

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده: مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه: اکتشاف

تحلیل داده‌های لیتوژئوشیمیایی ثانویه منطقه شامکان بمنظور تعیین مناطق احتمالی

کانی‌سازی براساس روشهای تفکیک آنومالی و تحلیل تفریقی

اکبر شریفی

استاد راهنما

دکتر رضا قوامی ریابی

استاد مشاور:

مهندس جعفری

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۰



مدیریت تحصیلات تکمیلی

شماره :

تاریخ :

ویرایش :

بسمه تعالی

فرم صورت جلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای اکبر شریفی رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف تحت عنوان تحلیل داده‌های لیتوژئوشیمیایی ثانویه منطقه شامکان بمنظور تعیین مناطق احتمالی کانی‌سازی براساس روشهای تفکیک آنومالی و تحلیل تفریقی

که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

<input type="checkbox"/> قبول (با درجه : _____ امتیاز _____)	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input type="checkbox"/> مردود
--	------------------------------------	--------------------------------

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
			۱- استاد راهنما
			۲- استاد مشاور
			۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
			۴- استاد ممتحن
			۵- استاد ممتحن

تأیید رئیس دانشکده

تقدیم به:

روح پدرم، که اسوه و الگوی ایمان و تلاش در زندگیم بود.
مادرم، که وجودم برایش همه رنج و وجودش برایم همه مهر است.
همسرم،

خواهران و برادرانم

و همه عزیزانی که در طول دوران تحصیلم مریاری نموده‌اند.

تشکر و قدردانی

ایزد منان را شاکرم که در تمام مدت انجام این تحقیق همواره توفیقات خویش را از اینجانب دریغ ننمود. اثر پیش رو با تلاش و کوشش عزیزان بیشماری به ثمر رسیده است. در همین راستا بر خود لازم می‌دانم از استاد گرانمایه و عزیزم جناب آقای دکتر رضا قوامی ریابی که به عنوان استاد راهنمای اینجانب با راهنمایی‌های بسیار ارزشمند خود، در تمام زمینه‌ها مخصوصاً انجام مراحل مختلف این پایان‌نامه راهگشای مشکلات پیشرو بودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از آقای مهندس جعفری، کارشناس سازمان زمین‌شناسی مشهد، که مشاوره این پایان‌نامه را بر عهده داشتند تشکر و قدردانی می‌نمایم. از ریاست محترم سازمان زمین‌شناسی مشهد که اطلاعات مورد نیاز اولیه جهت انجام مراحل مختلف پایان‌نامه را در اختیار اینجانب قرار دادند تشکر می‌نمایم. در پایان از تمام دوستان محترم مخصوصاً آقایان: مهندس محسن یآوری، مهندس مجتبی باوند سوادکوهی، مهندس محمدجواد مجلسی، مهندس مسلم امیدباد، مهندس محمود سیفالهی، مهندس امین عسگری، و مهندس امیر سلطان‌علیزاده، که در تدوین پایان‌نامه اینجانب را یاری نمودند، تشکر می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب اکبر شریفی دانشجوی دوره روزانه کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف از دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود مولف پایان نامه با عنوان تحلیل داده‌های لیتوژئوشیمیایی ثانویه منطقه شامکان به منظور تعیین مناطق احتمالی کانی‌سازی براساس روش‌های تفکیک آنومالی و تحلیل تفریقی تحت راهنمایی دکتر رضا قوامی ریابی متعهد می

شوم .

- ✓ 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 صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » 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 می گردد.
- ✓ 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 صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

چکیده

تحقیق حاضر مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای بخشی از ورقه زمین‌شناسی شامکان (در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰)، که در شمال شرقی ایران و در استان خراسان رضوی قرار دارد، می‌باشد. این ورقه در محدوده سه شهرستان نیشابور، کاشمر و سبزوار واقع شده است.

در طی عملیات اکتشافی، ۳۹۸ نمونه رسوبات آبراهه (۳۰ نمونه تکراری) و ۱۳۱ نمونه کانی سنگین از منطقه برداشت شده است. بخش ۲۳۰- مش رسوبات آبراهه‌ای و ۲۰- مش نمونه‌های کانی سنگین برای مطالعه و آنالیز در نظر گرفته شده است. نمونه‌های رسوبات آبراهه توسط دستگاه-ICP OES برای ۵۶ عنصر توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفته است.

در این پایان‌نامه ابتدا داده‌ها جهت مطالعات آماری تک متغیره، دومتغیره و چند متغیره مورد آماده‌سازی قرار گرفتند. بعد از مطالعات تک متغیره و رسم نقشه‌های پراکندگی عناصر، معلوم شد که عناصری مانند Au, Cu, Pb, B, Cr در اولویت اول، و عناصر Mn, Mg, Ni, Zn, Tl, V, Al و Sb در اولویت دوم و عناصر S, As در اولویت سوم اهمیت برای انجام مراحل بعدی اکتشاف قرار دارند.

از مطالعات دو متغیره (همبستگی) عناصر شناسایی شده مرحله قبل معلوم شد که طلا با عناصر Na, V, Cu, Bi, Cd, Ge, Hf, Sc, U همبستگی خوبی داشته و نقشه پراکندگی این عناصر در مناطق مرکزی، شمال و تا حدودی شمال غرب منطقه مورد مطالعه از هم‌پوشانی خوبی برخوردار بوده و در اولویت اول قرار می‌گیرند. عناصر U, Ge, Hf با عنصر Bi، و عناصر V, Sc, Ti, Na, Ga, V, Sc, Ti, Na, Bi با عنصر Cu، و عناصر Al, Cu, V با عنصر Na همبستگی بسیار خوبی دارند.

به منظور مطالعات چند متغیره، ابتدا از دو روش PCA و Clustering استفاده شد و کانی‌سازی احتمالی عناصر مهمی مانند Au, Pb, Zn و Cu و سنگ میزبان آنها بررسی شد. نتایج این دو روش تقریباً مشابه بود و معلوم شد که طلا در کنار عناصری مانند Cu, V, Mg, Co, Cr و Ni می‌تواند

شاهدی از نقش سنگ‌های آذرین اولترابازیک، بازیک و حدواسط در توزیع Au و Cu در منطقه تلقی شود. شرایط زمین‌شناسی و حضور توده‌های آذرین اسیدی در منطقه و مجاورت آنها با مناطق آنومالی طلا می‌تواند نقش توده‌های گرانیتوئیدی در فرآیندهای کانی‌سازی را توجیه کند. همین‌طور بین توزیع Pb با واحدهای رسوبی آواری ارتباط نزدیکی وجود دارد. مطالعات چک‌آنومالی و کانی سنگین نیز تایید کننده مطالب فوق می‌باشد.

با توجه به اینکه عنصر طلا، ارزش اکتشافی بیشتری نسبت به سایر عناصر منطقه مورد مطالعه از خود نشان داد، برای مطالعات دقیق‌تر ابتدا با استفاده از مدل‌سازی نمودار احتمال سه جامعه زمینه، گذر از زمینه به آنومالی و آنومال عنصر طلا شناسایی شد و سپس با استفاده از مدل تابع تفریقی به ارزیابی روابط بین پارامترها پرداختیم. برای این منظور از دو روند کلی و Stepwise استفاده شد. در روند کلی اثرات کلیه پارامترها لحاظ شد، ولی در روند Stepwise عناصر اصلی و عمده مؤثر، شناسایی و معرفی شده‌اند. در نهایت تصمیم گرفته شد که از روش Stepwise با $0.85/4\%$ کلاس‌بندی درست و تعداد هفت متغیر، بدلیل کاهش هزینه‌ها و حجم محاسبات در مطالعات بعدی استفاده شود.

لازم به ذکر است که در این پایان‌نامه عنصر Au بعنوان هدف برای مدل تابع تفریقی در نظر گرفته شده است. در شرایطی که احتمال کانی‌سازی‌های پلی متالیک وجود داشته باشد و یا براساس ارزیابی عناصر با اهمیت، چند عنصر با اهمیت شناسایی شوند، پیشنهاد می‌شود که این فرآیند بر روی تمام عناصر صورت گیرد.

کلید واژه‌ها: رسوبات آبراهه، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مدل تابع تفریقی، منطقه شامکان، مناطق آنومال

مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- استفاده از روش‌های زمین آماری (Clustering) به منظور تفکیک اثرات کانی‌سازی طلا (مثال موردی: منطقه شامکان)

۲- تفکیک اثرات کانی‌سازی Au-Cu و Pb-Zn با روش‌های زمین آماری (PCA و Clustering) (منطقه شامکان)

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه	۳
۳-۱- سابقه و ضرورت انجام طرح	۵
۴-۱- تعریف مساله و بیان سوال‌های اصلی تحقیق:	۵
۵-۱- اهداف پروژه	۶
۶-۱- جمع‌آوری اطلاعات	۷
۷-۱- سازماندهی فصول پایان‌نامه	۷
فصل دوم: وضعیت زمین‌شناسی - زمین‌شناسی اقتصادی منطقه و نمونه‌برداری	۹
۱-۲- مقدمه	۱۰
۲-۲- جایگاه تکتونیک منطقه	۱۰
۳-۲- سنگ‌شناسی واحدهای موجود در منطقه مورد مطالعه	۱۱
۴-۲- زمین‌شناسی اقتصادی منطقه	۱۷
۵-۲- نمونه برداری	۱۸
۲-۵-۱- طراحی شبکه‌ی نمونه‌برداری	۱۹
فصل سوم: پردازش مقدماتی داده‌ها و تحلیل‌های آماری تک و دومتغیره	۲۲
۱-۳- مقدمه	۲۳
۲-۳- آماده سازی داده ها	۲۳
۳-۲-۱- تعیین صحت و دقت داده ها	۲۳

- ۲۴..... ۲-۲-۳- تعیین خطای کل به روش درون نفوذی
- ۲۵..... ۳-۲-۳- تحلیل داده‌های سنسورد
- ۲۶..... ۳-۳- آمار تک متغیره
- ۲۶..... ۱-۳-۳- پارامترهای آماری
- ۲۸..... ۳-۱-۳-۳- چولگی، کشیدگی
- ۳۱..... ۲-۳-۳- آزمون نرمال یا غیرنرمال بودن توزیع داده‌ها
- ۳۳..... ۳-۳-۳- تبدیل توزیع داده‌ها به نرمال
- ۳۶..... ۴-۳- روش‌های آماری دو متغیره
- ۳۶..... ۱-۴-۳- ضریب همبستگی
- ۴۳..... ۵-۳- مطالعه نمونه‌های کانی‌سنگین و چک آنومالی
- ۴۹..... فصل چهارم: تحلیل‌های آماری چند متغیره
- ۵۰..... ۱-۴- روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای
- ۵۴..... ۲-۴- روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی
- ۵۴..... ۱-۲-۴- تعبیر هندسی
- ۶۰..... فصل پنجم: روش چند متغیره تحلیل تفریقی
- ۶۱..... ۱-۵- مقدمه
- ۶۱..... ۲-۵- تعریف
- ۶۲..... ۳-۵- تئوری آنالیز تفریقی و روابط ریاضی
- ۶۳..... ۴-۵- آزمون اعتبار تحلیل تمایز
- ۶۴..... ۵-۵- انتخاب متغیرها در تحلیل تمایز
- ۶۵..... ۶-۵- احتمال کلاس‌بندی نادرست (خطای تمایز)

۶۶	..... تعیین جوامع
۶۹	..... تفکیک جوامع با استفاده از روش آنالیز تفریقی
۶۹	..... روند کلی کلاس‌بندی
۷۵	..... روند کلاس‌بندی (Stepwise)
۸۰	..... فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۸۱	..... ۱-۶ نتایج حاصل از مراحل مختلف این تحقیق
۸۳	..... ۲-۶ ویژگی‌های روش‌های چند متغیره PCA، Clustering و DFM
۸۴	..... ۳-۶ پیشنهادات
۸۵	..... منابع
۸۹	..... پیوست یک
۹۶	..... پیوست دو
۹۷	..... پ ۱-۲- روش ترسیمی
۹۸	..... پ ۲-۲- روش بیشترین درست‌نمایی کوهن
۱۰۵	..... پیوست سه
۱۱۱	..... پیوست چهار
۱۱۴	..... Abstract

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ نقشه ۱:۵۰۰۰۰ راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه (سازمان زمین‌شناسی مشهد ۱۳۸۹) ۴
- شکل ۱-۲ نقشه ۱:۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۲
- شکل ۲-۲ محدوده‌های آنومال عناصر Au، As، Sb، Cu، Hg، B، W، Cs و Pb منتج از اکتشافات ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه شامکان (سازمان زمین‌شناسی، ۱۳۷۲) ۱۹
- شکل ۲-۳ موقعیت نمونه‌های برداشت شده بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۲۱
- شکل ۳-۱ منحنی توزیع (هیستوگرام) و نمودار احتمال Ga (الف)، Au (ب)، Pb (ج)، Cs (د)، Cu (ذ)، Zn (ر) و S (ز) ۳۳
- شکل ۳-۲ منحنی توزیع (هیستوگرام) و نمودار احتمال لگاریتمی عناصر Pb (الف)، Au (ب)، Cs (ج)، Cu (د)، Zn (ذ) و S (ر) ۳۵
- شکل ۳-۳ نتایج همبستگی اسپیرمن عناصر ۳۹
- شکل ۳-۴ تلفیق نقشه زمین‌شناسی و نقشه پراکندگی عناصر Au (الف)، Cu (ب)، Pb (ج) و Zn (د) ۴۰
- شکل ۳-۵ نقشه پراکندگی عناصر Au (الف)، Cu (ب)، Pb (ج) و Zn (د) ۴۲
- شکل ۳-۶ نقشه توزیع عنصری طلا و کانی‌سنگین طلا ۴۴
- شکل ۳-۷ نقشه پراکندگی مگنتیت (الف) و مجموع مگنتیت + بیوتیت (ب) ۴۵
- شکل ۳-۸ نقشه کانی‌سنگین اسفالریت (الف) و گروه پیروکسن (ب) ۴۶
- شکل ۳-۹ نقشه پراکندگی عناصر حاصل از داده‌های چک‌آنومالی ۴۷

- شکل ۳ - ۱۰ تلفیق نقشه زمین شناسی، پراکندگی عنصری و چک آنومال ۴۸
- شکل ۴ - ۱ دندوگرام مربوط به روش within group ۵۲
- شکل ۴ - ۲ وابستگی دو عنصر Au و Cu با پتروژنهای رسوبی شیمیایی - آواری (a و b) یا آذرین (c و d) ۵۸
- شکل ۴ - ۳ وابستگی عنصر Pb با پتروژنهای رسوبی آواری (a و b) یا رسوبی شیمیایی (e و f) و یا آذرین (c و d) ۵۹
- شکل ۵ - ۱ نمودار پراکندگی دو جامعه معلوم و راستای تابع تمایز [Zoran Peh et al, 2010] ۶۲
- شکل ۵ - ۲ مدل سازی نمودار احتمال عنصر طلا ۶۷
- شکل ۵ - ۳ نقشه منطقه بندی براساس توابع استاندارد ۱ و ۲ ۷۱
- شکل ۵ - ۴ نمودار پراکندگی تمامی عناصر براساس ضرایب آنها در توابع ۱ و ۲ ۷۳
- شکل ۵ - ۵ نمودار پراکندگی عناصر: a- اصلی -b- کمیاب REE -c ۷۴
- شکل ۵ - ۶ نقشه منطقه بندی براساس توابع استاندارد ۱ و ۲ به روش Stepwise ۷۷
- شکل ۵ - ۷ تفکیک و کلاس بندی نمونه های جدید با روش Stepwise ۷۹

فهرست جداول

- جدول ۱-۲ عناصر آنالیز شده به همراه حد قابل ثبت دستگاه ICP..... ۲۱
- جدول ۱-۳ جدول آماری عناصر ۳۰
- جدول ۱-۴ نتایج روش PCA داده‌های منطقه و تعیین تعداد مولفه‌های اصلی ۵۵
- جدول ۲-۴ معرفی متغیرها و شدت تاثیر آنها بر روی هر مؤلفه براساس روش PCA ۵۶
- جدول ۱-۵ میانگین، حد گذر از زمینه به آنومالی و درصد فراوانی نسبی عنصر طلا در چهار مد تعیین شده ۶۷
- جدول ۲-۵ ویژگی‌های دو تابع تعریف شده ۶۹
- جدول ۳-۵ معرفی دو ضریب مهم (Wilks' Lambda و Chi-square) برای اعتبار سنجی دو تابع ۶۹
- جدول ۴-۵ ضرایب عناصر در هر یک از توابع تعریف شده ۷۰
- جدول ۵-۵ نتایج کلاس‌بندی اصلی (با کل نمونه‌ها) و اعتبار سنجی با توابع تفریقی ۷۲
- جدول ۶-۵ ویژگی‌های دو تابع تعریف شده ۷۵
- جدول ۷-۵ معرفی دو ضریب مهم برای اعتبار سنجی دو تابع ۷۵
- جدول ۸-۵ ضرایب عناصر مهم در هر یک از توابع تعریف شده ۷۶
- جدول ۹-۵ نتایج کلاس‌بندی اصلی با توابع تفریقی به روش ۷۸

فصل اول:

کلیات

۱-۱- مقدمه

یکی از روش‌های عمده اکتشاف مواد معدنی در حال حاضر، روش‌های مختلف اکتشافات ژئوشیمیایی می‌باشد که براساس وسعت منطقه مورد مطالعه و مقیاس عملیات اکتشافی، متفاوت می‌باشند. براساس نتایج حاصل از آنالیز دستگامی نمونه‌های ژئوشیمیایی، روش‌های مختلف تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی و مدل‌سازی (با استفاده از نرم‌افزارهای متعدد و پیشرفته) می‌توان به طراحی بهینه اکتشافات معدنی و ژئوشیمیایی پرداخت [Daivis, John.C, (2002)].

در اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های لیتوژئوشیمیایی ثانویه همانند بررسی رسوبات آبراه‌های با حجم زیادی از داده‌ها و تعداد متعددی از متغیرها سروکار داریم. به منظور بررسی و تحلیل داده‌های حاصل، کاربرد روش‌های آماری و تلفیق نتایج آنها با نتایج اطلاعات صحرایی و اکتشافی منطقه ما را قادر خواهد ساخت تا به تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود بپردازیم و بر این اساس مناطق امیدبخش را مورد شناسایی قرار دهیم [Daivis, John.C, (2002)].

امروزه از روش‌های آماری چند متغیره مختلفی به منظور جدا سازی جوامع مختلف موجود در بین داده‌ها مبادرت می‌گردد. قسمتی از این جوامع ممکن، جامعه یا جوامع با اهمیت ژئوشیمیایی از دیدگاه اکتشافی می‌باشند (جوامع آنومال). در این تحقیق با استفاده از روش‌های مختلف مانند تحلیل‌های تک متغیره و چند متغیره پارامترهای با اهمیت را شناسایی و سپس با مدل‌سازی نمودار احتمال به شناسایی مقادیر زمینه، حد آستانه و حد آنومال یکی از پارامترهایی با اهمیت (طلا) پرداخته شده است. با استفاده از این روش جوامع متعددی در بین داده‌ها شناسایی شده است که بخشی از این جوامع مرتبط با کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. از جمله روش‌های دیگر تحلیل پارامترهای با اهمیت، روش چند متغیره آنالیز تفریقی^۱ (DFM) است و در این روش میزان

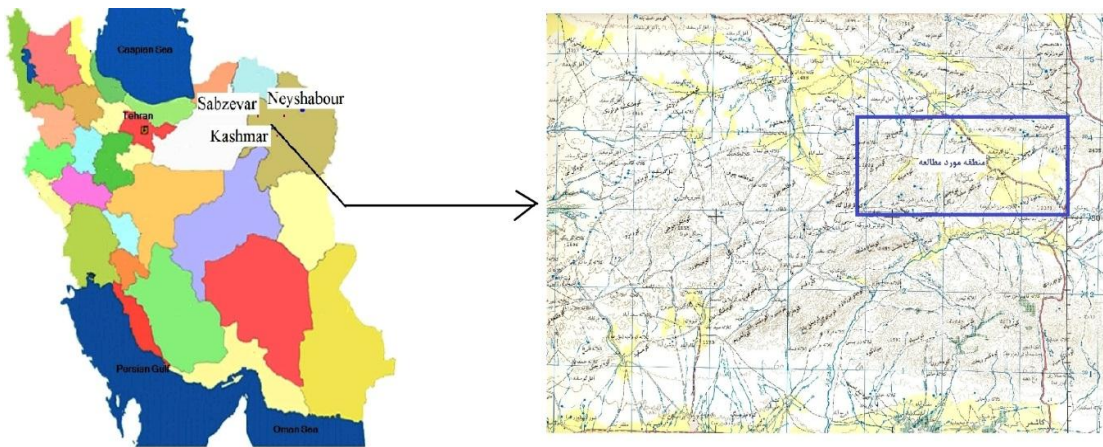
1. Discrimination Function Model

بستگی یا ارتباط یک نمونه به یکی از دو یا چند جامعه معلوم (جامعه یا جوامع با اهمیت یا بی اهمیت) مورد بررسی قرار داده می‌شود [P.N. Ranasinghe et al, 2009; Daivis, John.C, (2002)]. سپس بستگی و ارتباط نمونه‌های مختلف با این سه جامعه (زمینه، آستانه و آنومال) را با روش آنالیز تفریقی تعیین کرده و به معرفی مناطق امید بخش برای مراحل بعدی اکتشاف پرداختیم.

۱-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از ورقه ۱:۱۰۰,۰۰۰ زمین‌شناسی شامکان، در شمال خاوری ایران و در استان خراسان رضوی محسوب می‌شود. این ورقه در بخش شمال خاور نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ کاشمر، بین طول‌های جغرافیایی 58° تا $58^{\circ}, 30'$ و عرض‌های جغرافیایی $35^{\circ}, 30'$ تا 36° و در محدوده سه شهرستان نیشابور، کاشمر و سبزوار واقع شده است. از سوی خاور به جاده نیشابور - کاشمر، از باختر به جاده سبزوار - بردسکن، از جنوب به ارتفاعات کوه سرخ و از سوی شمال به جاده نیشابور - سبزوار محدود می‌شود. دسترسی به مناطق مختلف نقشه محدوده مورد مطالعه از طریق جاده‌های درجه دو و سه امکان‌پذیر است (شکل ۱-۱).

از دیدگاه ویژگی‌های آب و هوایی، این گستره دارای شرایط اقلیمی نیمه خشک کوهستانی است از این رو در نیمی از سال میزان نزولات جوی افزایشی چشمگیر، بویژه در نیمه جنوبی منطقه دارد. لذا باغداری و زراعت در این نواحی از رونقی بالا برخوردار است. بادام، گردو، گندم، جو و صیفی جات مختلف از مهمترین محصولات کشاورزی این ناحیه بشمار می‌رود. رودخانه دائمی سنگرد مهمترین رودخانه ناحیه است که جهت جریان آب از جنوب به دشت شمالی ارتفاعات کوه سرخ می‌باشد [نادری میقان و همکاران (۱۳۷۷)].



شکل ۱- نقشه ۱:۵۰۰۰۰ راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه (سازمان زمین‌شناسی مشهد ۱۳۸۹)

از دیدگاه ریخت‌شناسی سه ناحیه متمایز در ورقه شامکان قابل تفکیک است. ارتفاعات کوه سرخ با روند خاوری - باختری و شمال باختری - جنوب خاوری در نیمه جنوبی جای دارد در حالیکه تپه ماهورها در شمال و در بخش میانی واقع گردیده است. پرفرازترین نقطه ۲۴۸۳ متر و ژرفترین نقطه ۱۰۵۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد [نادری میقان و همکاران (۱۳۷۷)].

۱-۳- سابقه و ضرورت انجام طرح

تحقیق در خصوص روشهای شناسایی مناطق با پتانسیل اکتشافی و اولویت‌بندی آنها برای فازهای مطالعات بعدی اکتشافی یکی از عمده‌ترین تحقیقات اکتشافات معدنی محسوب می‌گردد. بعنوان نمونه برخی از تحقیقات صورت پذیرفته در این راستا توسط افرادی مانند:

[Cannon, et al., (2004); Ranasinghe, et al.,(2009); Arsuyuki, et al.,(2005)] و ... انجام

گرفته است که نتایج آنها در تحقیق‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بکارگیری روش آنالیز تفریقی پیشنهادی است که در این تحقیق و پایان‌نامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. نتایج بدست آمده از این تحقیق و مقایسه آن با نتایج قبلی راهنمای اهمیت و ضرورت بکارگیری روش مذکور در اولویت‌بندی مناطق با اهمیت اکتشافی خواهد بود. در گذشته از این روش جهت تفکیک جوامع مختلف استفاده شده است. مانند تفکیک انواع مختلف رادیولارین چرت‌ها (Zoran Peh et al, 2010)، تفکیک داده‌های ژئوشیمیایی از سنگ میزبان نهشته‌های Pb-Zn-Ag سولیوان (M.A.F.FEDIKOW and A.TUREK,1983) و ... که در همه این تحقیقات جوامع توسط کارشناس شناسایی و معرفی شده است.

۱-۴- تعریف مساله و بیان سوال‌های اصلی تحقیق:

به منظور شناسایی داده‌های مرتبط با مناطق کانی‌سازی و هاله‌های ژئوشیمیایی وابسته به این مناطق می‌توان از محیط‌های مختلفی نمونه‌برداری نمود. در این تحقیق اقدام به برداشت نمونه از محیط لیتوژئوشیمیایی ثانویه در یکی از مناطق اکتشافی گردیده است. در این منطقه نمونه برداری‌های چک آنومالی در محدوده‌های دارای اولویت اکتشافی نیز صورت پذیرفته است.

جهت تفکیک داده‌های با اهمیت اکتشافی روشهای متنوعی از قبیل آمار انفصال [Miesch,A.T.(1981)]، آماره فضایی U [Cheng,Q.,1999; Ghavami et al.,2010]، فرکتال

[Jun Deng et al., 2010]. مدل‌سازی نمودار احتمال [Ghavami et al., 2010]; Wellmer [F.W., 1998] و ... وجود دارند، که بر اساس روش‌های مذکور حدآستانه آنومال محاسبه می‌گردد. سپس بر این اساس داده‌های با اهمیت و محدوده گسترش آنها مشخص می‌گردند. تحلیل تفریقی¹ (DA) بر اساس فاکتورهای تعریف شده سعی می‌کند تا به تفریق دو یا چند دسته داده زمینه، آستانه و آنومال یا با اهمیت اکتشافی بپردازد [M.A.F.FEDIKOW and A.TUREK, 1983 و P.N. Ranasinghe et al, 2009 و Zoran Peh et al, 2010]. حد و مرزهای این جدایش بر روی نمودار ترسیم شده بر اساس دسته‌بندی طبیعی بوجود آمده در نمودار قابل تعریف می‌باشد. حضور یک تجمع از داده‌های با ارزش، حد اعتبار روش جدایش را نیز بالا برده و نمایش می‌دهد.

به کارگیری دو دسته روش مذکور به طور هم‌زمان (روش آنالیز تفریقی و مدل‌سازی نمودار احتمال و ...) برای یک دسته داده ژئوشیمیایی امکان آن را فراهم خواهد نمود تا بتوان به مقایسه روش‌های مذکور پرداخت. در این مقایسه، معایب و محاسن روش‌ها مشخص خواهد گردید. از ویژگی‌های روش آنالیز تفریقی شناسایی پارامترهای با اهمیت نیز می‌باشد که در سایر روش‌های تفکیک آنومالی از زمینه این امکان وجود ندارد.

۱-۵- اهداف پروژه

یکی از اهداف این تحقیق آن است که بر اساس اختصاصات ژئوشیمیایی محیط ثانویه بتوان به ارزیابی ویژگی‌های ژئوشیمیایی محدوده‌های احتمالی کانی‌سازی دست یافت و از بسط این ویژگی‌ها به ارزیابی وضعیت کانی‌سازی در مناطق مجاور دست یافت.

یکی از اهدافی که در این میان بدست خواهد آمد، امکان مقایسه روش‌های شناسایی داده‌های پارامترهای با اهمیت اکتشافی و براساس داده‌های لیتوژئوشیمیایی ثانویه خواهد بود.

1. Discrimination Analysis

۱-۶- جمع آوری اطلاعات

اطلاعات اکتشافی موجود از منطقه مورد مطالعه جهت انجام این تحقیق عبارتند از:

- ✓ داده‌های لیتوژئوشیمی محیط ثانویه (رسوبات رودخانه‌ای) برداشت شده از منطقه مورد مطالعه توسط سازمان زمین‌شناسی مشهد
- ✓ نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شامکان؛
- ✓ نقشه آبراهه‌ای برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ شامکان؛
- ✓ نقشه توپوگرافی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ شامکان؛
- ✓ داده‌های چک آنومالی و سایر اطلاعات موجود (حاصل برداشت سازمان زمین‌شناسی و شرکتهای خصوصی)

علاوه بر اطلاعات خام موجود از منطقه، از منابعی که فهرست آنها در بخش منابع و مراجع آورده شده است، کمک گرفته شده و به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های اکتشافی از نرم‌افزارهای مختلف مانند Auto Cad , Arc GIS , SPSS , Geoeas , Probplot و Surfer کمک گرفته شده است.

۱-۷- سازماندهی فصول پایان‌نامه

در فصل یک همانطور که ملاحظه گردید، کلیاتی راجع به پروژه از قبیل مقدمه، معرفی منطقه مورد مطالعه، ضرورت و سابقه انجام پروژه آورده شده است.

در فصل دوم به بررسی وضعیت زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی، ریخت‌شناسی یا زمین‌شناسی اقتصادی و نمونه‌برداری ژئوشیمیایی از منطقه پرداخته شده است.

در فصل سوم پردازش مقدماتی داده‌های اکتشافی از قبیل: آماده سازی داده‌ها و تحلیل تک متغیره و دو متغیره مطرح و بررسی گردیده است.

بررسی و تحلیل چند متغیره عناصر با استفاده از روش‌های چند متغیره همانند تحلیل خوشه‌ای (cluster Analysis) و تحلیل مؤلفه‌های اصلی¹ (PCA) در فصل چهارم مورد مطالعه قرار گرفته شده است.

روش مدل‌سازی نمودار احتمال جهت تعیین حدود زمینه، آستانه و آنومالی در ابتدای فصل پنجم مطرح شده و در ادامه به معرفی روش آنالیز تفریقی و نتایج استفاده از این روش بر روی داده‌ها پرداخته شده است.

در فصل ششم به مقایسه روش‌های چند متغیره مورد استفاده در پروژه و مزایا و معایب آنها پرداخته شده و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهاد‌های این پروژه مطرح شده است. در انتهای این پایان‌نامه پیوست‌ها و منابع و مراجع معرفی گردیده است.

فصل دوم:

وضعیت زمین شناسی - زمین شناسی اقتصادی منطقه و

نمونه برداری

۲-۱- مقدمه

در مراحل مختلف اکتشاف، اطلاع از شرایط زمین شناسی و سنگ شناسی منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در واقع پایه و اساس و ایده اولیه یک کار اکتشافی در هر منطقه اطلاعات زمین شناسی آن می‌باشد.

در این فصل ابتدا اطلاعاتی در خصوص جایگاه تکتونیک منطقه ارائه گردیده و در ادامه واحدهای سنگی منطقه معرفی گردیده، وضعیت زمین شناسی اقتصادی منطقه مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت چگونگی نمونه برداری‌های ژئوشیمیایی صورت گرفته در منطقه توضیح داده می‌شود.

به طور کلی واحدهای سنگی موجود در مناطق کوهستانی از جنس سنگهای رسوبی آواری و ولکانیک و افیولیتی متعلق به دورانهای اول، دوم و ترشیر است. حال آنکه جنس برونزدهای سنگی تپه ماهورها از سنگهای آذرین و افیولیتی متعلق به دوران مزوزوئیک و ترشیر است. تراسهای آبرفتی جدید و پهنه‌های رسی و ماسه‌ای که فرآورده فرسایش برونزدهای سنگی در بخش‌های میانی هستند از گسترشی به نسبت خوب برخوردارند [نادری میقان و همکاران (۱۳۷۷)].

۲-۲- جایگاه تکتونیک منطقه

ناحیه مورد مطالعه در حد فاصل سبزوار- کاشمر قرار گرفته است. گرچه از دیدگاه جغرافیایی وابسته به پهنه ساختاری ایران مرکزی نیست، ولی زائده‌ای باریک از ناحیه ساختمانی ایران مرکزی می‌باشد. در تریاس بالا- ژوراسیک بر اثر رخداد کیمیرین پیشین عمل ریفتینگ موجب جدایش خردقاره خاور مرکز ایران از زون البرز و پیدایش اقیانوسی باریک شده که بر اثر رخداد لارامید، در اواخر کرتاسه، روند این حرکت وارونه شده است. در حالیکه تشکیل ریفت ادامه می‌یافته، پوسته اقیانوسی نئوتتیس با شیب به منطقه حاکی از جایگزینی افیولیت‌ها در کرتاسه بالایی فرو رانده شده است. پس از عمل فرورانش پوسته اقیانوسی و تشکیل نهشته‌های زون فرورانش، این نهشته‌ها در

زمانهای بعدی فرسایش می‌یابند. در اثر حرکات تکتونیکی کرتاسه- پالئوسن و بعد از آن تا زمان نئوژن گسلهای رورانده در بخش رسوبی شکل گرفته است. از اینرو گسلهای با شیب به سوی جنوب را در این نهشته‌ها شاهد هستیم. در نتیجه بسته شدن اقیانوس نئوتتیس و فرو رفتن پوسته اقیانوسی و ذوب آن، ماگمایی بوجود آمده که با صعود به سوی بالا سبب تشکیل سنگ‌های ولکانیک آندزیتی و توفهای وابسته در بخش میانی منطقه گردیده است [نادری میقان و همکاران (۱۳۷۷)].

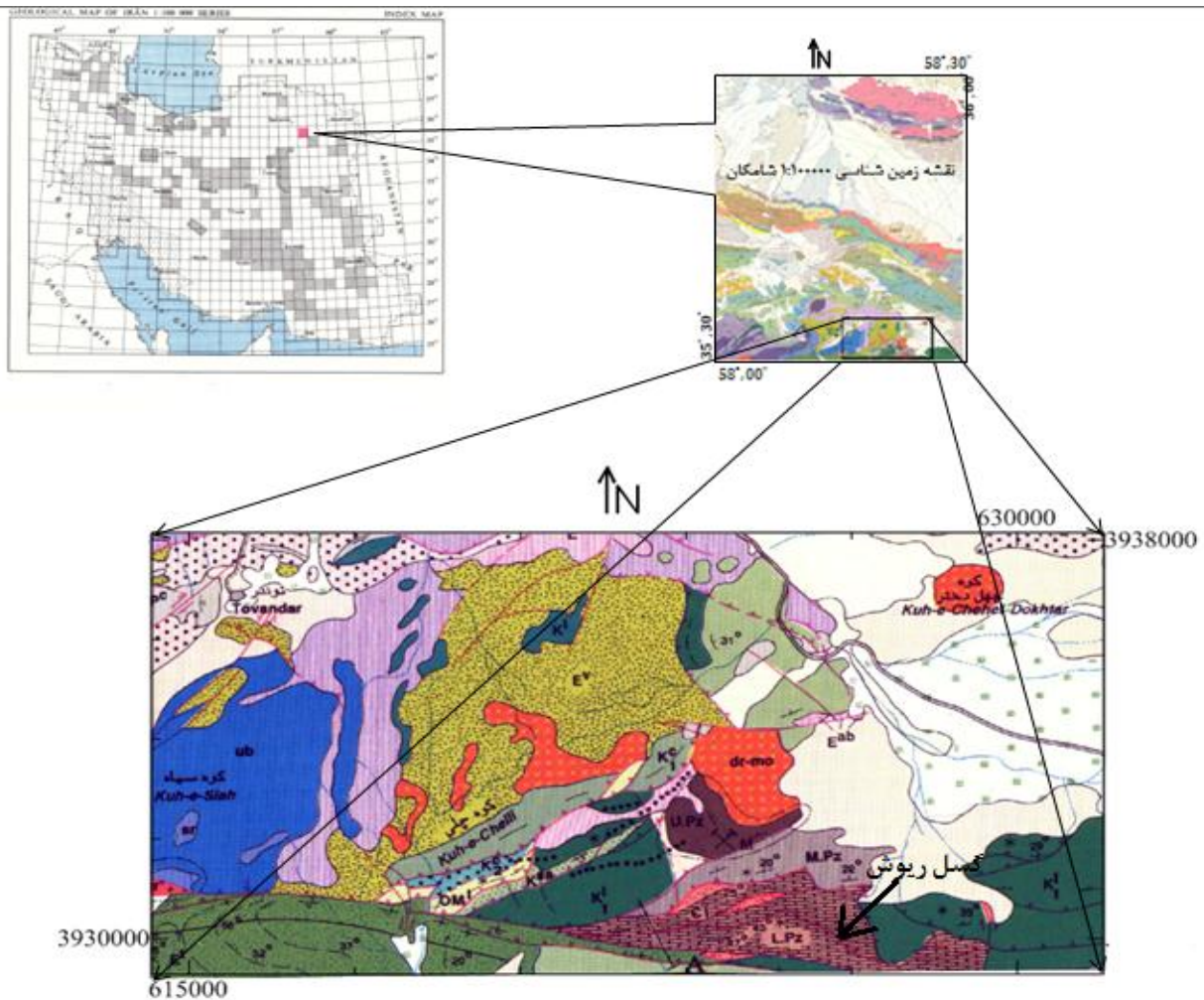
گسل ریوش مهمترین گسل ورقه (با سن ائوسن) منشعب از گسل درونه است. عمده فعالیت گسل ریوش عملکرد رورانده آن است و شیب این گسل به سوی شمال می‌باشد. حرکات گسل ریوش به‌مراه چین‌خوردگی منطقه سبب شده تا مجموعه سنگ‌های بخش جنوبی ورقه بشدت درهم ریخته شوند. ساختمان‌های زمین‌شناختی ناودیس، تاقدیس در واحدهای گوناگون ورقه دیده می‌شوند که روند عمومی آنها خاوری- باختری است. ناودیسهای سنگرد، ده‌میان و عطائیه از نوع برگشته‌اند.

تکتونیک حاکم بر رخساره‌های گستره مورد بررسی بدلیل تنوع لیتولوژی و مکانیسم تشکیل آنها بسیار فعال است. روند گسلهای رورانده منطقه خاوری باختری تا شمال باختر- جنوب خاور است که توسط گسلهای عرضی امتداد لغز بریده و جابجا شده‌اند. سن گسلهای رورانده از کرتاسه بالا تا نئوژن است [نادری میقان و همکاران (۱۳۷۷)].

۲-۳- سنگ‌شناسی واحدهای موجود در منطقه مورد مطالعه

واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید(مطابق نقشه زمین شناسی

منطقه [شکل ۱-۲]) عبارتند از [نادری میقان و همکاران (۱۳۷۷)]:



LEGENT	Discription	LEGENT	Discription
	Grey feldspatic litharenite		Tuffaceous sandstone, siltstone and silty shale
	Grey to brown dolomitic limestone		Tuff and siltstone and marl
	Grey limestone to dolomitic limestone		e, si Trachyandesite to ande and hornblende pyroxe
	Grey to dark grey thick bedded limestone		Porphyritic andesitic basalt
	Grey conglomerate		Alternative grey to light green thin to crystalline tuffs
	Serpentine and harzburgite and lherzolite		Light grey, medium to thick bedded limestone
	White to pinkish fine grained limestone		Grey to brown polymictic conglomerate
	Ophiolitic melange		Thrust faults
	Dark conglomerate		Ore indication
	Diorite, microdiorite, monzonite		Mine in operation
	Granite		Cultivated area

شکل ۱-۲ نقشه ۱:۵۰۰۰۰ زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

واحد L.Pz: این واحد شامل فلدسپات‌های خاکستری رنگ، دولومیت آهکی و مقداری چرت (در قسمت پایین)، شیل سیلتی خاکستری تیره، همراه با ماسه‌سنگها (در بخش بالا) به سن پالئوزوئیک می‌باشند.

واحد M.Pz: به لحاظ سنگ‌شناسی این واحد شامل دولومیت آهکی (خاکستری تا قهوه‌ای)، همراه با ماسه‌سنگ آهکی است که سن احتمالی این واحد پالئوزوئیک می‌باشد.

واحد U.Pz: بقه لحاظ سنگ‌شناسی این واحد شامل آهک تا دولومیت‌های آهکی خاکستری رنگ می‌باشد که از نظر سنی احتمالاً مربوط به پالئوزوئیک بالایی باشد.

واحد K_1^I : این واحد شامل سنگ آهک بایومیکروسپاریتی و بایومیکریتی تا آهک دولومیتی خاکستری روشن تا تیره، به شکل طبقات ضخیم لایه می‌باشد. این واحد ستبرای بیش از ۱۵۰۰ متر دارد که بلندترین ارتفاعات منطقه را به خود اختصاص داده است. ریخت‌شناسی آن مرتفع و صخره ساز است و در پیشانی گسل ریوش جای دارد. دایک‌های حدواسط تا بازیک با ستبرای نزدیک به ۴ متر با روند شمال خاور - جنوب باختر (در امتداد نقاط ضعف) این واحد را قطع نموده است. واحدهای سنگی مذکور متعلق به کرتاسه زیرین می‌باشند.

واحد K_1^C : این واحد سنگی از کنگلومرای یکنواخت و قلوه‌های سنگ آهک کرم تا خاکستری خرد شده و گسلیده تشکیل گردیده است. اندازه تکه‌ها متنوع و به طور عمده بصورت قلوه‌های بزرگ و کوچک و نه چندان گرد شده می‌باشد. سن قلوه‌های سنگ آهک با توجه به وجود میکرو فسیل *orbitolina sp* و دیگر سنگواره‌های فراوان، وابسته به کرتاسه زیرین است که با وقفه زمانی نسبت به واحد K_1^I پدیدار شده است. ستبرای این واحد نزدیک به ۸۵۰ متر بوده که ریخت مرتفع و خشنی دارد. توسط گسل رورانده بر روی واحدهای K_2^C و E^{ab} و در زیر مجموعه K^V با مرز عادی جای گرفته

است. تحت تأثیر سیالات گرمابی و حرارت ناشی از سنگهای نفوذی، بخشهایی از این واحد به مرمربلور دوباره یافته است.

واحد ub: سنگهای اولترامافیک پریدوتیت، هارزبورژیت و لرزولیت سرپانتینی تشکیل دهنده این واحد می‌باشند. این واحد در ارتفاعات جنوبی با مرزهای راندگی و گسلی و در نوار افیولیتی محدوده مورد بررسی با مرزهای فرسایش یافته و گسلی به طول ۳/۵ تا ۵ کیلومتر جایگزین گردیده است. این واحد متعلق به کرتاسه بالایی است و در حاشیه گسل ریوش بطور گستره‌ای مرتفع و دگرسان شده است (کانیهای محصول دگرسانی شامل سرپانتین و کلریت می‌باشد).

واحد K¹: جنس سنگ‌های این واحد از آهکهای سفید تا صورتی دانه ریز تشکیل شده است. این واحد در شمال خاوری ورقه به شکل طبقات متوسط لایه در ساختمان ناودیس و تاقدیس جای گرفته که ستبرای میانگین ۲۰۰ متر دارد. در محدوده جنوب باختری ستبرای این واحد میانگین ۷۰۰ متر بوده و به دلیل نزدیکی به گسل ریوش و فعال بودن تکتونیک، بخشهایی خرد شده و دوباره بهم جوش خورده‌اند. سن این واحد کرتاسه بالایی است.

واحد Cm: افیولیت ملانژهای موجود در منطقه نمونه‌برداری متعلق به کرتاسه بالایی می‌باشند، سنگ‌های این واحد را شامل می‌شوند.

واحد P^c: جنس سنگ‌های این واحد شامل قطعات کنگلومرای تیره از سنگهای اولترابازیک در اندازه‌های متنوع، درشت و گردشده که بلافاصله پس از تشکیل آنها با وقفه زمانی همراه بود، تشکیل گردیده است. به لحاظ سنی هم‌ارز کنگلومرای کرمان و وابسته به پالئوسن پایین در نظر گرفته می‌شود. عملکرد گسلهای امتداد لغز نیز سطح فرسایشی خشن‌تری به این کنگلومرا داده است. ستبرای این واحد نزدیک به ۶۰۰ متر است. این مجموعه در اطراف روستای توندرا گسترش دارد.

واحد dr-mo: واحد مذکور شامل دیوریت، مونزودیوریت، مونزونیت در منطقه نمونه‌برداری با سن ائوسن میانی می‌باشد.

واحد gr: گرانیتوئیدهای منطقه که به لحاظ سنی متعلق به ائوسن میانی می‌باشند و جنس سنگ‌های تشکیل دهنده این واحد می‌باشند.

واحد E^{ts}: ماسه سنگ توفی نازک لایه تا متوسط لایه (خاکستری سبز)، شیل‌های سیلتی نازک لایه (خاکستری رنگ)، سنگ آهک ماسه‌ای بیومیکریتی، توف آهکی، سنگ آهک ماسه‌ای فسیل دار، سنگ‌های این واحد می‌باشند. حداکثر ستبرای آن در ناودیس اوندرا بطور تقریبی ۲۳۰۰ متر است. وجود سنگ آهک نومولیت‌دار E^{nl} بصورت تناوب در بخش‌های گوناگون، سن این واحد توفی ماسه سنگی را به ائوسن زیرین تا فوقانی نسبت می‌دهد.

واحد E^s: این واحد شامل لیتیک آرکوز ریزدانه قرمز تیره تا خاکستری با میان لایه‌های توف شیشه‌ای، سیلتستون ریزدانه قرمز و مقدار کمی مارن می‌باشد بگونه میان انگشتی با واحد E^{ts} و به شکل ناپیوستگی در زیر واحد کنگلومرای PIQ^c جای دارد. این واحدهای سنگی متعلق به ائوسن میانی می‌باشد. تأثیر سیال‌های گرمابی در نقاط ضعف، بویژه گسل‌های رورانده، موجب دگرسانی شدید آرژیلیتی و سرسیتی شده است. کانی سازی آنتیموان و زرنیخ نیز در بخش‌های یاد شده، هم روند با راستای گسل‌ها دیده می‌شود. ستبرای این رخساره حدود ۳۲۰۰ متر است.

واحد E^v: این واحد از ولکانیک حدواسط، دربرگیرنده (کوارتز) تراکی آندزیت تا آندزیت، پیروکسن آندزیت، داسیت تا ریوداسیت تشکیل شده است. کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده این واحد شامل پلاژیوکلاز (آندزین، لابرادوریت و الیگوکلاز)، آلکالی فلدسپات، کوارتز، پیروکسن و بیوتیت می‌باشد. نفوذ سنگ‌های آذرین در این رخساره و سیستم حرارتی و سیال‌های گرمابی ناشی از آن، دگرسانی کلریتی، آرژیلیتی و سریسیتی شدیدی را در سنگ‌های اطراف خود بوجود آورده است. به لحاظ سنی این واحدهای سنگی متعلق به ائوسن میانی می‌باشد. ستبرای تقریبی آن ۴۰۰۰ متر است.

واحد E^{ab} : این واحد شامل بازالت آندزیتی خاکستری تیره (با منشاء حد واسط تا بازیک)، می‌باشد. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این واحد پلاژیوکلاز (آندزین، لابرادوریت)، پیروکسن و آمفیبول است. به لحاظ سنی این واحد متعلق به ائوسن بالایی می‌باشد. دگرسانی شدید کلریتی و سرسیتی تحت تأثیر حرارت و سیال در آن دیده می‌شود. گسترش نزدیک به ۲۵۰ متر دارد.

واحد E^t : تناوب توفهای بلورین و آذرآواری (با لایه‌بندی نازک تا ستبر، خاکستری تا سبز روشن) و میان لایه‌های توف شیلی جنس سنگ‌های این واحد را تشکیل می‌دهند. در بخش‌های جنوبی گسل ریوش، گسترش آن بصورت ناودیس با ستبرای زیاد بوده که در زیر واحد E^{ts} با مرز عادی جای گرفته است. به لحاظ سنی، این واحد متعلق به ائوسن بالایی می‌باشد. ستبرای این واحد به چندصد متر با مورفولوژی مرتفع می‌رسد.

واحد OM¹ : این واحد شامل آهک بیومیکرواسپارت (ضخیم تا متوسط لایه خاکستری روشن)، می‌باشد. ستبرای تقریبی این لایه‌ها ۳۰۰ متر است. این واحد در پیشانی گسل رورانده ریوش در بخش‌های جنوبی ورقه بر روی واحدهای کرتاسه و توفهای ائوسن جای گرفته و مرز بالایی و زیرین آن گسله است. سن این واحد الیگوسن بالایی - میوسن پایینی است.

واحد PI. Q^e : کنگلومرای جوان (از قطعه‌های گوناگون سخت نشده با جورشدگی و گردشگی بسیار ضعیف) که جوانترین رخساره سنگی در محدوده مورد بررسی است (اواخر پلیوسن و اوایل کواترنری) جنس واحد سنگی مذکور را شامل می‌شود. ریخت‌شناسی این واحد رسوبی، تپه ماهوری و واریزه‌ای می‌باشد و ستبرای گوناگون، از ۱۵۰ متر در جنوب ناودیس ده میان تا ۳۵۰۰ متر در جنوب خاوری، را شاهد هستیم.

۴-۲- زمین شناسی اقتصادی منطقه

محدوده‌های معدنی اعم از زون دگرسانی، اندیس اکتشافی و معادن فعال در دو بخش متأثر از رخساره‌های افیولیتی و ماگماتیسم منطقه جای می‌گیرند.

واحد افیولیتی پریدوتیت و هارزبورژیت سرپانتینیتی شده (ub) بستری مناسب برای زایش کرومیت است. این ویژگی که در حاشیه گسل ریوش، در شمال روستای خرو، همراه با اندیس کرومیت است که سبب تمرکز عملیات اکتشافی و ترانشه زنی بوده است. واحدهای سنگ آهکی در جنوب ورقه گسترش دارند و با توجه به فعالیت‌های آذرین منطقه می‌توانند بصورت یک پتانسیل محسوب شوند. در حوالی روستاهای داغی، خضریگ و توندرد معادن فعال سنگ تجاری مرمر در حال بهره‌برداری اند [نادری میقان و همکاران (۱۳۷۷)].

اندیس‌های معدنی طلا، آنتیموان، کائولن در خاور منطقه (کوه زرنیخ در واحد E^5) و در حوالی نفوذیه‌های فلسیک شمال خاوری دیده می‌شود. گمان می‌رود سیالات گرمابی حاصل از تزریق توده نفوذی از راه شکستگیها و درز و شکاف گسلها بسوی بالا حرکت کرده و در مسیر خود سنگهای میزبان را دگرسان نموده و با ایجاد شرایط مناسب، عامل کانی سازی در منطقه محسوب شده‌اند. علاوه بر این بدنبال دگرسانی پروپیلیتی و آرژیلیتی و کانی‌سازی ماگمایی در منطقه ارغش (Sb, Au) واقع در خاور روستای تک خار، این نفوذیه‌ها در شمال خاوری ورقه نیز ادامه داشته و بواسطه سیستم‌های گسله و درز و شکاف فراوان موجود، سیالات گرمابی تأثیر بسزایی بر روی سنگهای افیولیتی گذاشته است. به این دلیل رنگ تیره واحدهای سنگی به زرد و نارنجی تبدیل شده که می‌توان این دگرسانی را همسان منطقه ارغش در نظر گرفت [نادری میقان و همکاران (۱۳۷۷)].

۲-۵- نمونه برداری

یکی از محیط‌های تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی، محیط رسوبات رودخانه‌ای است که در مناطق دارای توپوگرافی و دارای ریزش جوی قابل نمونه‌برداری می‌باشند. ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای نشان داده است که این روش، یک متد مفید برای تشخیص نواحی با پتانسیل بالای معدنی می‌باشد. برداشت و آنالیز سیستماتیک نمونه‌های آبراهه‌ای یک روش معمول در اکتشافات معدنی در مقیاس ناحیه‌ای و تفصیلی در اغلب نقاط جهان بوده است. برخی از مزایایی که باعث کارآمدی این روش گردیده است عبارتند از:

الف) وجود شرایط اکسیدان در محیط‌های رودخانه‌ای و آبرفتی که خود موجب تحرک عناصر کانساری و در نتیجه افزایش وسعت هاله‌های آن‌ها می‌گردد.

ب) بزرگی میدان اثر نمونه‌ها

ج) سهولت نمونه‌برداری و آماده‌سازی

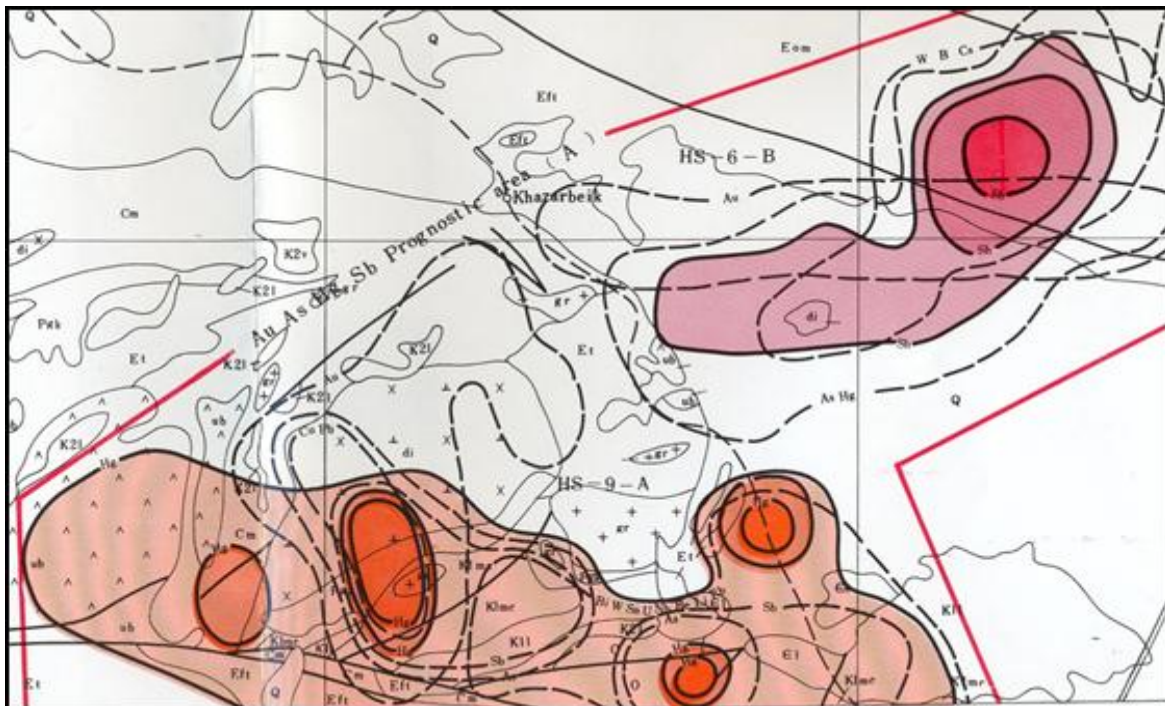
در منطقه مورد مطالعه به منظور بررسی محدوده‌های تحت پوشش هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه حاصل از آنومالی‌های برگه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ (مناطق پرتانسیل معدنی)، (شکل ۲-۲) و به منظور دسترسی به مناطق کانی‌سازی شده، اکتشافات ژئوشیمیایی انجام گردیده است. در این مطالعات هر چه هاله‌ی ثانویه وسیع‌تر و به هاله‌ی اولیه نزدیک‌تر باشد و یا الگوی توزیع آن همبستگی ژنتیکی و انطباق فضایی بیشتری را نسبت به هاله‌ی اولیه نشان دهد از ارزش اکتشافی بالاتری برخوردار خواهد بود. برای ارزیابی این مهم چک‌آنومالی انجام شده در منطقه مورد مطالعه کمک زیادی می‌نماید.

از عمده‌ترین عوامل کنترل‌کننده‌ی تمرکز عناصر در رسوبات رودخانه‌ای می‌توان به نسبت اجزاء آواری و دانه‌بندی آن‌ها، میزان تمرکز مواد کلوئیدی در رسوبات و بالاخره pH و Eh محیط اشاره نمود [حسنی پاک ۱۳۸۲]. جنس واحدهای سنگی بالادست رسوبات رودخانه‌ای و توزیع غلظت عناصر نیز در این امر تاثیرگذار می‌باشند که اصطلاحاً به آن توزیع برداری غلظت‌ها گفته می‌شود. لذا این

روش به عنوان یکی از اصلی ترین لایه های اطلاعاتی جهت تشخیص پتانسیل های معدنی احتمالی در محدوده اکتشافی اخیر مورد استفاده و تجزیه و تحلیل قرار گرفت که شرح فعالیت های انجام شده در ادامه خواهد آمد.

۲-۵-۱- طراحی شبکه ی نمونه برداری

در انتخاب و تشخیص نواحی دارای احتمال کانه زایی آن چه مدنظر است محدود کردن مناطق امیدبخش از چند ده کیلومتر مربع به چند کیلومتر مربع، به وسیله عملیات ژئوشیمیایی می باشد. از آن جا که تکنیک های بعد از این مرحله، مطالعات تفصیلی و پرهزینه تر می باشند، ضرورت دارد که طراحی و تعیین اهداف مورد نظر و محدود ساختن آن ها به مناطق حتی الامکان کوچک تر، با دقت هرچه تمام تر صورت گیرد. برای رسیدن به این مقصود از اطلاعات زمین شناسی و ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰,۰۰۰ منطقه شامکان استفاده شده است (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲ محدوده های آنومال عناصر Au, As, Sb, Cu, Hg, W, B, Cs و Pb منتج از اکتشافات ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰,۰۰۰ بر گه شامکان (سازمان زمین شناسی، ۱۳۷۲)

هنگام طراحی شبکه‌ی نمونه‌برداری اطلاعات اولیه‌ای مد نظر قرار داده شده که عبارتند از:

۱- محل توده‌های نیمه عمیق

۲- نقشه‌ی ۱:۱۰۰,۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه شامکان

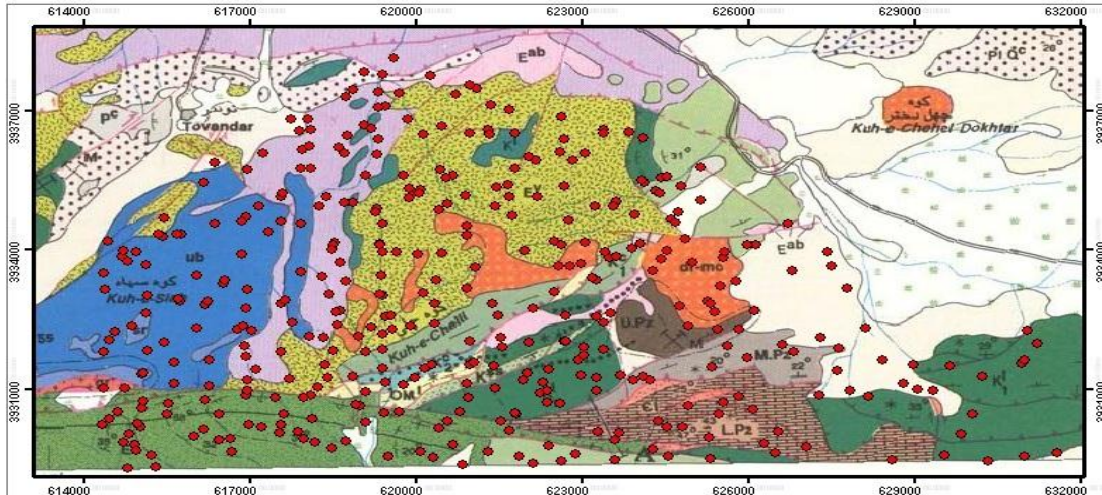
۳- نقشه آنومالی‌های ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰,۰۰۰ شامکان (شکل ۲-۲)

۴- محل واحدهای سنگی که پتانسیل کانه‌زایی بیشتری دارند و محل گسل‌ها و تراس‌های

بزرگ بر روی نقشه‌ی منعکس شده

چگالی برداشت نمونه‌ها، ۳ تا ۴ نمونه رسوب آبراهه‌ای در هر کیلومتر مربع و یک نمونه کانی‌سنگین از آبراهه‌های منشأ گرفته از رخنمون‌های سنگی در نظر گرفته شد. در طراحی شبکه، حداکثر یکنواختی توزیع نمونه‌ها و متناسب بودن تعداد نمونه‌ها با مساحت حوضه‌ی آبریز لحاظ گردید که چون تمامی این اهداف براساس روش مرکز ثقل با قاعده توپولوژیکی شبکه‌ی آبراهه‌ای محقق می‌گردد، اساس طراحی شبکه، این متد در نظر گرفته شد [سازمان زمین‌شناسی مشهد ۱۳۸۹].

نقشه برداشت ۳۹۸ نمونه رسوبات آبراهه‌ای و ۱۳۱ نمونه کانی‌سنگین (سال ۱۳۸۸) از محدوده در شکل (۳-۲) (و در شکل (پ ۱-۱) ارائه شده و موقعیت نقاط نمونه‌برداری بر اساس مختصات UTM تعیین شده که بخشی از نتایج آنالیز آنها در زون 40S در جدول (پ ۱-۱) و (پ ۱-۲) ارائه گردیده است. نمونه‌برداری ژئوشیمیایی از رسوبات آبراهه‌ای از بخش ۸۰- مش و کانی‌سنگین از بخش ۲۰- مش صورت گرفته است. مقدار رسوب برداشت شده در نمونه‌های ژئوشیمیایی در حدود ۲۵۰-۳۰۰ گرم و نمونه‌های کانی‌سنگین در حدود ۱۰-۵ کیلوگرم می‌باشد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها شامل: خشک کردن نمونه‌ها، حذف مواد آلی و پودر و دو نیمه سازی انجام شده و بخشی از نمونه‌ها جهت آنالیز به روش ICP ارسال گردید. در جدول (۱-۲) عناصر آنالیز شده به همراه حد قابل تست دستگاه برای هرکدام آورده شده است.



شکل ۲-۳ موقعیت نمونه‌های برداشت شده بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

جدول ۲-۱ عناصر آنالیز شده به همراه حد قابل ثبت دستگاه ICP

Element	Au	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu
Units	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Detection	.003	0.1	10	1	.5	.5	0.1	10	0.1	0.5	0.2	2	1	0.2

Element	Dy	Eu	Fe	Ga	Ge	Hf	Hg	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na
Units	ppm	PPm	ppm	PPm	ppm	PPm	ppm	ppm	PPm	PPm	ppm	ppm	ppm	ppm
Detection	0.5	0.01	100	1	0.5	0.1	0.02	10	10	0.5	10	2	0.1	10

Element	Ni	Nb	Nd	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr	Te
Units	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Detection	0.5	0.5	0.5	5	10	0.1	50	0.1	1	0.05	1	0.2	0.1	0.05

Element	Ta	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Units	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Detection	0.1	0.2	10	0.5	0.1	2	0.5	2	0.5	2	5

فصل سوم:

پردازش مقدماتی داده‌ها و تحلیل‌های آماری تک و

دو متغیره

۳-۱- مقدمه

به طور کلی برای شناخت هر جامعه‌ای نیاز به داشتن داده‌هایی از آن جامعه است. اگر جامعه مورد بررسی را «کل» بنامیم، نمونه‌های برداشت شده از آن جامعه «جزء» تلقی می‌شود. هیچ وقت جزء جامعه نمی‌تواند صد در صد معرف کل جامعه باشد و رابطه این دو از نوع احتمال پذیر است [حسنی پاک ۱۳۸۴].

این داده‌ها می‌تواند از نمونه‌های رسوبات رودخانه‌ای برداشت شده از منطقه مورد مطالعه بدست آید که برای استفاده بهتر باید اعمالی مانند آماده‌سازی و ارزیابی اولیه و تحلیل‌های تک متغیره و دو متغیره روی داده‌ها انجام گیرد که در ادامه این فصل نتایج آنها ارائه گردیده است.

۳-۲- آماده سازی داده ها

۳-۲-۱- تعیین صحت و دقت داده ها

به منظور استفاده مطلوب از نتایج اندازه‌گیری‌ها (مثلا عیار سنجی) باید از درجه اعتمادی که می‌توان به آنها داشت آگاهی یافت. بدین منظور آزمایشات کنترل کیفیت جهت تعیین خطای مراحل آماده‌سازی و اندازه‌گیری انجام می‌شود. به طور کلی قابلیت اعتماد به داده‌های حاصل از اندازه‌گیری تابع مقدار دو نوع خطای تصادفی و سیستماتیک است.

خطاهای تصادفی در اثر عوامل خارج از کنترل شخص عمل‌کننده حاصل می‌گردند و بدین لحاظ وجود آنها (نه بزرگی آنها) اجتناب ناپذیر است. ولی با بکارگیری دستگاه‌های دقیق‌تر یا روش‌های مناسب‌تر می‌توان مقدار آن را کاهش داد. از ویژگی‌های آماری این نوع خطا این است که جمع جبری آنها حول میانگین باید صفر باشد.

خطای سیستماتیک باعث می‌شود که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده یک کمیت به اندازه‌ای معین نسبت به مقدار حقیقی جابجایی نشان دهند. مقدار این خطا از قانون خاصی تبعیت می‌کند،

ولی بدیهی است که جمع جبری آنها حول میانگین صفر نمی‌شود و این خود عامل اصلی انحراف مقدار میانگین از مقدار حقیقی است. منظور از خطا در نمونه برداری، خطای سیستماتیک است، زیرا خطای تصادفی صرفاً در اثر تغییرات تصادفی ذاتی ایجاد می‌شود و در هر نوع اندازه‌گیری کم و بیش وجود دارد [حسنی پاک ۱۳۸۴ و ۱۳۸۰ ; Fletcher 1981].

صحت یک اندازه‌گیری معرف نزدیکی مقدار اندازه‌گیری شده به مقدار حقیقی آن است. ولی دقت بیان‌کننده این است که اندازه‌گیری‌های مختلف تا چه حد به هم نزدیک بوده اند. پس دقت را می‌توان معرف قابلیت تکرار با نتایج مشابه و صحت را درجه درستی تلقی کرد.

اگر چند سری اندازه‌گیری صورت گیرد و برای هر سری مقدار میانگینی محاسبه شود و سپس انحراف معیار مقدار میانگین‌ها محاسبه گردد می‌توان مقدار کمیت اخیر را معرف دقت دانست. به طوری که هرچه این کمیت کوچکتر باشد دقت بالاتر است. دقت داده‌های آزمایشگاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا میزان اعتماد به داده‌ها را مشخص می‌کند و با نمونه‌برداری‌های تکراری، قابل ارزیابی است.

در پروژه‌های اکتشافی اهمیت صحت و دقت اندازه‌گیری‌ها به مقیاس عملیات بستگی دارد. به عنوان مثال در برداشتهای اکتشافی تا قبل از مرحله تعیین ذخیره آنچه که بیشتر اهمیت دارد دقت اندازه‌گیری‌ها است، زیرا در این مقیاس از عملیات سنجش‌ها نسبی است نه مطلق و کاهش یا افزایش مقدار ثابتی به همه داده‌ها در وضعیت نسبی آنها بی‌تاثیر است. در مرحله تخمین ذخیره اگر چه دقت و صحت هر دو مهم هستند ولی خطر اصلی کاهش صحت است.

۳-۲-۲- تعیین خطای کل به روش درون نفوذی

نمونه‌برداری، آماده‌سازی و آنالیز، مراحل کاری هستند که به نوعی هر یک خطاهایی را بهمراه دارند و به مجموعه آنها خطای کل می‌گویند. با اعمال پروسه خاص نمونه‌برداری تکراری می‌توان به ارزیابی هر یک از آنها پرداخت.

به نمونه‌های تکراری که هم‌زمان برداشت می‌شوند "جفت‌های هم‌زمان" می‌گویند. سپس بر اساس مقدار این جفت عددهای وابسته به هم می‌توان میانگین و پراش کمیت مورد نظر را برای کل واحد نمونه‌برداری برآورد کرد [حسنی پاک ۱۳۸۰].

نتایج محاسبه خطا و دقت نمونه برداری و محدوده تغییرات در سطح اعتماد ۹۵٪ برای عناصر عبارتند از:

۱- عناصر Cu, K, Nd تقریباً مقدار خطای نسبی زیر ۵٪ دارند و عناصر As, Dy, Be, Cr, Ce, U, Y, S, Yb, Zn, Ga, Tl, Hf, Hg, Co, Ca, Bi, Fe, Al, P, Ta, Sr, Sm, Sn, Sc, Th, Ti, V, Ge, Ni, La, Li, Mg, Na مقدار خطای نسبی بین ۵ تا ۱۵ درصد دارند.

۲- عناصر Nb, Mn, Zr, Sb, Te, Pb, Rb, Cd, Cs, Au, B, Eu تقریباً مقدار خطای نسبی بین ۱۵٪ تا حدود ۲۵٪ دارند که در تحلیل داده‌های آنها باید دقت بیشتری کرد.

۳- عناصری مانند W, Ba, Ag, Mo, Se تقریباً همه جفت نمونه‌های آنها با هم اختلاف مقداری دارند و این یعنی خطای آنها زیاد است و نمی‌توان به داده‌های آنها اعتماد کرد و از لیست عناصر برای مراحل بعدی پایان‌نامه حذف می‌شوند.

۳-۲-۳ - تحلیل داده‌های سنسورد

همانطور که گفتیم به داده‌های کمتر از حد حساسیت دستگاه، داده‌های سنسورد می‌گویند. وجود چنین اعدادی در بین یک سری داده می‌تواند بررسی‌های آماری را دچار اختلاف کند. زیرا (۱) روش‌های آماری نیاز به مجموعه کاملی از داده‌های غیر سنسورد دارند. (۲) در مواردی که سنجش‌های نسبی صورت می‌گیرد (مانند جداسازی زمینه از آنومالی) وجود داده‌های سنسورد موجب ارزیابی‌های غیر دقیق می‌شود. اگر داده‌های سنسورد تخمین زده شوند و جایگزین گردند مقدار زمینه و شدت آنومالی‌ها دقیق‌تر محاسبه خواهد شد [Sanford et al 1993].

روش‌های مختلف تخمین داده‌های سنسورد وجود دارد که یکی از آنها روش جایگزینی ساده است. در این روش مقادیر بزرگتر از حد حساسیت در مرز بالایی را با $\frac{4}{3}$ حد بالایی حساسیت و مقادیر کمتر از حد حساسیت در مرز پایینی را با $\frac{3}{4}$ آن جایگزین می‌کنیم. اگر تعداد داده‌های سنسورد در مقابل کل داده‌ها ناچیز باشد معمولا می‌توان از این روش استفاده کرد. اشکال عمده این روش این است که به هیچ وجه تحت تاثیر پارامترهای آماری جامعه داده‌ها نمی‌باشد و صرفا تابع حد حساسیت روش اندازه‌گیری است [حسنی پاک ۱۳۸۴].

به دلیل اینکه داده‌های پایان‌نامه اینجانب برای هر عنصر زیاد می‌باشد (۳۹۸ نمونه) و داده‌های سنسورد نسبتا کم هستند از این روش برای جایگزینی داده‌های سنسورد استفاده کردم. سایر روش‌های ارزیابی داده‌های سنسورد در پیوست ۲ تشریح شده‌اند.

۳-۳- آمار تک متغیره

۳-۳-۱- پارامترهای آماری

۳-۳-۱-۱- متغیرهای مرکزیت

مهمترین پارامتر یک جامعه آماری میانگین^۱ آن است که بیان ریاضی آن مطابق رابطه زیر می‌باشد [حسنی پاک ۱۳۸۴ , Davis , 2002].

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

که در آن x متغیر تصادفی، $E(x)$ امید ریاضی x و $f(x)$ تابع توزیع فراوانی متغیر تصادفی x است. در واقع میانگین مرکز ثقل یک توزیع است به طوریکه مجموع مربعات تفاضل مقادیر توزیع از

1. Mean

آن حداقل مقدار ممکن است. مقدار میانگین شدیداً متأثر از شکل تابع توزیع است، به خصوص مقادیر حدی (بالا و پایین) تابع توزیع روی آن اثر می‌گذارد.

مد^۱ مقداری از متغیر تصادفی است که بیشترین فراوانی را در توزیع دارد. این مقدار مستقل از مقادیر کرانه ای در تابع توزیع است [حسنی پاک ۱۳۸۴].

میان^۲ نقطه وسط توزیع 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. در روی نمودار نسبی تجمعی، میان متناظر با فراوانی نسبی تجمعی ۵۰٪ می‌باشد. مقدار میانگین، میان و مد برای یک توزیع یک مدی متقارن (مانند توزیع نرمال)، منطبق بر هم می‌باشد ولی در یک توزیع نامتقارن این مقادیر از یکدیگر فاصله می‌گیرند. در صورتی که توزیع به سمت کرانه بالا چولگی داشته باشد (معمولاً برای متغیرهای نادر یا کم عیار رخ می‌دهد)، میانگین از همه بزرگتر و بعد از آن میان و مد قرار می‌گیرند.

۳-۱-۲- پارامترهای پراکندگی

پراش^۳ هر توزیع در واقع معیاری از پراکندگی مقادیر حول میانگین آنها است. پراش متغیر تصادفی X به صورت زیر تعریف می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴ و ۱۳۷۷].

$$S^2 = E(x - \bar{x})^2 \quad \text{یا} \quad \sigma^2 = E(x - \mu)^2 \quad (2-3)$$

که در آن σ^2 و S^2 به ترتیب مقدار پراش در جامعه کل و جامعه نمونه هستند. μ میانگین کمیت در جامعه کل، \bar{x} میانگین داده‌ها در جامعه نمونه‌ها و E امید ریاضی است.

-
1. Mode
 2. Median
 3. Variance

انحراف معیار^۱ برابر جذر پراش تعریف می‌شود. بنابراین از نظر بعد دارای واحد مشابه مقدار میانگین است.

نکته دیگر آنکه انحراف معیار جوامع مختلف پارامتر مناسبی برای مقایسه درجه تغییرپذیری آنها نیست. زیرا معیاری از تغییرپذیری نسبی را بدست نمی‌دهد. در مقابل، ضریب تغییرات که در واقع انحراف معیار نرمالایز شده جامعه است، معیار بهتری از تغییرپذیری نسبی است و مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضریب تغییرات به صورت زیر تعریف می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴].

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

۳-۳-۱-۳-۳ - چولگی، کشیدگی

چولگی^۲ معیاری برای سنجش عدم تقارن در تابع توزیع می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$W = \frac{E(X-\bar{X})^3}{S^3} \quad \text{یا} \quad W = \frac{E(X-\mu)^3}{\sigma^3} \quad (4-3) \quad \text{ضریب چولگی پیرسون}$$

که در آن X مقدار متغیر تصادفی، μ میانگین جامعه کل، σ انحراف معیار جامعه کل، \bar{X} میانگین جامعه نمونه‌ها، S انحراف معیار جامعه نمونه‌ها و E نماد امید ریاضی می‌باشد. برای یک توزیع کاملاً متقارن چولگی صفر و برای یک توزیع نامتقارن مقدار آن مخالف صفر است. در صورتی که کرانه سمت راست منحنی توزیع به سمت مقادیر بالاتر میل کند و این امر موجب عدم تقارن گردد چولگی مثبت و در صورتی که کرانه سمت چپ منحنی توزیع به سمت مقادیر کوچکتر میل کند و این امر موجب عدم تقارن گردد چولگی منفی خواهد بود [حسنی پاک ۱۳۸۴ و ۱۳۷۷].

کشیدگی^۳ معیاری از میزان تیزی منحنی در نقطه ماکزیمم است که به صورت زیر تعریف می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴].

1. Standard deviation

2. Skewness

3. Kurtosis

$$K = \frac{E(X-\bar{X})^4}{S^4} \quad \text{یا} \quad K = \frac{E(X-\mu)^4}{\sigma^4} \quad (5-3)$$

که در آن X مقدار متغیر تصادفی، μ میانگین جامعه کل، σ انحراف معیار جامعه کل، \bar{X} میانگین داده‌ها و S انحراف معیار آن‌ها و بالاخره E نماد امید ریاضی است. کشیدگی را گشتاور مرتبه چهارم نیز می‌گویند که برای بعضی از توابع توزیع شناخته شده مانند توزیع نرمال استاندارد مقدار آن برابر ۳ می‌باشد.

حال با استفاده از اطلاعات بالا و داده‌های عناصر، به بررسی عناصر پرداخته و اطلاعات زیر از آنها بدست آمد (جدول ۳-۲).

۱- عناصری مانند Au, Cu, Pb چولگی (مثبت) بالای ۱۶ دارند و دارای میانگین < میانۀ <مد می‌باشند.

۲- عناصری مانند As, B, S, Zn چولگی (مثبت) نسبتاً خوبی دارند (<۲) و دارای میانگین < میانۀ <مد می‌باشند. در توزیع غلظت یک عنصر، هر چقدر اختلاف میانگین نسبت به میانۀ و مد بیشتر و ضریب تغییرات و چولگی بالا (غنی شدگی یا چولگی مثبت و فقیر شدگی یا چولگی منفی) باشد به لحاظ ژئوشیمیایی با اهمیت می‌باشد. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که عناصر Au, Cr, B, Pb, Cu اختلاف میانگین و میانۀ و مد آنها زیاد بوده، ضریب تغییرات آنها بالا و میانگین آنها از زمینۀ جهانی و ناحیه‌ای خیلی بالاتر است و در اولویت اول مطالعات ژئوشیمیایی قرار می‌گیرند. عناصر Mn, Mg, Ni, Zn, Tl, V, Al و Sb در مرحله دوم و عناصر S, As در مرحله سوم اهمیت قرار دارند. از میان تمام عناصر مورد بررسی در این پروژه، عناصر Al, Yb, Ce, Y, P, Sm, Ga و Ti چولگی منفی (فقیرشدگی) داشته و بقیه عناصر چولگی مثبت (غنی شدگی) نشان می‌دهند (جدول ۳-۳)

(۱)

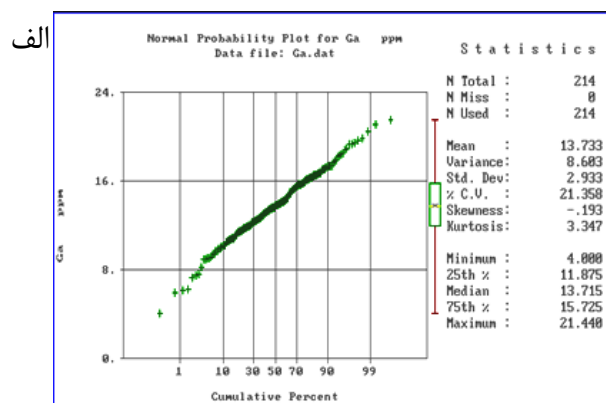
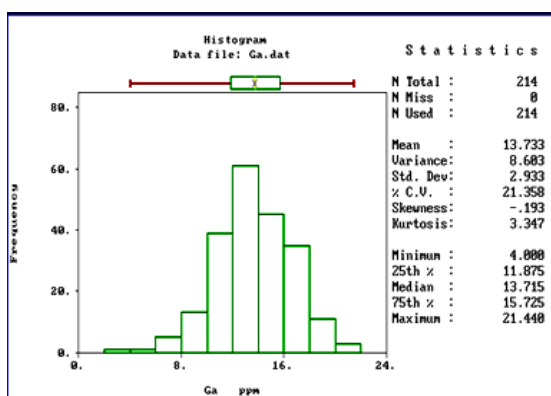
جدول ۳-۱ جدول آماری عناصر

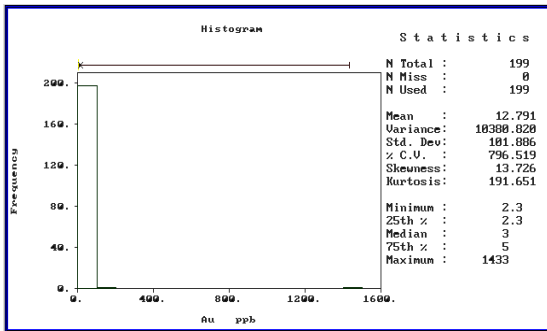
elements	Mean	Median	Mode	S d	Cv	Skewness	Min	Max
u(ppb)	10	3	2.25	73	7.3	19	2.25	1433
Al(ppm)	590.3	61055	61756	12599	0.1	-1.2	5930	82866
As(ppm)	12.96	11.33	0.75	8.52	0.66	2.18	0.75	62
B(ppm)	48.39	41.67	18.19	23.57	0.49	2.92	18.19	239
Be(ppm)	0.95	0.91	0.45	0.34	0.36	0.33	0.13	1.98
Bi(ppm)	0.86	0.76	0.38	0.32	0.37	0.57	0.38	1.73
Ca(ppm)	58830	51510	24003	24528	0.42	1.66	24003	184376
Cd(ppm)	0.42	0.42	0.08	0.2	0.47	0.21	0.08	0.96
Ce(ppm)	40.51	41.04	1.89	11.64	0.29	-0.35	1.89	71.01
Co(ppm)	36.2	31.76	19.18	16.05	0.44	0.95	10.65	82.13
Cr(ppm)	357	248	27.32	275	0.77	1.42	27.32	1617
Cs(ppm)	7.03	7.21	4.38	2.11	0.30	-0.06	2.64	12.28
Cu(ppm)	61.19	51.64	10.04	79.82	1.30	16.65	10.04	1556
Dy(ppm)	3.26	3.27	0.93	0.66	0.20	0.04	0.93	6.38
Eu(ppm)	1.16	1.16	0.98	0.35	0.30	0.02	0.09	2.32
Fe(ppm)	47089	47239	23618	9612	0.20	0.62	23618	102391
Ga(ppm)	13.79	13.78	4	2.95	0.21	-0.16	4	21.44
Ge(ppm)	2.54	2.41	2.35	0.77	0.30	0.6	0.85	5.08
Hf(ppm)	13.53	13.55	6.32	3.57	0.26	0.26	6.32	28.85
Hg(ppm)	0.09	0.09	0.07	0.03	0.34	0.51	0.02	0.2
K(ppm)	13091	12231	10993	5668	0.43	0.99	562.04	37535
La(ppm)	20.35	18.66	14.66	7.28	0.36	0.48	3.08	40.19
Li(ppm)	22.88	22.64	1.4	8.23	0.36	0.76	1.4	62.23
Mg(ppm)	55205	44348	11260	36601	0.66	1.28	11260	204407
Mn(ppm)	1033	1020	516.79	252	0.24	1.36	516.79	2652
Na(ppm)	11225	10856	11492	3465	0.31	0.06	521.35	21357
Nb(ppm)	17.11	17.66	0.75	6.35	0.37	0.12	0.75	40.56
Nd(ppm)	13.6	12.49	13.96	6.06	0.45	0.6	0.82	39.58
Ni(ppm)	388	195	35	388	1.00	1.62	35	2088
P(ppm)	619	630	74.93	200	0.32	-0.01	74.93	1525
Pb(ppm)	24.15	21.13	10	32.49	1.35	17.3	4.6	640
Rb(ppm)	65.88	65.79	1.68	33.29	0.51	0.14	1.68	174
S(ppm)	105	94.14	9.02	61.45	0.58	1.98	9.02	475
Sb(ppm)	1.33	1.23	0.66	0.81	0.61	1.15	0.29	4.39
Sc(ppm)	19.16	17.82	7.35	6.19	0.32	0.77	7.35	40.18
Sm(ppm)	4.83	4.88	4.27	0.99	0.21	-0.33	1.27	7.74
Sn(ppm)	4.38	4.28	6	1.13	0.26	1.15	1.93	10.14
Sr(ppm)	254	249	243	47.4	0.19	0.49	90.93	501
Ta(ppm)	0.95	0.96	0.85	0.22	0.23	0.03	0.49	1.64
Te(ppm)	0.09	0.08	0.04	0.02	0.23	0.58	0.04	0.2
Th(ppm)	20.6	20.16	9.8	5.74	0.28	0.33	7.89	41.2
Ti(ppm)	4308	4330	203	1127	0.26	-0.11	202	9160
Tl(ppm)	0.76	0.54	0.38	0.48	0.63	1.32	0.38	3.08
U(ppm)	7.69	7.55	6.08	1.94	0.25	0.47	3.46	14.64
V(ppm)	150	136	114	57.61	0.38	1.19	26.27	450
Y1(ppm)	18.25	18.48	2.56	3.76	0.21	-0.74	2.56	29.43
Yb(ppm)	2.52	2.57	2.36	0.49	0.19	-0.52	0.7	4.07
Zn(ppm)	68.6	65.45	28.57	22.76	0.33	2.91	28.57	267
Zr(ppm)	147	134	15.11	58.02	0.39	1.22	15.11	508

۳-۳-۲- آزمون نرمال یا غیرنرمال بودن توزیع داده‌ها

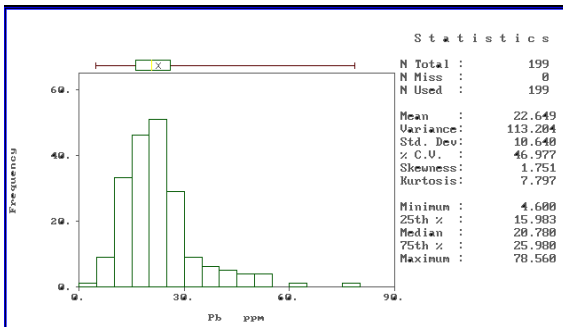
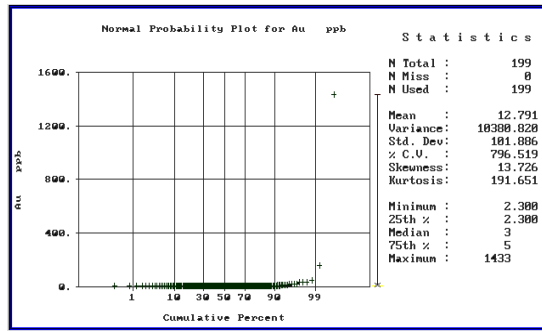
نمودار احتمال اولین بار توسط هازن (Hazen) در سال ۱۹۱۴ میلادی مطرح شد. او برای ساده کردن تفسیر داده‌های مربوط به یک ذخیره، از نمودار فراوانی نسبی تجمعی استفاده کرد که در آن مقیاس هر دو محور حسابی بود. بعدها معلوم شد که این نمودار می‌تواند کاربردهای مختلفی داشته باشد. یکی از کاربردهای عمده نمودار احتمال در بررسی چگونگی رفتار داده‌های ژئوشیمیایی است. از این نمودار در بررسی نرمال یا لاگ نرمال یا غیرنرمال بودن داده‌های ژئوشیمیایی استفاده می‌شود. یکی از محورهای این نمودار درصد فراوانی تجمعی که دارای مقیاس عددی یا مقیاس احتمال است و محور دیگر آن مقدار متغیر مورد مطالعه، به صورت حسابی یا لگاریتمی می‌باشد.

در ادامه بعنوان نمونه منحنی توزیع (هیستوگرام) و نمودار احتمال هفت عنصر Au, Pb, Ga, Cu, Zn و S آورده شده است. در این میان فقط عنصر Ga از روند توزیع نرمال تبعیت می‌کند (شکل ۳-۱).

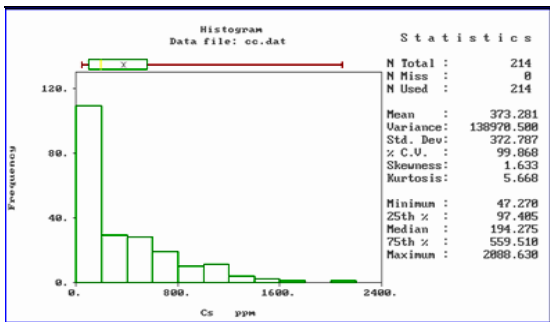
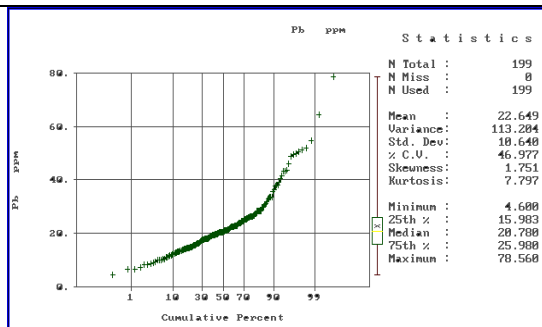




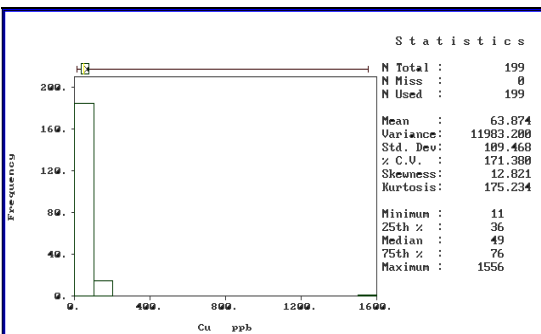
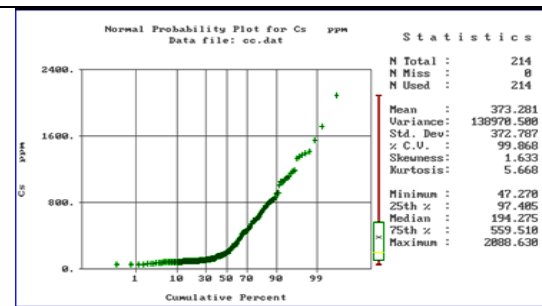
ب



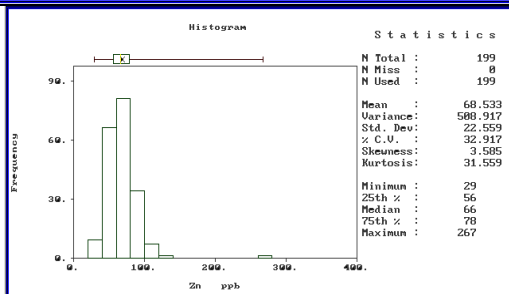
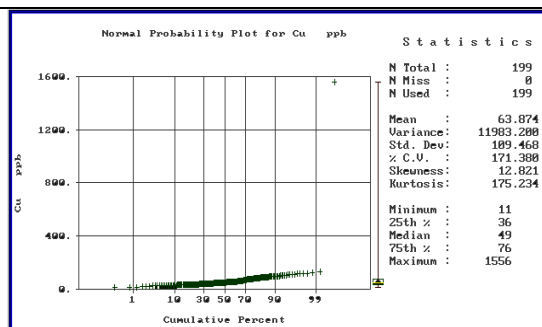
ج



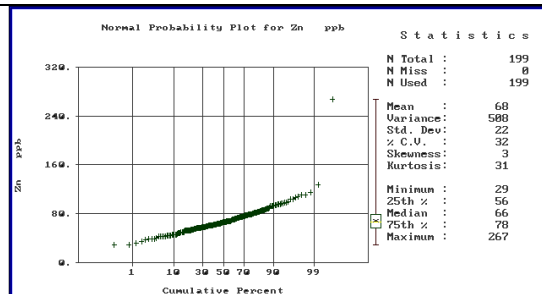
د

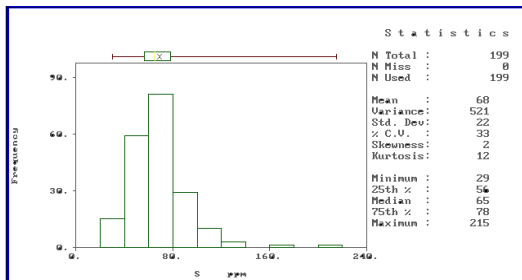


ه

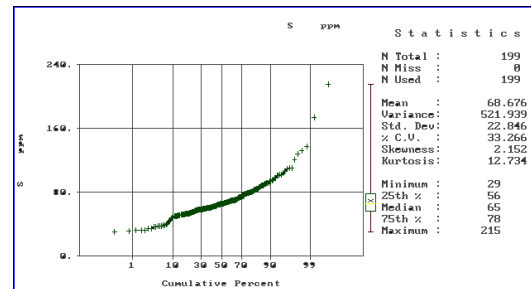


و





ز



شکل ۳-۱ - منحنی توزیع (هیستوگرام) و نمودار احتمال Ga (الف)، Au (ب)، Pb (ج)، Cs (د)، Cu (ذ)، Zn (ر) و S (ز)

نتایج مطالعه هیستوگرام و نمودار احتمال سایر عناصر گویای آن است که عناصری مانند: Cd, Ce, Dy, Eu, Fe, Ga, Hg, Li, P, Sm, Sn, Ta, Te, Th, Ti, U, Yb و سایر عناصر توزیع غیر نرمال دارند. ماهیت توزیع داده‌های ژئوشیمیایی در طی فرآیندهای کانی‌سازی از نرمال منحرف شده و بسته به نوع عنصر به سایر توزیع‌ها متمایل می‌گردد.

۳-۳-۳- تبدیل توزیع داده‌ها به نرمال

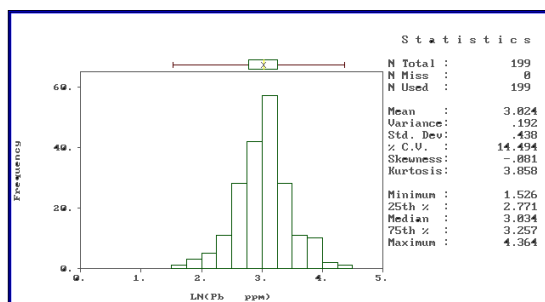
اکثر روش‌های آماری (به جز روش‌های غیر پارامتری) فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها را به دنبال دارند. برای این منظور می‌توان با استفاده از توابع تبدیل مختلف، داده‌ها را طوری تبدیل کرد که مقادیر تبدیل یافته آنها دارای توزیع نرمال یا نزدیک به نرمال باشند [حسنی پاک ۱۳۸۴, Davis, 2002].

۳-۳-۳-۱- تبدیل لگاریتمی

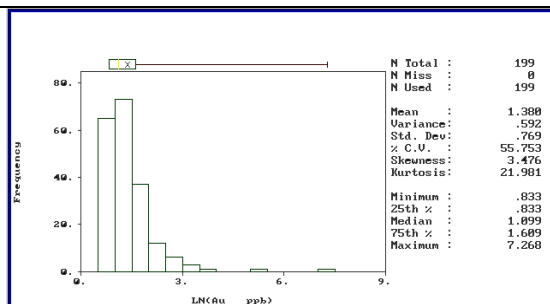
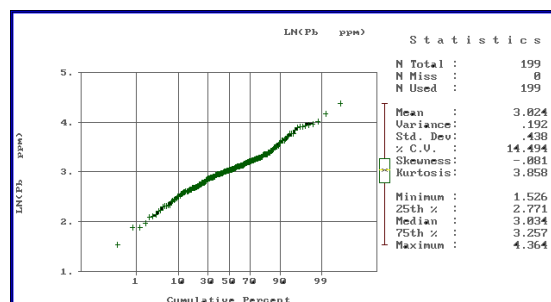
در مبحث تبدیل داده‌های آماری، بیشتر تبدیلات غیر خطی مورد نظر می‌باشند. هدف اصلی از تبدیل غیر خطی، تغییر شکل توزیع فراوانی است که این کار از یک تبدیل خطی ساخته نیست [Koch, 1970; حسنی پاک ۱۳۸۴].

برخی از مواقع از طریق بررسی لگاریتم داده‌ها امکان نزدیک شدن توزیع آنها یا نمودار احتمال آنها به توزیع نرمال میسر می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴, Davis, 2002].

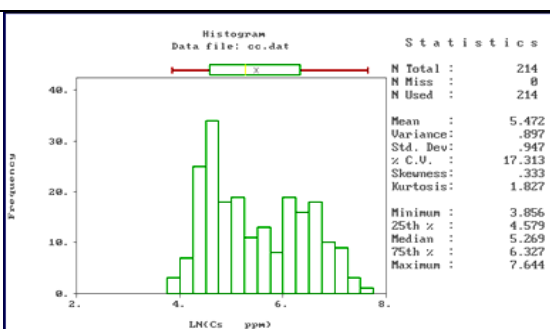
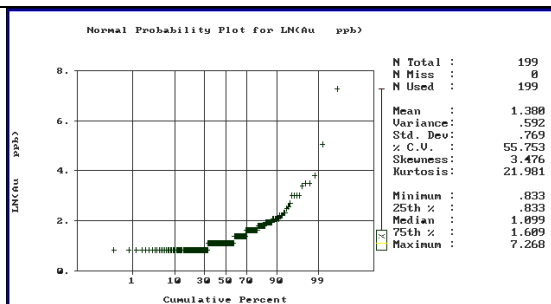
بعنوان نمونه لگاریتم توزیع (و نمودار احتمال لگاریتمی) داده‌های شش عنصر Cu ، Cs ، Au ، Pb ، S و Zn که فاقد توزیع نرمال بودند با لگاریتم‌گیری به نرمال نزدیکتر شده است (شکل ۳-۲) ولی Au کماکان غیر نرمال باقی مانده است. در این میان، در بین داده‌های Cs (با وضوح بیشتر) و S و Zn (با وضوح کمتر) با بیش از یک دسته داده مواجه هستیم. سایر عناصری که دارای توزیع لگاریتمی بوده عبارتند از: As ، B ، Ba ، Be ، Ca ، Co ، Cu ، Ge ، K ، La ، Mg ، Mn ، Na ، Nd ، Pb ، S ، Sr ، V ، Zn ، Zr (جدول (پ ۲-۲))



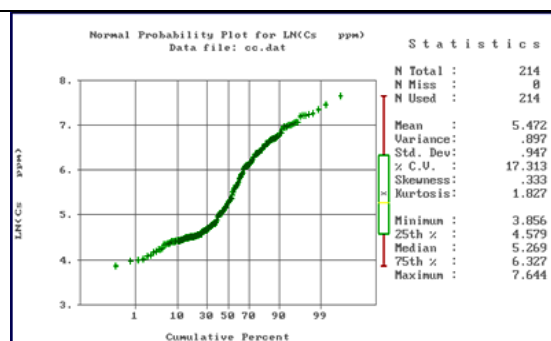
(الف)

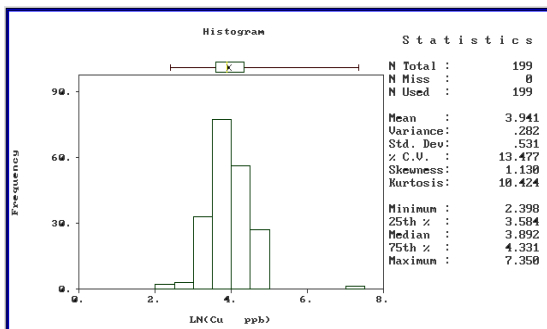


(ب)

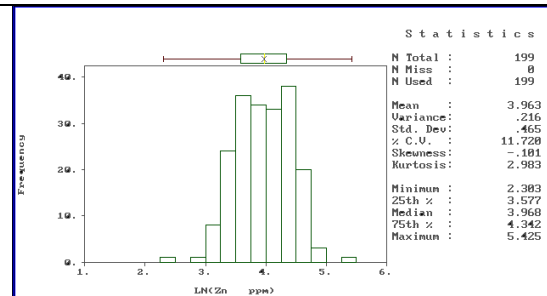
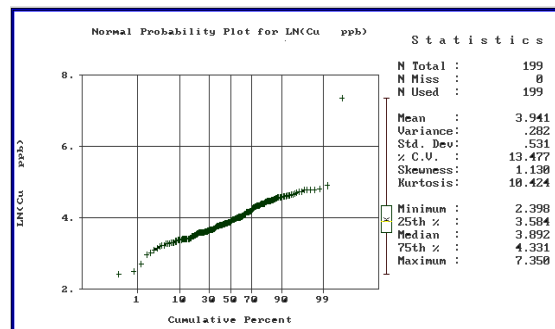


(ج)

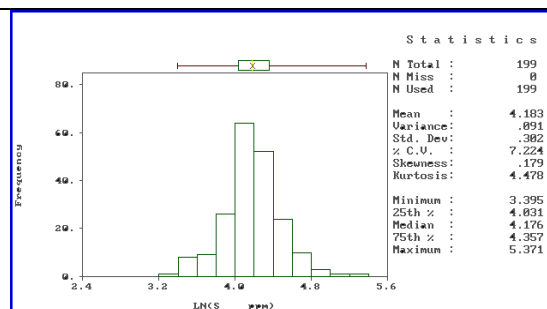
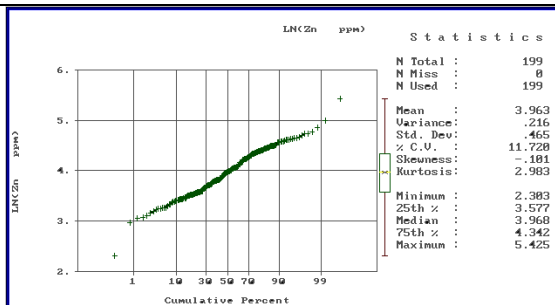




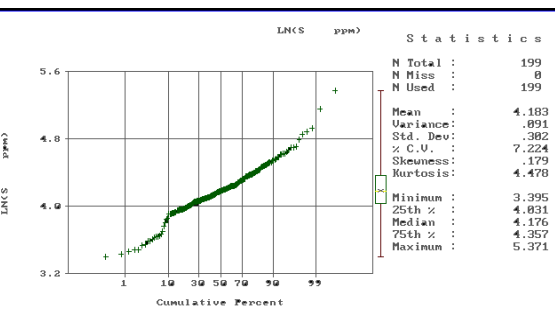
(د)



(ذ)



(ر)



شکل ۳ - ۲ منحنی توزیع (هیستوگرام) و نمودار احتمال لگاریتمی عناصر Pb(الف)، Au(ب)، Cs(ج)، Cu(د) Zn(ذ) و

(ر)S

لذا ملاحظه می‌شود که عنصر Cu، Pb و تا حدودی S و Zn تمایل به توزیع لگاریتمی نشان

داده‌اند. داده‌های Cs حداقل با سه دسته داده تقریباً لگاریتمی می‌توانند باشند. در داده‌های طلا بعد از

حذف یک نمونه غلظت بالا لگاریتم داده‌ها مطابق شکل ۳-۲(ب) می‌باشد که از توزیع لگاریتمی نیز

انحراف دارد(نتایج در جدول (پ ۲-۲)).

۳-۴- روش‌های آماری دو متغیره

۳-۴-۱- ضریب همبستگی

به منظور ارزیابی معیاری از همبستگی دو متغیر بدون وابستگی به واحد اندازه‌گیری داده‌ها، پارامتر آماری به نام ضریب همبستگی تعریف می‌شود. انواع مختلف ضرایب همبستگی وجود دارند که برخی، تابع توزیع داده‌ها می‌باشند. اگر توزیع داده‌ها نرمال نباشد (مانند اکثر داده‌های این پایان‌نامه)، برای محاسبه ضریب همبستگی باید از روش‌های ناپارامتری استفاده کرد.

۳-۴-۱-۱- محاسبه ضریب همبستگی به روش ناپارامتری

اگر توزیع داده‌ها نرمال نباشد برای محاسبه ضریب همبستگی می‌توان از روش‌های ناپارامتری استفاده کرد. این روش‌ها نسبت به توزیع داده‌ها حساس نمی‌باشند. یکی از روش‌های ناپارامتری محاسبه ضریب همبستگی، ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن است که با T نشان داده می‌شود و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد [حسنی پاک ۱۳۸۴ و ۱۳۷۰]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum(\Delta^2)}{n(n^2 - 1)} \quad (۶-۳)$$

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

در مواردی که بین یک سری داده معین شماره تعدادی از رتبه‌ها مساوی باشد، معادله فوق باید به صورت زیر تصحیح گردد.

$$r_s = 1 - \frac{6[\sum(\Delta^2) + T_x + T_y]}{n(n^2 - 1)} \quad (۷-۳)$$

$$T_x = \frac{\sum(T_x^3 - T_x)}{12} \quad (۸-۳)$$

$$T_y = \frac{\sum(T_y^3 - T_y)}{12} \quad (9-3)$$

T_x و T_y به ترتیب تعداد رتبه‌های تطبیقی هم‌شماره در بین داده‌های متغیرهای X و Y است. در بررسی ضریب همبستگی دو جنبه توصیفی و استنباط آماری مدنظر قرار می‌گیرد. تفسیر توصیفی شامل شدت یا ضعف همبستگی همراه با جهت تبعیت تغییرات دو متغیر نسبت به هم است. در تفسیر استنباطی معنی‌دار بودن (یا واقعی بودن) بررسی می‌شود. اگر همبستگی بین دو متغیر X و Y در سطح معینی از معنی‌داری بی‌اهمیت باشد دلالت بر آن دارد که همبستگی محاسبه شده ممکن است ناشی از اثر عوامل تصادفی باشد. بنابراین در تفسیر استنباطی ضریب همبستگی، واقعی بودن همبستگی میان دو متغیر مطرح است نه سنجش مقدار آن. یکی از رتبه بندی‌های شدت همبستگی دو متغیر و رده‌بندی آنها می‌تواند مطابق زیر باشد [احسنی پاک ۱۳۸۴]:

۱-۶- $-1 \leq r < -0.6$: همبستگی معکوس خیلی خوب که با علامت (⊖) مشخص شده است.

۲-۶- $-0.6 \leq r < -0.2$: همبستگی معکوس نسبتاً خوب که با علامت (⊖) مشخص شده است.

۳-۶- $-0.2 \leq r < 0.2$: همبستگی ضعیف که با علامت (⊕) مشخص شده است.

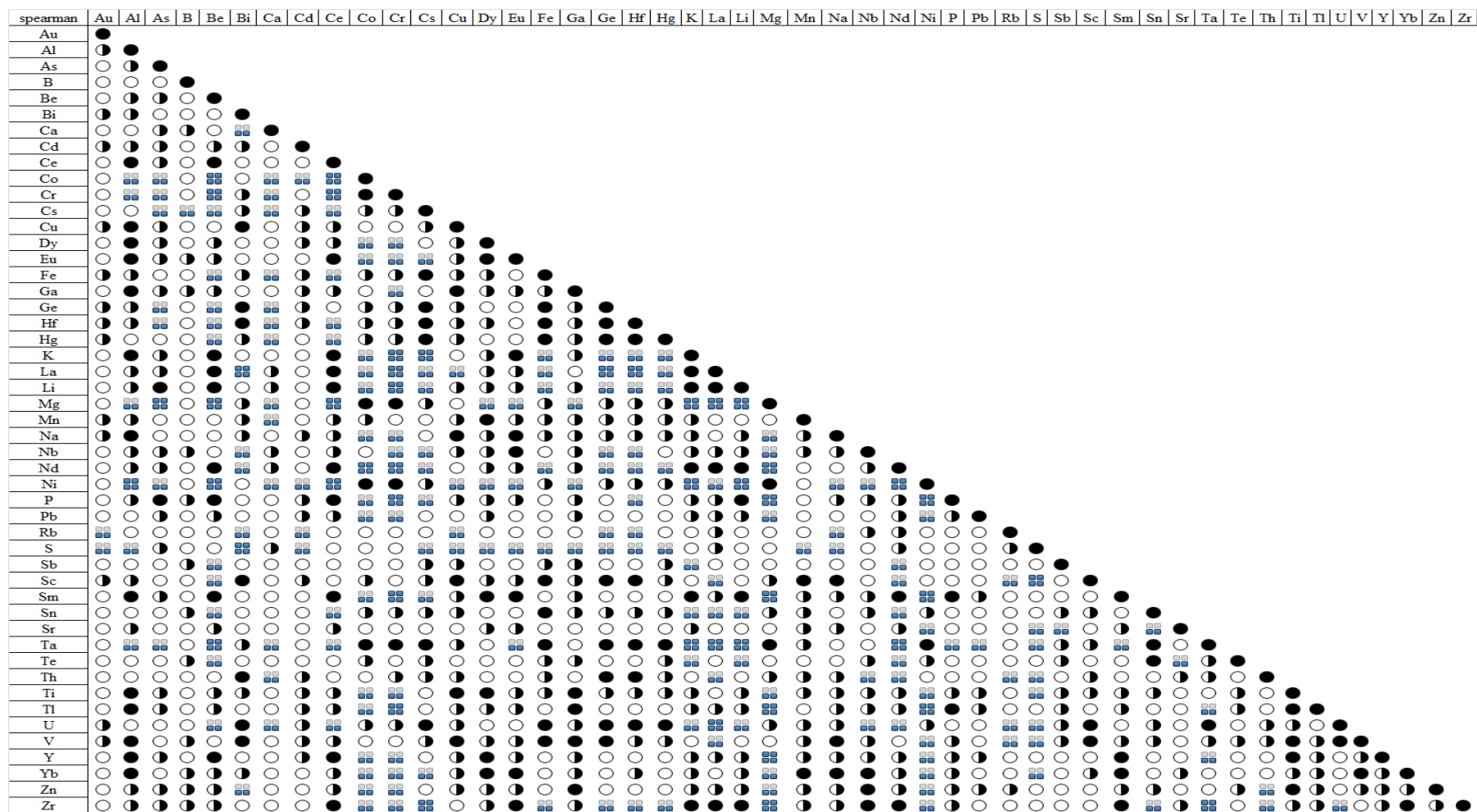
۴-۶- $0.2 \leq r < 0.6$: همبستگی خوب که با علامت (⊕) مشخص شده است.

۵-۶- $0.6 \leq r \leq 1$: همبستگی خیلی خوب که با علامت (●) مشخص شده است.

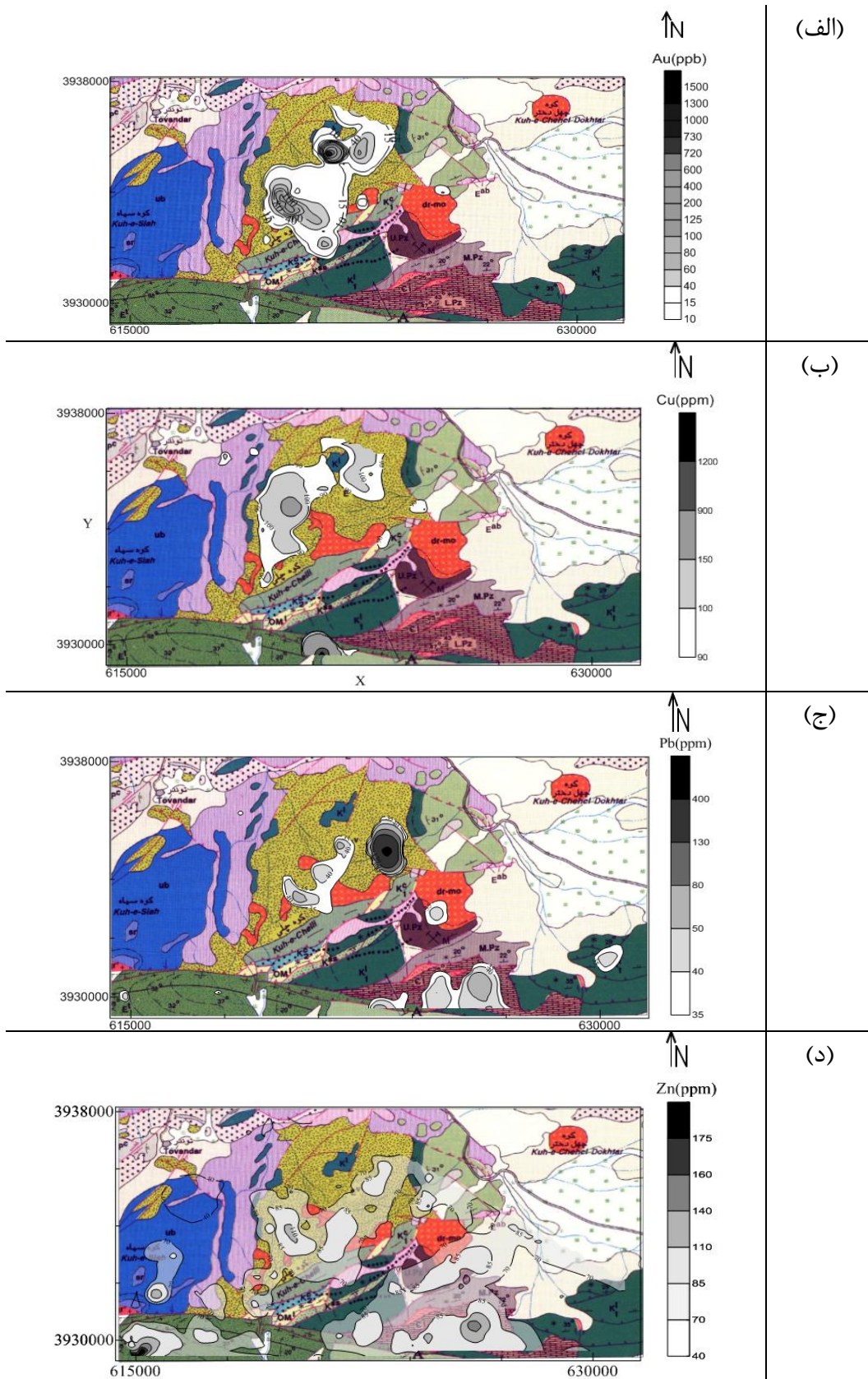
بنابراین روش‌های ناپارامتری روش‌های مناسبتر برای محاسبه ضریب همبستگی می‌باشند. این ضریب برای تمامی عناصر مدنظر در این پایان‌نامه محاسبه شده و نتایج آن گویای آن است که (شکل ۳-۳):

✓ ضرایب همبستگی عناصر Bi, Cu, Na با طلا (که یکی از اهداف اصلی این پروژه است) حدود ۳۰٪ می‌باشد و بقیه عناصر از درجه همبستگی پایین‌تری با طلا برخوردارند. حال می‌خواهیم ببینیم که این سه عنصر با چه عناصری همبستگی بالایی دارند.

- ✓ ضرایب همبستگی عناصر Ge , Hf , U با Bi بالای ۸۰٪ می‌باشد که بسیار خوب است.
- ✓ ضرایب همبستگی عناصر Bi , Ga , Na , Ti , Sc , V , Al با Cu بالای ۶۰٪ است که همبستگی خیلی خوب می‌باشد
- ✓ ضرایب همبستگی عناصر Al , Cu , V با Na بالای ۷۰٪ است که همبستگی خیلی خوب می‌باشد.
- ✓ ضرایب همبستگی عناصر Cd , Ge , Hf , Sc , U , V با طلا بین ۲۵٪ تا ۳۰٪ می‌باشد که نیاز به بررسی بیشتر دارند.
- از بررسی لگاریتم داده‌های تمامی عناصر نیز اطلاعات مشابه بدست آمد. لازم به ذکر است که Cu با برخی از عناصر اولترامافیکی و شاید S (سولفور) تا حدودی ارتباط نزدیک نشان داده و Zn و Pb نیز با یکدیگر روابط نسبتاً نزدیکی را نشان می‌دهند (شکل ۳-۳).
- در این قسمت به استناد نتایج تحلیل تک متغیره و همبستگی عناصر، بعضی از عناصر با اهمیت برای ترسیم نقشه پراکندگی غلظت انتخاب شده‌اند و نقشه مربوطه در ادامه ترسیم شده است (شکل ۳-۴). در این نقشه‌ها هدف آن بوده است که موقعیت مکانی بالاترین غلظت‌ها در منطقه مشخص شود و با حوضه‌های آبریز انطباق یابد (شکل پ ۱-۱). سپس واحدهای سنگی مربوطه شناسایی شوند.



شکل ۳ - ۳ نتایج همبستگی اسپیرمن عناصر

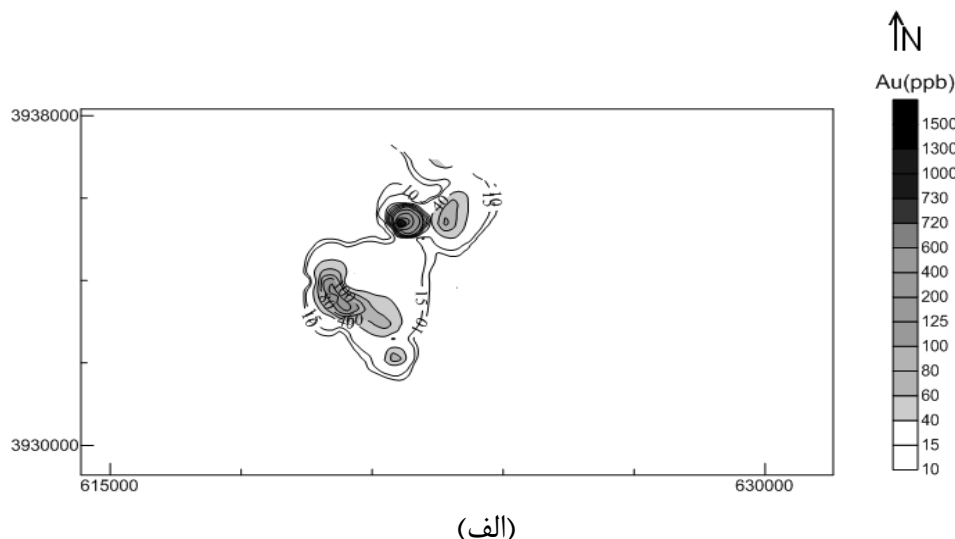


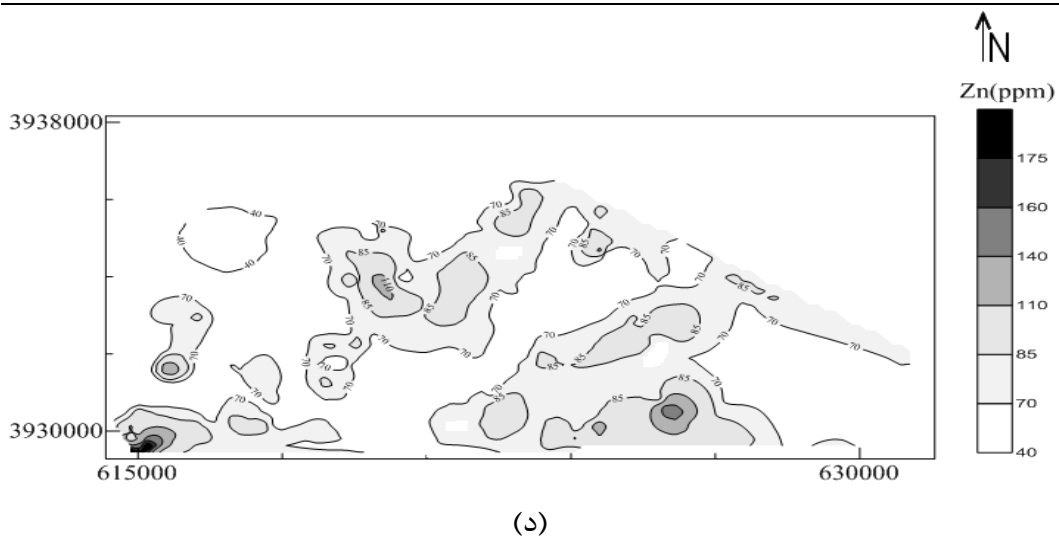
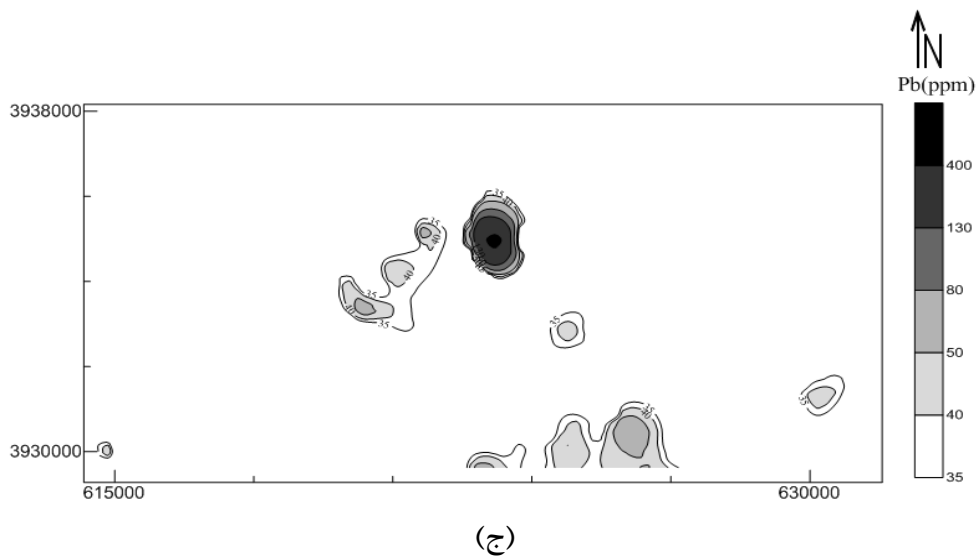
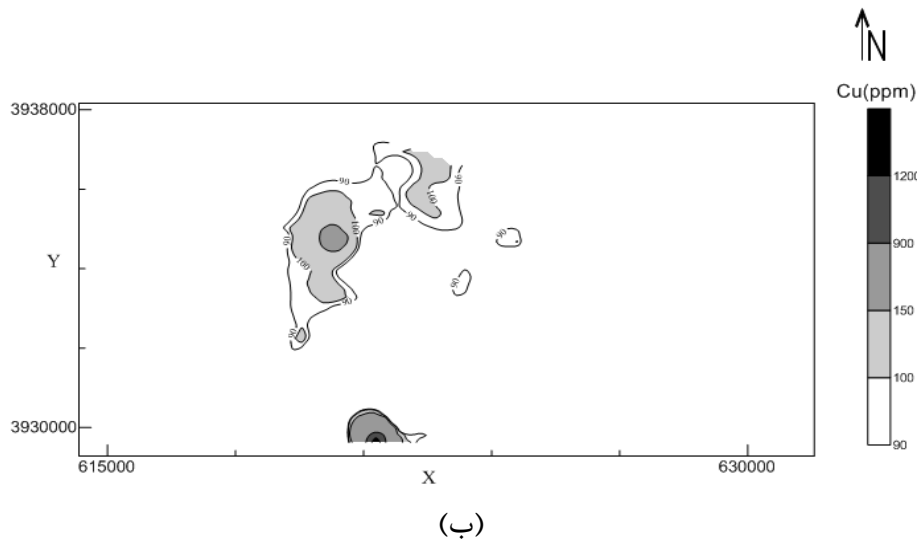
شکل ۳ - ۴ تلفیق نقشه زمین‌شناسی و نقشه پراکندگی عناصر Au(الف)، Cu(ب)، Pb(ج) و Zn(د)

نقشه‌های پراکندگی عناصر Au و Cu انطباق خوبی دارند. در بخش‌های هاله ثانویه Au، مقادیر Zn و Pb نیز هاله نشان می‌دهند. ولی در بخش جنوب شرقی منطقه دو عنصر Pb و Zn هاله‌های یکسانی دارند که آثاری از Au در آنجا ملاحظه نمی‌شود. علاوه بر آن تمرکز از Zn در بخش جنوب غربی نیز ملاحظه می‌شود که عناصر دیگر تمرکز نشان نمی‌دهند.

تلفیق نقشه پراکندگی سایر عناصر مهم و نقشه زمین‌شناسی در اشکال (پ ۲-۲) و (پ ۲-۳) قابل مشاهده است.

با توجه به نقشه حوضه‌های آبریز منطقه (شکل ۳-۵)، حوضه آبریز بالادست نمونه‌ها مشخص شده است. این تمرکز بالاترین غلظت‌ها در حوضه آبریز مربوطه بر روی واحدهای سنگی (شکل ۳-۴) قرار گرفته است. براساس مجموعه اندیس‌ها و شواهد کانی‌زایی (کانی‌سازی‌هایی از عناصر Cr، Sb)، دو منطقه در اطراف این مناطق با تمرکز بالای غلظت عناصر مذکور، شناسایی شده که با واحدهای سنگی E^V (ولکانیک‌های حد واسط ائوسن میانی) و dr-mo (دیوریت، مونزونیت‌های ائوسن میانی) انطباق دارند. وجود دگرسانی‌های آرژیلیتی، سریسیتی و کلریتی در ولکانیک‌های حدواسط ائوسن میانی نیز براساس مطالعات اکتشافی قابل ثبت بوده است.



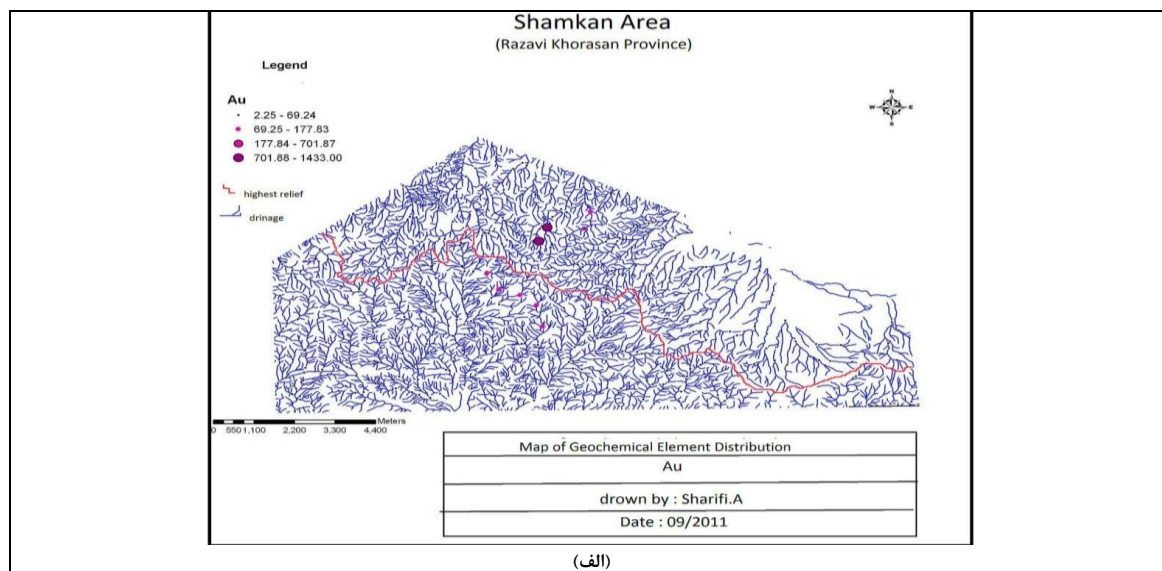


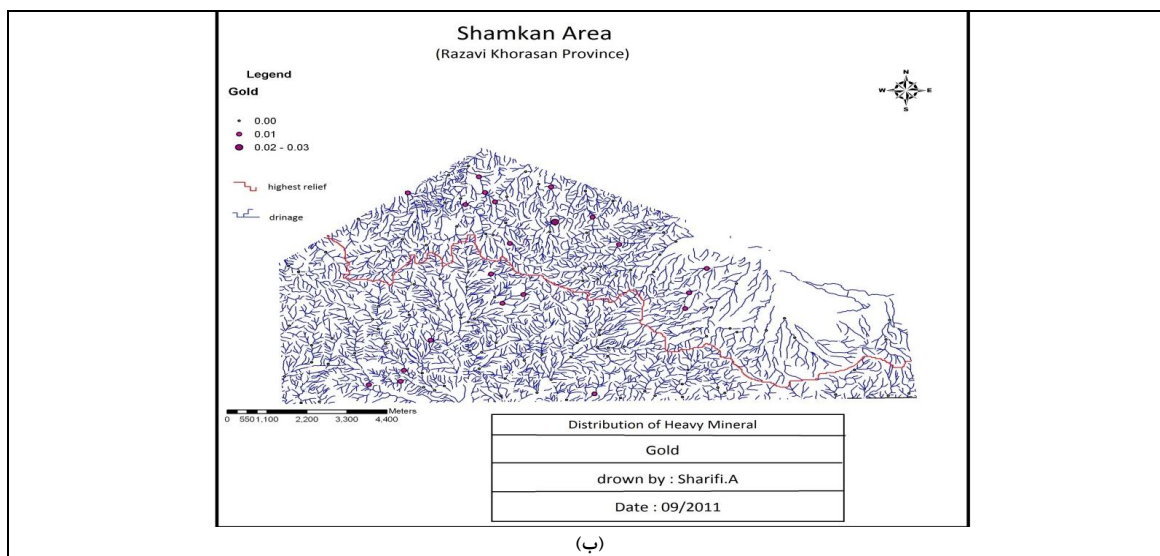
شکل ۳ - ۵ نقشه پراکندگی عناصر Au(الف)، Cu(ب)، Pb(ج) و Zn(د)

۳-۵- مطالعه نمونه‌های کانی‌سنگین و چک آنومالی

بمنظور ارزیابی و تلفیق نتایج نمونه‌های ژئوشیمیایی با کانی‌سنگین (جدول پ ۱-۲) در ادامه به بررسی نتایج نمونه‌های کانی‌سنگین در منطقه مورد مطالعه پرداخته شده است. در مناطق با اهمیت ژئوشیمیایی اقدام به برداشت نمونه‌های سنگی و آنالیز آنها (جدول پ ۱-۳) پرداخته شده است. بر اساس نتایج کانی‌سنگین، برخی از آلتراسیونها مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج مطالعه نمونه‌های سنگی نیز در تثبیت محدوده‌های آنومال مورد استفاده قرار داده شده است.

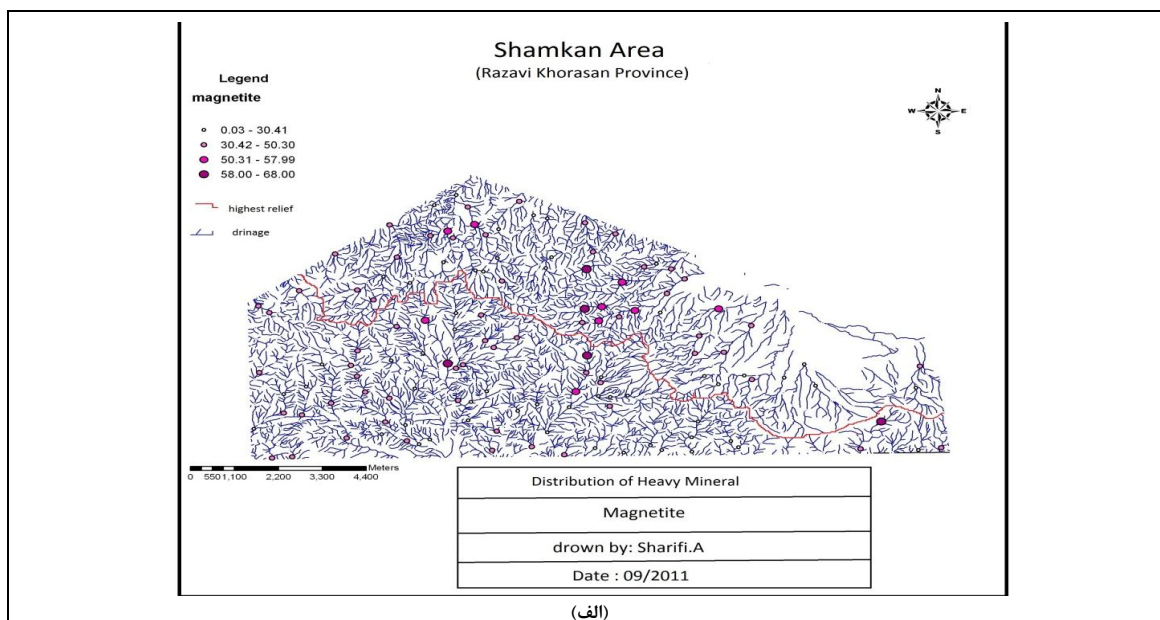
مطالعه بخش کانی‌سنگین نمونه‌های رسوبات آبراه‌ای در بخشهایی از حوزه آبریز حضور طلا را بطور محدود نشان داده است (شکل ۳-۶-ب). حوزه آبریز بر اساس خط‌الرس ارتفاعات منطقه، به دو بخش شمالی و جنوبی قابل تقسیم می‌باشد. در بخش شمالی و نزدیک به خط‌الرس بخش جنوبی انطباق مناسبی بین عنصر طلا (شکل ۳-۶-الف) و کانی‌سنگین (شکل ۳-۶-ب) ملاحظه می‌گردد. لازم به ذکر است که عنصر طلا یک آنومالی در بخش شمالی و یک آنومالی در بخش جنوبی نشان داده است.

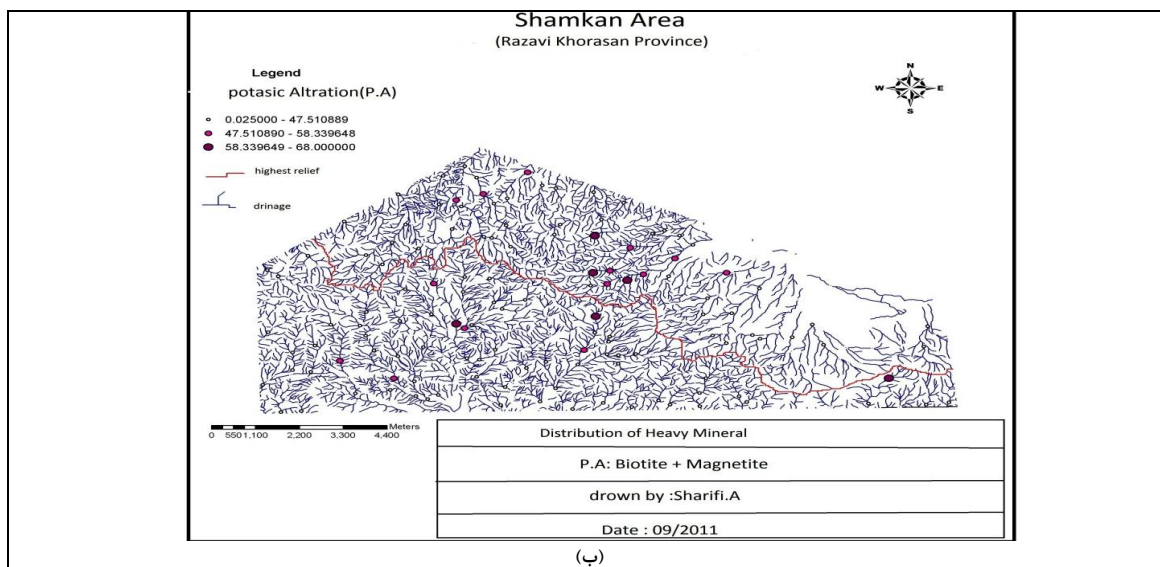




شکل ۳ - ۶ نقشه توزیع عنصری طلا و کانی سنگین طلا

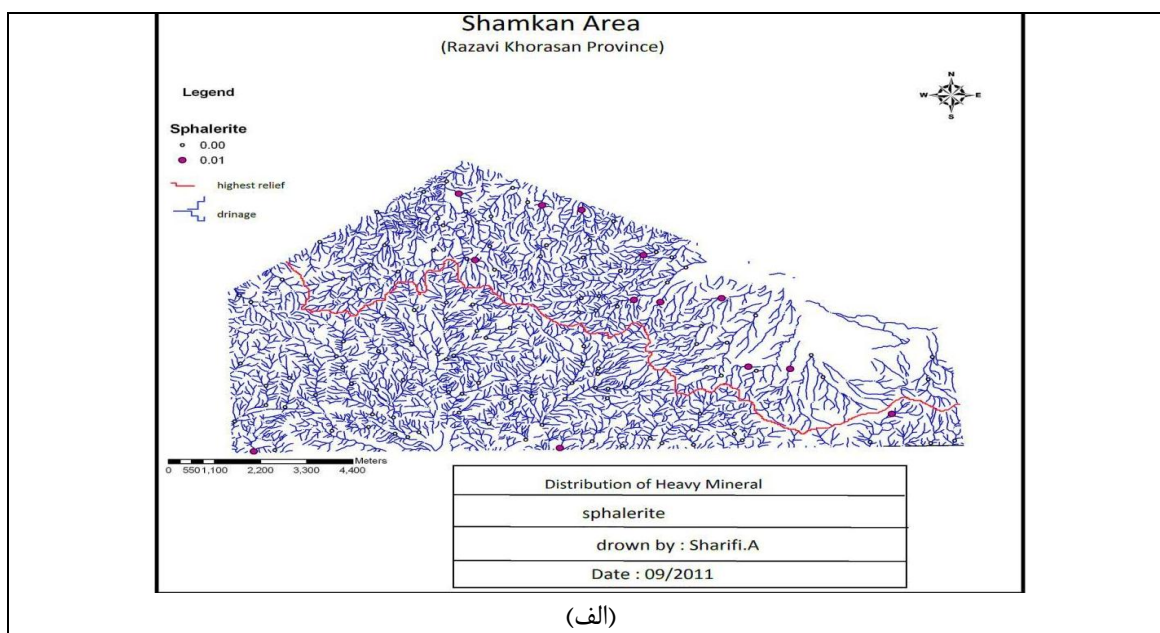
پراکندگی کانی مگنتیت و مجموع بیوتیت + مگنتیت در منطقه (شکل ۳-۷- الف و ب) در بخش شرقی مناطق تمرکز طلا، تمرکزهایی را نشان می‌دهند. شواهدی از حضور فلدسپات پتاسیم و یا پیریت در این محدوده وجود ندارد، ولی شاید بتوان آلتراسیون پتاسیک یا سرپستیک را محتمل دانست.

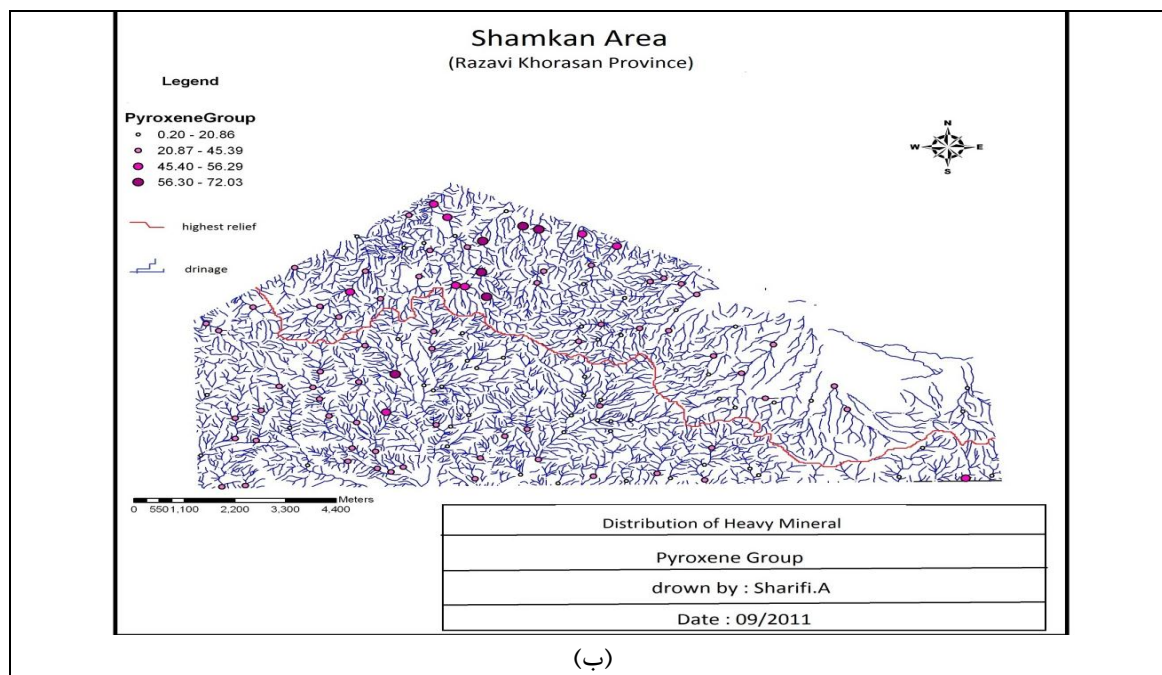




شکل ۳ - ۷ نقشه پراکندگی مگنتیت (الف) و مجموع مگنتیت + بیوتیت (ب)

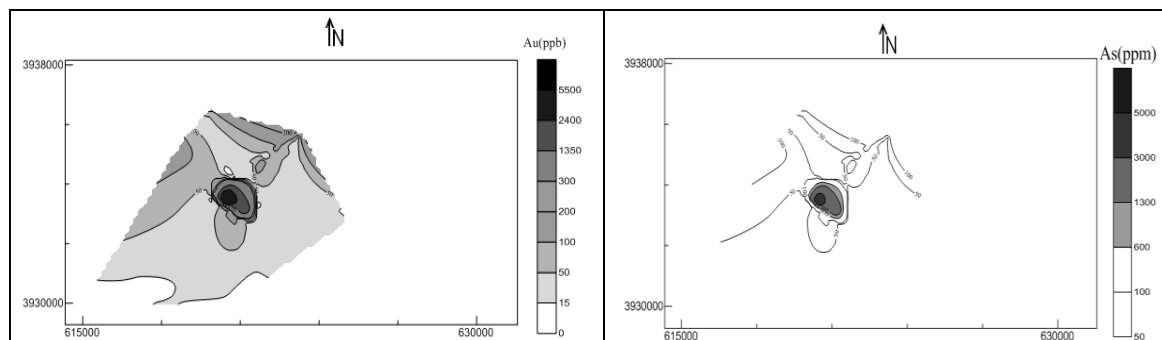
پراکندگی کانی اسفالریت در حاشیه آنومالی شمالی عنصر طلا نیز قابل تامل می‌باشد (شکل ۳-۸-الف). کانی پیروکسن نیز گسترش قابل ملاحظه‌ای در کل منطقه نشان می‌دهد (شکل ۳-ب) که احتمالاً با توجه به حضور سنگهای اولترامافیک و مافیک منطقه قابل تفسیر باشد.

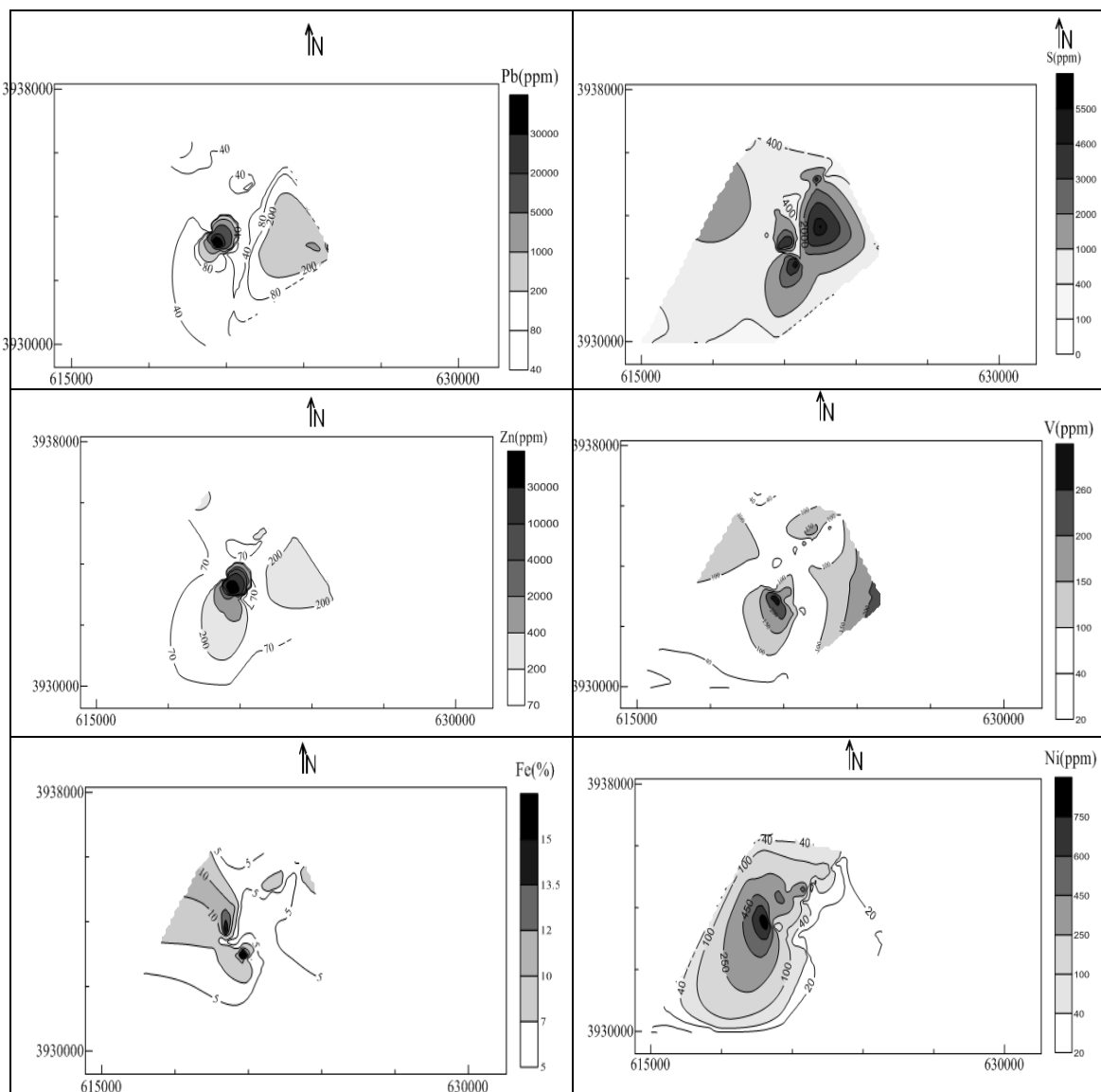




شکل ۳ - ۸ نقشه کانی سنگین اسفالریت (الف) و گروه پیروکسن (ب)

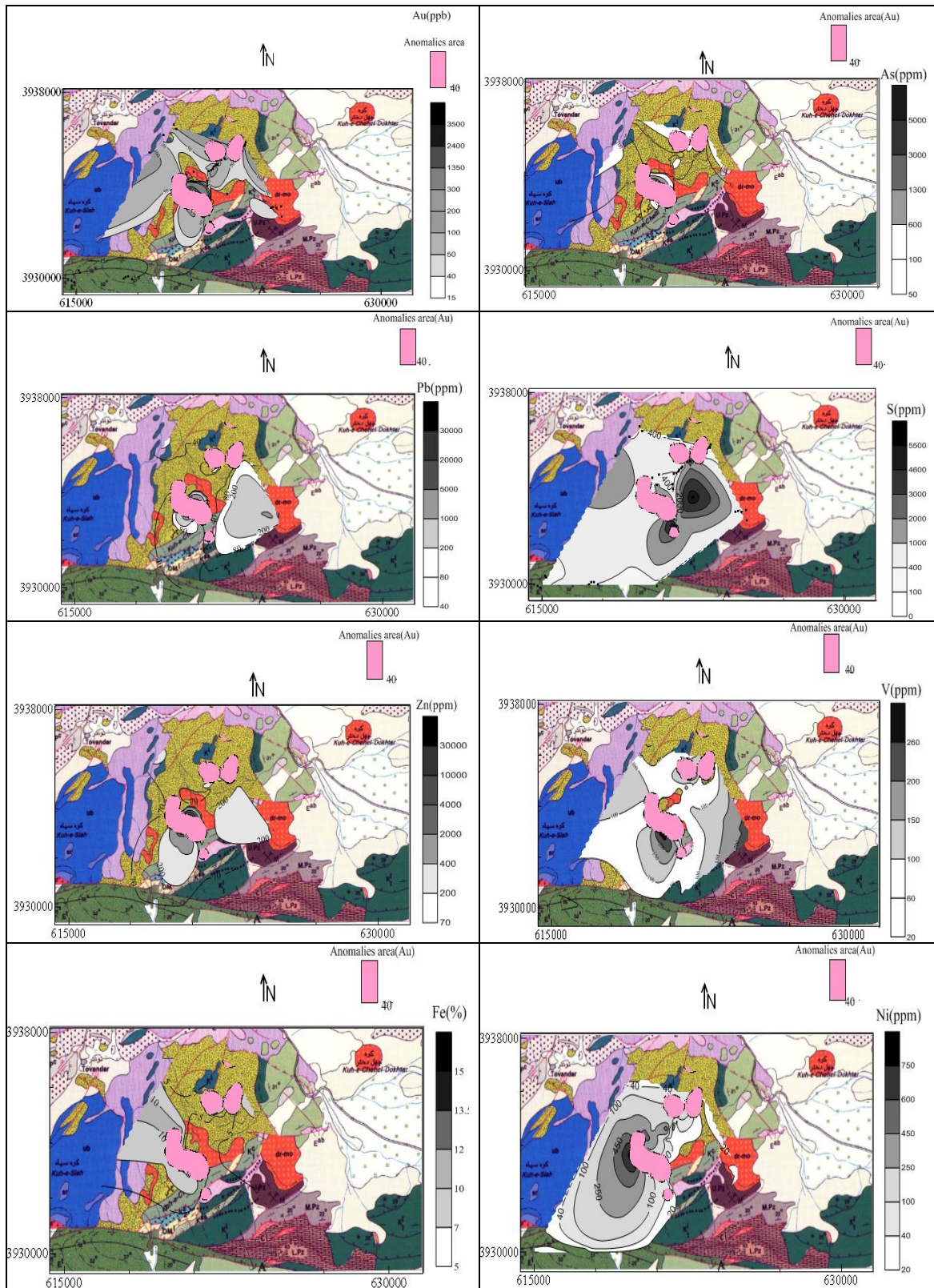
نتایج نمونه‌برداری چک آنومالی مورد آنالیز قرار گرفته و سپس نقشه پراکندگی عناصر رسم گردیده است که نقشه پراکندگی برخی از عناصر مهم که غلظت بعضی از نمونه‌های آنها بالا بوده (جدول پ ۱-۳) و همبستگی خوبی با طلا دارند، در ادامه آورده شده است. مطابق شکل (۳-۹)، عناصر As, Fe, Pb و Zn نسبت به عناصر S, Ni و V همبستگی بهتری با مناطق آنومال شناسایی شده طلا از خود نشان داده و برای مراحل بعدی اکتشاف پیشنهاد می‌گردند.





شکل ۳ - ۹ نقشه پراکندگی عناصر حاصل از داده‌های چک‌آنومالی

در اشکال (۳-۱۰) از تلفیق نقشه زمین‌شناسی، نقشه پراکندگی حاصل از چک‌آنومالی عنصر و مناطق آنومال (عنصر طلا) شناسایی شده از نمونه‌های رسوبات آبراهه استفاده گردیده است و ملاحظه می‌شود که هم‌خوانی قابل ملاحظه‌ای بین این نتایج و پیش‌بینی مناطق آنومال وجود دارد. در این نقشه‌ها، محدوده‌های با اهمیت طلا بعنوان معیاری برای مقایسه (به رنگ صورتی) آورده شده است. مناطق آنومال عناصر طلا، آرسنیک، روی و بخشی از سرب با یکدیگر انطباق نشان می‌دهند.



شکل ۳ - ۱۰ تلفیق نقشه زمین شناسی، پراکندگی عنصری و چک آنومال

فصل چهارم:

تحلیل های آماری چند متغیره

۴-۱- روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

در روش‌های تحلیل چند متغیره امکان تحلیل هم‌زمان تعداد زیادی از متغیرها فراهم می‌گردد. در تحلیل داده‌ها زمانی که تعداد متغیرها به بیش از دو یا سه متغیر افزایش می‌یابد، به عنوان مثال در مسایل اکتشافی با فضای ۱۰، ۲۰، و یا ۵۰ متغیر، بررسی روابط بین آنها صرفاً از طریق تحلیل چند متغیره میسر می‌باشد. روش‌های متعدد و متنوعی در تحلیل چند متغیره داده‌ها موجود می‌باشد که از جمله آنها می‌توان به تحلیل خوشه‌ای، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و ... اشاره نمود. در این روش‌ها سعی بر آن است تا بر اساس تحلیل داده‌ها و ارتباط بین متغیرهای مختلف داده‌های بدست آمده از یک منطقه، روابط ژنتیکی بین متغیرها را مورد ارزیابی قرار داد [Davis, 2002، حسنی پاک ۱۳۸۴، قوامی ریابی ۲۰۰۷].

هدف از تحلیل خوشه‌ای دست یافتن به ملاکی برای طبقه بندی هرچه مناسب‌تر متغیرها و یا نمونه‌ها بر اساس تشابه هر چه بیشتر درون گروهی و اختلاف هرچه بیشتر بین گروهی است. تحلیل خوشه‌ای با برقراری ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیرهای به ظاهر بی ارتباط، به شناخت یک مدل فرضی بین آنها اقدام کرده و به کاهش ابعاد متغیرها می‌پردازد. دو نوع تجزیه و تحلیل در این رابطه مدنظر است. [Anderson 2003].

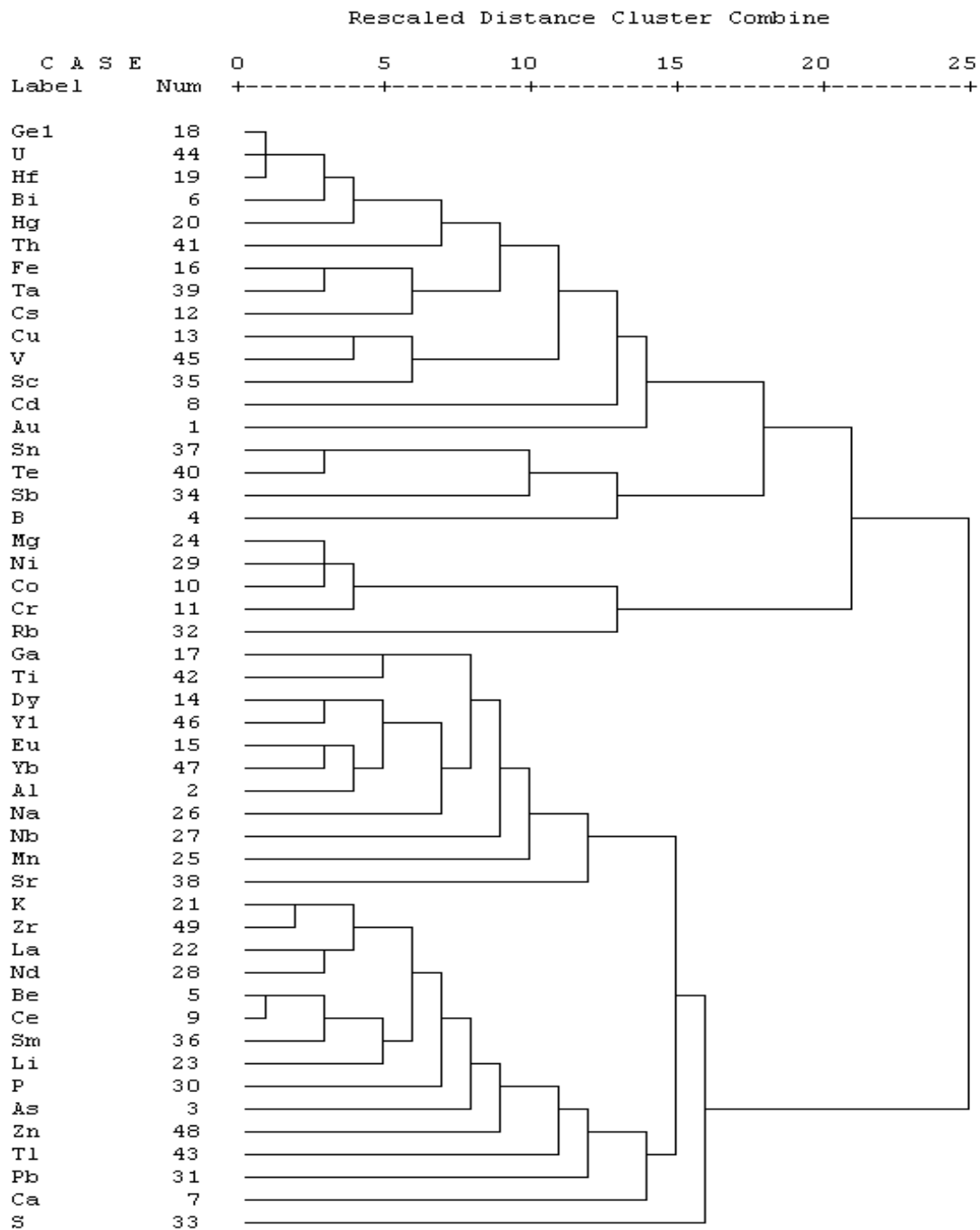
۱- تجزیه و تحلیل نوع R-Mode: در این روش تعیین همبستگی‌های بین پارامتری متغیرها (غلظت عناصر) مدنظر است. بنابراین با استفاده از این روش عناصر اصلی موجود در یک مجموعه ژئوشیمیایی شناخته می‌شوند.

۲- تجزیه و تحلیل نوع 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. در این روش نمونه‌های مشابه در گروه‌های یکسان قرار می‌گیرند.

در تحلیل خوشه‌ای ضمن بررسی همبستگی‌های موجود بین نمونه‌ها و متغیرهای مختلف و بر اساس بیشترین شباهت، اقدام به گروه‌بندی یا خوشه‌بندی آنها می‌نماید. در هر مرحله، بالاترین شباهت‌ها یا همبستگی‌های موجود بین متغیرها مبنای دسته‌بندی اولیه خواهد شد و بدین ترتیب در هر مرحله از تعداد متغیرها کاسته خواهد شد و به جای آن یک دسته متغیر معرفی می‌گردد. مراحل محاسباتی دسته‌بندی یا خوشه‌بندی تا مرحله‌ای ادامه می‌یابد تا کلیه متغیرها در یک خوشه دسته‌بندی گردند [Davis, 2002]. روش اتصال نزدیکترین همسایگی، روش دورترین همسایگی، روش اتصال میانگین و روش وارد (Ward)، برخی از روش‌های محاسباتی می‌باشند [Swan, 1995].

نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای بصورت یک دندوگرام نمایش داده می‌شود که نحوه اتصال متغیرها به یک خوشه، یا یک خوشه به خوشه دیگر بر روی مقیاس خطی، متناظر با درجه است. در این پروژه از روش‌های مختلف استفاده شد که روش within group (داخل گروهی) هم‌خوانی بیشتری با اطلاعات زمین‌شناسی منطقه نشان داده و نتایج آن در شکل (۴-۱) به صورت دندوگرام نشان داده شده است.

Dendrogram using Average Linkage (Within Group)



شکل ۴-۱ دندوگرام مربوط به روش within group

نتایج تحلیل خوشه‌ای گویای آن است که:

گروه اول - ارتباط نزدیک بین عناصر Cr، Co، Ni و Mg: این ارتباط می‌تواند به عنوان یک مؤلفه

تاثیر پتروژنز حاصل فرسایش سنگهای اولترابازیک در بالادست منطقه مورد مطالعه باشد.

زیرگروه عناصر B، Te، Sb و Sn: در این گروه عنصر Sb و B معرف سیستم درجه حرارت پایین و

Sn در ارتباط با پتروژنز حرارت بالا و اسیدی می‌تواند باشد.

زیرگروه عناصر Hg، Ge، U، Hf، Bi و Th: می‌توانند راهنمای اثر محیط‌های سنگی اسیدی باشند.

در این گروه عناصری مانند Cr، Sb، Cu و Au حضور دارند که احتمالاً می‌توانند به عنوان

پاراژنهای مرتبط با تاثیر مؤلفه کانی‌سازی و رسوبات رودخانه‌ای حاصل فرسایش سنگ‌های آذرین

اولترابازیک، بازیک تا حد واسط بالادستی منطقه است، معرفی شوند (حضور عناصر Cr، Co، Cu و V

در این گروه می‌تواند ارتباط و تاثیرپذیری مؤلفه فرسایش حاصل از سنگ‌های اولترابازیک را تقویت

نماید).

گروه دوم - عناصر اصلی Ca، Al، Na، Mn، K و P: این دسته از عناصر حضور سنگ‌های آهکی،

شیلی موجود در منطقه را ثابت می‌کند و می‌تواند راهنمای تاثیر فرسایش سنگ‌های رسوبی

شیمیایی-آواری موجود در منطقه باشد. حضور سرب و روی و ارتباط آن با کلسیم در این میان قابل

بررسی بیشتر می‌باشد.

لذا در این میان نقش گروه اول با حضور عنصر طلا در کنار عناصری مانند Cu، V، Mg، Co، Cr

و Ni می‌تواند شاهی از نقش سنگ‌های آذرین اولترابازیک، بازیک و حدواسط در توزیع Au و Cu در

منطقه تلقی شود. شرایط زمین‌شناسی و حضور توده‌های آذرین اسیدی در منطقه و مجاورت آنها با

مناطق آنومالی طلا می‌تواند نقش توده‌های گرانیتوئیدی در فرآیندهای کانی‌سازی را توجیه کند.

(شکل ۳-۵). ارتباط مناسب نتایج تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی (تک متغیره و چند متغیره) و اطلاعات

زمین‌شناسی منطقه بر اهمیت این روش تحلیل آماری می‌افزاید.

۲-۴- روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی

روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی را به اختصار روش (PCA) نامیده می‌شود. این روش تکنیکی است برای پیدا کردن ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه همبسته که تشکیل یک دستگاه محور مختصات جدید را بدهند. این ترکیبات خطی، مؤلفه‌های اصلی نامیده می‌شوند و دارای خواص زیرند [حسینی پاک ۱۳۸۴]:

۱- بخش اعظمی از تغییرپذیری می‌تواند به وسیله تعداد محدودی از متغیرهای جدید توجیه شود. در این صورت گفته می‌شود که از P (متغیر اولیه) به k (متغیر جدید یا همان مؤلفه) کاهش یافته است.

۲- متغیرهای جدید که محصول ترکیب خطی متغیرهای اولیه هستند بین خود همبستگی نشان نمی‌دهند. این امر آزمون روش مورد نظر را آسان می‌کند.

در واقع در یک فضای p بعدی با استفاده از ابزار PCA به دنبال دستیابی به دستگاه محورهای مختصاتی هستیم که بتواند با تعداد کمتری متغیر (متغیر جدید) بخش عمده‌ای از تغییرپذیری را توجیه کند. بنابراین زمانی از PCA استفاده می‌کنیم که اولاً متغیرهای اولیه همبسته باشند و ثانیاً تعداد آنها هم زیاد باشد.

۲-۴-۱- تعبیر هندسی

هدف از روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، آن است که بخش اعظمی از تغییرپذیری بین مشاهدات را که به صورت n نقطه در فضای p بعدی ظاهر می‌شوند، در فضایی با بعد کمتر توجیه کرد. فرایند فوق معادل آن است که محورهای اولیه (متغیرهای اولیه) را در فضای p بعدی در جهت‌های مختلف طوری بچرخانیم که نقاط (مشاهدات) در امتداد آنها بیشترین گسترش و کشیدگی را داشته باشند. بنابراین در یک فضای p بعدی، در خلال تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، اولاً مبدأ مختصات

به نقطه‌ای به مختصات بردار میانگین p متغیر منتقل می‌شود، ثانیاً براساس ملاک به حداقل رساندن

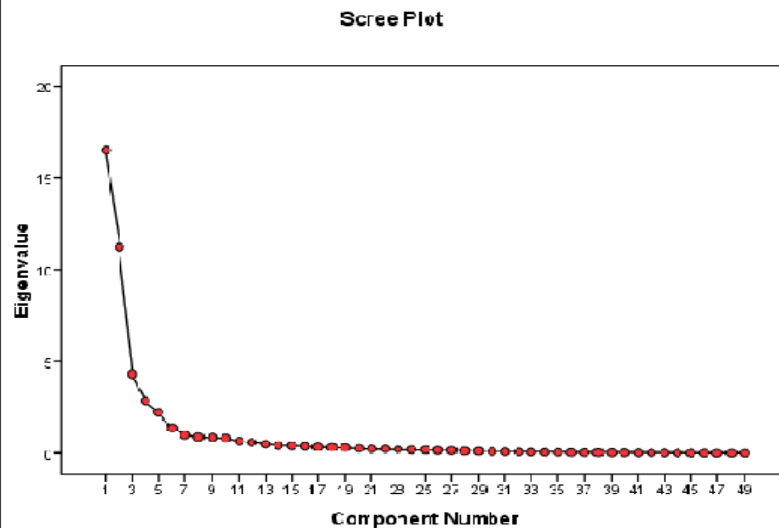
ضرایب همبستگی بین مؤلفه‌های اصلی، جهت دوران محورها تعیین می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴].

با توجه به مطالب فوق و با استفاده از داده‌های این تحقیق به بررسی روش PCA بر روی

داده‌های منطقه پرداخته شده است (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱ نتایج روش PCA داده‌های منطقه و تعیین تعداد مؤلفه‌های اصلی

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	16.497	33.666	33.666	16.497	33.666	33.666	15.968	32.587	32.587
2	11.260	22.980	56.646	11.260	22.980	56.646	9.494	19.376	51.963
3	4.319	8.815	65.461	4.319	8.815	65.461	5.876	11.991	63.954
4	2.862	5.840	71.301	2.862	5.840	71.301	2.466	5.034	68.987
5	2.227	4.545	75.847	2.227	4.545	75.847	2.323	4.740	73.727
6	1.398	2.852	78.699	1.398	2.852	78.699	2.035	4.153	77.880
7	1.024	2.090	80.789	1.024	2.090	80.789	1.425	2.909	80.789
8	.904	1.846	82.635						
9	.880	1.796	84.431						
10	.839	1.713	86.144						
11	.680	1.388	87.533						
12	.616	1.257	88.790						
13	.519	1.059	89.848						
14	.444	.907	90.755						
15	.426	.869	91.624						
16	.397	.809	92.433						
17	.352	.718	93.151						
18	.326	.666	93.817						
19	.312	.636	94.454						
20	.260	.531	94.985						
21	.236	.482	95.467						
22	.235	.480	95.947						
23	.212	.432	96.379						
24	.194	.396	96.775						
25	.186	.380	97.155						
26	.165	.336	97.491						
27	.156	.319	97.810						
28	.132	.269	98.078						
29	.122	.250	98.328						
30	.098	.200	98.528						
31	.089	.182	98.710						
32	.082	.167	98.877						
33	.071	.146	99.022						
34	.063	.129	99.151						
35	.056	.115	99.266						
36	.050	.103	99.369						
37	.043	.088	99.456						
38	.041	.084	99.541						
39	.038	.077	99.618						
40	.033	.067	99.684						
41	.031	.063	99.747						
42	.027	.056	99.803						
43	.023	.048	99.851						
44	.017	.034	99.885						
45	.014	.029	99.915						
46	.013	.026	99.941						
47	.011	.023	99.964						
48	.010	.020	99.984						
49	.008	.016	100.000						



براساس این نتایج (جدول ۴-۱) در مجموع با هفت مؤلفه حدود ۸۱٪ تغییرپذیری داده‌ها را می‌توان توجیه کرد. در این میان مؤلفه‌های مختلف به ترتیب هر یک به میزان ۳۳٪، ۱۹٪، ۱۲٪، ۵٪، ۴٪ و ۳٪ از تغییرپذیری را توجیه می‌کنند. بر این اساس عوامل تاثیرگذار بر روی هر مؤلفه و شدت تاثیر آن محاسبه گردیده است (جدول ۴-۲).

جدول ۴-۲ معرفی متغیرها و شدت تاثیر آنها بر روی هر مؤلفه براساس روش PCA

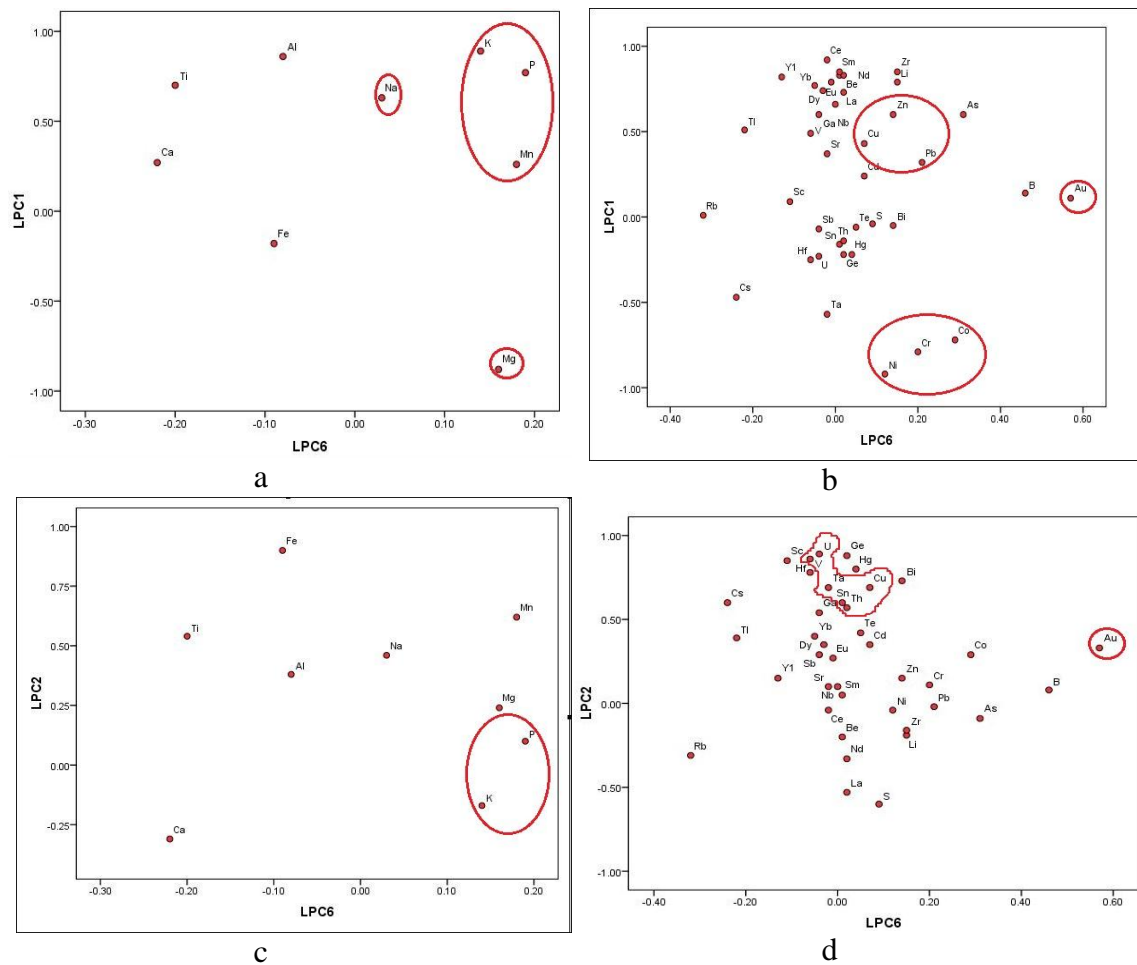
عنصر	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
Au	0.11	0.33	-0.06	-0.25	0.08	0.57	0.14
Al	0.86	0.38	-0.10	0.10	-0.04	-0.08	-0.09
As	0.60	-0.09	0.13	-0.48	-0.03	0.31	0.04
B	0.14	0.08	0.49	0.09	-0.52	0.46	-0.05
Be	0.83	-0.20	-0.22	-0.22	0.29	0.01	-0.03
Bi	-0.05	0.73	-0.51	-0.10	-0.07	0.14	0.13
Ca	0.27	-0.31	0.17	-0.12	-0.61	-0.22	0.34
Cd	0.24	0.35	-0.35	-0.46	0.05	0.07	-0.01
Ce	0.92	-0.04	-0.07	-0.07	0.25	-0.02	0.07
Co	-0.72	0.29	0.20	0.40	0.10	0.29	-0.02
Cr	-0.79	0.11	0.10	0.22	0.18	0.20	0.12
Cs	-0.47	0.60	0.08	-0.27	0.27	-0.24	-0.01
Cu	0.43	0.69	-0.06	-0.17	-0.28	0.07	-0.09
Dy	0.74	0.35	-0.01	0.32	0.19	-0.03	-0.25
Eu	0.79	0.27	-0.01	0.33	-0.08	-0.01	0.18
Fe	-0.18	0.90	0.32	-0.04	0.11	-0.09	0.07
Ga	0.60	0.54	0.33	-0.03	0.04	-0.04	-0.09
Ge	-0.22	0.88	-0.25	-0.09	0.12	0.02	0.07
Hf	-0.25	0.86	-0.25	0.09	0.17	-0.06	0.17
Hg	-0.22	0.80	0.12	-0.09	0.22	0.04	0.17
K	0.89	-0.17	-0.18	0.23	0.04	0.14	0.08
La	0.73	-0.53	0.26	0.03	0.18	0.02	0.06
Li	0.79	-0.19	-0.01	-0.15	0.05	0.15	-0.01
Mg	-0.88	0.24	-0.12	0.25	0.03	0.16	-0.01
Mn	0.26	0.62	-0.01	0.56	0.12	0.18	-0.08
Na	0.63	0.46	-0.29	0.19	-0.15	0.03	0.05
Nb	0.66	0.10	0.56	0.37	-0.08	0.00	0.12
Nd	0.83	-0.33	0.00	0.10	0.21	0.02	0.09
Ni	-0.92	-0.04	0.14	0.16	0.23	0.12	0.00
P	0.77	0.10	0.08	-0.26	-0.04	0.19	0.03
Pb	0.32	-0.02	-0.01	-0.38	0.59	0.21	-0.07
Rb	0.01	-0.31	0.44	0.32	0.45	-0.32	0.15
S	-0.04	-0.60	0.40	-0.20	0.10	0.09	0.37
Sb	-0.07	0.29	0.56	-0.28	-0.29	-0.04	-0.34
Sc	0.09	0.85	-0.13	0.14	-0.16	-0.11	-0.18
Sm	0.85	0.05	-0.07	0.06	0.13	0.01	0.09
Sn	-0.16	0.60	0.74	-0.04	0.03	0.01	0.10
Sr	0.37	0.10	-0.34	0.28	-0.06	-0.02	0.38
Ta	-0.57	0.69	0.32	0.12	0.10	-0.02	0.05
Te	-0.06	0.42	0.78	-0.08	-0.05	0.05	-0.01
Th	-0.14	0.57	-0.44	0.02	0.00	0.02	-0.02
Ti	0.70	0.54	0.22	-0.12	0.10	-0.20	0.04
Tl	0.51	0.39	0.24	-0.40	-0.04	-0.22	0.13
U	-0.23	0.89	-0.13	-0.26	0.08	-0.04	0.11
V	0.49	0.78	0.03	-0.02	-0.25	-0.06	0.11
Y1	0.82	0.15	0.06	0.02	0.14	-0.13	-0.30
Yb	0.77	0.40	-0.09	0.34	-0.19	-0.05	0.06
Zn	0.60	0.15	0.51	0.06	0.30	0.14	-0.05
Zr	0.85	-0.16	-0.05	0.35	-0.01	0.15	-0.08

حضور عناصر اصلی Al، Na، K و P در مؤلفه اول می‌تواند موثر از محیط‌های سنگی رسوبی باشد که با نتایج تحلیل خوشه‌ای نیز تایید می‌گردد. بخش عمده‌ای از عناصر کمیاب خاکی واقع در این مولفه نیز می‌توانند تاثیرپذیری از محیط‌های سنگی آذرین را نشان دهند. نقش عناصر U، V، Cu، Fe، Bi و Ge در مؤلفه دوم می‌تواند گویای ارتباط فرسایش سنگهای آذرین بوده و همراهی مس با این گروه نقش سنگ‌های حدواسط تا بازیک را بیشتر می‌تواند به نمایش بگذارد. در مؤلفه ۷ نقش Sr و Ca قابل بررسی است.

حضور Cr، Co، Mg در مؤلفه چهارم نیز تاثیر فرسایش احتمالی بخش سنگهای اولترابازیک را بیشتر می‌تواند نمایش دهد.

نقش عنصر طلا در مؤلفه ۶، و Pb در مؤلفه ۵ بیان می‌شود. این دو مؤلفه در مجموع حدود ۸/۵٪ تغییرپذیری‌ها را نشان می‌دهند و می‌توانند فرایندهای اپی ژنتیک تاثیرگذار بر منطقه را توجیه نمایند. در خصوص ارتباط Au و Pb با فرایندهای پتروژنز و کانی‌سازی که در قسمت قبل بیان شد، می‌تواند مکمل تفاسیر این قسمت باشد.

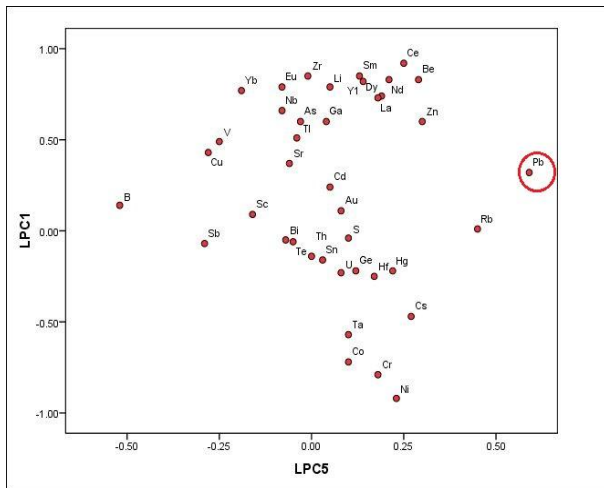
بر اساس نمودارهای پراکندگی ارتباط بین مؤلفه‌ها را می‌توان بررسی کرد. ارتباط بین کانی‌سازی احتمالی (مؤلفه ۶، طلا) با سنگ میزبان و شرایط زمین‌شناسی منطقه (مؤلفه ۱ و ۲) برای عناصر اصلی و کمیاب به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل (۲-۴) ارتباط متقابل Au و Cu با دو مؤلفه پتروژنز فرسایش سنگهای رسوبی شیمیایی - آواری (شکل ۲-۴ a و b) و فرسایش پتروژنز آذرین (شکل ۲-۴ c و d) گویای آن است که ارتباط نزدیکی بین توزیع Au و Cu با فرایندهای آذرین وجود دارد. احتمالاً در این ارتباط تاثیرپذیری Au از سنگهای اولترابازیک و Cu از سنگهای آذرین بیشتر باشد.



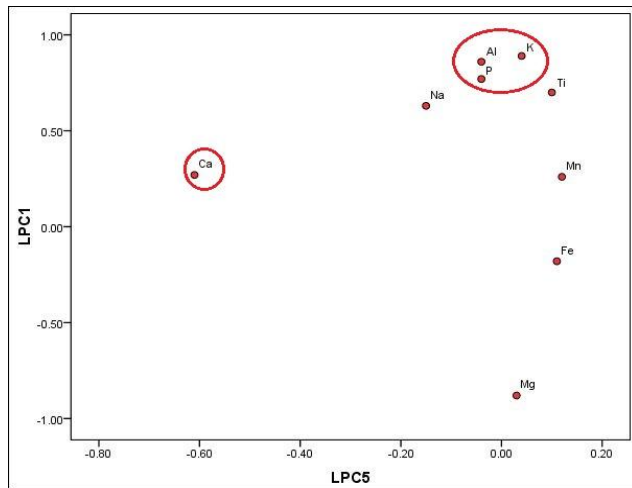
شکل ۴-۲ وابستگی دو عنصر Cu و Au با پتروژنهای رسوبی شیمیایی - آواری (a و b) یا آذرین (c و d)

در شکل (۳-۴) ارتباط متقابل Pb با دو مؤلفه رسوبی آواری (شکل ۳-۴ a و b) و یا رسوبی شیمیایی (شکل ۳-۴ e و f) و آذرین (شکل ۳-۴ c و d) گویای آن است که ارتباط نزدیکی بین توزیع Pb با فرایندهای رسوبی آواری وجود دارد.

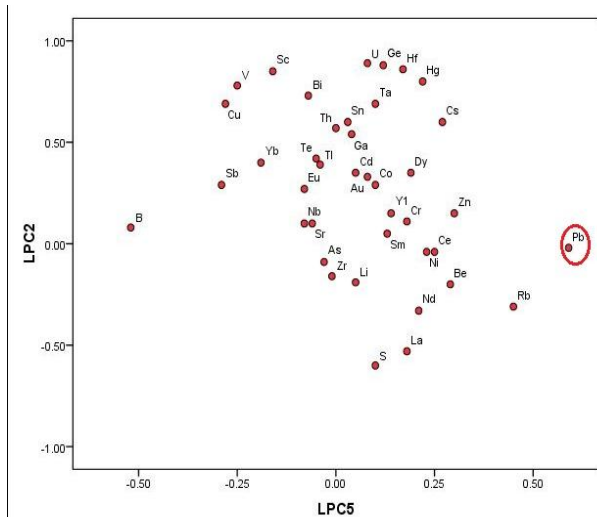
به طور کلی می‌توان گفت که طلای موجود در نمونه‌های رسوبات آبراهه، حاصل از فرسایش سنگ‌هایی است که عناصر کمیابی مانند Cr ، Co ، Ni ، As B، در آنها زیاد و عنصر Rb و Cs در آنها فقیر شدگی نشان می‌دهد. ارتباط بین توزیع عناصر با Ca در تضاد می‌باشد.



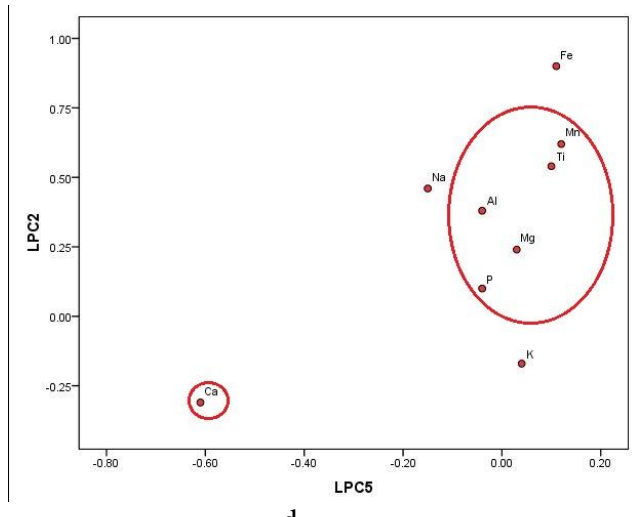
a



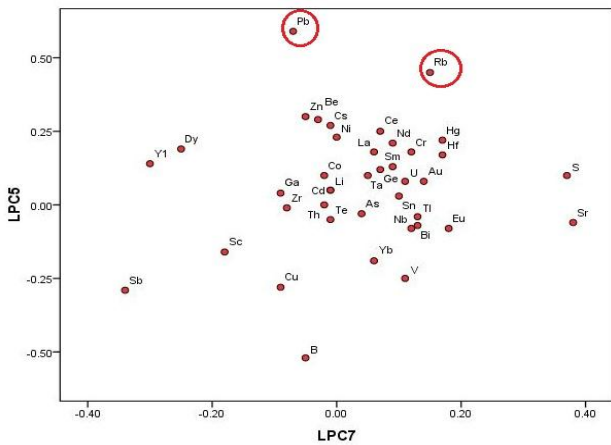
b



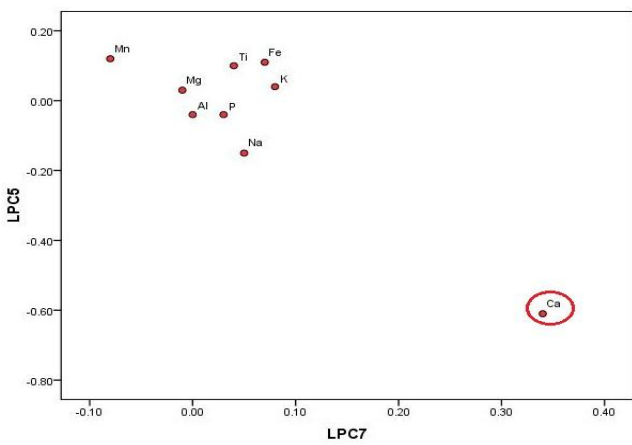
c



d



e



f

شکل ۴-۳ وابستگی عنصر Pb با پتروژنهای رسوبی آواری (a و b) یا رسوبی شیمیایی (e و f) و یا آذرین (c و d)

فصل پنجم:

روش چند متغیره تحلیل تفریقی

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. [Fedikow, 1983]. مدل تابع تفریقی^۱ (DFM) از جمله روش‌های چند متغیره‌ای است که امروزه برای جدا سازی جوامع مختلف داده‌ها با استفاده از اطلاعات همان جوامع استفاده می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴].

در طی این فصل به بیان مبانی روش تابع تفریقی چند متغیره و کاربرد آن در اکتشافات ژئوشیمیایی پرداخته و در نهایت نتایج استفاده از آن بر روی داده‌های رسوبات آبراهه منطقه مورد مطالعه در این پایان‌نامه ارائه گردیده است.

۵-۲- تعریف

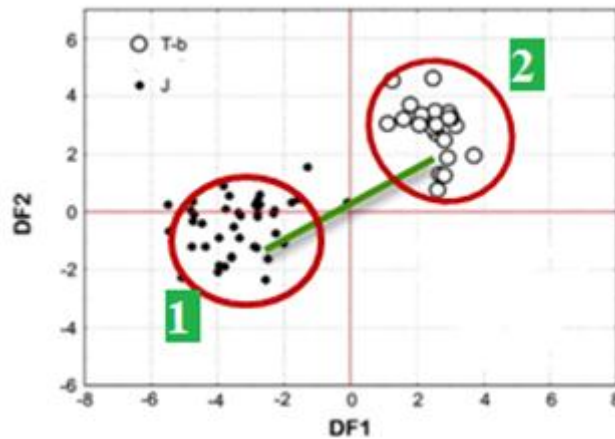
مدل تابع تفریقی، یک روش تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره است که برای سنجش میزان بستگی و ارتباط یک نمونه با یکی از دو (یا چند) جامعه معلوم با استفاده از اطلاعات همان جوامع بکار برده می‌شود. جوامع معلوم توسط کارشناس مربوطه از قبل شناسایی و تعیین شده‌اند [حسنی پاک ۱۳۸۴]. به عنوان مثال می‌دانیم که دو نوع گوسن وجود دارد؛ یکی گوسن حاصل از سنگ‌های مافیک و اولترامافیک که اغلب از نظر کانی‌زایی، 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، با استفاده از تحلیل تفریقی می‌توان مشخص کرد که آیا گوسن مورد اکتشاف، یک گوسن بارور یا عقیم است.

1. Discrimination Function Model

در مبانی این روش فرض می‌شود که دو جامعه (شناخته شده) U و V در اختیار داشته باشیم. تابع تفریقی را براساس ویژگی‌های شناخته شده این جوامع (آنالیز k خاصیت یا عنصر از هر نمونه) تعریف می‌کنیم $[DF(x_1, \dots, x_k)]$. نمونه جدیدی برداشت می‌کنیم و می‌دانیم که این نمونه متعلق به یکی از دو جامعه مورد نظر است ولی نمی‌دانیم متعلق به کدام یک از آنها است. بنابراین تعداد k خاصیت از این نمونه را مورد اندازه‌گیری قرار داده و سپس اطلاعات این نمونه را نیز به تابع تعریف شده بر اساس جوامع شناخته شده نسبت می‌دهیم. تابع با سطح اعتماد معلومی مشخص می‌کند که نمونه متعلق به کدام جامعه است.

۵-۳- تئوری آنالیز تفریقی و روابط ریاضی

به منظور تعریف یک تابع تمایز، از ترکیب خطی متغیرها برای ایجاد متغیری با توزیع نرمال تک متغیره استفاده می‌کنیم. این تابع در امتداد بیشترین تمایز بین مقادیر دو جامعه محاسبه می‌شود (مانند شکل ۵-۱) [Zoran peh, et al , 2010].



شکل ۵-۱ نمودار پراکندگی دو جامعه معلوم و راستای تابع تمایز [Zoran Peh et al, 2010]

ضرایب این ترکیب خطی به صورت زیر تعریف می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴]:

$$[a]^T = ([\bar{X}_1 - \bar{X}_2])^T [S]^{-1} \quad (۱-۵)$$

که در آن $[a]^T$ ، ماتریس ضرایب، \bar{X}_1 و \bar{X}_2 تخمینی از بردارهای میانگین دو جامعه و $[S]^{-1}$ ماتریس معکوس کوواریانس مشترک دو جامعه معلوم می‌باشد.

ماتریس کوواریانس حاوی اطلاعاتی راجع به تغییرپذیری هر متغیر و ارتباط آن با متغیرهای دیگر است.

حال تابع تفریق به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$DF = ([\bar{X}_1 - \bar{X}_2])^T [S]^{-1} [X] \quad (2-5)$$

که در آن $[X]$ بردار مشاهدات نمونه جدید است. اما همانطور که می‌دانیم باید مرز دوتا جامعه مشخص باشد. برای این منظور باید تابعی تعریف کرد که مرز جدایش دوتا جامعه را معلوم کند به این تابع، تابع بحرانی می‌گویند (فرمول ۳-۵).

$$[D]_0 = ([\bar{X}_1 - \bar{X}_2])^T [S]^{-1} \left(\frac{[\bar{X}_1 + \bar{X}_2]}{2} \right) \quad (3-5)$$

این تابع، برداری است که ابتدای آن، انتهای بردار $[\bar{x}_1]$ و انتهای آن مرز جدایش دوتا جامعه معلوم است. حال اگر $DF < D_0$ ، آنگاه نمونه متعلق به جامعه ۱، و اگر $DF > D_0$ ، نمونه متعلق به جامعه ۲ می‌باشد [حسنی پاک ۱۳۸۴].

۴-۵- آزمون اعتبار تحلیل تمایز

این آزمون در واقع همان آزمون معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌های دو جامعه نمونه است. اگر اختلاف بین میانگین دو جامعه نمونه استاندارد معنی‌دار نباشد بر اساس اطلاعات این دو جامعه نمی‌توان تحلیل تمایز را انجام داد. در این حالت مقدار آماره مورد آزمون به صورت زیر محاسبه می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴].

$$q = \left(\frac{n_1 + n_2 - k - 1}{k(n_1 + n_2 - 2)} \right) \left(\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} \right) ([\bar{X}_1 - \bar{X}_2])^T [S]^{-1} ([\bar{X}_1 - \bar{X}_2]) \quad (4-5)$$

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 جامعه دوم و $[S]$ ماتریس کوواریانس مشترک دو جامعه است. اگر مقدار محاسباتی فوق (q) بزرگتر از $F_{\alpha; k, n_1+n_2-k-1}$ (جدول پ ۳-۳) باشد، آنگاه می‌توان پذیرفت که متغیرهای انتخاب شده برای دستیابی به تابع تمایز مناسب می‌باشد. البته این بدان معنی نیست که متغیرهای مورد نظر، بهترین متغیرها برای این منظور هستند. نسبت پراش (واریانس) دو جامعه، توزیع F یا توزیع فیشر نامیده می‌شود که مقدار آن از جداول مربوطه بدست می‌آید (مراجعه شود به جدول پ ۳-۱). n_{11}

۵-۵- انتخاب متغیرها در تحلیل تمایز

اگر فرض برابری بردارهای میانگین دو جامعه، رد گردد بدان معنی است که اختلاف بین آنها معنی‌دار 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 محاسبات را پیچیده‌تر می‌کنند. روش‌های مختلفی برای انتخاب مناسب‌ترین متغیرها در تابع تمایز وجود دارد. یکی از این روش‌ها به این صورت است:

فرض کنید کل متغیرهای اندازه‌گیری شده شامل x_k, \dots, x_2, x_1 باشد و هدف آزمون لزوم وجود متغیر k ام در تابع تمایز باشد. برای این منظور کافی است فاصله ماحالانویس برای دو حالت شامل حالت بود و نبود متغیر k ام در بین متغیرها محاسبه شود. سپس اختلاف آنها یعنی

را محاسبه و معنی دار بودن یا نبودن این اختلاف مورد ارزیابی قرار گیرد. برای انجام

این محاسبات آماره زیر (مقدار q) را محاسبه می‌کنیم [حسنی پاک ۱۳۸۴]:

$$q = \left(\frac{n_1 + n_2 - k - 1 (D_k^2 - D_{k-1}^2)}{[(n_1 + n_2 - 2)(n_1 + n_2/n_1 n_2)] + D_{k-1}^2} \right) \quad (5-5)$$

که در آن D_k^2 و D_{k-1}^2 به ترتیب فاصله ماهالانوبیس برای k و $k-1$ متغیر می‌باشد. در صورتی

که داشته باشیم $q > F_{\alpha; 1, n_1 + n_2 - k - 1}$ ، آنگاه ضروری است که متغیر k در تابع تمایز وارد شود.

فاصله ماهالانوبیس به صورت زیر قابل محاسبه است [حسنی پاک ۱۳۸۴]:

$$D^2 = ([\bar{x}_1] - [\bar{x}_2]^T) [s]^{-1} ([\bar{x}_1] - [\bar{x}_2]) \quad (6-5)$$

۵-۶- احتمال کلاس‌بندی نادرست (خطای تمایز)

احتمال کلاس‌بندی نادرست همان نسبت نمونه‌های با کلاس‌بندی نادرست به کل نمونه‌های

تحت کلاس‌بندی است. یکی از ساده‌ترین روش‌های محاسبه احتمال کلاس‌بندی نادرست،

کلاس‌بندی داده‌های دو جامعه معلوم (استاندارد) براساس تابع تمایز بدست آمده از خود آن‌ها است.

بدین ترتیب اگر: (۱) تعداد نمونه‌های جامعه استاندارد A برابر n_1 و با استفاده از تحلیل تمایز n_{11}

نمونه آن درست (در جامعه A) و n_{12} نمونه آن نادرست (در جامعه B) طبقه‌بندی شده باشد و (۲)

تعداد نمونه‌های جامعه استاندارد B برابر n_2 و روش تحلیل تمایز n_{22} نمونه آن را درست (در جامعه

B) و n_{21} نمونه آن را نادرست (در جامعه A) طبقه‌بندی کرده باشد، آنگاه احتمال کلاس‌بندی

نادرست برابر است با:

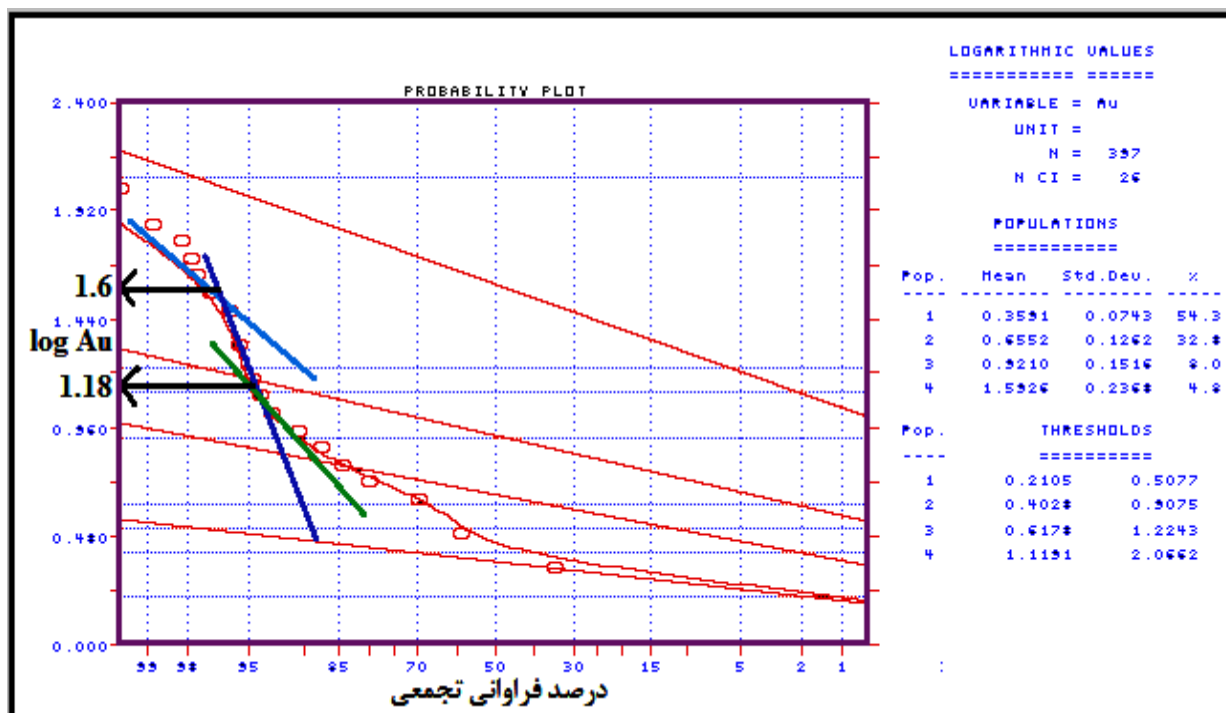
$$P_{\text{err}} = \frac{n_{21} + n_{12}}{n_{12} + n_{11} + n_{21} + n_{22}} \quad (7-5)$$

در این روش خطا کمتر از مقدار واقعی آن ارزیابی می‌شود. برای دستیابی به تخمین واقعی‌تری از خطای کلاس‌بندی، دو راه وجود دارد که عبارتند از:

- ۱- نمونه‌های هریک از دو جامعه معلوم به دو قسمت تقسیم می‌شود. براساس یک قسمت از هریک، تابع تمایز محاسبه می‌شود. آنگاه بقیه داده‌های مربوط به هریک از دو جامعه معلوم با استفاده از تابع تمایز بدست آمده، کلاس‌بندی شده و در نهایت احتمال خطا براساس نسبت نمونه‌های نادرست طبقه بندی شده به کل تعداد نمونه‌های طبقه بندی شده محاسبه می‌گردد [حسنی پاک ۱۳۸۴].
 - ۲- در هر مرحله از محاسبه تابع تمایز، یکی از نمونه‌های معلوم کنار گذاشته شده و براساس بقیه داده‌ها تابع تمایز محاسبه می‌شود. سپس نمونه مورد نظر با استفاده از تابع تمایز بدست آمده کلاس‌بندی می‌شود. این کار را باید برای همه نمونه‌ها تکرار کرد و سپس خطای کلاس‌بندی را محاسبه کرد. واضح است که در این روش حجم محاسبات بسیار زیاد است [حسنی پاک ۱۳۸۴].
- در ادامه براساس داده‌های نمونه‌های رسوبات آبراهه منطقه مورد مطالعه به تفسیر و تجزیه و تحلیل چند متغیره داده‌ها پرداخته شده است.

۵-۷- تعیین جوامع

همانطور که در تئوری روش گفته شد، باید جوامع آماری معلوم باشند. با توجه به اینکه تحلیل‌های اولیه یک، دو و چند متغیره (PCA و Clustering) کانی‌سازی عنصر با ارزش طلا را در منطقه تایید کرده‌اند، در این تحقیق سه جامعه (۱) زمین، (۲) گذر و (۳) آنومال طلا به عنوان سه جامعه معلوم معرفی گردیده است که حدود این جوامع بر اساس مدل‌سازی نمودار احتمال تعیین گردیده است (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲ مدل سازی نمودار احتمال عنصر طلا

مطابق شکل (۵-۲) یک جامعه ۴ مدی (زیرجامعه) برای طلا تعیین گردیده است و مدل سازی پراکندگی غلظت عنصر طلا در هر زیرجامعه بر این اساس تعیین گردیده است (جدول ۵-۱).

جدول ۵-۱ میانگین، حد گذر از زمینه به آنومالی و درصد فراوانی نسبی عنصر طلا در چهار مد تعیین شده

Population	Mean	percentage	Thresholds	
1	2.286	54.34	1.624	3.219
2	4.52	32.8	2.528	8.081
3	8.337	8.03	4.147	16.761
4	39.141	4.83	13.155	116.461

اگرچه دو زیرجامعه ۱ و ۲، روندهای متفاوتی در مدل دارند اما مقدار غلظت‌ها در دو زیرجامعه بسیار پایین و در حد زمینه می‌باشد. یکی از این دو زیرجامعه می‌تواند بعنوان زیرجامعه ناحیه‌ای و دیگری بعنوان زیرجامعه زمینه محلی فرض شود. زیر جامعه سوم را می‌توان بعنوان شروع حد گذر از زمینه به آنومالی و زیر جامعه چهارم را بعنوان آنومال در نظر گرفت. در شکل ۵-۲ محل تلاقی

روندهای زیرجوامع ۲، ۳ و ۴ دو به دو نشان داده شده است. با استفاده از روابط زیر و اطلاعات شکل (۵-۲)، حد آستانه و حد آنومال طلا تعیین می‌شود.

$$X = 10^Y = 10^{1.18} \cong 15 \quad (۵-۸) \text{ حد گذر از زمینه به آنومالی}$$

$$X = 10^Y = 10^{1.6} \cong 40 \quad (۵-۹) \text{ حد آنومال}$$

بنابراین نمونه‌هایی که عیار طلای آنها زیر ۱۵ppb باشد، در جامعه زمینه با کد (صفر) و اگر بین ۱۵ppb و ۴۰ppb باشد، در جامعه حد گذر از زمینه به آنومالی و با کد (۱) و اگر بزرگتر از ۴۰ppb باشد، در جامعه آنومال و با کد (۲) قرار داده شده‌اند.

حال هدف تعیین توابعی است که بتواند نمونه‌های متعلق به این سه جامعه معلوم را با سطح اعتماد مهندسی مناسب، با استفاده از اطلاعات معلوم سه جامعه تفکیک نماید و اگر اطلاعات نمونه جدیدی از همین منطقه به توابع داده شود، بتوانند جایگاه واقعی نمونه جدید را شناسایی یا رده‌بندی و تفکیک نمایند.

مانند همه روش‌های آماری چند متغیره برای استفاده از روش آنالیز تفریقی باید داده‌ها را نرمال کرد [Welmer, 1998 ; Davis , 2002].

یکی از فرمول‌های نرمال‌سازی عبارت است از [Govett 1983 ; Davis , 2002]:

$$z = \frac{X - \bar{X}}{S} \quad (۵-۱۰)$$

در مجموع ۳۹۸ نمونه رسوبات آبراهه برداشت شده است که ۳۷۶ نمونه در جامعه اول (زمینه)، ۱۲ نمونه در جامعه دوم (حد گذر از زمینه به آنومالی) و ۱۰ نمونه در جامعه سوم (آنومال) جای داده شده‌اند.

۵-۸- تفکیک جوامع با استفاده از روش آنالیز تفریقی

۵-۸-۱- روند کلی کلاس بندی

ابتدا با استفاده از روند کلی روش و داده‌های همه عناصر به تفکیک جوامع می‌پردازیم. چون سه جامعه داریم، دو تابع (یکی کمتر از تعداد جوامع: $N-1$ و N =تعداد جوامع) قابل تعریف بوده که ویژگی آنها در جداول (۲-۵ و ۳-۵) آورده شده است.

جدول ۵-۲ ویژگی‌های دو تابع تعریف شده

تابع	مقدار ویژه	درصد تغییرات	درصد فراوانی تجمعی	همبستگی کنونیکال
1	.913	83.0	83.0	.691
2	.187	17.0	100.0	.397

جدول ۵-۳ معرفی دو ضریب مهم (Wilks' Lambda و Chi-square) برای اعتبار سنجی دو تابع

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 2	.440	304.301	98	.000
2	.842	63.675	48	.064

مطابق جدول (۲-۵)، تابع یک ۸۳ درصد تغییرپذیری را توجیه کرده و حدود ۷۰ درصد با داده‌ها همبستگی دارد. تابع دو حدود ۱۷ درصد تغییرپذیری را توجیه نموده و حدود ۴۰ درصد با داده‌ها همبستگی دارد. مطابق جدول (۳-۵)، ضریب Wilks' Lambda [عکس همبستگی و ارتباط متغیروابسته (تابع بدست آمده) با متغیرهای مستقل اولیه (عناصر)] معرفی شده است (که هرچه این عدد کوچکتر باشد تابع مربوطه تغییرپذیری را بهتر نشان می‌دهد). همانطور که مشاهده می‌شود تابع یک عدد کوچکتری را نشان می‌دهد که تایید کننده اطلاعات جدول (۲-۵) می‌باشد. هر چقدر ضریب Chi-square (مقایسه فراوانی داده‌های مشاهده شده با داده‌های مورد انتظار) بزرگتر باشد تابع مربوطه بهتر توانسته است تغییرپذیری‌ها را توجیه کند. همانطور که مشاهده می‌شود تابع یک، عدد بزرگتری را نشان می‌دهد که تایید کننده اطلاعات جدول (۲-۵) می‌باشد. این توابع به صورت ترکیب خطی ساده زیر می‌باشند.

$$\text{عیار Zn} * \text{ضریب Zn} + \dots + \text{عیار Au} * \text{ضریب Au} = \text{تابع ۱} \quad (۱۱-۵)$$

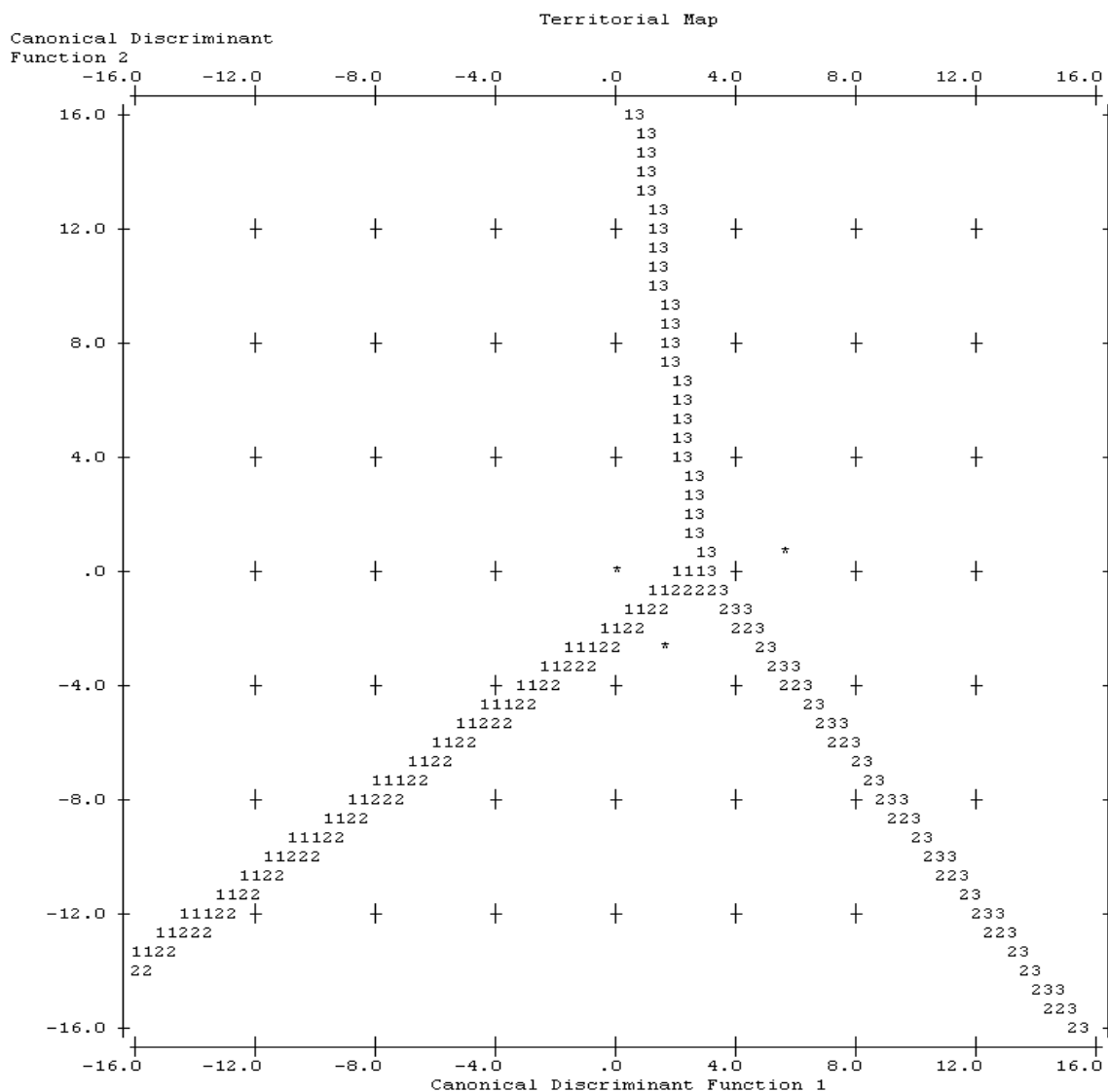
جدول ۴-۵ ضرایب عناصر در هر یک از توابع تعریف شده

function	Au	Al	As	B	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Eu	Fe
1	0.64	-1.02	0.63	0.28	0.21	0.09	-0.05	0.10	0.77	0.39	-0.24	0.18	-0.02	-0.25	0.05	0.27
2	0.34	-1.08	-0.11	0.08	0.46	-0.20	0.46	-0.08	0.45	0.58	0.17	0.40	-0.02	-0.28	-0.26	2.50

Function	Ga	Gel	Hf	Hg	K	La	Li	Mg	Mn	Na	Nb	Nd	Ni	P	Pb	Rb
1	0.05	-0.32	0.04	0.11	-0.11	-0.36	0.16	0.17	0.09	0.14	-0.61	-0.01	-0.57	0.44	-0.04	0.04
2	0.26	0.67	-0.75	0.52	-0.39	0.57	-0.18	-1.51	-0.41	0.52	1.52	-0.35	0.15	-0.23	0.01	0.24

Function	S	Sb	Sc	Sm	Sn	Sr	Ta	Te	Th	Ti	Tl	U	V	Yl	Yb	Zn	Zr
1	-0.08	-0.23	0.25	-0.37	0.09	0.21	0.61	-0.09	-0.02	-0.18	-0.26	-0.92	0.96	0.11	-0.41	0.16	0.46
2	0.22	0.22	0.51	-0.25	-2.39	0.07	-0.11	-0.09	0.35	-2.59	0.63	0.31	-1.00	0.24	0.95	0.28	0.38

در شکل ۳-۵، سه منطقه زمينه (۱)، مرز گذر از زمينه به آنومالی (۲) و آنومال (۳) با توابع ۱ و ۲ مشخص شده است که هر نقطه در این فضای دوبعدی نمایانگر یک نمونه است. یعنی اگر نمونه جدیدی برداشت و آنالیز شود و اطلاعات آن به دو تابع داده شود، جایگاه آن توسط توابع در این نقشه با سطح اعتماد خوبی تعیین خواهد شد که این نمونه مربوط به کدام جامعه است.



Symbols used in territorial map

Symbol	Group	Label
1	0	
2	1	
3	2	

شکل ۵-۳ نقشه منطقه‌بندی براساس توابع استاندارد ۱ و ۲

با توجه به شکل (۵-۳)، تابع ۱ که ۸۳ درصد تغییرپذیری را توجیه می‌کند، توانسته جامعه آنومال را از جامعه مرز گذر و زمینه به خوبی تفکیک نماید. تابع ۲ که ۱۷ درصد تغییرپذیری را توجیه می‌کند، نقص تابع ۱ را جبران کرده و تا حدودی توانسته جامعه زمینه را از جامعه مرز گذر مجزا نماید (برای توجیه بیشتر به شکل (پ ۱-۱) مراجعه شود).

در کلاس‌بندی با کل داده‌ها توابع توانستند ۹۲٪ نمونه‌های جامعه زمينه، ۹۱٪ نمونه‌های جامعه گذر از زمينه به آنومالی و ۹۰٪ نمونه‌های جامعه آنومال را درست کلاس‌بندی کنند. در کلاس‌بندی اعتبار سنجی، نمونه‌ای کنار گذاشته می‌شود و توابع بدون این نمونه تعیین می‌شوند. حال با این توابع نمونه کنار گذاشته شده کلاس‌بندی می‌شود. این کار برای تمام نمونه‌ها انجام می‌شود و در نهایت یک نتیجه کلی مطابق جدول (۵-۵) ارائه شده است. در اعتبار سنجی، هدف تعیین تاثیر هر نمونه در کلاس‌بندی توسط توابع است. در این کلاس‌بندی ۸۷/۵٪ نمونه‌های جامعه زمينه، ۶۶/۷٪ نمونه‌های جامعه گذر از زمينه به آنومالی و ۵۰٪ نمونه‌های جامعه آنومال درست کلاس‌بندی شده‌اند (جدول ۵-۵). به طور کلی در کلاس‌بندی اصلی، ۹۲٪ کل نمونه‌ها، و در کلاس‌بندی اعتبار سنجی حدود ۸۶٪ کل نمونه‌ها درست کلاس‌بندی شده‌اند.

جدول ۵-۵ نتایج کلاس‌بندی اصلی (با کل نمونه‌ها) و اعتبار سنجی با توابع تفریقی

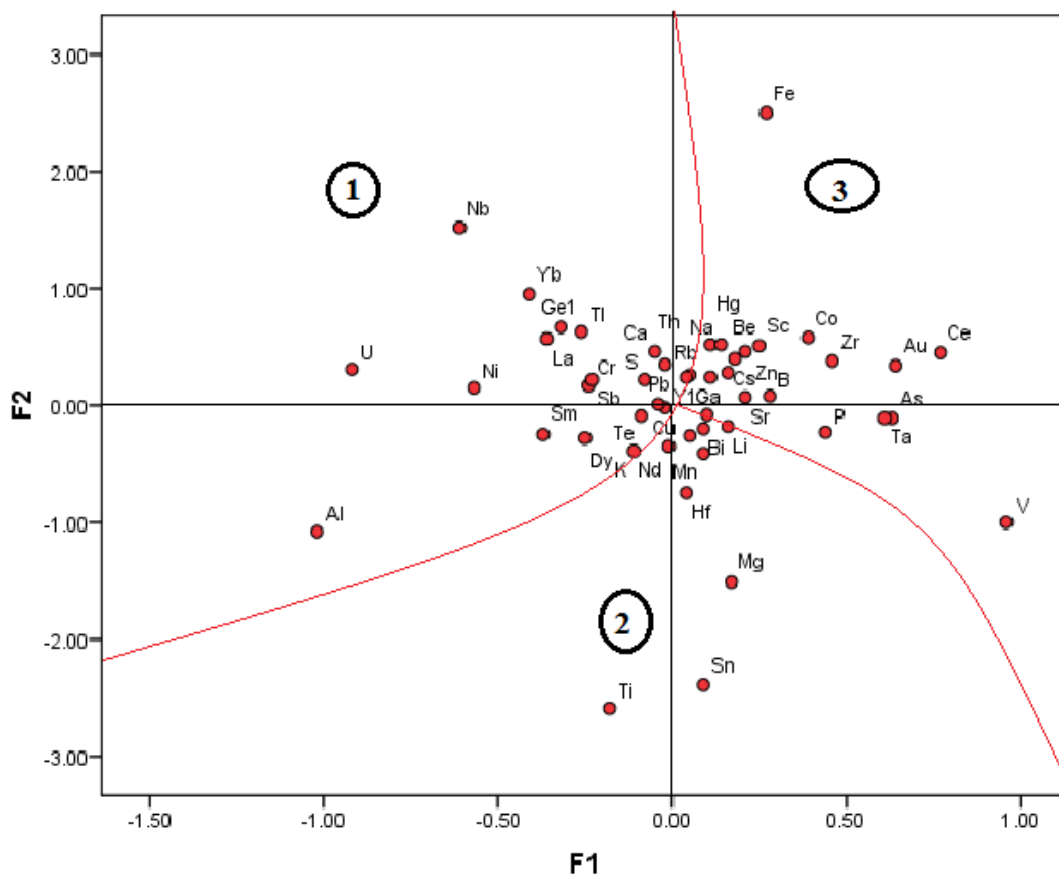
Classification Results ۲ و ۱

	cod Au	Predicted Group Membership			Total	
		0	1	2		
Original	Count	0	346	29	1	376
		1	1	11	0	12
		2	1	0	9	10
	%	0	92.0	7.7	.3	100.0
		1	8.3	91.7	.0	100.0
		2	10.0	.0	90.0	100.0
Cross-validated	Count	0	329	40	7	376
		1	4	8	0	12
		2	2	3	5	10
	%	0	87.5	10.6	1.9	100.0
		1	33.3	66.7	.0	100.0
		2	20.0	30.0	50.0	100.0

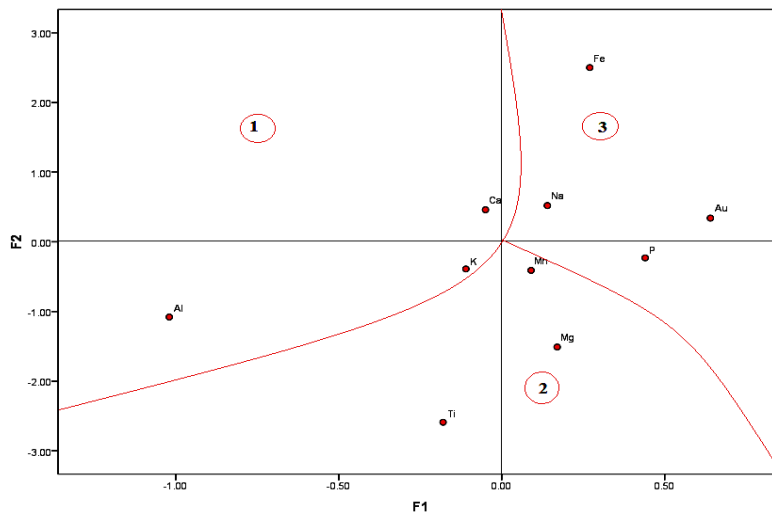
۱- ۹۲٪ از نمونه‌های گروه اصلی درست رده بندی شده‌اند.

۲- ۸۵/۹٪ از نمونه‌های Cross validation درست رده بندی شده‌اند.

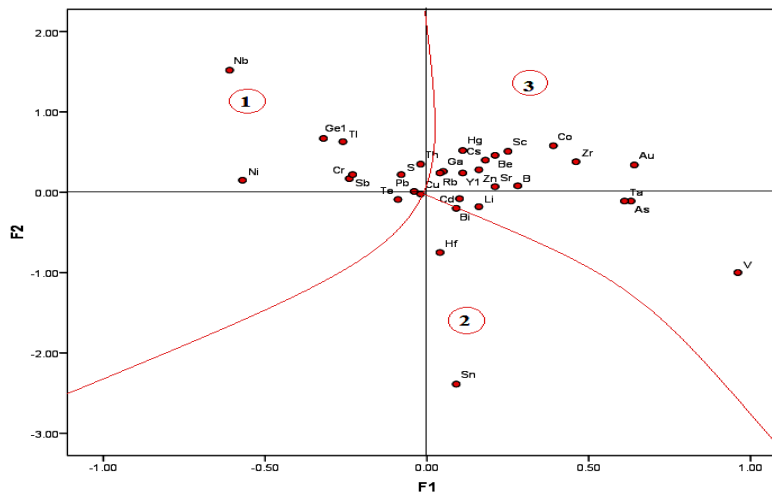
در اشکال (۴-۵) و (۵-۵) براساس دوتابع تفریقی تعریف شده، کلیه عناصر با ضرایب مربوطه مشخص شده‌اند. به منظور تفسیر بهتر، عناصر به سه دسته عناصر اصلی، عناصر کمیاب و کمیاب خاکی تفکیک و برای هر یک جداگانه دیاگرام مربوطه ترسیم شده است. با توجه به موقعیت عمومی تفکیک سه زیرجامعه (شکل ۳-۵) و موقعیت جامعه آنومال، در عناصر اصلی Fe، Na و P غیر عادی و Ca و Mn در مرز نزدیک به آنومالند. عناصر Al و K نیز در زمینه قرار می‌گیرند. در بین عناصر کمیاب، عناصری مانند As، V، Co، Ta و Zr در زیرجامعه آنومالند و Nb و Ge در زمینه واقع شده، ولی Sn و Th در جامعه گذر از زمینه به آنومالیند. در بین عناصر کمیاب خاکی، Ce رفتار غیر عادی از خود بروز می‌دهد (در زیرجامعه آنومال است) و عناصر کمیاب خاکی Nd، Eu، Dy، Sm در مرز گذر واقع می‌گردند و La و U در زمینه‌اند.



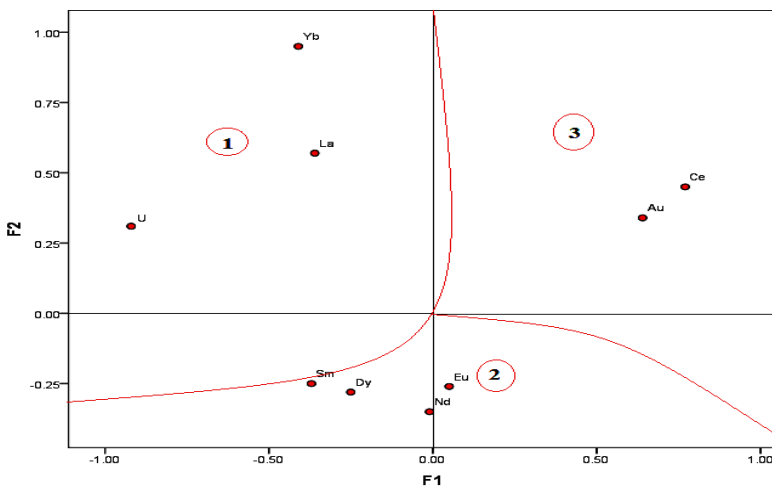
شکل ۵-۴ نمودار پراکندگی تمامی عناصر براساس ضرایب آنها در توابع ۱ و ۲



a



b



c

شکل ۵-۵ نمودار پراکندگی عناصر: a- اصلی b- کمیاب c- REE

۵-۸-۲- روند کلاس بندی (Stepwise)

در این روش مرحله به مرحله عناصر مختلف آزمایش می‌شوند تا عناصری که بیشترین تاثیر در کلاس بندی دارند را شناسایی نماییم و بقیه عناصر را حذف می‌کنیم. سپس توابع تفریقی را براساس عناصر با اهمیت تشکیل داده و با استفاده از این توابع و سطح اعتماد مهندسی مناسبی به تفکیک جوامع می‌پردازیم. این کار باعث می‌شود اولاً حجم محاسبات کاهش یابد و ثانياً اگر نمونه جدیدی از منطقه برداشت شود و بخواهیم با توابع آن را کلاس بندی کنیم، نیاز نیست تمام عناصر آن آنالیز شوند و فقط کافیسست، عناصری که توابع بر اساس آنها تعریف شده‌اند، آنالیز شوند. واضح است که این شرایط باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود. این روش نیز در ادامه بر روی داده‌ها اعمال گردیده است.

مطابق جدول (۵-۶) تابع یک، 94.2% تغییرپذیری را توجیه نموده و حدود 65% با داده‌ها همبستگی دارد. تابع دو، 5.8% تغییرپذیری را توجیه کرده و حدود 21% با داده‌ها همبستگی دارد.

بعد از چند مرحله پردازش داده‌ها با این روش تفریق، عناصر Au، As، B، Nb، P، Sb و Ta بعنوان عناصر تاثیرگذار در کلاس بندی شناسایی شدند و توابع براساس آنها تعریف شدند که ضرایب این توابع در جدول (۵-۸) مشاهده می‌شود. همانگونه که ملاحظه می‌شود، اکثر عناصر با اهمیت شکل (۵-۵)، با روش Stepwise نیز بعنوان عناصر مهم و تاثیر گذار شناسایی شدند.

جدول ۵-۶ ویژگی‌های دو تابع تعریف شده

تابع	مقدار ویژه	درصد تغییرات	درصد فراوانی تجمعی	همبستگی کنونیکال
1	.724	94.2	94.2	.648
2	.045	5.8	100.0	.207

جدول ۵-۷ معرفی دو ضریب مهم برای اعتبار سنجی دو تابع

Test of Function(s)	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 2	.555	230.526	14	.000
2	.957	17.136	6	.009

جدول ۵-۸ ضرایب عناصر مهم در هر یک از توابع تعریف شده

Ta	Sb	P	Nb	B	As	Au	Function
0.623	-0.296	0.399	-0.342	0.315	0.63	0.674	1
0.7	-0.117	0.943	-0.105	-0.216	0.036	-0.538	2

۵-۸-۲-۱-آزمون اعتبار تحلیل تمایز

برای اینکه مطمئن شویم، عناصر انتخاب شده بهترین انتخاب هستند و به تبع آن توابعی که تعیین شده‌اند مناسب می‌باشند یا به عبارت دیگر اختلاف بردارهای میانگین دو جامعه معنی‌دار است و هم‌پوشانی دو جامعه کم است، از رابطه (۵-۴) استفاده کرده و نتایج آن به صورت زیر می‌باشد.

الف) جامعه زمینه n_1 و جامعه گذر n_2 و ضرایب تابع ۱

$$(1) \quad q = \left(\frac{376 + 12 - 7 - 1}{7(376 + 12 - 2)} \right) \left(\frac{376 * 12}{376 + 12} \right) [0.062, -0.296, 0.399, -0.342, 0.315, 0.63, 0.674] \begin{bmatrix} -0.975(Ta) \\ -0.075(Sb) \\ -810(P) \\ -1.39(Nb) \\ -9.27(B) \\ -7.3(As) \\ -0.026(Au) \end{bmatrix} = |-540| = 540$$

$$(2) \quad F_{0.05; 7, 380} = 2.1$$

چون $q > F$ ، پس اختلاف میانگین دو جامعه معنی‌دار بوده و متغیرهای انتخاب شده جهت

تعیین توابع تمایز درست انتخاب شده‌اند.

ب) جامعه زمینه n_1 و جامعه آنومال n_2 و ضرایب تابع ۱

$$(1) \quad q = \left(\frac{376 + 10 - 7 - 1}{7(376 + 10 - 2)} \right) \left(\frac{376 * 10}{376 + 10} \right) [0.062, -0.296, 0.399, -0.342, 0.315, 0.63, 0.674] \begin{bmatrix} -0.165(Ta) \\ -0.08(Sb) \\ -228(P) \\ 0.48(Nb) \\ -31(B) \\ -18.6(As) \\ -0.22(Au) \end{bmatrix} = |-154| = 154$$

$$(2) \quad F_{0.05; 7, 378} = 2.1$$

چون $q > F$ ، پس اختلاف میانگین دو جامعه معنی‌دار بوده و متغیرهای انتخاب شده جهت

تعیین توابع تمایز درست انتخاب شده‌اند.

ج) جامعه گذر n_1 و جامعه آنومال n_2 و ضرایب تابع ۱

$$1) \quad q = \left(\frac{12+10-7-1}{7(12+10-2)} \right) \left(\frac{12 \cdot 10}{12+10} \right) [0.62, -0.296, 0.399, -0.342, 0.315, 0.63, 0.674] \begin{bmatrix} -0.045(Ta) \\ -0.006(Sb) \\ -7(P) \\ 1.9(Nb) \\ -21.7(B) \\ -11.4(As) \\ -0.196(Au) \end{bmatrix} = |-10| = 10$$

$$2) \quad F_{0.05; 7, 14} = 2.76$$

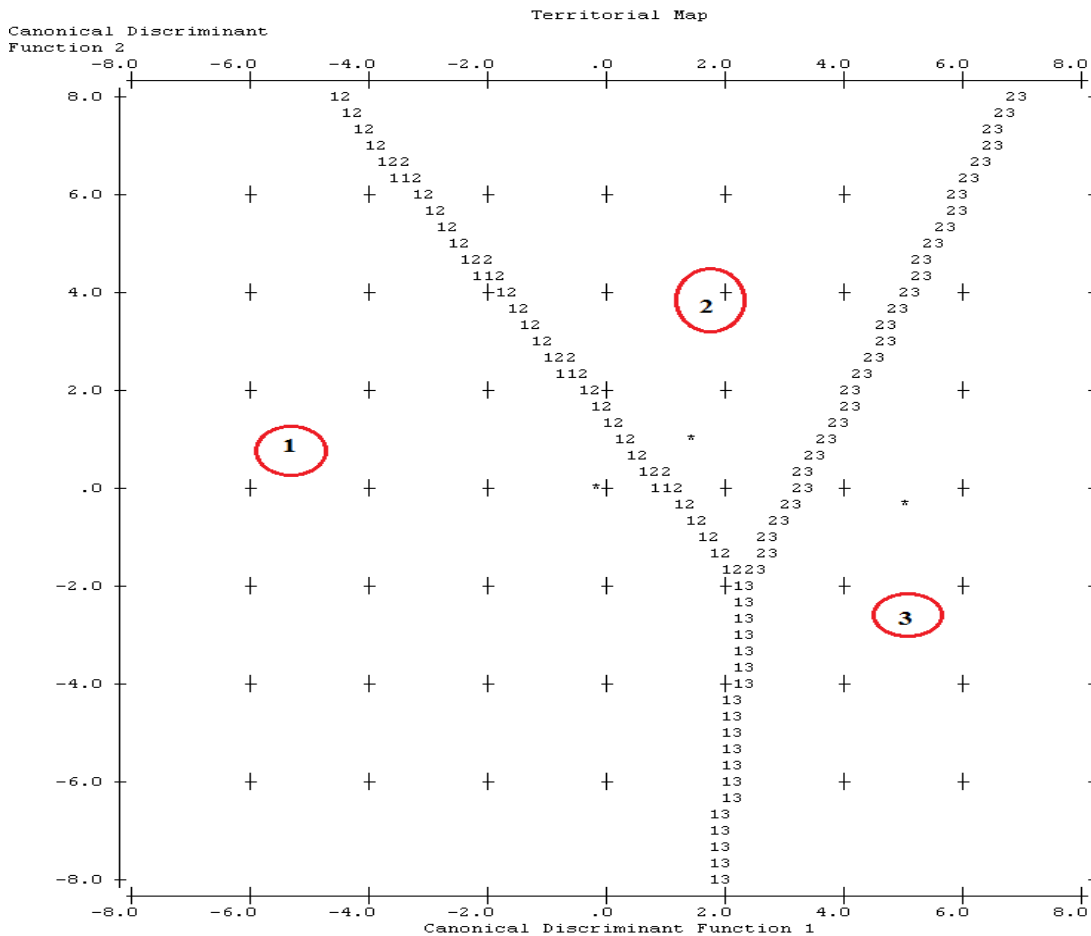
چون $q > F$ پس اختلاف میانگین دو جامعه معنی دار بوده و متغیرهای انتخاب شده جهت

تعیین توابع تمایز درست انتخاب شده‌اند.

مشاهده می‌شود که برای تفکیک سه جامعه مورد نظر، متغیرهای انتخاب شده مناسب بوده و در

نتیجه می‌توان به صحت توابع تفریقی بدست آمده از آنها برای تمایز جوامع اطمینان داشت. براساس

این روش، روند تفکیک به زیرجامعه‌هایی مطابق شکل (۵-۶) می‌باشد.



شکل ۵-۶ نقشه منطقه‌بندی براساس توابع استاندارد ۱ و ۲ به روش Stepwise

با توجه به شکل (۵-۶)، تابع ۱ که $94/2\%$ تغییرپذیری را توجیه نموده (مطابق جدول ۵-۶)، توانسته جامعه آنومال را از جامعه گذر و جامعه زمینه به خوبی جدا کند و همچنین جامعه گذر را تا حدودی از جامعه زمینه جدا کند. اما تابع ۲ که $5/8\%$ تغییرپذیری را توجیه می‌کند (مطابق جدول ۵-۶)، نتوانسته تاثیر زیادی در تفکیک جوامع داشته باشد (برای توجیه بیشتر به شکل ۲، پیوست ۱ مراجعه شود).

جدول ۵-۹ نتایج کلاس‌بندی اصلی با توابع تفریقی به روش Stepwise

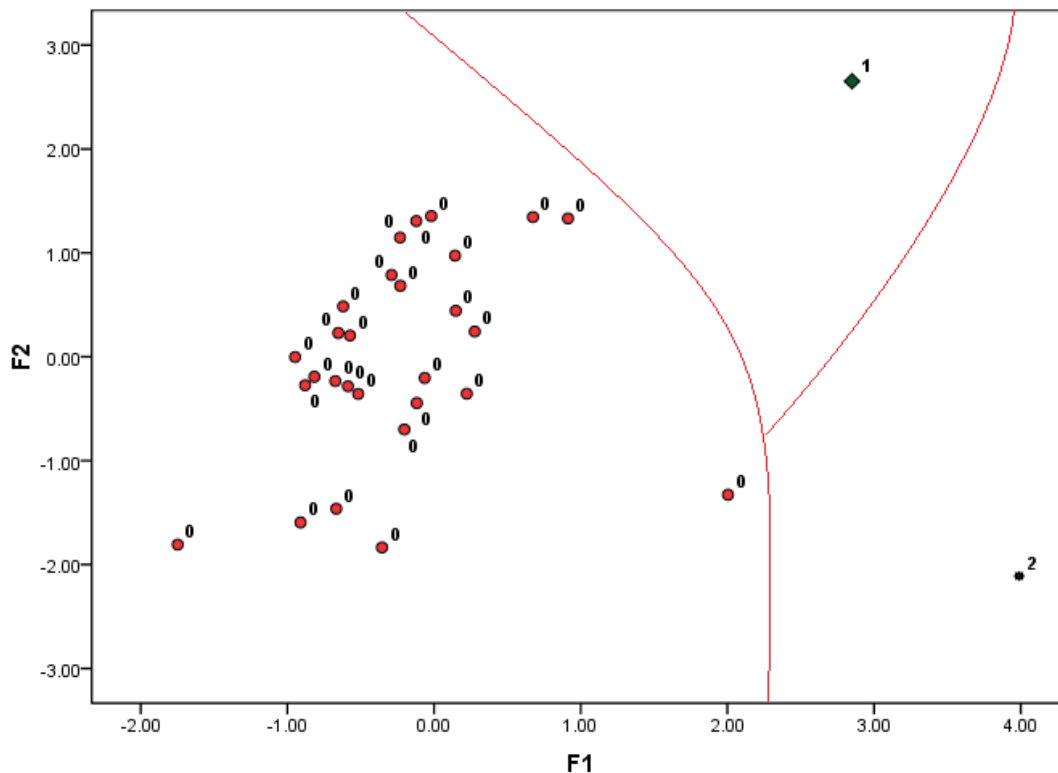
		Predicted Group Membership			Total
		0	1	2	
Original	Count	0	1	2	
		325	50	1	376
		3	9	0	12
		2	4	6	10
	%	0	1	2	
		86.4	13.3	.3	100.0
		1	75.0	.0	100.0
		2	40.0	60.0	100.0

a. 85.4% of original grouped cases correctly classified.

مشاهده می‌شود که در کلاس‌بندی به روش Stepwise توابع توانستند $86/4\%$ نمونه‌های جامعه زمینه، 75% نمونه‌های جامعه گذر و 60% نمونه‌های جامعه آنومال را درست کلاس‌بندی کنند. به طور کلی در این کلاس‌بندی توابع توانستند به طور متوسط $85/4\%$ کل نمونه‌ها را درست کلاس‌بندی کنند.

برای آزمودن درجه اعتبار روش Stepwise، ۳۰ نمونه تکراری برداشت شده از منطقه مورد مطالعه را بعنوان نمونه‌های جدید استفاده کرده و هفت عنصر مورد نظر این نمونه‌ها آنالیز گردیده است و معلوم شد که ۲۸ نمونه مربوط به جامعه زمینه، یک نمونه مربوط به جامعه گذر و یک نمونه مربوط به جامعه آنومال می‌باشد. با اعمال اطلاعات هر کدام از نمونه‌ها در توابع بدست آمده از روش

Stepwise به تفکیک آنها پرداخته شده که نتایج آن در شکل (۵-۷) آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود توابع توانستند به درستی نمونه‌های مورد نظر را کلاس‌بندی نمایند.



شکل ۵-۷ تفکیک و کلاس‌بندی نمونه‌های جدید با روش Stepwise

حال با توجه به اطلاعات ارائه شده در مورد دو روش کلاس‌بندی، بایستی تصمیم گرفت که با $85/4\%$ کلاس‌بندی درست و تعداد ۷ متغیر ارزیابی را انجام دهیم و یا باید با 92% کلاس‌بندی درست و تعداد کل متغیرها (۴۹ متغیر) به ارزیابی پرداخت.

با توجه به اینکه کنترل هزینه‌ها در کارهای اکتشافی از اهمیت زیادی برخوردار است و در اکثر روش‌های چند متغیره بعنوان یکی از اولویت‌های مهم تلقی می‌شود و با توجه به اینکه اختلاف کلاس‌بندی دو روش ارائه شده قابل توجه نیست، بنابراین روش Stepwise بدلیل کاهش هزینه‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و استفاده از این روش در کارهای اکتشافی توصیه می‌شود.

فصل ششم:

نتیجہ گیری و پیشہادات

۶-۱- نتایج حاصل از مراحل مختلف این تحقیق

پس از آماده‌سازی داده‌های حاصل از نمونه برداری رسوبات آبراهه، به تحلیل‌های تک متغیره، دو متغیره و چند متغیره روی این داده‌ها پرداختیم که نتایج آن عبارتند از:

۱- در بررسی تک متغیره داده‌ها، پارامترهایی مانند اعتبار داده‌ها (بررسی درصد خطای کل)، نرمال یا غیر نرمال بودن، انحراف معیار یا ضریب تغییرات، اختلاف میانگین عناصر از زمینه جهانی و ناحیه‌ای، چولگی و کشیدگی مدنظر قرار گرفت که نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که عناصر اختلاف میانگین و میانه و مد آنها زیاد بوده، ضریب تغییرات آنها بالا و میانگین آنها از زمینه جهانی و ناحیه‌ای خیلی بالاتر است، توزیع غیرنرمال (یا لگاریتمی) دارند و از اعتبار داده‌های خوبی برخوردارند و در اولویت اول مطالعات ژئوشیمیایی قرار می‌گیرند. عناصر $Al, Zn, V, Tl, Ni, Mg, Mn$ و Sb در مرحله دوم و عناصر As, S در مرحله سوم اهمیت قرار دارند.

۲- در بررسی‌های دو متغیره، همبستگی و ارتباط عناصر مهمی که در قسمت تک متغیره شناسایی شدند، مدنظر قرار گرفت و نتایج آن حاکی از آن است که: همبستگی عناصر Bi, Cu, Na با طلا (که یکی از اهداف اصلی این پروژه است) حدود ۳۰٪ می‌باشد و بقیه عناصر از درجه همبستگی پایین‌تری با طلا برخوردارند. همبستگی عناصر U, Hf, Ge با Bi بالای ۸۰٪ می‌باشد که بسیار خوب می‌باشد. همبستگی عناصر $Al, V, Sc, Ti, Na, Ga, Bi$ با Cu بالای ۶۰٪ است که همبستگی خیلی خوب می‌باشد. همبستگی عناصر Na, V, Cu, Al با Na بالای ۷۰٪ است که همبستگی خیلی خوب می‌باشد. همبستگی عناصر V, U, Sc, Hf, Ge, Cd با طلا بین ۲۵٪ تا ۳۰٪ می‌باشد که نیاز به بررسی بیشتر دارند. لازم به ذکر است که Zn و Pb نیز با یکدیگر روابط نسبتاً نزدیکی را نشان می‌دهند.

۳- در بررسی‌های چند متغیره، شناسایی مناطق کانی‌سازی عناصری که در بند (۱) و (۲) مهم ارزیابی شدند، و اینکه سنگ میزبان آنها چیست و از نظر زمین‌شناسی در چه شرایطی کانی‌سازی

انجام گرفته است، مدنظر قرار گرفت. نتایج استفاده از دو روش آماری چند متغیره Clustering و PCA حاکی از آن است که:

در روش Clustering دو گروه کلی عناصر شناسایی شدند. در گروه اول: عناصر مهمی مانند Sb، Cr، Cu و Au و در گروه دوم عناصر اصلی Ca، Al، Na، Mn، K و P حضور دارند. لذا نقش گروه اول با حضور عنصر طلا در کنار عناصری مانند Cu، V، Mg، Co، Cr و Ni می تواند شاهدهی از نقش سنگ های آذرین اولترابازیک، بازیک و حدواسط در توزیع Au و Cu در منطقه تلقی شود. شرایط زمین شناسی و حضور توده های آذرین اسیدی در منطقه و مجاورت آنها با مناطق آنومالی طلا می تواند نقش توده های گرانیتوئیدی در فرایندهای کانی سازی را توجیه کند.

در روش PCA، هفت مؤلفه شناسایی شدند که ۸۱٪ تغییرپذیری را توجیه می کنند. بررسی ارتباط متقابل مؤلفه ها نشان می دهد که طلای موجود در نمونه های رسوبات آبراهه، حاصل از فرسایش سنگ هایی است که عناصر کمیابی مانند Cr، Co، Ni، As B در آنها زیاد و عنصر Rb و تاحدودی Cs در آنها فقیر شدگی نشان می دهد. به عبارت دیگر Au از سنگ های اولترابازیک بیشتر متأثر است. Cu بیشتر تحت تأثیر سنگ های آذرین می باشد. عنصر Pb با فرایندهای رسوبی آواری ارتباط نزدیک نشان می دهد.

همانطور که ملاحظه می شود، نتایج دو روش آماری چند متغیره PCA و Clustering تأیید کننده تغییر و تحولات و شرایط زمین شناسی منطقه مورد مطالعه می باشد.

۴- با توجه به اهمیت عنصر طلا، با استفاده از مدل سازی نمودار احتمال این متغیر، مقادیر کوچکتر از ۱۵ppb (زمینه)، ۴۰-۱۵ (گذر) و بزرگتر از ۴۰ppb (آنومالی) تعیین گردیدند. سپس با استفاده از مدل تابع تفریقی (DFM) به تفکیک داده های این سه جامعه پرداخته و مناطق آنومال طلا با کلاس بندی نمونه های مربوطه شناسایی شدند. از دو روش کلی و Stepwise برای تعیین توابع استفاده شد که روش کلی با استفاده از اطلاعات همه عناصر (۴۹ عنصر) ۹۲٪ تغییرپذیری را توجیه

می کند (واضح است که استفاده از این روش نیاز به صرف هزینه و انجام محاسبات بیشتر دارد) و روش Stepwise با شناسایی هفت عنصر مهم و تاثیر گذار در کلاس بندی (Ta و Sb, P, Nb, B, As, Au)، ۸۵/۴٪ تغییرپذیری را توجیه می کند (واضح است که استفاده از این روش اگرچه از اعتبار کمتری نسبت به روند کلی دارد، اما با صرف هزینه و انجام محاسبات کمتر انجام می گیرد و در امر اکتشاف کاربردی تر به نظر می رسد).

۶-۲- ویژگی روش های چند متغیره PCA, Clustering و DFM

روش های چند متغیره PCA و Clustering با کاهش ابعاد تغییرپذیری و متغیرهای مستقل (عناصر) و ایجاد متغیرهای وابسته (مؤلفه اصلی در PCA و خوشه بندی در Clustering) سعی دارند ویژگی های منطقه را از نظر کانی سازی و سنگ های میزبان شناسایی کرده و با مقایسه با اطلاعات زمین شناسی، صحت تفاسیر مربوطه را مورد ارزیابی قرار دهند. یعنی از قبل عناصر کانی ساز را نمی شناسیم و صرفا یک سری اطلاعات اولیه تک متغیره و دو متغیره از عناصر داریم. در حالی که در روش DFM کانی سازی شناسایی شده (مثلا کانی سازی عنصر طلا) و هدف کلاس بندی نمونه ها و شناسایی جایگاه نمونه های با ارزش در منطقه مورد مطالعه است. به عبارت دیگر این روش آماری یک روش مکمل برای روش هایی مانند PCA و Clustering می باشد که اطلاعات پراکنده در مورد ویژگی های شناسایی شده کانی سازی را در قالب توابع خطی ساده طبقه بندی می کند که ضرایب این توابع، عیار عناصر با ارزش می باشد. بنابراین با داشتن نتایج آنالیز عناصر و این توابع با سطح اعتماد خوبی می توان ارزش نمونه مورد نظر را ارزیابی کرد.

بیشترین کاربرد روش DFM زمانی می تواند باشد که هدف تعیین شده و مناطق آنومال شناسایی شده و کارشناس برای نمونه برداری چک آنومالی به منطقه مورد مطالعه می رود. بعد از نمونه برداری نیازی نیست که همه عناصر نمونه ها آنالیز شوند. فقط آنالیز عناصر تاثیرگذار در طبقه بندی که توابع

براساس آنها تعریف شده‌اند کافی است. بنابراین توابع مورد نظر با توجه به ویژگی‌های جوامع معلوم، جایگاه نمونه‌های چک آنومالی را تعیین می‌کنند.

۳-۶- پیشنهادات

- ۱- با توجه به اهمیت عنصر طلا در این تحقیق از روش آنالیز تفریقی برای طبقه‌بندی نمونه‌های برداشت شده از منطقه و شناسایی مناطق آنومال استفاده شد، پیشنهاد می‌شود که از این روش برای طبقه‌بندی عناصر با ارزشی مانند Cu، Pb و Zn نیز استفاده شود.
- ۲- با توجه به اینکه آنالیز عناصری مانند طلا، دستگاه‌هایی با حد حساسیت بسیار پایین نیاز دارد و احتمال خطا در آنالیز آنها زیاد بوده و هزینه آنالیز آنها زیاد می‌باشد پیشنهاد می‌شود که از عناصری که همبستگی خوبی با طلا دارند (مانند Bi، As و Cu) یا به عبارتی ردیاب طلا محسوب می‌شوند و آنالیز آنها با صرف هزینه کمتر انجام می‌شود، در ترکیب توابع استفاده شوند و کلاس‌بندی با عناصر مذکور انجام گیرد.

منابع

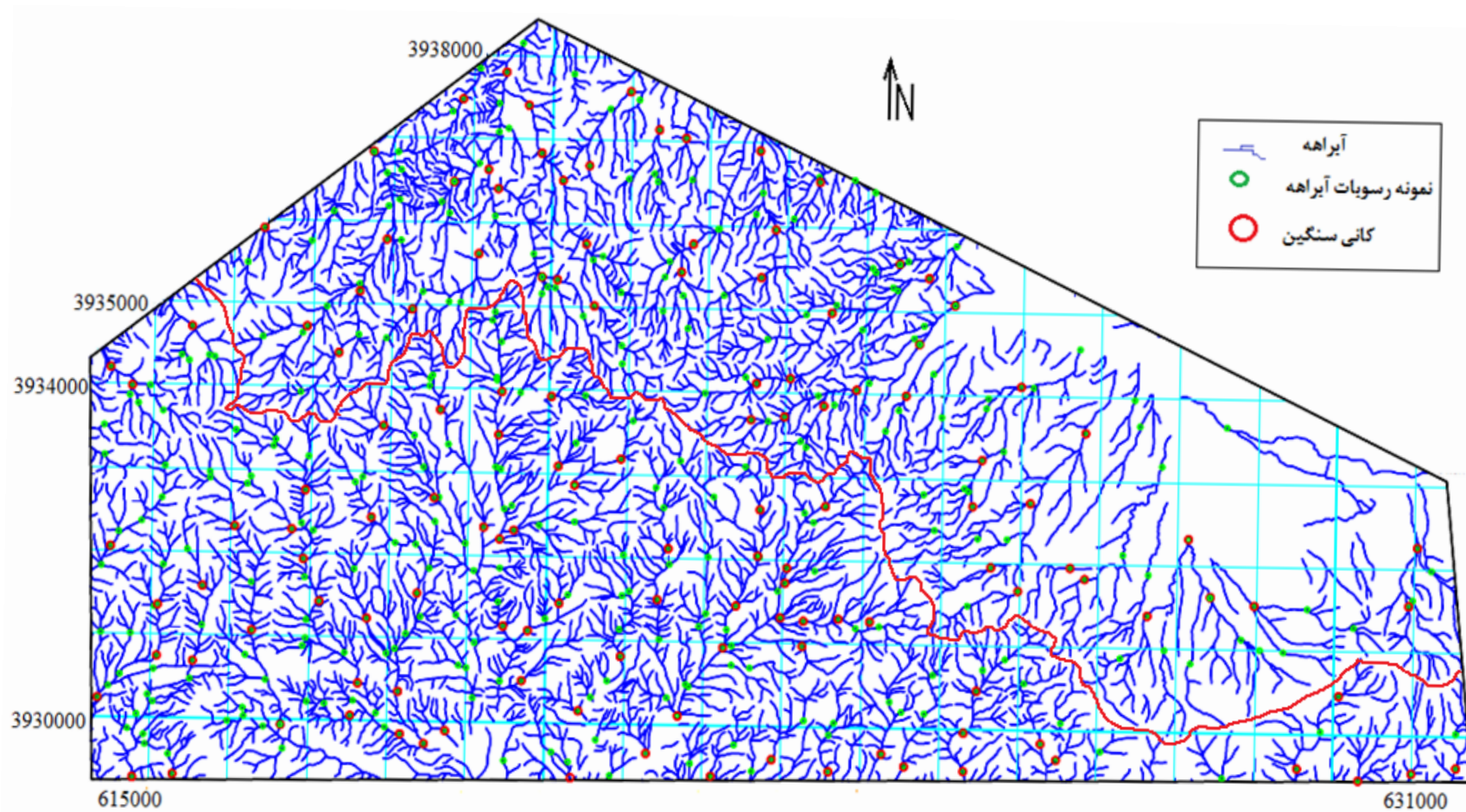
- ۱) حسنی پاک.ع، (۱۳۷۰)، *اصول اکتشافات ژئوشیمیایی*، انتشارات دانشگاه تهران
- ۲) حسنی پاک.ع، (۱۳۸۴)، *تحلیل داده‌های اکتشافی*، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ویرایش دوم
- ۳) حسنی پاک.ع، (۱۳۷۷)، *زمین آمار*، انتشارات دانشگاه تهران
- ۴) حسنی پاک.ع، (۱۳۷۶)، *ژئوشیمی اکتشافی*، انتشارات دانشگاه هرمزگان
- ۵) حسنی پاک.ع، (۱۳۸۰)، *نمونه برداری معدنی*، انتشارات دانشگاه تهران
- ۶) نادری میقان.ن، همکاران (۱۳۷۷) نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ شامکان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

- 7) Anderson, T., (2003), "*An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*", 3rd ed., Wiley, New York, 721p
- 8) Arsuyuki, O., Noboru, I., Shigeru, T., Yoshiko, T., 2005. "*Influence of surface geology and mineral deposits on the spartial distribution of element concentrations in the stream sediments of Hokkaido japan*". *j.geochem. Explor.* 86, 86-103.
- 9) Cannon, F.W., Woodruff, L.G., Pimely, S., 2004. "*Some statical relationships between stream sediment and soil geochemistry in northwestern Wisconsin- can stream sediment compositions be used to predict compositions of soils in glaciated terranes*" *J. Geochem. Explor.* 81, 29-46
- 10) Carranza, E.J.M., Martin, H., 1997. "*A catchment basin approach to the analysis of reconnaissance geochemical-geological data from Albay Province, Philippines*". *J. Geochem. Explor.* 62, 157-171

- 11) Chandrajith, R., Dissanayake, C.B., Tobschall, H.J., 2000. "*The stream sediment Geochemistry of the Walawe Ganga basin of Sri Lanka — implications for Gondwana Mineralization. Gondwana Res*". 3 (2), 189–204.
- 12) Cheng, Q., 1999, "*Spatial and Scaling Modeling for Geochemical Anomaly Separation*", *Jornal of Geochemical Exploration*, 65, P175- 194.
- 13) Davis, John.C, (2002), "*Statistics and Data Analysis in Geology*" United State of America, by J. Wiley in New York, 638p
- 14) Deng, J., Wang, Q., Yang, L., Gong, Q., Liu, H., 2010. "*Delineation and explanation of geochemical anomalies using fractal models in the Heqing area, Yunnan Province, China*". *Journal of Geochemical Exploration* 105 (2010) 95–105
- 15) FEDIKOW. M.A and TUREK. A, 1983, "*the application of stepwise discriminant analysis to geochemical data from the host rocks of the Sullivan Pb-Zn-Ag deposit, Kimberley, b.c., Canada*", *J.geol.* 231-244
- 16) Fletcher, W.K. (1981), "*Analytical Methods HN Geochemical Prospecting Handbook of Exploration Geochemistry, Vol. 1*", Elsevier, Amesterdam.
- 17) Ghavami-Riabi, R., 2007. "*Geochemical exploration for base metal sulphide deposits in an arid environment (eastern Namaqua Metamorphic Province), South Africa*". PhD thesis, Pretoria University, 306 pp
- 18) Ghavami-Riabi, R., seyedrahimi-niaraq, M.M., Khalokakaie, R., Hazareh, M.R., (2010). "*U-spatial statistic data modeled on a probability diagram for investigation of mineralization phases and exploratio of shear zone gold deposits*" *Jornal of Geochemical Exploration*, 104, 27-33
- 19) Govett, R.G. (1983), "*Handbook of Exploration Geochemistry, Vol. 2. (Statistical Data Analysis in Geochemical Prospecting)*", Amesterdam, Elsevier
- 20) Koch, G.S. and Link R.F. (1970), *Statistical Analysis of Geochemical Data*, John Wiley & Soans, Inc.
- 21) Miesch, A.T. (1981), "*Estimation of The Geochemical Threshold and its Statistical Significance*", *Journal of Geochemical Exploratin*, 16, P. 49 – 76.
- 22) Peh, Z., Halamić, J., 2010. "*Discriminant function model as a tool for classification of stratigraphically undefined radiolarian cherts in ophiolite zones.*" *Journal of Geochemical Exploration* 107 (2010) 30–38

- 23) Ranasinghe, P.N., Chandrajith, R.L.R., Dissnayake, C.B., Rupasinghe, M.S., (2002). "Importance of grain size factor in distribution of trace elements in stream sediment of tropical high grade terrains — a case study from Sri Lanka. *Chem. Erde* 62, 243–253." Urban & Fischer Verlag.
- 24) Ranasinghe. P.N., R Fernando. G.W.A.R, Dissanayake .C.B, Rupasinghe. M.S., Witter. D.L, (2009). "Statistical evaluation of stream sediment geochemistry in interpreting the river catchment of high-grade metamorphic terrains". *Journal of Geochemical Exploration* 103, 97–114
- 25) Sanford, F., Pierson, T. and Crovelli, R.A. (1993), "An Objective Replacement Method for Censored Geochemical Data", *Mathematical Geology*, 27(1): 59 – 79.
- 26) Swan, A. R. H., Sandiland, M., and McCabe, P., (1995), "Introduction to geological data analysis": *Blakwell Science*, 446p
- 27) Welmer. F.W. (1998), "Statistical Evaluation in Exploration For Mineral Deposits", Springer New York, P. 379
- 28) [www. Gsi. ir](http://www.Gsi.ir)
- 29) [www. Ngdir. ir](http://www.Ngdir.ir)

پوسٲیک



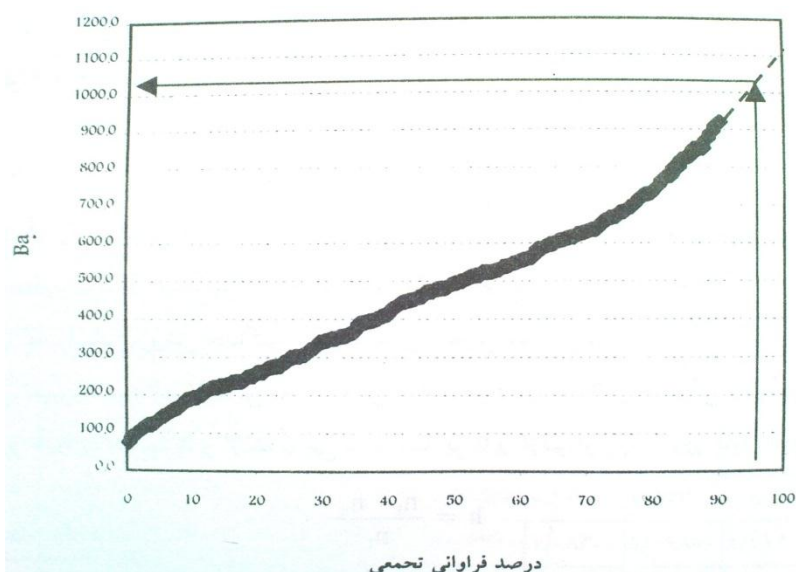
شکل (پ ۱-۱) نقشه رسوبات آبراهه و موقعیت نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی ثانویه و کانی سنگین در آن

پوست دو

پ ۱-۲- روش ترسیمی

در این روش، ابتدا درصد فراوانی تجمعی داده‌ها محاسبه می‌شود و سپس نمودار عیار بر حسب درصد فراوانی تجمعی رسم می‌شود. معمولاً به دلیل ماهیت لگاریتمی توزیع داده‌های اکتشافی به خصوص داده‌های ژئوشیمیایی محور افقی لگاریتمی انتخاب می‌شود. در این روش هدف آن است که در نهایت میانگین جامعه سنسورد تخمین زده شود و به جای مقادیر سنسورد جایگزین گردد [حسنی پاک ۱۳۸۴].

از قبل می‌دانیم که در روی منحنی فراوانی تجمعی میانگین داده‌ها مقداری متناظر با ۵۰٪ فراوانی تجمعی است. لذا میانگین جامعه سنسورد برابر مقدار متناظر با ۵۰٪ داده‌های سنسورد است. بر این اساس از برون‌یابی منحنی درصد فراوانی تجمعی داده‌های غیر سنسورد، مقدار میانگین جامعه سنسورد تخمین زده می‌شود [حسنی پاک ۱۳۸۴].



شکل (پ ۱-۲) نمودار درصد فراوانی تجمعی عنصر Ba [حسنی پاک ۱۳۸۴]

پ ۲-۲- روش بیشترین درست نمایی کوهن

ایده اصلی این روش آن است که مقادیر سنسورد بوسیله میانگین مقادیری که بدلیل محدودیت دستگاه اندازه گیری به صورت سنسورد گزارش شده اند، جایگزین گردد. در این روش براساس داده های غیر سنسورد، میانگین جامعه کل (سنسورد و غیر سنسورد) تخمین زده می شود و سپس از روی آن میانگین جامعه سنسورد محاسبه می شود. در این روش فرض می شود که داده ها توزیع نرمال دارند. اگر این فرض برقرار نباشد، باید با استفاده از یکی از روش های تبدیل، توزیع داده ها را نرمال کرد [حسنی پاک ۱۳۸۴].

$$\bar{X}_t = \bar{X}_u - \lambda(\bar{X}_u - X_o) \quad (۱)$$

$$S_t^2 = S_u^2 - \lambda(\bar{X}_u - X_o)^2 \quad (۲)$$

که در آن \bar{X}_u میانگین جامعه داده های غیر سنسورد، X_o حد حساسیت دستگاه اندازه گیری (مرز پایینی حد حساسیت)، \bar{X}_t میانگین جامعه کل داده ها، S_t^2 پراش جامعه کل داده ها و λ یک تابع کمکی است که براساس روش حداکثر درست نمایی تعیین می شود و مقدار آن براساس مقادیر h و γ و جداول مربوطه تعیین می شود.

$$h = \frac{n_t - n_u}{n_t} \quad (۳)$$

$$\gamma = \frac{S_u^2}{(\bar{X}_u - X_o)^2} \quad (۴)$$

در روابط فوق n_t تعداد کل مشاهدات (داده های سنسورد و غیر سنسورد) و n_u تعداد مشاهدات غیر سنسورد است.

رابطه بین میانگین کل داده ها با میانگین جوامع سنسورد و غیر سنسورد

$$\bar{X}_t * n_t = \bar{X}_u * n_u - \bar{X}_c * n_c \quad (۵)$$

که در آن n_c تعداد مشاهدات سنسورد و \bar{X}_c میانگین داده‌های واقعی جامعه سنسورد می‌باشد.

$$\gamma = \frac{\bar{X}_c}{X_o} \quad (6) \quad \text{فاکتور جانشینی} (\gamma) \text{ از رابطه مقابل بدست می‌آید.}$$

بنابراین از روابط (۱) و (۲) مقدار λ و از رابطه (۳) مقدار h بدست می‌آید و با استفاده از جدول ۲

و این دو مقدار، مقدار γ بدست می‌آید و در نهایت از رابطه (۶) مقدار \bar{X}_c بدست می‌آید.

جدول (پ ۲- ۱) مقادیر تابع کمکی $\lambda(h, \gamma)$ برای تخمین مقدار سنسورد به روش کوهن

h	$\gamma=0/0$	$\gamma=0/05$	$\gamma=0/10$	$\gamma=0/15$	$\gamma=0/20$	$\gamma=0/25$	$\gamma=0/30$	$\gamma=0/35$	$\gamma=0/40$	$\gamma=0/45$
0/01	0/01010	0/01055	0/01095	0/01131	0/01164	0/01195	0/01224	0/01252	0/01278	0/01304
0/02	0/02040	0/02129	0/02208	0/02279	0/02346	0/02408	0/02466	0/02521	0/02574	0/02624
0/03	0/03090	0/03223	0/03340	0/03447	0/03545	0/03638	0/03725	0/03808	0/03887	0/03962
0/04	0/04158	0/04335	0/04490	0/04632	0/04763	0/04886	0/05002	0/05112	0/05217	0/05318
0/05	0/05251	0/05467	0/05660	0/05836	0/05999	0/06152	0/06297	0/06435	0/06566	0/06692
0/06	0/06363	0/06619	0/06848	0/07059	0/07254	0/07437	0/07611	0/07776	0/07933	0/08085
0/07	0/07495	0/07791	0/08057	0/08301	0/08528	0/08741	0/08943	0/09136	0/09319	0/09495
0/08	0/08649	0/08983	0/09285	0/09563	0/09822	0/10065	0/10295	0/10515	0/10725	0/10926
0/09	0/09824	0/10197	0/10534	0/10845	0/11135	0/11408	0/11667	0/11914	0/12150	0/12377
0/10	0/11020	0/11431	0/11804	0/12148	0/12469	0/12772	0/13059	0/13333	0/13595	0/13847
0/15	0/17342	0/17925	0/18479	0/18985	0/19460	0/19910	0/20338	0/20747	0/21139	0/21517
0/20	0/24268	0/25033	0/25741	0/26405	0/27031	0/27626	0/28193	0/28737	0/29260	0/29765
0/25	0/31862	0/32793	0/33662	0/34480	0/35255	0/35993	0/36700	0/37379	0/38033	0/38665
0/30	0/40210	0/41300	0/42330	0/43300	0/44220	0/45100	0/45950	0/46760	0/47550	0/48310
0/35	0/49410	0/50660	0/51840	0/52960	0/54030	0/55060	0/56040	0/56990	0/57910	0/58800
0/40	0/59610	0/61010	0/62340	0/63610	0/64830	0/66000	0/67130	0/68210	0/69270	0/70310
0/45	0/70960	0/72520	0/74000	0/75420	0/76780	0/78100	0/79370	0/80600	0/81790	0/82950
0/50	0/83680	0/85400	0/87030	0/88600	0/90120	0/91580	0/93000	0/94370	0/95700	0/97000
0/55	0/98080	0/99940	1/01700	1/03500	1/05100	1/06700	1/08300	1/09800	1/11300	1/12700
0/60	1/14500	1/16600	1/18500	1/20400	1/22200	1/24000	1/25700	1/27400	1/29000	1/30600
0/65	1/33600	1/35800	1/37900	1/40000	1/41900	1/43900	1/45700	1/47600	1/49400	1/51100
0/70	1/56100	1/58500	1/60800	1/63000	1/65100	1/67200	1/69300	1/71300	1/73200	1/75100
0/80	2/17600	2/20300	2/22900	2/25500	2/28000	2/30500	2/32900	2/35300	2/37600	2/39900
0/90	3/28300	3/31400	3/34500	3/37600	3/40500	3/43500	3/46400	3/49200	3/52000	3/54700

ادامه جدول (پ ۲-۱)

h	$\gamma=0/155$	$\gamma=0/160$	$\gamma=0/165$	$\gamma=0/170$	$\gamma=0/175$	$\gamma=0/180$	$\gamma=0/185$	$\gamma=0/190$	$\gamma=0/195$	$\gamma=1$
0/01	0/01351	0/01374	0/01396	0/01417	0/01438	0/01458	0/01478	0/01497	0/01515	0/01534
0/02	0/02720	0/02765	0/02809	0/02851	0/02893	0/02933	0/02972	0/03011	0/03048	0/03085
0/03	0/04105	0/04173	0/04239	0/04303	0/04365	0/04426	0/04485	0/04543	0/04599	0/04654
0/04	0/05509	0/05560	0/05617	0/05673	0/05726	0/05786	0/05845	0/05902	0/05958	0/06014
0/05	0/06931	0/07044	0/07154	0/07261	0/07364	0/07466	0/07564	0/07661	0/07755	0/07847
0/06	0/08371	0/08507	0/08639	0/08767	0/08892	0/09013	0/09132	0/09248	0/09361	0/09472
0/07	0/09830	0/09989	0/10143	0/10292	0/10438	0/10580	0/10719	0/10854	0/10987	0/11116
0/08	0/11308	0/11490	0/11666	0/11837	0/12004	0/12167	0/12325	0/12480	0/12632	0/12780
0/09	0/12806	0/13011	0/13209	0/13402	0/13590	0/13773	0/13952	0/14126	0/14297	0/14465
0/10	0/14325	0/14552	0/14773	0/14987	0/15196	0/15400	0/15599	0/15793	0/15983	0/16170
0/15	0/22235	0/22578	0/22910	0/23234	0/23550	0/23858	0/24158	0/24452	0/24740	0/25022
0/20	0/30725	0/31184	0/31630	0/32065	0/32489	0/32903	0/33307	0/33703	0/34091	0/34471
0/25	0/39887	0/40447	0/41008	0/41555	0/42090	0/42612	0/43122	0/43622	0/44112	0/44592
0/30	0/49796	0/50450	0/51100	0/51735	0/52355	0/52960	0/53550	0/54125	0/54695	0/55250
0/35	0/60510	0/61333	0/62153	0/62960	0/63755	0/64530	0/65285	0/66020	0/66735	0/67440
0/40	0/72225	0/73200	0/74170	0/75120	0/76050	0/76960	0/77850	0/78720	0/79570	0/80400
0/45	0/85170	0/86250	0/87320	0/88370	0/89400	0/90410	0/91400	0/92370	0/93320	0/94250
0/50	0/99500	1/00070	1/00640	1/01200	1/01750	1/02280	1/02800	1/03300	1/03780	1/04250
0/55	1/15500	1/16600	1/17700	1/18800	1/19900	1/21000	1/22000	1/23000	1/24000	1/25000
0/60	1/33700	1/35100	1/36600	1/38000	1/39400	1/40800	1/42200	1/43500	1/44800	1/46100
0/65	1/54500	1/56100	1/57700	1/59300	1/60800	1/62400	1/63900	1/65300	1/66800	1/68200
0/70	1/78800	1/80600	1/82400	1/84100	1/85800	1/87500	1/89200	1/90800	1/92400	1/94000
0/80	2/44300	2/46500	2/48600	2/50700	2/52800	2/54800	2/56800	2/58800	2/60700	2/62600
0/90	3/60100	3/62800	3/65400	3/67900	3/70500	3/73000	3/75400	3/77900	3/80300	3/82700

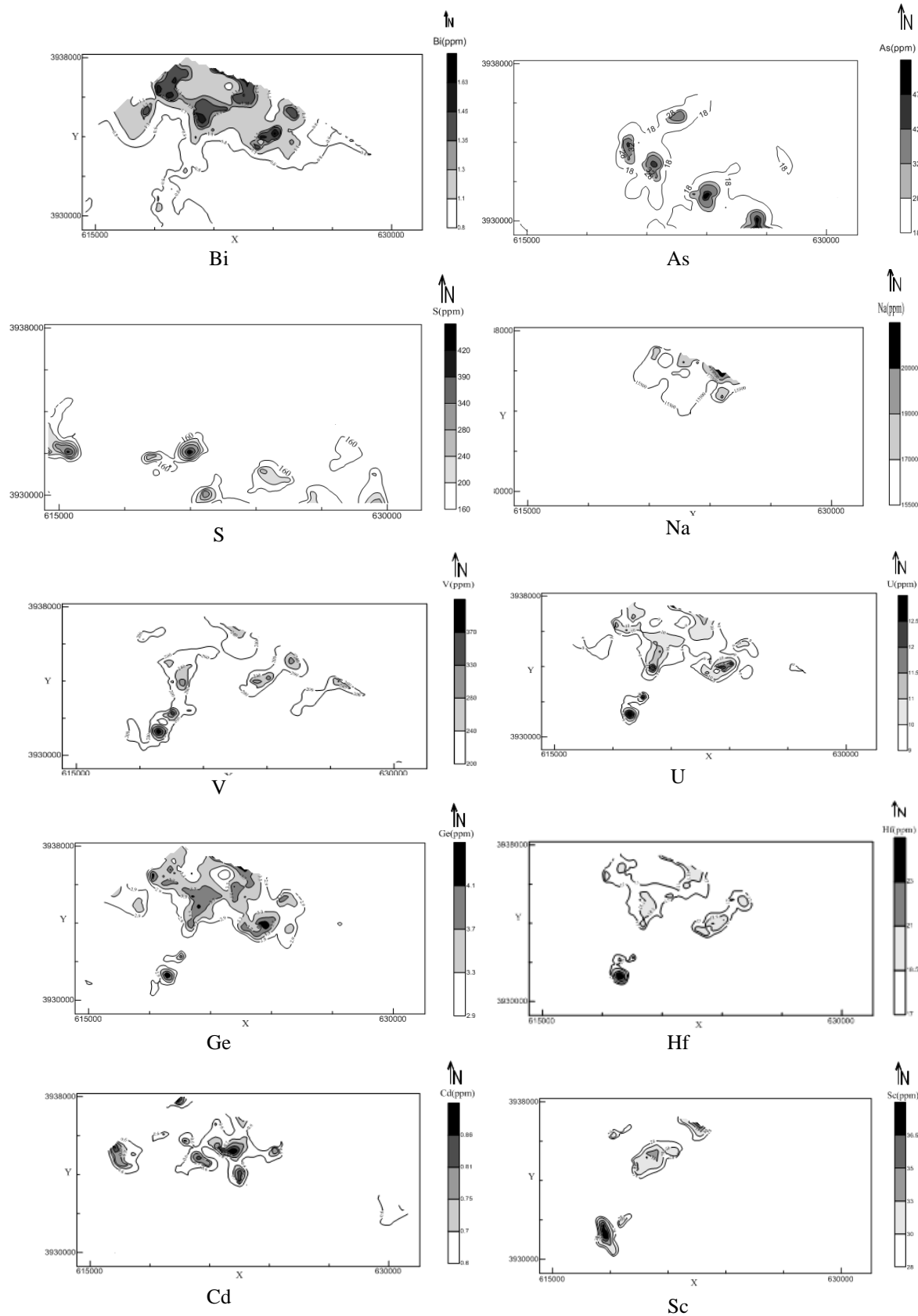
جدول (پ ۲-۲): اطلاعات مربوط به نرمال یا غیرنرمال بودن عناصر

عناصر	نرمال	لاگ نرمال	سایر توزیع‌ها
Au		تقریبا ✓	
Ag			✓
Al			✓
As		تقریبا ✓	
B		تقریبا ✓	
Ba		تقریبا ✓	
Be		✓	
Bi			✓
Ca		تقریبا ✓	
Cd	تقریبا ✓		
Ce	✓		
Co		✓	
Cr			✓
Cs			✓
Cu		تقریبا ✓	
Dy	تقریبا ✓		
Eu	✓		
Fe	✓		
Ga	✓		
Ge		✓	
Hf			✓
Hg	✓		
K		تقریبا ✓	
La		تقریبا ✓	
Li	تقریبا ✓		
Mg		تقریبا ✓	
Mn		✓	

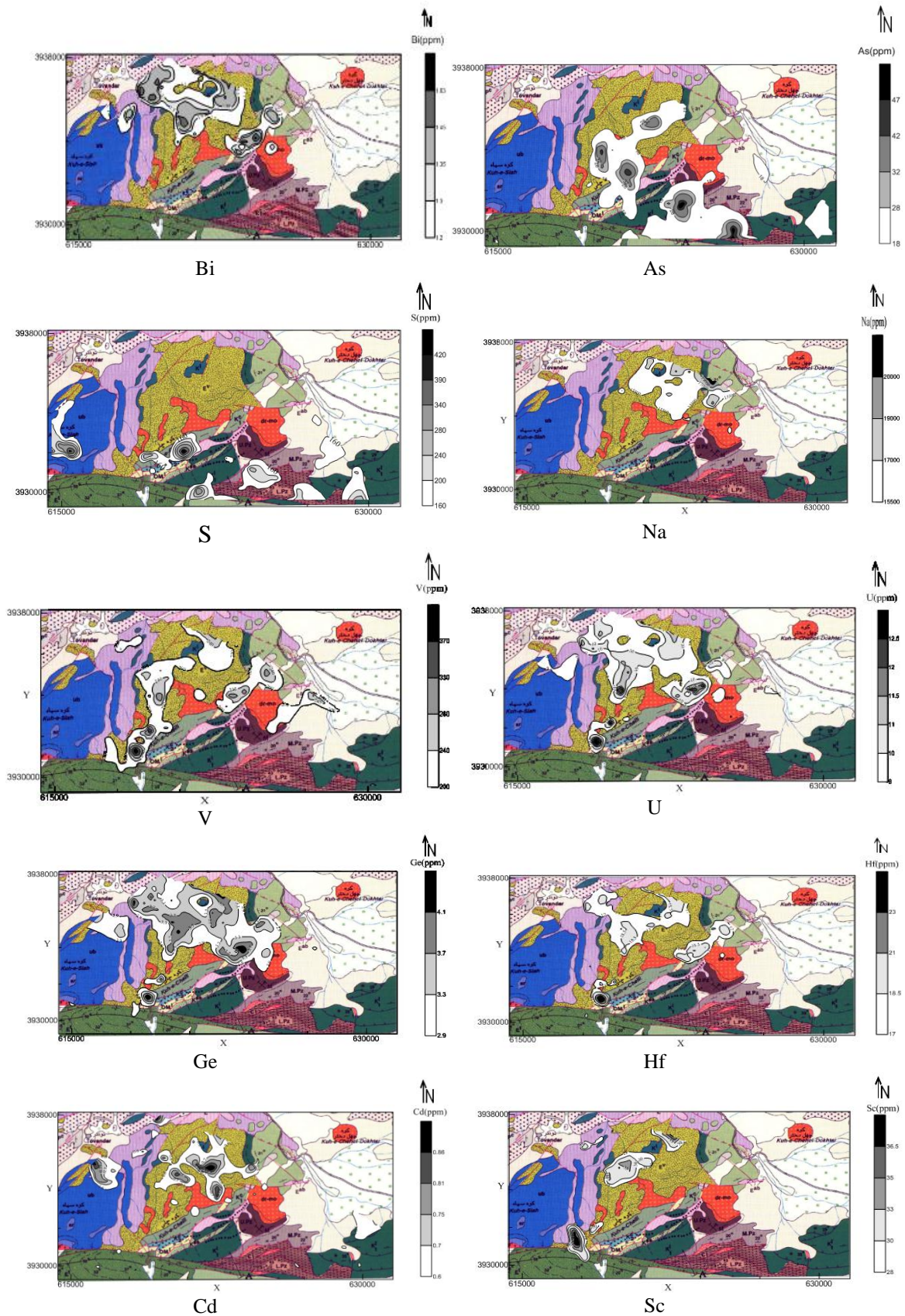
پیوست دو

ادامه جدول (پ ۲-۲): اطلاعات مربوط به نرمال یا غیرنرمال بودن عناصر

عناصر	نرمال	لاگ نرمال	سایر توزیعها
Mo			✓
Na	✓		
Nb			✓
Nd		تقریبا ✓	
Ni			✓
P	✓		
Pb		✓	
Rb			✓
S		تقریبا ✓	
Sb			✓
Sc			✓
Se			✓
Sm	✓		
Sn	✓		
Sr		تقریبا ✓	
Ta	تقریبا ✓		
Te	تقریبا ✓		
Th	تقریبا ✓		
Ti	تقریبا ✓		
Tl			✓
U		تقریبا ✓	
V		تقریبا ✓	
W			✓
Y			✓
Yb	تقریبا ✓		
Zn		تقریبا ✓	
Zr		تقریبا ✓	



شکل (پ ۲- ۲) نقشه پراکندگی بعضی از عناصر مهم که همبستگی خوبی با طلا دارند



شکل (پ ۲-۳) تلفیق نقشه زمین‌شناسی منطقه و نقشه پراکندگی عناصری که همبستگی خوبی با طلا دارند.

پوست

جدول (پ ۳-۱) مقادیر تابع توزیع F

درجه آزادی مخرج	احتمال F	درجه آزادی صورت								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	.100	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86
	.050	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5
	.025	647.8	799.5	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.7	963.3
	.010	4052	4999.5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022
	.005	16211	20000	21615	22500	23056	23437	23715	23925	24091
2	.100	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38
	.050	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
	.025	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39
	.010	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39
	.005	198.5	199.0	199.2	199.2	199.3	199.3	199.4	199.4	199.4
3	.100	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24
	.050	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
	.025	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47
	.010	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35
	.005	55.55	49.80	47.47	46.19	45.39	44.84	44.43	44.13	43.88
4	.100	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94
	.050	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
	.025	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90
	.010	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66
	.005	31.33	26.28	24.26	23.15	22.46	21.97	21.62	21.35	21.14
5	.100	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32
	.050	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
	.025	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68
	.010	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16
	.005	22.78	18.31	16.53	15.56	14.94	14.51	14.20	13.96	13.77
6	.100	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96
	.050	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
	.025	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52
	.010	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98
	.005	18.63	14.54	12.92	12.03	11.46	11.07	10.79	10.57	10.39
7	.100	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72
	.050	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
	.025	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82
	.010	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72
	.005	16.24	12.40	10.88	10.05	9.52	9.16	8.89	8.68	8.51
8	.100	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
	.050	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
	.025	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36
	.010	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
	.005	14.69	11.04	9.60	8.81	8.30	7.95	7.69	7.50	7.34
9	.100	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44
	.050	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
	.025	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03
	.010	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35
	.005	13.61	10.11	8.72	7.96	7.47	7.13	6.88	6.69	6.54
10	.100	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35
	.050	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
	.025	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78
	.010	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94
	.005	12.83	9.43	8.08	7.34	6.87	6.54	6.30	6.12	5.97
11	.100	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27
	.050	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
	.025	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59
	.010	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63
	.005	12.23	8.91	7.60	6.88	6.42	6.10	5.86	5.68	5.54
12	.100	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21
	.050	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
	.025	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44
	.010	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39
	.005	11.75	8.51	7.23	6.52	6.07	5.76	5.52	5.35	5.20
13	.100	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16
	.050	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
	.025	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31
	.010	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19
	.005	11.37	8.19	6.93	6.23	5.79	5.48	5.25	5.08	4.94
14	.100	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12
	.050	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
	.025	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21
	.010	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03
	.005	11.06	7.92	6.68	6.00	5.56	5.26	5.03	4.86	4.72

ادامه جدول (پ ۳-۱)

درجه آزادی صورت											
10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	P	df
60.19	60.71	61.22	61.74	62.00	62.26	62.53	62.79	63.06	63.33	.100	1
241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3	.050	
968.6	976.7	984.9	993.1	997.2	1001	1006	1010	1014	1018	.025	
6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366	.010	
24224	24426	24630	24836	24940	25044	25148	25253	25359	25465	.005	
9.39	9.41	9.42	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47	9.48	9.49	.100	2
19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	.050	
39.40	39.41	39.43	39.45	39.46	39.46	39.47	39.48	39.49	39.50	.025	
99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50	.010	
199.4	199.4	199.4	199.4	199.5	199.5	199.5	199.5	199.5	199.5	.005	
5.23	5.22	5.20	5.18	5.18	5.17	5.16	5.15	5.14	5.13	.100	3
8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	.050	
14.42	14.34	14.25	14.17	14.12	14.08	14.04	13.99	13.95	13.90	.025	
27.23	27.05	26.87	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13	.010	
43.69	43.39	43.08	42.78	42.62	42.47	42.31	42.15	41.99	41.83	.005	
3.92	3.90	3.87	3.84	3.83	3.82	3.80	3.79	3.78	3.76	.100	4
5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	.050	
8.84	8.75	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36	8.31	8.26	.025	
14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46	.010	
20.97	20.70	20.44	20.17	20.03	19.89	19.75	19.61	19.47	19.32	.005	
3.30	3.27	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14	3.12	3.10	.100	5
4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36	.050	
6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02	.025	
10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02	.010	
13.62	13.38	13.15	12.90	12.78	12.66	12.53	12.40	12.27	12.14	.005	
2.94	2.90	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76	2.74	2.72	.100	6
4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	.050	
5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96	4.90	4.85	.025	
7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88	.010	
10.25	10.03	9.81	9.59	9.47	9.36	9.24	9.12	9.00	8.88	.005	
2.70	2.67	2.63	2.59	2.58	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47	.100	7
3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	.050	
4.76	4.67	4.57	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25	4.20	4.14	.025	
6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65	.010	
8.38	8.18	7.97	7.75	7.65	7.53	7.42	7.31	7.19	7.08	.005	
2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34	2.32	2.29	.100	8
3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	.050	
4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.84	3.78	3.73	3.67	.025	
5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86	.010	
7.21	7.01	6.81	6.61	6.50	6.40	6.29	6.18	6.06	5.95	.005	
2.42	2.38	2.34	2.30	2.28	2.25	2.23	2.21	2.18	2.16	.100	9
3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	.050	
3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45	3.39	3.33	.025	
5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31	.010	
6.42	6.23	6.03	5.83	5.73	5.62	5.52	5.41	5.30	5.19	.005	
2.32	2.28	2.24	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06	.100	10
2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	.050	
3.72	3.62	3.52	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08	.025	
4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91	.010	
5.85	5.66	5.47	5.27	5.17	5.07	4.97	4.86	4.75	4.64	.005	
2.25	2.21	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03	2.00	1.97	.100	11
2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	.050	
3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88	.025	
4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60	.010	
5.42	5.24	5.05	4.86	4.76	4.65	4.55	4.44	4.34	4.23	.005	
2.19	2.15	2.10	2.06	2.04	2.01	1.99	1.96	1.93	1.90	.100	12
2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	.050	
3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85	2.79	2.72	.025	
4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36	.010	
5.09	4.91	4.72	4.53	4.43	4.33	4.23	4.12	4.01	3.90	.005	
2.14	2.10	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90	1.88	1.85	.100	13
2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	.050	
3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72	2.66	2.60	.025	
4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17	.010	
4.82	4.64	4.46	4.27	4.17	4.07	3.97	3.87	3.76	3.65	.005	
2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.80	.100	14
2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	.050	
3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61	2.55	2.49	.025	
3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00	.010	
4.60	4.43	4.25	4.06	3.96	3.86	3.76	3.66	3.55	3.44	.005	

ادامه جدول (پ ۳-۱)

درجه آزادی صورت											
10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	P	df
2.06	2.02	1.97	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82	1.79	1.76	.100	15
2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	.050	
3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.59	2.52	2.46	2.40	.025	
3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87	.010	
4.42	4.25	4.07	3.88	3.79	3.69	3.58	3.48	3.37	3.26	.005	
2.03	1.99	1.94	1.89	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	.100	16
2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	.050	
2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45	2.38	2.32	.025	
3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75	.010	
4.27	4.10	3.92	3.73	3.64	3.54	3.44	3.33	3.22	3.11	.005	
2.00	1.96	1.91	1.86	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	.100	17
2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	.050	
2.92	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.25	.025	
3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65	.010	
4.14	3.97	3.79	3.61	3.51	3.41	3.31	3.21	3.10	2.98	.005	
1.99	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	.100	18
2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	.050	
2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.26	2.19	.025	
3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57	.010	
4.03	3.86	3.68	3.50	3.40	3.30	3.20	3.10	2.99	2.87	.005	
1.96	1.91	1.86	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70	1.67	1.63	.100	19
2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	.050	
2.82	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27	2.20	2.13	.025	
3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49	.010	
3.93	3.76	3.59	3.40	3.31	3.21	3.11	3.00	2.89	2.78	.005	
1.94	1.89	1.84	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68	1.64	1.61	.100	20
2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	.050	
2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09	.025	
3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42	.010	
3.85	3.68	3.50	3.32	3.22	3.12	3.02	2.92	2.81	2.69	.005	
1.92	1.87	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	.100	21
2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	.050	
2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18	2.11	2.04	.025	
3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36	.010	
3.77	3.60	3.43	3.24	3.15	3.05	2.95	2.84	2.73	2.61	.005	
1.90	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	.100	22
2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	.050	
2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14	2.08	2.00	.025	
3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31	.010	
3.70	3.54	3.36	3.18	3.08	2.98	2.88	2.77	2.66	2.55	.005	
1.89	1.84	1.80	1.74	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	1.55	.100	23
2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	.050	
2.67	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11	2.04	1.97	.025	
3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26	.010	
3.64	3.47	3.30	3.12	3.02	2.92	2.82	2.71	2.60	2.48	.005	
1.88	1.83	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61	1.57	1.53	.100	24
2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	.050	
2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08	2.01	1.94	.025	
3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21	.010	
3.59	3.42	3.25	3.06	2.97	2.87	2.77	2.66	2.55	2.43	.005	
1.87	1.82	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	.100	25
2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	.050	
2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05	1.98	1.91	.025	
3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17	.010	
3.54	3.37	3.20	3.01	2.92	2.82	2.72	2.61	2.50	2.38	.005	
1.86	1.81	1.76	1.71	1.68	1.65	1.61	1.58	1.54	1.50	.100	26
2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69	.050	
2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.03	1.95	1.88	.025	
3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13	.010	
3.49	3.33	3.15	2.97	2.87	2.77	2.67	2.56	2.45	2.33	.005	
1.85	1.80	1.75	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	1.53	1.49	.100	27
2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67	.050	
2.57	2.47	2.36	2.25	2.19	2.13	2.07	2.00	1.93	1.85	.025	
3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10	.010	
3.45	3.28	3.11	2.93	2.83	2.73	2.63	2.52	2.41	2.29	.005	
1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48	.100	28
2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	.050	
2.55	2.45	2.34	2.23	2.17	2.11	2.05	1.98	1.91	1.83	.025	
3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06	.010	
3.41	3.25	3.07	2.89	2.79	2.69	2.59	2.48	2.37	2.25	.005	

ادامه جدول (پ ۳-۱)

درجه آزادی مخرج	احتمال F	درجه آزادی صورت								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	.100	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09
	.050	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
	.025	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12
	.010	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89
	.005	10.80	7.70	6.48	5.80	5.37	5.07	4.85	4.67	4.54
16	.100	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06
	.050	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
	.025	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05
	.010	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78
	.005	10.58	7.51	6.30	5.64	5.21	4.91	4.69	4.52	4.38
17	.100	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03
	.050	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
	.025	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98
	.010	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68
	.005	10.38	7.35	6.16	5.50	5.07	4.78	4.56	4.39	4.25
18	.100	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00
	.050	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
	.025	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93
	.010	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60
	.005	10.22	7.21	6.03	5.37	4.96	4.66	4.44	4.28	4.14
19	.100	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98
	.050	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
	.025	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88
	.010	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52
	.005	10.07	7.09	5.92	5.27	4.85	4.56	4.34	4.18	4.04
20	.100	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96
	.050	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
	.025	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84
	.010	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46
	.005	9.94	6.99	5.82	5.17	4.76	4.47	4.26	4.09	3.96
21	.100	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95
	.050	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
	.025	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80
	.010	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40
	.005	9.83	6.89	5.73	5.09	4.68	4.39	4.18	4.01	3.88
22	.100	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93
	.050	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
	.025	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76
	.010	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35
	.005	9.73	6.81	5.65	5.02	4.61	4.32	4.11	3.94	3.81
23	.100	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92
	.050	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
	.025	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73
	.010	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30
	.005	9.63	6.73	5.58	4.95	4.54	4.26	4.05	3.88	3.75
24	.100	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91
	.050	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
	.025	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70
	.010	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26
	.005	9.55	6.66	5.52	4.89	4.49	4.20	3.99	3.83	3.69
25	.100	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89
	.050	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
	.025	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68
	.010	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22
	.005	9.48	6.60	5.46	4.84	4.43	4.15	3.94	3.78	3.64
26	.100	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88
	.050	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
	.025	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65
	.010	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18
	.005	9.41	6.54	5.41	4.79	4.38	4.10	3.89	3.73	3.60
27	.100	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87
	.050	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
	.025	5.63	4.24	3.64	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63
	.010	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15
	.005	9.34	6.49	5.36	4.74	4.34	4.06	3.85	3.69	3.56
28	.100	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87
	.050	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
	.025	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61
	.010	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12
	.005	9.28	6.44	5.32	4.70	4.30	4.02	3.81	3.65	3.52

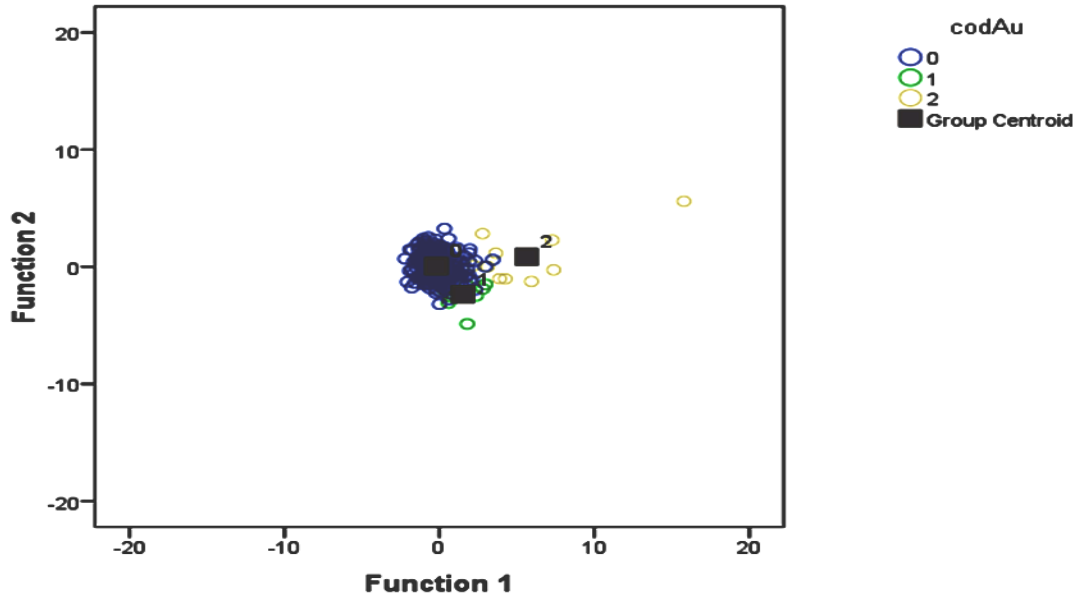
ادامه جدول (پ ۳-۱)

درجه آزادی صورت											
10	12	15	20	24	30	40	60	120	α	P	df
1.83	1.78	1.73	1.68	1.65	1.62	1.58	1.55	1.51	1.47	.100	29
2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64	.050	
2.53	2.43	2.32	2.21	2.15	2.09	2.03	1.96	1.99	1.81	.025	
3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03	.010	
3.38	3.21	3.04	2.86	2.76	2.66	2.56	2.45	2.33	2.21	.005	
1.82	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46	.100	30
2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	.050	
2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79	.025	
2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01	.010	
3.34	3.18	3.01	2.82	2.73	2.63	2.52	2.42	2.30	2.18	.005	
1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.38	.100	40
2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	.050	
2.39	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64	.025	
2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80	.010	
3.12	2.95	2.78	2.60	2.50	2.40	2.30	2.18	2.06	1.93	.005	
1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29	.100	60
1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	.050	
2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48	.025	
2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60	.010	
2.90	2.74	2.57	2.39	2.29	2.19	2.08	1.96	1.83	1.69	.005	
1.65	1.60	1.55	1.48	1.45	1.41	1.37	1.32	1.26	1.19	.100	120
1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	.050	
2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31	.025	
2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38	.010	
2.71	2.54	2.37	2.19	2.09	1.98	1.87	1.75	1.61	1.43	.005	
1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.00	.100	α
1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	.050	
2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.00	.025	
2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00	.010	
2.52	2.36	2.19	2.00	1.90	1.79	1.67	1.53	1.36	1.00	.005	

درجه آزادی متخرج	احتمال F	درجه آزادی صورت								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
29	.100	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86
	.050	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
	.025	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59
	.010	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09
	.005	9.23	6.40	5.28	4.66	4.26	3.98	3.77	3.61	3.48
30	.100	2.88	2.49	2.28	2.14	2.05	1.98	1.93	1.88	1.85
	.050	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
	.025	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57
	.010	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07
	.005	9.18	6.35	5.24	4.62	4.23	3.95	3.74	3.58	3.45
40	.100	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79
	.050	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
	.025	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45
	.010	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89
	.005	8.83	6.07	4.98	4.37	3.99	3.71	3.51	3.35	3.22
60	.100	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74
	.050	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
	.025	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33
	.010	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72
	.005	8.49	5.79	4.73	4.14	3.76	3.49	3.29	3.13	3.01
120	.100	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68
	.050	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
	.025	5.15	3.80	3.23	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22
	.010	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56
	.005	8.18	5.54	4.50	3.92	3.55	3.28	3.09	2.93	2.81
α	.100	2.71	2.30	2.08	1.94	1.85	1.77	1.72	1.67	1.63
	.050	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88
	.025	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11
	.010	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41
	.005	7.88	5.30	4.28	3.72	3.35	3.09	2.90	2.74	2.62

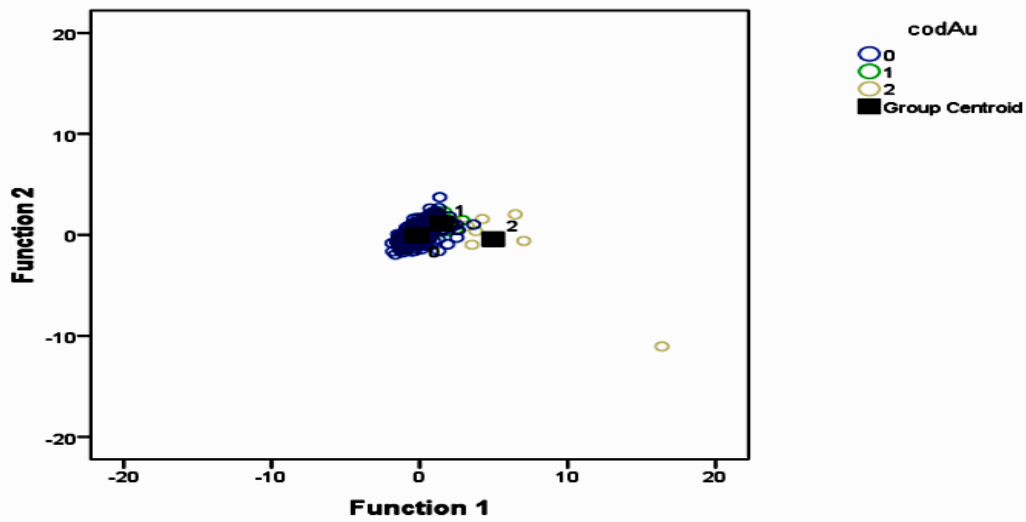
پوست چهار

Canonical Discriminant Functions



شکل (پ ۴-۱) نقشه پراکندگی نمونه‌های متعلق به سه جامعه (رند کلی فصل پنجم)

Canonical Discriminant Functions



شکل (پ ۴-۲) نقشه پراکندگی نمونه‌های متعلق به سه جامعه به روش Stepwise (فصل پنجم)

با استفاده از نرم‌افزار Matlab و کد ساده زیر داده‌ها نرمال شده است.

```
clear all;close all;
x=xlsread('C:\Users \Desktop\data.xlsx');
mn=mean(x);
sdx=std(x);
for i=1:size(x,1)
    outputdata(i,:)=(x(i,:)-mn)./(sdx+(sdx==0));
end
xlswrite('normaldata',outputdata)
plot(outputdata(:,1))
```


Abstract

The current thesis focused on SHAMKAN stream sediment lithogeochemistry investigation. The study area is located on the north-east of Iran in Khorasan-Razavi Province.

During the exploration program, 398 stream sediments (30 duplicate samples) and 131 heavy mineral samples were taken from the study area. Size fraction of -230 mesh of stream sediment and -20 mesh of heavy minerals were separated and sent for analysis. The stream sediment samples were analyzed by ICP-OES for 54 elements in the geology society of Iran-Tehran lab.

Data preparation was the first step to confirm the data set. In the next step, single, two and multi – variant analyses were done on data set. Elements such as Cr, B, Pb, Cu, and Au were introduced as first priority based on the single – variant analysis and secondary dispersion haloes. According to the statistical analyses, Sb, Al, V, Tl, Zn, Ni, Mg, Mn were considered as second priority and the elements with the third priority were As and S.

According to the correlation coefficient, Au was shown a good correlation with V, Bi, Na, Cu, Ge, Cd, Hf, Sc, U. The geochemical dispersion hole maps of the corresponding elements were illustrated a good overlap in the center, north and NW of the study area. Therefore, these elements were considered as first priority. There were a very good correlation coefficients between U- Hf-Ge with B, Al- V- Sc- Ti- Na- Ga- Bi with Cu, and V- Cu- Al with Na.

Cluster analysis and principal component analysis were applied and identified probable mineralization of Au, Pb, Zn, and Cu. The relationship of Cu, V, Mg, Co, Cr, Ni and Au in a cluster was interpreted as of hydrothermal fluids effects on ultramafic, mafic to intermediate rocks. The gold anomaly area close to the outcrops of granitoid rocks might be assumed as relationship of these intrusive rocks and mineralization.

The cluster analysis was grouped Pb together with effects of sedimentary rocks. is result was confirmed by the heavy mineral geochemistry investigations.

Gold was used as high priority element for the next statistical analysis. The probability plot modeling method was used to separate the background from transition and anomaly data. Three codes of 0, 1 and 2 were used for background, transition and anomaly data and discriminant function modeling, DFM.

The general trend of DFM was used to evaluate the correlation of all elements with their sub population. The stepwise method was applied to determine the most important elements and their correlation with their sub-population. The general trend could evaluate 92% of relation based on all elements and stepwise could recognize 85.4% of variations based on seven elements. The seven elements were introduced for the follow up exploration program use.

In the current research, Au was introduced as target for DFM. In the case of polymetal mineralization, DFM technique needs to use for all of the polymetals.

Keywords: Stream sediments, clustering analysis, PCA, DFM, Shamkan, Anomaly.



Shahrood University of Technology

School of Mining, Petroleum & Geophysics Engineering

A thesis for the Achievement of the Degree of Master of Engineering

**Identification of the mineralized areas by using anomaly separation
methods and discrimination analysis for lithochemical data of
Shamkan area**

Akbar Sharifi

Supervisor:

Dr. Reza Ghavami-Riabi

Advisor:

Mohammad Jafari

Date: February 2012