

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

تحلیل داده‌های لیتوژئوشیمیایی منطقه چشمه نقره بر اساس تحلیل متعارف و تمایزی

سعید شریفی نژاد

استاد راهنما

دکتر سید رضا قوامی ریابی

استاد مشاور

مهندس محمد جعفری زنگلانو

شهریورماه ۱۳۹۴

تقدیر و تشکر

پاس خدای را که سخوران در ستوه او بماند و شمارندگان، شمران نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاران نتوانند و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، هم آنان که وجودمان و اندام و جودشان است.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه او، بازبان قاصد دست ناتوان چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تائین می کند و سلامت امانت های را که به دوش سپرده اند، تضمین، بر حسب وظیفه از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درستی من قلم عفو کشیده و گریانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی - چشم داشت بوده اند؛ از استاد صبور و شایسته جناب آقای دکتر سید رضا قوامی ریایی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از بیچ کمال و تلاشی در این عرصه بر من دریغ ننموده اند؛ از سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال شرق کشور که داده های این پروژه را در اختیار این حقیر قرار دادند و در حالی که بدون مساعدت این مجموعه، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید و آقای مهندس محمد جعفری که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم.

و پاس بیکران بر بهی و بهرامی و بهکامی بهسرم که با قلبی آکنده از عشق و معرفت، محیطی سرشار از سلامت و آرامش برای من فراهم آورده است.

و با تشکر خالصانه خدمت همه دوستانی که بانفس خیرشان و راهبانی های بی دریغشان مرا صمیمانه و مشفقانه یاری نموده اند.

باشد که این خردترین بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

مقاله مستخرج از پایان نامه

کاربرد آنالیز تفکیک به منظور جدایش انواع کانی سازی های شناسایی شده در منطقه چشمه نقره
کاشمر

(دومین کنگره بین المللی زمین شناسی کاربردی، اردیبهشت ۹۴، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد)

تعهد نامه

اینجانب سعید شریفی نژاد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی اکتشاف معدن دانشکده مهندسی

معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه تحلیل داده‌های لیتوژئوشیمیایی منطقه چشمه‌نقره

بر اساس تحلیل متعارف و تمایزی تحت راهنمایی جناب آقای دکتر سیدرضا قوامی ریابی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون 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 می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « Shahrood University » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای 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 اخلاق انسانی رعایت شده است

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. 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 نمی‌باشد.

چکیده

تحقیق پیش‌روی، مطالعه بر روی داده‌های بدست‌آمده از ۱۳۹۶ نمونه لیتوژئوشیمیایی مربوط به منطقه چشمه‌نقره کاشمر می‌باشد. این منطقه در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر استان خراسان رضوی قرار دارد و در راستای طرح اکتشافات سراسری ذخائر معدنی در ناحیه امیدبخش کلاته‌تیمور، مورد اکتشاف قرار گرفته است.

داده‌های این منطقه اکتشافی توسط مرکز زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال‌شرق کشور، برداشت و مورد آنالیز قرار گرفته است.

در این پژوهش، پس از مطالعات زمین‌شناسی منطقه، مطالعات آماری تک‌متغیره، دومتغیره و چندمتغیره بر روی داده‌ها انجام شد. نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی نشان داد منطقه مورد مطالعه متأثر از عملکرد دو گسل اصلی درونه و ریوش بوده و لیتولوژی موجود (مانند توف سیلیسی، آندزیت،...) وجود کانی‌سازی‌های مختلف در منطقه را محتمل می‌کند.

مطالعات آماری تک‌متغیره گویای آن است که داده‌ها توزیع لاگ‌نرمال دارند و همچنین پارامترهای آماری، نشان از بالا بودن غلظت عناصر مس، سرب، روی و نقره در سنگ میزبان داشتند.

در تحلیل دومتغیره برای محاسبه همبستگی داده‌ها، بدلیل غیرنرمال بودن داده‌ها از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده شد. نتایج، همبستگی بالای طلا با مس و نقره را نشان داد. همچنین عنصر مس با نقره و روی نیز همبستگی قابل ملاحظه‌ای داشت. عنصر روی و سرب نیز دارای همبستگی قابل ملاحظه‌ای هستند. نتایج حاکی از کانی‌سازی‌های احتمالی سرب و روی، مس و طلا و پلی‌متال در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه هستند.

به منظور انجام تحلیل‌های چندمتغیره، ابتدا روش‌های آنالیز خوشه‌ای و سپس روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر روی داده‌ها صورت گرفت که ارتباط عناصر مهم بدست آمده از جمله طلا و مس و نقره، سرب و روی و آنتیموان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این روش‌ها نشان داد که عنصر مس در کنار نقره و مولیبدن، سرب و روی با بیسموت و طلا با جیوه و آنتیموان نیز در یک گروه قرار می‌گیرند.

به منظور مطالعات دقیق‌تر و ارزیابی مؤلفه‌های کانی‌سازی‌ها، ضمن مدل‌سازی نمودار احتمال، حدود آنومال محاسبه و آنالیز تفکیک و تحلیل کانونی (آنالیز متعارفی) بر روی داده‌ها انجام گرفت. در روش آنالیز تفکیک، توابع تفکیک بدست‌آمده بر روی داده‌ها اعمال شده و جدایش کانی‌سازی‌ها بر روی نمودارهای توابع انجام شد.

بر اساس نتایج حاصل از شناسایی کانی‌سازی‌های محتمل در منطقه (که با استفاده از تحلیل تک-متغیره، دو متغیره، خوشه‌ای و PCA بدست آمده)، روش تحلیل کانونی به تبیین روابط بین گروه متغیره‌های کانی‌ساز با یکدیگر پرداخت و معادلات مذکور، نتایج مطلوبی از تعیین کانی‌سازی‌ها را ارائه کرد.

کلیدواژه‌ها: نمونه لیتوژئوشیمیایی، مدل‌سازی نمودار احتمال، آنالیز تفکیک، آنالیز متعارف، منطقه چشمه‌نقره.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- تعریف مساله	۲
۲-۱- روش‌شناسی تحقیق	۳
۱-۲-۱- آنالیز تفکیک	۴
۲-۲-۱- آنالیز متعارف	۶
۳-۱- سابقه‌ی تحقیق	۷
۱-۳-۱- آنالیز تفکیک	۷
۲-۳-۱- آنالیز متعارف	۸
۴-۱- هدف و ضرورت تحقیق	۹
۵-۱- ساختار پایان‌نامه	۹
فصل دوم: معرفی منطقه و زمین‌شناسی	۱۱
۱-۲- مقدمه	۱۲
۲-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی	۱۲
۳-۲- آب و هوا	۱۳
۴-۲- زمین‌شناسی عمومی	۱۴
۵-۲- سنگ‌شناسی	۱۶
۶-۲- ریخت‌شناسی منطقه	۱۷
۷-۲- تکتونیک و زمین‌ساخت	۱۸
۸-۲- دگرسانی	۱۹
۹-۲- نمونه‌برداری	۲۱
فصل سوم: نمونه‌برداری و آماده‌سازی مقدماتی داده‌ها	۲۹
۱-۳- مقدمه	۳۰

۳۰	۲-۳- تجزیه و تحلیل تک‌متغیره (پارامترهای آماری).....
۳۰	۱-۲-۳- پارامترهای مرکزیت داده‌ها.....
۳۰	۲-۴-۳- پارامترهای پراکندگی داده‌ها.....
۳۳	۵-۳- ارزیابی نرمال‌بودن داده و نرمالایز کردن آن‌ها.....
۳۳	۱-۵-۳- ارزیابی توزیع داده‌ها.....
۳۵	۲-۵-۳- نرمالایز کردن داده‌ها.....
۳۹	فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده‌های لیتوزئوشیمیایی.....
۴۰	۱-۴- مقدمه.....
۴۰	۲-۴- تجزیه و تحلیل دو متغیره.....
۴۲	۳-۴- تجزیه و تحلیل چند متغیره.....
۴۲	۱-۳-۴- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای.....
۴۴	۲-۳-۴- تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی.....
۴۷	۴-۴- مدل‌سازی و تعیین حدود آنومال داده‌ها.....
۵۵	فصل پنجم: روش‌های کاربردی آماری تحقیق.....
۵۶	۱-۵- مقدمه.....
۵۶	۲-۵- آنالیز تفکیک.....
۵۷	۱-۲-۵- تئوری و روابط ریاضی آنالیز تفکیک.....
۵۸	۲-۲-۵- آزمون اعتبار آنالیز تفکیک.....
۵۸	۳-۲-۵- انتخاب متغیرها در آنالیز تفکیک.....
۵۹	۳-۵- تمایز جوامع با استفاده از آنالیز تفکیک.....
۶۵	۴-۵- تحلیل همبستگی کانونی.....
۶۵	۱-۴-۵- مفهوم و تعریف.....
۶۶	۲-۴-۵- تئوری و روابط ریاضی.....

۶۸	۵-۴-۳- بررسی داده‌ها با استفاده از آنالیز کانونی
۷۲	۵-۵- اعتبارسنجی نتایج
۷۵	فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۷۵	۶-۱- نتایج
۷۶	۶-۲- پیشنهادها
۷۷	منابع
۷۹	پیوست‌ها
۸۰	پیوست ۱
۸۳	پیوست ۲
۸۶	پیوست ۳
۸۹	پیوست ۴
۹۶	پیوست ۵
۱۰۲	پیوست ۶

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱. شکل شماتیک از توزیع دو متغیر با نمودارهای پراکندگی ۵
- شکل ۱-۲. موقعیت محدوده اکتشافی چشمه نقره و نقشه راه‌های ارتباطی آن ۱۳
- شکل ۲-۲. محدوده اکتشافی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر ۱۶
- شکل ۳-۲. موقعیت منطقه اکتشافی چشمه نقره ۱۸
- شکل ۴-۲. نقشه ۱:۲۰۰۰۰ منطقه چشمه نقره **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۵-۲. موقعیت ترانسه‌ها بر روی نقشه ۱:۵۰۰۰ منطقه چشمه نقره **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۶-۲. موقعیت نمونه‌ها بر روی نقشه ۱:۲۰۰۰۰ منطقه چشمه نقره ۲۷
- شکل ۱-۳. هیستوگرام و نمودار احتمال Ag (الف)، Cu (ب)، Pb (ج) و Zn (د) ۳۵
- شکل ۲-۳. هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی عناصر Ag (الف)، Cu (ب)، Pb (ج) و Zn (د) ۳۸
- شکل ۱-۴. دندوگرام بدست آمده با روش خوشه‌بندی دورترین همسایگی ۴۳
- شکل ۲-۴. نمودار مؤلفه‌های اصلی بر حسب مقدار ویژه آن‌ها ۴۵
- شکل ۳-۴. نمودار سه بعدی مؤلفه‌ها و وابستگی عناصر با پترورن‌های مختلف با آنالیز مؤلفه‌های اصلی ۴۷
- شکل ۴-۴. مدل‌سازی نمودار احتمال عنصر سرب ۴۸
- شکل ۵-۴. مدل‌سازی نمودار احتمال عنصر روی ۴۹
- شکل ۶-۴. مدل‌سازی نمودار احتمال عنصر مس ۵۰
- شکل ۷-۴. نقشه پراکندگی غلظت عناصر مس (الف)، سرب (ب)، روی (ج)، نقره (د) و آنتیموان (ه) ۵۳
- شکل ۱-۵. نقشه منطقه‌بندی بر اساس توابع استاندارد ۱ و ۲ ۶۲
- شکل ۲-۵. نمودار جدایش محدوده‌های کانی‌سازی بر اساس توابع F_i و F_j ۶۳
- شکل ۳-۵. نقشه پراکندگی مقادیر توابع ۱ (الف) و ۲ (ب) ۶۴
- شکل ۴-۵. نمودار محدوده‌های کانی‌سازی بر اساس توابع کانونی ۱ و ۲ ۷۰
- شکل ۵-۵. نقشه پراکندگی مقادیر تابع ۱ (الف) و تابع ۲ (ب) ۷۱

فهرست جداول

جدول ۱-۳. جدول آمار توصیفی عناصر	۳۲
جدول ۱-۴. نتایج همبستگی اسپیرمن	۴۱
جدول ۲-۴. نتایج آنالیز PCA و مؤلفه‌های اصلی داده‌های لیتوژئوشیمیایی منطقه چشمه‌نقره	۴۶
جدول ۳-۴. متغیرها و شدت تأثیر آنها بر روی مؤلفه‌های اصلی بر اساس PCA	۴۶
جدول ۴-۴. نتایج جوامع مدل‌سازی شده برای عنصر سرب	۴۸
جدول ۵-۴. نتایج جوامع مدل‌سازی شده برای عنصر روی	۴۹
جدول ۶-۴. نتایج جوامع مدل‌سازی شده برای عنصر مس	۵۰
جدول ۱-۵. ویژگی‌های دو تابع تعریف شده	۶۰
جدول ۲-۵. ضرایب Wilks' Lambda و Chi-square	۶۰
جدول ۳-۵. نتایج کلاس‌بندی و اعتبارسنجی برای سرب در محدوده سرب و روی	۶۱
جدول ۴-۵. معنی‌داری معادلات محاسبه شده	۶۹
جدول ۵-۵. ضرایب استاندارد شده معادلات کانونی برای متغیرهای گروه اول	۶۹
جدول ۶-۵. ضرایب استاندارد شده معادلات کانونی برای متغیرهای گروه دوم	۶۹
جدول ۷-۵. همبستگی بین متغیرهای گروه اول و معادلات کانونی	۷۰
جدول ۸-۵. همبستگی بین متغیرهای گروه دوم و معادلات کانونی	۷۰
جدول ۹-۵. نمونه‌های اعتبارسنجی گرفته‌شده از آنومالی پلی‌متال	۷۳
جدول ۱۰-۵. نمونه‌های اعتبارسنجی گرفته‌شده از آنومالی سرب و روی بخش شمال شرقی	۷۳
جدول ۱۱-۵. نمونه‌های اعتبارسنجی گرفته‌شده از آنومالی سرب و روی جنوب غربی	۷۳
جدول ۱۲-۵. نمونه‌های اعتبارسنجی گرفته‌شده از آنومالی مس و نقره	۷۴

فصل اول: کلیات

۱-۱- تعریف مساله

روش‌های مختلفی برای دسته‌بندی مشاهدات یک جامعه به چندین گروه موجود است. این روش‌ها به مشخص‌بودن تعداد گروه‌ها و همچنین نوع متغیرهای مورد اندازه‌گیری بستگی دارد. آنالیز تفکیک^۱ که به نام‌های آنالیز تمایز، آنالیز تفریقی و آنالیز تشخیص نیز از آن نامبرده می‌شود، راه‌کاری است که می‌توانیم متغیرها را در قالب گروه‌های مجزا از هم تفکیک کنیم به صورتی که هر گروه در عین اینکه با گروه دیگر شباهت و همبستگی دارد از انسجام لازم نیز برخوردار باشد. در واقع آنالیز تفکیک، گروه‌بندی داده‌ها به گروه‌های متجانس است به گونه‌ای که مشاهدات هر گروه با دیگری شبیه باشند و مشاهدات گروه‌های مختلف نسبت به یکدیگر کمترین شباهت را داشته باشند. مهمترین کاربردهای آنالیز تفکیک را می‌توان چنین خلاصه کرد (غیاثوند، ۱۳۹۱):

۱- بررسی تفاوت‌های بین گروهی

۲- تعیین مناسب‌ترین روش تفکیک گروه‌ها

۳- تشخیص و حذف متغیرهایی که در ایجاد تمایز بین گروه‌ها نقشی ندارند

۴- طبقه‌بندی داده‌های مورد مطالعه در گروه‌های تعیین‌شده

۵- آزمون میزان دسترسی طبقه‌بندی مشاهده‌شده با طبقه‌بندی پیش‌بینی‌شده

آنالیز تفکیک چند متغیره یکی از تکنیک‌های آماری در جداسازی داده‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمی در گروه‌های از پیش تعیین‌شده بر اساس مجموعه‌ای از ویژگی‌های مشاهده شده است. در این روش آنالیز، واریانس بین گروه‌ها را افزایش می‌دهند. به بیان دیگر، این آنالیز تأثیر بیشتری بر روی واریانس بین گروه‌ها تا واریانس بین داده‌های هر گروه دارد. هدف آنالیز تفکیک بدست آوردن فاکتورهای موثر در جداسازی گروه‌های مشاهدات است. علاوه بر آن، این روش می‌تواند مشاهدات جدید را در یکی از گروه‌های موجود قرار دهد. با رویکرد کلاسیک، قوانین تفکیک اغلب بر پایه میانگین تجربی و ماتریس کوواریانس بخشی از داده‌ها یا کل داده‌ها است (Govett, 2000). از آنجا که این تخمین‌ها به شدت تحت تأثیر داده‌های خارج از ردیف قرار می‌گیرد، لذا به کاربرد این روش با

^۱Discriminant Analysis

داده‌های همراه داده خارج از ردیف و دورافتاده نامناسب است. عملکرد این روش از طریق شبیه‌سازی-های متعدد و همچنین روی گروه داده‌های واقعی بررسی شده است.

از آنالیزهای دیگری که در این پروژه بر روی داده‌ها انجام می‌شود آنالیز متعارف^۱ است. این روش که به نام روش کانونی نیز به کار می‌رود یکی از روش‌های آماری چند متغیره است و به روش‌های متقارن و نامتقارن تقسیم‌بندی می‌شود. یکی از روش‌های آنالیز متعارف روش آنالیز تطبیقی متعارف است که به تبیین روابط بین گروه‌های با متغیرهای تأثیر متفاوت می‌پردازد. در ادامه به تفصیل در خصوص روش‌های ذکر شده توضیحات لازم ذکر خواهد شد.

۱-۲- روش‌شناسی تحقیق

در انجام این پروژه، از ۱۳۹۶ نمونه لیتوژئوشیمیایی که از حفریات و مناطق دگرسانی برای طلا، نقره، آرسنیک، بیسموت، مس، مولیبدن، سرب، روی و آنتیموان برداشت شده، استفاده شده‌است. این داده‌ها توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال‌شرق کشور از محیط اولیه (محیط سنگی) منطقه چشمه‌نقره شهرستان کاشمر برداشت شده‌است. اکتشافات مقدماتی منطقه منجر به تعیین ۴ گمانه شده‌است. اعتبارسنجی نتایج روش این تحقیق بر اساس اطلاعات مربوط به این گمانه-ها انجام شده‌است.

برای استفاده از داده‌ها ابتدا داده‌های خارج از ردیف حذف شده و سپس نرمال‌سازی داده‌ها صورت می‌گیرد. روشی که از آن برای نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شده تبدیل لگاریتمی چند متغیره است. این آنالیز، متغیرهای مؤثر و مفید را از متغیرهای بدون تأثیر تفکیک نموده است. بر اساس روش مدل‌سازی نمودار احتمال، حد آنومال متغیرهایی مفید مشخص و نقشه پراکندگی هاله‌های ژئوشیمیایی مربوطه ترسیم و عناصر مهم در محدوده‌های کانی‌سازی در هر بخش از منطقه شناسایی شده است.

پس از طبقه‌بندی با استفاده از آنالیز متعارف به تبیین روابط بین گروه‌ها می‌پردازیم که این روابط معنی داری تأثیر متغیرها بر روی گروه داده‌ها را نشان می‌دهد. این معنی‌داری به صورت روابط خطی یا به شکل یک تابع نشان داده می‌شوند. در روابط خطی، متغیرهای اصلی وزن‌دهی شده و

^۱ Canonical Analysis

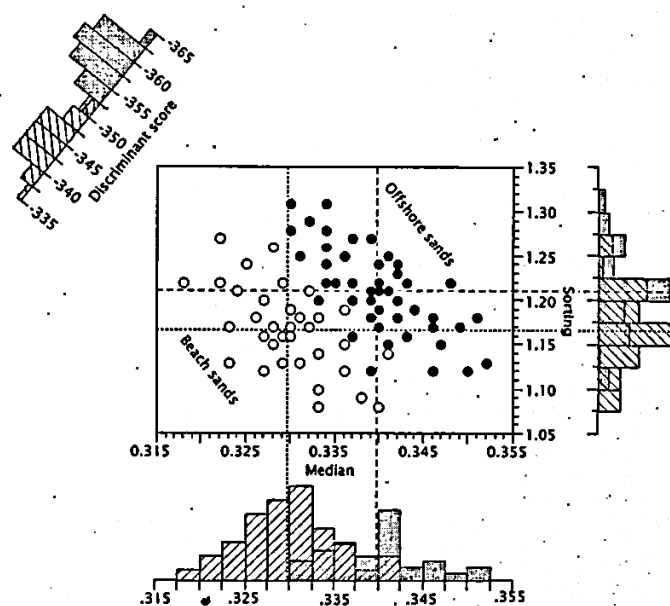
متغیر متعارف و معیار بدست آمده است. علاوه بر این، همبستگی متعارف^۱ را نیز می‌توان برای تعیین روابط مذکور به کار برد. کاربرد همبستگی متعارف ممکن است شامل تعیین رابطه بین یک گروه از متغیرهای ژئوشیمیایی و یک گروه از متغیرهای پتروگرافی باشد (Davis, 2002). در ادامه به شرح این آنالیزها خواهیم پرداخت.

بر اساس توابع تعریف‌شده، می‌توان به توابعی که بهترین تمایز بین داده‌ها را ایجاد می‌نماید، رسید. بر این اساس، داده‌های اکتشافی با اهمیت از بی‌اهمیت جدا خواهند شد و براساس معیار ژئوشیمیایی و موقعیت مکانی داده، به اولویت‌بندی مناطق اکتشافی پرداخته می‌شود. بر اساس نتایج داده‌های اکتشافی موجود از منطقه مورد مطالعه، نتایج بدست‌آمده نیز اعتبارسنجی شده و دقت روش‌ها و توابع پیشنهادی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۲-۱- آنالیز تفکیک

آنالیز تفکیک بعنوان تکنیک آماری چندمتغیره، بر اساس متغیرهای پیش‌بینی‌کننده مشاهده شده و گروه‌های از پیش تعریف شده، هر مشاهده را در یک گروه خاص طبقه‌بندی و دسته‌بندی می‌کند. در اصل آنالیز تفکیک با یک گروه داده‌های آزمایشی در دو یا چند کلاس از پیش تعیین شده انجام می‌گیرد و یک مدل چند متغیره شکل می‌گیرد که مدل کلاس‌ها را بطور بهینه جدا می‌کند. سپس مشاهدات نامشخص و نامعلوم را به یکی از کلاس‌ها اختصاص می‌دهد. مدل چندمتغیره را می‌توان به نحوی طراحی کرد که حداقل خطای طبقه‌بندی در هنگام دسته‌بندی داده‌های ناشناخته در کلاس‌های از پیش تعیین‌شده یا گروه‌های انتخابی، صورت گیرد (Roshani et al., 2013). عملکرد آنالیز تفکیک در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.

^۱ Canonical Correlation



شکل ۱-۱. شکل شماتیک از توزیع دو متغیر با نمودارهای پراکندگی (Davis, 2002)

همانطور که در شکل (۱-۱) نشان داده شده است دایره‌های سفید نمونه‌های کلاس ۱ و دایره‌های سیاه نمونه‌های کلاس ۲ هستند. در کلاس ۱ نمونه‌های شن ریزدانه بدست آمده از کرانه ساحلی خلیج تگزاس است و در کلاس ۲ نمونه‌های شن ریزدانه جمع‌آوری شده از قسمت ساحلی خلیج مکزیک است. خط‌چین‌های موجود در شکل میانگین‌های دو گروه را نشان می‌دهند. پراکندگی امتیازهای تفکیک نیز در نمودار سمت چپ بالای شکل نشان داده شده است (Davis, 2002). با استفاده از تابع تفکیک بهترین محور جهت تفکیک متغیرها قابل تشخیص است.

جداسازی یک ابزار قدرتمند آماری است که می‌تواند بعنوان یک راه‌حل برای مسائل تک‌متغیری مرتبط با رگرسیون چندگانه یا مسائل چندمتغیری مرتبط با آزمون‌های آماری مورد توجه قرار گیرد. هرچند ما باید روند جداسازی را تعریف و آنرا بدقت از روند طبقه‌بندی‌های دیگر تشخیص دهیم. فرض کنید دو گروه از نمونه‌های شیل از چشمه‌های آب شیرین و آب شور جمع‌آوری شده باشد. بایستی منشأ آن‌ها را با یک آزمون از محتوای فسیل آن‌ها تعیین کرد. تعدادی از متغیرهای ژئوشیمیایی برای هر نمونه اندازه‌گیری شده‌اند که شامل میزان وانادیوم، برم، آهن و چند فاکتور دیگر هستند. مسأله در اینجا پیدا کردن ترکیب خطی‌ای از این متغیرهاست که مقدار ماکزیمم اختلاف بین این دو گروه تعریف شده (آب شیرین و آب شور) را ایجاد نماید. اگر تابعی تعریف شود که اختلاف معنی‌داری را ایجاد نماید می‌توان از این تابع برای تقسیم کردن و طبقه‌بندی کردن نمونه‌های جدید شیل از منشأ ناشناخته و نامعلوم و قراردادن آن‌ها در تابع استفاده و نمونه‌های جدید را در یکی از دو

گروه اصلی قرار داد. به بیان دیگر، نمونه‌های شیل جدید که حاوی فسیل‌های قابل تشخیص نیستند را بر اساس تابع تفکیک خطی ترکیبات ژئوشیمیایی آن‌ها بعنوان منشأ دریایی یا آب‌شیرین طبقه‌بندی کرد. لازم بذکر است این مسأله بوسیله پاتر^۱، شیمپ^۲ و ویترز^۳ در سال ۱۹۶۳ بکار برده شده است (Davis, 2002). در ادامه و در فصل ۴ در مورد تئوری این روش توضیح خواهیم داد.

۱-۲-۲- آنالیز متعارف

آنالیز همبستگی متعارف یکی از روش‌های چند متغیره جهت ترکیب، آنالیز و تفسیر داده‌های علوم زمین است که از آن برای آنالیز داده‌هایی که دارای توزیع مکانی و همچنین مختصات یکسانی هستند استفاده می‌شود. آنالیز همبستگی متعارف روش چندمتغیره‌ای است که اصول محاسباتی شبیه به آنالیز فاکتوری دارد، اما تفاوت اساسی آن با رگرسیون چندگانه در این است که ارتباط یک گروه از متغیرها با گروه دیگری از متغیرها با هم مقایسه می‌گردند. این ارتباط را می‌توان از طریق پیدا کردن ترکیبات خطی متغیرهای گروه اول با متغیرهای گروه دوم بررسی نمود. این‌گونه همبستگی‌ها را همبستگی متعارف و ترکیبات خطی آن را معادلات متعارف^۴ می‌نامند (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۰).

آنالیز همبستگی متعارف یک تکنیک آماری نسبتاً ناشناخته است. در دسترس بودن برنامه‌های کامپیوتری، اکثر تکنیک‌های چندمتغیره و کاربرد رو به رشد آن‌ها در مسایل پژوهشی را تسهیل کرده است. همبستگی متعارف را بعنوان یک مدل عمومی نسبت به دیگر تکنیک‌های آماری می‌توان در نظر گرفت زیرا این مدل هم می‌تواند از داده‌های متریک و هم داده‌های غیرمتریک برابر متغیرهای مستقل و وابسته استفاده کند. ما فرم عمومی آنالیز متعارف را به شکل زیر بیان می‌کنیم:

$$(متغیرهای مستقل) \dots + X_n + X_3 + X_2 + X_1 = Y_n + Y_3 + Y_2 + Y_1 (متغیرهای وابسته)$$

(metric, nonmetric) (metric, nonmetric)

^۱ Potter

^۲ Shimp

^۳ Witters

^۴ Canonical Variates

با توجه به اینکه رگرسیون چندگانه یک متغیر وابسته منفرد از یک گروه متغیرهای مستقل چندگانه را پیش‌بینی می‌کند، همبستگی متعارف همزمان و باهم متغیرهای وابسته چندگانه را از متغیرهای مستقل چندگانه پیش‌بینی می‌کند. همبستگی متعارف کمترین محدودیت را بر روی انواع داده‌هایی که از آن‌ها استفاده می‌کنیم، اعمال می‌کند. پژوهشگران در موقعیت‌هایی با متغیرهای مستقل و وابسته چندگانه، همبستگی متعارف را مناسبترین و قدرتمندترین تکنیک چندمتغیره می‌دانند که در زمینه‌های مختلف بعنوان یک ابزار مفید برای آنالیزهای آماری است (Hair et al., 1998).

کلیات آنالیز همبستگی متعارف با فرضیات اساسی آماری تعمیم داده می‌شود. فرض خطی بودن از دو جنبه بر روی نتایج همبستگی متعارف تأثیر می‌گذارد. اول، ضریب همبستگی^۱ بین دو متغیر بر اساس رابطه خطی است. اگر رابطه غیرخطی است آنگاه یک یا هر دو متغیر باید تغییر کنند البته اگر ممکن باشد. دوم، همبستگی متعارف رابطه خطی بین متغیرهاست. اگر متغیرها از یک روند غیرخطی تبعیت کنند، رابطه آن‌ها با همبستگی متعارف بدست نخواهد آمد. یک محقق باید قبل از اعمال آنالیز همبستگی متعارف به صورت مفهومی و تجربی بین گروه متغیرها ارتباط و رابطه‌ای بیابد. این کار برای معیارهای متغیرهای دو گروه داده‌ها برای بدست آوردن یک بنیاد و مبنای مفهومی قوی برای متغیرها ضروری و مهم است (Hair et al., 1998).

۱-۳- سابقه‌ی تحقیق

۱-۳-۱- آنالیز تفکیک

اولین بار نظریه آنالیز تفکیک در دهه ۱۹۳۰ میلادی توسط آماردان انگلیسی کارل پیرسون و همکاران در زمینه فواصل گروه‌ها و یا ضرایب تشابه نژادی ارائه گردید. به طور خاص این تفکیک اولین بار توسط فیشر در سال ۱۹۳۶ ابداع شد و روش‌شناسانان دانشگاه هاروارد در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ علاقه بسیاری به این روش برای مطالعه در حوزه آموزش و پرورش و روان‌شناسی نشان دادند (بایزیدی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین هابرتی و همکاران (سال ۲۰۰۴) آنالیز تفکیک تحت عنوان آنالیز تفکیک استوار^۲ را معرفی کردند (Hubert et al., 2004). در سال ۲۰۰۹، اندرسون و همکاران در زمینه آلودگی‌های زیست محیطی، آنالیز تفکیک را جهت آنالیز داده‌های خوشه‌بندی شده به کار بردند (Anderson et al., 2009). همچنین در سال ۲۰۱۰ په و هالامیچ مدل تابع تفکیک بعنوان ابزاری

^۱ Correlation Coefficient

^۲ Robust discriminant Analysis

برای رده‌بندی و چینه‌شناسی رادیولارین چرت‌های موجود در زون‌های افیولیتی معرفی کردند (Peh & Halamic, 2010). بر همین اساس روشنی و همکاران (سال ۲۰۱۳) کاربرد آنالیز تابع تفکیک در اکتشاف کانی‌سازی مس پورفیری کوه‌پنج بر اساس داده‌های ژئوشیمیایی را استفاده کردند (Roshani et al., 2013).

۱-۳-۲- آنالیز متعارف

آنالیز همبستگی متعارف^۱ توسط هاتلینگ^۲ در سال ۱۹۳۶ برای توصیف رابطه خطی بین دو متغیر چندبعدی یا دو گروه متغیر بیان شد. در سال ۱۹۸۵ استین‌هورست^۳ و ویلیامز^۴ با استفاده از آنالیز متعارف و روش‌های دیگر آماری، منابع آب زیرزمینی را از یکدیگر جدا و طبقه‌بندی کردند. اساس کار آن‌ها استفاده از متغیرهای شیمیایی آب بوده که با طبقه‌بندی و بدست آوردن تابع متعارف میزان تأثیر هر کدام از متغیرها را بر منابع بدست آورده و بر این اساس طبقه‌بندی منابع آب زیرزمینی انجام شد (Steinhorst & Williams, 1985). رنجبر و همکاران در سال ۱۳۸۰ داده‌های ژئوفیزیک، ژئوشیمی و آلتراسیون منطقه دره‌زار استان کرمان را با استفاده از روش آنالیز همبستگی متعارف تحلیل کردند. آن‌ها با استفاده از این آنالیز مناطق با دگرسانی‌های گرمایی را جداسازی نمودند که مناطق دگرسان‌شده خود نشانه مناسبی از کانی‌سازی بودند (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۰). در سال ۲۰۱۲ آمیگو^۵ و همکاران، آنالیز متعارف را بر روی نمونه‌های آبی و رسوبات رودخانه‌ای به منظور تعیین غلظت عناصر کمیاب، انجام دادند (Amigo et al., 2012). در این مطالعه متغیرها، خصوصیات فیزیکی‌وشیمیایی نمونه‌ها بود. آنالیز متعارف، به منظور تعیین ارتباط بین متغیرهای فیزیکی‌وشیمیایی، همبستگی قوی‌ای بین چند متغیر (بعنوان مثال همبستگی بین مقدار کربنات و عناصر کمیاب در رسوبات) بدست آورد. همچنین در سال ۲۰۱۴ دی‌لئوناردو^۶ و همکاران، عناصر کمیاب در رسوبات ساحلی را با استفاده از یک رویکرد آماری چند متغیره بر اساس آنالیز همبستگی متغیر بررسی کردند که در نتیجه عناصر کمیاب و منشأ آن‌ها تخمین زده شد که طبقه‌بندی آن‌ها نیز به منظور استفاده در دیگر رسوبات ساحلی حاوی این عناصر به کار برده می‌شود (Leonardo et al., 2014).

^۱ Canonical Correlation Analysis, CCA

^۲ Hotelling

^۳ R. Kirk Steinhorst

^۴ Williams

^۵ J. M. Amigo

^۶ Rossella Di Leonardo

۱-۴- هدف و ضرورت تحقیق

یکی از اهداف این تحقیق، شناسایی محدوده‌های احتمالی کانی‌سازی با استفاده از آنالیزهای آماری و ارزیابی‌های ژئوشیمی اکتشافی است. نتایج ارزیابی ژئوشیمی، تعیین پارامترهای با اهمیت اکتشافی خواهد بود که در تعیین مناطق آنومال مؤثر می‌باشند.

در مطالعات ژئوشیمیایی، طبقه‌بندی و گروه‌بندی داده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. این گروه‌بندی می‌تواند با توجه به متغیرهای خاصی انجام گیرد. در بسیاری از مطالعات انجام گرفته متغیرهایی به کار می‌روند که ارتباط معنی‌داری با هدف مورد بررسی و نهایتاً گروه‌بندی داده‌ها ندارد. در این میان تعیین پارامترهای تاثیرگذار در یک فرآیند زمین‌شناسی-کانی‌سازی خاص از اهمیتی ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. بعلاوه در مطالعات ژئوشیمیایی، روابط بین متغیرها در نتیجه‌گیری نقش بسیار مهمی دارد که بدون بدست‌آوردن این روابط رسیدن به هدف اکتشافی مورد نظر غیرممکن است. چنانچه بتوان به نحوی مناسب داده‌ها را گروه‌بندی نمود و گروه بااهمیت به لحاظ اکتشافی را در بین گروه‌های تفکیک‌شده مشخص نمود، این امکان وجود خواهد داشت تا برای نمونه‌های مجهولی که بااهمیت یا بی‌اهمیت بودن آن مبهم است بتوان آن را دسته‌بندی نمود و اهمیت آن‌ها را تشخیص داد. یکی دیگر از اهدافی که در این پروژه مد نظر قرار گرفته مقایسه نتایج روش‌های آماری و دست-یافتن به روش بهینه است. این مقایسه با توجه به نزدیک بودن نتایج بدست‌آمده با نتایج اعتبارسنجی، حاصل از نمونه‌های اعتبارسنجی صورت می‌گیرد.

۱-۵- ساختار پایان‌نامه

پایان‌نامه پیش‌رو متشکل از ۶ فصل می‌باشد. ساختار کلی این فصول شامل مطالب زیر است:

فصل اول: در این فصل توضیحاتی راجع به مسأله مورد بررسی، اهداف و ضرورت انجام تحقیق آورده شده و روش‌های مورد استفاده بطور کلی معرفی شده است. همانطور که ذکر گردید یکی از اهداف اصلی، مقایسه روش‌های مطرح شده است.

فصل دوم: به منظور اکتشاف محدوده کانی‌سازی، پژوهشگر اطلاعاتی از زمین‌شناسی، سنگ-شناسی و ریخت‌شناسی منطقه نیاز دارد. در فصل دوم این اطلاعات به منظور شناخت بهتر از منطقه آورده شده است.

فصل سوم: در این فصل چگونگی و نوع نمونه‌های برداشت شده از محدوده اکتشافی مشخص شده و همچنین به بررسی اولیه داده‌ها پرداخته شده است. این بررسی‌ها شامل تجزیه و تحلیل تک-متغیره می‌باشد. پارامترهای آماری حاصل از تجزیه و تحلیل تک-متغیره اطلاعات بسیار مهمی از داده‌ها را بدست می‌دهد.

فصل چهارم: در ادامه تجزیه و تحلیل داده‌ها، در فصل چهارم به تجزیه و تحلیل دومتغیره و چندمتغیره پرداخته شده است. بدست آوردن همبستگی عناصر و رسم نمودار پراکندگی غلظت عناصر در راستای آنالیز دومتغیره داده‌ها صورت گرفته است. همچنین آنالیز خوشه‌ای و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی صورت گرفته بر روی داده‌ها و مدل‌سازی و تعیین جوامع آنومال پارامترهای با اهمیت در ادامه این فصل ارائه شده است.

فصل پنجم: روش‌های اصلی به کار گرفته شده در این پروژه در این فصل معرفی و استفاده شده‌اند. در ابتدا تئوری و روابط ریاضی حاکم بر آنالیز تفکیک تعریف شده و سپس توابع و جوامع با استفاده از این آنالیز تفکیک شده‌اند. در بخش پایانی نیز آنالیز متعارف آورده شده است.

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات حاصل از این تحقیق در این فصل ارائه شده‌اند.

فصل دوم: معرفی منطقه و زمین شناسی

۲-۱- مقدمه

تلفیق اطلاعات زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه در بررسی و اکتشاف کانسارها بعد از تحلیل - های ژئوشیمیایی از اهمیت خاصی برخوردار است. توجه به پترولوژی منطقه راهنمای خوبی برای داشتن دید کلی از منطقه است. بعنوان مثال مدل‌های پترولوژیکی برای اکتشاف برخی از کانسارها مثل کانسارهایی که همراه با سنگ‌های مافیکی و اولترامافیکی هستند از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین بیشتر عناصر کمیاب دنیا از کربناتیت‌ها بدست می‌آید یا الماس همراه کیمبرلیت‌ها کشف می‌شود (کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). آشنایی با ارتباط بین پتروژنز و کانی‌سازی یکی از مهمترین معیارهای اکتشاف است.

در فصل حاضر اطلاعات زمین‌شناسی منطقه ارائه شده که این اطلاعات شامل موقعیت جغرافیایی، زمین‌شناسی عمومی منطقه و ریخت‌شناسی است. همچنین تکتونیک و زمین‌ساخت منطقه که یکی از مهم‌ترین و شاید اولین معیار برای پی‌جویی یک ماده معدنی و انتخاب مناطق مناسب جهت اکتشاف در مقیاس جهانی و کشوری است در ادامه توضیح داده شده است. در نهایت نیز آلتراسیون و سنگ‌شناسی منطقه بررسی شده است.

۲-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

منطقه اکتشافی چشمه‌نقره از نظر جغرافیایی در شمال‌شرق ایران، استان خراسان رضوی واقع شده‌است. از نظر مسافت، در ۱۵۰ کیلومتری جنوب غرب شهر مشهد، ۲۰ کیلومتری شمال‌غربی شهرستان کاشمر و در فاصله ۴ کیلومتری شرق روستای کلاته تیمور واقع شده است. از نظر تقسیمات کشوری از توابع شهرستان کاشمر و بخش کوه‌سرخ به مرکزیت ریوش است.

این منطقه با مساحت تقریبی ۱/۲ کیلومتر مربع از دو ناحیه همجوار به ترتیب با مختصات جغرافیایی:

ناحیه شمال‌غربی: $58^{\circ} 24' 37''$ تا $58^{\circ} 24' 03''$ طول شرقی

$35^{\circ} 24' 30''$ تا $35^{\circ} 24' 09''$ عرض شمالی

ناحیه جنوب‌شرقی: $58^{\circ} 25' 09''$ تا $58^{\circ} 24' 37''$ طول شرقی

$35^{\circ} 24' 18''$ تا $35^{\circ} 23' 56''$ عرض شمالی

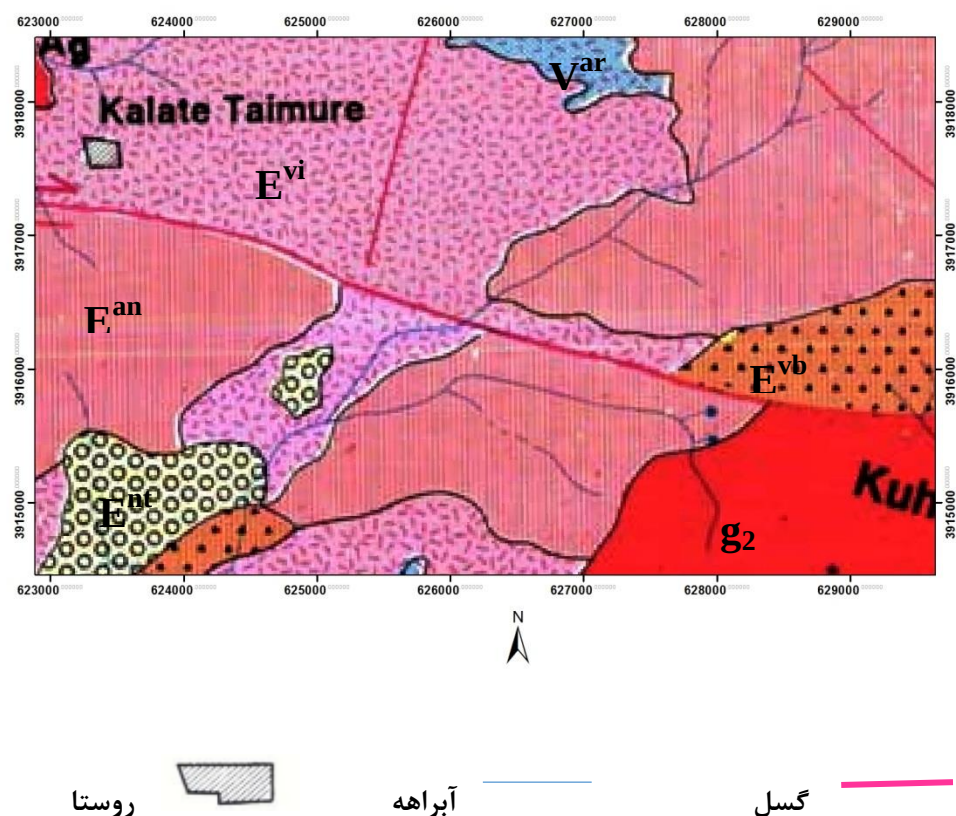
۲-۳- آب و هوا

۱۳

ترین ماه‌ها تیر، مرداد و شهریور می‌باشند. میانگین دمای سالیانه بین ۱۲/۲ تا ۲۳/۷ درجه سانتیگراد نوسان دارد. دی‌ماه با میانگین حداقل ۳ درجه سانتیگراد سردترین ماه و تیرماه با حداکثر ۳۷/۸ درجه سانتیگراد گرم‌ترین ماه سال می‌باشند (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۴- زمین‌شناسی عمومی

از نظر زمین‌شناسی این محدوده در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی کاشمر واقع شده است (این محدوده در شکل (۲-۲) با کادری سیاه‌رنگ مشخص شده‌است). محدوده مورد مطالعه از دیدگاه زون-های ساختاری ایران، در قسمت جنوبی زون سبزوار قرار گرفته است. زون ساختاری سبزوار در واقع یک واحد زمین‌شناسی- ساختاری است که از شمال به گسل حاشیه جنوبی بینالود و از جنوب به گسل درونه محدود می‌گردد (شکل ۲-۳). واحدهای اصلی زمین‌شناسی در این پهنه از شمال به جنوب متغیر می‌باشد به گونه‌ای که می‌توان به سری‌های ولکانوپلاژیک متشکل از سنگ‌های آتشفشانی و نهشته‌های دریایی عمیق شامل چرت‌های رادیولاریتی، آهک‌های چرتی و پلاژیک، ملانژهای افیولیتی و بالاخره کمپلکس دیابازهای ورقه‌ای به سن کرتاسه پایانی در شمال و نهشته‌های آذرآواری مربوط به کمان ماگمایی ترشیری در جنوب اشاره نمود. محدوده مورد مطالعه نیز در بخش جنوبی این زون ساختاری قرار دارد (شکل ۲-۳) و لذا ردیفی نسبتاً ستبر از توف، توفیت، توف برش، گدازه‌هایی که ترکیب آن‌ها از آندزیت پیروکسن‌دار تا داسیت تغییر می‌نماید (شکل ۲-۲)، مجموعه نهشته‌های این محدوده را می‌سازد. توالی نهشته‌ها حکایت از آن دارد که خروج گدازه طی چندین مرحله انجام شده و در فاصله زمانی آن‌ها نهشته‌های آذرآواری دانه‌ریز گذارده شده است. در این فواصل که نسبتاً طولانی بوده محیط جهت شکل‌گیری حیات و پیدایش گونه‌هایی از فرامینفرها فراهم شده است بطوریکه در دو افق با فاصله بیش از چندصد متر رسوب در حد فاصل‌شان، فرامینفرها را می‌توان شناسایی نمود. این نهشته‌ها در حقیقت بخشی از نهشته‌هایی مربوط به فعالیت یک کمربند ماگمایی است که با گسترش شرقی- غربی و خمیدگی به سوی شمال بیش از ۳۵۰ کیلومتر درازا (از مرز افغانستان تا ناحیه بیارجمند) و پهنایی متغیر از ۱۵ تا ۸۰ کیلومتر در عهد ائوسن فعال بوده است (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸). جایگزینی توده‌های گرانیتوئیدی تا گرانیتی در اولیگوسن و نیز وجود دو گسل عمده و جانبی درونه در جنوب و ریوش در شمال از مهمترین عوامل مؤثر در شکل‌گیری ساختارها، گسل‌ها و نیز بالا بردن توان معدنی محدوده بوده‌اند (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۲-۲. محدوده اکتشافی چشمه نقره برگرفته از ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشمر (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۸۰)

مهمترین واحدهایی که مرتبط با محدوده موردنظر هستند در ادامه آورده شده است.

E^{vi} : سنگ‌های ولکانیکی شامل داسیت، لاتیت آندزیت، توف سبز و سنگ‌های پیروکلاستیک

E^{nb} : سنگ‌های پیروکلاستیک اغلب برش‌های ولکانیکی و توف ریزدانه

E^{an} : لاتیت، داسیت و ریوداسیت آندزیت

Var : سنگ‌های آتشفشانی ولکانیکی

g_2 : گرانیت آلکالی فلدسپار

E^{nt} : توف آهکی

۲-۵- سنگ شناسی

با توجه به نقشه ۱:۲۰۰۰۰ محدوده معدنی کلاته تیمور (شکل ۲-۴) (این نقشه به همراه نقشه ۱:۵۰۰۰ به سفارش سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرق و توسط عابدیان و همکاران تهیه شده است)، به طور کلی رخنمون سنگی محدوده مورد بررسی شامل سنگ های آتشفشانی بازالت تا آندزیت بازالت، آندزیت، لاتیت، داسیت و ریوداسیت و سنگ های پیروکلاستیکی شامل برش ولکانیکی- لاپیلی توف و توف های اسیدی و ریولیتی می باشد. سن این مجموعه، ائوسن زیرین در نظر گرفته شده است. این مجموعه با فعالیت های انفجاری شدید و پیدایش توفیت، برش ولکانیکی، توف و لاپیلی توف ادامه می یابد تا اینکه در اواخر ائوسن میانی با یک فاز آتشفشانی مافیک شامل آندزیت، پیروکسن آندزیت و آندزیت بازالت از شدت آن کاسته می شود (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).

با توجه به مشاهدات و برداشت های صحرایی و نتایج مطالعات پتروگرافی انجام شده توسط شرکت مهندسين جبال کاوش در سال ۱۳۸۴ و تهیه نقشه ۱:۲۰۰۰۰، در ذیل شرح واحدهای لیتولوژیکی محدوده معدنی کلاته تیمور (نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰۰) با توجه به شکل (۲-۴) به طور خلاصه ارائه می شود (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).

E^{ab} : این واحد سنگی شامل آندزیت تا آندزیت بازالت شدیداً تجزیه شده که با رنگ خاکستری مایل به سبز در بخش شمال غرب منطقه در امتداد گسل های اصلی با روند شمال غرب- جنوب شرق رخنمون دارد. کانی های کلریت، کوارتز ثانویه و اکسیدهای آهن، کانی های ثانویه این واحد سنگی را تشکیل می دهند.

E^t : در میانه محدوده اکتشافی واحدی به رنگ خاکستری تیره دارای لایه بندی و شیب کم با روند شمال غرب- جنوب شرق مشاهده می شود. بخش اعظم این واحد را توفیت تشکیل داده که میان لایه- هایی از ماسه سنگ، شیل، توف و آندزیت آن را همراهی می کنند. به لحاظ کانی سازی بخش های مرکز و جنوب شرق این واحد اهمیت دارند بطوریکه گاه رخنمون هایی از باریت و کانی سازی مس و سرب در این واحد مشاهده شده است.

E^{st} : در محدوده هدف معدنی چشمه نقره واحد توف سیلیسی سفید رنگ با امتداد شمال غرب- جنوب شرق و هم راستا با گسل های اصلی منطقه رخنمون دارد و در قسمت های جنوبی ضخامت آن کمتر و محدود به زون گسله می شود. این واحد به جهت اینکه کانی سازی طلا، مس، نقره، سرب و روی در

کنتاکت گسله آن شکل گرفته دارای اهمیت است. واحد مذکور عمدتاً از کوارتز و فلدسپات همراه با رشته‌های بسیار ظریف فیلوسیلیکات (رس، میکا، کلریت) تشکیل شده است.

E^v : واحد E^v ، بخش شمالی محدوده اکتشافی را به خود اختصاص داده و شامل سنگ‌های ولکانیکی و پیروکلاستیکی از جمله آندزیت، تراکی‌آندزیت، داسیت، برش ولکانیکی، داسیتک آندزیت، آگلومرا و توف است که عمدتاً آلتراسیون کلریتی و گاه اپیدوتی را نشان می‌دهند.

E^{va} : آلتراسیون آرژیلیتیک و گاه کائولینیتی در این واحد غالب بوده بطوریکه در بخش‌هایی از این واحد منابعی از کائولن تشکیل شده است.

E^r : واحد E^r ، ریولیتی و توف ریولیتی دگرسان شده می‌باشد که توسط دو گسل از شمال و جنوب محصور شده است. در کنتاکت گسله جنوب این واحد با واحد E^{lt} کانی‌سازی ضعیفی از ملاکیت و آزوریت وجود دارد.

E^{lt} : بیشترین رخمون سنگی منطقه را واحد E^{lt} دارا می‌باشد، بطوریکه در نقشه تمامی قسمت‌های جنوب محدوده مطالعاتی را در بر گرفته است. بخش عمده این واحد را توف‌های سیلیسی و اسیدی، لیتیک توف و لاپیلی توف تشکیل داده که ولکانیک‌های آندزیتی- تراکی آندزیتی و داسیتی گاهی توف‌ها را همراهی می‌کنند.

۲-۶- ریخت‌شناسی منطقه

محدوده مورد بررسی با مساحتی در حدود ۱/۲ کیلومترمربع، منطقه‌ایست کوهستانی که بیشترین ارتفاع آن ۲۰۶۰ متر و کمترین ارتفاع آن ۱۸۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. لذا وجود اختلاف ارتفاعی ۲۴۰ متر در محدوده‌ای به وسعت ۱/۲ کیلومترمربع حکایت از توپوگرافی خشن و جوان آن دارد.

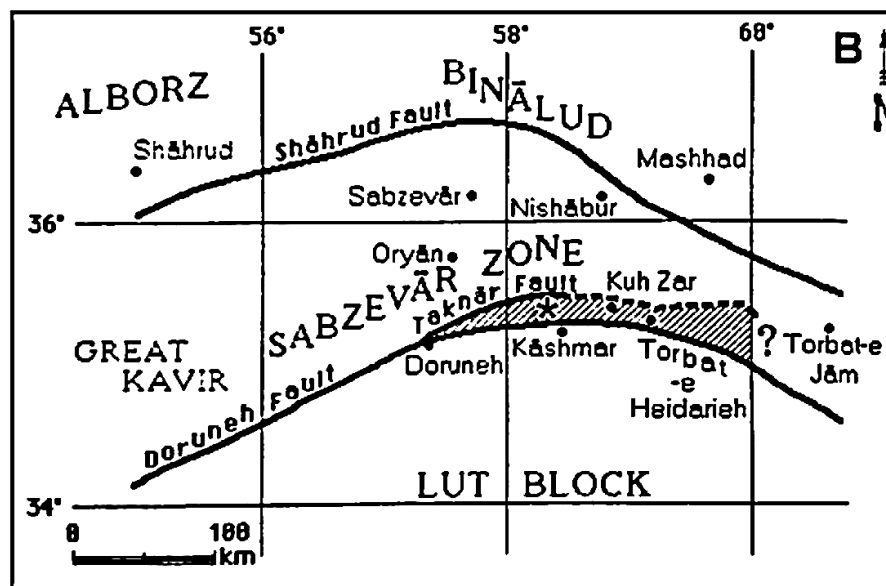
روند ارتفاعات، اکثراً شمال‌غرب- جنوب‌شرق است. اکثر آبراهه‌های اصلی نیز تقریباً از همین روند تبعیت نموده‌اند. این محدوده بخشی از دو حوضه آبریز می‌باشد که در شمال‌غربی و غرب منطقه و دیگری در بخش شمال‌شرقی و شرق ایجاد شده است. روان‌آب‌های حوضه‌ها بوسیله دو آبراهه اصلی به ترتیب از جنوب و جنوب‌شرق محدوده به خارج از آن هدایت می‌گردند.

بیش از ۹۵ درصد از سطح منطقه مورد مطالعه را رخنمون‌های سنگی پوشانده و نهشته‌های کواترنر منحصر به آبرفت‌های عهد حاضر می‌باشند. به غیر از تعدادی درخت و درختچه که در مسیر آبراهه‌های اصلی روئیده‌اند، پوشش گیاهی دیگری وجود ندارد. مظهر چشمه کوچکی با دبی کمتر از یک لیتر در ثانیه در میانه محدوده قرار دارد که با نام چشمه‌نقره معروف است و محدوده نیز نام خود را از همین چشمه گرفته است (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).

۷-۲- تکتونیک و زمین‌ساخت

اشکال مختلف ساختارهای زمین‌شناسی موجود در محدوده چشمه‌نقره متأثر از عملکرد دو گسل اصلی درونه در جنوب و ریوش در شمال می‌باشند. گسل درونه از جمله گسل‌های اصلی است که با روند شرقی-غربی از فاصله تقریبی ۱۰ کیلومتری جنوب محدوده می‌گذرد (شکل ۲-۳). آخرین سازوکار این گسل راست‌گرد بوده است. گسل ریوش نیز تقریباً با همین فاصله و با سازوکار راست‌گرد از شمال آن می‌گذرد.

رخنمون‌های سنگی بوسیله یک گسل سراسری که روند شمال‌غرب- جنوب‌شرق دارد و در نقشه با نام گسل درونه معرفی شده بریده شده‌اند. این گسل پیش از رسیدن به حوالی چشمه‌نقره به دو شاخه تقسیم می‌شود. شاخه شمالی در ادامه همان گسل اصلی و به سوی شرق تا جنوب‌شرقی پیش می‌رود ولی شاخه دوم با کمی تغییر روند به سوی جنوب- جنوب‌شرقی امتداد می‌یابد.



شکل ۲-۳. موقعیت منطقه اکتشافی چشمه‌نقره (*) در زون ساختاری تکنار، محصور بین دو گسل

درونه و گسل ریوش (Lindenberg et al., 1984)

۲-۸- دگرسانی^۱

به کلیه تغییرات شیمیایی و کانی‌شناسی که تحت تأثیر سیالات گرمایی در سنگ‌ها ایجاد می‌شود دگرسانی گویند. دگرسانی مناسب‌ترین وسیله در اکتشاف مواد معدنی است. در یک منطقه اکتشافی قبل از تهیه نقشه‌های ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی که هزینه‌بر هستند، باید نقشه زمین‌شناسی منطقه تهیه شود و شواهد دگرسانی نیز بر روی آن ثبت شود. در دو مرحله از اکتشاف از دگرسانی‌ها کمک گرفته می‌شود که یکی جهت پیدا کردن محل مناسب که احتمال وجود ذخیره معدنی قبل از شروع عملیات صحرایی و دیگری در مرحله بازدیدهای صحرایی برای ارزیابی نوع کانی‌سازی، گسترش، شدت و محل اصلی کانی‌سازی می‌باشد. از طرفی شدت و گسترش دگرسانی می‌تواند حاکی از گسترش کانی‌سازی در منطقه باشد. گسترش دگرسانی به عوامل مختلفی از جمله حجم محلول‌های گرمایی، میزان ساختمان‌های اولیه و ثانویه مفید، واکنش‌پذیری سنگ‌ها، دما و فشار محلول بستگی دارد (کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۹).

طبق نقشه ۱:۲۰۰۰۰ منطقه چشمه‌نقره (شکل (۲-۴) که در پایان فصل آورده شده است)، این محدوده شامل ساختمان‌های چین‌خورده و پلانژدار با روند شمال‌غرب-جنوب‌شرق است که توسط گسل‌های امتدادلغز شمال و جنوب چشمه‌نقره جابه‌جا شده است (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸). سازوکار این گسل‌ها و مؤلفه‌های فرعی هم‌روند با آن‌ها، محیط‌ها مناسب کم‌فشاری را ایجاد کرده که سیالات کانه‌دار به سهولت توانسته در آنجا جایگیر شوند. طبیعتاً با جایگیری سیالات، ماهیت فیزیکی‌وشیمیایی آن‌ها، از جمله دما، فشار، pH، Eh و غیره تغییر کرده، باعث شده تا با سنگ‌های دیواره در راستای مجاری عبور^۲ واکنش داده، ایجاد دگرسانی و کانه‌زایی نمایند.

گسترش دگرسانی‌های مختلف در منطقه چشمه‌نقره، روندی غربی- شرقی تا شمال‌غربی- جنوب‌شرق دارد و از آنجا که نوع سنگ دیواره کنترل‌کننده نوع دگرسانی است، لذا در این روند سنگ‌های مختلف ولکانیکی- پیروکلاستیکی وجود دارد که به ازای آنها دگرسانی‌های مختلف شکل گرفته است. در ادامه این دگرسانی‌ها ذکر خواهند شد. در بررسی سنگ‌شناختی و مینرالوگرافی مشخص شده که کانه‌زایی در ارتباط مستقیم با مناطق دگرسانی هستند. این نگرش باعث شد تا رخساره‌های مختلف دگرسانی کنترل شوند تا آنجا که دگرسانی‌های سیلیسک- آرژیلیتیک با

^۱ Alteration

^۲ Pathway

همپوشانی آلونیت‌زایی بعنوان دگرسانی‌های پتانسیل‌دار و پویا تشخیص داده شدند (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).

کاوش‌های صحرایی در منطقه چشمه‌نقره نشان داد که دگرسانی آرژیلیتیک بیشتر در راستای سازوکار گسل‌های امتدادلغز، گسترده‌تری دارند، به همین دلیل گسترش این دگرسانی توسط گسل شمال چشمه‌نقره و مؤلفه‌های فرعی همسوی آن به طرف شرق و جنوب‌شرقی کنترل شده است و جالب اینکه هر جا که پویایی دگرسانی آرژیلیتیک بدون همپوشانی آلونیت‌زایی باشد، آن مکان فاقد کانه‌زایی شاخص است و صرفاً سنگ‌های واپاشی‌شده آرژیلیتیک قابل ملاحظه است در حالیکه همپوشانی این دو دگرسانی کنترل‌کننده کانه‌زایی از جمله تجمع کانی‌سازی‌های تیپ اپی‌ترمال است (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).

دگرسانی سیلیسی در ادامه دگرسانی آرژیلیتیک اتفاق می‌افتد و در بسیاری موارد رگه‌هایی از سیلیس را ایجاد می‌نماید که حتی دگرسانی آرژیلیتیک رانیز قطع می‌نماید. طبیعی است که جایگیری آن باید در ارتباط با آخرین فرآیند از سازوکار گسل‌های امتدادلغز با مؤلفه‌های راست‌گرد یا چپ‌گرد باشد (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸). در این صورت سیالات پرسیلیس بصورت گزینشی محیط-های کم‌فشار مناسب خود را انتخاب می‌نماید. در آنجاست که در پیشانی ناودیس پلانژدار شمال انبوهه‌های سیلیسی جمع شده است. مورفولوژی محل انبوهه‌های سیلیسی به تبعیت از فرم چین-خوردگی‌ها، رگه‌های زین اسبی^۱ را توجیه می‌نماید که معرف محیط کم‌فشار است. این انبوهه‌های سیلیسی چون در مقابل عوامل هوازدگی پایداری نشان می‌دهند لذا نسبت به سنگ‌های دربرگیرنده برجسته‌تر نمود دارد و از سویی دیگر میزبان کانه‌زایی چندفلزی (Zn, Pb, Cu, Au) تیپ اپی‌ترمال اسید سولفات می‌باشد. پایداری دگرسانی در مقابل عوامل هوازدگی دگرسانی سیلیسی است و نقاط برجسته و بالای مناطق بیرون‌زده دگرسانی را تشکیل می‌دهد. مکانیزم تشکیل آن در ارتباط با محلول‌های سیلیس‌دار است که از یک خاستگاه اپی‌ژنتیک تأمین می‌گردد و از طریق ریزشکاف‌ها، جانشین توف شیلی و ویتروکلاستیک و پیروکلاستیک‌های توفی سفیدرنگ به عنوان سنگ میزبان می-شود (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).

فراوان‌ترین دگرسانی در منطقه مورد مطالعه چشمه‌نقره، دگرسانی آرژیلیتیک است. این دگرسانی در پیوند با آن تیپ از واحدهای سنگی رخ داده که از نظر ماهیت سنگ‌شناختی پذیرش هجوم

^۱ Saddle vein

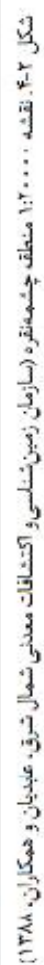
سیالات مربوطه را داشته‌اند. واحدهای سنگی مربوطه بیشتر ترکیب توف اسیدی ویتروکلاستیک، توف شیلی، شیل‌های ولکانوژنیک، توف‌های اسیدی و سفیدرنگ بعنوان پیروکلاستیک‌های وابسته به گدازه‌های کوارتزلاتیت تا لاتیت آندزیت و غیره را دارند. روند گسترش این دگرسانی به پیروی از سازوکار گسل‌های امتدادلغز و ساختارهای تکتونیکی وابسته، معمولاً شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد (عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۹- نمونه برداری

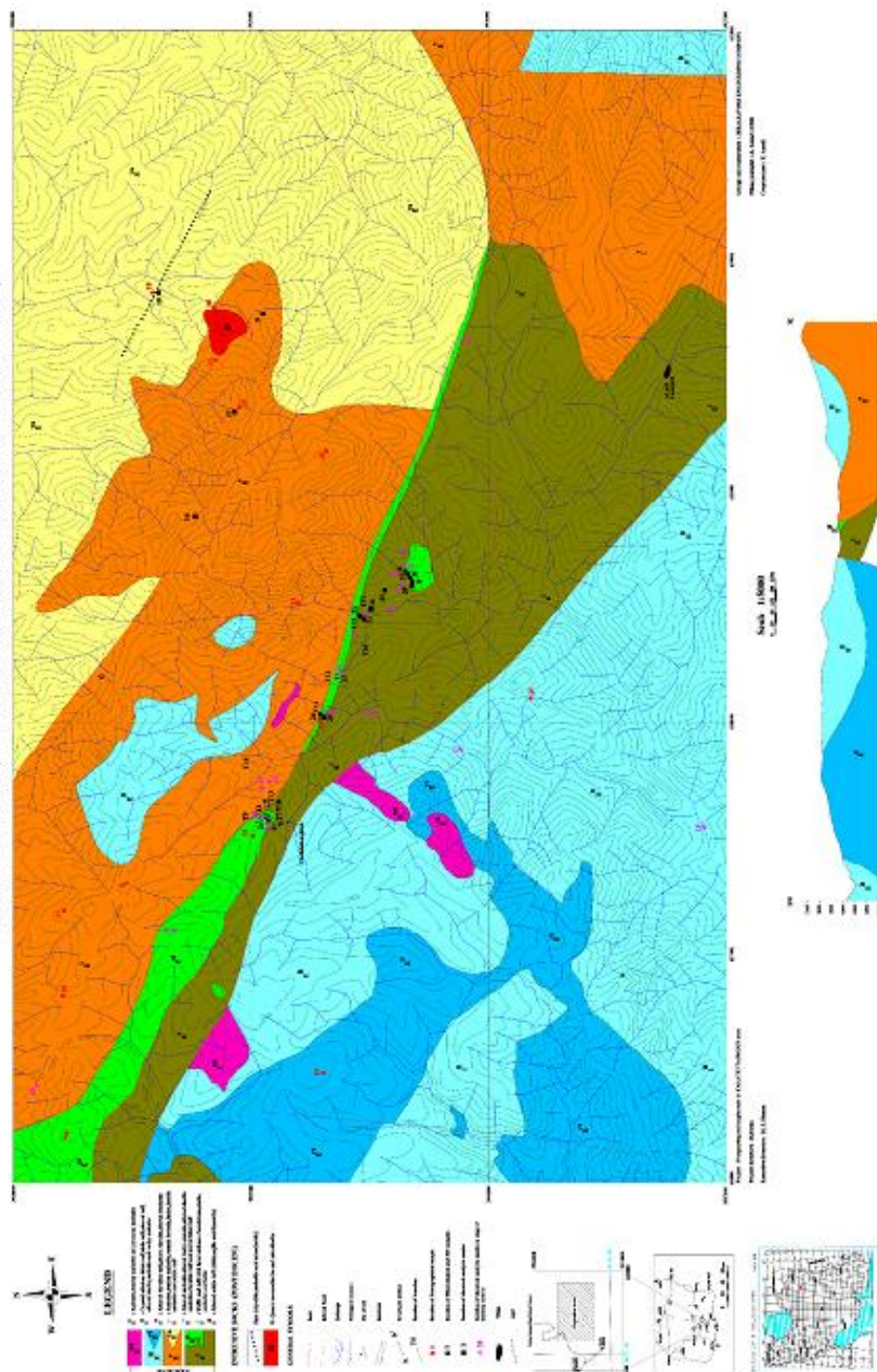
روند صحیح جمع‌آوری و پردازش داده‌ها تأثیر مهمی در نتایج حاصل از تحلیل آماری دارد. اجرای صحیح این روند نیازمند بهره‌مندی از روش نمونه‌برداری و تکنیک پردازش مناسب است. داده‌ها می‌توانند شامل اطلاعات بدست‌آمده از نقشه زمین‌شناسی یا معدنی و نتایج نمونه‌برداری از رخنمون‌ها و یا چال‌های حفاری باشد. توزیع مناسب نقاط نمونه‌برداری به منظور تعمیم‌پذیری نتایج آنالیز از موارد بسیار مهم است (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۹۰).

برای شناسایی کانی‌سازی در یک منطقه می‌بایست از قسمت‌های مختلف منطقه نمونه‌گیری، نمونه‌ها تجزیه و نتایج حاصل تحلیل شوند. نکته مهمی که در مورد نمونه‌گیری باید به آن توجه کرد آن است که نمونه تهیه‌شده باید نماینده ماده معدنی باشد تا بتوان بر اساس اطلاعات حاصله از آن‌ها در مورد ماده معدنی قضاوت کرد، زیرا اگر تنها بر اساس نمونه‌های تهیه‌شده از یک قسمت یا عمق خاصی از ماده معدنی در مورد آن قضاوت شود، این قضاوت نادرست خواهد بود. بدیهی است که هر چقدر تعداد نمونه‌هایی که از منطقه گرفته می‌شود زیادتر باشد، به همان نسبت اطلاع درباره ماده معدنی دقیق‌تر خواهد بود. در منطقه مورد مطالعه، داده‌های بدست آمده شامل ۱۳۹۶ نمونه هستند که شبکه برداشت این نمونه‌ها به صورت سیستماتیک و منظم می‌باشد. همچنین بدلیل اینکه روند دگرسانی و کانه‌زایی در منطقه چشمه‌نقره، غربی - شرقی و شمال غربی - جنوب شرقی است، برای فعالیت‌های اکتشافی بیشتر اقدام به حفر تعداد ۶۶ ترانشه اکتشافی اصلی و تعداد ۶ ترانشه توجیهی شد. ترانشه‌ها اغلب عمود بر روند دگرسانی و کانه‌زایی‌ها حفر گردیده و در آن روند، نسبت به نمونه - برداری اقدام شد. همچنین شیوه نمونه‌برداری از ترانشه بصورت کانالی از دیواره ترانشه و اغلب از کف ترانشه بوده که در آن مجموعه‌ای از ریزتکه‌های سنگی جمع‌آوری و به عنوان یک نمونه در نظر گرفته، آماده می‌شده‌اند. موقعیت ترانشه بر روی نقشه ۱:۵۰۰۰ مشخص و در ادامه آورده شده است (شکل ۲-۵). همچنین در ادامه موقعیت نمونه‌ها بر روی نقشه ۱:۲۰۰۰۰ مشخص شده است (شکل ۲-۶).

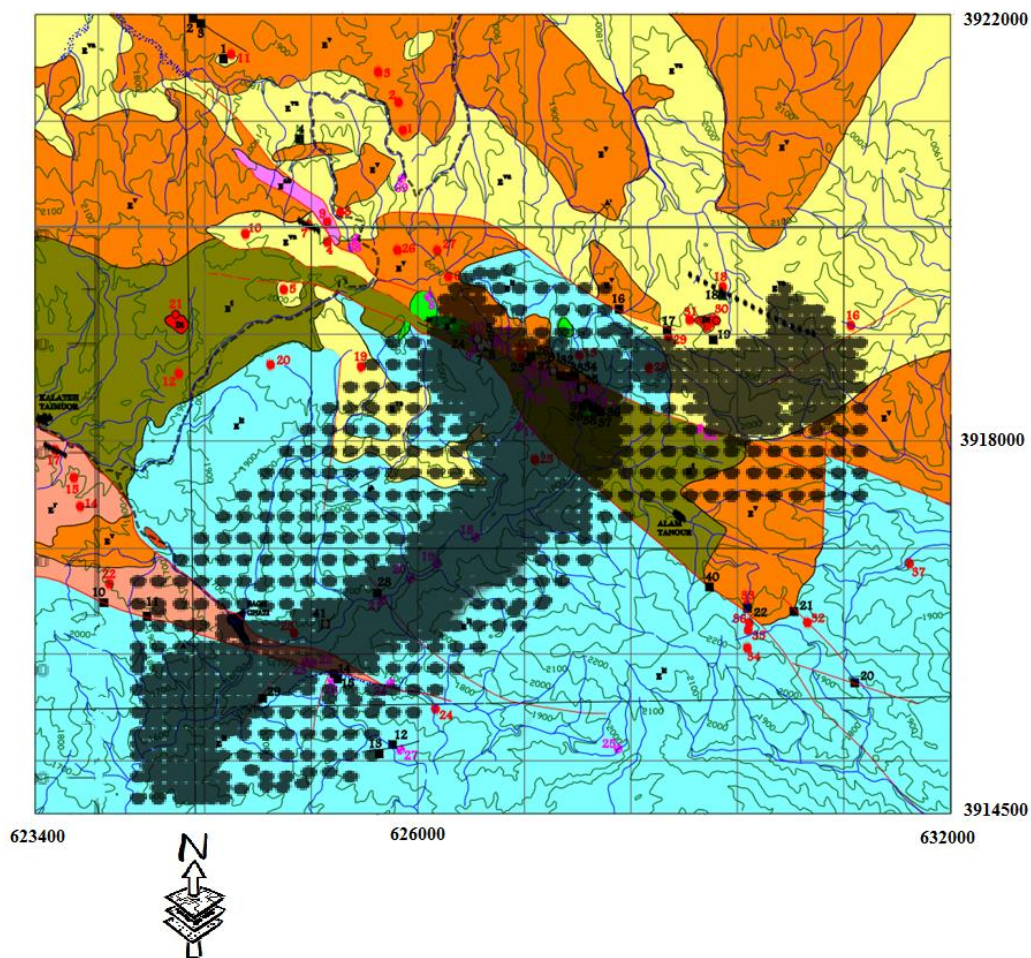
لازم بذکر است حد بالای دستگاه ۱۰۰۰ppm بوده و عناصری که غلظتشان بالاتر از $\frac{4}{3}$ حد دستگاه بوده به عدد $\frac{4}{3}$ حد دستگاه یعنی ۱۳۴۰ ppm گرد شده‌اند.



Mining Geological Map of KALATEH TAIMOUR (AU Target CHESHMEH NOGHSEH)



شکل ۵-۲. موقعیت نازشدها بروی نقشه ۱:۵۰۰۰ منطقه چشمنقره (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرقی، عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸)



EOCENE		E^{lt}	E^{lt} : Crystal silicious lithic tuff,acidic tuff,altered tuff,altered dacite,andesite and trachy andesite
		E^v	E^v : Andesite,trachy andesite,volcanic breccia,dacite,dacitic andesite and acidic tuff
		E^{va}	E^{va} : Altered andesite,altered trachy andesite,altered dacitic andesite,altered rhyolitic tuff and altered lithic tuff
		E^r	E^r : Altered rhyolite and altered rhyolitic tuff
		E^t	E^t : Tuffit and tuff with intercalations of sandstone,nomolitic limestone,andesite and latite
		Est	Est : Silicic tuff
		E^{ab}	E^{ab} : Altered andesite and altered andesitic basalt

● محل نمونه‌ها — آبراهه ----- جاده — گسل

شکل ۲-۶. موقعیت نمونه‌ها بر روی نقشه ۱:۲۰۰۰۰ منطقه چشمه نقره به همراه نقشه راهنما (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرق مشهد، عابدیان و همکاران، ۱۳۸۸)

فصل سوم: آماده سازی مقدماتی داده ها

۳-۱- مقدمه

در پروژه‌های اکتشافی آنالیزهای آماری و پردازش داده‌های موجود منطقه، اساس و پایه‌ای برای ادامه فعالیت اکتشافی است. جامعه ما همیشه بعنوان کل تلقی می‌گردد و نمونه‌های گرفته شده بعنوان جز محسوب می‌گردد.

در این فصل به ارزیابی مقدماتی داده‌ها و تحلیل تک متغیره داده‌ها پرداخته خواهد شد.

۳-۲- تجزیه و تحلیل تک متغیره (پارامترهای آماری)

در این قسمت به طور مختصر به تحلیل آماری تک متغیره داده‌های ۱۳۹۶ نمونه سنگی پرداخته شده است.

۳-۲-۱- پارامترهای مرکزیت داده‌ها

مهم‌ترین پارامتر یک جامعه آماری، میانگین آن است که گشتاور اول آن جامعه نیز تلقی می‌شود که بیان ریاضی آن مطابق رابطه (۳-۱) است:

$$\mu = E(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx \quad (3-1)$$

که در آن x متغیر تصادفی، $E(x)$ امید ریاضی x و $f(x)$ تابع توزیع فراوانی متغیر تصادفی x است. (حسنی پاک و شرف‌الدین، ۱۳۹۰).

میان، نقطه وسط را از نظر تعداد رخداد (نه مقدار متغیر تصادفی) نشان می‌دهد، به طوری که نیمی از جامعه دارای مقادیر کمتر از میان و نیمی دیگر دارای مقادیر بیشتر از میان است. (حسنی-پاک و شرف‌الدین، ۱۳۹۰).

مد مقداری از متغیر تصادفی است که بیشترین فراوانی را در توزیع دارد. این مقدار نیز مستقل از مقادیر کرانه‌ای در تابع توزیع می‌باشد.

۳-۲-۲- پارامترهای پراکندگی داده‌ها

واریانس (پراش) هر توزیع در حقیقت معیاری از پراکندگی مقادیر حول میانگین آن است. واریانس یک متغیر تصادفی بصورت رابطه (۳-۲) تعریف می‌شود:

$$\sigma^2 = E(x - \mu)^2 \quad (3-2)$$

بر اساس این معادله σ^2 واریانس، μ میانگین متغیر تصادفی x و $E(x)$ امید ریاضی است. (حسنی - پاک و شرفالدین، ۱۳۹۰).

انحراف معیار برابر جذر واریانس تعریف می‌شود، بنابراین از نظر بعد و واحد مشابه مقدار میانگین است و برخلاف واریانس، انحراف معیار جمع‌پذیر نیست. بدلیل اینکه انحراف معیار با میانگین هم‌واحد است می‌تواند با آن جمع یا تفریق شود. نکته دیگر آنکه انحراف معیار جوامع مختلف، پارامتر مناسبی برای مقایسه درجه تغییرپذیری آن‌ها نیست، زیرا معیاری از تغییرپذیری نسبی را بدست نمی‌دهد. به همین دلیل از ضریب تغییرات استفاده می‌کنیم که در واقع انحراف معیار نرمالایز شده به میانگین جامعه است و در نتیجه معیاری از تغییرپذیری نسبی است. ضریب تغییرات به شکل رابطه (۳-۳) تعریف می‌شود:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (3-3)$$

در واقع ضریب تغییرات، همان انحراف معیار به ازاء یک واحد از میانگین است. گاهی ضریب تغییرات را نسبت به ۱۰۰ (یا درصد) می‌سنجند که رابطه (۴-۳) بدین شکل بیان می‌شود:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100 \quad (4-3)$$

چولگی معیاری برای سنجش عدم تقارن در تابع توزیع می‌باشد و به صورت رابطه (۵-۳) تعریف می‌شود:

$$W = \frac{E(x-\mu)^3}{\sigma^3} \quad (5-3)$$

که در آن x مقدار متغیر تصادفی، μ میانگین جامعه کل و σ انحراف معیار جامعه کل می‌باشد. (حسنی پاک و شرفالدین، ۱۳۹۰).

کشیدگی معیاری از میزان تیزی منحنی توزیع در نقطه ماکزیمم است که به صورت رابطه (۶-۳) بیان می‌شود:

$$K = \frac{E(x-\mu)^4}{\sigma^4} \quad (6-3)$$

در این معادله x مقدار متغیر تصادفی، μ میانگین جامعه کل و σ انحراف معیار جامعه کل می‌باشد. (حسنی پاک و شرفالدین، ۱۳۹۰).

اکنون با استفاده از جدول آمار توصیفی و داده‌های کل به بررسی عناصر می‌پردازیم (جدول ۱-۳):

جدول ۱-۳. جدول آمار توصیفی عناصر (واحد غلظت بر حسب ppm)

	Au	Cu	Pb	Ag	Zn	Mo	As	Sb	Bi	Hg
Mean	.04	125.5	94.8	.4	189.2	2.1	16.5	1.6	.7	.1
Median	.001	33	22	.1	100	.9	6.8	.5	.1	.05
Mode	.001	1340	12	.1	120	.5	1	.5	.1	.05
S. D.	.65	302.1	244.9	.9	267.6	4.5	42.8	6.8	3.7	1.07
Variance	.4	91259.1	59964.7	.8	71624.3	20	1827.2	46.8	13.8	1.13
Skewness	22.5	3.5	4.2	4.8	3.4	7.5	11.2	13.7	15.2	16.9
Kurtosis	564.8	11.1	17.6	34.3	10.9	81.3	170.2	250.6	281	310.3
Minimum	.001	2	2.5	.04	.6	.06	.4	.06	.1	.05
Maximum	18.2	1340	1340	13	1340	74	841	161.4	87	23.2
Background	0.014	130	95	0.195	155	3	19.8	1.8	0.7	0.6

- تعداد نمونه‌ها ۱۳۹۶ است.

- در جوامع لاگ نرمال، مقادیر بالای غلظت عنصر، با فراوانی اندک می‌تواند معرف پتانسیل‌های اقتصادی باشد که خود در یک جامعه با چولگی زیاد و انحراف معیار بالا معرفی می‌شوند. چولگی تمامی عنصر بین ۳/۴ تا ۲۲/۵ در نوسان است. بیشترین چولگی مربوط به عنصر طلا و کمترین چولگی مربوط به عناصر مس، سرب، روی و نقره می‌باشد این مقدار حدود ۴ می‌باشد.

- کشیدگی که حالت خاصی از تیزی منحنی توزیع را نشان می‌دهد، بازه‌ای بین ۱۰/۹ تا ۵۶۴/۸ است که به ترتیب مربوط به عناصر روی و طلا می‌باشد.

با توجه به دو پارامتر چولگی و کشیدگی می‌توان تا حدودی به نرمال بودن یا لاگ‌نرمال بودن جوامع عنصری پی برد. بدیهی است که چولگی و کشیدگی برابر یا نزدیک صفر و سه نشان از نرمال بودن توزیع آن پارامتر دارد.

- انحراف معیار عناصر مس، سرب و روی نسبت به ضریب دیگر عناصر بالا و در حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ ppm می‌باشد.

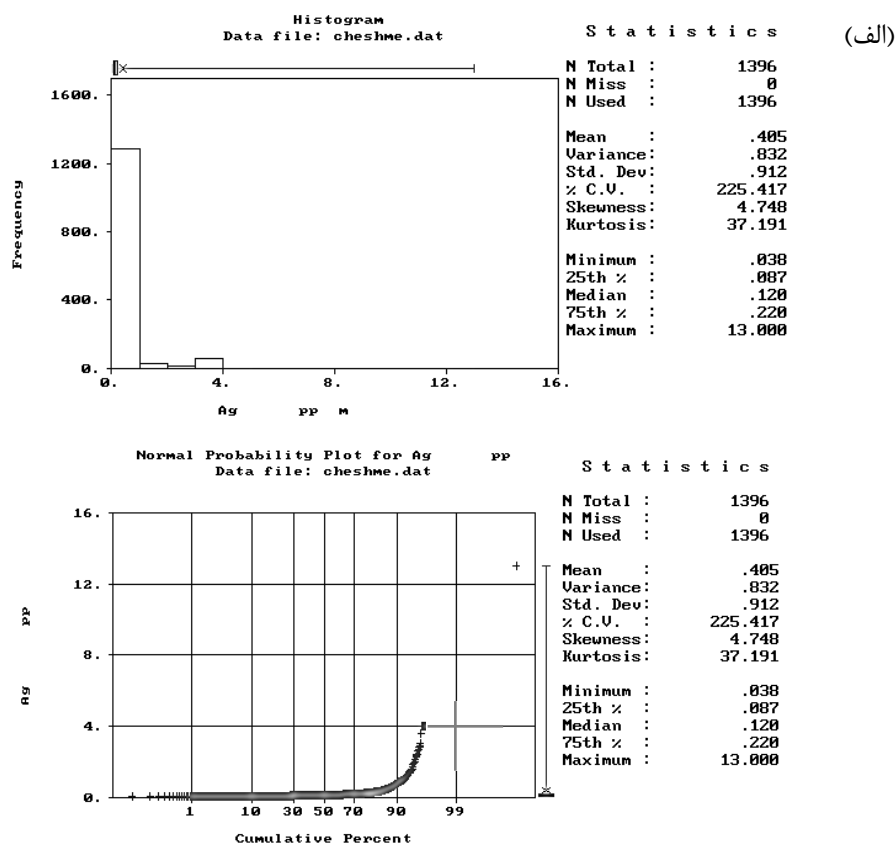
- میانگین عناصر مس، سرب، روی و نقره نسبت به کلارک جهانی این عناصر در سنگ میزبان بالاتر بوده، همچنین با توجه به مقدار مد این عناصر که به ترتیب شامل ۱۳۴۰، ۱۲ و ۱۲۰ ppm (به جز سرب) است، باید به این عناصر توجه شود.

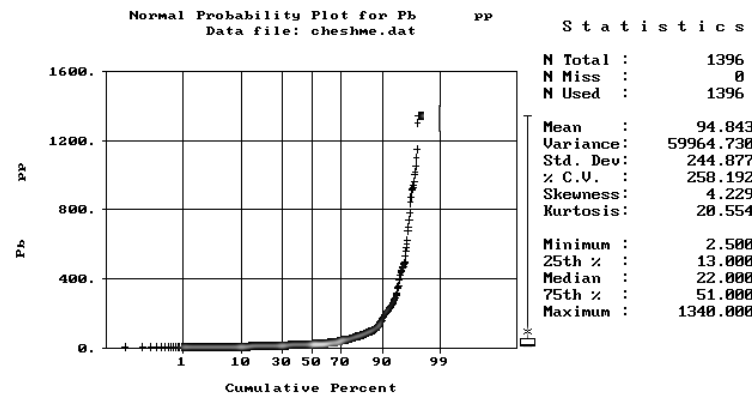
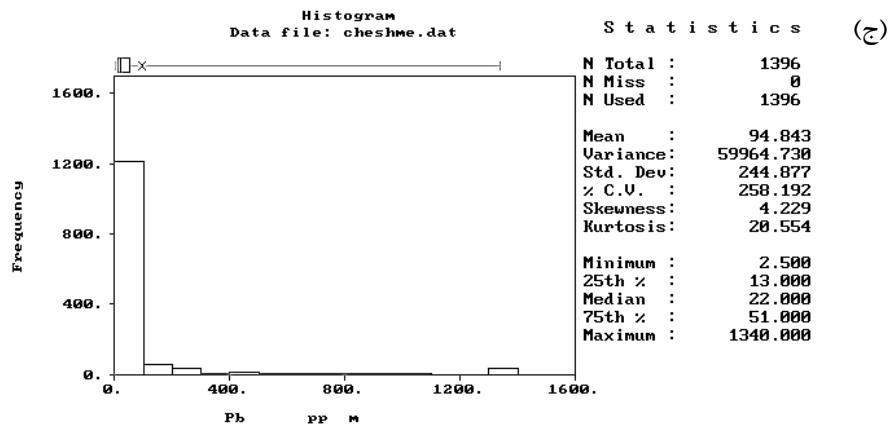
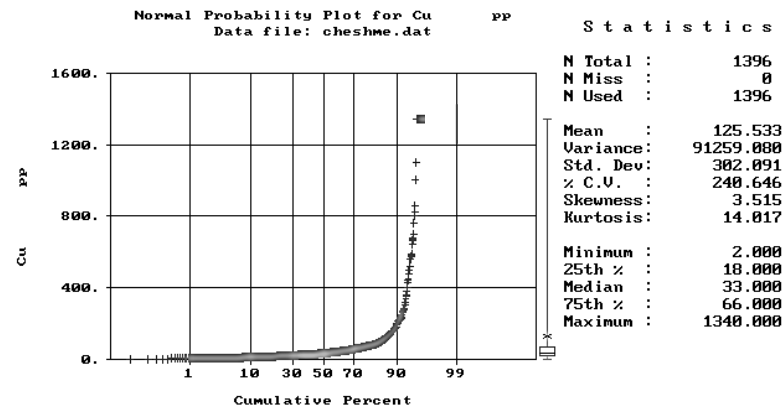
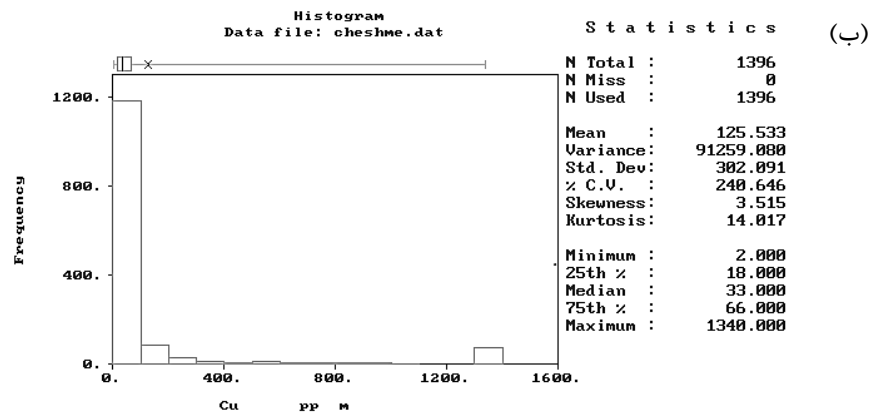
۳-۵- ارزیابی نرمال بودن داده و نرمالایز کردن آنها

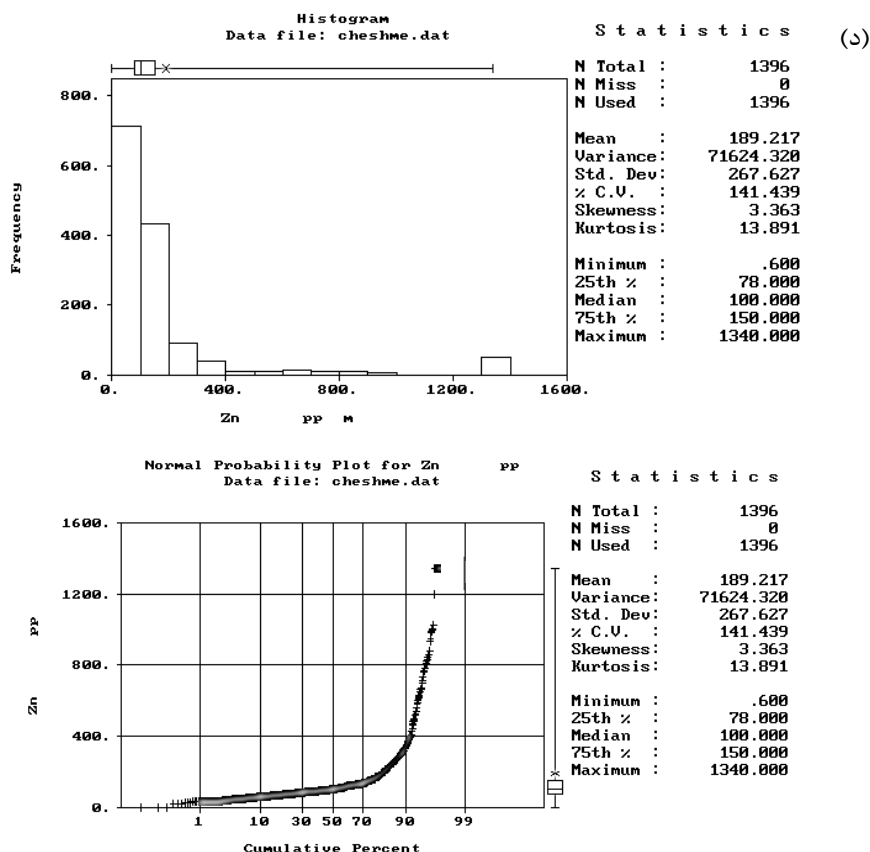
اکثر روش‌های آماری فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها را به همراه دارند، لذا داشتن داده‌هایی که توزیع نرمال دارند در حقیقت مجوز استفاده از روش‌های موردنظر است. به دو طریق می‌توان نرمال بودن یک سری داده را بررسی کرد. روش اول روش ترسیمی و روش دوم، استفاده از آزمون χ^2 می‌باشد که در همین جا تنها به ذکر نام آن‌ها بسنده می‌شود. در این پروژه از روش ترسیمی (نتایج حاصل از هیستوگرام و نمودار احتمال) برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شده است (حسنی پاک، ۱۳۸۹).

۳-۵-۱- ارزیابی توزیع داده‌ها

در ادامه در شکل (۳-۱) هیستوگرام و نمودار احتمال چند عنصر به منظور ارزیابی داده‌های عناصر ارائه شده است (هیستوگرام و نمودار احتمال مابقی عناصر در پیوست ۱ ضمیمه شده است).







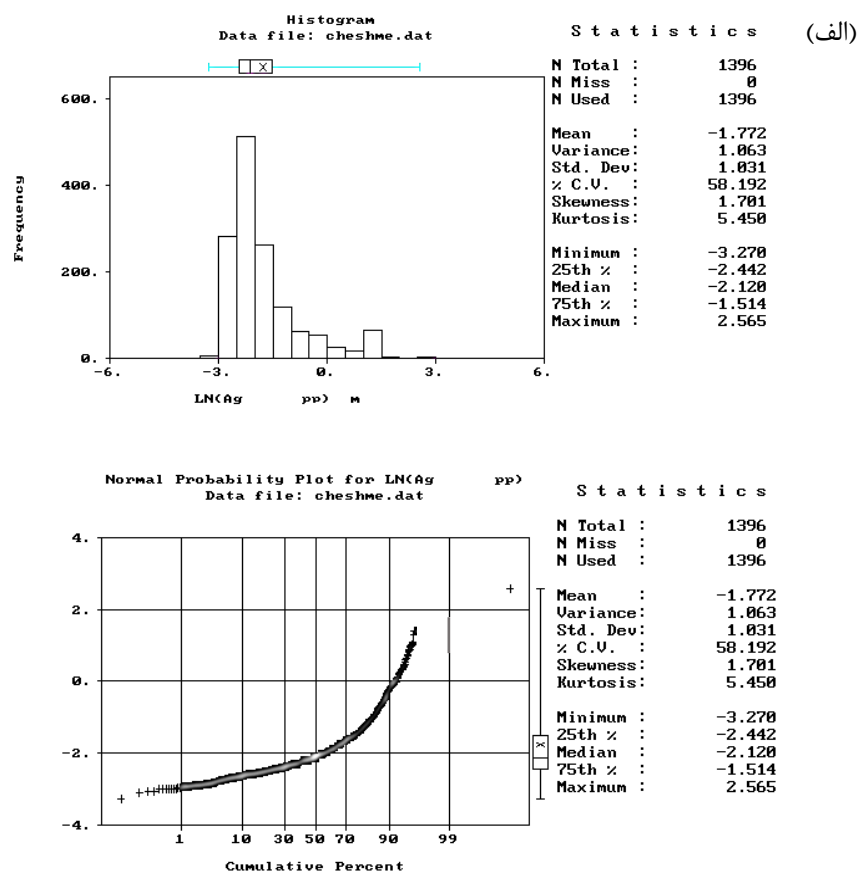
شکل ۳-۱. هیستوگرام و نمودار احتمال Ag (الف)، Cu (ب)، Pb (ج) و Zn (د)

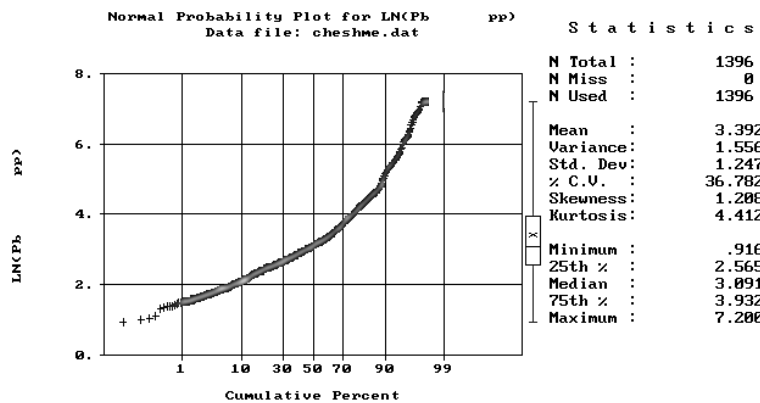
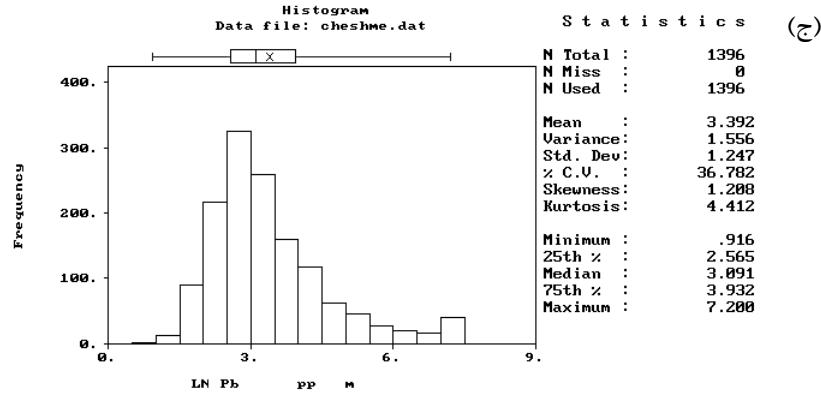
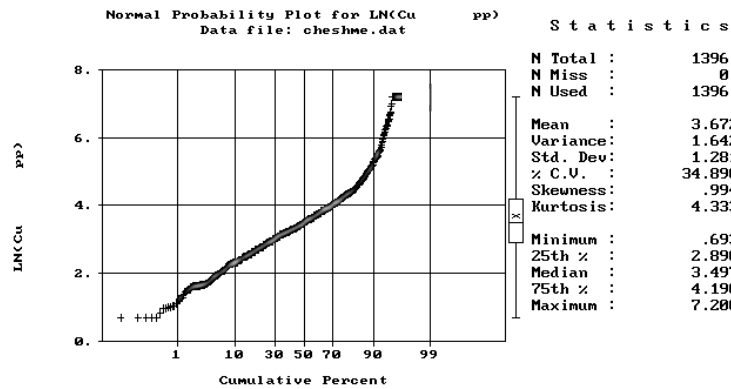
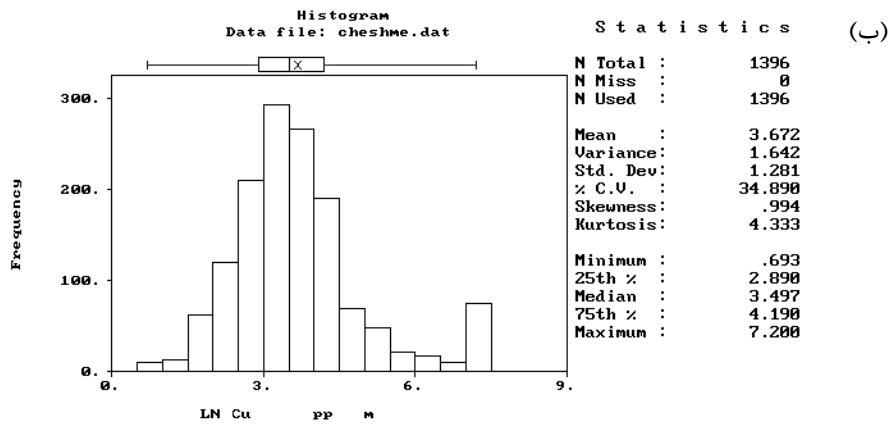
نتایج حاصل از بررسی هیستوگرام و نمودار احتمال عناصر نشان می‌دهد که تقریباً تمام عناصر توزیع غیرنرمال دارند. ماهیت توزیع داده‌های ژئوشیمیایی در طی فرآیندهای کانی‌سازی از نرمال منحرف شده و بسته به نوع عنصر به سایر توزیع‌ها متمایل می‌گردد.

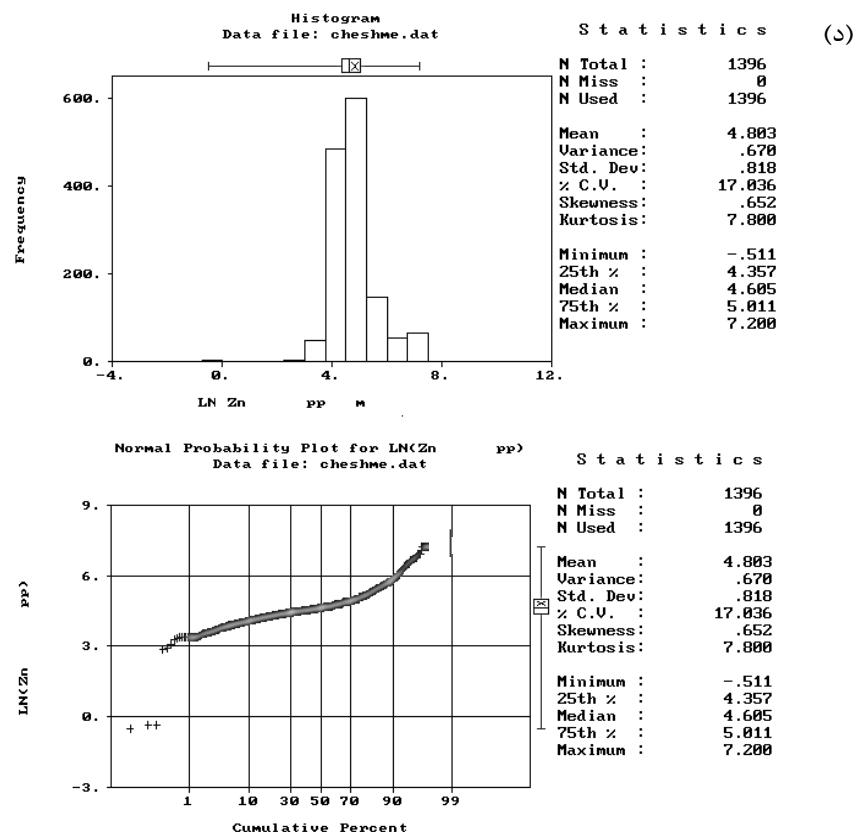
۳-۵-۲- نرمالایز کردن داده‌ها

در بسیاری از محاسبات و تخمین‌های آماری شرط نرمال‌بودن داده‌ها اساس کار را تشکیل می‌دهد. با استفاده از روش‌های تبدیل، توزیع داده‌ها را گاهی می‌توان به صورت نرمال درآورد. با توجه به اینکه امروزه مشخص شده است که آمایش و ماساژ بیش از اندازه داده‌های خام در راستای نرمال‌سازی، چاره‌ساز نخواهد بود و پروژه‌های اکتشافی بزرگی که توسط شرکت‌های بسیار معتبر در سطح دنیا در تمامی مقیاس‌ها بدون توجه به داده‌پردازی آماری در حد بالا در حال اجرا است و پاسخگوی تمامی نیازها هم می‌باشد، لذا تنها به لگاریتم طبیعی داده‌ها به عنوان تبدیل داده‌ها بسنده گردید. در این خصوص از روش تبدیل لگاریتمی استفاده شده است که در ادامه به طور مختصر به آن پرداخته می‌شود.

در بسیاری از موارد داده‌های عیار مربوط به یک کانسار به خصوص انواعی که عیار حد آن‌ها از چند درصد کمتر است توزیع نامتقارن با چولگی مثبت دارند. این بدان معناست که نمونه‌های با عیار کم فراوان‌تر و نمونه‌های با عیار زیاد نایب‌ترند. در این حالت اغلب با تبدیل داده‌ها تحت تابع تبدیل لگاریتمی، توزیع داده‌های تبدیل‌یافته متقارن گشته و به توزیع نرمال نزدیک می‌شود. توزیع این‌گونه داده‌ها را توزیع لاگ‌نرمال می‌نامند (حسنی‌پاک، ۱۳۸۹). بعنوان مثال لگاریتم توزیع داده‌های چند عنصر که توزیع غیرنرمال داشته با لگاریتم‌گیری به نرمال نزدیکتر شده‌اند (شکل ۳-۲) (هیستوگرام و نمودار احتمال بقیه عناصر در پیوست ۲ ضمیمه شده است).







شکل ۳-۲. هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی عناصر Ag (الف)، Cu (ب)، Pb (ج) و Zn (د)

با لگاریتم‌گیری تعدادی از عناصر مانند نقره، آرسنیک، مس و سرب به توزیع نرمال نزدیکتر شده و در برخی از عناصر از قبیل طلا، بیسموت، جیوه، مولیبدن، آنتیموان و روی با بیش از یک دسته داده مواجه هستیم. در این مورد داده‌ها تعدادی از عناصر با وضوح بیشتر و تعدادی با وضوح کمتر این دسته داده‌ها مشخص هستند. قسمتی از داده‌ها نیز مقدارهای بالا را نشان می‌دهند که در شکل‌ها این مقدارهای بالا، در انتهای منحنی داده‌ها به صورت خط راست نمایانگر شده است. به دلیل اهمیت این داده‌ها که آنومالی‌های ژئوشیمیایی موجود را نشان می‌دهند، حذف این مقدارها برای بدست آمدن یک توزیع کاملاً نرمال امکانپذیر نیست.

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل داده‌های لیتوژنوشیمیایی

۴-۱- مقدمه

در انجام آنالیزهای آماری هدف‌های مختلفی دنبال می‌گردد که یکی از این اهداف که در تحلیل‌های چند متغیره داده‌ها دنبال می‌شود حذف متغیرهای کم‌اهمیت بمنظور سهولت تفسیر نتایج می‌باشد. در این فصل پس از تحلیل‌های آماری، عناصر مهم و تأثیر گذار، مدل‌سازی شده‌اند. مدل‌های بدست‌آمده و آنالیزهای انجام‌شده به همراه تفسیر نتایج در ادامه این فصل آمده است.

۴-۲- تجزیه و تحلیل دو متغیره

یکی از ابزارهای مفید در بررسی تغییرات همزمان دو متغیر، رسم نمودار پراکندگی دو متغیر و یا ارزیابی معیاری از همبستگی دو متغیر (بدون وابستگی به واحد اندازه‌گیری داده‌ها)، با ضریب همبستگی است. انواع مختلف ضرایب همبستگی وجود دارند که برخی، تابع توزیع داده‌ها می‌باشند. اگر توزیع داده‌ها نرمال نباشند برای محاسبه ضریب همبستگی باید از روش‌های ناپارامتری استفاده کرد. توزیع بیشتر داده‌های مورد استفاده در این پروژه به صورت غیرنرمال می‌باشند و محاسبه ضریب همبستگی به صورت ناپارامتری صورت گرفته است. پس از بررسی همبستگی متغیرها، نقشه‌های پراکندگی غلظت عناصر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش محاسبه ضریب همبستگی به روش ناپارامتری نسبت به توزیع داده‌ها حساس نمی‌باشد. یکی از روش‌های ناپارامتری محاسبه ضریب همبستگی، ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن است که با r نشان داده می‌شود و از رابطه (۴-۱) محاسبه می‌گردد (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۹۰):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum (\Delta^2)}{n(n^2 - 1)} \quad (4-1)$$

که در آن، $\sum (\Delta^2)$ جمع مربعات تفاضل دو رتبه در دو سری داده‌های به هم وابسته و n تعداد مشاهدات وابسته به یکدیگر است.

در این تحقیق ضریب همبستگی اسپیرمن برای تمامی عناصر محاسبه شده است که نتایج آن در جدول (۴-۱) آمده است.

جدول ۴-۱. نتایج همبستگی اسپیرمن

	Au	Cu	Pb	Ag	Zn	Mo	As	Sb	Bi	Hg
Au	۱									
Cu	۰/۳۹۸	۱								
Pb	۰/۳۰۵	۰/۱۴۹	۱							
Ag	۰/۴۹۷	۰/۴۵۱	۰/۴۸۵	۱						
Zn	۰/۱۹۷	۰/۲۴۴	۰/۴۹۲	۰/۴۱۳	۱					
Mo	۰/۳۳۸	۰/۱۱۳	۰/۳۰۹	۰/۳۴۵	۰/۰۹۲	۱				
As	۰/۳۶۸	۰/۲۵۸	۰/۲۹۰	۰/۴۸۲	۰/۲۵۴	۰/۳۰۴	۱			
Sb	۰/۲۷۸	۰/۲۵۳	۰/۴۰۳	۰/۴۷۰	۰/۳۶۰	۰/۲۴۴	۰/۵۰۵	۱		
Bi	۰/۲۴۱	۰/۳۰۱	-۰/۰۰۱	۰/۲۵۸	-۰/۰۲۰	۰/۱۲۷	۰/۲۱۶	۰/۱۰۶	۱	
Hg	۰/۱۹۱	۰/۲۰۹	۰/۱۶۰	۰/۱۹۹	۰/۱۵۱	۰/۰۸۶	۰/۱۱۵	۰/۱۸۲	۰/۰۴۰	۱

نتایج بدست آمده از آنالیز همبستگی اسپیرمن نشان دهنده آن است که:

- همبستگی عنصر طلا با مس حدود ۴۰٪ و با نقره حدود ۵۰٪ می باشد. همچنین آرسنیک نیز با طلا همبستگی ۳۷٪ را نشان می دهد.

- همچنین همبستگی عنصر مس با نقره ۴۵٪ و با روی حدود ۲۵٪ است که نشان دهنده پارائز بودن متوسط این عناصر در مناطق کانی سازی می باشد. همبسته بودن ۳۰٪ مس با بیسموت نیز قابل تأمل می باشد.

- همبستگی بالای ۴۰٪ سرب با عناصر روی، نقره و آنتیموان و همبستگی ۳۰٪ با مولیبدن و آرسنیک در داده ها مشاهده می شود.

در پایان همین فصل، با توجه به تجزیه و تحلیل تک متغیره (پارامترهای آماری) و همبستگی اسپیرمن عناصر، نقشه پراکندگی غلظت عناصر برای چند عنصر مهم از جمله مس، سرب، روی، نقره و آنتیموان ترسیم شده است. در این نقشه موقعیت مکانی محدوده های کانی سازی مشخص می شود (شکل ۴-۷).

۴-۳- تجزیه و تحلیل چند متغیره

مسائل مربوط به یک، دو و حتی سه متغیر را می‌توان تصور کرد و یا به طور گرافیکی نشان داد، ولی گاهی در مسائل اکتشافی با یک فضای ۱۰ یا حتی ۲۰ متغیره و بیشتر مواجه هستیم که بررسی روابط بین آن‌ها را مشکل می‌کند. در این‌گونه موارد لازم است که با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره به کاهش تعداد بعدها در فضای مورد بررسی پرداخت به طوری که نتایج این ابعاد جدید (متغیرهای جدید) با تعدادی به مراتب کمتر از حالت قبل، بتواند بخش اعظم تغییرپذیری داده‌ها را تشریح کنند. نکته‌ای که در آمار چند متغیره باید به آن توجه شود، تعداد نمونه‌ها در جوامع تحت بررسی است و معمولاً نیازمند تعداد قابل ملاحظه‌ای نمونه است.

در ادامه این فصل آنالیز خوشه‌ای و تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی به طور مختصر معرفی و بر روی داده‌ها اعمال و نتایج حاصل آورده شده و تفسیر شده‌اند. آنالیز تفکیک و آنالیز متعارف که زیرمجموعه آنالیزهای چندمتغیره هستند و به دلیل این که موضوع اصلی این تحقیق هستند به طور مفصل در فصل آینده تشریح شده‌اند.

۴-۳-۱- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای^۱

در تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، هدف دست‌یافتن به ملاکی برای طبقه‌بندی هر چه مناسب‌تر متغیرها و یا نمونه‌ها بر اساس تشابه هر چه بیشتر درون‌گروهی و اختلاف هر چه بیشتر بین‌گروهی است. در تحلیل خوشه‌ای ضمن بررسی همبستگی‌های موجود بین نمونه‌ها و متغیرهای مختلف و بر اساس بیشترین شباهت، اقدام به گروه‌بندی آن‌ها می‌نماید. مراحل محاسباتی دسته‌بندی یا خوشه-بندی تا مرحله‌ای ادامه می‌یابد تا کلیه متغیرها دسته‌بندی گردند (Davis, 2002).

تحلیل خوشه‌ای با برقراری ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیرهای به ظاهر بی‌ارتباط، به شناخت یک مدل فرضی بین آن‌ها اقدام کرده و به کاهش ابعاد متغیرها می‌پردازد. دو نوع تجزیه و تحلیل در این رابطه مد نظر است (شریفی، ۱۳۹۰):

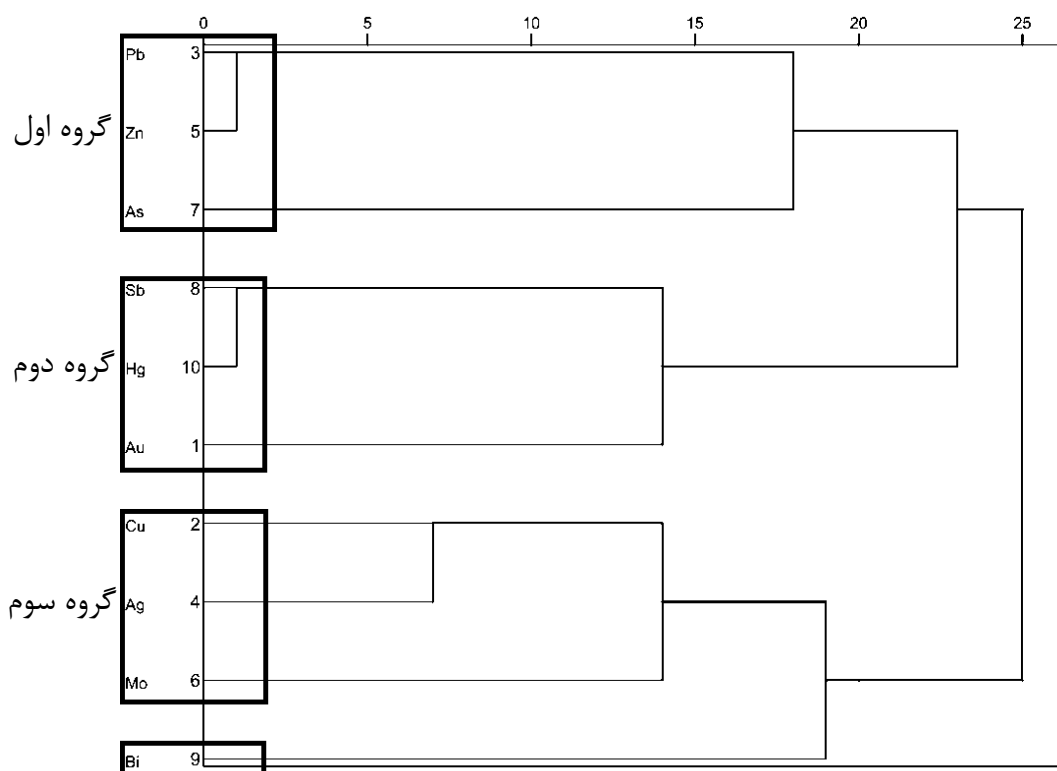
۱- تجزیه و تحلیل R-Mode: در این روش تعیین همبستگی‌های بین پارامتری متغیرها (غلظت عناصر) مد نظر است. بنابراین با استفاده از این روش عناصر اصلی موجود در یک مجموعه ژئوشیمیایی شناخته می‌شوند.

^۱ Cluster Analysis

۲- تجزیه و تحلیل Q-Mode: هدف از این بررسی تعیین و ارزیابی همبستگی‌های موجود بین نمونه‌های مختلف (بر حسب تغییر متغیرها، مانند آنالیز و ترکیب شیمیایی سنگ‌ها) می‌باشد.

تمامی روش‌های خوشه‌بندی مبتنی بر ماتریس شباهت می‌باشند که با چندین روش این ماتریس‌ها محاسبه می‌شوند. برخی از این روش‌ها، مانند روش اتصال نزدیکترین همسایگی، روش اتصال دورترین همسایگی، روش اتصال مرکزیت و روش وارد به ترتیب اشیاء (نمونه‌ها یا متغیرها) با شباهت بیشتر با استفاده از روش بازگشتی به هم متصل می‌شوند (Davis, 2002).

نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های منطقه مورد مطالعه، بصورت یک نمودار سلسله مراتبی (دندوگرام) ارائه شده است که خوشه‌بندی این داده‌ها بر حسب متغیرها می‌باشد. نحوه اتصال متغیرها به یک خوشه، یا یک خوشه به خوشه دیگر بر روی مقیاس خطی متناظر با درجه است. روش‌های خوشه‌بندی مختلفی بر روی این داده‌ها صورت گرفت که روش دورترین همسایگی^۱ تطابق بیشتری با اطلاعات اکتشافی منطقه مورد مطالعه داشت (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱. دندوگرام بدست آمده با روش خوشه‌بندی دورترین همسایگی

^۱ Furthest neighbor

با انجام آنالیز خوشه‌ای بر روی داده‌های منطقه چشمه‌نقره سه گروه عمده همبسته قابل شناسایی هستند. گروه اول و گروه دوم در یک خوشه و گروه سوم و عنصر بیسموت در خوشه دیگر همبستگی نشان می‌دهند. در گروه اول سه عنصری سرب، روی و آرسنیک، عناصر سرب و روی در یک خوشه با همبستگی بالا، با آرسنیک همبستگی کمتر در این خوشه نشان می‌دهند. در دسته دیگر سه عنصر آنتیموان، جیوه و طلا، آنتیموان و جیوه با همبستگی قوی و این دو عنصر همبستگی کمتری با طلا دارند. همراهی آنتیموان با جیوه و طلا نشان‌دهنده نهشته‌شدن بر اثر تزریق یک محلول با دمای پایین است.

در خوشه اصلی دیگر شامل عناصر مس، نقره و مولیبدن که عناصر مس و نقره همبستگی نسبتاً بالایی نشان داده و این دو عنصر با مولیبدن در یک خوشه قرار می‌گیرند. عنصر بیسموت نیز با همبستگی کمتر از دیگر عناصر این خوشه است. البته لازم به ذکر است که در نتایج همبستگی اسپیرمن نیز بیشترین همبستگی عنصر بیسموت با مس بوده است. گروه‌های همبسته بدست آمده در آنالیز خوشه‌ای نشان‌دهنده نهشته‌های متفاوتی از جمله سرب- روی و مس- نقره می‌باشد.

۴-۳-۲- تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱

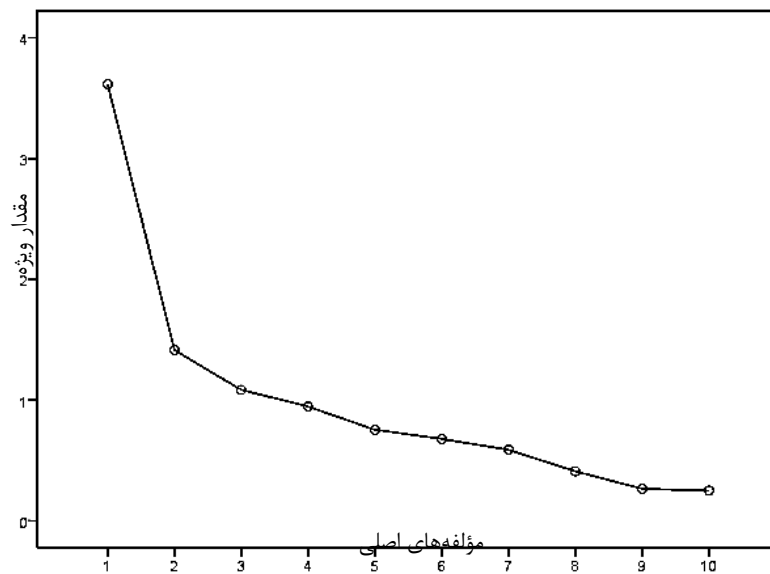
این روش تکنیکی است برای پیدا کردن ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه همبسته که تشکیل یک دستگاه محور مختصات جدید را بدهند (Davis, 2002). این ترکیبات خطی در دستگاه محور مختصات جدید برای هر متغیر ضریبی در نظر می‌گیرد که ضریب مذکور با توجه به اهمیت متغیر متفاوت است. این ترکیبات خطی، مؤلفه‌های اصلی نامیده می‌شوند. در این روش، مؤلفه‌های اصلی حاصل مجموع متغیرهای با ضریب بالا یا همان متغیرهای با اهمیت هستند. واضح است که با استفاده از متغیرهای با اهمیت ما می‌توانیم بخش اعظم تغییرپذیری بین مشاهدات را با تعداد متغیرهای کمتری بیان کنیم که این کاهش متغیر سهولت کار را نیز بدنبال دارد.

مؤلفه‌های اصلی دارای خواص زیر هستند:

- ۱- بخش اعظمی از تغییرپذیری می‌تواند بوسیله تعداد محدودی از متغیرهای جدید توجیه شود.
- ۲- متغیرهای جدید که محصول ترکیب خطی متغیرهای اولیه هستند بین خود همبستگی نشان نمی‌دهند (Davis, 2002).

^۱ Principal Components Analysis

در همین راستا آنالیز مؤلفه‌های اصلی بر روی داده‌های ژئوشیمیایی چشمه‌نقره انجام شد. نتایج آنالیز شامل نمودار مؤلفه‌های اصلی بر حسب مقدار ویژه آن‌ها (شکل ۴-۲)، تعیین تعداد بهینه مؤلفه‌های اصلی، مقدار تغییرپذیری‌هایی که این مؤلفه‌ها توجیه می‌کنند و ضریب عناصر برای هر مؤلفه (جدول ۴-۲) و همچنین شدت تأثیر متغیرها بر روی مؤلفه‌های اصلی (جدول ۴-۳) ارائه گردیده است.



شکل ۴-۲. نمودار مؤلفه‌های اصلی بر حسب مقدار ویژه آن‌ها

نمودار شکل (۴-۲) مؤلفه‌ها را بر حسب مقادیر ویژه رسم نموده که تأثیر هر مؤلفه و مقدار تغییرپذیری بر روی محور مقدار ویژه قابل مشاهده است. مؤلفه اول مقدار بالایی از تغییرپذیری را توجیه می‌کند. این نکته از میزان فاصله زیادی که مقدار ویژه مؤلفه اول با مؤلفه‌های بعد دارد مشاهده می‌شود. مؤلفه‌های دوم و سوم نیز مقادیر ویژه تقریباً نزدیک به ۱ دارند. اما در مؤلفه‌های بعدی این مقدار به کمتر از ۱ کاهش پیدا می‌کند که با توجه به تغییرپذیری‌ها، این مؤلفه‌ها قابل استناد نیستند.

جدول ۴-۲. نتایج آنالیز PCA و مؤلفه‌های اصلی داده‌های لیتوژئوشیمیایی منطقه چشمه‌نقره

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared			Rotation Sums of Squared		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.615	36.151	36.151	3.615	36.151	36.151	1.993	19.930	19.930
2	1.414	14.137	50.288	1.414	14.137	50.288	1.968	19.684	39.613
3	1.084	10.836	61.124	1.084	10.836	61.124	1.772	17.725	57.338
4	.946	9.458	70.581	.946	9.458	70.581	1.324	13.243	70.581
5	.754	7.537	78.118						
6	.678	6.775	84.894						
7	.587	5.875	90.768						
8	.409	4.093	94.861						
9	.264	2.644	97.505						
10	.249	2.495	100.000						

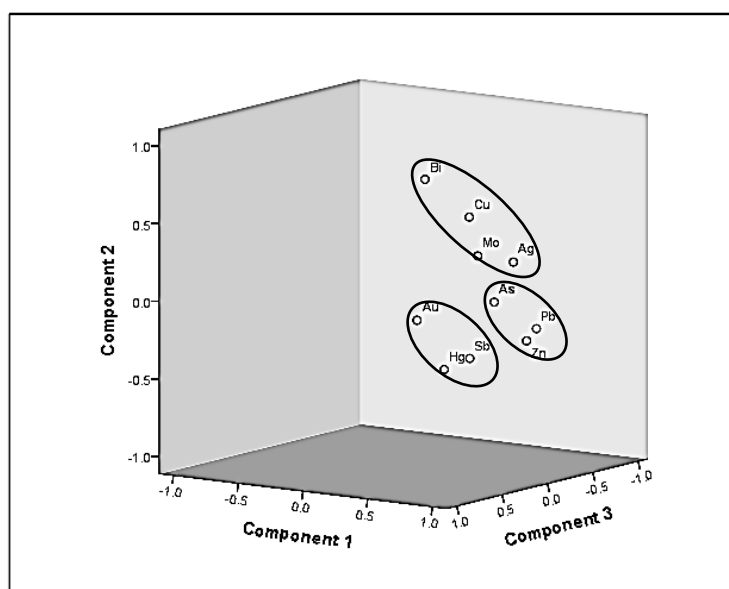
بر اساس جدول (۴-۲) در حالتی بهینه ۴ مؤلفه اصلی انتخاب شد که این مؤلفه‌ها تقریباً ۷۱٪ تغییرپذیری‌ها را توجیه می‌کند که سهم مؤلفه اول و دوم ۴۰٪، مؤلفه سوم ۱۸٪ و مؤلفه چهارم ۱۳٪ است.

پس از شناسایی مؤلفه‌ها مقدار ضریب هر عنصر برای هر مؤلفه (جدول ۴-۳) محاسبه شده است که در واقع شدت تأثیر این عناصر بر روی هر مؤلفه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۳. متغیرها و شدت تأثیر آن‌ها بر روی مؤلفه‌های اصلی بر اساس PCA

	Component			
	1	2	3	4
Au	.130	.660	.234	-.239
Cu	.184	.211	.769	.087
Pb	.857	.243	.133	.178
Ag	.517	.230	.535	.225
Zn	.906	.131	-.015	.067
Mo	.104	.198	.443	.505
As	.167	.042	.015	.863
Sb	.216	.775	.041	.382
Bi	-.083	-.098	.790	-.017
Hg	.168	.841	-.019	.164

نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن، آنالیز خوشه‌ای و آنالیز مؤلفه‌های اصلی (جدول ۳-۴)، یکدیگر را تا حد زیادی تأیید می‌کنند. مؤلفه اول اصلی معرف عناصر کانی‌سازی سرب و روی و نقره بوده که بر اساس اطلاعات زمین‌شناسی، اکثراً کانی‌سازی سولفیدی است. مؤلفه دوم، با ضریب بالا طلا، آنتیموان و جیوه، بیان‌کننده فاز کانی‌زایی دمای پایین است. کانی‌سازی مس، نقره و بیسموت در مؤلفه سوم مشخص هستند. مؤلفه چهارم نیز عنصر آرسنیک را با ضریب بالا دارد که با توجه به مطالعات زمین‌شناسی قابل بررسی می‌باشد. بر همین مبنا مدل سه بعدی مؤلفه‌ها و وابستگی عناصر با پتروژن‌های مختلف (شکل ۳-۴) ارائه شده است.



شکل ۳-۴. نمودار سه بعدی مؤلفه‌ها و وابستگی عناصر با پتروژن‌های مختلف با آنالیز مؤلفه‌های اصلی

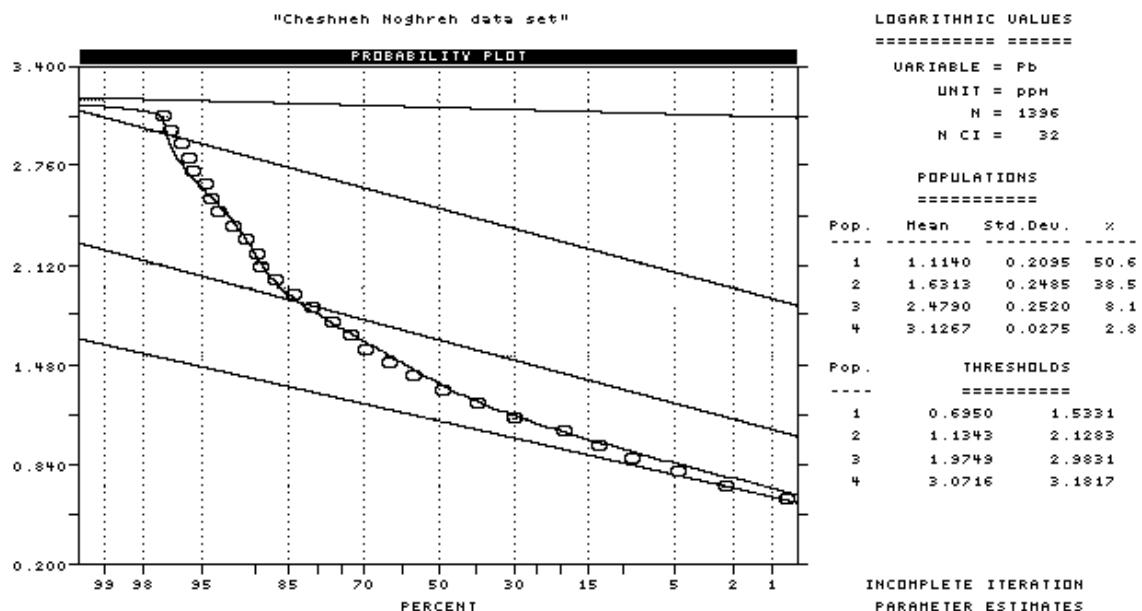
۴-۴- مدل‌سازی و تعیین حدود آنومال داده‌ها

در بررسی‌های ژئوشیمی اکتشافی یکی از موضوعات اساسی تعیین مقادیر زمینه، حد آستانه‌ای و آنومالی است که کمال دقت در تعیین این حدود در اکتشاف ذخایر اقتصادی نقش بسزایی دارد. با توجه به اینکه تحلیل‌های دو و چند متغیره کانی‌سازی‌های مختلف را در منطقه تأیید کردند، سه جامعه یا سه گروه زمینه، گذر و آنومالی به عنوان سه جامعه معلوم معرفی می‌شوند. یک روش تعیین مقادیر حد آستانه‌ای داده‌های لیتوژئوشیمیایی بر پایه تفکیک داده‌ها بر روی نمودار احتمال و مدل-سازی آن‌ها می‌باشد. حدود جوامع مذکور بر اساس مدل‌سازی نمودار احتمال تعیین شده است. برای

داده‌هایی که ماهیت ژئوشیمیایی دارند، مقادیر آنومالی وابسته به نوع کانی‌سازی است. اما در حقیقت جامعه آنومالی و زمینه اغلب محدوده همپوشانی وسیعی باهم دارند که تفکیک مقدار آنومالی و زمینه را مشکل می‌سازد.

مدل‌های نمودار احتمال عناصر سرب (شکل ۴-۴)، روی (شکل ۴-۵) و مس (شکل ۴-۶) در ادامه آورده شده است (مدل‌های مابقی عناصر در پیوست ۴ ارائه شده است).

همانطور که در شکل (۴-۴) مشاهده می‌شود برای عنصر سرب یک جامعه ۴ مدی تعیین گردیده است و مقدار غلظت سرب در هر جامعه و حدود آن طبق جدول (۴-۴) تعیین شده است.

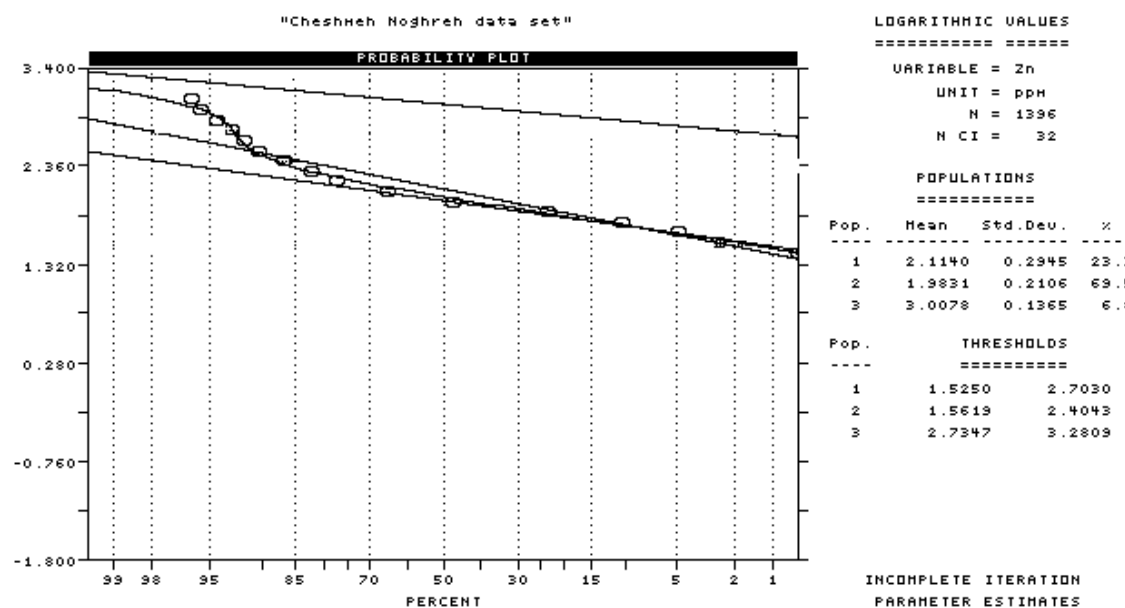


شکل ۴-۴. مدل‌سازی نمودار احتمال عنصر سرب

جدول ۴-۴. نتایج جوامع مدل‌سازی شده برای عنصر سرب (واحد غلظت بر حسب ppm)

Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	13	50.6	4.95	34.13
2	42.8	38.5	13.62	134.36
3	301.3	8	94.4	961.73
4	1338.7	2.9	1179.24	1519.62

با توجه به ، میانگین و حدود آستانه‌ای جامعه ۱ و ۲ (جدول ۴-۴)، مقادیر غلظت مذکور در سنگ درونگیر در حد زمینه می‌باشد می‌توان زیرجامعه اول را بعنوان زمینه ناحیه‌ای و زیرجامعه دوم را بعنوان زمینه محلی فرض کرد. شروع حد گذر از زمینه به آنومالی را جامعه سوم و جامعه چهارم را بعنوان آنومالی در نظر می‌گیریم. اما حدودی که از مدل بدست آمده‌اند را می‌توان با استفاده از مقدار میانگین جوامع و پارامترهای دیگر آماری به صورت بهینه محاسبه کرد. لذا با توجه به نتایج مدل‌سازی و جنس سنگ درونگیر، حد زمینه به گذر عنصر سرب ppm ۱۳۵ و مرز حد گذر به آنومالی ppm ۹۰۰ در نظر گرفته خواهد شد.



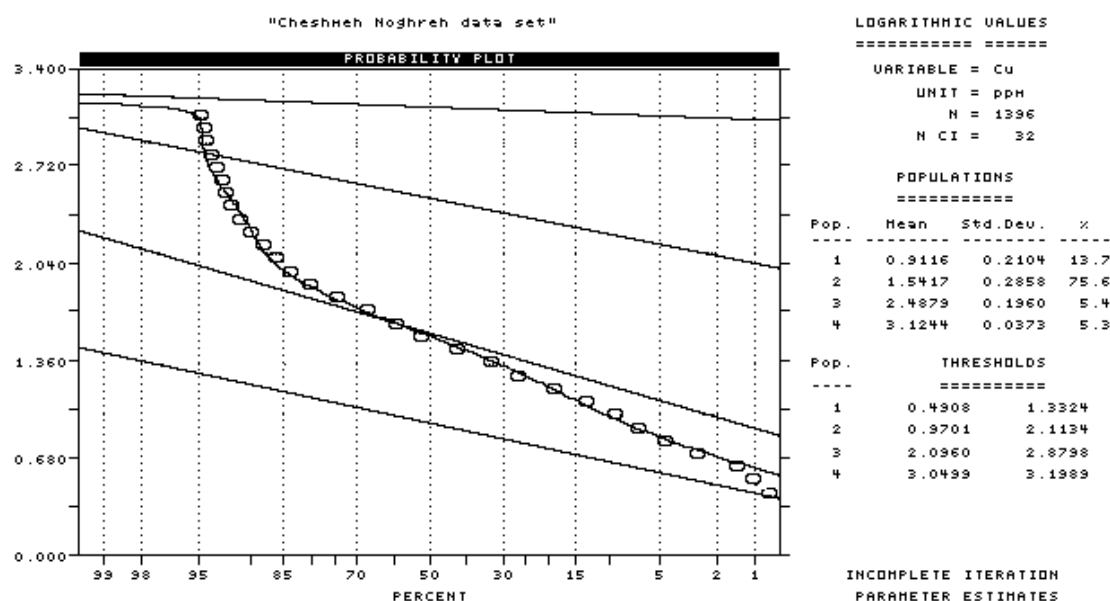
شکل ۴-۵. مدل‌سازی نمودار احتمال عنصر روی

نمودار احتمال مدل‌سازی عنصر روی (شکل ۴-۵) ۳ زیرجامعه با مشخصات مطابق جدول (۴-۵) را تفکیک نموده است. به طور مشابه جامعه اول زمینه، جامعه دوم گذر و جامعه سوم آنومالی را نشان می‌دهند. با توجه به حد زمینه روی در سنگ‌های آندزیتی (ppm ۱۰۰) و با توجه به پارامترهای آماری مدل، مقدار حد آستانه‌ای بدین شرح؛ ppm ۲۵۳ برای حد زمینه به گذر و ppm ۵۵۰ برای حد گذر به آنومالی در نظر گرفته شده است

جدول ۴-۵. نتایج جوامع مدل‌سازی شده برای عنصر روی (واحد غلظت بر حسب ppm)

Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	96.2	69.5	33.49	253.68
2	130	23.7	36.47	504.63
3	1018.2	6.8	542.94	1909.37

مدل سازی احتمال عنصر مس (شکل ۴-۶) معرف جامعه ۴ مدی بوده که پارامترهای آماری محاسبه شده مطابق جدول (۴-۶) است. برای عنصر مس مقدار ۱۳۰ ppm بعنوان حد زمینه به گذر و ۱۱۲۰ ppm بعنوان مقدار حد گذر به آنومالی می باشد.



شکل ۴-۶. مدل سازی نمودار احتمال عنصر مس

جدول ۴-۶. نتایج جوامع مدل سازی شده برای عنصر مس (واحد غلظت بر حسب ppm)

Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	8.2	13.7	3.1	21.5
2	34.8	75.6	9.3	129.8
3	307.6	5.4	124.7	758.3
4	1331.7	5.3	1121.8	1581

با توجه به حدود آستانه ای و حد آنومال عناصر مذکور، نمونه های متعددی بالاتر از حد آنومالی بود که به عنوان کانی سازی می تواند معرفی شود. نقشه پراکندگی غلظت عناصر بر اساس حدود آنومال در ادامه آورده شده است.

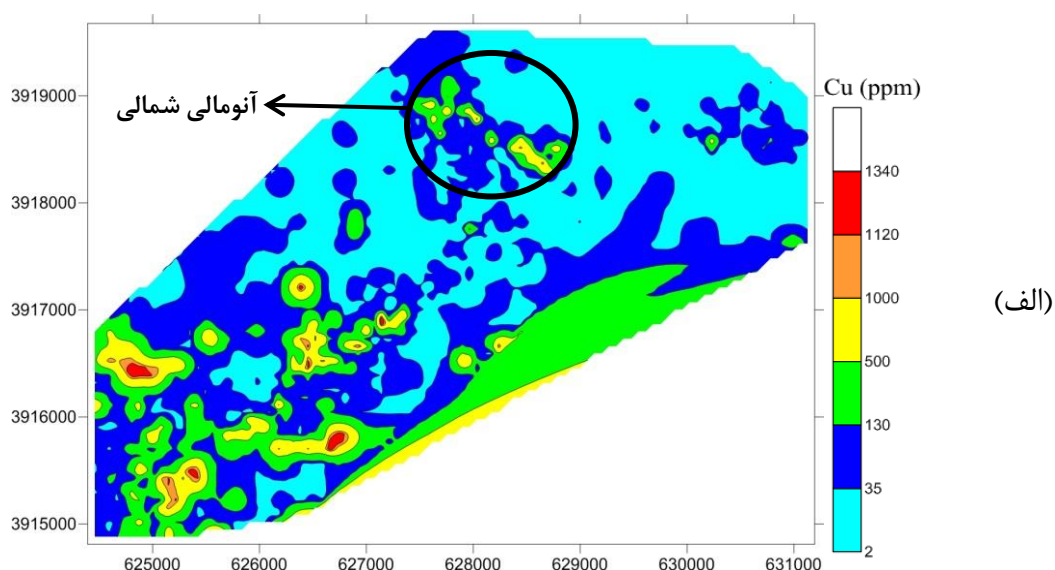
بر اساس نقشه های پراکندگی مکانی غلظت عناصر، به خوبی مشخص است عناصر پاراژنز که دارای همبستگی و تطابق خوبی در محدوده های خاصی هستند چه عناصری می توانند باشند.

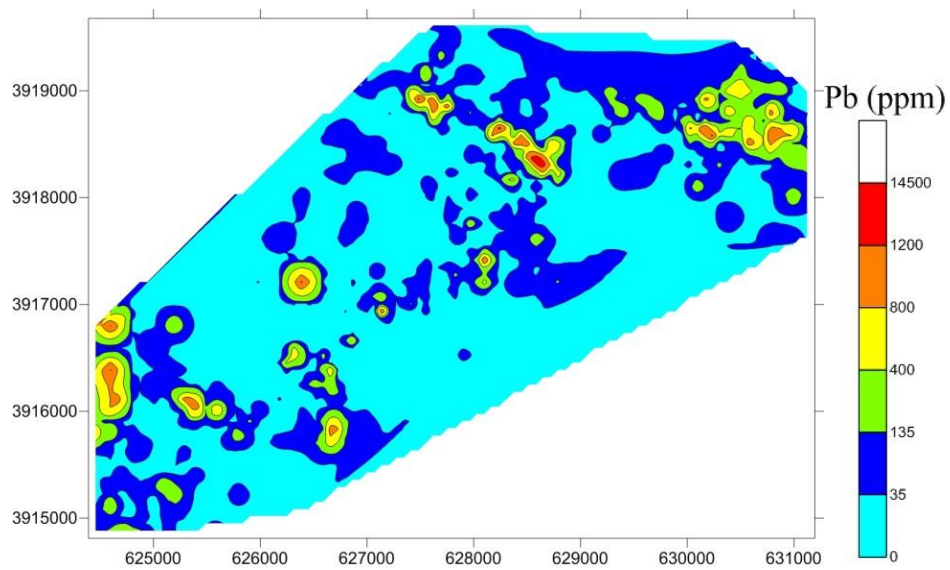
عناصر مس در محدوده شمال، منطقه آنومالی نشان می‌دهد که تطابق خوبی با عنصر نقره، آنتیموان، سرب و روی دارد که به نظر می‌رسد با توجه به عیارهای بالا در این منطقه کانی‌سازی پلی-متال، محتمل باشد. عناصر سرب و روی و تا حدودی آنتیموان در محدوده شمال شرقی و غربی منطقه انطباق خوبی را به نمایش گذاشته‌اند.

با بررسی‌های بیشتر نقشه‌های پراکندگی غلظت سایر عناصر (پیوست ۳)، آنومالی‌ای بخش شمال با امتداد شمال غربی-جنوب شرقی را می‌توان به عنوان آنومالی پلی‌متال در نظر گرفت. این محدوده با توجه به نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ منطقه (شکل ۳-۲) در واحدهای سنگی توف، توف‌های آلتره اسیدی و آندزیت واقع شده است که این مسأله اهمیت این محدوده را دوچندان می‌کند.

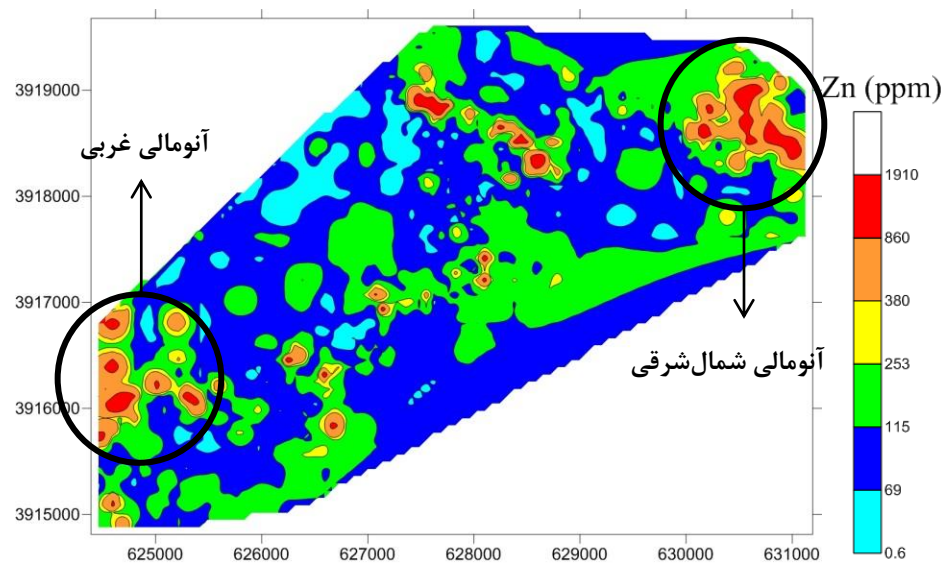
عناصر سرب و روی در دو محدوده شمال شرق و غرب منطقه با وضعیت تکتونیک نقشه‌زمین-شناسی ۱:۲۰۰۰۰ (شکل ۲-۴)، گواه کانی‌سازی می‌باشد. در بخش مرکزی منطقه نیز به دلیل انطباق پراکنده آنومالی عناصر، کانی‌سازی پلی‌متال مشکوک می‌باشد.

مطالعات دقیق کانی‌شناسی (شامل بررسی مقاطع نازک و صیقلی توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرق کشور) در منطقه، اهمیت کانی‌سازی‌های مذکور را تأیید می‌کنند. لازم بذکر است بررسی‌های بیشتر به منظور اقتصادی بودن این کانی‌سازی‌ها نیازمند انجام سایر مطالعات دقیق اکتشافی در مناطق مذکور است.

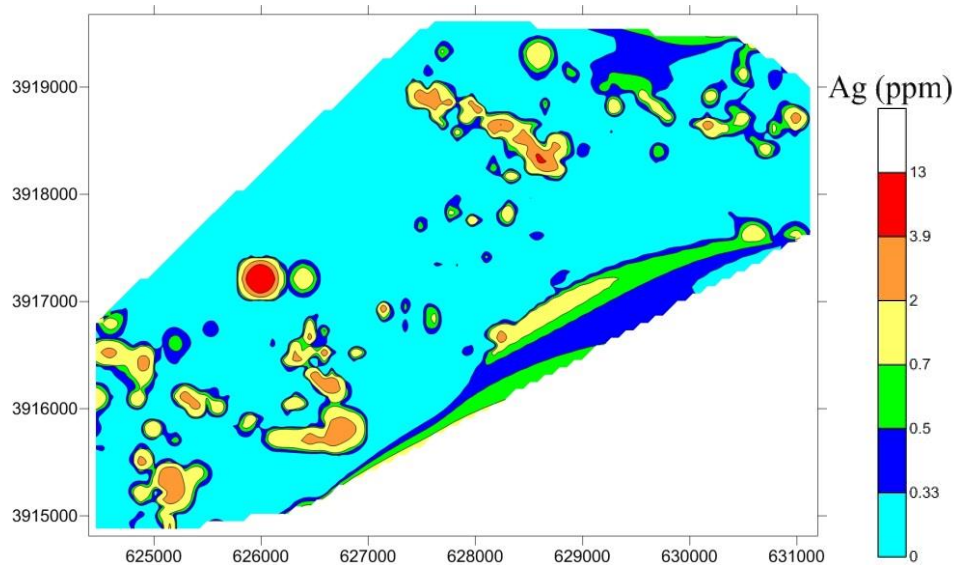




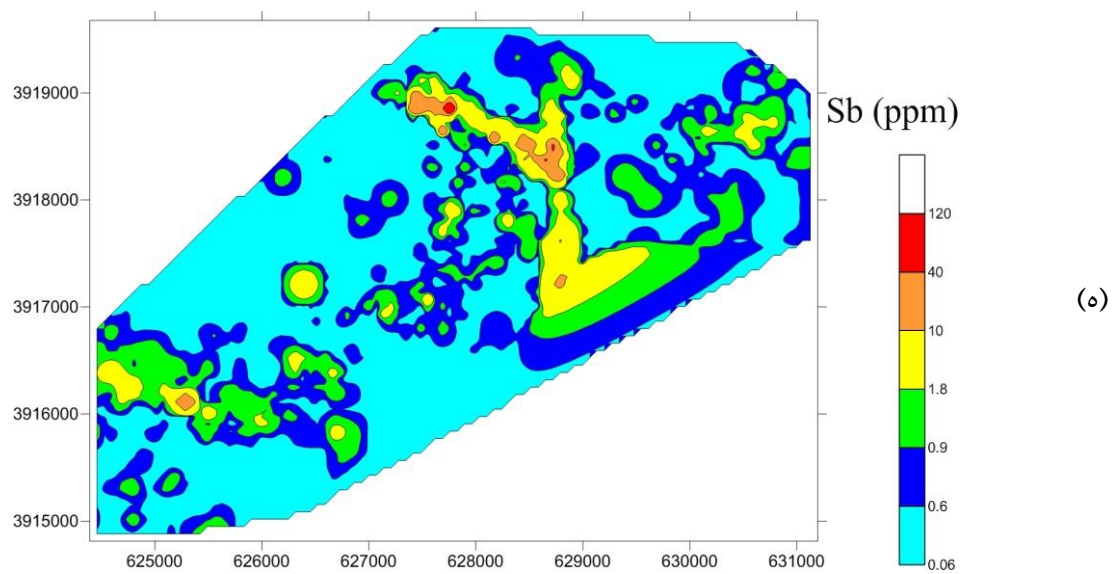
(ب)



(ج)



(د)



شکل ۴-۷. نقشه پراکندگی غلظت عناصر مس (الف)، سرب (ب)، روی (ج)، نقره (د) و آنتیموان (ه)

فصل پنجم: روش های کاربردی آماری تحقیق

۵-۱ مقدمه

به منظور حداقل کردن هزینه‌ها، بر پایه تحلیل داده‌ها و ارزیابی زمینه ژئوشیمیایی عناصر در نمونه‌ها جهت شناسایی آنومالی‌های ژئوشیمیایی در سنگ میزبان و تعیین نوع کانی‌زایی، روش‌های مختلفی بکار برده می‌شود. مدل تابع تفکیک از جمله روش‌های چندمتغیره‌ای است که امروزه برای جداسازی جوامع مختلف داده‌ها با استفاده از اطلاعات همان جوامع استفاده می‌شود (شریفی، ۱۳۹۰).

در فصل قبل روش‌های آماری تک متغیره، دومتغیره و چندمتغیره مورد بررسی قرار گرفت. روش‌های چندمتغیره‌ای که در این فصل بر روی داده‌ها اعمال می‌شود شامل روش‌های آنالیز تفکیک^۱ و آنالیز کانونی (متعارفی)^۲ می‌باشند که کاربردهای زیادی در طبقه‌بندی و جدایش جوامع آماری دارند.

۵-۲ آنالیز تفکیک

آنالیز تفکیک (تمایز) روشی است برای آنکه متغیرها را در قالب گروه‌های مجزا از هم تفکیک کنیم بصورتی که هر گروه در عین اینکه با گروه دیگر شباهت و همبستگی دارد از انسجام لازم نیز برخوردار است. در واقع آنالیز تفکیک اعضای جامعه مورد تحقیق را در قالب گروه‌های مجزا از هم طبقه‌بندی و تفکیک می‌کند، علاوه بر این تابع تشخیص معادله‌ای است که با داشتن مشخصات هر نمونه از جامعه، می‌توان با قراردادن مشخصات در آن معادله، پیش‌بینی کرد که نمونه به کدام گروه تعلق دارد.

این روش تجزیه و تحلیل آماری برای سنجش میزان بستگی و ارتباط یک نمونه با یکی از دو جامعه مشخص و معلوم است. در این روش لازم است دو جامعه مورد نظر از قبل معلوم باشند و یا حداقل تعریف شده باشند. بعنوان مثال می‌دانیم که دو نوع گوسن وجود دارد؛ یکی گوسن حاصل از هوازدگی سنگ‌های مافیک-الترامافیک که از نظر کانی‌زایی اغلب عقیم است و دیگری گوسن‌های وابسته به مناطق سولفوری که از نظر کانی‌زایی بارور محسوب می‌شوند. اگر ویژگی‌های آماری این دو جامعه ژئوشیمیایی مشخص باشد می‌توان با استفاده از آنالیز تفکیک که یک روش آماری چندمتغیره است تمیز داد که آیا گوسن تحت اکتشاف از گروه گوسن‌های بارور یا عقیم است. در آنالیز تفکیک می‌توان به تابع تمایزی دست یافت که قادر باشد داده‌های حاصل از اکتشاف در گوسن را به یکی از دو گروه عقیم یا بارور نسبت داده و نظر در مورد توقف و یا ادامه عملیات را سهولت بخشد (Davis, 2002).

^۱ Discriminant Analysis

^۲ Canonical Analysis

۵-۲-۱- تئوری و روابط ریاضی آنالیز تفکیک

این روش بر اساس توابع تفکیک است که یک تابعی است که استفاده از روش تفکیک را امکان پذیر می کند (Davis, 2002). عملکرد آنالیز تفکیک قبلاً در (شکل ۱-۱) نشان داده شده است.

به منظور تعریف یک تابع تفکیک، از ترکیب خطی متغیرها برای ایجاد متغیری با توزیع نرمال تک متغیره استفاده می کنیم. این تابع در امتداد بیشترین تمایز بین مقادیر دو جامعه محاسبه می شود (شکل ۱-۱). ضرایب چنین ترکیب خطی ای که فاصله میانگین های دو جامعه در امتداد آن حداکثر باشد از رابطه (۱-۵) محاسبه می شود (Davis, 2002؛ حسنی پاک و شرف الدین، ۱۳۹۰):

$$[a]^T = ([\mu_1] - [\mu_2])^T [\Sigma]^{-1} \quad (۱-۵)$$

آنچه که در دسترس است شامل تخمینی از بردارهای میانگین و ماتریس کوواریانس است. لذا می توان نوشت:

$$[a]^T = ([\bar{X}_1] - [\bar{X}_2])^T [S]^{-1} \quad (۲-۵)$$

که در آن $[\bar{X}_1]$ و $[\bar{X}_2]$ تخمینی از بردارهای میانگین دو جامعه معلوم و $[S]$ ماتریس کوواریانس مشترک دو جامعه معلوم است. این وزن ها یعنی مقادیر a تابع تفکیک را تعریف می کند. با در دست داشتن تابع تفکیک، حال می توان برای هر نمونه جدید با بردار مشاهدات $[x]$ ، مقدار امتیاز تابع تمایز را برای آن از رابطه (۳-۵) محاسبه کرد:

$$DF = ([\bar{X}_1] - [\bar{X}_2])^T [S]^{-1} [x] \quad (۳-۵)$$

اما برای طبقه بندی این تابع در جامعه مربوطه با مرز جدایش جوامع مشخص باشد. برای این منظور باید تابعی تعریف کرد که مرز جدایش جوامع را معلوم کند. مرز جدایش جوامع را می توان تصویر میانگین بردارهای میانگین دو جامعه، در امتداد بیشترین تمایز در نظر گرفت:

$$[D]_0 = ([\bar{X}_1] - [\bar{X}_2])^T [S]^{-1} ([\bar{X}_1] + [\bar{X}_2]) / 2 \quad (۴-۵)$$

این فاصله از مبدأ $[\bar{X}_1]$ محاسبه می شود و در نتیجه در صورتی که $D < D_0$ باشد نمونه مورد نظر را می توان متعلق به جامعه اول دانست (Davis, 2002).

۵-۲-۲-آزمون اعتبار آنالیز تفکیک

این آزمون در واقع همان آزمون معنی دار بودن اختلاف میانگین‌های دو جامعه نمونه است. اگر اختلاف بین بردار میانگین دو جامعه استاندارد معنی دار نباشد، بر اساس اطلاعات این دو جامعه نمی‌توان تحلیل تفکیک را انجام داد. در این حالت مقدار آماره مورد آزمون به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$q = \left(\frac{n_1 + n_2 - k - 1}{k(n_1 + n_2 - 2)} \right) \left(\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} \right) ([\bar{X}_1] - [\bar{X}_2])^T [S]^{-1} ([\bar{X}_1] - [\bar{X}_2]) \quad (5-5)$$

که در آن n_1 و n_2 تعداد نمونه‌ها در دو جامعه نمونه اول و دوم، k تعداد متغیرها، $[\bar{X}_1]$ بردار میانگین متغیرهای جامعه اول، $[\bar{X}_2]$ بردار میانگین متغیرهای دوم و $[S]$ ماتریس کوواریانس مشترک دو جامعه است. اگر مقدار محاسباتی فوق (q) بزرگتر از $F_{\alpha; k, n_1 + n_2 - k - 1}$ باشد می‌توان پذیرفت که متغیرهای انتخاب شده برای دستیابی به تابع تمایز مناسب می‌باشند. البته این بدان معنی نیست که متغیرهای موردنظر، بهترین متغیرها برای این منظور هستند (حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۹۰). مقدار آماره $F_{\alpha; k, n_1 + n_2 - k - 1}$ از جدول آماری (پیوست ۵) بدست می‌آید.

۵-۲-۳-انتخاب متغیرها در آنالیز تفکیک

اگر فرض برابری بردارهای میانگین دو جامعه، رد گردد بدان معنی است که اختلاف بین آن‌ها معنی دار است و می‌توان با تحلیل تمایز به جداسازی پرداخت، ولی این بدان معنی نیست که اجباراً باید از همه متغیرها در تابع تمایز استفاده کرد. معمولاً بعضی از متغیرها یا هیچ‌گونه کمکی در جداسازی نمی‌کنند و یا نقش برجسته‌ای ندارند. این گونه متغیرها را نباید در تابع تفریق وارد کرد چون فقط محاسبات را پیچیده‌تر می‌کنند. روش‌های مختلفی برای انتخاب مناسب‌ترین متغیرها در تابع تمایز وجود دارد. در اینجا یکی از روش‌ها تشریح می‌شود.

فرض کنید کل متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل $x_1, x_2, \dots, x_k$ باشد و هدف آزمون لزوم وجود متغیر k ام در تابع تمایز است. برای این منظور کافی است فاصله ماهالانوبیس^۱ برای دو حالت بود و نبود متغیر k ام در بین متغیرها محاسبه شود. سپس اختلاف آن‌ها را محاسبه و معنی دار بودن یا نبودن این اختلاف مورد آزمون قرار گیرد.

فاصله ماهالانوبیس به صورت زیر قابل محاسبه است:

^۱ Mahalanobis Distance

$$D^2 = ([\bar{X}_1] - [\bar{X}_2])^T [S]^{-1} ([\bar{X}_1] - [\bar{X}_2]) \quad (۶-۵)$$

برای انجام این محاسبات آماره زیر را محاسبه می‌کنیم:

$$q = \frac{(n_1 + n_2 - k - 1)(D_k^2 D_{k-1}^2)}{[(n_1 + n_2 - 2)(n_1 + n_2)/n_1 n_2] + D_{k-1}^2} \quad (۷-۵)$$

بنابراین اگر مقدار آماره محاسباتی فوق از مقدار نظیر آن بزرگتر باشد ضروری است متغیر در تابع تمایز وارد شود، زیرا وجود آن به طور معنی‌داری این فاصله را کاهش می‌دهد.

در ادامه، آنالیز تفکیک بر روی داده به منظور جداسازی و طبقه‌بندی داده‌ها صورت گرفته و به تفسیر نتایج این تحلیل پرداخته شده است.

۵-۳- تمایز جوامع با استفاده از آنالیز تفکیک

همانطور که در تئوری روش بیان شد جوامع آماری باید معلوم باشند. با توجه به اینکه آنالیزهای دو و چندمتغیره کانی‌سازی‌های سرب و روی و پلی‌متال را در منطقه چشمه نقره نشان داده‌اند در نتیجه سه جامعه ۱- زمینه، ۲- گذر و ۳- آنومالی به عنوان سه جامعه معلوم برای کانی‌سازی‌های موجود در نظر گرفته می‌شود. حدود این جوامع در بخش (۴-۴) بر اساس مدل‌سازی نمودار احتمال تعیین گردیده است.

حال هدف تعیین جوامعی است که بتوانند نمونه‌های مربوط به این سه جامعه معلوم را با سطح اعتماد مهندسی مناسب، با استفاده از اطلاعات معلوم سه جامعه تفکیک نماید و اگر نمونه جدیدی از همین منطقه بدست آمد، با استفاده از اطلاعات نمونه، بتوان جایگاه واقعی نمونه جدید را شناسایی و طبقه‌بندی کرد. ابتدا محدوده‌های کانی‌سازی را بر اساس نقشه‌های پراکندگی غلظت عناصر جدا کرده و آنالیز تفکیک بر روی داده‌های این عناصر صورت گرفت. عناصر بااهمیت در این محدوده‌ها سرب، روی، مس، طلا و آنتیموان شناخته شده‌اند که توابع بدست‌آمده با آنالیز تفکیک بر اساس این عناصر می‌باشد. در ادامه به عنوان مثال توابع بدست‌آمده بر اساس محدوده کانی‌سازی سرب و روی و گروه-بندی عنصر سرب آورده شده است.

به عنوان مثال، در زیر با استفاده از روند کلی کلاس‌بندی و داده‌های مربوط به محدوده کانی‌سازی سرب و روی آنالیز تفکیک صورت گرفته که ویژگی توابع بدست‌آمده در جداول (۵-۱) و (۵-۲) آمده است.

جدول ۵-۱. ویژگی‌های دو تابع تعریف شده

تابع	مقدار ویژه	درصد تغییرات	درصد فراوانی تجمعی	همبستگی کانونی
1	12.380	97.5	97.5	.962
2	.318	2.5	100.0	.491

مطابق جدول (۵-۱)، تابع ۱، ۹۷/۵ درصد تغییرات را توجیه نموده و تقریباً ۹۷ درصد با داده‌ها همبستگی دارد. این تابع بخوبی توانسته است که داده‌ها را در گروه‌های سه‌گانه تفکیک و کلاس‌بندی کند. تابع ۲، ۲/۵ درصد تغییرپذیری‌ها را توجیه کرده و ۴۹/۱ درصد با داده‌ها همبستگی دارد.

جدول ۵-۲. ضرایب Chi-square و Wilks' Lambda

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	Df	Sig.
1 through 2	.057	862.315	20	.000
2	.759	82.886	9	.000

با توجه به جدول (۵-۲)، ضریب ویلکس لامبدا آمده است که هر چه مقدار این ضریب تابع کوچکتر باشد، تابع موردنظر تغییرپذیری را بهتر نشان می‌دهد، اما بزرگتر بودن مقدار ضریب Chi نشان‌دهنده توجیه بهتر تغییرپذیری است.

در ادامه توابع ۱ و ۲ که مربوط به زون کانی‌سازی سرب و روی بر اساس عنصر سرب می‌باشد، آمده است.

$$F_1=1 \text{ تابع } = 0.98\text{Pb} + 0.13\text{Ag} + 0.25\text{Zn} + 0.2\text{Cu} + 0.5\text{As} + 0.1\text{Bi} + 0.1\text{Sb} + 0.2\text{Mo} + 0.8\text{Au} + 0.1\text{Hg}$$

$$F_1=2 \text{ تابع } = 0.15\text{Pb} - 0.3\text{Ag} + 0.83\text{Zn} - 0.21\text{Cu} + 0.19\text{As} - 0.15\text{Bi} - 0.11\text{Sb} + 0.9\text{Mo} - 0.8\text{Au} + 0.1\text{Hg}$$

در کلاس‌بندی با داده‌ها، توابع مذکور توانستند ۹۹ درصد نمونه‌های جامعه زمینه، ۸۷ درصد نمونه‌های جامعه گذر از زمینه به آنومالی و ۱۰۰ درصد نمونه‌های جامعه آنومال را درست کلاس‌بندی کنند.

در اعتبارسنجی کلاس‌بندی، نمونه‌ای کنار گذاشته می‌شود و توابع بدون این نمونه تعیین می‌شوند. حال با این توابع، نمونه کنار گذاشته‌شده کلاس‌بندی می‌شود (Cross Validation). این کار برای تمام نمونه‌ها انجام می‌شود (شریفی، ۱۳۹۰) و در نهایت یک نتیجه کلی مطابق جدول (۵-۳) حاصل می‌شود. با توجه به نتیجه اعتبارسنجی (جدول ۵-۳)، هدف تعیین تأثیر هر نمونه در کلاس‌بندی توسط توابع است. در این کلاس‌بندی ۹۹ درصد نمونه‌های جامعه زمینه، ۸۲ درصد نمونه‌های جامعه گذر و ۹۵ درصد نمونه‌های جامعه آنومالی درست کلاس‌بندی شده‌اند. لازم به ذکر است بر

اساس نتایج حاصل، در حالت کلی در کلاس‌بندی اصلی، ۹۷/۷ درصد کل نمونه‌ها و در کلاس‌بندی اعتبارسنجی حدود ۹۷ کل نمونه‌ها درست کلاس‌بندی شده‌اند.

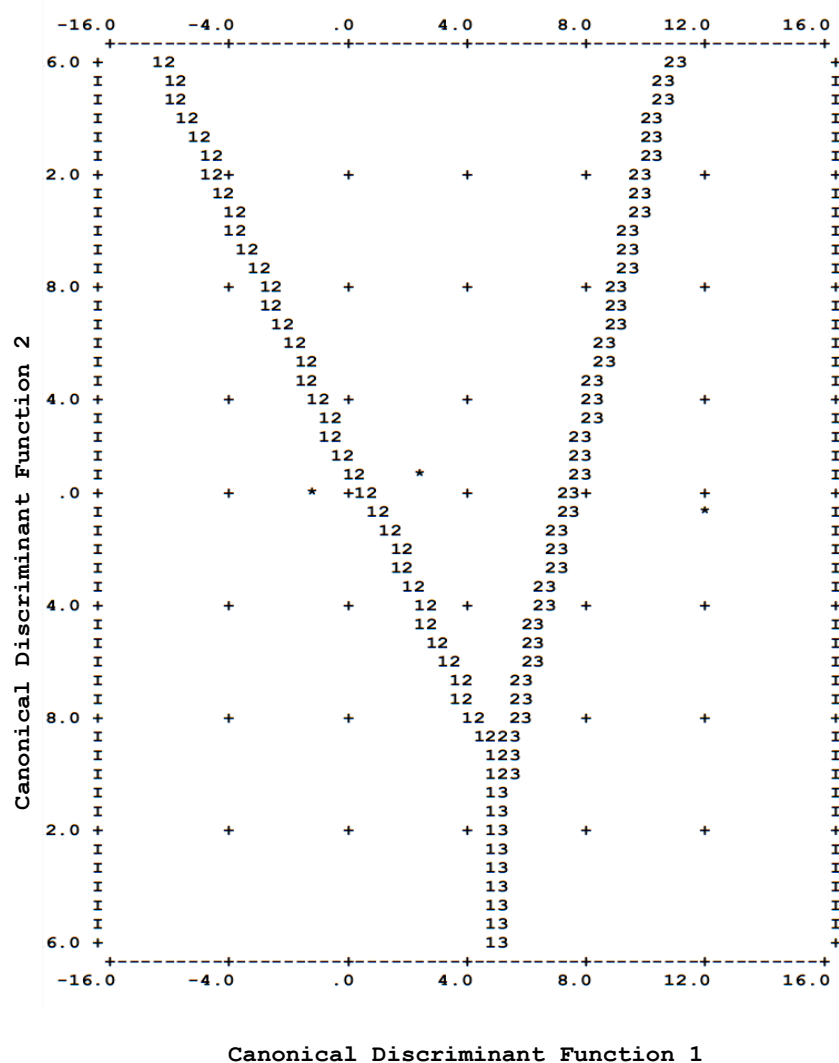
جدول ۳-۵. نتایج کلاس‌بندی و اعتبارسنجی برای سرب در محدوده سرب و روی

	No	Predicted Group Membership			Total
		1	2	3	
Original	Count 1	245	2	0	247
	Count 2	5	35	0	40
	Count 3	0	0	21	21
	% 1	99.2	.8	.0	100.0
	% 2	12.5	87.5	.0	100.0
	% 3	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated	Count 1	245	2	0	247
	Count 2	6	33	1	40
	Count 3	1	0	20	21
	% 1	99.2	.8	.0	100.0
	% 2	15.0	82.5	2.5	100.0
	% 3	4.8	.0	95.2	100.0

- 97.7% of original grouped cases correctly classified
- Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case
- 96.8% of cross-validated grouped cases correctly classified

در شکل (۵-۱)، نقشه منطقه‌بندی^۱ توابع ۱ و ۲، سه منطقه زمینه (مرزهای مشخص شده با عدد ۱)، گذر از زمینه به آنومالی (مرزهای مشخص شده با عدد ۲) و آنومالی (مرزهای مشخص شده با عدد ۳) بر اساس توابع ۱ و ۲ مشخص شده‌اند که هر نقطه در این نمودار نمایانگر یک نمونه است. بعبارت دیگر اگر نمونه جدید برداشت و آنالیز شود و اطلاعات مربوط به آن در دو تابع قرار گیرد، جایگاه آن در نقشه مشخص خواهد شد و این که نمونه مذکور متعلق به کدام جامعه است تعیین می‌شود.

^۱ Territorial Map



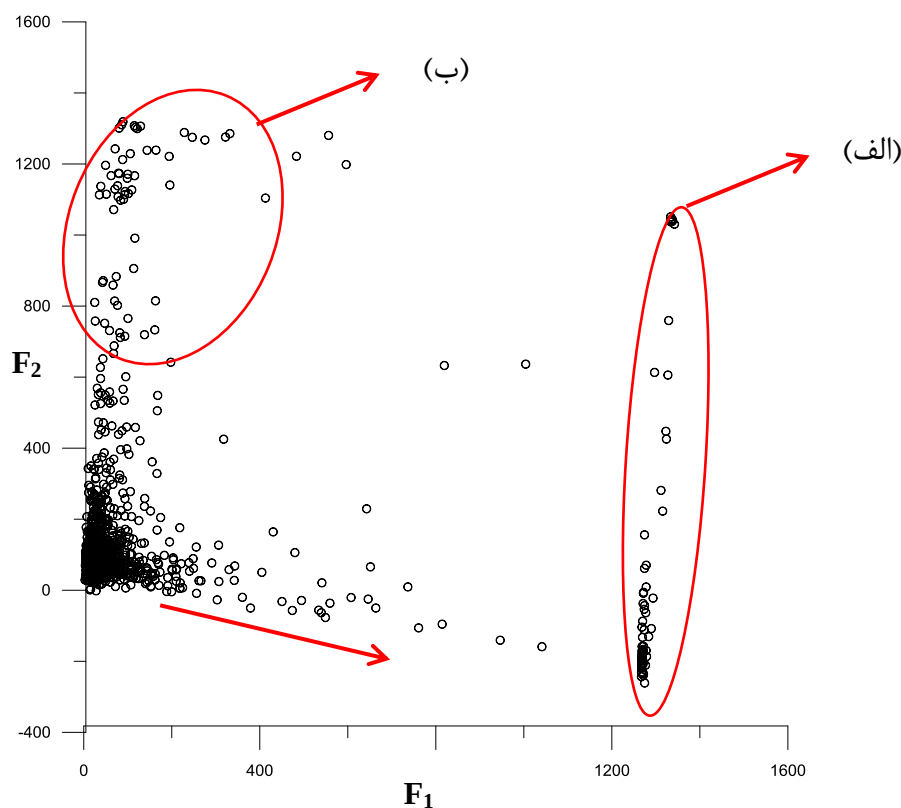
شکل ۵-۱. نقشه منطقه‌بندی بر اساس توابع استاندارد ۱ و ۲

پس از انجام آنالیز تفکیک و بدست آمدن ۱۴ تابع (پیوست ۶، توابع انتخابی ۱ تا ۶) با اهمیت بر اساس متغیرهای با اهمیت، معادلات این توابع بر روی کل داده‌ها اعمال گردید. با رسم دو به دو داده‌های حاصل از این معادلات، مجدداً تعداد ۶ تابع که بخوبی جدایش زون‌های کانی‌سازی را نشان داده بودند، مشخص گردید.

در اینجا به آوردن یک نمودار از توابع رسم شده بسنده می‌کنیم. (نمودارهای مشابه مربوط به توابع دیگر در پیوست ۶ آورده شده‌اند). با توجه به شکل (۵-۲)، نمودار توابع ۱ به ۲ (توابعی که معادله آن‌ها ذکر شد) رسم شده است. مقادیر مختلف توابع ۱ و ۲ بدست آمده از اعمال توابع بر روی داده‌ها، روندهای متفاوتی از کانی‌سازی را نشان می‌دهند. در اینجا به بررسی جداگانه تغییرات روند توابع ۱ و

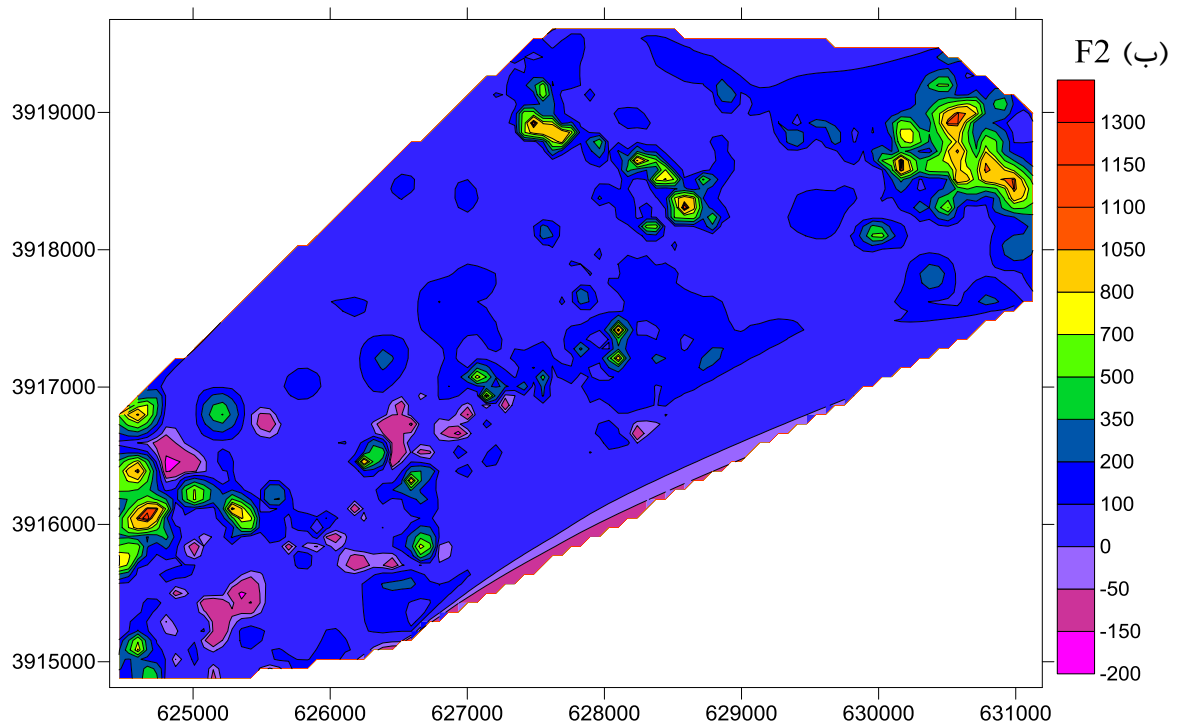
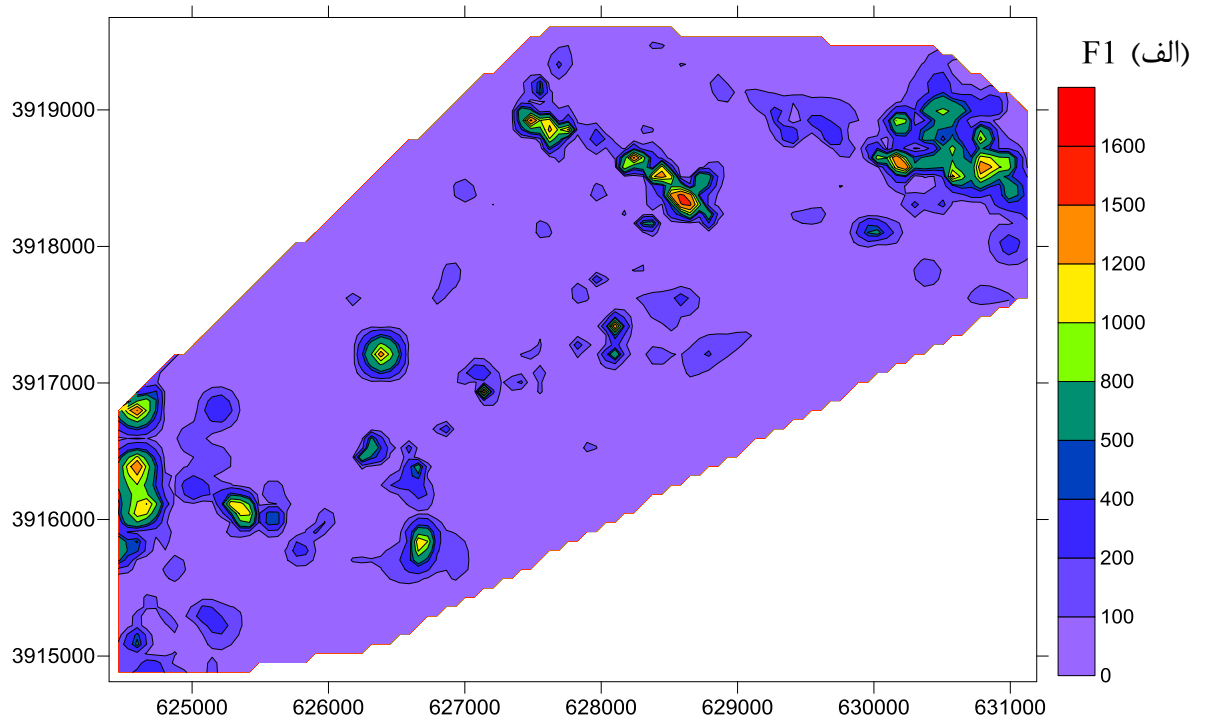
۲ می‌پردازیم. با توجه به تابع ۱ و مقادیر داده‌های حاصل از نمونه‌برداری، پس از بررسی داده‌هایی از تابع ۱ که مقدارشان حداکثر است مشخص شده که غلظت عناصر مس، سرب، روی، نقره، طلا و بقیه عناصر نیز عیار بالایی دارند. به بیان دیگر می‌توان گفت که مقادیر بالای تابع ۱، کانی‌سازی پلی‌متال را تفکیک می‌کند (محدوده الف در شکل ۵-۲).

با بررسی تابع ۲ و داده‌های مورد استفاده مشخص گردید افزایش مقادیر تابع ۲ با افزایش مقادیر سرب و روی همراه بوده است. به عبارت دیگر افزایش غلظت عناصر سرب و روی، بیشترین تأثیر را در افزایش مقادیر تابع ۲ داشته و مقادیر بالای تابع ۲، کانی‌سازی سرب و روی را تفکیک نموده است (محدوده ب در شکل ۵-۲). همچنین مقادیر پایین این تابع با توجه به ضریب منفی برای عناصر مس و نقره نیز نشان‌دهنده کانی‌سازی مس می‌باشد. پس از بررسی جداگانه توابع، بر روی نمودار و با در نظر گرفتن هر دو تابع نسبت به یکدیگر، می‌توان مشخص نمود که نقاط یا مقادیر در راستای محور تابع ۱ در جهت افزایش غلظت سرب و روی و در راستای کاهش محور تابع ۲ در جهت افزایش غلظت مس و نقره عمل می‌کنند. بنابراین این عناصر در قسمت الف در شکل (۵-۲) حداکثر غلظت را نشان می‌دهند که نشان‌دهنده کانی‌سازی پلی‌متال می‌باشد.



شکل ۵-۲. نمودار جدایش محدوده‌های کانی‌سازی بر اساس توابع F_1 و F_2

در ادامه نقشه پراکندگی مقادیر توابع رسم شده است (شکل ۳). آنومالی‌های موجود در شکل انطباق خوبی با نتایج ذکر شده نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵. نقشه پراکندگی مقادیر توابع ۱ (الف) و ۲ (ب)

۵-۴- تحلیل همبستگی کانونی

تحلیل همبستگی کانونی (که با نام آنالیز متعارف نیز معروف است) در سال‌های اخیر یک تکنیک آماری نسبتاً ناشناخته بود. در دسترس بودن برنامه‌های کامپیوتری، اکثر تکنیک‌های چندمتغیره را توسعه داده و کاربرد آن‌ها را تسهیل کرده بود. همبستگی کانونی را بعنوان یک مدل عمومی نسبت به دیگر تکنیک‌های آماری می‌توان در نظر گرفته شود، زیرا این مدل هم می‌تواند از داده‌های متریک و هم داده‌های غیرمتریک برابر متغیرهای مستقل و وابسته استفاده کند (Hair et al., 1998).

تحلیل همبستگی کانونی متداول‌ترین حالت مدل خطی عمومی می‌باشد که با استفاده از تکنیک آماری چندمتغیری، رابطه بین دو مجموعه از متغیرهای چندگانه را مورد بررسی قرار می‌دهد. تجزیه و تحلیل همبستگی کانونی، با تجزیه و تحلیل همزمان مجموعه‌ها و شناسایی و مشخص کردن عناصر از یک مجموعه متغیر با بیشترین وابستگی و ارتباط با عناصر مجموعه متغیر دیگر، روابط آماری مستقل موجود بین دو مجموعه متغیر را مورد آزمون قرار می‌دهد (Thompson, 1984).

۵-۴-۱- مفهوم و تعریف

آنالیز همبستگی متعارف روش چندمتغیره‌یی است که اصول محاسباتی شبیه به آنالیز فاکتوری دارد ولی در مفاهیم رابطه بسیار نزدیکی با رگرسیون چندگانه دارد. تفاوت اساسی آن با رگرسیون چندگانه در این است که در روش آنالیز همبستگی متعارف ارتباط یک گروه از متغیرها با گروه دیگری از متغیرها با هم مقایسه می‌گردند. این ارتباط را می‌توان از طریق پیدا کردن ترکیبات خطی متغیرهای گروه اول با متغیرهای گروه دوم بررسی نمود. این گونه همبستگی‌ها را همبستگی متعارف و ترکیبات خطی آن را متغیرهای متعارف می‌نامند (رنجبر و همکاران، ۱۳۸۰). در این روش در نظر گرفتن یک مجموعه از متغیرها به عنوان متغیرهای مستقل و مجموعه دیگر به عنوان متغیر وابسته می‌تواند بسیار مفید باشد (Nash & Chaloud, 2002). از جمله امتیازات روش تحلیل همبستگی کانونی در مقایسه با تحلیل همبستگی معمولی (رگرسیون) این است که روش همبستگی معمولی به سیستم مختصاتی که در آن تعریف شده است، وابسته می‌باشد. این بدان معنی است که حتی اگر رابطه خطی قوی بین دو متغیر چندبعدی وجود داشته باشد، این ارتباط ممکن است با انتخاب سیستم مختصات استفاده‌شده در روش همبستگی معمولی دیده نشود در حالی که در یک سیستم مختصات دیگر، این رابطه خطی میزان همبستگی بالایی را ارائه دهد. روش تحلیل همبستگی متعارف سیستم مختصاتی را می‌یابد که در آن میزان همبستگی دارای مقدار بهینه است (Borga, 1998).

۵-۴-۲- تئوری و روابط ریاضی

در بعضی از دسته داده‌های چند متغیره، متغیرها به طور طبیعی به دو گروه مجزا تقسیم می‌شوند. دو گروه از متغیرها Y و X عبارتند از: $X_1, X_2, \dots, X_p$ (ها X) و $Y_1, Y_2, \dots, Y_q$ (ها Y) هستند. این دو گروه، واحد اندازه‌گیری یکسانی دارند. برای مثال متغیرهای پاسخ و متغیرهای پیش‌بین ماتریس همبستگی کانونی برای تفسیر ارتباط بین این دو گروه به کار گرفته شده و از این روش بعنوان ابزاری برای کاهش حجم اطلاعات مورد بررسی در محاسبات، استفاده می‌شود. هدف اصلی آنالیز همبستگی کانونی، ساختن گروه جدید از مؤلفه‌ها به صورت $U = a'X$ و $V = b'Y$ است که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه هستند. پس بدین صورت داریم (Fujikoshi et al., 2010):

$$U = a'X = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_pX_p \quad (۸-۵)$$

$$V = b'Y = b_1Y_1 + b_2Y_2 + \dots + b_qY_q \quad (۹-۵)$$

بدین صورت پارامترهای موجود در معادله به شرح زیر بیان می‌شوند:

U و V دو متغیر کانونی^۱ یا ترکیب‌های خطی از همبستگی کانونی

X و Y بردار متغیرها یا گروه داده‌های مورد بررسی که هدف یافتن همبستگی و رابطه بین این دو گروه از متغیرها است

- $a' = (a_1, a_2, \dots, a_p)$ و $b' = (b_1, b_2, \dots, b_q)$ ضرایب همبستگی متغیرها^۲ در معادلات کانونی

با توجه به ترکیب‌های خطی ذکر شده، فرض کنید با در نظر گرفتن دو بردار $X = (X_1, \dots, X_p)$ و $Y = (Y_1, \dots, Y_q)$ ، اندازه همبستگی کانونی، رابطه بین محورهای X و Y است که یک تعمیم از همبستگی چندگانه است. بنابراین ماتریس کوواریانس زیر بدین صورت بیان می‌شود:

^۱ Canonical variate

^۲ Canonical Coefficient

$$\begin{array}{c}
 X_1 \ X_2 \dots X_p \quad Y_1 \ Y_2 \dots Y_q \\
 \begin{array}{c}
 X_1 \\
 X_2 \\
 \vdots \\
 X_p \\
 Y_1 \\
 Y_2 \\
 \vdots \\
 Y_q
 \end{array}
 \left[\begin{array}{c|c}
 \begin{array}{c} p \times p \\ A \end{array} & \begin{array}{c} p \times q \\ C \end{array} \\
 \hline
 \begin{array}{c} q \times p \\ C' \end{array} & \begin{array}{c} q \times q \\ B \end{array}
 \end{array} \right]
 \end{array} \quad (۱۰-۵)$$

در ماتریس ذکر شده داریم:

A ماتریس کوواریانس $p \times p$ برای X ها

B ماتریس کوواریانس $q \times q$ برای Y ها

C و C' ماتریس های کوواریانس $p \times q$ و $q \times p$ برای Y ها و X ها.

بدین ترتیب می توان ماتریس کوواریانس را بصورت زیر نیز نوشت:

$$Cov(X, Y) = \begin{bmatrix} \Sigma_{XX} & \Sigma_{XY} \\ \Sigma_{YX} & \Sigma_{YY} \end{bmatrix} \quad (۱۱-۵)$$

بنابراین همبستگی بین U و V بدین صورت بیان می شود:

$$\rho(U, V) = \frac{a' \sum_{XY} b}{(a' \sum_{XX} a)^{1/2} (b' \sum_{YY} b)^{1/2}} \quad (۱۲-۵)$$

برای ماکزیمم کردن $\rho(U, V)$ ، می توانیم بدون در نظر گرفتن حالت عمومی، شرایط زیر بررسی کنیم:

$$Var(U) = a' \sum_{XX} a = 1 \quad (۱۳-۵)$$

$$Var(V) = b' \sum_{YY} b = 1 \quad (۱۴-۵)$$

مادامیکه $\rho(cU, dV) = \rho(U, V)$ برای $c > 0$ و $d > 0$ ، بنابراین می توانیم U و V را با a و b ای را بیابیم که $\rho(U, V)$ را ماکزیمم کند:

$$\rho(U, V) = a' \sum_{XY} b \quad (۱۵-۵)$$

همبستگی کانونی و متغیر کانونی با یافتن محورهای $a_1, a_2, \dots, a_p$ و $b_1, b_2, \dots, b_q$ تعریف می‌شوند:

$$U_i = a'_i X, i = 1, \dots, p \quad (۱۶-۵)$$

$$V_j = b'_j Y, j = 1, \dots, q \quad (۱۷-۵)$$

که در این روابط:

(۱) U_1 و V_1 دو همبستگی خطی با واریانس ۱ هستند که ماکزیمم همبستگی بین همبستگی‌های بین هر دو ترکیب خطی $a'_1 X$ و $b'_1 Y$ را دارند.

(۲) برای U_k و $V_k, k \leq p$ دو ترکیب خطی با واریانس‌های ۱، بیشترین همبستگی در بین همبستگی‌های بین دو ترکیب خطی $a'_k X$ و $b'_k Y$ با شرایط زیر را دارند:

$$\rho(U, U_i) = 0, \quad \rho(V, V_i) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (۱۸-۵)$$

این بدین معنی است که اگر جفت ترکیب خطی‌ای حداکثر همبستگی داشته باشند، ترکیب‌های خطی قبل از آن‌ها همبستگی صفر داشته‌اند.

(۳) برای $V_k, k > p$ یک ترکیب خطی با واریانس ۱ است که:

$$\rho(V, V_j) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, k-1 \quad (۱۹-۵)$$

این شرط نشان دهنده این است برای مرتبه‌های بزرگتر از تعداد متغیرهای U ، فقط همبستگی برای متغیرهای V قابل محاسبه است.

۵-۴-۳- بررسی داده‌ها با استفاده از آنالیز کانونی

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری متعدد صورت گرفته، چند نوع کانی‌سازی در منطقه شناسایی گردید. این کانی‌سازی‌ها و عناصر اصلی تشکیل دهنده‌شان، گروه متغیرها برای آنالیز کانونی را بدست می‌دهند و کانی‌سازی‌های سرب و روی، مس و پلی‌متال بعنوان کانی‌سازی‌های اصلی معرفی گردیدند.

به منظور انتخاب گروه متغیرها، با توجه به کانی‌سازی‌های مذکور، عناصر سرب و روی بعنوان یک گروه متغیر و عناصر مس و نقره با توجه به پاراژنز بودن در منطقه بعنوان گروه دیگر انتخاب گردیدند.

برای بدست آوردن توابع کانونی، آنالیز بر روی عناصر مذکور صورت گرفت. در جدول (۴-۵)، مقدار ویلکس لامبدا و معنی داری F آورده شده است. نکته مهم، مقدار معنی داری آماره F می باشد که همان p-value است. در انجام مطالعات مختلف مقدار p-value برابر ۰/۰۵ خواهد بود. با در نظر گرفتن این مقدار، نتایجی که در زیر این مقدار قرار می گیرند از نظر آماری معنی دار خواهند بود. همانطور که در جدول مشاهده می شود این مقدار برای هر دو معادله بدست آمده کمتر از ۰/۰۵ می باشد.

جدول ۴-۵. معنی داری معادلات محاسبه شده

معادلات کانونی	Wilks' Lambda	Sig. of F
1 through 2	0.7006	.000
2	0.9954	.006

پس از بررسی معادلات کانونی بدست آمده، ضرایب متغیرها و همبستگی آن ها با معادلات بدست می آید. در جدول (۵-۵) و (۶-۵) ضرایب استاندارد شده کانونی برای متغیرها آورده شده اند. استاندارد بودن ضرایب بدین معنی هست که همه متغیرها هم مقیاس شده بطوریکه میانگین آن ها صفر و انحراف معیار ۱ دارند. این استاندارد کردن چگونگی تغییرات معادله بوسیله افزایش یا کاهش متغیر را نشان می دهد به گونه ای که مثلاً اگر عنصر مس به مقدار ۰/۰۳۹۵ افزایش پیدا کند متغیر کانونی یک به مقدار ۱ واحد افزایش نشان می دهد.

جدول ۵-۵. ضرایب استاندارد شده معادلات کانونی برای متغیرهای گروه اول

معادلات کانونی	1	2
Cu	0.0395	1.1750
Ag	0.9786	-0.6516

جدول ۶-۵. ضرایب استاندارد شده معادلات کانونی برای متغیرهای گروه دوم

معادلات کانونی	1	2
Pb	1.0008	1.0027
Zn	-0.0011	-1.4341

توابع کانونی استخراج شده به منظور بررسی کانی سازی در منطقه چشمه نقره از جدول (۷-۵) و (۸-۵) استخراج شده اند. با توجه به جداول (۷-۵) و (۸-۵)، معادله ۱ با عناصر نقره، سرب و روی همبستگی بالایی دارد و معادله دوم با عنصر مس.

جدول ۵-۷. همبستگی بین متغیرهای گروه اول و معادلات کانونی

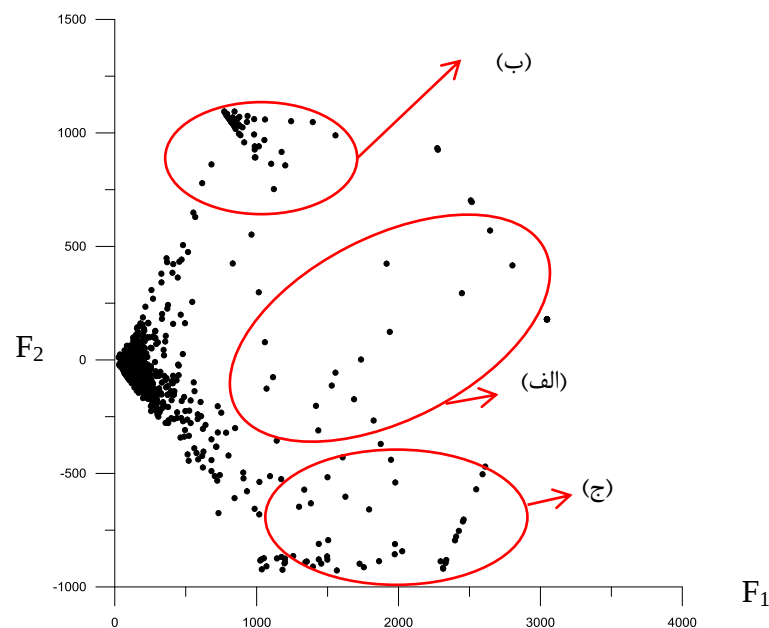
معادلات کانونی	1	2
Cu	0.5542	0.8324
Ag	0.9994	-0.0336

جدول ۵-۸. همبستگی بین متغیرهای گروه دوم و معادلات کانونی

معادلات کانونی	1	2
Pb	1	-0.0008
Zn	0.7162	-0.6979

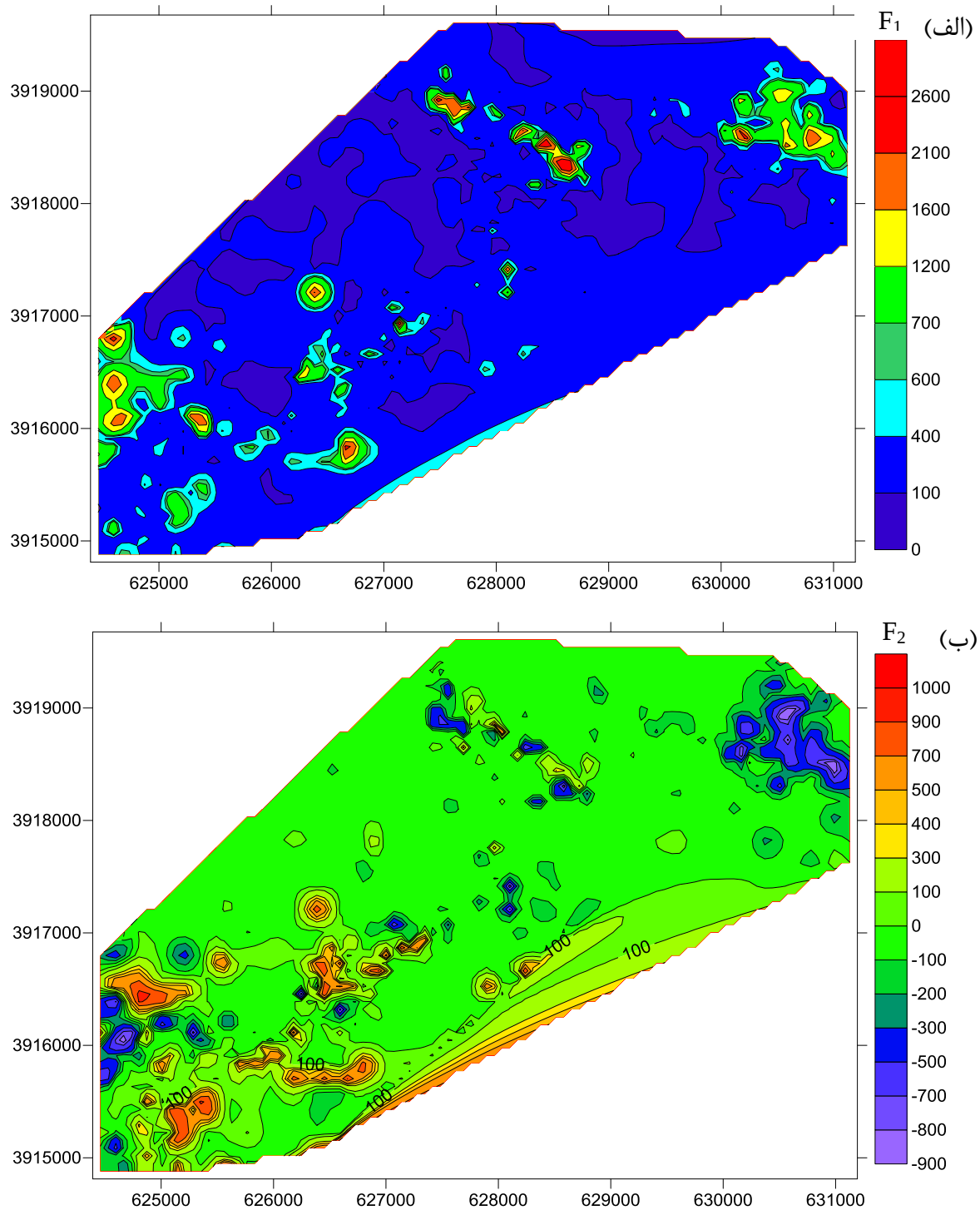
پس از استخراج توابع، با اعمال توابع حاصل بر روی داده‌های کل منطقه چشمه‌نقره، نمودار توابع نسبت به یکدیگر و نقشه پراکندگی مقادیر این توابع بدست آمد. شکل (۵-۴)، معادله کانونی ۱ را نسبت به معادله کانونی ۲ نشان می‌دهد. نتایج حاصل از نمودار تقریباً شبیه آنالیز تفکیک است.

مقادیر بالای معادله ۱، کانی‌سازی پلی‌متال را در منطقه نشان می‌دهد (قسمت الف در شکل ۵-۴). همانطور که از بررسی جدول (۵-۶) مشخص گردید عنصر مس کاملاً با معادله همبسته است و با افزایش معادله ۲ افزایش می‌یابد که در قسمت (ب) کانی‌سازی مس را مشخص شده است. لازم بذکر است تأثیر معادله ۲ بر سرب به مراتب کمتر از روی است و سرب بیشتر متأثر از معادله ۱ است. کانی‌سازی سرب و روی در شکل بوسیله قسمت (ج) مشخص شده است.



شکل ۵-۴. نمودار محدوده‌های کانی‌سازی بر اساس توابع کانونی ۱ و ۲

در ادامه در شکل (۵-۵) و (۶-۵) نقشه مقادیر معادلات ۱ و ۲ رسم شده است.



شکل ۵-۵. نقشه پراکندگی مقادیر تابع ۱ (الف) و تابع ۲ (ب)

با توجه به شکل (۵-۵-الف) تابع ۱، هاله‌های کانی‌سازی پلی‌متال در شمال و کانی‌سازی سرب و روی در شمال‌شرقی و جنوب‌غربی را نشان داده است. طبق نتایج حاصل از شکل (۵-۴)، شکل (۵-۵-الف)، مقادیر بالای تابع ۱ حاصل از افزایش مقادیر سرب و روی است که تمرکز نشان داده شده در شکل در قسمت شمال، می‌تواند حاصل غلظت‌های بالای سرب و روی در کانی‌سازی پلی‌متال باشد.

نقشه مقادیر تابع ۲ در شکل (۵-۵-ب) رسم شده است. با توجه به شکل، مقادیر بالای این تابع هاله‌های کانی‌سازی مس را بخوبی در منطقه نشان داده است. مقادیر پایین این تابع همانند تابع ۱ عمل کرده و هاله‌های سرب و روی و پلی‌متال را مشخص نموده است.

۵-۵- اعتبارسنجی نتایج

پس از انجام آنالیزهای آماری و تفسیر نتایج، به منظور بررسی صحت نتایج، اعتبارسنجی امری لازم و انکارناپذیر می‌نماید. در این پژوهش جهت بررسی نتایج حاصل از نمونه‌های اعتبارسنجی استفاده شده است. همانطور که از تفاسیر مشخص گردید، چند آنومالی بدین شرح از منطقه شناسایی گردید:

۱- آنومالی پلی‌متال واقع در شمال محدوده نمونه‌برداری

۲- آنومالی سرب و روی واقع در شمال‌شرق و جنوب‌شرق محدوده

۳- آنومالی مس و نقره واقع در جنوب (متماایل به مرکز) محدوده

به منظور اعتبارسنجی این آنومالی‌ها، نمونه‌های اعتبارسنجی از این مناطق انتخاب و ارائه شده است. جدول (۵-۹) تعداد ۱۰ نمونه به منظور اعتبارسنجی محدوده کانی‌سازی پلی‌متال را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود مقادیر غلظت همه عناصر به جز بیسموت در حد آنومال می‌باشد. بدلیل

لازم به ذکر است که غلظت عناصر در جداول بر حسب ppm می‌باشد.

جدول ۵-۹. نمونه‌های اعتبارسنجی گرفته‌شده از آنومالی پلی‌متال

	XX	YY	Au	Cu	Pb	Ag	Zn	Mo	As	Sb	Bi	Hg
1	627444	3918962	0.85	280	1340	1.9	1340	14.5	183.9	34.5	0.22	9.30
2	628144	3918662	1.25	200	104	4	175	7.3	92.8	6.4	0.14	0.14
3	628644	3918362	2.24	1340	1340	3.8	1340	26.7	73.5	58.9	0.10	11.60
4	627444	3918962	0.85	280	1340	3.2	1340	14.50	183.9	34.5	0.22	9.3
5	627744	3918862	4.79	1340	1340	3.9	1340	13.0	64.0	161.4	0.11	23.25

نمونه‌های نشان داده‌شده در جدول (۵-۱۰)، به منظور اعتبارسنجی آنومالی سرب و روی در قسمت شمال شرقی محدوده تهیه شده‌اند. در این نمونه‌ها غلظت عناصر سرب و روی در حد آنومال هستند.

جدول ۵-۱۰. نمونه‌های اعتبارسنجی گرفته‌شده از آنومالی سرب و روی بخش شمال شرقی

	XX	YY	Au	Cu	Pb	Ag	Zn	Mo	As	Sb	Bi	Hg
1	624691	3916012	0.002	68	440	0.24	1340	0.56	3.2	0.50	0.12	0.06
2	624591	3915812	0.003	74	530	0.27	840	0.51	31.8	0.81	0.14	0.08
3	624591	3916212	0.002	50	870	0.15	240	0.56	14.8	0.68	0.13	0.05
4	625391	3916112	0.012	820	910	0.95	800	1.90	12	1.54	4.67	0.05
5	625291	3916112	0.003	112	1000	4	1340	5.60	47.9	40.30	15.00	0.05

نمونه‌های نشان داده‌شده در جدول (۵-۱۱)، به منظور اعتبارسنجی آنومالی سرب و روی در قسمت جنوب غربی محدوده تهیه شده‌اند. در این نمونه‌ها غلظت عناصر سرب و روی در حد آنومال هستند. در این قسمت از محدوده، هاله‌های کانی‌سازی سرب و روی گسترده‌تر بوده و نمونه‌های با مقادیر بالاتر در این قسمت بیشتر حاصل شده است.

جدول ۵-۱۱. نمونه‌های اعتبارسنجی گرفته‌شده از آنومالی سرب و روی جنوب غربی

	XX	YY	Au	Cu	Pb	Ag	Zn	Mo	As	Sb	Bi	Hg
1	630794	3918512	0.003	69	1020	0.24	1025	0.8	14.1	0.57	0.11	0.05
2	630894	3918612	0.002	47	1100	0.25	670	0.8	14.3	0.50	0.10	0.05
3	630994	3918612	0.003	43	1150	0.68	340	0.6	1.3	0.50	0.10	0.05
4	630144	3918662	0.003	59	1300	4.00	1340	1.9	33.9	3.61	0.33	0.05
5	630044	3918662	0.003	110	1340	0.75	660.	2.9	26.3	2.20	0.10	0.05

جدول (۵-۱۲) نمونه‌های اعتبارسنجی حاصل از آنومالی مس و نقره در قسمت جنوبی محدوده را نشان می‌دهد. این هاله‌ها به سمت مرکز محدوده کشیده شده‌اند.

جدول ۵-۱۲. نمونه‌های اعتبارسنجی گرفته‌شده از آنومالی مس و نقره

	XX	YY	Au	Cu	Pb	Ag	Zn	Mo	As	Sb	Bi	Hg
1	625794	3915212	0.001	250	65	0.09	115	1.10	0.9	0.5	0.13	0.05
2	626594	3916112	0.002	450	27	0.2	305	0.64	6.8	0.5	0.12	0.05
3	625851	3915844	0.074	1340	24	0.98	92	3.40	5.1	1.5	3	0.05
4	625915	3915960	0.030	1340	15	0.18	320	1.80	31.1	2.3	11.40	0.05

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها

۶-۱- نتایج

- در بررسی تک‌متغیره داده‌ها، با بررسی پارامترهای مرکزیت مشخص شد که میانگین عناصر مس، سرب، روی، نقره و آنتیموان نسبت به زمینه این عناصر در سنگ میزبان منطقه بالاتر می‌باشد و همچنین با توجه به مقدار بالای مد این عناصر برای ادامه آنالیزهای آماری در اولویت قرار گرفتند. همچنین نتایج بررسی پارامترهای پراکندگی داده‌ها نشان از لاگ نرمال بودن داده‌ها داشت. در مورد چولگی داده‌ها نیز بیشترین چولگی مربوط به عنصر طلا که حاصل چند داده به شدت چوله بوده و کمترین چولگی را عناصر مس، سرب، روی و نقره دارا بودند. عنصر طلا بدلیل غلظت بسیار بالای تعداد کمی از نمونه‌ها از ادامه مطالعات کنار گذاشته شد.

- تحلیل و مطالعات دومتغیره داده‌ها، (بررسی همبستگی اسپیرمن) همبستگی ۴۵٪ مس با نقره و ۵۰٪ با روی را نشان داد. عنصر سرب نیز حدود ۴۰٪ با روی و آنتیموان و نقره همبستگی دارد. همبستگی ۴۰٪ طلا و مس و آرسنیک نیز قابل تأمل هستند. رسم نقشه پراکندگی غلظت داده‌ها مشخص کرد که عناصری که همبسته بودند نیز در مناطق آنومالی هم‌خوانی خوبی دارند و احتمال وجود کانسار پلی‌متال و سرب و روی وجود دارد.

- نتایج آنالیز خوشه‌ای دسته‌بندی سرب، روی و آرسنیک با طلا، جیوه و آنتیموان و مس، نقره و مولیبدن را معرفی کرد. تحلیل مؤلفه‌های اصلی، چهار مؤلفه اصلی سرب-روی، طلا-جیوه-آنتیموان، مس-نقره-بیسموت-مولیبدن و آرسنیک (با اهمیت کمتری) را که ۷۰٪ تغییرپذیری‌ها را توجیه می‌کنند، معرفی نموده است. لذا پس از انجام آنالیز چندمتغیره، عناصر سرب و روی و مس و نقره نسبت به بقیه عناصر به دلایل مقادیر بالا، همبستگی و روابط نزدیک از اهمیت بالاتری برخوردار هستند.

- به منظور انجام آنالیز تفکیک، با استفاده از مدل‌سازی نمودار احتمال مقادیر حدی جوامع زمینه، گذر از زمینه به آنومالی و آنومالی برای همه عناصر مشخص و با استفاده از آنالیز تفکیک اقدام به استخراج توابع مهم به منظور جدایش جوامع مذکور شد. این توابع بر اساس عناصر با اهمیت از جمله سرب، روی، مس و نقره بدست آمد. توابع بدست آمده تا حدود مناسبی توانستند داده‌ها را کلاس‌بندی نموده و تا حد زیادی تغییرات را توجیه کنند. مثلاً در یک مورد، دو تابع به کار گرفته شده توانستند

۹۹ درصد نمونه‌های زمینه، ۸۷ درصد نمونه‌های جامعه گذر و ۱۰۰ درصد نمونه‌های جامعه آنومال را درست کلاس‌بندی کنند. در صورت برداشت و آنالیز نمونه جدید، می‌توان با قرار دادن اطلاعات نمونه، مشخص کرد که متعلق به کدام جامعه مذکور است و موقعیت آن را بر روی نقشه چگونه است. بیشترین کاربرد آنالیز تفکیک آن است که صرفاً با آنالیز، عناصر تأثیر گذاری در توابع تعریف شده، و قادر خواهیم بود، با اهمیت بودن یا بی‌ارزش بودن نمونه را به لحاظ اکتشافی تعیین کرد.

- روش آنالیز همبستگی کانونی (آنالیز متعارف) با هدف مشخص شدن روابط عناصر (متغیرها) مهم انجام گرفت. معادلات (توابع) کانونی استخراج شده ضمن تبیین روابط بین گروه متغیرها با یکدیگر به شناسایی و وضوح بهتری، مناطق کانی‌سازی‌های با اهمیت را شناسایی نمود و تیپ‌های کانی‌سازی محتمل را معرفی نمود. لازم بذکر است نتایج حاصل از آنالیز تفکیک و آنالیز کانونی همبستگی خوبی با نتایج زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد.

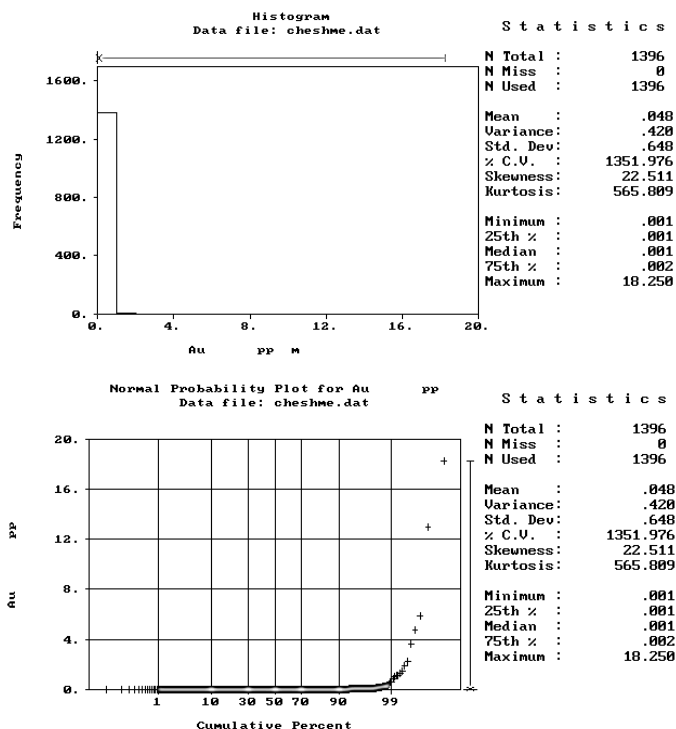
۶-۲- پیشنهادها

- ۱- با توجه به توانایی آنالیز همبستگی کانونی در بررسی رابطه بین دو گروه از متغیرها، پیشنهاد می‌شود بررسی و مطالعات بر روی گروه متغیرهای کیفی نیز صورت بگیرد.
- ۲- به منظور بالابردن دقت توابع کانونی، لازم است تا به منظور آنالیز توابع و بررسی روابط بین گروه متغیرها، تعداد متغیرهای این گروه‌ها افزایش یابد.
- ۳- پیشنهاد می‌شود آنالیزهای آماری صورت گرفته در این نوشتار بر روی مغزه‌های حفاری به منظور بررسی امکان یا عدم امکان جدایش کانی‌سازی در عمق صورت گیرد.

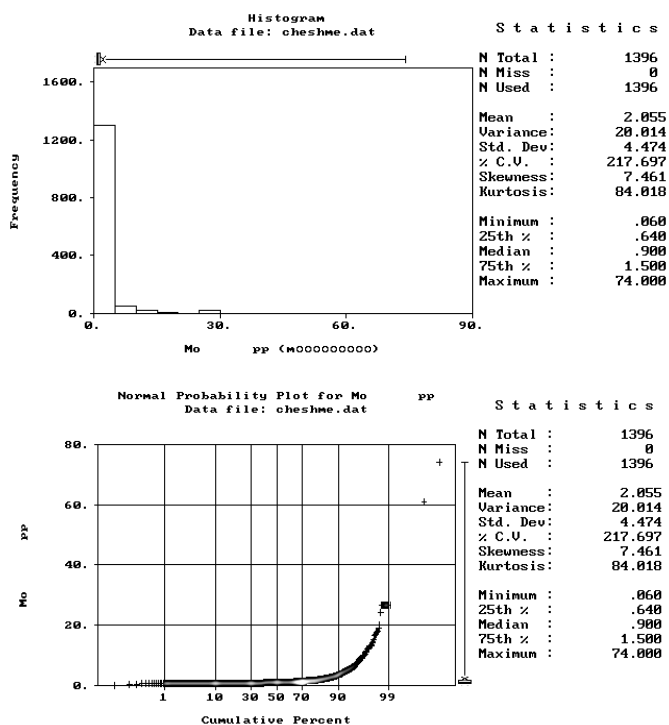
- [۱]. غیاثوند، احمد، ۱۳۹۱، "کاربرد آمار و نرم افزار SPSS در تحلیل داده ها" انتشارات لویه، تهران.
- [۲]. کریم پور، محمد حسن، ملک زاده، آزاده، حیدریان، محمدرضا، ۱۳۸۹، "اکتشاف ذخایر معدنی؛ مدل های زمین شناسی، ژئوشیمی، ماهواره ای و ژئوفیزیکی" مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ سوم.
- [۳]. حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۸۷، "اصول اکتشافات ژئوشیمیایی (مواد معدنی)" تهران، دانشگاه تهران، چاپ ششم.
- [۴]. حسنی پاک، علی اصغر، شرف الدین، محمد، ۱۳۹۰، "تحلیل داده های اکتشافی؛ تخمین ذخیره، جدایش زمینه از آنومالی، آمار و احتمالات مهندسی" تهران، دانشگاه تهران، چاپ سوم.
- [۵]. مدنی، حسن، ۱۳۷۸، "اصول و پی جویی اکتشاف و ارزیابی ذخایر معدنی" تهران، خانه فرهنگ، چاپ چهارم.
- [۶]. حسنی پاک، علی اصغر، ۱۳۸۹، "زمین آمار" تهران، دانشگاه تهران، چاپ سوم.
- [۷]. شریفی، اکبر، ۱۳۹۰، "تحلیل داده های ژئوشیمیایی ثانویه منطقه شامکان بمنظور تعیین مناطق احتمالی کانی سازی بر اساس روش تفکیک آنومالی و تحلیل تفریقی". دانشگاه صنعتی شاهرود.
- [۸]. رنجبر، حجتا...، شاه حسینی، مصطفی، تاتا، ماهبانو، ۱۳۸۰، "آنالیز داده های ژئوفیزیک، ژئوشیمی و آلتراسیون منطقه دره زار استان کرمان با استفاده از روش آنالیز همبستگی متعارف" پنجمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تهران.
- [۹]. Govett, G.J.S., 2000, "Handbook of Exploration Geochemistry" Delft, Netherlands, ELSEVIER, Vol 7.
- [۱۰]. Davis, John C., 2000, "Statistics Data analysis Geology" Kansas, U.S.A, John Wiley, Third edition.
- [۱۱]. Anderson, R.H., Farrar, D.B., Thoms, S.R., 2009, " Application of discriminant analysis with clustered data to determine anthropogenic metals contamination" Science of the Total Environment, 408, 50-56.
- [۱۲]. Hubert, Mia, Van Driessen, Katrien, 2004, "Fast and robust discriminant analysis" Computational Statistics & Data Analysis, 45, 301-320.

- [۱۳]. Peh, Zoran, Halamic, Josip, 2010, “ Discriminant function modelas a tool for classification of stratigraphically undefined radiolarian cherts in ophiolite zones” *Journal of Geochemical Exploration*, 107, 30-38.
- [۱۴]. Roshani, Parisa, Mokhtari, Ahmadreza, Tabatabaei, SeyedHasan, 2013, “Objective based geochemical anomaly detection-Application of discriminant function analysis in anamaly delineation in the Kuh Panj porphyry Cu mineralization (Iran)” *Journal of Geochemical Exploration*, 130, 65-73.
- [۱۵]. Johnson, Richard A., Wichern, Dean W., 2007, “ Applied Multivariate Statistical Analysis” Newjersey, U.S.A, Pearson, Sixth edition.
- [۱۶]. F.Hair, Joseph, Rolph E., Jr., Ronald L. Tatham, Anderson and C.Black, William, 1998, “ Multivariate Data analysis” Prentice hall, Fifth edition.
- [۱۷]. Steinhorst, R.Krick, Williams, Roy E., 1985, “Discrimination of Groundwater source Using Cluster Analysis, MANOVA, Canonical analysis and Discriminant Analysis” *Water Resources Research*, 21, 1149-1156.
- [۱۸]. Nash, M.S. and Chaloud, D.J., 2002, “Multivariate analyses (Canonical correlation and partial least square (PLS)) to model and assess the association of landscape metrics to surface water chemical and biological properties using savannah river basin data” U.S. Environmental Protection Agency Las Vegas, Nevada, USA.
- [۱۹]. Thompson, B., 1984, “Canonical Correlation Analysis: An annotated bibliography”, Annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA,USA.
- [۲۰]. Di Leonardo, Rossella, Adelfio, Giada, Bellanca, Adriana, Chiodi, Marcello. Mazzola, Salvatore, 2014, “Analysis and assessment of trace element contamination in offshore sediments of the Augusta Bay: A multivariate statistical approach based on canonical correlation analysis and mixture density estimation approach” *Journal of Sea Research*, 85, 428-442.
- [۲۱]. Amigo, J.M., Gredilla, A., Fdez-Ortiz de Vallejuelo, S., De Diego, A., Madariaga, J.M., 2012, “Study of parameters affecting the behavior of trace elements in a polluted estuary. Canonical correlation analysis as a tool in environmental impact assessment” *Chemical and Intelligent Laboratory Systems*, 119, 1-10.
- [۲۲]. Lindenberg, H.G., Groler, K., Jacobshagen, V., Ibbeken, H., 1984, “Post-paleozoic stratigraphy structure and orogenetic evolution of the Southern Sabzavar zone and the Taknar Block” *Neues Jahrbuch fur geologic und Palanotologie*, 168, 287-326.
- [۲۳]. Borga, M., 1998, “Learning multivariate signal processing” Ph.D thesis, Link University Sweden,Dissertation No 581.

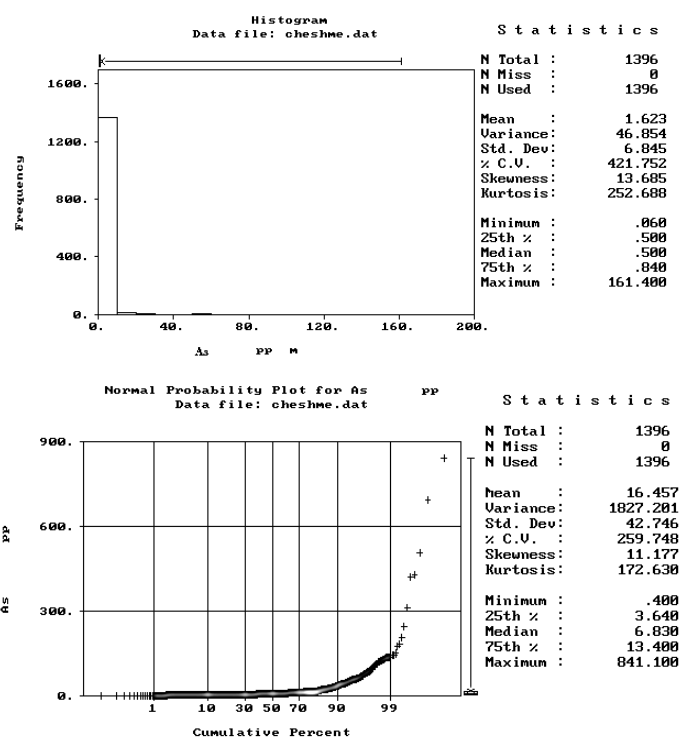
پوستہ



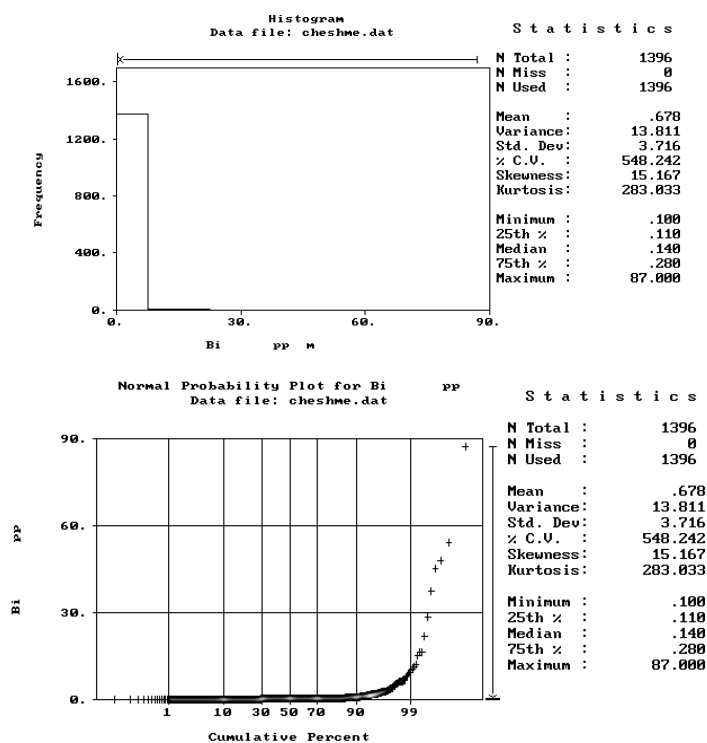
شکل (پ-۱-الف). هیستوگرام و نمودار احتمال طلا



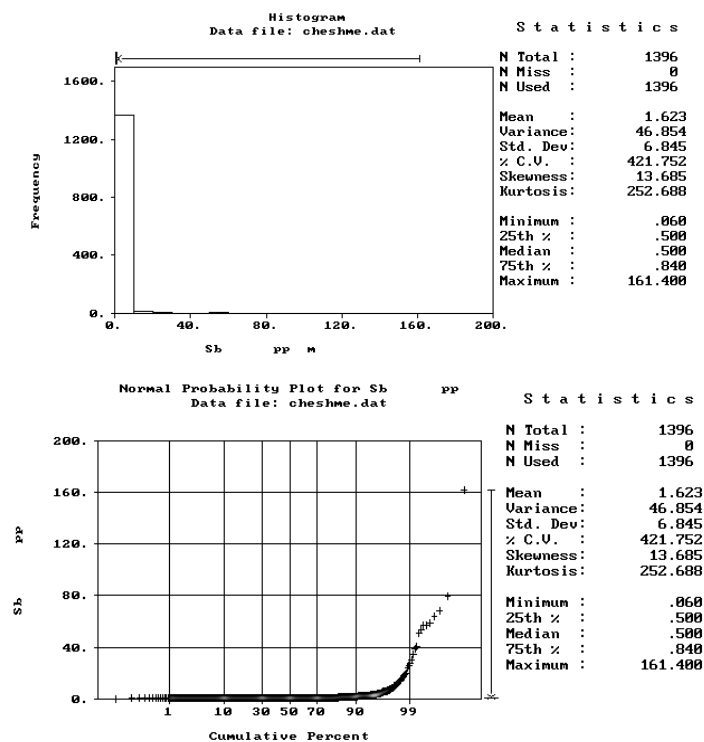
شکل (پ-۱-ب). هیستوگرام و نمودار احتمال مولیبدن



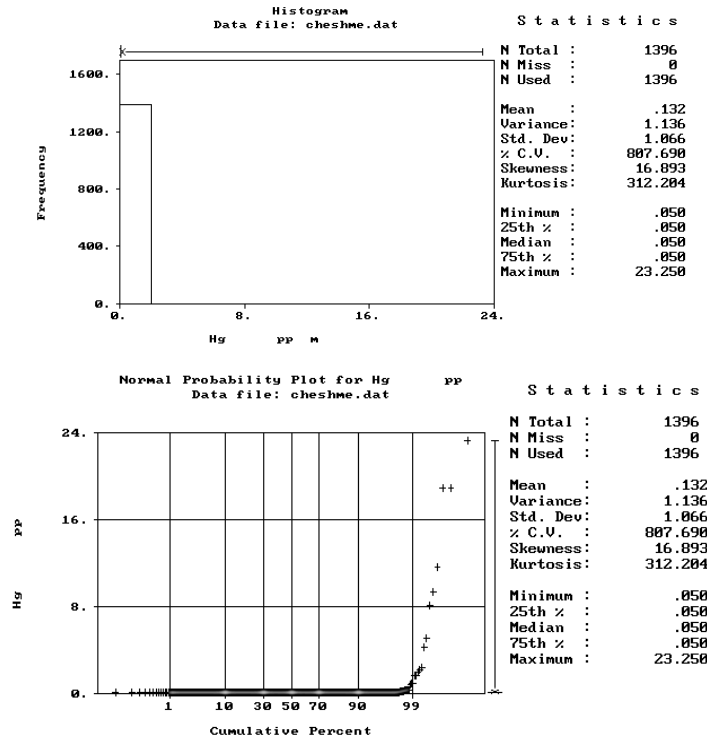
شکل (پ-۱-ج). هیستوگرام و نمودار احتمال آرسنیک



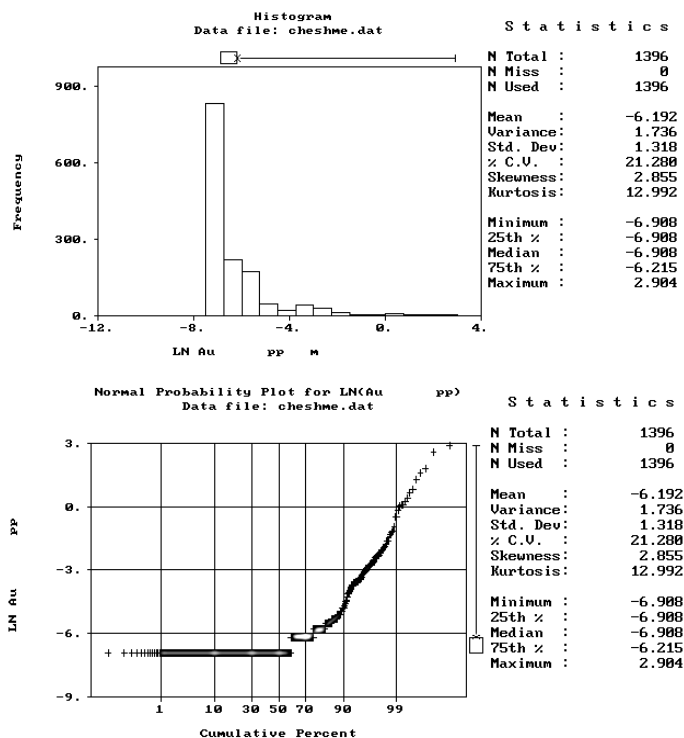
شکل (پ-۱-د). هیستوگرام و نمودار احتمال بیسموت



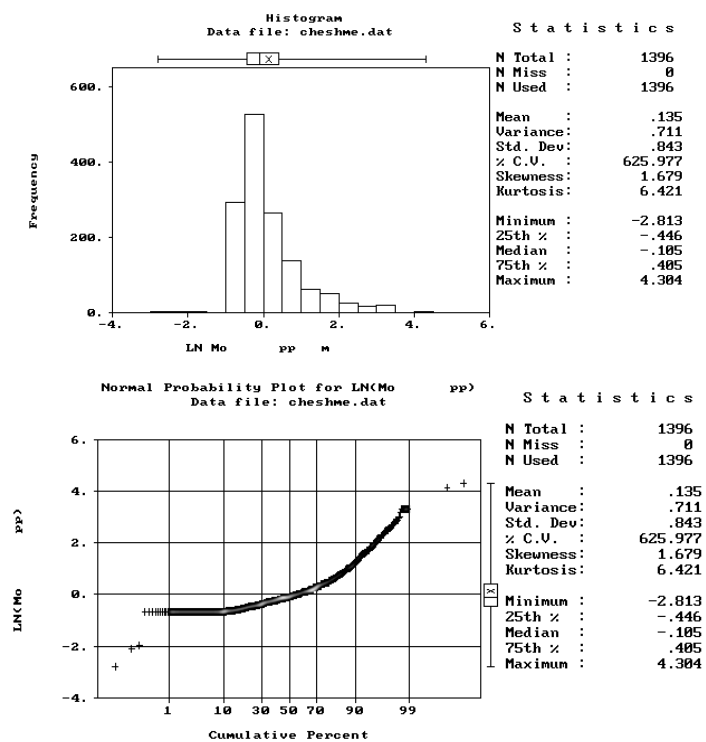
شکل (پ-۱-ه). هیستوگرام و نمودار احتمال آنتیموان



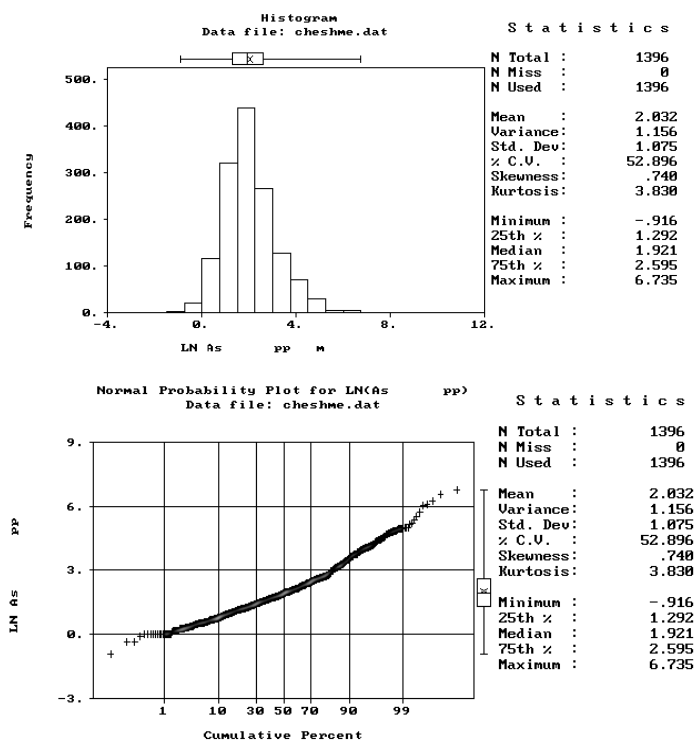
شکل (پ-۱-و). هیستوگرام و نمودار احتمال جیوه



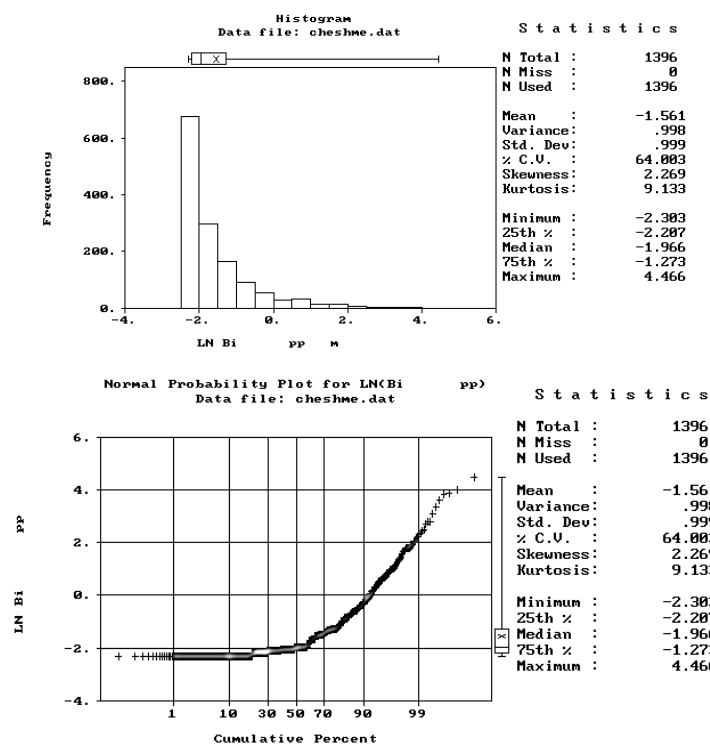
شکل (پ-۲-الف). هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی طلا



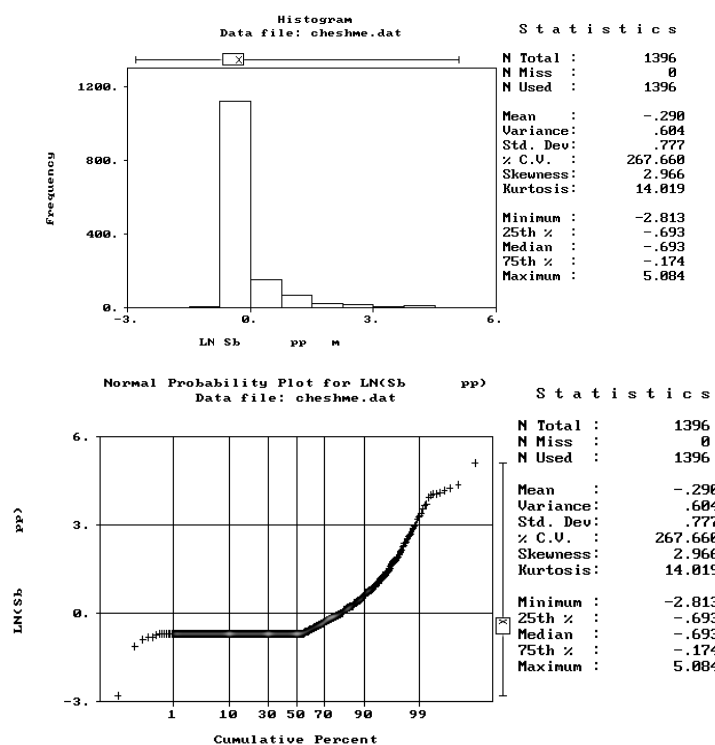
شکل (پ-۲-ب) هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی مولیبدن



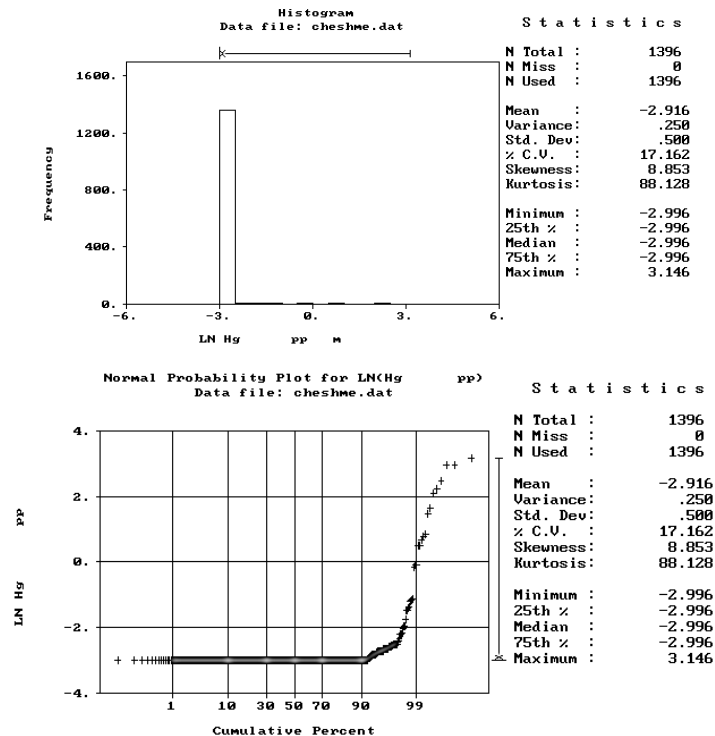
شکل (پ-۲-ج) هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی آرسنیک



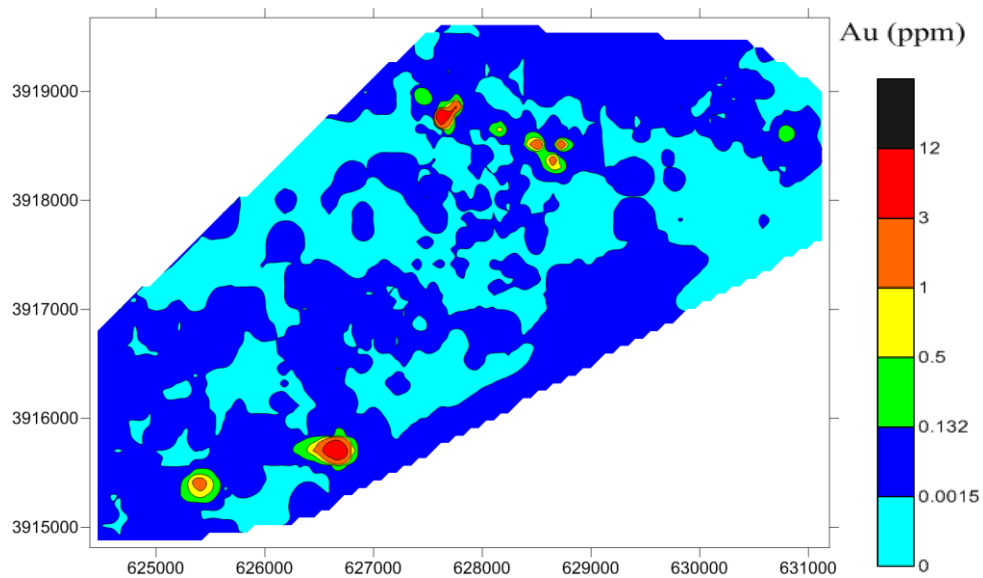
شکل (پ-۲-د) هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی بیسموت



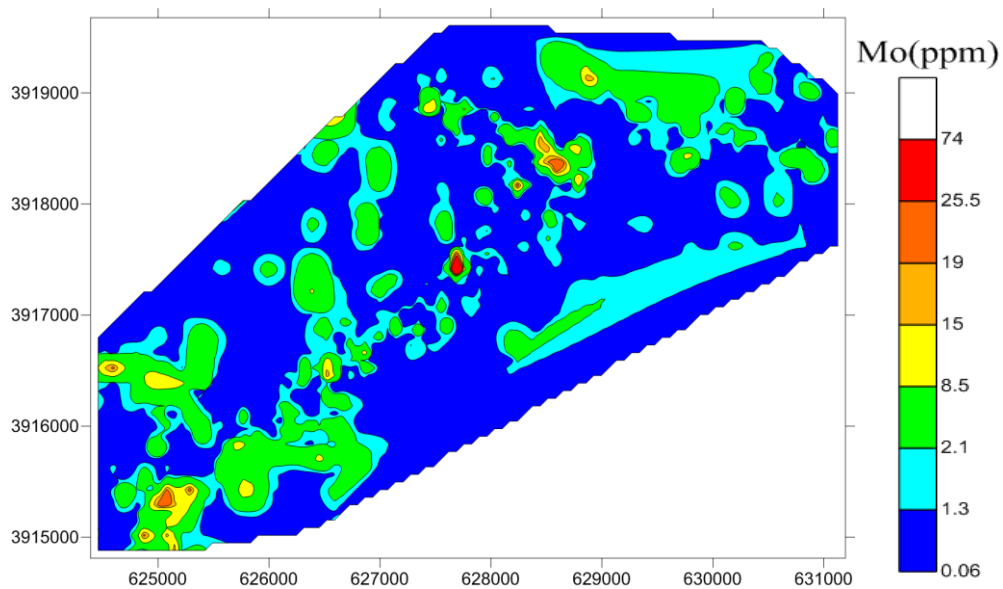
شکل (پ-۲-ه) هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی آتیموان



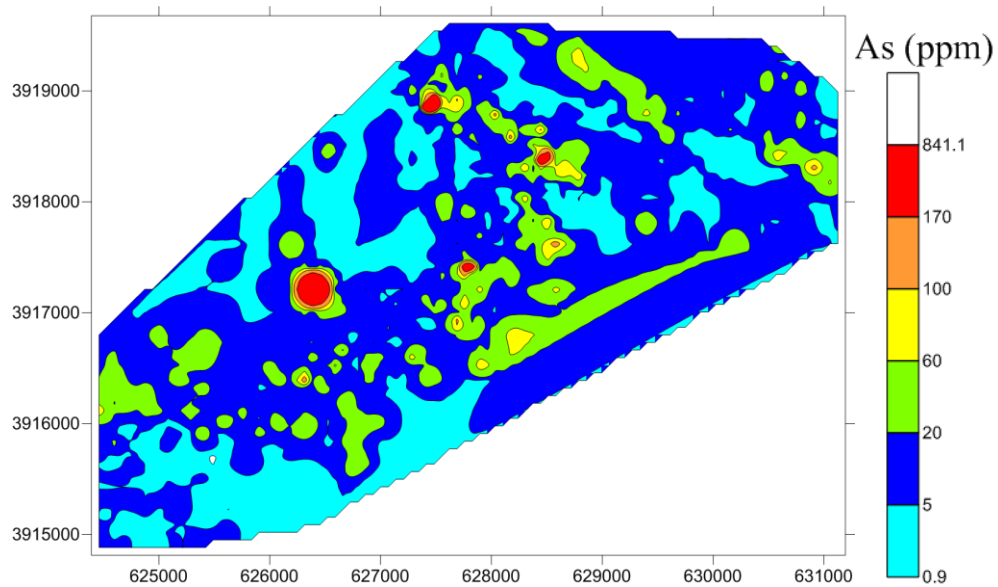
شکل (پ-۲-و) هیستوگرام و نمودار احتمال لگاریتمی جیوه



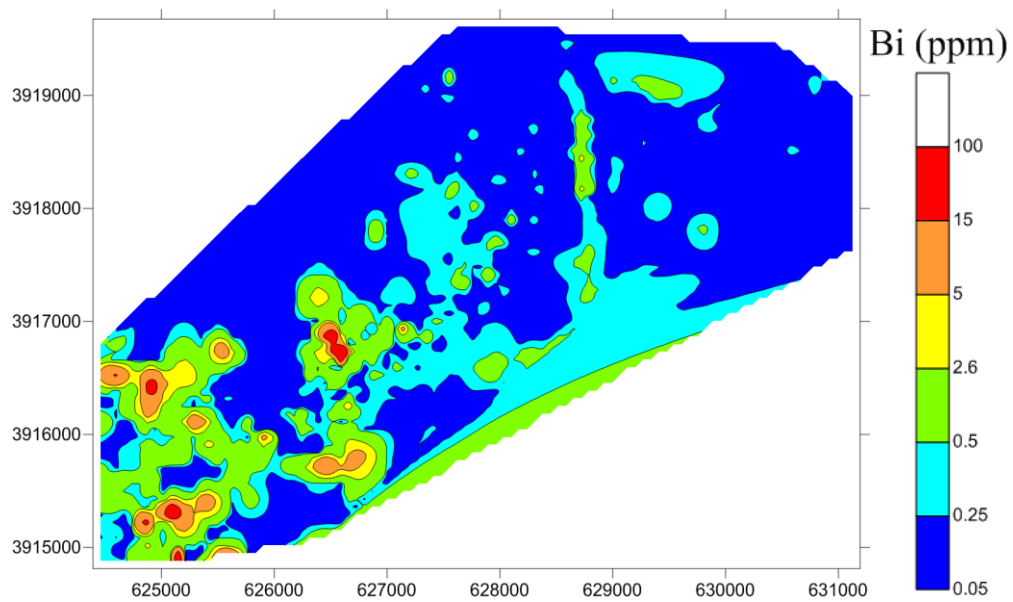
شکل (پ-۳-الف) نقشه پراکندگی غلظت طلا



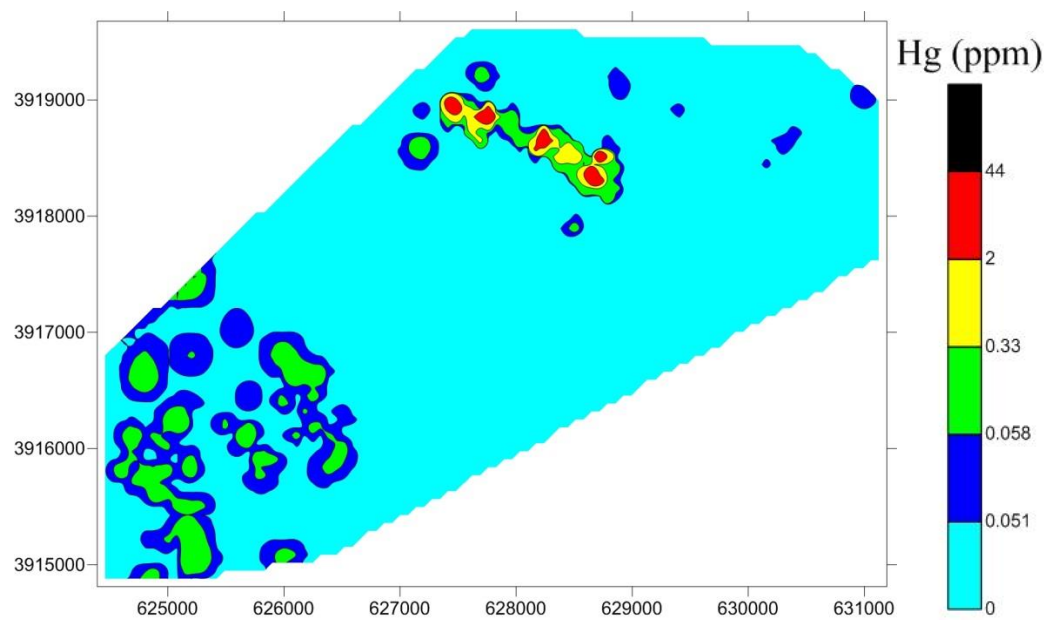
شکل (پ-۳-ب) نقشه پراکندگی غلظت مولیبدن



شکل (پ-۳-ج) نقشه پراکندگی غلظت آرسنیک

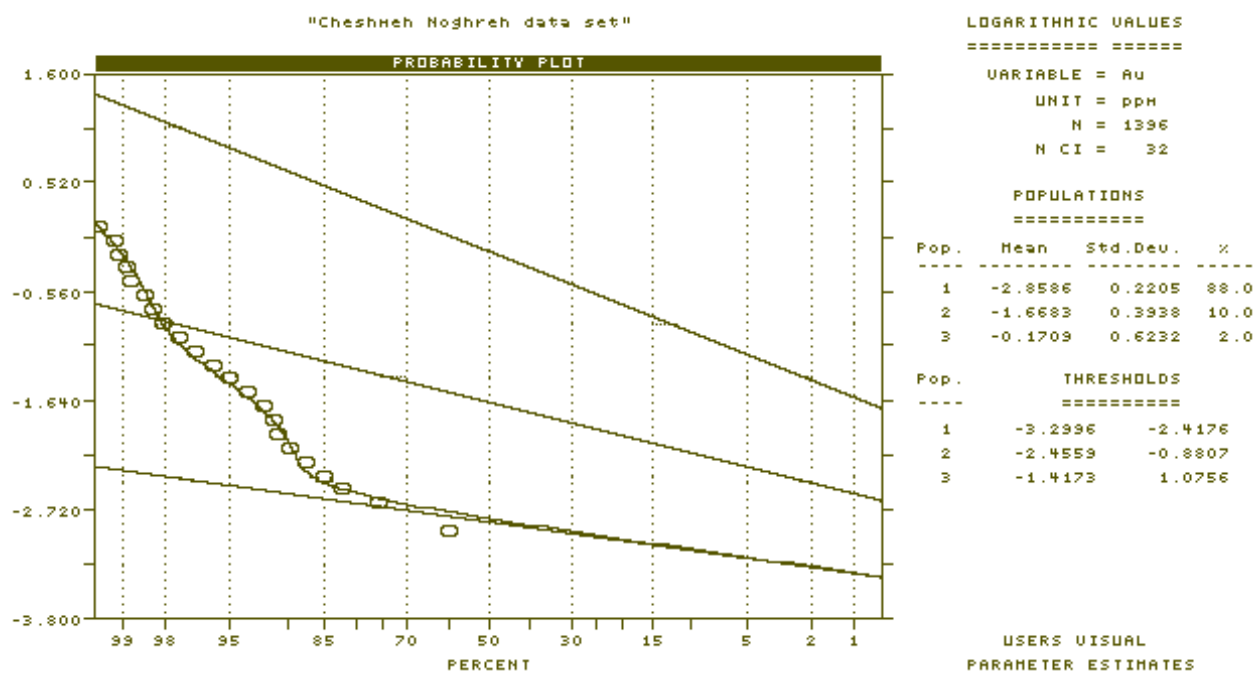


شکل (پ-۳-د) نقشه پراکندگی غلظت بیسموت



شکل (پ-۳-۵) نقشه پراکندگی غلظت جیوه

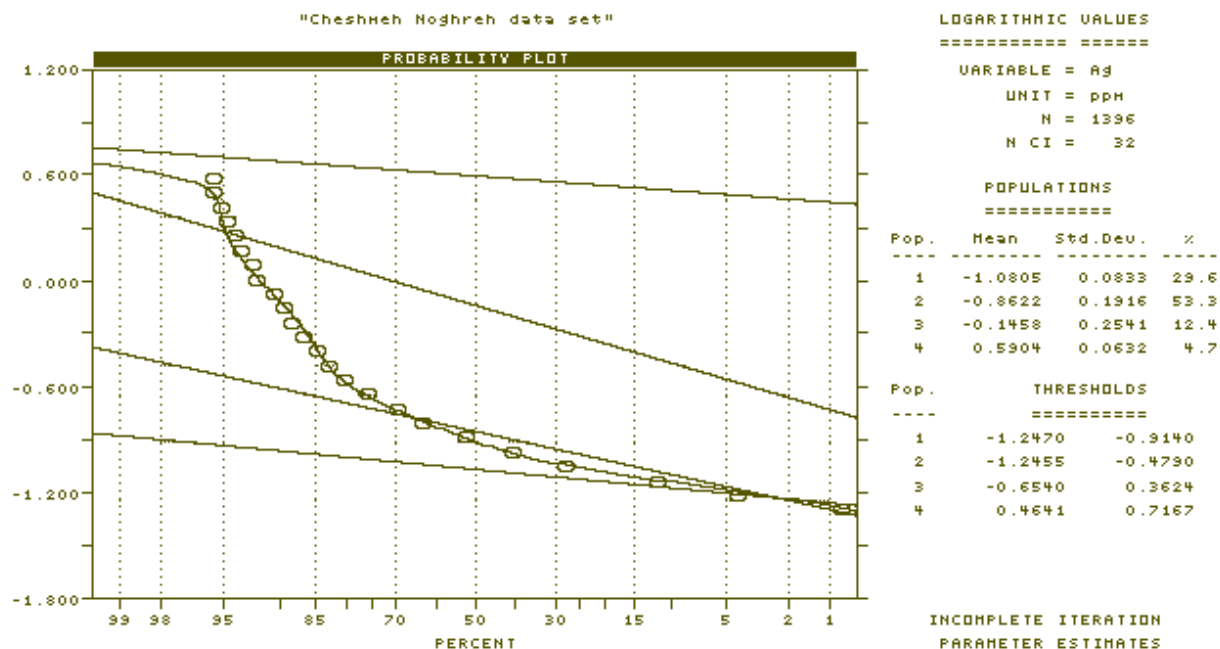
پیوست ۴



Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	0.001	88	0.001	0.004
2	0.021	10	0.004	0.132
3	0.675	2	0.038	11.901

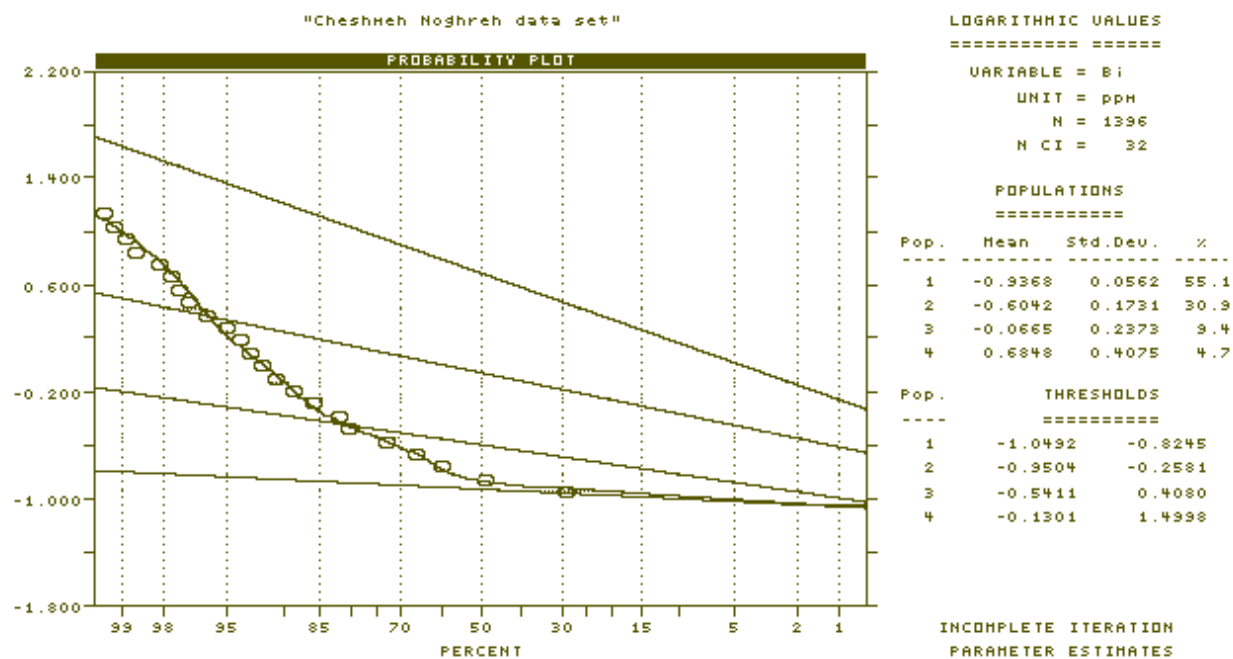
شکل (پ-۴-الف) مدل سازی نمودار احتمال طلا به همراه جدول نتایج مدل سازی شده برای هر عنصر

(غلظت بر حسب ppm)



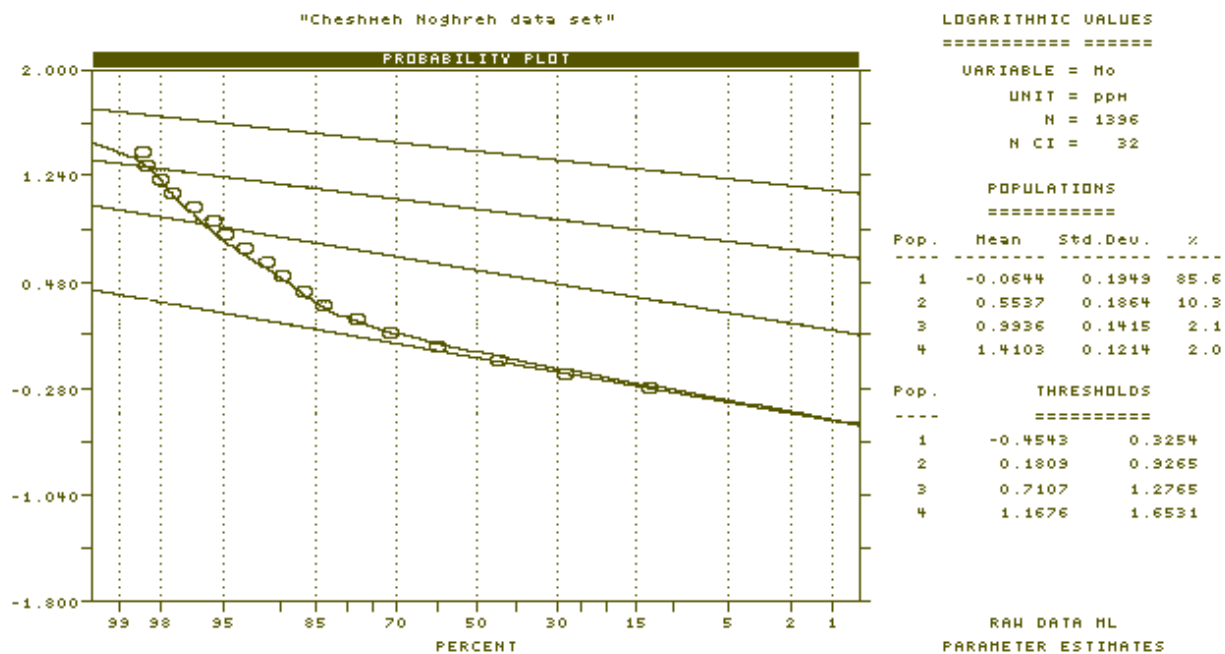
Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	0.003	29.64	0.057	0.122
2	0.137	53.32	0.057	0.332
3	0.715	12.37	0.222	2.303
4	3.894	4.68	2.911	5.203

شکل (پ-۴) مدل سازی نمودار احتمال نقره به همراه جدول نتایج مدل سازی شده برای هر عنصر (غلظت بر حسب ppm)



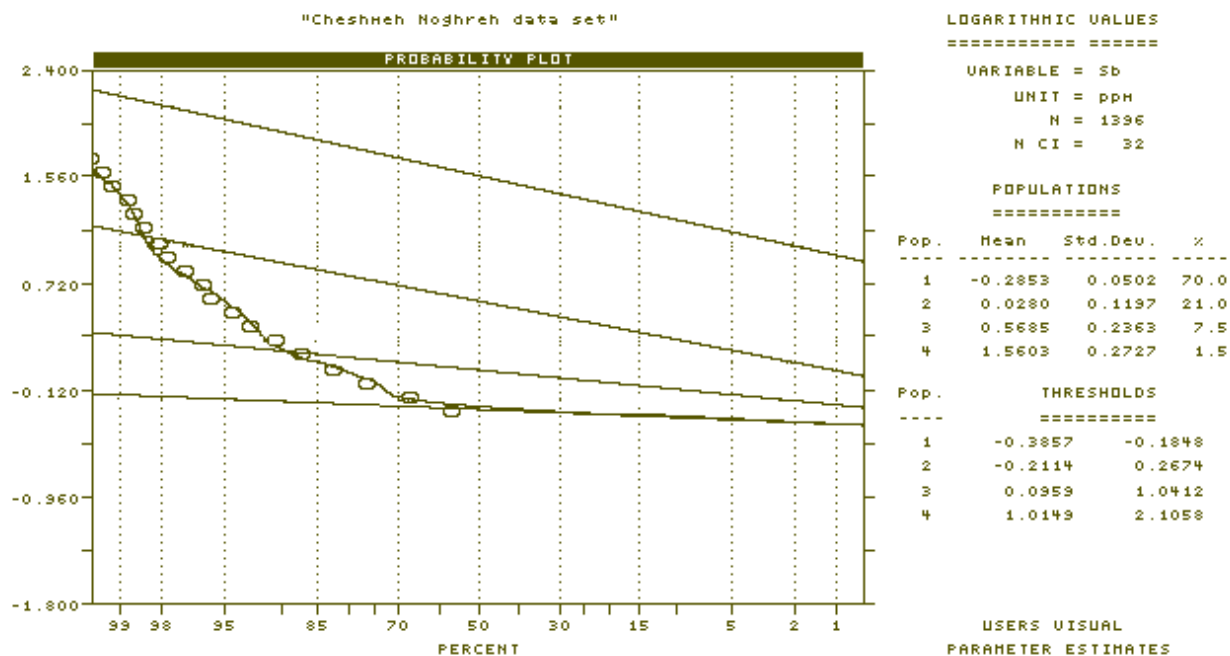
Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	0.116	55.07	0.089	0.150
2	0.249	30.90	0.112	0.552
3	0.858	9.36	0.288	2.559
4	4.840	4.67	0.741	31.607

شکل (پ-۴) مدل سازی نمودار بیسموت به همراه جدول نتایج مدل سازی شده برای هر عنصر (غلظت بر حسب ppm)



Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	0.862	85.61	0.351	2.115
2	3.579	10.30	1.517	8.444
3	9.853	2.07	5.136	18.900
4	27.722	2.01	14.708	44.984

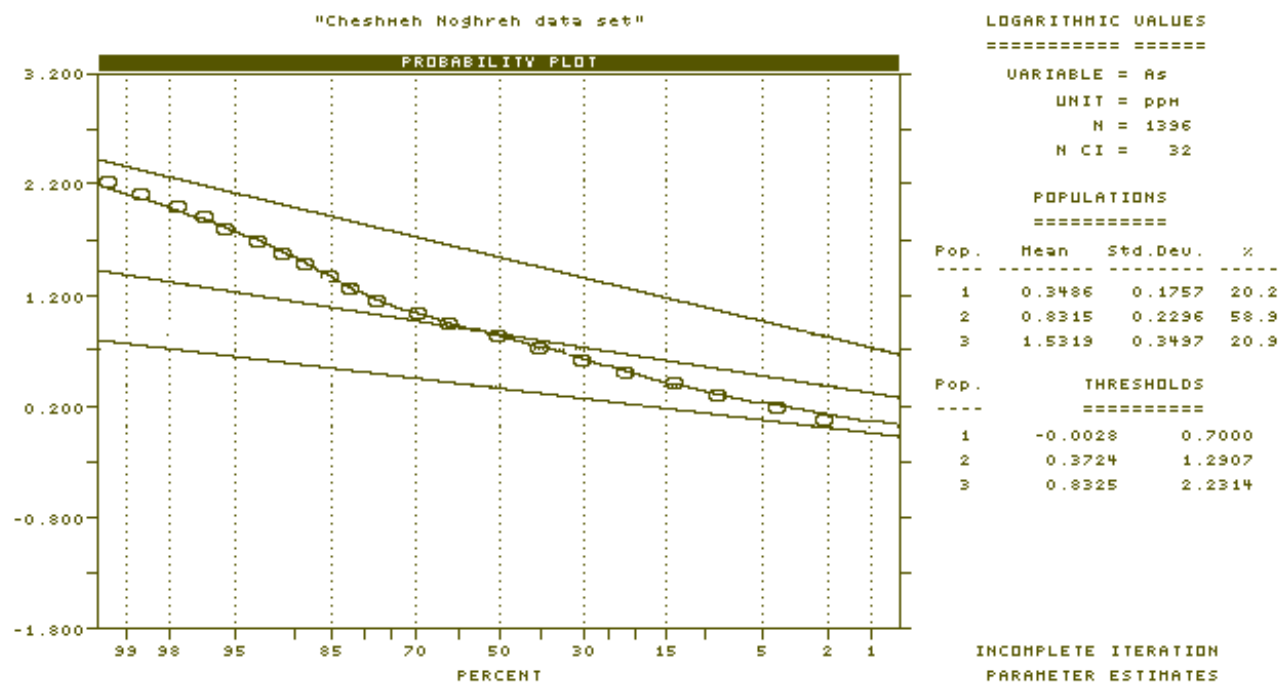
شکل (پ-۴-د) مدل سازی نمودار احتمال مولییدن به همراه جدول نتایج مدل سازی شده برای هر عنصر (غلظت بر حسب ppm)



Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	0.518	70	0.411	0.653
2	1.067	21	0.615	1.851
3	3.703	7.50	1.247	10.994
4	36.336	1.50	10.348	127.591

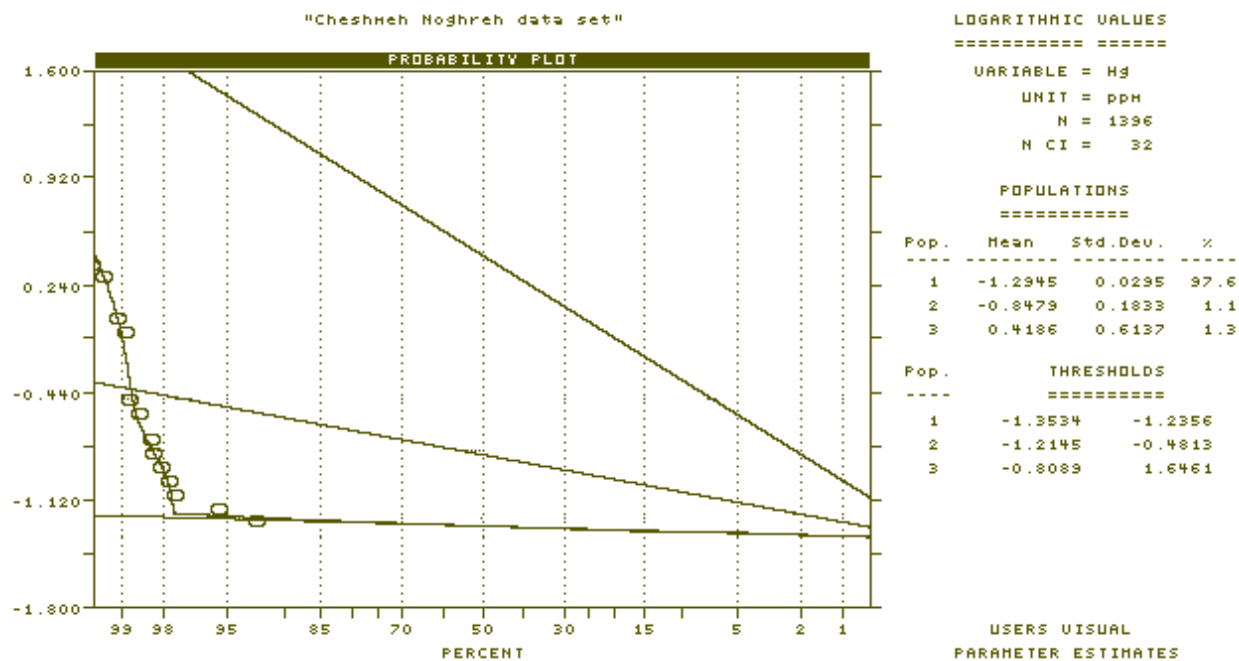
شکل (پ-۴) مدل سازی نمودار احتمال آنتیموان به همراه جدول نتایج مدل سازی شده برای هر عنصر (غلظت بر

حسب ppm)



Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	2.231	20.25	0.994	5.012
2	6.785	58.90	2.357	19.532
3	34.036	20.85	6.800	170.372

شکل (پ-۴) مدل سازی نمودار آرسنیک به همراه جدول نتایج مدل سازی شده برای هر عنصر (غلظت بر حسب ppm)



Populations	Mean	Percentage	Thresholds	
1	0.051	97.60	0.044	0.058
2	0.142	1.10	0.061	0.330
3	2.622	1.30	0.155	44.266

شکل (پ-۴) مدل سازی نمودار احتمال جیوه به همراه جدول نتایج مدل سازی شده برای هر عنصر (غلظت بر حسب ppm)

پیوست ۵

مقادیر تابع توزیع F

جدول (پ-۴-الف). مقادیر F برای $\alpha=0.10$

d_2	d_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	39.86	49.5	53.59	55.83	57.24	58.2	58.91	59.44	59.86
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.3	2.27
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21
13	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16
14	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12
15	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09
16	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06
17	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03
18	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00
19	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98
20	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96
21	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95
22	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93
23	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92
24	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91
25	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89
26	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88
27	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87
28	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87
29	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86
30	2.88	2.49	2.28	2.14	2.05	1.98	1.93	1.88	1.85
40	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79
60	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74
120	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68
inf	2.71	2.30	2.08	1.94	1.85	1.77	1.72	1.67	1.63

d_2	d_1									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	inf
1	60.19	60.71	61.22	61.74	62	62.26	62.53	62.79	63.06	63.33
2	9.39	9.41	9.42	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47	9.48	9.49
3	5.23	5.22	5.20	5.18	5.18	5.17	5.16	5.15	5.14	5.13
4	3.92	3.90	3.87	3.84	3.83	3.82	3.80	3.79	3.78	3.76
5	3.30	3.27	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14	3.12	3.10
6	2.94	2.90	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76	2.74	2.72
7	2.70	2.67	2.63	2.59	2.58	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47
8	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34	2.32	2.29
9	2.42	2.38	2.34	2.30	2.28	2.25	2.23	2.21	2.18	2.16
10	2.32	2.28	2.24	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06
11	2.25	2.21	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03	2.00	1.97
12	2.19	2.15	2.10	2.06	2.04	2.01	1.99	1.96	1.93	1.90
13	2.40	2.10	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90	1.88	1.85
14	2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.80
15	2.06	2.02	1.97	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82	1.79	1.76
16	2.03	1.99	1.94	1.89	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
17	2.00	1.96	1.91	1.86	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69
18	1.98	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66
19	1.96	1.91	1.86	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70	1.67	1.63
20	1.94	1.89	1.84	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68	1.64	1.61
21	1.92	1.87	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59
22	1.90	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57
23	1.89	1.84	1.80	1.74	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	1.55
24	1.88	1.83	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61	1.57	1.53
25	1.87	1.82	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52
26	1.86	1.81	1.76	1.71	1.80	1.65	1.61	1.58	1.54	1.50
27	1.85	1.80	1.75	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	1.53	1.49
28	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48
29	1.83	1.78	1.73	1.68	1.65	1.62	1.58	1.55	1.51	1.47
30	1.82	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46
40	1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.38
60	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29
120	1.65	1.60	1.55	1.48	1.45	1.41	1.37	1.32	1.26	1.19
inf	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.00

جدول (پ-۴-ب). مقدارهای F برای $\alpha=0.05$

d_2	d_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.3	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
inf	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

d_2	d_1									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	inf
1	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	19.4	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.5
3	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	1.91	1.83	1.75	1.66	1.10	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
inf	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

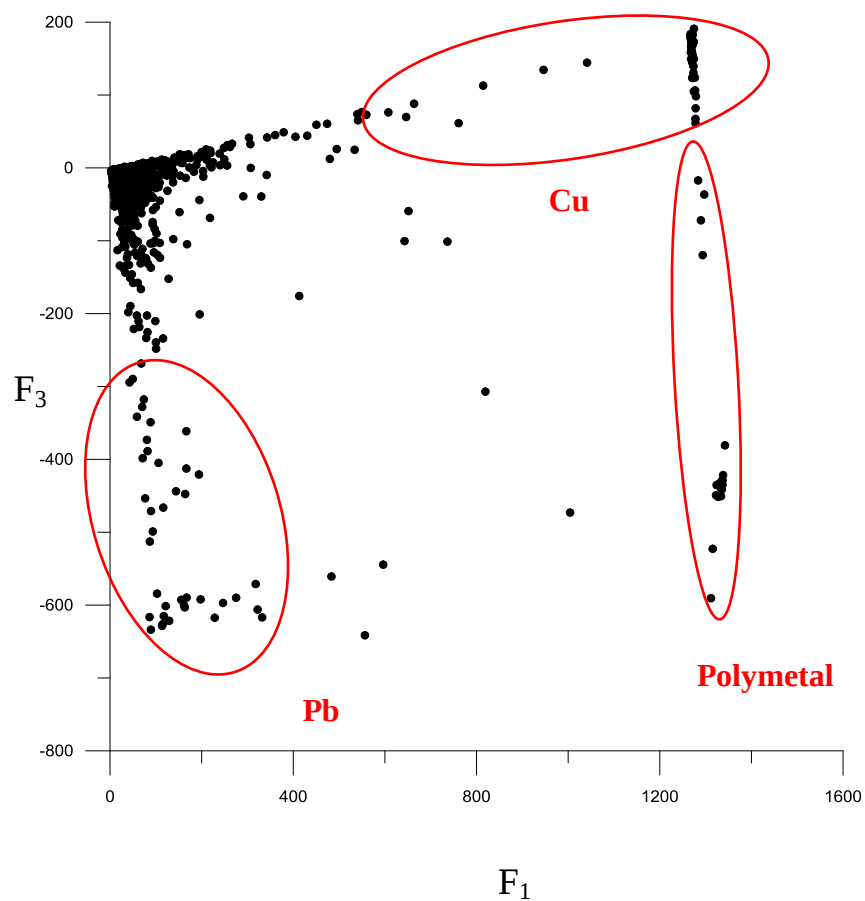
جدول (پ-۴-ج). مقدارهای F برای $\alpha=0.01$

d_2	d_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052	4999.5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.2	5.06	4.94
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.14
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56
inf	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41

d_2	d_1									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	inf
1	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
3	27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
120	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
inf	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

تابع ۱ = $0.9Pb + 0.13Ag + 0.25Zn + 0.2Cu + 0.5As + 0.1Bi + 0.8Sb + 0.2Mo + 0.8Au - 0.1Hg$

تابع ۳ = $-0.45Pb + 0.15Ag - 0.2Zn + 0.14Cu - 0.25As + 0.12Bi + 0.43Sb - 0.41Mo + 0.17Au + 0.1Hg$

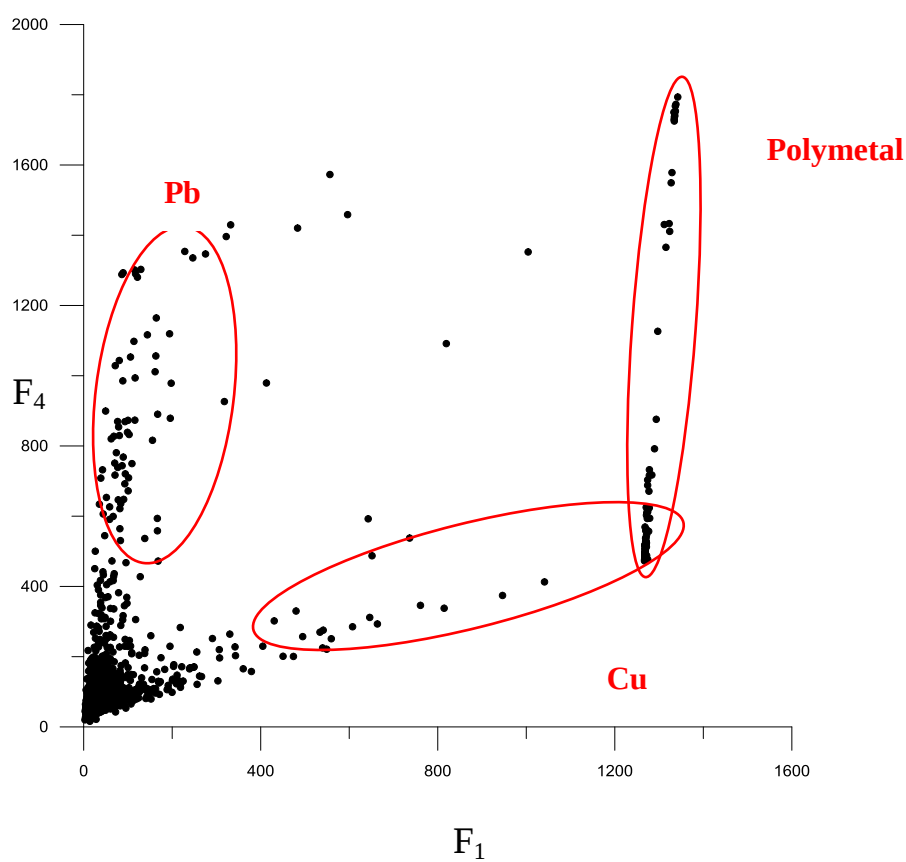


نمودار (پ-۶-الف). توابع حاصل از آنالیز تفکیک و نمودار جدایش محدوده‌های کانی‌سازی بر

اساس توابع F_1 و F_3

تابع ۱ = $0.98Pb + 0.13Ag + 0.25Zn + 0.2Cu + 0.5As + 0.1Bi + 0.8Sb + 0.2Mo + 0.8Au - 0.1Hg$

تابع ۴ = $0.5Pb + 0.92Ag + 0.44Zn + 0.34Cu + 0.26As + 0.7Bi + 0.3Sb + 0.36Mo + 0.14Au + 0.19Hg$

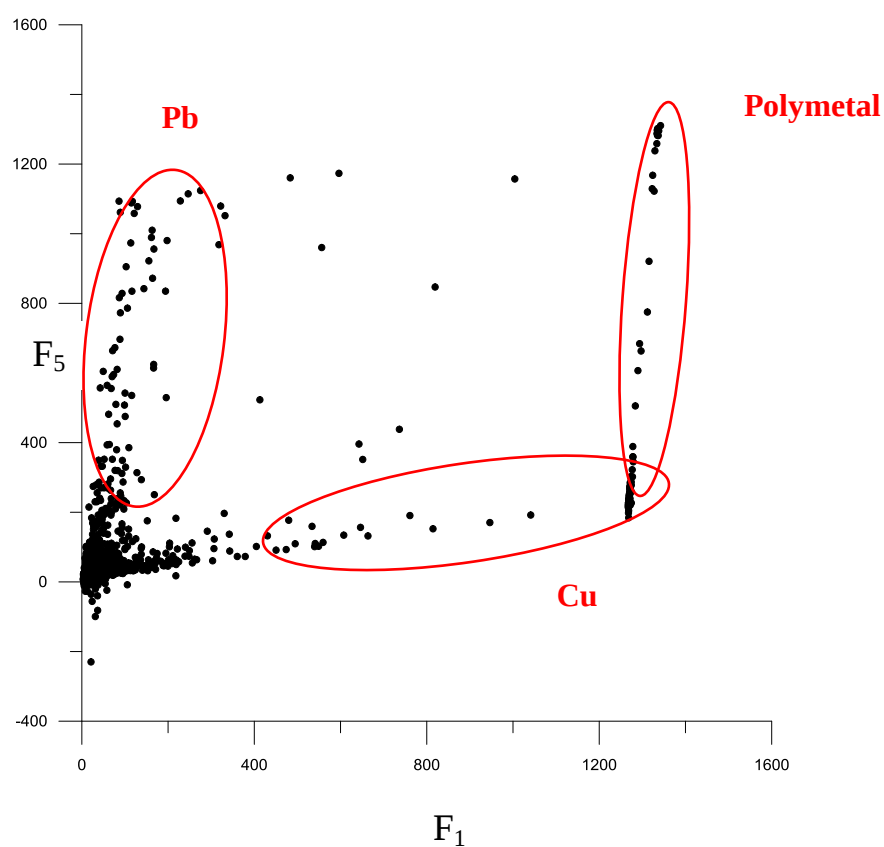


نمودار (پ-۶-ب). توابع حاصل از آنالیز تفکیک و نمودار جدایش محدوده‌های کانی‌سازی بر اساس

توابع F_1 و F_4

تابع ۱ = $0.98Pb + 0.13Ag + 0.25Zn + 0.2Cu + 0.5As + 0.1Bi + 0.8Sb + 0.2Mo + 0.8Au - 0.1Hg$

تابع ۵ = $0.67Pb + 0.3Ag + 0.16Zn + 0.16Cu - 0.52As + 0.17Bi + 0.2Sb + 0.1Mo + 0.25Au + 0.35Hg$



نمودار (پ-۶-ج). توابع حاصل از آنالیز تفکیک و نمودار جدایش محدوده‌های کانی‌سازی بر اساس

توابع F_5 و F_1

Abstract

The current research is focused on Cheshmeh-Noghreh area from Khorasan-e-Razavi Province. Sampling includes of 1396 lithogeochemical samples collected from 1:5000 Kashmar sheet. Samples have been submitted for North-East branch of Geological Survey of Iran and analyzed for Au, Cu, Pb, Ag, Zn, Mo, As, Sb, Bi and Hg elements by using ICp-OES and Fire Assay method.

According to the tectonic geological studies, the study area has been affected by the two main Darouneh and Rivash faults and probable mineralization.

Single-variant statistical analysis indicates a log-normal distribution and high concentration for Cu, Pb, Zn and Ag in the host rock. To perform multi-variate analysis, Cluster and PCA was performed and the relationship between important elements include of Au - Cu - Ag, Cu - Zn - Pb-Sb. Clustering and PCA results could evaluate Cu - Mo - Ag, Pb - Zn - Bi and Au - Hg - Sb as separated groups.

In order to do a discriminant analysis, it was necessary to evaluate the threshold and anomaly values for probably mineralized elements. Therefore, Probability Plot Modeling was done and the thresholds calculated. Three groups were identified in some of the elements data base, which were used as base for coding the data set for the next step. In discriminant analysis, discriminant functions have been identified and applied on the data to separate the mineralized data from the background. Discriminant analysis (DA) is a multivariate statistical technique that classifies each observation into a specific group based on observed predictor variables and predefined groups.

Based on the results of the identification of mineralization potential in the area, canonical analysis explained relationships between mineralized variables and subsequently equations, provide the desired results of determined mineralization. Canonical correlation Analysis measure of the strength of the overall relationships between the linear composites (canonical variates) for the independent and dependent variables.

Keywords: Lithogeochemical sample, Probability Plot Modeling, Discriminant analysis, Canonical analysis, Cheshmeh-Noghreh area.



University of Shahrood

Department of Mining, Petroleum and Geophysics

**Lithogeochemical interpretation of CheshmehNoghreh area based on
discriminant and canonical analyses**

Saeed SharifiNejad

Supervisor:
Dr. Seyed Reza Ghavami-Riabi

Advisor:
Mohammad Jafari

September 2015