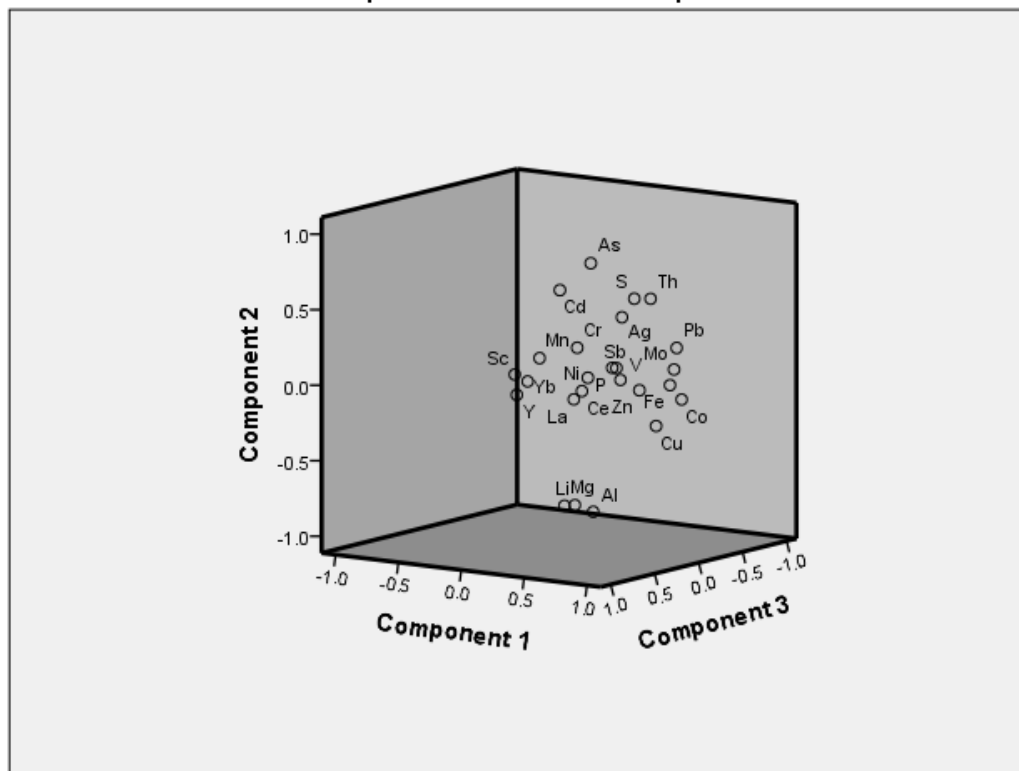
	Component					
	1	2	3	4	5	6
Ag	.402	.422	-.140	-.499	-.259	.097
Al	.320	-.844	.068	.297	-.115	-.155
As	.328	<b>.808</b>	.108	.075	.238	-.057
Cd	.330	<b>.682</b>	.463	.192	.149	-.098
Ce	.223	-.056	.059	<b>.943</b>	-.042	.001
Co	<b>.929</b>	-.059	-.066	-.013	.106	.057
Cr	.109	.204	-.050	-.062	<b>.882</b>	.156
Cu	<b>.687</b>	-.266	-.122	.241	-.170	-.291
Fe	<b>.929</b>	.056	.066	-.033	-.116	-.001
La	.112	-.131	-.007	<b>.957</b>	-.011	-.029
Li	.017	-.862	-.155	-.010	.007	-.141
Mg	.073	-.832	.043	.359	.200	-.005
Mn	-.087	.136	.097	-.196	.186	<b>.872</b>
Mo	.375	-.017	-.771	.250	.074	-.028
Ni	.024	-.039	-.293	.092	<b>.860</b>	.287
P	<b>.633</b>	.174	.299	.452	.159	-.016
Pb	<b>.764</b>	.241	-.246	.047	-.005	.063
S	.283	.488	-.451	-.452	-.147	.000
Sb	.351	.079	-.150	-.077	-.460	.323
Sc	.265	.177	<b>.883</b>	.173	-.098	.084
Th	.403	.498	-.464	.159	.191	.376
V	<b>.724</b>	.109	.336	.089	-.351	-.052
Y	-.012	-.046	.463	.417	.235	<b>.688</b>
Yb	.276	.113	<b>.752</b>	.296	-.188	.355
Zn	<b>.766</b>	.022	.180	.128	.316	.035

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 11 iterations.

Component Plot in Rotated Space

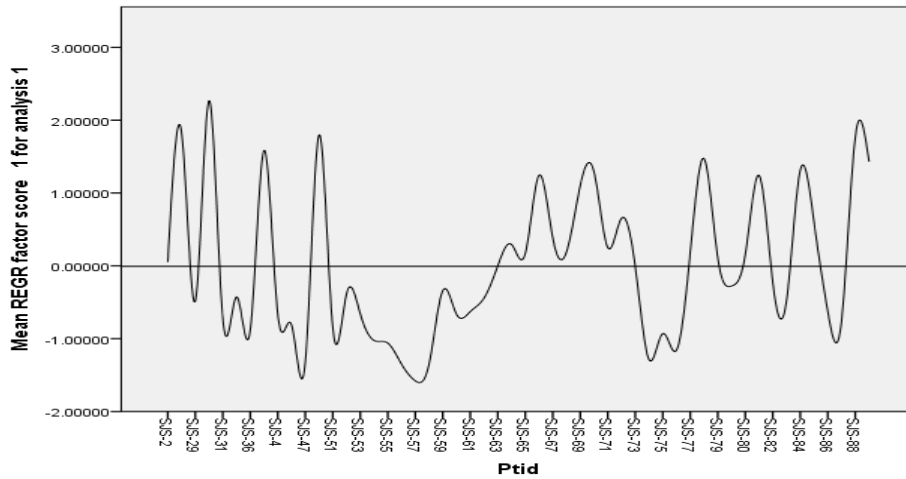


شکل ۵-۲۶: تصویر سه‌بعدی از فضای دوران یافته متغیرها

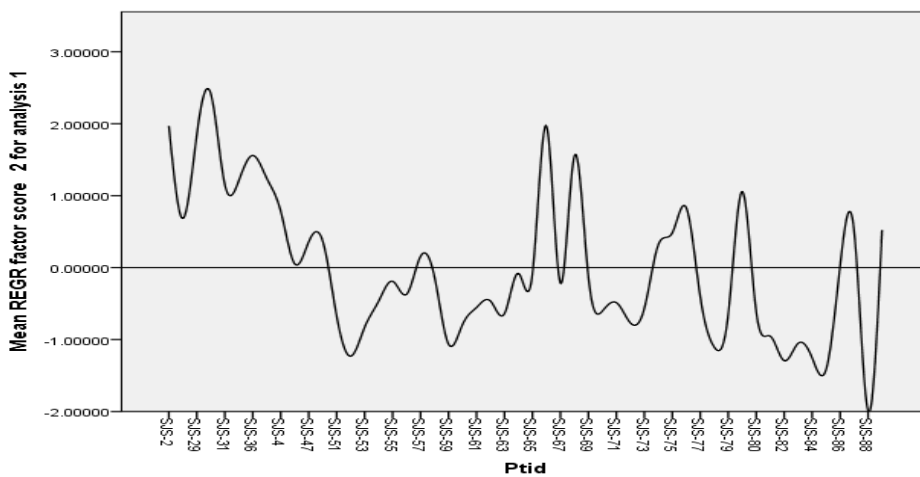
#### ۴-۲-۶-۵ محاسبه امتیازات فاکتوری

برای محاسبات امتیازات فاکتوری، مقدار عددی هر یک از مؤلفه‌ها در هر یک از نقاط برداشت نمونه به روش رگرسیون<sup>۱</sup> محاسبه گردید. نمودار امتیازات فاکتوری مؤلفه‌های استخراجی ۱ تا ۶، در محل-های نمونه‌برداری شده ترسیم شده است (شکل‌های ۳-۲۷ تا ۳-۳۲). بر طبق این نمودارها، نقاطی که دارای بیشترین امتیازدهی مؤلفه‌های انتخابی می‌باشند تعیین می‌شوند. با توجه به بهترین ترکیب خطی ذکر شده از عناصر برای هر مؤلفه و بهترین نقاط امتیازدهی شده توسط این مؤلفه‌ها، ارتباط بین عناصر و نقاط نمونه‌برداری قابل تفسیر و به‌عنوان راهنمای اکتشافی معرفی می‌گردند.

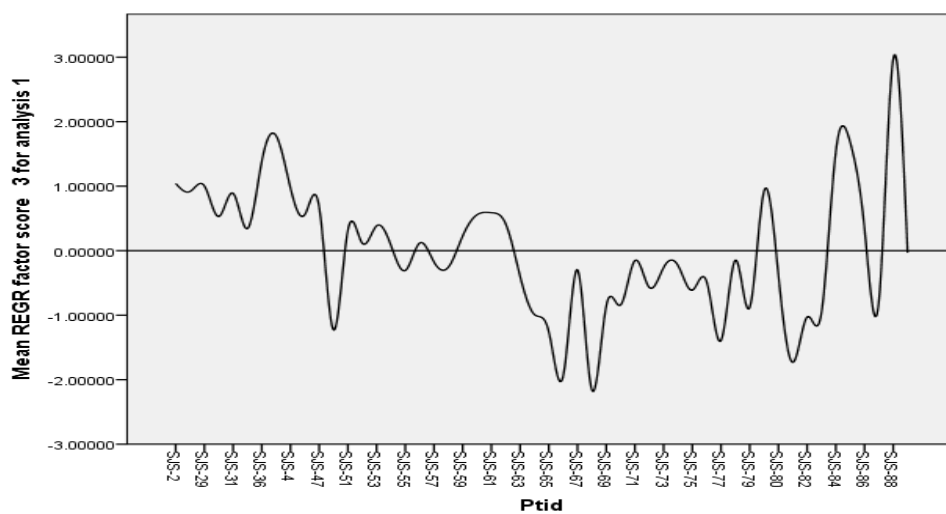
<sup>۱</sup>.Regression



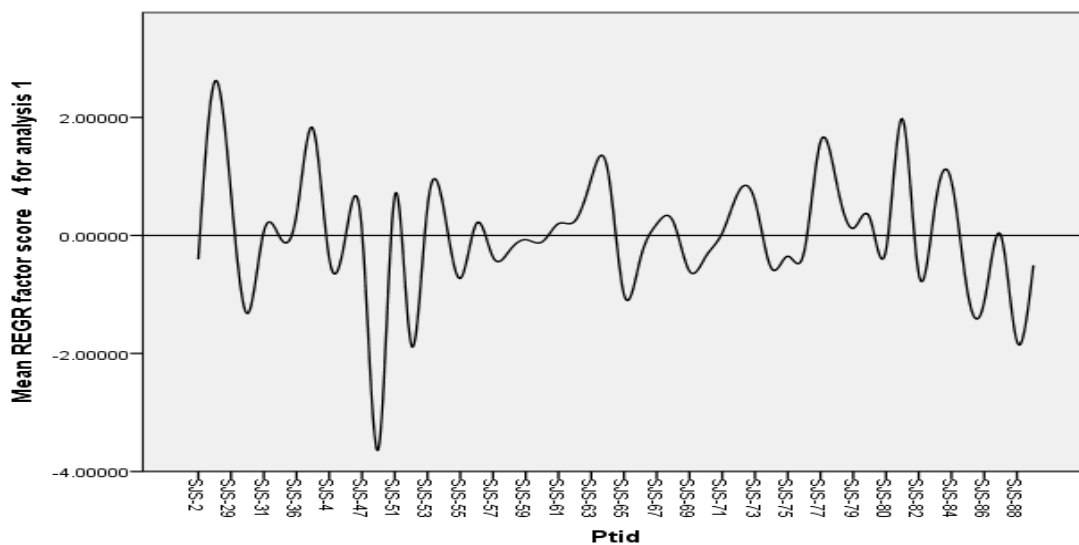
شکل ۵-۲۷: نمودار امتیازات فاکتور اول در محل برداشت نمونه‌ها



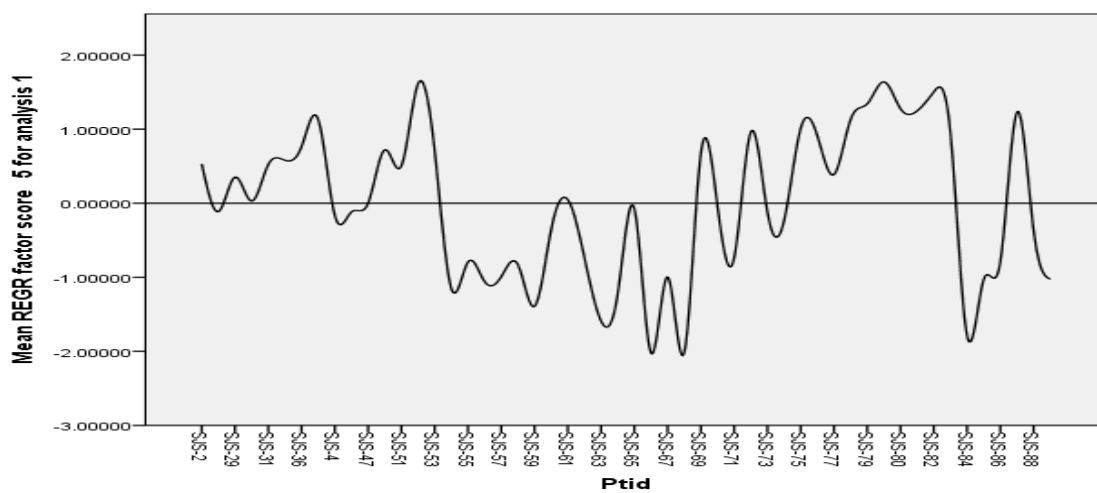
شکل ۵-۲۸: نمودار امتیازات فاکتور دوم در محل برداشت نمونه‌ها



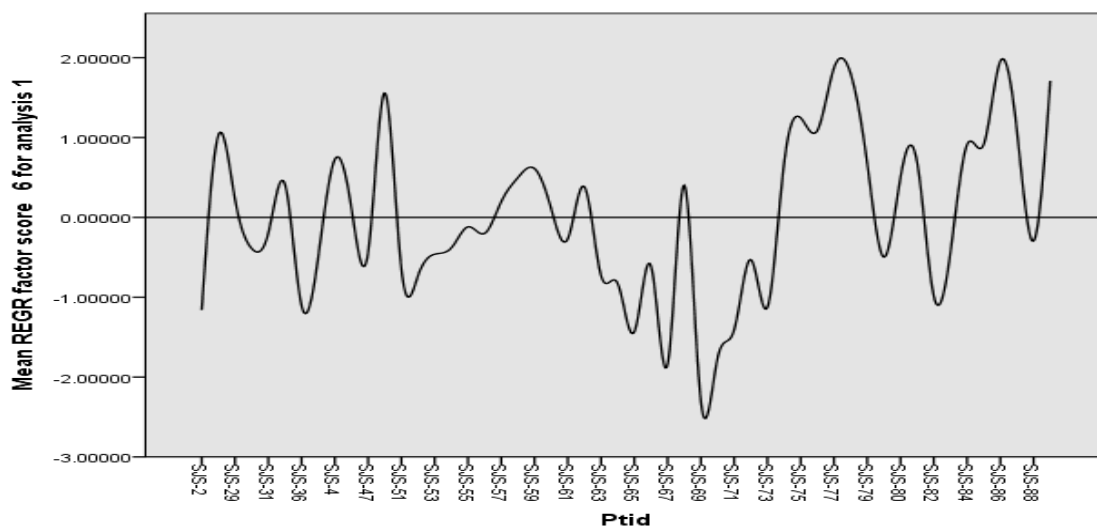
شکل ۵-۲۹: نمودار امتیازات فاکتور سوم در محل برداشت نمونه‌ها



شکل ۵-۳۰: نمودار امتیازات فاکتور چهارم در محل برداشت نمونه‌ها



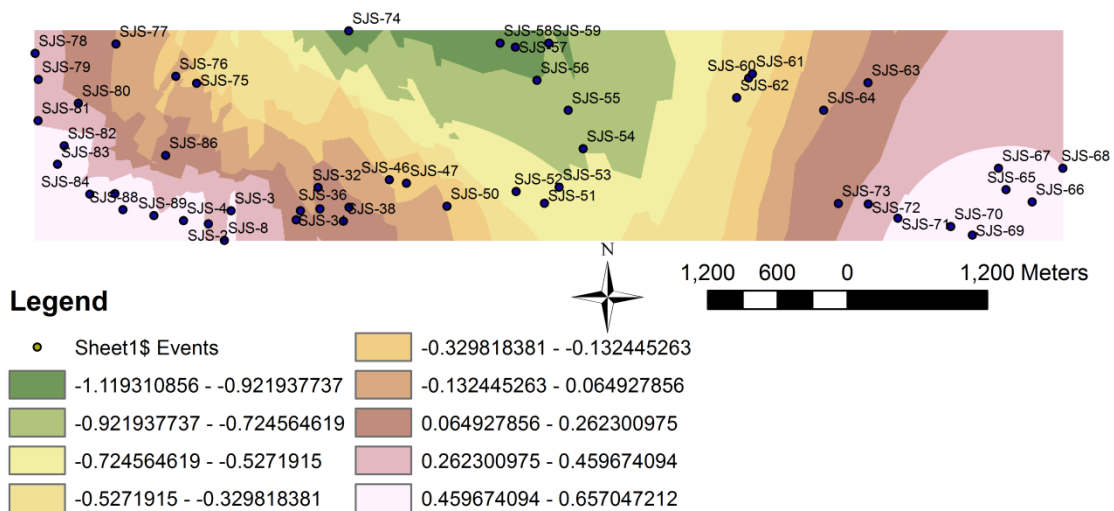
شکل ۵-۳۱: نمودار امتیازات فاکتور پنجم در محل برداشت نمونه‌ها



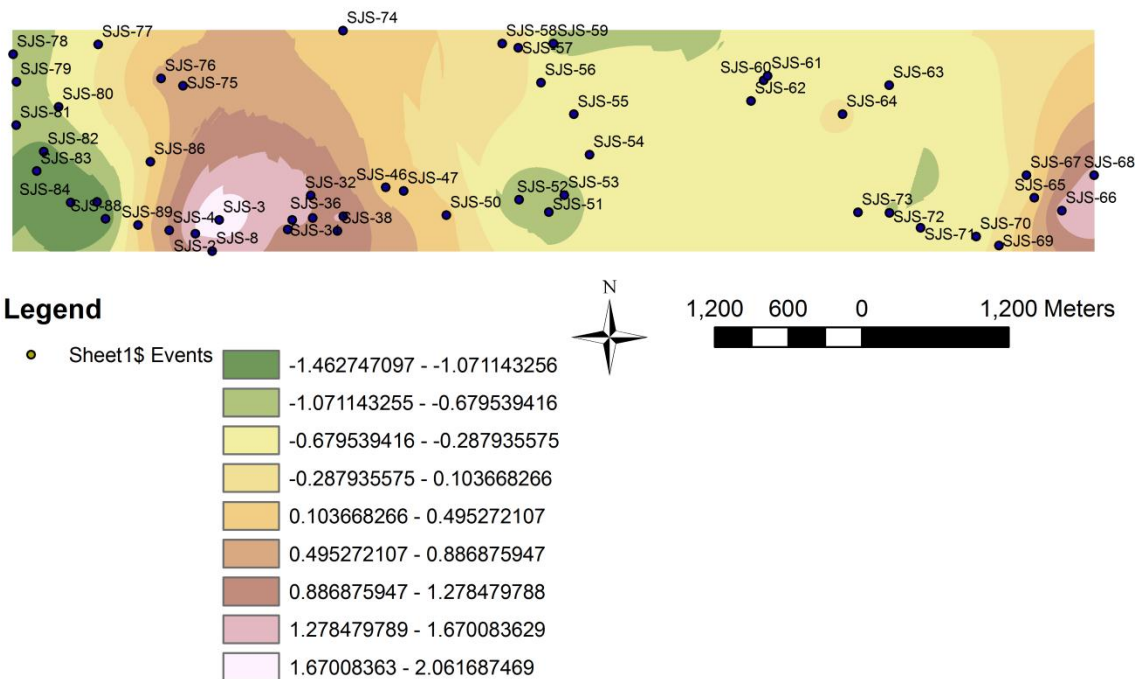
شکل ۵-۳۲: نمودار امتیازات فاکتور ششم در محل برداشت نمونه‌ها

## ۵-۲-۶-۵ تهیه نقشه امتیازدهی مؤلفه‌ها

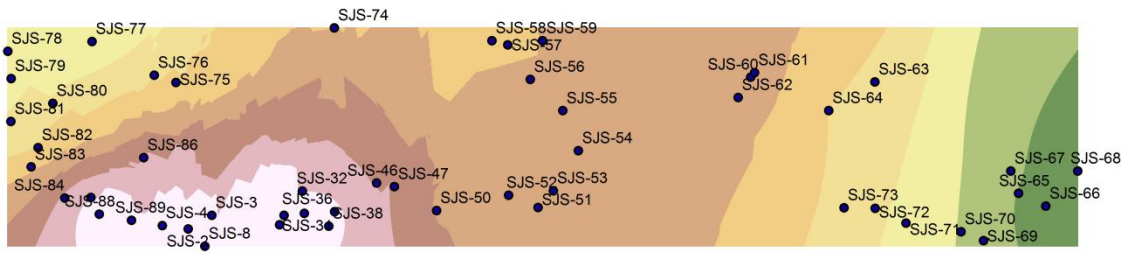
این نقشه‌ها بر اساس امتیازدهی فاکتورهای استخراج‌شده بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اساسی ترسیم شده است. بر طبق نقشه امتیازات فاکتوری، مشاهده می‌شود که بعضی از فاکتورها مناطق آنومالی مطلوبی را نشان داده‌اند.



شکل ۱: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه اول



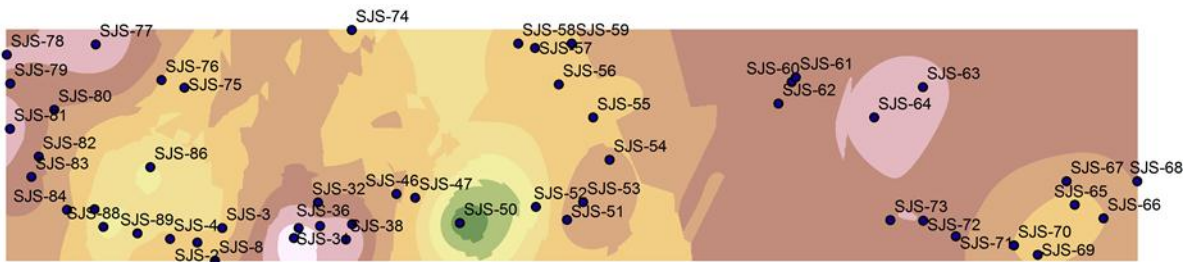
شکل ۲: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه دوم



**Legend**

● Sheet1\$ Events		-1.337913513 - -1.072802981
		-1.07280298 - -0.807692448
		-0.807692448 - -0.542581916
		-0.542581916 - -0.277471383
		-0.277471383 - -0.012360851
		-0.012360851 - 0.252749682
		0.252749682 - 0.517860214
		0.517860214 - 0.782970746
		0.782970746 - 1.048081279

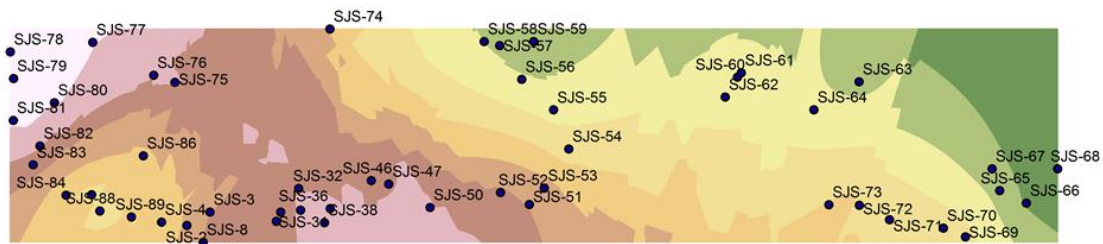
شکل ۳: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه ی سوم



**Legend**

● Sheet1\$ Events		-1.775547862 - -1.457178685
		-1.457178684 - -1.138809509
		-1.138809508 - -0.820440332
		-0.820440332 - -0.502071155
		-0.502071155 - -0.183701979
		-0.183701979 - 0.134667198
		0.134667198 - 0.453036375
		0.453036375 - 0.771405551
		0.771405551 - 1.089774728

شکل ۴: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه ی چهارم



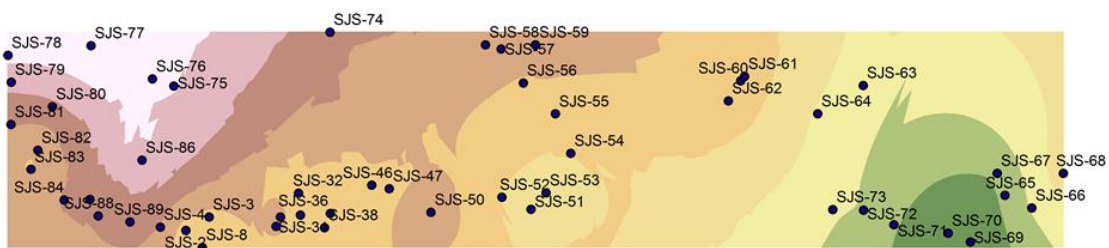
**Legend**



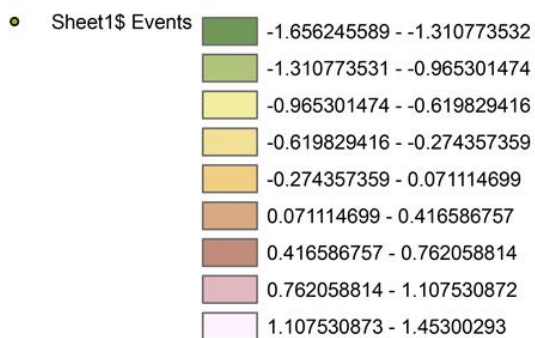
1,200 600 0 1,200 Meters



شکل ۵: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه ی پنجم



**Legend**



1,200 600 0 1,200 Meters



شکل ۶: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه ی ششم

## ۳-۶-۵ جمع‌بندی

با توجه به بررسی نقشه‌های تک عنصری و چند عنصری و نتایج حاصل از آنالیزهای مؤلفه‌ی اصلی و محاسبه امتیازات هر مؤلفه و تحلیل خوشه‌ای، ۴ محدوده امیدبخش مس دار در منطقه جهت انجام اکتشافات تفصیلی‌تر مشخص شده است که محدوده‌ی اول در قسمت غرب منطقه و دو محدوده‌ی در قسمت شرقی منطقه و یک محدوده در قسمت مرکزی واقع شده‌اند.





## فصل چهارم

کاربرد روش زونالیته ژئوشیمیایی در شناسایی

آنومالی‌های پنهان

تجربه نشان داده است که اگر ترکیبی از مقادیر یک گروه از عناصر معرف به جای مقدار یک عنصر خاص بکار گرفته شوند، هاله‌های ژئوشیمیایی در اطراف توده‌های کانساری بهتر مشخص می‌گردند. این ترکیب مقادیر به روش‌های ترکیب جمعی و ترکیب ضربی صورت می‌پذیرد. در مقایسه با هاله‌های یک عنصری، هاله‌های مرکب جمعی<sup>۱</sup>، به مراتب بزرگ‌تر و چشم‌گیرترند. اگر بجای جمع مقادیر، آن‌ها را در یکدیگر ضرب کنیم، هاله‌های مرکب ضربی<sup>۲</sup> حاصل می‌شوند که نتایج مشابهی را ارائه می‌دهند. روش ضربی از نظر صرف وقت به روش جمعی ترجیح داده می‌شود، زیرا ضرورت تعیین مقدار زمینه برای هر عنصر معرف و سپس نرمالیزه کردن مقدار غلظت این عناصر در نمونه‌های انتخابی را از بین می‌برد (حسنی پاک، ۱۳۸۱). منطقه بندی<sup>۳</sup> هاله‌های ژئوشیمیایی اولیه از اهمیت علمی زیادی برخوردار است که در مطالعه‌ی آنها تأکید ویژه‌ای بر منطقه بندی قائم<sup>۴</sup> هاله‌های اولیه شده است، زیرا این منطقه بندی می‌تواند به عنوان معیاری در تعیین سطح فرسایش<sup>۵</sup> ناهنجاری‌های ژئوشیمیایی نمایان شده، بکار رود (گریگوریان، ۱۹۷۵). تهی شدگی<sup>۶</sup>، غنی‌شدگی<sup>۷</sup> و تمرکز عناصر در هاله‌های ژئوشیمیایی ذخایر معدنی، اساس روشی است که در آن با توسعه و کاربرد نسبت‌های این عناصر می‌توان به ذخیره معدنی نزدیک شد. زونالیته قائم عناصر، اطلاعات باارزشی در خصوص هاله‌های ذخایر زیرسطحی و عمیق ارائه می‌دهد. هاله‌های مرکب ضربی گروه‌های عناصر مستقر در بالا و پایین توده‌های کانساری که بر پایه‌ی منطقه بندی انتخاب شده‌اند، تباین منطقه بندی هاله را افزایش می‌دهد. همچنین با محاسبه نسبت‌های حاصل ضرب مقادیر میانگین برای دو گروه از عناصر شاخص فوق، می‌توان افزایش قابل توجهی در تباین منطقه بندی به دست آورد. روش

<sup>۱</sup>. Additive Composite Halos

<sup>۲</sup>. Multiplicative Composite Halos

<sup>۳</sup>. Zonality

<sup>۴</sup>. Vertical Zonality

<sup>۵</sup>. Erosion Surface

<sup>۶</sup>. Depletion

<sup>۷</sup>. Enrichment

زونالیتة اولین بار توسط سولووف (۱۹۷۱) پیشنهاد داده شد. گریگوریان (۱۹۸۵)، یک مدل زونالیتة برای شناسایی کانی‌سازی پنهان و اقتصادی از کانی‌سازی پراکنده ارائه کرد. ضیائی و همکاران (۲۰۱۱)، روش ضرایب زونالیتة مربوط به هاله‌های ذخایر پنهان را به‌طور موفقیت‌آمیزی در تعیین نقشه پتانسیل معدنی در مقیاس ناحیه‌ای مورد استفاده قرار دادند. استفاده از روش زونالیتة برای تعیین عمق سطح از فرسایش با استفاده از هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه نیز توسط گریگوریان و همکاران (۱۹۸۵) پیشنهاد شده است.

## ۹-۲ اکتشافات ژئوشیمیایی با استفاده از روش زونالیتة

روش سنتی زونالیتة نقش مهمی را در شناسایی آنومالی‌های چند متغیره در ژئوشیمی معدنی ایفا می‌کند. این روش بر روی داده‌های ژئوشیمیایی محیط ثانویه و اولیه کانسار مس پورفیری در شمال غرب ایران انجام گرفته است (Grigorian, 1994; Ziiai et al, 1996, 2006). گریگوریان در سال ۱۹۹۶ یک رابطه خطی بین مقدار شاخص زونالیتة و عمق کانی‌سازی برای ذخایر پورفیری ارائه کرد. این مدل بر روی ذخایر مس پورفیری آکتوگای<sup>۱</sup> قزاقستان، آسارال<sup>۲</sup> بلغارستان و تخوت<sup>۳</sup> ارمنستان انجام گرفته است (شکل ۴-۱). در این مدل اطلاعات معدن سونگون نیز اضافه شده است. همان‌گونه که در شکل مشخص است، علی‌رغم وجود تفاوت‌های قابل توجه در وضعیت زمین‌شناسی این کانسارها، میزان شاخص زونالیتة این ذخایر بر روی یک خط راست برآزش شده‌اند (Ziiai et al, 2006). در این مدل، شاخص زونالیتة معدن آکتوگای قزاقستان به‌عنوان سطح فرسایش استاندارد ذخایر پنهان در نظر گرفته شده است. با توجه به این مدل زونالیتة ارائه شده، می‌توان عناصر فوق کانساری، تحت کانساری و هاله را مشخص کرد. چنین هاله‌هایی از ذخایر معدنی می‌توانند به‌وسیله مقادیر شاخص زونالیتة ژئوشیمیایی عمودی که به‌صورت یک خط مستقیم ارائه شده است، مشخص

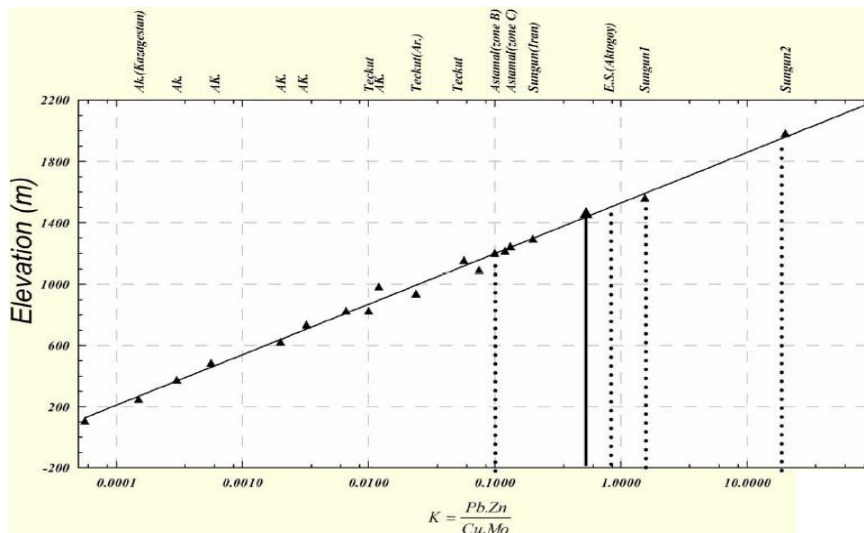
---

<sup>۱</sup>.Aktogay

<sup>۲</sup>.Aseral

<sup>۳</sup>.Tkhut

شود (ضیائی و همکاران، ۲۰۰۶).



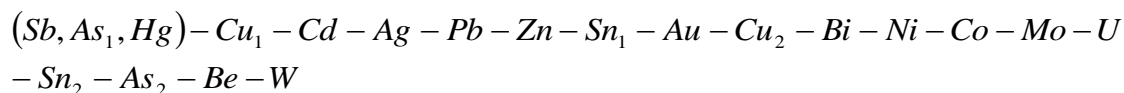
شکل ۹-۱: مدل استاندارد زونالیته معادن مس و مولیبدن پورفیری (Ziaii, 2007)

شناسایی زونالیته هاله‌های ژئوشیمیایی همراه با ذخایر پنهان به چهار روش صورت می‌گیرد:

۱. آنالیز عناصر همراه با هاله‌های فوق و تحت کانساری ذخایر معدنی
۲. تحلیل مؤلفه مؤثر در آنومالی‌های دروغین
۳. بررسی مقدار میانگین عناصر موجود در آنومالی‌های مهم ژئوشیمیایی جهت حذف زمینه و مؤلفه سن ژنتیک
۴. استفاده از هاله‌های افزاینده جمعی و ضربی

اهمیت شاخص زونالیته در شناسایی سطح فرسایش کانی‌سازی‌های پنهان و اقتصادی است که نشان‌دهنده افق آنومالی‌های ژئوشیمیایی است. در پژوهش حاضر روش هاله‌های ضربی با استفاده از اصل همراهی هاله‌های فوق کانساری و تحت کانساری جهت شناسایی آنومالی‌های ژئوشیمیایی استفاده گردیده است. استفاده از معیار همراهی در روش زونالیته ژئوشیمیایی به ما کمک می‌کند تا پهنه‌های کانی‌سازی را تفکیک کنیم. بر اساس روش زونالیته، همراهی عناصر در قسمت‌های تحتانی یک کانسار با عناصر فوقانی آن متفاوت است. وجود چنین تفاوتی در عناصر ذکر شده می‌تواند برای شناسایی رابطه بین کانی‌سازی و آنومالی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به رابطه موجود بین

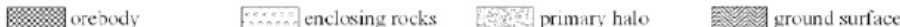
عناصر فوق و تحت کانساری، برای کانسارهای مختلف، شاخص‌های زونالیت‌ها متفاوتی به دست می‌آید (ضیائی و همکاران، ۲۰۰۹). سری منطقه بندی استاندارد عناصر شاخص به صورت زیر است.



توزیع فلزات در مناطق مختلف منطبق باقابلیت تحرک آن‌ها در خلال کانی‌سازی اولیه است. بسیاری از فلزات نسبت به مرکز کانی‌سازی به‌طور قائم و نیز به‌طور جانبی منطقه بندی نشان می‌دهند (حسینی پاک، ۱۳۸۱). شکل (۲-۴)، تغییرات عمقی سه نوع از شاخص‌های زونالیت‌ها را نشان می‌دهد که در ارتباط با نهشته‌های مس پورفیری در مناطقی با ویژگی‌های ژئوشیمیایی تقریباً مشابهی محاسبه شده است (ضیائی، ۱۹۹۶). مقادیر هر یک از شاخص‌های زونالیت‌ها، باوجود تفاوت قابل توجه در ساختار زمین‌شناسی هر یک از این کانسارها، کاهش مقدار به‌صورت یک روند ثابت و یکنواختی را در بر دارد. این مطلب نشان‌دهنده آن است که یک روند یکنواخت در مقادیر شاخص زونالیت‌ها در هاله‌های اولیه نهشته‌های مس پورفیری از سطح به عمق وجود دارد (گریگوریان، ۱۹۹۲؛ ضیائی، ۲۰۰۹). از این‌رو، تغییرات عمقی مربوط به ضرایب شاخص‌های زونالیت‌ها، می‌تواند موجب شناسایی سطوح مختلف کانی‌سازی همانند هاله‌های اولیه تحت کانساری، فوق کانساری، کانسار و قسمت‌های زیر و روی کانسار شود و باعث تمایز این سطوح از همدیگر باشد (سولووف، ۱۹۹۰؛ گریگوریان، ۱۹۹۲). از شکل (۲-۴) می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که مقادیر مشابه ضرایب شاخص زونالیت‌ها بیانگر عمق یکسان کانی‌سازی و هاله‌های اولیه نسبت به سطح کانسار می‌باشند. این مطلب به این معنی است که هاله‌های اولیه نهشته‌های معدنی در اعماق مختلف بر اساس مقادیر خاصی از ضرایب شاخص زونالیت‌ها شناسایی می‌گردند. با توجه به وجود سطح از فرسایش، مقادیر بالای شاخص زونالیت‌ها دلالت بر وجود احتمالی کانی‌سازی پنهان و اقتصادی دارد. درحالی‌که مقادیر کم این شاخص بیانگر وجود نهشته‌های فرسایش یافته است. در ایران، در منطقه اهر دو آنومالی مربوط به کانی‌سازی پنهان سونگون و کانی-

سازی فرسایش یافته آستمال به فاصله ۲ کیلومتر، با استفاده از روش زونالیته شناسایی شد ( Ziaii, 1996).

Erosional surface	Vertical section	$V_{Z_1} = \frac{Zn * Pb}{Cu * Ag}$	$V_{Z_2} = \frac{Zn * Pb}{Cu * Mo}$	$V_{Z_3} = \frac{Zn * Pb * Bi}{Cu * Mo * Ag}$
		Supra-ore	I	>100
Upper ore	II	100 - 10	5 - 0.5	1 - 0.1
Ore	III	10 - 1	0.5 - 0.05	0.1 - 0.01
Ore	IV	1 - 0.1	0.05 - 0.005	0.01 - 0.001
Lower ore	V	0.1 - 0.01	0.005 - 0.0005	0.001 - 0.0001
Sub-ore	VI	<0.01	<0.0005	<0.0001
	Contrast $V_{Z(I)}/V_{Z(VI)}$	10,000	10,000	10,000



شکل ۹-۲: مدل ضرایب زونالیته ژئوشیمیایی برای نهشته‌های مس پورفیری به صورت تیپیک در قزاقستان،

بلغارستان، ارمنستان و ایران (Ziaii, 1996)

### ۹-۳ الگوهای توزیع منطقه‌ای عناصر محدوده مورد مطالعه

مشاهدات نشان داده است که توزیع فضایی (طولی، عرضی و قائم) عناصر کمیاب و کانی‌ها در اطراف و یا درون نهشته‌های کانساری می‌تواند از یک الگوی منطقه‌ای متقارن یا نامتقارن پیروی کند. تقارنی که در توزیع منطقه‌ای عناصر یا کانی‌ها در سنگ‌های درون‌گیر کانسار به وجود می‌آید به‌وسیله‌ی چندین متغیر پیچیده، مانند اختلاف در قابلیت تحرک عناصر که خود تابعی از دما، فشار، اختصاصات فیزیکوشیمیایی و غیره است، کنترل می‌شود. لذا توقع نداریم که در خلال بررسی‌ها همیشه با الگوی متقارنی روبرو شویم. در مطالعه منطقه بندی ژئوشیمیایی، توزیع منطقه‌ای و تغییرات غلظت عناصری مورد بحث است که معمولاً تغییراتشان کمتر قابل لمس بوده و فقط از طریق نمونه-برداری و تجزیه‌ی شیمیایی سیستماتیک ممکن است کشف گردند. الگوهای منطقه‌ای اساساً از دو نوع کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی می‌باشند. تا آنجا که به کاربرد عملی این دو نوع منطقه بندی در اکتشافات ژئوشیمیایی مربوط می‌شود، منطقه بندی ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی از اهمیت یکسانی برخوردارند و تنها اختلاف آن‌ها در روش جمع‌آوری داده‌های مربوطه است. از نظر کاربرد منطقه بندی ژئوشیمیایی باید خاطر نشان شود که این منطقه بندی‌ها می‌توانند با جهت جریان محلول‌های کانی‌ساز مطابقت

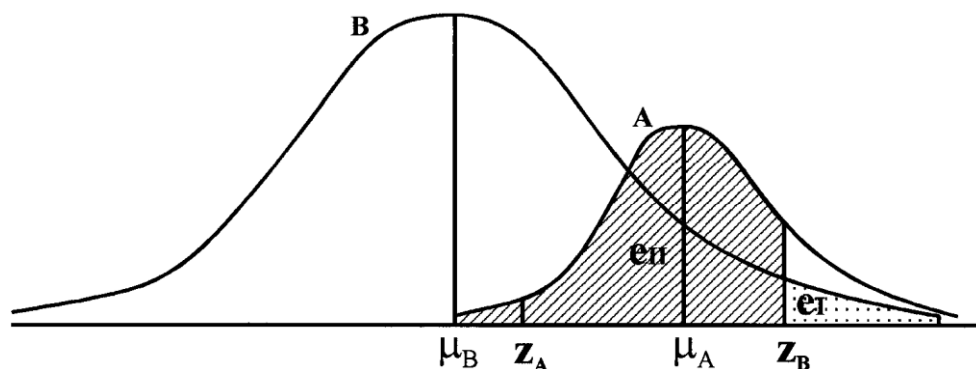
داده شوند. این امر می‌تواند به‌عنوان راهنمای مفیدی در تعیین جهت و مرکز فعالیت‌های کانی‌سازی به‌کاربرده شود. یکی از مفیدترین خصوصیات منطقه بندی ژئوشیمیایی که اغلب بر اساس پراکندگی عناصر کمیاب انجام می‌گیرد، این است که منطقه بندی مذکور برای توصیف کمی مناطق مختلف کانی‌سازی شده و برای نشان دادن نسبت‌های موجود بین عناصر مختلف، بسیار مناسب است. علل پیدایش الگوهای منطقه‌ای توسط محققین بسیاری مورد مطالعه قرار گرفته است و اغلب آن‌ها عواملی نظیر پایداری نسبی یون‌های کمپلکس، اختلاف در جرم مخصوص عناصر، پتانسیل الکتروودی و قابلیت تحرک را از عوامل مهم در ایجاد منطقه بندی شناخته‌اند (حسینی پاک، ۱۳۸۱).

### ۹-۳-۱ برآورد مقدار زمینه و حد آستانه‌ای به روش آماری سالووف

جوامعی که در ژئوشیمی اکثریت داده‌ها را تشکیل می‌دهند شامل مقدار زمینه، آنومالی و جامعه حد آستانه هستند که جامعه سوم، حد واسط دو جامعه دیگر است. آنومالی  $A$  و زمینه  $B$ ، جوامع مجزا هستند که از نظر ویژگی‌های مکانی و خواص عنصری با همدیگر متفاوت‌اند. اگر  $Z_A$  حد پایین آنومالی و  $Z_B$  را حد بالای زمینه در نظر بگیریم، در صورتی که  $Z_A < Z_B$  باشد، جوامع هم‌پوشانی خواهند داشت و مقادیر مابین آن‌ها را نمی‌توان به یکی از دو جامعه نسبت داد. در این صورت دو نوع خطای نوع ۱ ( $e_1$ ) و خطای نوع ۲ ( $e_2$ )، امکان وقوع دارد. خطای نوع ۱ خطای عدم پذیرش است که نمونه‌ای متعلق به جامعه زمینه جزء زمینه طبقه‌بندی نگردد. خطای نوع ۲ خطای پذیرش است که یک نمونه متعلق به آنومالی، جزء زمینه طبقه‌بندی شود. با در نظر گرفتن  $Z_B$  به‌عنوان حد آستانه، مقادیر خطای ۱ و ۲ به‌صورت مناطق سایه‌دار در شکل (۴-۵) نشان داده شده است. این دو خطا به‌صورت معکوس یکدیگر عمل می‌کنند یعنی کاهش یکی از آن‌ها باعث افزایش دیگری خواهد شد. در بسیاری از مواقع کاهش خطای کلی بهتر است هرچند در مواقعی می‌توان یکی از دو خطا را کاهش داد (چنگ<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹).

<sup>۱</sup>.Cheng





شکل ۹-۳: تابع چگالی داده‌های ژئوشیمیایی جامعه آنومالی A با میانگین  $\mu_A$  و زمینه B با میانگین  $\mu_B$  (چنگ، ۱۹۹۹).

در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش زونالیت، نخست مقدار زمینه و حد آستانه آنومالی برای عناصر شاخص محاسبه می‌گردد. بر این اساس آن دسته از عناصری که در روابط مربوط به ضرایب زونالیت شرکت دارند در زمره عناصر مورد نیاز می‌باشند. تخمین مقدار زمینه و حد آستانه‌ای برای عنصری انجام گرفت که از لحاظ ژنتیکی با کانسار تحت پی‌جویی در ارتباط باشند تا به‌وسیله این عناصر به محل احتمالی مناطق پتانسیل دار رهنمون شد. عناصر مذکور همان عناصر شاخص کانساری می‌باشند که جهت دستیابی به نتایج مطلوب باید به‌درستی شناخته شوند. گرچه عناصر ردیاب و معرف ممکن است فراوانی ناچیزی داشته باشند ولی می‌توانند به‌عنوان معرف‌های حساسی برای تعیین حدود شرایط فیزیکی و شیمیایی که تحت آن شرایط، کانی‌سازی اتفاق افتاده است بکار روند. جهت پردازش داده‌های ژئوشیمیایی در گام نخست باید مؤلفه سن‌ژنتیک مربوط به هر عنصر که خود را در قالب مقدار زمینه مربوط به آن عنصر نشان می‌دهد را جدا نماییم. بر اساس مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته مشخص شده است که توزیع آماری نرمال در مدل‌سازی بسیاری از پدیده‌های علمی نقش داشته است. همچنین ثابت شده است که توزیع نرمال خود را تحت شرایطی نشان می‌دهد که تغییرات یک متغیر مشاهده‌ای همچون X تأثیرپذیر از تعدادی عامل و فاکتورهای مختلف قابل‌اندازه‌گیری و مستقل از هم است. رابطه مربوط به تابع توزیع نرمال به‌قرار زیر است (سولووف، ۱۹۸۷).

$$y = Q(x) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2S^2}} \quad (1-4)$$

در این رابطه  $\bar{x}$  میانگین حسابی داده‌ها،  $s$  انحراف معیار و  $s^2$  واریانس داده‌ها است. جهت محاسبه مقدار زمینه ( $C_\rho$ )، حد آستانه‌ی آنومالی  $C_A$  و انحراف معیار  $\varepsilon$  برای ذخایری که از توزیع لاگ‌نرمال بهره می‌برند از روابط زیر استفاده می‌گردد.

$$C_\rho = \text{antLog}\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log c_i\right) \quad (2-4)$$

$$C_A = C_\rho \times \varepsilon^{\frac{3}{\sqrt{m}}} \quad m=1,2,3,\dots,9 \quad (3-4)$$

$$\varepsilon = \text{antLogstd}(d_1 : d_n) \quad (4-4)$$

در روابط فوق داریم:

$\varepsilon$ : انحراف معیار داده‌ها       $d_i$ : مقدار مربوط به آنالیز داده‌ی  $i$  ام

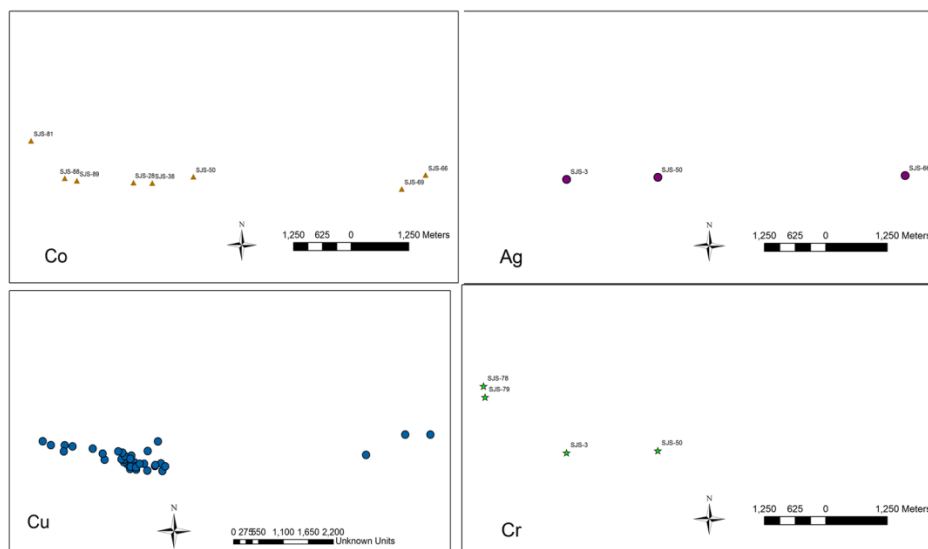
$std(d_1 : d_n)$ : انحراف معیار داده‌ها       $m$ : تعداد نمونه‌ها با غلظتی بیشتر از  $C_x \times \varepsilon$

در رابطه‌ی (۳-۴)، اگر مقدار  $\frac{3}{\sqrt{m}}$  را برابر  $t$  بگیریم، در صورتی که این مقدار برابر ۳ فرض شود، احتمال خطا در تخمین میزان حد آستانه بسیار کاهش می‌یابد ولی درعین حال باعث می‌شود که آنومالی‌های ضعیف در رابطه‌ی توده‌های عمیق کنار گذاشته شوند. لذا انتخاب میزان  $t$  در تعیین حد آستانه آنومالی بسیار حائز اهمیت است. بنابراین اگر هدف آشکارسازی آنومالی‌های قوی باشد مقدار  $t$  را برابر ۳ در نظر می‌گیریم ولی برای آشکارسازی آنومالی‌های ضعیف‌تر از رابطه (۳-۴) استفاده می‌گردد. با استفاده از روابط ذکر شده در بالا، مقادیر حد زمینه، حد آستانه‌ای و انحراف معیار برای عناصر داده‌شده است محاسبه گردید (جدول ۳-۴).

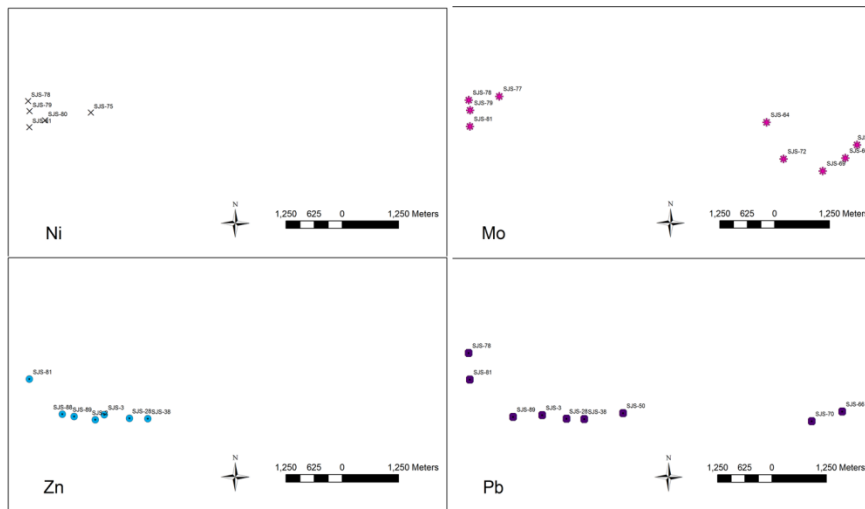
جدول ۹-۱: محاسبه مقادیر زمینیه  $C_p$ ، انحراف معیار  $\varepsilon$  و حد آستانه‌ای  $C_A$  برای عناصر شاخص مورد استفاده در روش زونالیته (غلظت‌ها بر حسب ppm)

$\varepsilon$	$C_A$	$C_p$	max	min	element
1.14	0.32	0.21	0.42	0.16	Ag
1.23	16.5	13.8	20	10	Co
1.31	1.3	1.07	1.34	0.9	Mo
1.09	60.3	35.48	67	21	Ni
1.83	145	78	44179	25	Cu
1.48	35.6	28.6	43	18	Cr
1.58	16.9	9.19	21	6	Pb
1.02	88	70.9	97	56	Zn

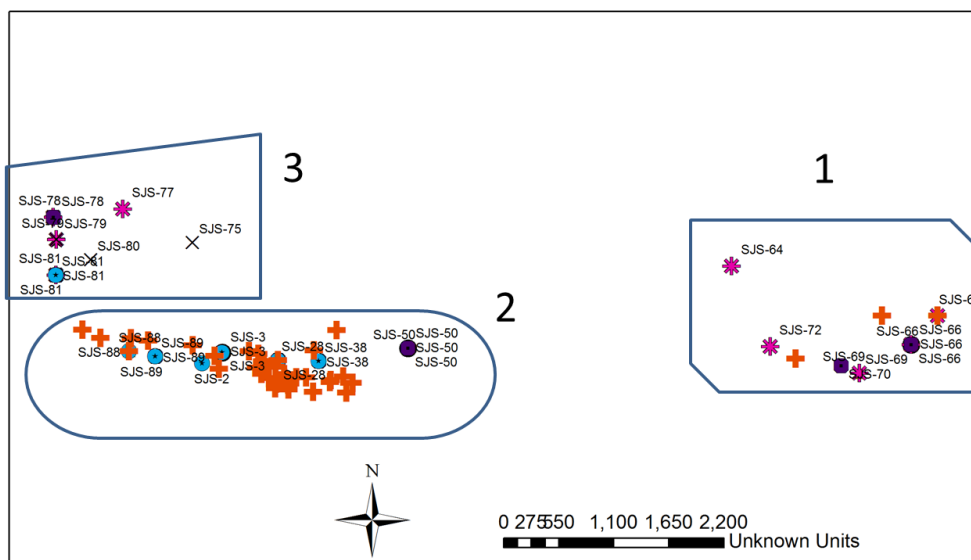
در ادامه بر اساس مقادیر حد آستانه‌ای محاسبه‌شده، نمونه‌های موجود در محدوده آنومال مشخص شده و جدا شدند. با نمایش این نقاط در محیط نرم‌افزار ArcGis9.3 و بر اساس مشخصات زمین‌شناسی منطقه، معیار همراهی عناصر فوق کانساری و تحت کانساری و آنومالی‌های مشاهده‌شده با روش‌های چند متغیره، شبکه پروفیل‌های نمونه‌برداری به سه محدوده تقسیم گردید و برای انجام بررسی‌های بیشتر توسط ضرایب زونالیته معرفی شد (شکل ۴-۶).



شکل ۹-۴: زون بندی منطقه و موقعیت نقاط آنومال برای عناصر Ag, Co, Cr, Cu



شکل ۹-۵: زون بندی منطقه و موقعیت نقاط آنومال برای عناصر Mo, Ni, Pb, Zn



Legend	
+	Cu
●	Zn\$ Events
■	Pb\$ Events
×	Ni\$ Events
*	Mo\$ Events
★	Cr\$ Events
▲	Co\$ Events
●	Ag\$ Events

شکل ۹-۶: موقعیت همه‌ی نقاط آنومال عناصر مورد بررسی و تقسیم‌بندی منطقه به سه ناحیه‌ی کوچکتر

پس از آن، میانگین هندسی داده‌های آنومال مربوط به هر عنصر در محدوده‌های سه‌گانه محاسبه شد.

در انتها شاخص‌های ضربی مربوط به هر کدام از زون‌های تقسیم‌بندی شده بر اساس نسبت حاصل-

ضرب عناصر فوق کانساری و تحت کانساری به دست آمده و بر این اساس برای هر منطقه و هر شاخص ضربی یک مقدار محاسبه شد (جدول ۴-۲ تا ۴-۴).

جدول ۲-۹: مقادیر میانگین نمونه‌های آنومال برای عناصر فوق کانساری (غلظت‌ها بر حسب ppm)

Zn	Pb	Ag	عناصر زون
90	18.5	0.42	1
93.33	20.2	0.41	2
97	17	0.21	3

جدول ۳-۹: مقادیر میانگین نمونه‌های آنومال نواحی سه گانه برای عناصر تحت کانساری (مقادیر بر حسب ppm)

Ni	Mo	Cu	Co	Cr	عناصر زون
35.48	1.28	62	18	28.6	1
35.48	1.07	66.66	18.4	43	2
61.66	1.25	59	18	42	3

جدول ۴-۹: محاسبه ضرایب زونالیته برای نواحی سه گانه (مقادیر بر حسب ppm)

$\frac{Pb.Zn.Ag}{Co.Mo^2}$	$\frac{Pb.Zn.Ag}{Co.Mo.Ni}$	$\frac{Pb.Zn}{Cu.Ag}$	$\frac{Pb.Zn}{Cu.Mo}$	شاخص زون
23.71	0.85	63.95	20.98	1
36.7	1.1	68.98	26.43	2
12.31	0.25	134.45	22.36	3

در مرحله نهایی، یک ضریب K در شاخص زونالیته ضرب می‌شود. این ضریب به‌عنوان ضریب کانی-سازی شناخته‌شده است. اگر کل نمونه‌های یک پهنه را برابر  $\eta_a(\alpha)$  و تعداد نمونه‌های آنومال را برابر  $\eta_a(\alpha)_{ore}$  در نظر بگیریم. نسبت بین این دو مقدار به‌عنوان ضریب کانی‌سازی شناخته می‌شود که به‌صورت رابطه‌ی زیر است:

$$\eta(\alpha)_{ore} = \frac{\eta_a(\alpha)_{ore}}{\eta_a(\alpha)} \quad (5-4)$$

که برابر با مقدار نمونه‌های آنومال مربوط به هر عنصر در هر کدام از زون‌ها نسبت به تعداد نمونه‌های موجود در زون تفکیک‌شده است. مقدار این ضریب در مقدار به‌دست‌آمده برای شاخص‌های زونالیته ضرب گردید و به‌این ترتیب مقدار نهایی هر شاخص برای هر زون محاسبه گردید (جدول ۴-۵). جهت محاسبه شاخص زونالیته، اگر میانگین نقاط آنومال عنصری در منطقه صفر بوده باشد مقدار زمینه عنصر موردنظر جایگزین گردیده است

جدول ۹-۵: محاسبه ضرایب شاخص زونالیته با اعمال ضریب کانی‌سازی

$\frac{Pb.Zn.Ag}{Co.Mo^2}$	$\frac{Pb.Zn.Ag}{Co.Mo.Ni}$	$\frac{Pb.Zn}{Cu.Ag}$	$\frac{Pb.Zn}{Cu.Mo}$	شاخص
				زون
118.5	4.2	895	201.9	1
183.4	10.1	650	171.79	2
70.87	2.5	1882.5	190.2	3

### ۹-۳-۲ آشکارسازی مناطق آنومال در مقیاس ناحیه‌ای

مقادیر بالای شاخص زونالیته نشان‌دهنده حضور یک کانی‌سازی پنهان و مقادیر پایین آن نشانه

حضور یک کانی‌سازی فرسایش یافته است. اگر در محلی هاله‌های فوق کانساری وجود داشته باشند ولی هاله تحت کانساری نباشد، شاهد آنومالی کاذب خواهیم بود و ماده معدنی وجود نخواهد داشت. بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۴-۵)، هر کدام از ضرایب مناطقی را به عنوان مناطق آنومال معرفی می‌کنند. همان‌طور که از جدول پیداست مقادیر شاخص‌ها بر روی سه زون مذکور مقادیر نسبتاً بالایی را دارند و این مقادیر در زون سوم بیشتر هستند. بر این اساس زون سوم به عنوان اولویت اول اکتشافی و زون دوم به عنوان اولویت دوم معرفی می‌گردد. در میان شاخص‌ها نیز، شاخص‌های  $\frac{Pb.Zn}{Cu.Ag}$  و  $\frac{Pb * Zn}{Cu * Mo}$  بهترین شاخص‌ها است که مناطق آنومال را به خوبی تفکیک کرده‌اند.

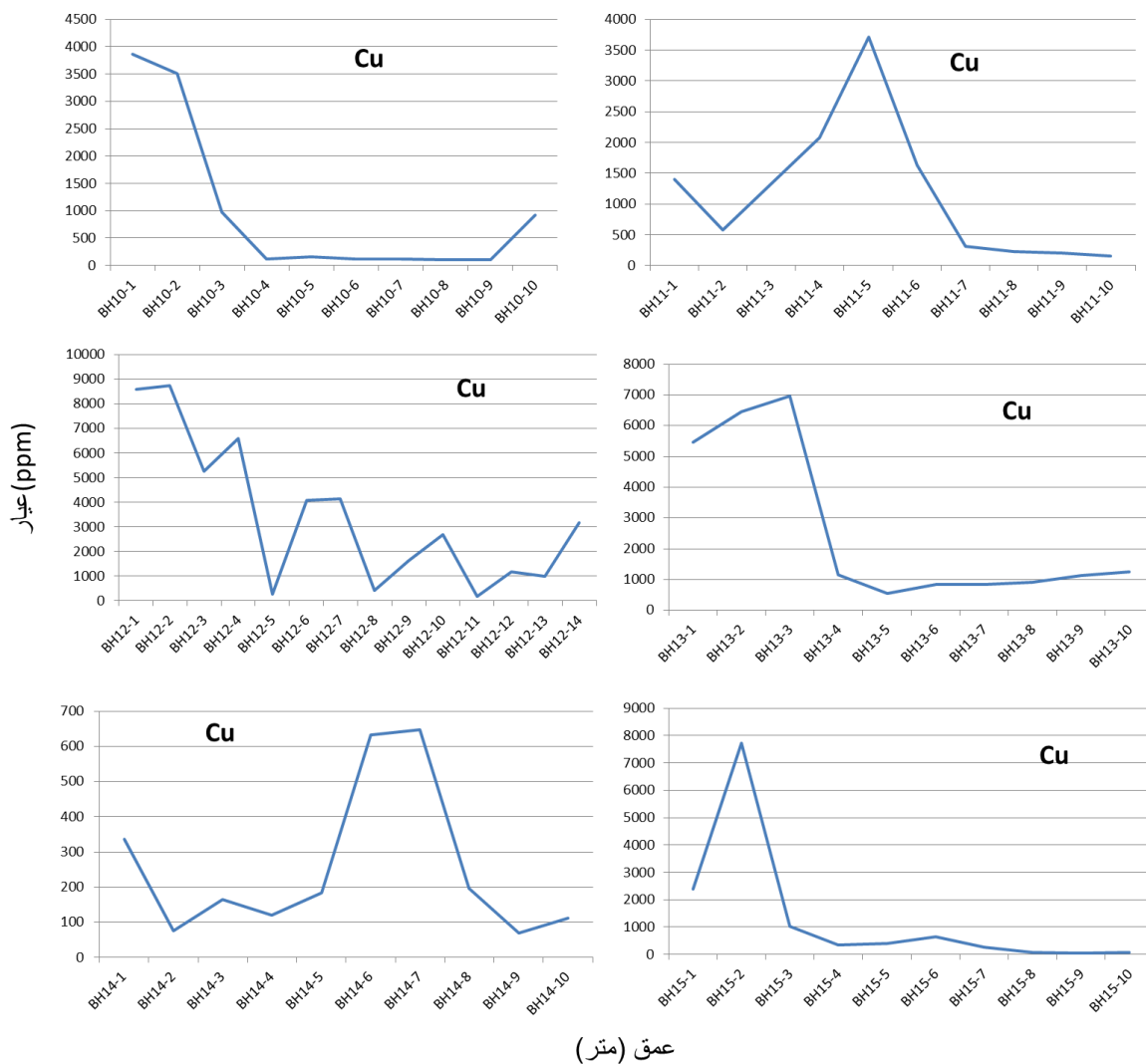
### ۳-۳-۹ بررسی گمانه‌های اکتشافی و تغییرات عمقی عنصر مس در آن‌ها

در محدوده‌ی مورد مطالعه تعداد ۱۸ گمانه‌ی اکتشافی حفر شده است. این گمانه‌ها به صورت پودری هستند. عمق گمانه‌های اکتشافی متفاوت است و در برخی از گمانه‌ها این عمق به ۴۲ متر هم رسیده است. در زیر روند تغییرات عمقی عنصر مس در برخی از گمانه‌های اکتشافی ترسیم شده است (شکل ۴-۷). محور افقی نمودارها مربوط به تغییرات عمقی نمونه‌ها به ازای هر سه متر حفاری می‌باشد. به عنوان مثال نمونه‌ی BH1-1 مربوط به نمونه‌ی گمانه‌ی شماره‌ی ۱ در عمق ۰ تا ۳ متری است و نمونه‌ها در فواصل سه متری از هم قرار دارند. بر اساس نمودارهای ترسیم شده، مشخص است که در اکثر گمانه‌ها، تغییرات غلظت عنصر مس از عمق ده متری تا عمق ۲۰ متری رو به افزایش بوده و در ادامه با کاهش شدید عیار مس همراه است.



شکل ۷-۹: تغییرات عمقی عنصر مس در گمانه‌های اکتشافی



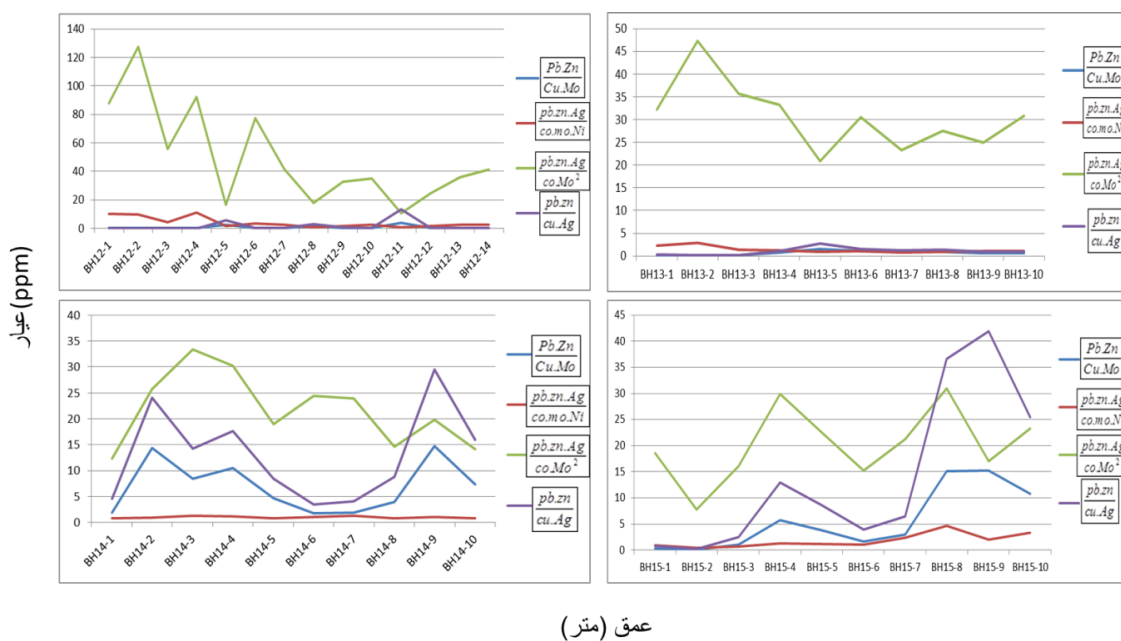
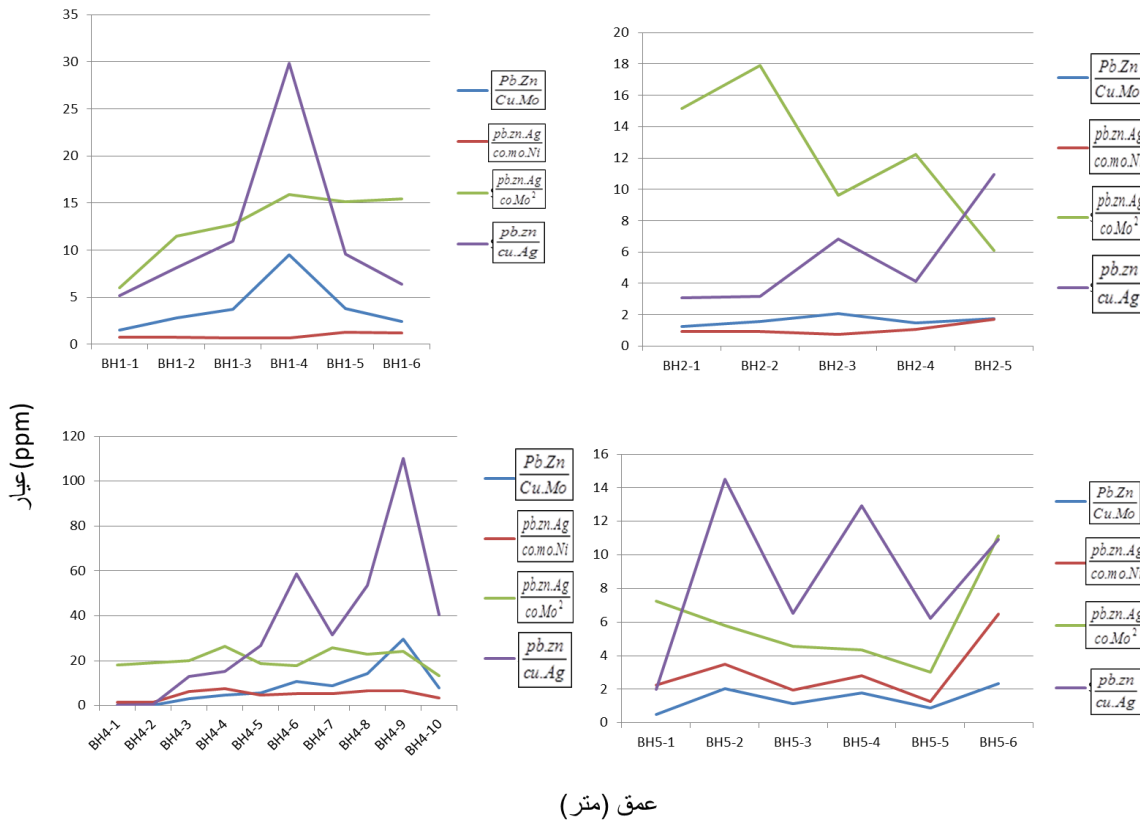


ادامه‌ی شکل ۴-۷

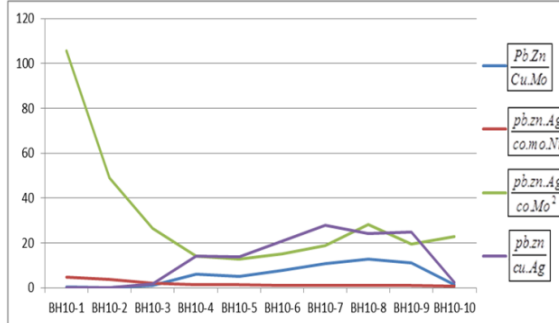
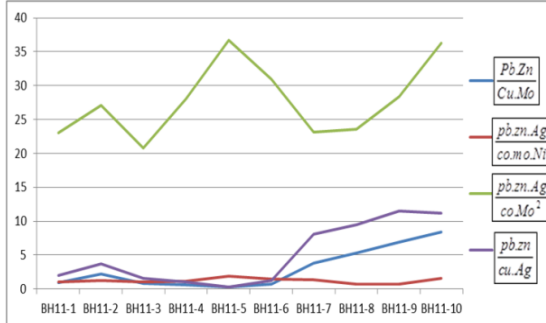
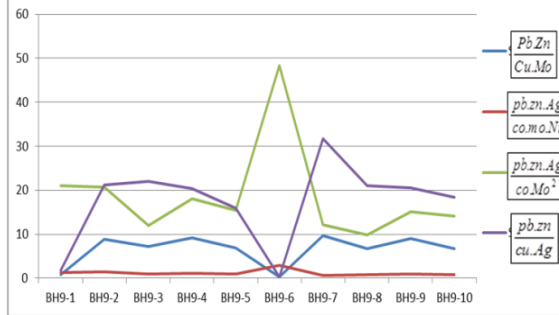
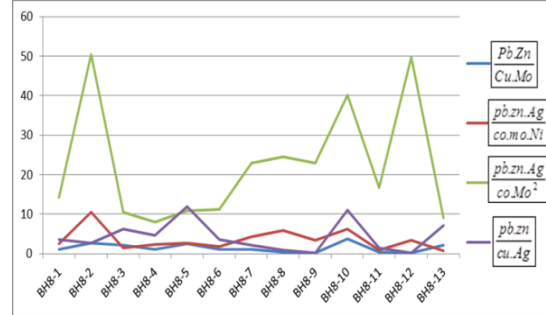
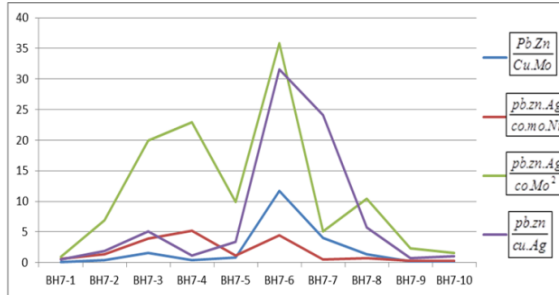
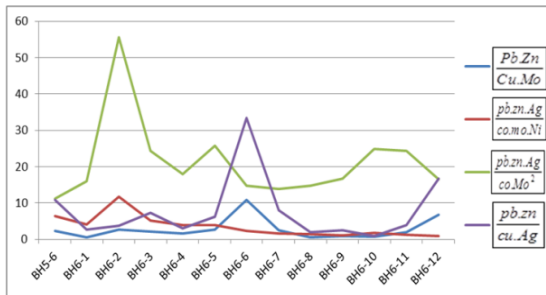
### ۹-۳-۴ تغییرات عمقی شاخص‌های زونالیت‌گمانه‌های اکتشافی

جهت دستیابی به کانی‌سازی پنهان مس در محدوده‌ی گمانه‌های اکتشافی، روند تغییرات عمقی شاخص‌های زونالیت‌گمانه‌ها مورد بررسی قرار گرفت چرا که مقادیر بالای شاخص زونالیت‌گمانه در عمق، بیانگر وجود کانی‌سازی پنهان صورت گرفته در منطقه است. به این منظور تغییرات عمقی شاخص‌های اصلی به کار گرفته شده در قسمت‌های قبلی بر روی این گمانه‌ها اعمال گردید که در شکل‌های زیر مشاهده می‌گردد. نمودارهای شاخص زونالیت‌گمانه عنصر مس نشان می‌دهد که در برخی از گمانه‌ها همچون (BH1-BH7-BH9) کانی‌سازی مس در عمق متوسط ۱۰ تا ۲۰ متری انجام گرفته و

سپس کانی‌سازی متوقف شده است. نتایج شاخص زونالیت‌های برخی دیگر از گمانه‌ها مثل (BH4- BH5-BH11-BH12) نشان می‌دهد که با افزایش عمق مقادیر این شاخص‌ها رو به افزایش بوده که نشان دهنده‌ی احتمال وجود کانی‌سازی پنهان صورت گرفته در این گمانه‌ها دارد.



عمق (متر)



عمق (متر)

## فصل پنجم:

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

## ۱-۱۰ نتیجه گیری

(۱) مطالعات آماری چند متغیره‌ی ژئوشیمیایی و ترسیم نقشه‌های پتانسیل مطلوب نشان داد که در محدوده‌ی مورد مطالعه سه زون اصلی آنوالی ۱، ۲، و ۳ برای عنصر مس وجود دارد و نتایج تحلیل مؤلفه‌ی اصلی نشان می‌دهد که ترکیب خطی از مؤلفه‌های استخراج شده در فاکتور اول بیانگر عناصر کانه‌ساز در منطقه می‌باشد و نقشه تلفیقی این عناصر بیانگر وجود کانی‌سازی مس در این محدوده‌ها است.

مطالعات ضرایب شاخص‌های زونالیته نشان داد که در میان زون‌های آنومال زون دوم به عنوان اولیویت اول اکتشافی مطرح است و زون ۳ و ۱ در اولویت‌های بعدی قرار دارند. در این مطالعات شاخص‌های  $\frac{Pb.Zn}{Cu.Ag}$  و  $\frac{Pb * Zn}{Cu * Mo}$  به عنوان شاخص‌های برتر در جهت شناسایی آنومالی‌ها و کانی‌سازی پنهان عمل کرده‌اند.

(۲) مطالعات عمقی داده‌ها و مغزه‌های حفاری نشان داد که بیشترین کانی‌سازی صورت گرفته در عمق ۱۰ تا ۲۰ متری گمانه‌ها می‌باشد و نتایج ضرایب زونالیته داده‌های برخی از گمانه‌ها نشان از وجود کانی‌سازی پنهان در منطقه دارد.

## ۱-۲ پیشنهادات

- (۱) استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی از قبیل پلاریزاسیون القایی و ژئوالکتریک پیشنهاد می‌گردد. اعمال این روش‌ها برای تفکیک پهنه‌های کانی‌سازی مناسب است.
- (۲) استفاده از روش‌های تلفیق گر همچون همپوشانی شاخصی و روش‌های شبکه‌ی عصبی جهت مقایسه با نتایج روش‌های استفاده‌شده توصیه می‌گردد.

## منابع:

- بئوس، آ.، گریگوریان، س.، (۱۳۷۵)، روش‌های اکتشافات ژئوشیمیایی ذخایر معدنی، ترجمه سیمین پرنده، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- بونهام کارتر، گریم، ف.، (۱۳۷۹)، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای دانش‌پژوهان علوم زمین، مدل‌سازی به کمک GIS. ترجمه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گروه اطلاعات زمین مرجع، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- حسنی پاک، ع.ا.، (۱۳۸۳)، "اصول اکتشافات ژئوشیمیایی". انتشارات دانشگاه تهران. چاپ پنجم، ص ۶۰۱.
- حسنی پاک، ع.ا.، شرف‌الدین، (۱۳۸۰)، "تحلیل داده‌های اکتشافی". انتشارات دانشگاه تهران، ص ۸۵۰.
- حسنی پاک، ع.ا.، (۱۳۸۲)، "ژئوشیمی اکتشافی (محیط سنگی)". انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۹۸.
- حسنی پاک، ع.ا.، (۱۳۸۰)، نمونه‌برداری معدنی، انتشارات دانشگاه تهران
- خان نصر اصفهانی، ع.، (۱۳۸۴)، پتروگرافی سنگ‌های آذرین، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.
- سرابی، فریدون، (۱۳۸۵)، "سنگ‌شناسی رسوبی". انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۱۰.
- شهاب پور، ج.، (۱۳۸۲)، "زمین‌شناسی اقتصادی". انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- شمعیان، غ.، (۱۳۸۱)، بررسی ژنز کانسارهای طلای گندی و ابوالحسنی در جنوب دامغان، رساله‌ی دکتری، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- قربانی، م. (۱۳۸۱)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ضیائی، م.، (۱۳۸۱)، اکتشافات نیمه تفصیلی ژئوشیمیایی برای اندیس‌های مس پورفیری در جنوب ده سلم، شرکت ملی صنایع مس ایران، ص ۲۱۰.

- کریم‌پور، م. ح.، سعادت، س.، (۱۳۸۱)، زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، چاپ دانشگاه فردوسی مشهد.
- کریم‌پور، م.، ملک‌زاده، آ.، حیدریان، م.، (۱۳۸۴)، اکتشاف ذخایر معدنی، مدل‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیکی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- نوائی تورانی، آ.، عادل‌نیا، م.، (۱۳۸۳)، مقدمه‌ای بر GIS و آموزش نرم‌افزار Arc View، چاپ سوم، مؤسسه‌ی فرهنگی هنری دیباگران تهران.
- شرکت کانی کاوان ایپک، گزارش پایان عملیات اکتشاف مس جوین، ۱۳۹۳

#### References

- Anderson, T., 2003, An Introduction to multivariate statistical analysis, 3rd ed., Wiley, New York, 721 p.
- Barnes, H. R., 1967. Geochemistry of hydrothermal ore deposits, Johan Wiley and Sons, Interscience, 972.
- Barnes, T., 1999. Practical post – processing of indicator distribution, AAMP, Colorado School of Mines, Colorado.
- Bonham-Carter, G F., Geographic information systems for geoscientists. Modelling with GIS. Computer Methods in the Geosciences, Vol. 13. Pergamon, New York. P. 398.
- Beus, A. A., And Grigorian, S. V., 1977. Geochemical exploration methods for mineral deposits. Trans. By R. T. Schneider, Ed. By A. A. Levinson, Illinois: Applied publishing.
- Cameron, E. M., and Hobbs, O., 1971. Computerized methods for interpreting reconnaissance geochemical surveys, geochemical exploration (Boyle, tech. ed.), Special, Vd. 11, Canadian institute of Mining and Metallurgy, P. 509.
- Carranza, E. J. M., 2009. Geochemical anomaly and mineral prospectivity mapping in GIS. Elsevier, P. 1.
- Cheng, Q., 1999, Spatial and scaling modeling for geochemical anomaly

separation, *Journal of geochemical exploration*, vol.65, P. 175-194

- Clarke, P. J., 1956. Grouping in spatial distributions, *Science* 123: 273 – 374.
- Clark, I., 1999. A Case study in the application of geostatistic to lognormal and quasi- Lognormal problems, AAMP, Colorado School of mines, Colorado.
- Evans, A. M., 2000. *Ore geology and industrial minerals (An Introduction)*, Black Well.
- Evans, A. M., Charles, J. M., 2006. *Introduction to mineral exploration*
- Goldschmidt, V. M., *The Principles of distribution of chemical elements in mineral and rocks*, 665-673. *P. J. Chem. Soc.*, 1937
- Govett, G. J. S., 1983. *Rock geochemistry in mineral exploration. Handbook of exploration geochemistry*, Vol. 30 Elsevier, Amsterdam.
- Grigorian, S, V., Matveev, A, A., 2006. Mineralogical and geochemical characteristics and predicted reserves of Gold-Base metal ore mineralization in southern Armenia and northwestern Iran.
- Grigorian, S, V., 1987. *Primary geochemical Aureoles in exploration and prospecting of ore deposits (Nedra, Moscow in Russian)*.
- Guilbert, J. M., Park, J. R., 1997. *The Geology of ore deposits*, Freeman and company, New York.
- Gutenberg, J., 2010. *The chessboard classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium*, University Mainz, D-55099 Mainz, Becherweg 21, Germany.
- Hay, R. F., 1966. Copper deposit at Knuckle point, Rangiawhia Peninsula, Northland. *Industrial minerals and rocks. Department of scientific and industrial Research information series* 63: 33-34.
- Levinson, A. A., 1974. *Introduction of exploration geochemistry*, 608 P. Calgary: Applied Publishing Company.
- Levinson, A. A., 1980, *Introduction to exploration geochemistry*. Chicago: University of Chicago.
- Sinclair, A. J., 1983. Univariate analysis. In: R. J. Howarth (Ed). *Statistics and data analysis in geochemical prospecting*, *Handbook of Exploration Geochemistry*, Vol. 2, Elsevier, Amsterdam, PP. 59-81.
- Sinclair, A. J., 1974. Selection of threshold values in geochemical data using



- probability graphs. *Journal of Geochemical Exploration* 3(2): 129-149.
- Solovov, A. P., 1987. *Geochemical prospecting for mineral deposits*. Moscow: Mir.
  - Solovov, A. P., 1985. *Geochemical methods of exploration of mineral resources. Manual for institutes of higher education (Nedra Moscow in Russian)*
  - Solovov, A. P., 1990. *Handbook on geochemical prospecting for useful minerals*. Moscow: Nedra publishing house.
  - Solovov, A. P., 1960. Parameters of primary halos for endogenic deposits. *Geology of ore deposits* (No. 3, 1960), P. 72-83.
  - Warren, H. V., and Delavault, R. E., 1960. Aqua regia extractable copper and zinc in plutonic rocks in relation to ore deposits, *inst. Mining metal* (V. 69, 1960), P. 495-504.
  - Ziaii, M, Carranza, E.G.M., Ziaei, M., (2011). Application of geochemical Zonality coefficients in mineral prospectivity mapping. *J. Computers & Geosciences*, 37, pp. 1935-1945. (C&G published a special issue edited by John Carranza).
  - Ziaii, M., Abedi, A., Ziaei, M., 2009. Geochemical and mineralogical pattern recognition and modeling with a Bayesian approach to hydrothermal gold deposits. *J. Applied Geochemistry*, 24, 1142-1146.
  - Ziaii, M., Pouyan, A. A., Ziaei, M., 2009. Neuro-fuzzy modelling in mining geochemistry: Identification of geochemical anomalies. *J. Geochemical Exploration*. 100, 25-36 (Hottest Articles), Academic Year 2009-2010.
  - Ziaii, M, Doulati, F., Ziaei, M., Soleymani, Ali A., 2012. Neuro-fuzzy modeling based genetic algorithms for identification of geochemical anomalies in mining geochemistry. *J. Applied Geochemistry*, 27, 663-676.
  - Kanikavan Iepak Co.(final report exploration Copper Jovein,2015)

## **Abstract**

Geological and geochemical studies in Jovein area was done. In geological studies, big scale geological maps were prepared. The mineralized zone were sampled, analysed and polished sections were prepared wick in them principal ores were recognised, mainly copper and iron oxides. In geochemical studies, the univariate, bivariate and multivariate statistical analysis methods were used to analyze the results, showing three mineralization zones in western, central and eastern part of the area. In the following, the geochemical zonality method was used to recognize exploration priorities and zoning the potential areas. By this method, desivable potential maps of the studied area was made. According to these maps, two zones in western and central parts of the area were choosed for detailed exploration and a hidden reservoir was proved. After field prospects, by experts, the central zone was suggested for detailed exploration and powdery drilling.

The final meter of wagon drilling in central zone is 520m. Geological studies of powder samples showed that provided forecasts by zonality method for central zone are absolvety valid and calculation of factor index of zonality showed a hidden reservoir at 10-20 meter depth of some boreholes. A though in some boreholes, mineralization zones are seen at more depth that should be attended in next stage of exploration of this area.

Key word: Geochemical zonality, coefficents zonality, index zonality, out of range, principal component analysis, normalation data, scory plot, desivable potential map.



Shahrood University of Technology

Faculty of Mine

**M. Sc. Thesis in**

**Evaluation and estimation geochemical anomalies of indexes copper  
in the North Jovein**

**Meisam Amani**

Adviser:

**Dr.mansour ziaii**

August 2015