

۲-۱- مقدمه:

در عملیات اکتشاف ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰ نظر به وسعت محدوده‌ی تحت پوشش هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه مورد بررسی قرار می‌گیرند. اکثر این مطالعات به نحوه‌ی توزیع عناصر در هاله‌های ثانویه‌ی سطحی مانند رسوبات رودخانه‌ای، آبرفت‌ها، یخرفت‌ها و خاک بستگی دارد. هدف از نمونه‌برداری و سایر عملیات اکتشافی در این مقیاس، کشف تمرکزهای غیرعادی از عناصر مرتبط با کانی‌سازی احتمالی در محیط‌های ثانویه‌ی حاصل از فرسایش خواهد بود. در این خصوص هر چه هاله‌ی ثانویه وسیع‌تر و به هاله 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.

در این چهارچوب واضح است که رخدادهای متعددی باعث می‌گردند تا هاله‌ی ثانویه توسعه یافته در نواحی پایین‌دست نقاط کانی‌سازی شده، توزیع دوباره یابد و همبستگی ژنتیکی و انطباق فضایی مورد نظر مغشوش شود. این نوع اغتشاشات کار تفسیر هاله‌های ثانویه را در جهت تعیین هر چه دقیق‌تر منشأ دشوار ساخته و از این نظر ارزش اکتشافی آن‌ها را خواهد کاست. به عنوان مثال می‌توان به این موضوع اشاره کرد که روش اکتشافات آبراهه‌ای، رسوبات رودخانه‌هایی که در سنگ بستر حفر شده‌اند از ارزش اکتشافی بالاتری نسبت به رودخانه‌ای که در آبرفت‌ها و یا محیط‌های ثانویه‌ی دیگر حفر گردیده برخوردارند.

همان‌طور که اشاره شد یکی از محیط‌های تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ محیط رسوبات رودخانه‌ای است که تحت شرایط آب و هوایی گوناگون قابل نمونه‌برداری هستند. استفاده از ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای به مدت بیش از ۵۰ سال نشان داده است که این روش، یک متد مستقل و مفید برای تشخیص نواحی با پتانسیل بالای معدنی می‌باشد. بنیادی‌ترین پیش‌فرض در این روش آن است که یک رسوب آبراهه‌ای معرف محصولات هوازدگی و فرسایش در بالادست محل نمونه‌برداری می‌باشد. به هر ترتیب برداشت و آنالیز سیستماتیک نمونه‌های آبراهه‌ای یک روش معمول در اکتشافات کانساری، هم در مقیاس ناحیه‌ای و هم در عملیات تفصیلی‌تر در اغلب نقاط جهان 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 نمونه برداری و آماده سازی

در مقابل این مزایا بالا بودن پتانسیل آلودگی برای محیط‌ها، به خصوص در صورت وجود مواد آلی که تفسیر داده‌ها را کمی پیچیده خواهد نمود یک نقص برای این روش اکتشافی محسوب می‌گردد. متغیرهای مؤثر در تمرکز عناصر در رسوبات رودخانه‌ای زیاد هستند. در حالت کلی نسبت اجزاء آواری و دانه بندی آن‌ها، میزان تمرکز مواد کلوئیدی در رسوبات و بالاخره PH و Eh محیط از عمده‌ترین عوامل کنترل کننده تمرکز عناصر می‌باشند.

باتوجه به موارد برشمرده، اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه‌ای می‌تواند تا حد زیادی، روشن کننده روندهای کانی سازی و خصوصیات اقتصادی ناحیه‌ی مورد مطالعه باشد. پس این روش به عنوان اصلی‌ترین لایه اطلاعاتی جهت تشخیص پتانسیل‌های معدنی احتمالی در برگه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ به‌باباد مورد استفاده و تجزیه و تحلیل قرار گرفت که شرح فعالیت‌های انجام شده در ادامه خواهد آمد.

۲-۲- طراحی شبکه‌ی نمونه برداری:

در انتخاب و تشخیص نواحی دارای احتمال کانه‌زایی آن‌چه مد نظر است محدود کردن مناطق امیدبخش از چند صد کیلومتر مربع به چند کیلومتر مربع، به وسیله عملیات ژئوشیمیایی و مؤلفه‌های فضایی شناخته شده، می‌باشد. از آن‌جا که تکنیک‌هایی بعد از این مرحله تفضیلی و گران هستند، ضروری است که طراحی و تعیین اهداف مورد نظر و محدود ساختن آن‌ها به مناطق حتی‌الامکان کوچک‌تر، با دقت هرچه تمام‌تر صورت گیرد برای رسیدن به این مقصود از اطلاعات ذیل بهره گرفته شد:

الف) نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ به‌باباد

ب) نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ به‌باباد، بنستان، گیتری و چشمه‌تلخاب

ج) نقشه‌ی ژئومغناطیس هوایی ۱:۲۵۰/۰۰۰ راور

چگالی برداشت نمونه‌ها، براساس شرح خدمات پروژه، یک نمونه در هر ۲ کیلومتر مربع از آبراهه‌های منشأ گرفته از رخنمون‌های سنگی و یک نمونه از هر ۸ کیلومتر مربع دشت در نظر گرفته شد. در طراحی شبکه مواردی هم‌چون حداکثر یکنواختی توزیع نمونه‌ها و متناسب بودن تعداد نمونه‌ها با مساحت حوضه‌ی آبریز لحاظ گردید که چون تمامی این اهداف با استفاده از روش مرکز ثقل توپولوژیکی شبکه‌ی آبراهه‌ای محقق می‌گردد اساس طراحی شبکه این متد در نظر گرفته شد.

به جهت حصول نتایج واقعی، علاوه بر معیارهای اصولی بر شمرده شده موارد زیر نیز مورد توجه قرار گرفت:

الف) اولویت دادن به رسوبات آبراهه‌ای که سنگ بستر خود را قطع می‌کنند؛

ب) در صورت کاهش تعداد حوضه‌های آبریز، مساحت آن‌ها و یا تعداد انشعابات آن‌ها که عموماً از ویژگی مناطق با توپوگرافی متوسط تا آرام می‌باشند و عاملی تا آبراهه‌هایی که قدرت حفر بستر خود را دارند کم شوند، رسوبات رودخانه‌هایی که سنگ بستر را قطع نمی‌کنند به عنوان گزینه‌ای اجباری و البته در مقایسه با سایر گزینه‌ها بهترین انتخاب، در اولویت هستند؛

ج) در صورت نبود آبراهه‌های نوع اخیر اولویت با آبرفت‌های غیر کشاورزی است؛

د) در مناطقی با پوشش گسترده‌ای از رسوبات بادرفتی، هرچند که آبراهه‌ی قطع‌کننده‌ی آن از انواع اصلی و مهم نیز باشد، نمونه‌برداری از پایین‌دست آن‌ها صحیح نیست، زیرا اولاً منشأ این رسوبات مشخص نیست و در ثانی به علت کوچک بودن اندازه این رسوبات (کمتر از ۸۰ م.م)، نمونه‌ی برداشتی از عناصر کانسار ساز ترقیق گردیده و نتایج آنالیز عنصری با خطا همراه خواهد شد. لذا در صورت برخورد با چنین وضعیتی، محل نمونه‌برداری به اولین نقطه‌ای که رسوبات بادی، فراوانی کمتری دارند انتقال خواهد یافت؛

ه) دسترسی آسان به نقاط مورد نظر از پارامترهای مؤثر در انتخاب محل نمونه‌برداری خواهد بود. این امر در کاهش مدت زمان نمونه‌برداری مؤثر می‌باشد؛

و) علی‌رغم این که توزیع یکنواخت نمونه یکی از ملاک‌های شبکه ایده‌آل نمونه‌برداری می‌باشد، اما لازم است که در مواردی این اصل نادیده گرفته شود. به عبارت دیگر هنگام طراحی شبکه‌ی نمونه‌برداری یک سری اطلاعات اولیه هم‌چون محل توده‌های نیمه عمیق، روندهای خطی استخراج شده از برداشت‌های ژئوفیزیکی (تصویر ۱-۲) و نقشه‌ی ۱:۱۰۰/۰۰۰ زمین‌شناسی منطقه محل واحدهای سنگی که پتانسیل کانه‌زایی بیشتری دارند و محل گسل‌ها و تراست‌های بزرگ بر روی نقشه‌ی منعکس شده و چگالی شبکه‌ی نمونه‌برداری در آبراهه‌های منشعب از این پدیده نسبت به سایر مناطق بیشتر منظور می‌شود تا در صورت وجود کانی‌سازی احتمالی بتوان به ثبت دقیق آن کمک کرد. هم‌چنین به کارشناسان نمونه‌بردار اجازه داده می‌شود تا در حین عملیات صحرایی با تشخیص مناطق احتمالاً پتانسیل‌دار به خصوص روندهای خطی، زون‌های آلتزه، دگرگونی‌های مجاورتی و کنتاکت واحدهای دارای پتانسیل کانه‌سازی نسبت به تغییر محل‌هایی که از پیش تعیین شده و یا اضافه و کم کردن نمونه‌ها اقدام نمایند.



تصویر ۲-۱- نقشه مغناطیس هوائی برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ بهاباد

نقشه ۱ پیوست موقعیت نهایی برداشت ۷۹۴ نمونه برداشت شده از رسوبات آبراهه‌ای که پس از اعمال تمامی معیارهای فوق تعیین گردیده را نشان می‌دهد و موقعیت دقیق آن‌ها بر اساس مختصات UTM در زون 40S در جدول ۱ پیوست ۱ آمده است.

۲-۳- نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها:

در نمونه‌برداری از رسوبات رودخانه‌ای باید هر گونه تفریق ممکن را مورد توجه قرار داد. زیرا فرایند تفریق ممکن است موجب کاهش شدت تمرکز در رسوبات گردد. برای مثال تغییرات موسمی آب و هوا، افزایش شدت بارندگی در فصلی خاص و خشک یا آبدار بودن رودخانه‌های فصلی به شدت در مقدار تمرکز عناصر کمیاب اثر می‌گذارد. بدین جهت توصیه می‌شود تا کل عملیات نمونه‌برداری از یک محدوده‌ی اکتشافی طی یک فصل و آن هم در مدت زمانی کوتاه انجام پذیرد تا از ثابت بودن این متغیرها حداکثر اطمینان حاصل گردد. از این رو تمامی برداشت‌های آبراهه‌ای در اردیبهشت ماه ۱۳۸۴ و طی ۱۰ روز انجام گردید.

در نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای که به طور عمده دارای اجزای آواری می‌باشند، الک کردن رسوبات و برداشت اجزایی در اندازه‌ی مناسب امری ضروری است. این اندازه معمولاً براساس تجربه در کارهای ژئوشیمیایی انجام پذیرفته یا در حال انجام در کشور، ۸۰- مش در نظر گرفته می‌شود. مقدار رسوب برداشت شده با این اندازه در حدود ۲۰۰ گرم می‌باشد. پس از انتقال این نمونه‌ها به آزمایشگاه مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها شامل: خشک نمودن، حذف مواد آلی، پودر کردن تا اندازه ۲۰۰ مش و موارد دیگر انجام و پس از نگهداری نیمی از نمونه به عنوان شاهد، مابقی آن جهت آنالیز عناصر Mn, Cu, Cr, Co, Cd, Bi, Ag توسط دستگاه AAS - Flame، As توسط دستگاه VGS - AAS، اکسیدهای Na_2O , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO, K_2O و عناصر Th, Sr, S, Sm, Na, Nb, La, Hi، توسط دستگاه XRF- ED، عنصر طلا به روش Aqua regia و عناصر W, Mo به روش پالروگراف به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال گردید.

۲-۴- پردازش‌های آماری:

پردازش داده‌های ژئوشیمیایی فاز مستقلی را در بین فازهای مختلف عملیات اکتشافی تشکیل می‌دهد که چنانچه به طریق مناسبی صورت پذیرد موجب تسهیل فاز تحلیل داده‌ها می‌گردد. این مرحله یکی از مشکل‌ترین و مهم‌ترین مراحل در کاربرد موفقیت‌آمیز ژئوشیمی اکتشافی است. اگرچه مقالات و نوشتارهای آماری متنوعی وجود دارد که دامنه وسیعی از تکنیک‌های پردازش داده‌ها را معرفی می‌کنند ولی با در نظر گرفتن این که هر کدام از آن‌ها در جای خاصی کاربرد داشته و مزیت خاصی دارند، افراد معمولی و غیر متخصص را با مسئله‌ی تصمیم‌گیری در مورد انتخاب روش مناسب برای پردازش داده‌های حاصل از یک عملیات ژئوشیمیایی روبرو می‌کند. تجزیه و تحلیل داده‌های اکتشافی در بیشتر موارد تجربی بوده و این امر به علت خصلت اساساً عددی این داده‌ها و نبود مدل‌های ریاضی لازم جهت توصیف نوع منبع، چگونگی مهاجرت، تفریق، ته‌نشست و تمرکز عناصر کمیاب در سنگ‌ها است. از این رو جای تعجب نیست که داده‌های ژئوشیمیایی، در معرض تجزیه و تحلیل آماری قرار گیرند. یکی دیگر از علل تجزیه و تحلیل آماری ژئوشیمیایی شناسایی آنومالی‌های مرتبط با کانی‌سازی از انواع بی‌اهمیت است. به طور کلی عملیات اکتشافات ژئوشیمیایی فقط وقتی می‌تواند نتیجه بخش باشد که برای هر مورد خاص در انتخاب بهترین روش اکتشافی، محیط نمونه‌برداری، اندازه و بزرگی ذرات تشکیل‌دهنده نمونه، فواصل بین نمونه‌برداری و روش‌های آماری که باید به منظور تفسیر تغییرات موجود در داده‌ها به کار گرفته شوند، توجه لازم به عمل آید.

تنوع روش‌های آماری باعث می‌گردد تا کاربر بتواند تعداد زیادی تجزیه و تحلیل از داده‌ها انجام دهد اما آنچه مهم است این که آیا چنین روش‌هایی در تفسیر کلی جوامع مورد پردازش مؤثرند یا خیر؟ لذا به جهت عدم ارزیابی مطالب زاید دو ملاک در انجام هر پردازش مدنظر قرار گرفت که عبارتند از:

۱- وجود داده‌های کافی جهت انجام هر پردازش

۲- مفید بودن پردازش مورد نظر به لحاظ یافت جواب سؤالات مجهول مورد توجه در بحث اکتشاف

۲-۴-۱- فایل‌بندی داده‌های خام:

اولین قدم در انجام مراحل مختلف پردازش داده‌ها وارد کردن و فایل‌بندی داده‌های حاصل از آنالیز در رایانه و بانک اطلاعاتی مورد نظر است. این کار برای تمامی ۷۹۴ نمونه‌ی ژئوشیمیایی به همراه مختصات، شماره نمونه، روش آنالیز و حد حساسیت برای هر عنصر و با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel انجام گردید. اعداد

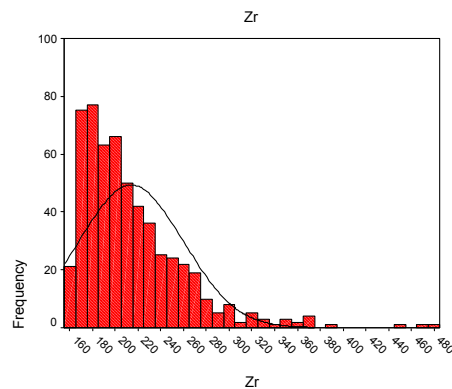
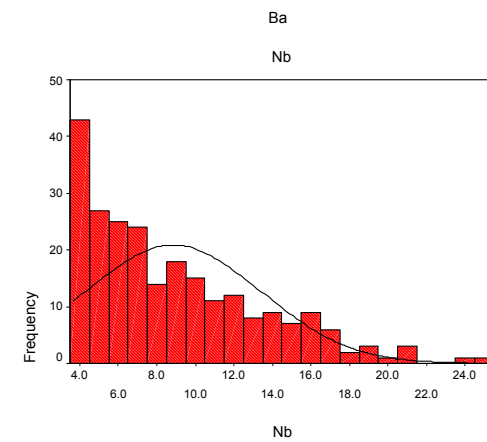
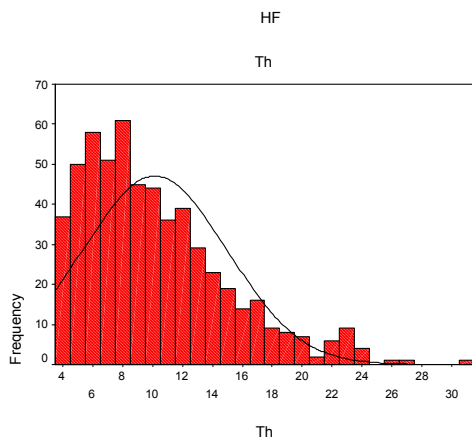
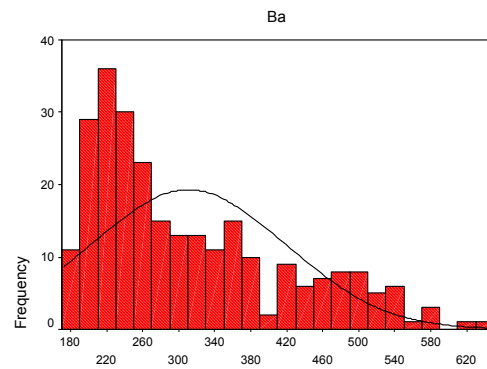
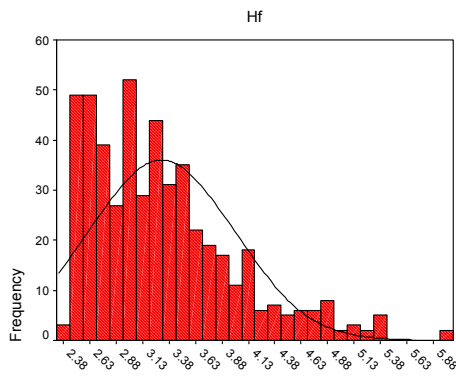
وارد شده برای بار دوم قرائت و کنترل گردید تا از هر گونه اشتباه در وارد کردن داده‌ها جلوگیری به عمل آید. جدول ۲ پیوست ۱ داده‌های خام حاصل از آنالیز نمونه‌های برگه‌ی بهاباد را نشان می‌دهد.

۲-۴-۲- پردازش داده‌های خارج از حدود سنسورد:

در عملیات اکتشافات ژئوشیمیایی به دلیل عدم تناسب بین حد حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری و غلظت عناصر و فراوانی آن‌ها در طبیعت، معمولاً بخشی از داده‌ها به صورت اعدادی کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر از یک مقدار معین که همان حد قابل ثبت دستگاه است، گزارش می‌گردد. تکنیک‌های آماری موجود این امکان را به دست می‌دهند که چنانچه فقط بخشی از داده‌های مربوط به یک عنصر خارج از حدود سنسورد باشند بتوان در مورد توزیع این گونه داده‌ها، تخمین‌های لازم را انجام داد. این تخمین‌ها به خصوص در مورد میانگین توزیع مقادیر زیر حد سنسورد الزامی است. در جایگزینی داده‌های کمتر از حد کمینه‌ی سنسورد برای عناصر مختلف، به کار بردن نصف حد حساسیت فقط در شرایطی می‌تواند صادق باشد که توزیع عناصر کمیاب در زیر حد قابل ثبت از توزیع نرمال برخوردار باشند. از آن‌جا که چنین امکانی بسیار نامحتمل است به جای روش فوق از راه‌حل‌های دیگری استفاده می‌نماییم. بدین صورت که در مورد عناصری هم‌چون AS که زیر ۲۰٪ از کل داده‌ها سنسورد می‌باشند $\frac{3}{4}$ حد حساسیت پایین دستگاه برای مقادیر کوچک‌تر از آن جایگزین می‌شود که به این روش اصطلاحاً جایگزینی ساده^۱ می‌گویند. اما در مورد عناصری هم‌چون Ba که تعداد داده‌های سنسورد به بیش از ۲۰٪ کل نمونه‌ها می‌رسد این روش خطای بزرگی در مطالعات آماری ایجاد خواهد کرد. بنابراین روش بیشترین درست‌نمایی کوهن^۲ جهت تخمین مقادیر سنسورد مناسب‌تر می‌باشد. ایده‌ی اصلی روش کوهن این است که مقادیر سنسورد به وسیله‌ی میانگین مقادیری که به دلیل محدودیت اندازه‌گیری به صورت سنسورد گزارش شده‌اند، جایگزین گردد. در این روش فرض بر نرمال بودن توزیع است، لذا قبل از اعمال روش فوق این فرض در مورد عناصر مورد نظر بررسی گردید که بر اساس نمودارهای تصویر ۲-۲ و جدول ۲-۱ نتیجه رضایت‌بخش بود.

1- Simple Replacment Method

2 - Cohen Method



تصویر ۲-۲- نمودار ستونی عناصر دارای بیش از ۲۰٪ داده‌های سنسورد

جدول ۲-۱- مقادیر موثر در تعیین نرمال بودن یا غیر نرمال بودن عناصر دارای بیش از ۲۰٪ داده‌های سنسورد

	Ba	Hf	Nb	Th	Zr
Skewness	0.924	1.099	1.009	1.051	1.873
Kurtosis	-0.164	1.044	0.5	0.944	5.434
K.S	3.46E-06	7.03E-05	0.001234055	5.88E-05	0

برای مقادیری که بالاتر از حد سنسورد پیشینه‌ی دستگاه بوده‌اند جایگزینی به روش ساده یعنی $\frac{4}{3}$ حد بالای آشکارسازی، روشی معمول و مورد قبول است. در نهایت برای تمامی عناصر دارای مقادیر خارج از حدود سنسورد با توجه به درصد چنین داده‌هایی مقادیر جایگزینی محاسبه و در جدول ۲-۲ گزارش شده است. دو عنصر La و Nd و اکسید Na_2O به دلیل بالاتر بودن مقادیر خارج از حدود سنسورد، از ۹۰٪ کل داده‌ها به طور کلی از جریان پردازش حذف شدند.

جدول

۲-۴-۳- کنترل کیفیت نتایج آزمایشگاهی

کنترل کیفیت داده‌های آزمایشگاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا اولاً میزان اعتماد به داده‌ها را مشخص می‌کند و ثانیاً اگر خطای داده‌ها زیاد باشد و نتوان اندازه‌گیری‌ها را تکرار نمود بهتر است در تفسیر نتایج دقت بیشتر به عمل آورد. برای تعیین دقت آزمایشگاه تعداد ۳۰ نمونه تکراری تهیه و به صورت کاملاً محرمانه کدگذاری گردید (جدول ۲-۳) سپس جهت مقایسه و تعیین درصد خطا از دو روش ترسیمی و محاسباتی بهره گرفته شد.

در روش ترسیمی دقت اندازه‌گیری‌های از طریق آنالیز جفت نمونه‌های تکراری بررسی می‌شود. نمودار تامسون، هوارث (۲۰۰۲) جهت این منظور استفاده گردید. در این نمودار مقدار میانگین دوباره اندازه‌گیری و بر روی محور افقی و قدر مطلق دو مقدار اندازه‌گیری شده بر روی محور عمودی پیاده می‌شود. تلاقی این دو به صورت نقطه‌ای در دستگاه مختصات نمایش داده می‌شود. در دستگاه مختصات دو خط مایل و شناور نسبت به مقدار سنسورد دستگاه برای ۵۰٪ و ۹۵٪ رسم می‌گردد که فرمول این دو عبارتند از:

$$P_{50} = 0.954 \left(\frac{C_L}{3} + BC \right)$$

$$p_{95} = 2.772 \left(\frac{C_L}{3} + BC \right)$$

که در آن C غلظت، CL حد آشکارسازی پایینی و B یا به عبارتی (FFPC)^۱ مجموعه اعدادی ثابت هستند که انتخاب آن‌ها باید به نحوه‌ای صورت پذیرد که منحنی تعیین خطا در محدوده‌ی مورد نظر به دست آید. سپس نقاط بر روی آن قرار داده شده و در صورتی که غالب نمونه‌ها زیر خط ۵۰٪ و ۹۵٪ از آن‌ها زیر خط ۹۵٪ قرار گیرند دقت دستگاه در حد مجاز یعنی ۱۰٪ برآورد می‌گردد (تصویر ۱ پیوست ۲).

علاوه بر روش فوق، روش محاسباتی نیز جهت تعیین خطا به کار گرفته شده که فرمول

$$e = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - y_i|}{x_i - y_i}$$

به عنوان ملاک تعیین خطا در نظر گرفته شده است که در آن n تعداد نمونه‌های تکراری و X و Y مقادیر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های تکراری متناظر می‌باشند. مقادیر محاسبه شده برای عناصر مختلف در جدول (۲-۴) گزارش شده است. تفسیر این اعداد براساس ملاک‌های زیر انجام پذیرفت:

$$X > 20d.l. \Rightarrow e < 10\%$$

$$20d.l. > X > 10d.l. \Rightarrow e < 20\%$$

$$X = 10d.l. \Rightarrow e < 3d.l.$$

که در آن e مقدار خطا، d.l. حد پایینی آشکارسازی و x مقدار عنصر در نمونه اصلی می‌باشد. با تلفیق نتایج دو روش فوق می‌توان عناصر و اکسیدها را به لحاظ مقدار خطا در پنج گروه تقسیم بندی نمود:

(الف) عناصر و اکسیدهای دارای خطای قابل قبول شامل $Al_2O_3, K_2O, TiO_2, Fe_2O_3, SiO_2, CaO, Zr, Ce$

(ب) عناصر دارای خطای متوسط شامل Ba, Hf, Zr, Pb

(ج) عناصر و اکسیدهای دارای خطای متوسط رو به بالا شامل $Cu, Mn, Sn, MgO, Ni, Ag, Cd$

(د) عناصر دارای خطای بالا شامل Nb, Bi, Sm, Zn, Cr, Co

(ه) عنصر Sb با خطای بسیار بالا.

جدول ۲-۳- نمونه‌های تکراری و کدهای محرمانه آن‌ها برای تعیین خطای آنالیز

Main Sample		Duplicate Sample	
Field. No	Lab. No	Field. No	Lab. No
BB-493	84-Z-9-493	BH-001	84-Z-9-T-031
BC-232	84-Z-9-232	BH-002	84-Z-9-T-032
BT-350	84-Z-9-350	BH-003	84-Z-9-T-033
BB-463	84-Z-9-463	BH-004	84-Z-9-T-034
BB-438	84-Z-9-438	BH-005	84-Z-9-T-035
BC-187	84-Z-9-187	BH-006	84-Z-9-T-036
BA-142	84-Z-9-142	BH-007	84-Z-9-T-037
BA-141	84-Z-9-141	BH-008	84-Z-9-T-038
BC-249	84-Z-9-249	BH-009	84-Z-9-T-039
BC-230	84-Z-9-230	BH-010	84-Z-9-T-040
BT-262	84-Z-9-262	BH-011	84-Z-9-T-041
BT-257	84-Z-9-257	BH-012	84-Z-9-T-042
BG-749	84-Z-9-749	BH-013	84-Z-9-T-043
BG-744	84-Z-9-744	BH-014	84-Z-9-T-044
BG-796	84-Z-9-796	BH-015	84-Z-9-T-045
BG-726	84-Z-9-726	BH-016	84-Z-9-T-046
BT-297	84-Z-9-297	BH-017	84-Z-9-T-047
BT-255	84-Z-9-255	BH-018	84-Z-9-T-048
BA-131	84-Z-9-131	BH-019	84-Z-9-T-049
BB-391	84-Z-9-391	BH-020	84-Z-9-T-050
BT-343	84-Z-9-343	BH-021	84-Z-9-T-051
BB-466	84-Z-9-466	BH-022	84-Z-9-T-052
BT-346	84-Z-9-346	BH-023	84-Z-9-T-053
BB-437	84-Z-9-437	BH-024	84-Z-9-T-054
BT-334	84-Z-9-334	BH-025	84-Z-9-T-055
BG-711	84-Z-9-711	BH-026	84-Z-9-T-056
BG-747	84-Z-9-747	BH-027	84-Z-9-T-057
BG-684	84-Z-9-684	BH-028	84-Z-9-T-058
BG-671	84-Z-9-671	BH-029	84-Z-9-T-059
BG-706	84-Z-9-706	BH-030	84-Z-9-T-060

جدول ۲-۴- مقادیر خطای آنالیز محاسبه شده به روش محاسباتی

Element	Ag	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni
Lower Detection Limit	0.02 ppm	0.5 ppm	0.02 ppm	0.05 ppm	0.06 ppm	0.03 ppm	0.02 ppm	0.1 ppm
Error Value	13.50802	20.43155	27.83593	23.02465	34.69196	13.53943	11.41759	6.653011
Element	Pb	Sb	Zn	Ba	Ce	Hf	Nb	Sm
Lower Detection Limit	0.1 ppm	0.4 ppm	0.01 ppm	185 ppm	44 ppm	2.43 ppm	3.50 ppm	0.6 ppm
Error Value	16.04847	104.3822	39.04849	19.6461	9.925425	38.11743	84.01787	21.50108
Element	Sn	Sr	Th	Y	Zr	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO
Lower Detection Limit	2 ppm	28 ppm	3.7 ppm	18 ppm	162 ppm	6.71%	33.81%	0.21%
Error Value	20.0961	7.291574	58.53481	16.98251	23.29431	2.225279	3.026395	32.52294
Element	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃				
Lower Detection Limit	0.25%	0.22%	0.23%	1.89%				
Error Value	1.748931	0.462291	9.036418	2.022721				

۲-۴-۴- حذف نمونه‌های خارج از رده:

در مباحث آماری به مقادیری که به طور معنی‌دار، نسبت به سایر مقادیر اختلاف دارند، مقادیر خارج از رده^۱ گفته می‌شود. در مقابل مقادیر خارج از رده با تعریف نمونه‌های خارج از رده^۲ نیز مواجهیم. نمونه‌های خارج از رده در میان نمونه‌های برداشتی از یک منطقه به گروهی اطلاق می‌گردد که تعداد زیادی از عناصر اندازه‌گیری شده‌ی آن‌ها خارج از رده باشد. به عبارتی تغییرات عنصری در آن نمونه با کل جامعه ارتباط چندانی ندارد. هر دو مورد فوق ناشی از خطاهای صورت گرفته در طول برداشت، آماده‌سازی و یا تجزیه‌ی نمونه‌ها بوده و یا نشانگر وجود مقادیر غیر عادی و آنومال در میان نمونه‌های صحرایی ناشی از کانه‌زایی و یا آلودگی‌های انسانی می‌باشند. این داده‌ها قبل از پردازش عمومی آماری باید از جامعه حذف گردیده و با توسط داده‌های مناسب جایگزین شوند. حذف نمونه‌های خارج از رده نسبت به مقادیر خارج از رده دارای چند مزیت است؛ اولاً

1- Outlier Values

2- Outlier Samples

این که به سرعت و تنها با یک مرحله کار می‌توان این مقادیر را برای کل جامعه بدست آورد و به حذف آن‌ها اقدام نمود، ثانیاً تعداد مقادیر خارج از رده برای برخی عناصر، با استفاده از روش‌های رایج، غالباً غیر منطقی و نامعقول است و تعداد آن به حدی می‌رسد که کل پردازش را با مشکل مواجه می‌سازد. این در حالی است که نمونه‌های خارج از رده اغلب زیر ۵٪ کل داده‌ها را شامل می‌گردند. علاوه بر این غالب خطاهایی که طی مراحل مختلف اکتشافات ژئوشیمیایی رخ می‌دهد بر مقدار عددی بیشتر عناصر یک نمونه تأثیر می‌گذارد و حتی اگر چنین نمونه‌هایی را ناشی از کانه‌زایی بدانیم، اغلب کانه‌سازی‌ها تنها یک عنصر را شامل نگردیده بلکه مقدار زمینه‌ی مجموعه‌ای از عناصر در نمونه بالا می‌رود.

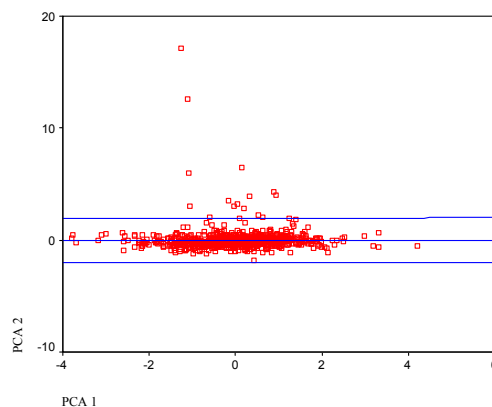
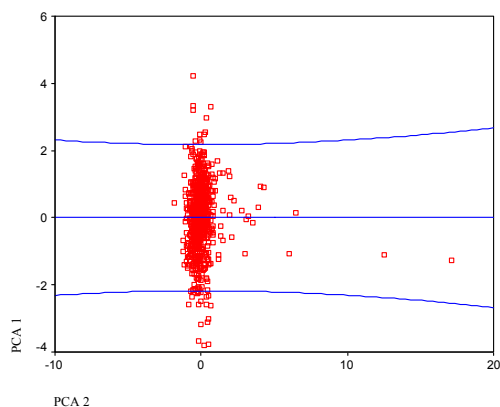
به لحاظ جمیع موارد فوق ترجیح داده شد از روش حذف نمونه‌های خارج از رده در پردازش‌ها بهره گرفته شود. تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱ که یکی از روش‌های آماری چندمتغیره است به عنوان راه کار تشخیص نمونه‌های خارج از رده به کار گرفته شد. تحلیل مؤلفه‌های اصلی به تبیین ساختار واریانس - کوواریانس به کمک چند ترکیب خطی از متغیره‌های اصلی سرو کار دارد و اهداف کلی آن عبارتند از:

(۱) کاهش حجم داده‌ها

(۲) تعبیر و تفسیر آن‌ها

استفاده از PCA برای حذف مقادیر خارج از رده دارای یک شرط است و آن این‌که میزان همبستگی بین عناصر باید در حد قابل قبول و معنی‌دار باشد که در مورد منطقه‌ی مورد مطالعه فعلی این شرط، آن‌گونه که بعداً بحث خواهد شد، تقریباً صادق است.

از این رو پس از آن که مؤلفه‌های اصلی برای ۳۵ عنصر در ۷۹۴ نمونه محاسبه گردید، نمودار PC1 در مقابل PC2 آن‌ها رسم گردید (تصویر ۲-۳). در این نمودارها غالب نمونه‌ها در محدوده‌های نزدیک به یکدیگر خواهند افتاد، اما تعدادی نیز با فاصله از اجتماع کلی نمونه‌ها قرار می‌گیرند که این‌ها همان نمونه‌های خارج از رده می‌باشند. سطح اعتماد ۹۹٪ جهت حذف نمونه‌های خارج از رده‌ی این برگه مد نظر قرار گرفت و شماره‌ی نمونه‌های مذکور در جدول ۲-۵ آورده شد است.



تصویر ۲-۳- نمودار PCA 1 در مقابل PCA 2 جهت تعیین نمونه‌های خارج از رده

جدول ۲-۵- شماره‌ی نمونه‌های خارج از رده‌ی حذف شده

حذف داده های Outlier در سطح اعتماد ۹۹%	
1	BG-631
2	BG-628
3	BG-606
4	BG-604
5	BG-618
6	BG-639
7	BG-519
8	BG-728
9	BG-682
10	BG-670
11	BG-653
12	BG-686
13	BG-729
14	BG-382
15	BG-642
16	BG-656
17	BG-785
18	BG-786
19	BG-784

۲-۴-۵- نرمال‌سازی داده‌ها:

اکثر روش‌های آماری، به جز روش‌های آماری ناپارامتری، فرض نرمال بودن داده‌ها را به همراه دارند. توزیع نرمال، زنگی شکل است که اولین بار در قرن هجدهم میلادی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. درحالت کلی دلیل خاصی برای این که تغییرات عیار یک ناحیه‌ی مطالعاتی، از توزیع نرمال پیروی کند وجود ندارد. از آن جا که پارامترهای زیادی در تشکیل یک کانسار و شکل‌گیری تابع توزیع عیار آن مؤثر است، لذا نوع تابع توزیع عیار اغلب یک تابع نرمال ساده نیست. آزمون کولوموگروف - اسمیرنوف^۱ به عنوان یکی از معیارهای مهم جهت تشخیص نرمال یا غیر نرمال بودن توزیع‌های مختلف کاربرد دارد. چولگی و کشیدگی دو معیار دیگر جهت کنترل میزان نرمال بودن جامعه است. به طور کلی جوامع نرمال دارای چولگی صفر و کشیدگی ۳ می‌باشند. هر چند نرم‌افزارهای آماری مورد استفاده یعنی SPSS , Microsoft Excel هر دو به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده‌اند که مقدار کشیدگی برای جوامع نرمال را نیز صفر نشان می‌دهند.

برای نرمال‌سازی جوامع آماری می‌توان از توابع تبدیل مختلفی استفاده نمود. در مبحث تبدیل داده‌های آماری، بیشتر تبدیلات غیر خطی مد نظر می‌باشند. هدف اصلی از تبدیلات غیر خطی، تغییر شکل توزیع فراوانی است که این کار از یک تبدیل خطی، ساخته نیست. سه هدف عمده برای تغییر شکل توزیع فراوانی با استفاده از تبدیلات غیر خطی وجود دارد که عبارتند از:

الف) تثبیت پراش

ب) رسیدن به خاصیت جمع‌پذیری

ج) بدست آوردن یک توزیع نرمال

اغلب گفته می‌شود که داده‌های ژئوشیمیایی اکتشافی و به خصوص عناصر کمیاب از توزیع لاگ نرمال تبعیت می‌کنند. توزیع لاگ نرمال در مورد داده‌هایی به کار می‌رود که با تبدیل لگاریتمی شکل نرمال به خود می‌گیرند. در پروژه‌های حاضر پس از حذف نمونه‌های خارج از رده اقدام به نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از تبدیل لگاریتم طبیعی گردید.

1- Kolomogrov-Smirnov

(جداول ۲-۶ تا ۲-۳۰ و تصاویر ۲-۴ تا ۲-۲۸) مقادیر داده‌های آماری و همچنین مقدار آزمون کولوموگراف - اسمیرنوف به همراه نمودارهای آنها در سه حالت اولیه، بدون مقادیر خارج از رده و در حالت نرمال شده را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که جهت مقایسه راحت میان مقادیر، پارامترهای آماری به دست آمده در حالت لگاریتم طبیعی با استفاده از فرمول‌های زیر به صورت عددی واقعی گزارش گردیدند:

$$X = E(X) = \exp\left\{\mu + \frac{1}{2}\delta^2\right\}$$

$$\text{Var}(x) = e^{\delta^2} (1 - e^{-\delta^2}) e^{2\mu}$$

$$\text{Skewness} = \gamma_1 = (e^{\delta^2} + 2)\sqrt{e^{\delta^2} - 1}$$

$$\text{Kurtosis} = \gamma_2 = (e^{\delta^2})^4 + 2(e^{\delta^2})^3 + 3(e^{\delta^2})^2 - 6$$

که در آن‌ها μ میانگین به صورت لگاریتم طبیعی و δ^2 واریانس در حالت لگاریتم طبیعی است.

مقادیر میانه با تبدیل ساده‌ی عکس لگاریتم (exp) از میانه در حالت لگاریتم طبیعی و انحراف از استاندارد با جذر ساده از واریانس پس از تبدیل به دست می‌آید.

بر اساس پارامترهای تعیین کننده‌ی مرحله‌ی نرمال شدن، عناصر را می‌توان به سه گروه تقسیم نمود. عناصر نرمال که بدون هیچ تغییری و از همان ابتدا نرمال بوده‌اند. عناصر دارای توزیع لاگ نرمال که پس از تبدیل لگاریتمی به حالت نرمال تبدیل شوند و سومین گروه عناصری را شامل می‌گردد که در هیچ یک از این حالت‌ها به حد نرمال‌شدگی نرسیده‌اند و اصطلاحاً توزیع کج‌شدگی مثبت^۱ دارند. عناصر گروه سوم با توجه به بهترین حالت چولگی و کشیدگی خود در یکی از مراحل فوق دسته‌بندی گردیده و با آن مورد پردازش قرار گرفت. با توجه به این که هدف، تفسیر آماری در شرایط نرمال می‌باشد، علی‌رغم مقایسه‌ی این مقادیر در سه حالت برای عناصر مختلف، توجه اصلی بر روی مرحله نرمال‌شدگی آن عنصر می‌باشد.

۲-۴-۶- بررسی‌های آماری تک متغیره :

قبل از آن که عناصر را به صورت منفرد پردازش کنیم به توضیح مختصری در مورد روش‌های تک‌متغیره‌ی مورد استفاده و کاربرد هر یک از آن‌ها می‌پردازیم.

۲-۴-۶-۱- پارامترهای مرکزی^۱:

مهم‌ترین موضوع در مطالعه هر جامعه آماری تعیین حد مرکزی یعنی مقدار نماینده‌ای که مشاهدات در اطراف آن توزیع شده‌اند می‌باشد. هر معیار عددی که معرف مجموعه‌ی داده‌ها باشد پارامتر مرکزی نامیده می‌شود. برای اندازه‌گیری پارامترهای مرکزی جامعه آماری روش‌های متعددی وجود دارد که در این پروژه از میانه و میانگین استفاده شد. لازم به ذکر است نوع میانگین استفاده شده حسابی است، زیرا تفسیر داده‌ها بر پایه‌ی مرحله‌ای از داده‌پردازی صورت می‌پذیرد که جامعه تقریباً نرمال بوده و این نوع میانگین برای چنین جوامعی مناسب است.

۲-۴-۶-۲- پارامترهای پراکندگی^۲:

برای آن که داده‌ها به طور واقعی‌تر توصیف شوند و مجموعه‌های مشاهدات با هم مقایسه گردند باید قدم دیگری برداشته شود و برای سنجش میزان تفاوت‌های آن‌ها نیز چند معیار عددی تعریف گردد. آن چنان که گفتیم مهم‌ترین شاخص مرکزی میانگین است. این پارامتر در همه‌ی موارد جوابگوی نیاز تصمیم‌گیرنده نیست؛ چرا که ممکن است جوامع آماری مورد مقایسه دارای میانگین مساوی باشند. در این صورت می‌توان توزیع داده‌های آماری را از نظر شدت نوسان داده‌ها حول مرکز خود مورد بررسی قرار داد که به آن‌ها اصطلاحاً پارامترهای پراکندگی گفته می‌شود. واریانس یکی از شاخص‌های پراکندگی است که به علت این که تفسیر آن زیاد ساده نیست و به علاوه مفهوم مشکل و نامأنوس‌تری نسبت به مرکزیت دارد، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نقایص با جذر گرفتن از واریانس مرتفع می‌شود و پارامتر جدید به نام انحراف از معیار حاصل می‌گردد که دارای واحدی مشابه با واحدهای مشاهدات اصلی است. در بررسی‌های انجام شده هر دو مورد فوق در کنار یکدیگر گزارش شده‌اند.

۲-۴-۶-۳- ضریب پراکندگی^۳:

در بسیاری از تحقیقات لازم است که برای توصیف داده‌ها، پراکندگی به صورت کسری از میانگین بیان شود. یکی از معیارهای پراکندگی نسبی که ضریب پراکندگی نامیده به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C.V. = \frac{\delta_x}{\mu_x}$$

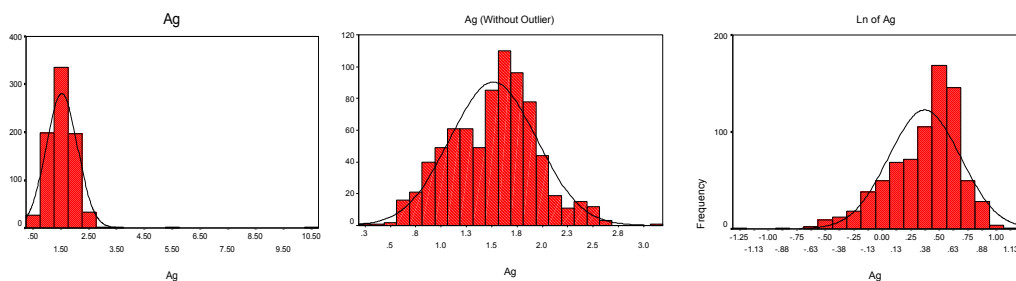
-
- 1- Central Parameter
 - 2- Dispersion Parameters
 - 3- Coefficient of Variant

ضریب پراکندگی کاربردهایی دارد که واریانس و انحراف معیار فاقد آن‌ها هستند. کاربرد اول آن در جایی است که دو یا چند جامعه آماری مورد مقایسه، مشاهدات ناهمگون و نامتجانس داشته باشند. برای مثال پراکندگی یک جامعه بر حسب ppm و در جامعه دیگر بر حسب درصد باشد. این پراکندگی‌ها قابل مقایسه نیستند و برای این که قابل مقایسه شوند، باید اندازه‌ی آن‌ها به صورت کمیت مجرد بیان گردد. گاهی نیز مقیاس صفت مورد اندازه‌گیری نیز در جامعه یکسان است ولی بزرگی مشاهدات آن‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای تفاوت دارد. برای مثال اگر بخواهیم پراکندگی عنصری مثل طلا با فراوانی اندک و سرب با فراوانی بالا را مقایسه کنیم چاره‌ای جز استفاده از ضریب همبستگی نخواهیم داشت. کاربرد دوم این پارامتر در جایی است که دو جامعه یکسان ولی میانگین متفاوت داشته باشند. انحراف معیار بدون در نظر گرفتن میانگین نمی‌تواند بیان‌کننده پراکندگی جامعه باشد و پراکندگی دو جامعه در مقایسه با یکدیگر، زمانی مفهوم پیدا می‌کند که نسبت به میانگین سنجیده شود.

۲-۴-۶- بررسی آماری تک‌متغیره عناصر مختلف:

نقره:

نقره غالباً عنصری معرف و ردیاب در جهت تشخیص کانسارهای عناصر پایه و گرانبها هم‌چون سرب و روی، طلا و موارد مشابه کاربرد دارد. توزیع عیاری این عنصر صرفاً پس از حذف چند نمونه‌ی خارج از رده که احتمالاً با کانه‌سازی اصلی منطقه در ارتباط هستند حالت نرمال به خود می‌گیرد (در سطح اعتماد ۹۷/۵٪). در عین حال با توجه به مقدار پایین ضریب تغییرات (C.V) این عنصر می‌توان تعداد داده‌های بالاتر از حد معمول را اندک و فاصله آن‌ها را از بازه‌ی کلی داده‌ها کم دانست. تفاوت ناچیز میان میانه و میانگین نیز این مسأله را تأیید می‌کند. نکته‌ی جالب دیگر، بالاتر بودن مقدار میانه از میانگین است که در مباحث ژئوشیمی کمتر اتفاق افتاد و نشان دهنده‌ی آنومالی منفی این عنصر در برگه می‌باشد.



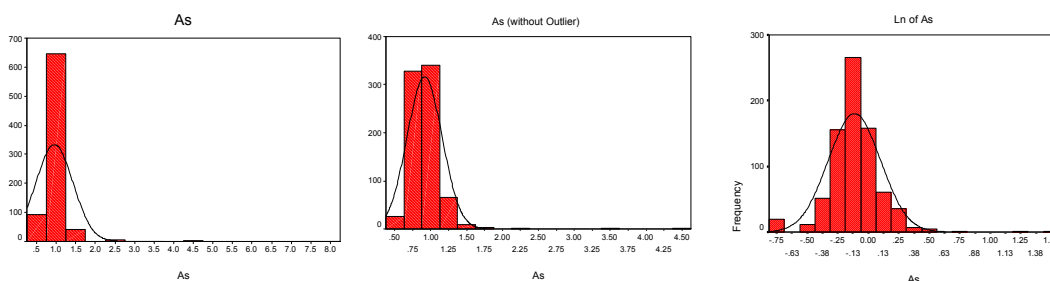
تصویر ۲-۴- نمودارهای ستونی عنصر نقره برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۶- پارامترهای آماری تک‌متغیره‌ی عنصر نقره برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Ag		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	1.5328	1.5158	1.4487904
Median	1.5635	1.566	1.56600063
Std. Deviation	0.5627	0.4274	0.31447
Variance	0.3167	0.1827	0.0988916
Skewness	5.972	-0.002	-0.891
Kurtosis	92.388	-0.142	1.085
Minimum	0.29	0.29	0.29100932
Maximum	10.75	3.08	3.07806145
C.V.	0.36710595	0.28196332	0.21705693
K.S.Test	2.98E-07	0.025461257	0

آرسنیک:

آرسنیک مانند نقره عنصری معرف و ردیاب در جهت تشخیص کانسارهای عناصر پایه و گران بها است. توزیع عیاری این عنصر پس از حذف نمونه‌های خارج از رده تنها مقدار ناچیزی به حد نرمال نزدیک می‌شود. با اعمال تبدیل لگاریتمی بر روی داده‌های عنصر آرسنیک توزیع به حد نرمال نزدیک می‌گردد هرچند هنوز کج‌شدگی مثبت از نمودار این عنصر قابل استنباط است. کاهش مقدار پایین ضریب تغییرات (C.V) این عنصر را می‌توان به فاصله اندک داده‌های بالاتر از حد معمول نسبت داد.



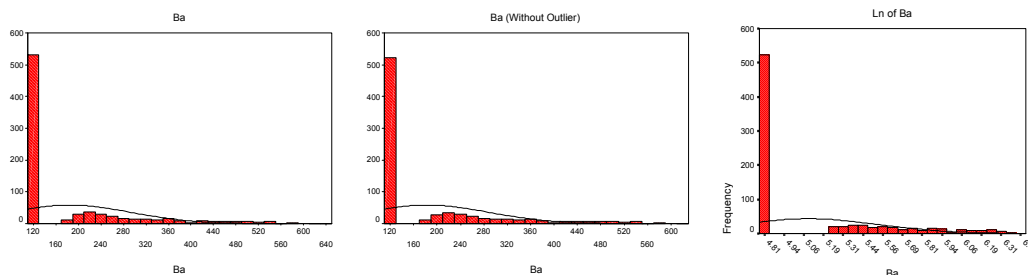
تصویر ۲-۵- نمودارهای ستونی عنصر آرسنیک برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۷- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر آرسنیک برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	As		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	0.9547	0.9148	0.913141447
Median	0.89	0.89	0.889999836
Std. Deviation	0.4741	0.2435	1.98E-01
Variance	0.2248	5.93E-02	3.91E-02
Skewness	9.399	6.328	0.659770682
Kurtosis	115.555	80.77	0.678640764
Minimum	0.45	0.45	0.450003463
Maximum	7.76	4.51	4.510012838
C.V.	0.49659579	0.2661784	0.216539113
K.S.Test	0	0	5.96E-08

باریم:

توزیع این عنصر در جامعه نمونه‌ها به صورت کج‌شدگی مثبت است. حذف نمونه‌های خارج از رده و اعمال تبدیل لگاریتمی بر داده‌ها نیز تغییری در نرمال‌شدگی ایجاد نموده و حتی باعث بدتر شدن آن می‌شوند. دلیل این امر وجود درصد بالایی از داده‌های سنسورد کران پایین می‌باشد که فاصله‌ی آن‌ها از اولین داده‌ی غیر سنسورد زیاد بوده و با نرمال شدن این فاصله دوباره افزایش می‌یابد. به طور کلی بهترین حالت نرمال‌شدگی این عنصر در حالت اولیه یعنی داده‌های خام است.



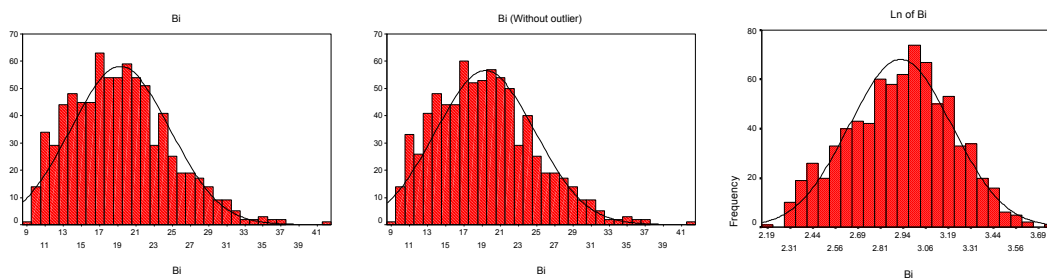
تصویر ۲-۶- نمودارهای ستونی عنصر باریم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۸- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر باریم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Ba		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	184.8687	183.0324	179.7190253
Median	122.6	122.6	122.5999971
Std. Deviation	108.3214	105.7057	84.2881471
Variance	11733.5362	11173.6848	7104.491742
Skewness	1.857	1.862	1.510160166
Kurtosis	2.742	2.753	3.584559702
Minimum	122.6	122.6	122.596687
Maximum	630.39	627.33	627.3471151
C.V.	0.58593694	0.577524526	0.468999578
K.S.Test	0	0	0

بیسموت:

این عنصر که با کانسارهای رگه‌ای و فلزات پایه دیده می‌شود در منطقه‌ی بهاباد فاقد تغییرات چندانی می‌باشد. نوع توزیع این عنصر نرمال بوده که این خود دلیل دیگری در عدم تغییرات چندان این عنصر در جامعه است و حتی همین تغییرات اندک نیز با تبدیل لگاریتم نیز کمتر شده که نشانه‌ای بر اختلاف اندک نمونه‌های نامتجانس با بازه‌ی کلی است. عدم تغییر مقدار نرمال شدگی با حذف نمونه‌های خارج از رده نیز از عدم ارتباط این عنصر با تغییرات اصلی موجود در محیط می‌باشد.



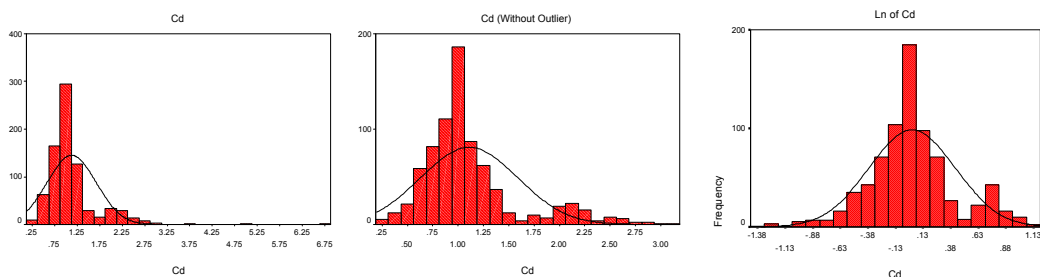
تصویر ۲-۷- نمودارهای ستونی عنصر بیسموت برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۹- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر بیسموت برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Bi		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	19.2775	19.351	18.60056581
Median	18.955	18.99	18.99000902
Std. Deviation	5.4381	5.454	0.283162
Variance	29.5731	29.7459	8.02E-02
Skewness	0.583	0.571	-0.097
Kurtosis	0.2	0.182	-0.502
Minimum	9.04	9.04	9.040369071
Maximum	41.71	41.71	41.70829375
C.V.	0.28209571	0.281845899	0.0152233
K.S.Test	0.09114134	0.115287721	0.318326235

۵-۵-۵- کادمیوم:

توزیع این عنصر دارای کج شدگی مثبت می باشد. با وجود ضریب تغییرات نسبتاً بالا و میانگین بسیار پایین این عنصر نشانگر این است که احتمالاً تنها به دید یک عنصر ردیاب می توان به آن نگاه کرد. کاهش چولگی و همچنین کشیدگی با حذف نمونه های خارج از رده را می توان این گونه تفسیر کرد که نمونه های خارج از رده تا حدی به تغییرات عنصری عمده ی موجود در منطقه مرتبط هستند.



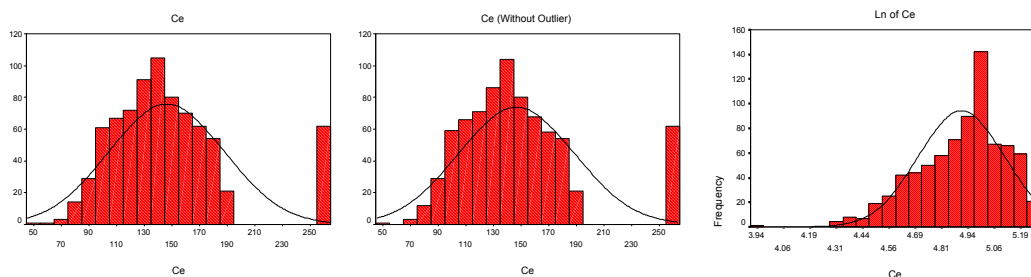
تصویر ۲-۸- نمودارهای ستونی عنصر کادمیوم برای داده های خام، بدون نمونه های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آنها

جدول ۲-۱۰- پارامترهای آماری تک متغیره ی عنصر کادمیوم برای داده های خام، بدون نمونه های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آنها

Statistical Parameter	Cd		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	1.1287	1.1104	1.107845588
Median	1.004	1	1
Std. Deviation	0.5444	0.4757	0.450697611
Variance	0.2963	0.2263	0.203128337
Skewness	2.954	1.498	1.287801945
Kurtosis	18.74	2.231	2.600062235
Minimum	0.27	0.27	0.265006745
Maximum	6.8	3.09	3.092871663
C.V.	0.4823248	0.428404179	0.406823493
K.S.Test	0	0	4.05E-06

سریوم:

این عنصر دارای کج‌شدگی مثبت، ضریب تغییرات نه چندان بالا و کشیدگی و چولگی پایین می‌باشد. عدم نرمال‌شدگی داده‌ها به دلیل تعداد نسبتاً بالای داده‌های بالاتر از حد پیشینه سنسورد است که با عددی دارای فاصله نامتعارف با بازه‌ی کلی، که ابتدا از طریق فرمول‌های علمی به دست آمده، جایگزین گردیده‌اند. به هر ترتیب نرمال‌ترین وضعیت برای این عنصر هنگامی است که بر روی آن‌ها تبدیل لگاریتمی اعمال شده است.



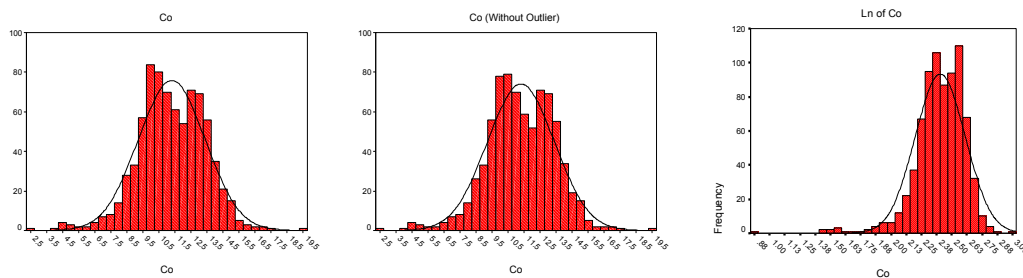
تصویر ۲-۹- نمودارهای ستونی عنصر سریوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۱- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر سریوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Ce		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	793	774	774
Mean	146.4366	146.8792	146.7478178
Median	140.34	140.605	140.604953
Std. Deviation	41.6531	41.7546	40.09805127
Variance	1734.9788	1743.4463	7.20E-02
Skewness	1.111	1.125	0.84013501
Kurtosis	1.345	1.314	1.101854173
Minimum	51.15	51.15	50.90697767
Maximum	256	256	257.2375559
C.V.	0.284444599	0.284278509	0.273244617
K.S.Test	1.48E-05	7.99E-06	0.002138197

کبالت:

این عنصر نیز دارای توزیع نرمال با ضریب تغییرات پایین است. افزایش کشیدگی با اعمال تبدیل لگاریتمی از قرارگیری غالب نمونه‌ها حول میانه‌ی جامعه خبر می‌دهد در حالی که نمونه‌های بسیار انگشت شماری که در فاصله‌ی دور از بازه‌ی کلی، و البته در سمت کران پایین قرار می‌گیرند اختلاف نسبتاً زیادی با کل مجموعه دارند.



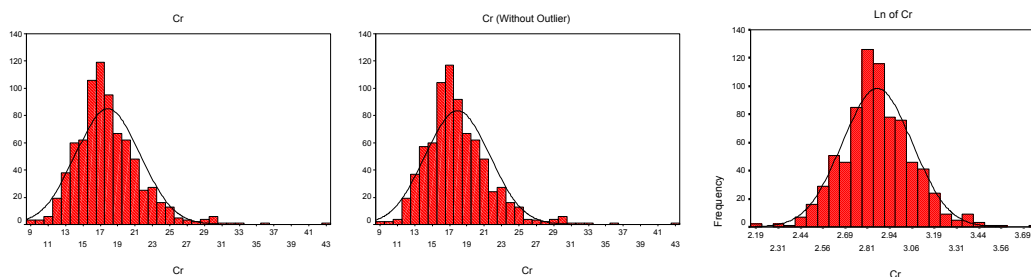
تصویر ۲-۱- نمودارهای ستونی عنصر کبالت برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۲- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر کبالت برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Co		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	11.3036	11.3015	11.08456943
Median	11.245	11.247	11.2469952
Std. Deviation	2.0847	2.084	0.206573
Variance	4.3459	4.3431	4.27E-02
Skewness	-0.287	-0.31	-1.601
Kurtosis	0.964	1.007	6.733
Minimum	2.34	2.34	2.344096407
Maximum	19.6	19.6	19.60138055
C.V.	0.18442797	0.184400301	0.018636087
K.S.Test	0.14327395	0.168944001	5.52E-04

کروم :

دارای چولگی مثبت است و ضریب تغییرات آن نسبتاً پایین است. عدم تغییر مقادیر چولگی و کشیدگی با حذف نمونه‌های خارج از رده از نبود ارتباط میان این عنصر با تغییرات اصلی موجود در منطقه خبر می‌دهد به علاوه نزدیکی مقادیر میانه و میانگین و کاهش مشخص کشیدگی با تبدیل لگاریتمی دلیلی بر توزیع یکنواخت و تفاوت اندک مقدار نمونه‌های دارای ناهمگنی با جامعه اصلی از بازه‌ی کلی جامعه‌ی این عنصر است.



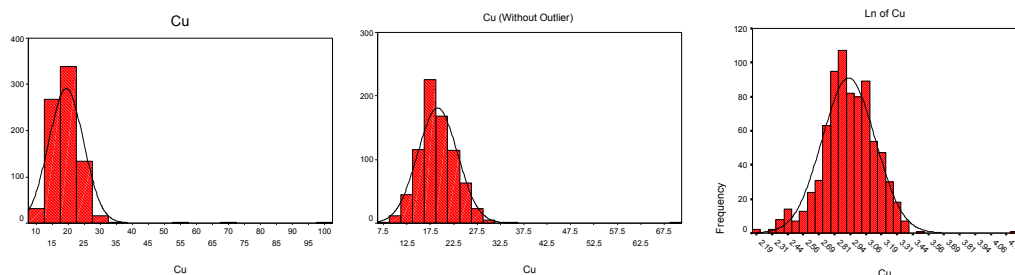
تصویر ۲-۱۱- نمودارهای ستونی عنصر کروم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۳- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر کروم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Cr		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	17.8668	17.9253	17.91795959
Median	17.3115	17.349	17.34900229
Std. Deviation	3.7213	3.6953	3.546593682
Variance	13.8484	13.6552	1.26E+01
Skewness	1.223	1.275	0.601560159
Kurtosis	4.073	4.224	0.563966103
Minimum	8.68	8.68	8.676341902
Maximum	43.14	43.14	43.1421294
C.V.	0.20828016	0.206149967	0.197935131
K.S.Test	1.08E-05	1.22E-05	6.32E-02

مس:

توزیع این عنصر دارای چولگی مثبت است. ضریب تغییرات برای مس تقریباً پایین است با این حال کشیدگی و چولگی آن بالا است که با حذف نمونه‌های خارج از رده تعدیل شده و با تبدیل لگاریتمی تقریباً به حد نرمال نزدیک می‌شود. از این رو می‌توان غالب نمونه‌های پرعیار مس را در ارتباط با تغییرات اصلی موجود در منطقه دانست. با این وجود مقدار داده‌های بالاتر از حد معمول به خصوص انواعی که با حذف نمونه‌های خارج از رده نیز باقی مانده‌اند اغلب چندان بالا نیست.



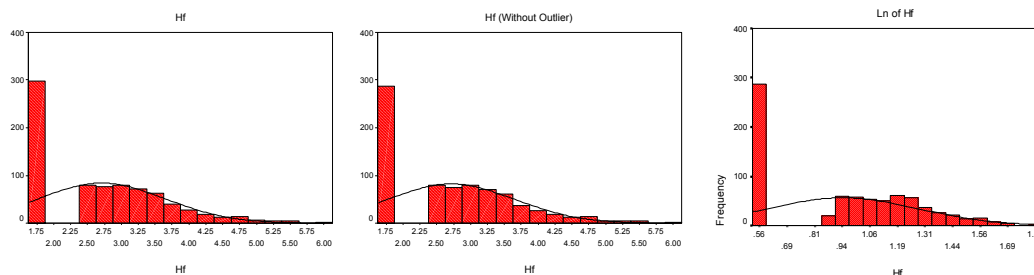
تصویر ۲-۱۲- نمودارهای ستونی عنصر مس برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۴- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر مس برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Cu		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	19.3285	19.0721	19.06950196
Median	18.636	18.567	18.5670035
Std. Deviation	5.4338	4.2608	4.088472252
Variance	29.5262	18.1545	1.67E+01
Skewness	6.093	2.529	0.653050635
Kurtosis	80.197	28.119	0.664857553
Minimum	8.66	8.66	8.659006559
Maximum	102.2	71.18	71.17915438
C.V.	0.2811289	0.223404869	0.214398481
K.S.Test	1.91E-06	1.98E-02	5.73E-02

هافنیوم (Hafnium):

با وجود دارا بودن چولگی مثبت این عنصر در نمونه‌ها و همچنین ضریب تغییرات در حد رو به متوسط بر اساس مقدار حداقل و حداکثر، میانه و میانگین نمی‌توان به حضور فازهای غنی‌شدگی مطلق از این عنصر امیدوار بود. پایین بودن کشیدگی و چولگی نیز دلیلی بر یکنواختی توزیع و احتمالاً حضور نسبتاً زیادی نمونه با فاصله بسیار کمی بیش از مقدار میانه در جامعه حکایت می‌کند در حقیقت آنچه باعث عدم نرمال بودن توزیع هافنیوم شده است، تعداد زیاد و فاصله‌دار داده‌های پایین‌تر از حد کمینه‌ی سنسورد جانشین شده دستگاه می‌باشد.



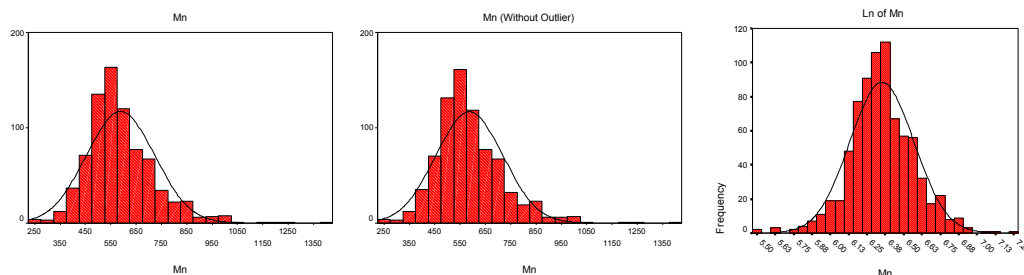
تصویر ۲-۱۳- نمودارهای ستونی عنصر هافنیوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۵- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر هافنیوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Hf		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	793	774	774
Mean	2.7109	2.7132	2.558944836
Median	2.68	2.68	2.680000551
Std. Deviation	0.9404	0.938	0.342125
Variance	0.8843	0.8798	0.11705
Skewness	0.62	0.622	0.116
Kurtosis	-0.239	-0.216	-1.214
Minimum	1.72	1.72	1.71995822
Maximum	5.96	5.96	5.960175935
C.V.	0.34689586	0.345717234	0.133697685
K.S.Test	0	0	0

منگنز:

این عنصر دارای توزیع نرمال است. ضریب تغییرات این عنصر اندک بوده و این تغییرات بعد از حذف نمونه‌های خارج از رده تغییر چندانی نشان نمی‌دهد که این را می‌توان به عدم وجود ارتباط مشخص این عنصر با فاز اصلی ناهمگنی در منطقه تفسیر کرد. کاهش شدید مقادیر چولگی و کشیدگی با تبدیل لگاریتمی، مربوط به فاصله کم مقادیر بالای این عنصر با بازه‌ی کلی است. بالا بودن غیرعادی انحراف معیار نیز به دلیل میانگین بالای این عنصر است.



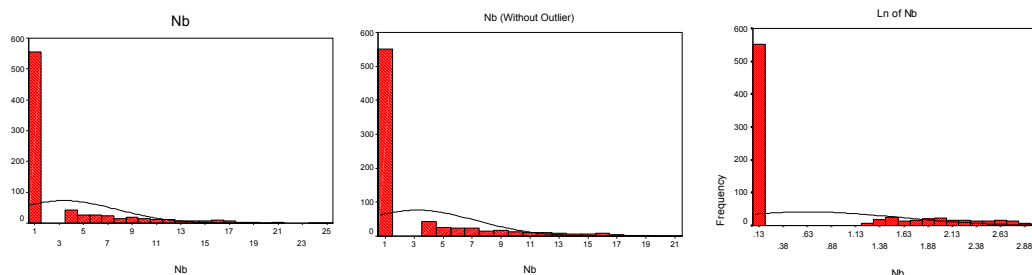
تصویر ۲-۱۴- نمودارهای ستونی عنصر منگنز برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۶- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر منگنز برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Mn		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	588.9652	587.1879	587.1052535
Median	568.254	568.101	568.1008751
Std. Deviation	135.2409	132.2586	129.6137406
Variance	18290.1035	17492.3384	1.68E+04
Skewness	1.139	1.108	0.673062231
Kurtosis	3.092	3.199	0.706321595
Minimum	239.57	239.57	239.5590639
Maximum	1384.16	1384.16	1384.092543
C.V.	0.2296246	0.225240677	0.220767469
K.S.Test	4.17E-07	2.44E-06	0.041858673

نیوبیوم:

دارای توزیع چولگی مثبت است و مقدار ضریب پراکندگی آن در حد یکی از بزرگ‌ترین تغییرات عنصری در این برکه قرار دارد. توجه به مقدار بسیار متفاوت میانه و میانگین و افزایش چولگی و کشیدگی با تبدیل لگاریتمی نشان‌دهنده‌ی فاصله زیاد نمونه‌های دارای مقادیر بالای عنصر از بازه‌ی کلی می‌باشد. عدم تغییر مقدار ضریب تغییرات در حالت اولیه با مقدار آن پس از حذف نمونه‌های خارج از رده نشان‌دهنده‌ی عدم ارتباط میان نمونه‌های پرعیار از این عنصر با فاز تغییرات اصلی موجود در منطقه است.



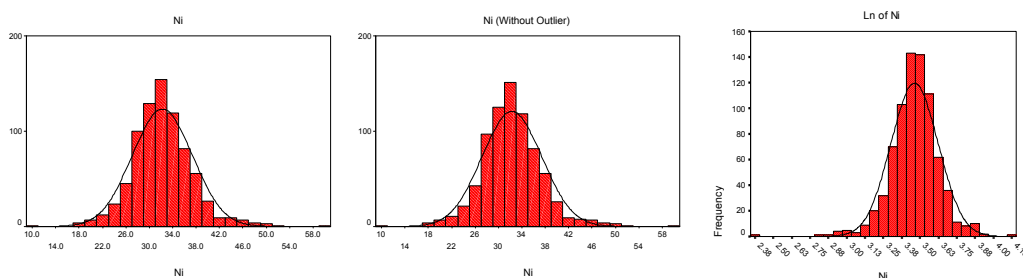
تصویر ۲-۱۵- نمودارهای ستونی عنصر نیوبیوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۷- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر نیوبیوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Nb		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	3.3955	3.2098	2.883766024
Median	1.07	1.07	1.069999948
Std. Deviation	4.3423	4.028	3.344037703
Variance	18.8555	16.2248	11.18258816
Skewness	2.071	2.013	5.038137015
Kurtosis	3.942	3.419	41.77050346
Minimum	1.07	1.07	1.070044247
Maximum	25.27	20.89	20.89061469
C.V.	1.27883964	1.254906848	1.159607844
K.S.Test	0	0	0

نیکل:

توزیع نرمال نیکل، در سطح اعتماد حدود ۹۷/۵٪ و سایر شواهد که از پارامترهای آماری تک‌متغیره استنباط می‌شود، نشان‌دهنده‌ی یکنواختی نسبی توزیع این عنصر در منطقه می‌باشد. به علاوه حتی همان نمونه‌های محدود فاصله‌دار از بازه‌ی اصلی تنها مقدار تفاوت ناچیزی با آن دارند. کشیدگی بالا نیز از تجمع غالب نمونه‌ها در حدود میانه خبر می‌دهد.



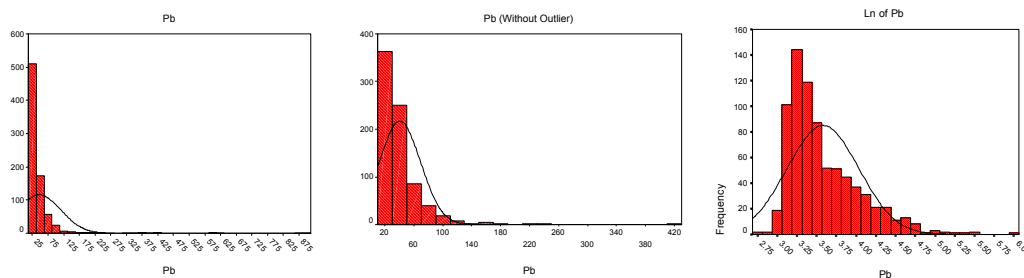
تصویر ۲-۱۶- نمودارهای ستونی عنصر نیکل برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۸- پارامترهای آماری تک‌متغیره‌ی عنصر نیکل برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Ni		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	32.2391	32.2993	31.89199379
Median	31.9895	32.03	32.03000117
Std. Deviation	5.13	5.1106	0.161466
Variance	26.3166	26.1183	2.61E-02
Skewness	0.499	0.491	-0.612
Kurtosis	2.342	2.436	4.003
Minimum	10.44	10.44	10.44162269
Maximum	60.1	60.1	60.09940853
C.V.	0.15912355	0.158226339	0.005062901
K.S.Test	0.02355087	0.027752101	0.037641168

سرب:

این عنصر با توزیع چولگی مثبت دارای بیشترین ضریب تغییرات در این برکه می‌باشد که به وضوح با حذف نمونه‌های خارج از رده و یا به عبارت بهتر با فاز اصلی تغییرات موجود در منطقه در ارتباط است. تفاوت نسبتاً زیاد میانه و میانگین نیز نشان‌دهنده وجود تعدادی نمونه با مقادیر غیرعادی بالا در میان نمونه‌ها است. مقدار تقریباً بالای انحراف از استاندارد نیز به علت بالا بودن میانگین این عنصر می‌باشد.



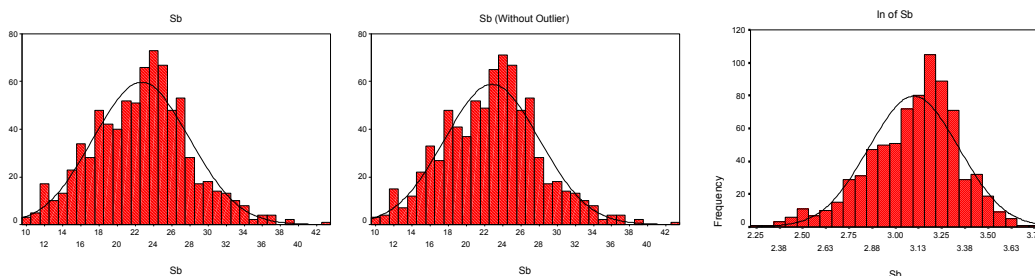
تصویر ۲-۱۷- نمودارهای ستونی عنصر سرب برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۱۹- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر سرب برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Pb		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	47.9358	40.7621	35.86934389
Median	31.225	31.11	31.10999033
Std. Deviation	68.3304	28.4763	18.98933718
Variance	4669.0501	810.8988	0.205545
Skewness	7.876	5.162	1.352
Kurtosis	75.797	47.587	2.156
Minimum	16.26	16.26	16.25986823
Maximum	888.74	416.52	416.5056388
C.V.	1.42545655	0.698597472	0.52940297
K.S.Test	0	0	0

آنتیموان:

توزیع این عنصر نرمال بوده و هم‌چون نیکل، پارامترهای آماری بر یکنواختی توزیع آن در منطقه حکایت می‌نماید. با این حال، به لحاظ اهمیت آنتیموان به عنوان یک ردیاب قوی، باید در تفسیر آنومالی‌های این عنصر دقت نمود.



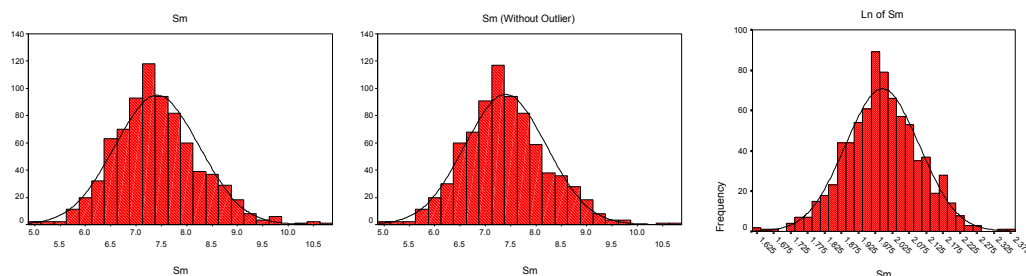
تصویر ۲-۱۸- نمودارهای ستونی عنصر آنتیموان برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر آنتیموان برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Sb		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	22.6829	22.8134	22.18306145
Median	23.09	23.15	23.15000508
Std. Deviation	5.293	5.245	0.242202
Variance	28.0157	27.5105	5.87E-02
Skewness	0.144	0.154	-0.562
Kurtosis	0.077	0.106	0.346
Minimum	9.6	9.6	9.600354261
Maximum	42.53	42.53	42.52958707
C.V.	0.23334759	0.229908738	0.010918331
K.S.Test	0.17250484	0.202553153	3.57E-05

ساماریوم (Samarium):

توزیع این عنصر از همان ابتدا نرمال بوده و یکی از کمترین ضریب تغییرات را نیز به خود اختصاص می‌دهد. بازه‌ی تغییرات کلی ساماریوم نیز بسیار محدود بوده و لذا نمی‌تواند در تعیین سیمای ژئوشیمیایی منطقه چندان کاربرد داشته باشد.



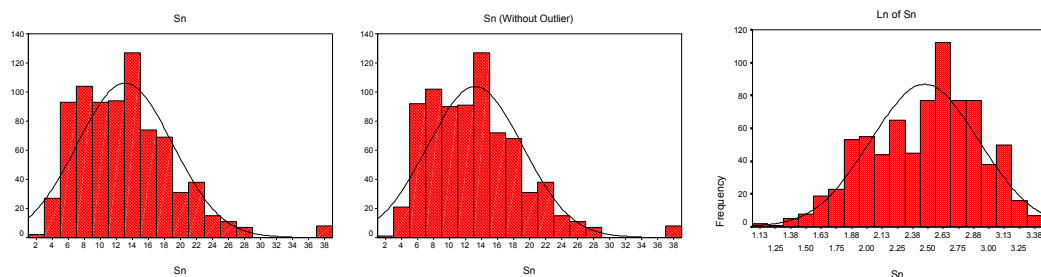
تصویر ۲-۱۹- نمودارهای ستونی عنصر ساماریوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲۱- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر ساماریوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Sm		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	793	774	774
Mean	7.4128	7.4006	7.357020298
Median	7.33	7.33	7.330003548
Std. Deviation	0.8315	0.8068	0.108794
Variance	0.6914	0.6509	1.18E-02
Skewness	0.455	0.335	-0.032
Kurtosis	0.624	0.416	0.276
Minimum	5.09	5.09	5.090112844
Maximum	10.72	10.72	10.71988041
C.V.	0.11217084	0.109018188	0.01478778
K.S.Test	0.04861873	0.118862867	6.93E-01

قلع:

توزیع قلع حتی پس از حذف نمونه‌های خارج از رده دارای چولگی مثبت می‌باشد و علی‌رغم ضریب پراکندگی بالا بقیه پارامترها یکنواختی توزیع آن را نشان می‌دهند. لذا تغییرات بالا را می‌توان به تعدادی نمونه با مقدار کمی بیش از بازه اصلی نسبت داد که ارتباطی با فاز اصلی تغییرات عنصری در منطقه ندارند. بهترین حالت نرمال شدگی این عنصر همان حالت داده‌های خام است.



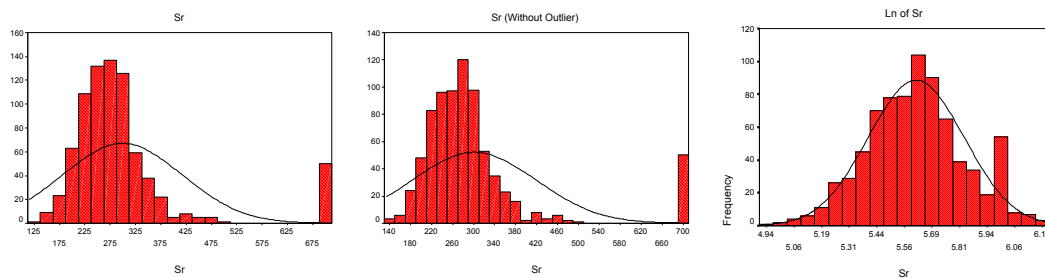
تصویر ۲-۲- نمودارهای ستونی عنصر قلع برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر قلع برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Sn		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	793	774	774
Mean	13.0838	13.1883	13.23749788
Median	12.65	12.75	12.75
Std. Deviation	5.9504	5.9441	6.351018695
Variance	35.407	35.3329	40.33543846
Skewness	1.085	1.097	1.549761036
Kurtosis	2.261	2.282	3.776813604
Minimum	2.56	2.91	2.9153795
Maximum	38.67	38.67	38.47466605
C.V.	0.45479142	0.450710099	0.47977486
K.S.Test	0.00692952	0.005318046	0.003338456

استرانسیوم:

توزیع این عنصر دارای چولگی مثبت می‌باشد. با توجه به عدم تغییر در شرایط نرمال شدگی استرانسیوم با حذف داده‌های خارج از رده، می‌توان به عدم ارتباط آن با فاز اصلی تغییرات عنصری در برگه‌ی بهاباد پی برد. هم‌چنین نرمال شدن پس از تبدیل لگاریتمی از فاصله‌ی اندک مقادیر کران بالا از بازه‌ی کلی دارد.



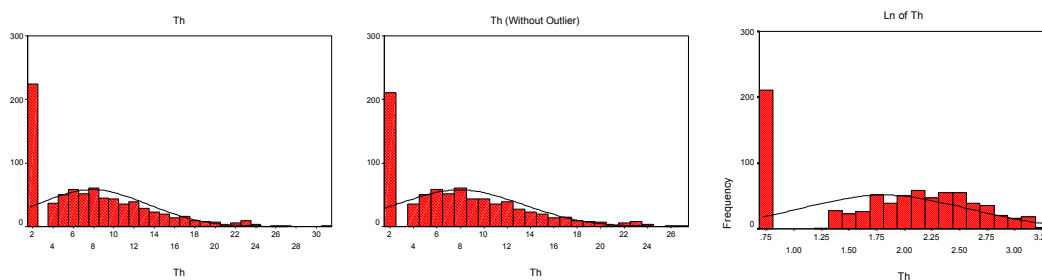
تصویر ۲-۲۱- نمودارهای ستونی عنصر استرانسیوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲۳- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر استرانسیوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Sr		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	793	774	774
Mean	299.4561	301.2313	281.4486064
Median	275.23	275.555	275.5549945
Std. Deviation	117.6221	118.1174	61.85854039
Variance	13834.9625	13951.7278	3.83E+03
Skewness	2.409	2.41	0.669975818
Kurtosis	5.762	5.662	0.699844228
Minimum	133.77	140.52	4.95
Maximum	700	700	6.21
C.V.	0.39278579	0.392115295	0.219786274
K.S.Test	0	0	0.099742651

توریوم:

توزیع توریوم دارای چولگی مثبت بوده و علی‌رغم میانگین پایین آن ضریب تغییرات متوسطی دارد. این موضوع می‌تواند به دلیل حضور شیب‌ها در منطقه باشد که بررسی نقشه‌های پراکندگی این عنصر در ادامه، این واقعیت را دقیق‌تر مشخص می‌نماید. با این حال مقادیر بالای این عنصر نباید چندان از بازه‌ی اصلی فاصله داشته باشند. بهترین حالت نرمال شدگی این عنصر با حذف نمونه‌های خارج از رده حاصل می‌گردد.



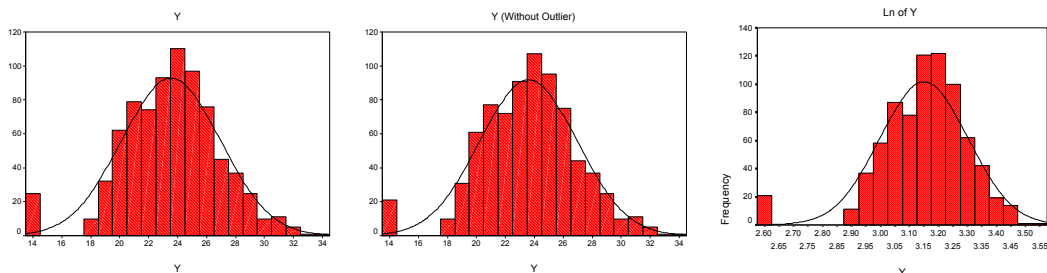
تصویر ۲-۲۲- نمودارهای ستونی عنصر توریوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲۴- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر توریوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Th		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	7.8937	7.9276	6.139277106
Median	7.015	7.12	7.120001955
Std. Deviation	5.4478	5.3606	0.751497
Variance	29.6787	28.7357	0.564748
Skewness	0.944	0.88	-0.206
Kurtosis	0.559	0.316	-1.217
Minimum	2.15	2.15	2.150069141
Maximum	30.95	27.28	27.28125947
C.V.	0.69014531	0.676194561	0.12240806
K.S.Test	0	0	0

ایتريوم:

توزیع این عنصر از نوع نرمال بوده و ضریب تغییرات آن کوچک است. بالا بودن مقدار کشیدگی ناشی از توزیع غالب داده‌ها حول میانه و به عبارتی یکنواختی جامعه ایتريوم می‌باشد.



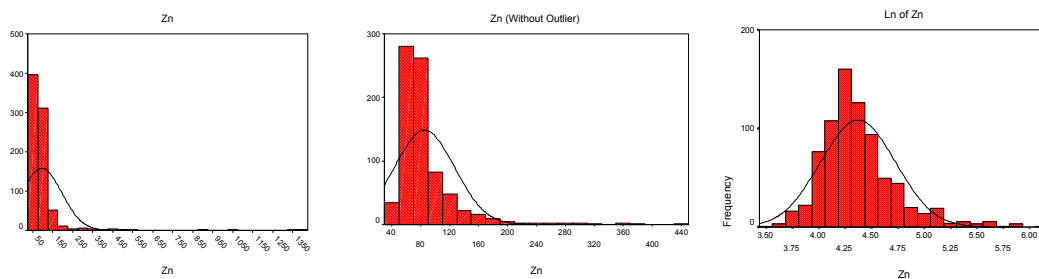
تصویر ۲-۲۳- نمودارهای ستونی عنصر ایتريوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲۵- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر ایتريوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Y		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	793	774	774
Mean	23.5389	23.595	23.33912181
Median	23.66	23.69	23.68999957
Std. Deviation	3.4046	3.3558	0.151465
Variance	11.5911	11.2617	2.29E-02
Skewness	-0.373	-0.308	-1.054
Kurtosis	1.059	1.001	2.789
Minimum	13.5	13.5	13.50013925
Maximum	34.43	34.43	34.42902642
C.V.	0.14463718	0.142225048	0.006489747
K.S.Test	0.22086489	0.289821267	1.16E-02

روی:

پس از سرب و نیویوم بالاترین ضریب تغییرات متعلق به این عنصر است که دارای توزیع چولگی مثبت می‌باشد. وابستگی این عنصر به فاز اصلی تغییرات در منطقه مشخص بوده و به علاوه انحراف از استاندارد بالای آن به عنوان شاخصی در بالا بودن میانگین کل جامعه قابل استفاده است.



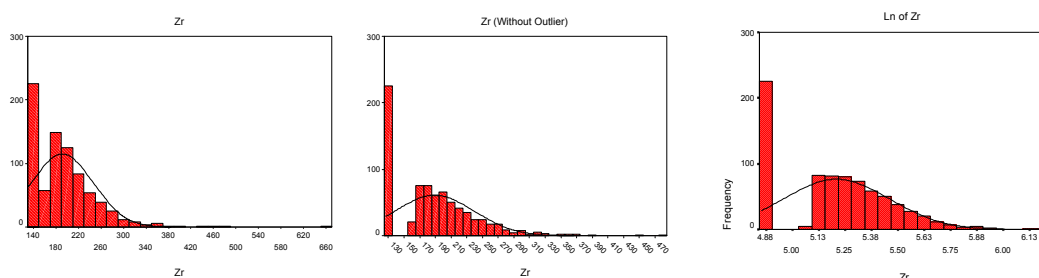
تصویر ۲-۲۴- نمودارهای ستونی عنصر روی برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲۶- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر روی برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Zn		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	95.115	85.3832	84.4147194
Median	75.0985	74.7684	74.76837489
Std. Deviation	100.312	41.584	30.91271999
Variance	10062.501	1729.2318	955.5962574
Skewness	8.558	3.585	1.147710319
Kurtosis	90.399	18.647	2.062099304
Minimum	32.01	32.01	32.00525154
Maximum	1402.29	439.43	439.4394775
C.V.	1.05463912	0.487027893	0.366200589
K.S.Test	0	0	5.96E-08

زیر کنیوم:

توزیع این عنصر دارای چولگی مثبت است. استنباط‌های صورت گرفته از سایر پارامترهای آماری نشان‌دهنده‌ی توزیع تقریباً یکنواخت این عنصر در منطقه می‌باشد. انحراف از استاندارد تقریباً بالای زیرکن به دلیل میانگین تقریباً بالای آن تفسیر می‌گردد. بهترین حالت نرمال شدگی این عنصر با تبدیل لگاریتمی داده‌ها حاصل می‌گردد.



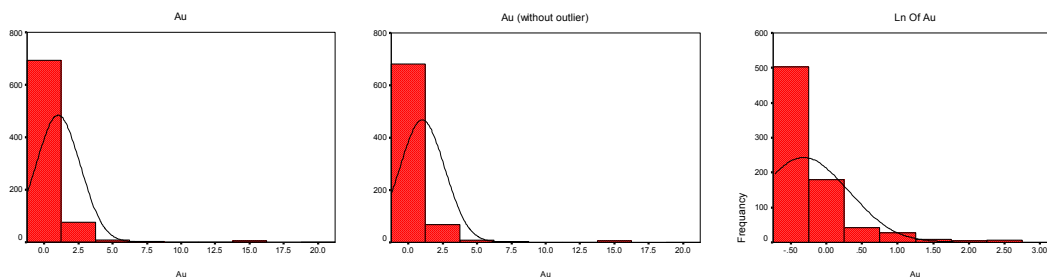
تصویر ۲-۲۵- نمودارهای ستونی عنصر زیر کنیوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲۷- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر زیر کنیوم برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Zr		
	Primary Data	Without Cencord Data	Ln of Data
N	793	774	774
Mean	191.4411	188.972	188.8004964
Median	184.72	183.525	183.46
Std. Deviation	55.0393	50.5205	48.3223715
Variance	3029.3209	2552.3249	2.34E+03
Skewness	1.807	1.167	0.784598501
Kurtosis	8.17	2.59	0.960577669
Minimum	134.02	134.02	134.2897797
Maximum	653.33	481.71	482.9919564
C.V.	0.28749992	0.267343839	0.255944091
K.S.Test	0	0	0

طلا:

توزیع این عنصر دارای چولگی مثبت است و ضریب تغییرات آن متوسط می‌باشد. توزیع طلا حتی پس از حذف مقادیر خارج از رده نیز تغییر چندانی نمی‌کند و همچنان توزیع این عنصر دارای چولگی مثبت است که این را می‌توان به دلیل عدم وجود ارتباط مشخص این عنصر با فاز اصلی ناهمگنی در منطقه تفسیر کرد. بعد از تبدیل لگاریتمی داده‌ها نیز مقدار کشیدگی و چولگی به مقدار زیاد کاهش یافته که می‌تواند به دلیل فاصله کم مقادیر کران بالای این عنصر با بازه کلی دانست. ولی در هر حال این عنصر در هیچ حالتی نرمال نشد.



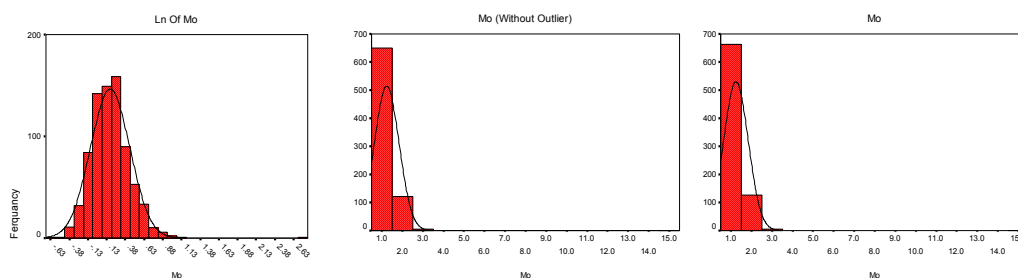
تصویر ۲-۲۶- نمودارهای ستونی عنصر طلا برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲۸- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر طلا برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical parameter	Au		
	Primary data	Without cencord data	Ln of Data
N	789	770	770
Mean	1.0171	1.0104	0.884661671
Median	0.5	0.5	0.500023591
Std. Deviation	0.5	1.6385	0.618626468
Variance	2.6364	2.6845	3.83E-01
Skewness	7.033	7.021	2.166
Kurtosis	59.738	59.125	5.453
Minimum	0.5	0.5	0.501576069
Maximum	20	20	0.501576069
C.V.	0.491593747	1.621634996	0.699280288
K.S.Test	0	0	0

مولیدن:

توزیع این عنصر دارای چولگی مثبت است و ضریب تغییرات آن در حد نسبتاً پایین می‌باشد. توزیع مولیدن حتی پس از حذف مقادیر خارج از رده نیز تغییر چندانی نمی‌کند و همچنان توزیع این عنصر دارای چولگی مثبت است که این را می‌توان به دلیل عدم وجود ارتباط مشخص این عنصر با فاز اصلی ناهمگنی در منطقه تفسیر کرد. بعد از تبدیل لگاریتمی داده‌ها نیز مقدار کشیدگی و چولگی به مقدار زیاد کاهش می‌یابد که این از فاصله اندک داده‌های کران بالای توزیع با پراکندگی کلی جامعه حکایت می‌کند. بهترین حالت نرمال شدگی برای این عنصر در حالت لگاریتم طبیعی می‌باشد.



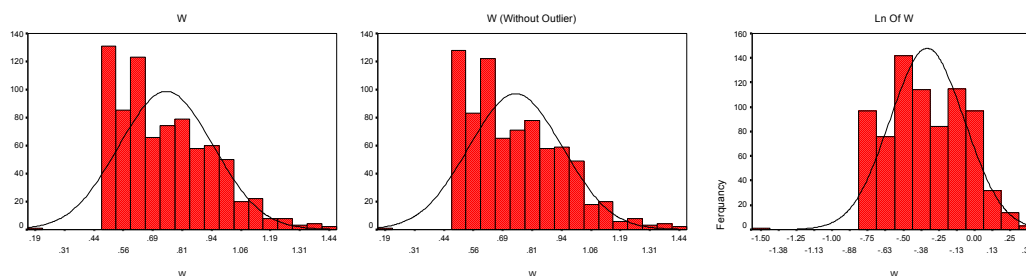
تصویر ۲-۲۷- نمودارهای ستونی عنصر مولیدن برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۲۹- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر مولیدن برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical parameter	Mo		
	Primary Data	Without Cencord Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	1.2427	1.2394	1.229171051
Median	1.17	1.17	1.169995614
Std. Deviation	0.5964	0.5997	0.329216557
Variance	0.3557	0.3596	0.108383541
Skewness	16.736	16.875	1.466
Kurtosis	389.623	390.984	11.193
Minimum	0.53	0.56	0.559898367
Maximum	15.3	15.3	15.33288702
C.V.	0.479922749	0.48386316	0.267836243
K.S.Test	0	0	0.03

تنگستن:

توزیع این عنصر از نوع نرمال می‌باشد. ضریب تغییرات آن در خدمتوسط است. با توجه به عدم تغییر محسوس در شرایط نرمال شدگی با حذف داده‌های خارج از رده، می‌توان به عدم ارتباط آن با فاز اصلی تغییرات عنصری در برکه‌ی بهاباد پی برد.



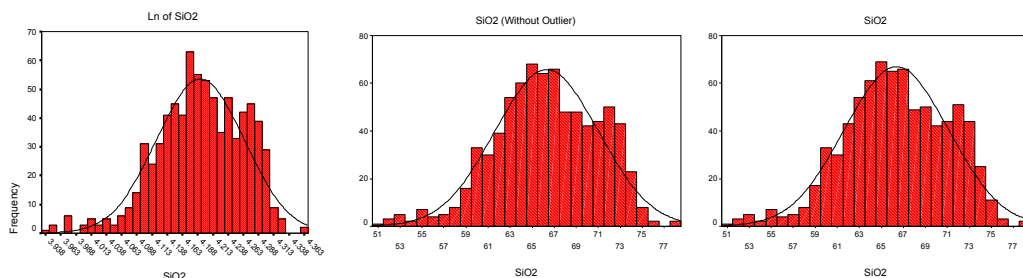
تصویر ۲-۲۸- نمودارهای ستونی عنصر تنگستن برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۳- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی عنصر تنگستن برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical parameter	W		
	Primary Data	Without Cencord Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	0.7443	0.7423	0.742019319
Median	0.7	0.7	0.699982461
Std. Deviation	0.2002	0.1989	0.196891333
Variance	4.01E-02	3.96E-02	0.038766197
Skewness	0.707	0.723	0.158
Kurtosis	-0.008	0.062	-0.329
Minimum	0.21	0.21	0.210136071
Maximum	1.44	1.44	1.433329415
C.V.	0.268977563	0.267950963	0.265345292
K.S.Test	0	0	0

اکسیدهای عناصر اصلی:

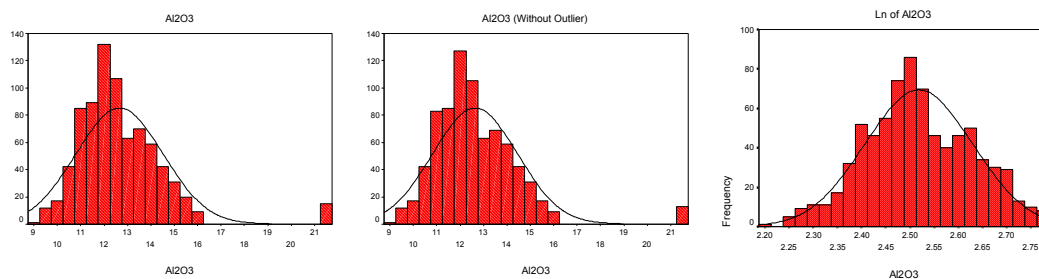
با توجه به آنالیز عناصر اصلی با دستگاه XRF-ED، برخی عناصر به صورت اکسید گزارش می‌شوند. به لحاظ تشابه نوع پراکندگی این اکسیدها تمامی آن‌ها با یکدیگر مورد بررسی قرار می‌گیرند. بر اساس جداول ۲-۳۱ تا ۲-۳۷ و تصاویر ۲-۲۹ تا ۲-۳۶، به غیر از MgO که ضریب پراکندگی در حد متوسط و رو به پایین دارد سایر اکسیدها تقریباً دارای یکنواختی در پراکندگی هستند. دلیل تغییرات نسبتاً بالای اکسید منیزیم حضور سازندهای دولومیتی در این منطقه است. در میان اکسیدهای آنالیزی تنها CaO , Fe_2O_3 هستند که دارای توزیع با چولگی راست هستند و مابقی عناصر نرمال می‌باشند. این نوع توزیع جهت این اکسیدها احتمالاً به وابستگی آن‌ها به سازندهایی خاص مربوط می‌شود و با لحاظ عدم تغییرات آن چنانی در فراوانی آن‌ها حتی پس از حذف نمونه‌های خارج از رده به نظر فاقد ارتباط با فاز اصلی تغییرات عنصری در منطقه می‌باشند. افزایش شاخص‌های دیگر نرمال‌شدگی هم‌چون چولگی و کشیدگی با اعمال تبدیل لگاریتم طبیعی حاکی از وجود نمونه‌هایی پایین‌تر از حد معمول بازه‌ی تغییرات درصدی این اکسیدها می‌باشد.



تصویر ۲-۲۹- نمودارهای ستونی SiO_2 برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۳۱- پارامترهای آماری تک متغیره SiO_2 برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

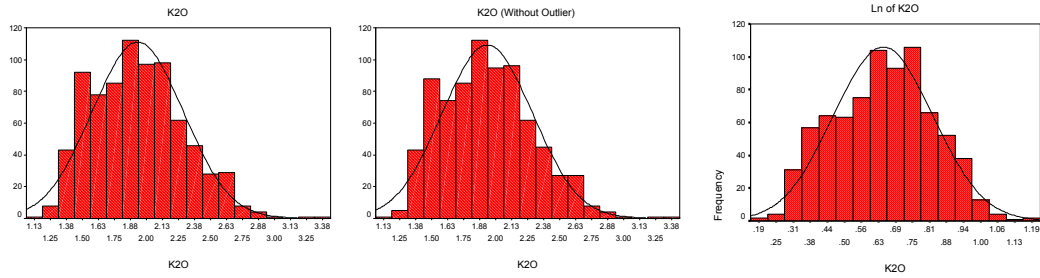
Statistical Parameter	SiO_2		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	66.3676	66.3167	66.14716285
Median	66.28	66.24	66.24003245
Std. Deviation	4.7262	4.6952	7.20E-02
Variance	22.3368	22.0444	5.19E-03
Skewness	-0.29	-0.313	-0.525
Kurtosis	-0.097	-0.062	0.337
Minimum	51.06	51.06	51.05992791
Maximum	78.29	78.29	78.28844354
C.V.	0.07121246	0.070799663	0.001089196
K.S.Test	0.13230878	0.158548653	2.04E-01



تصویر ۲-۳- نمودارهای ستونی برای Al_2O_3 داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۳- پارامترهای آماری تک متغیره‌ی Al_2O_3 برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

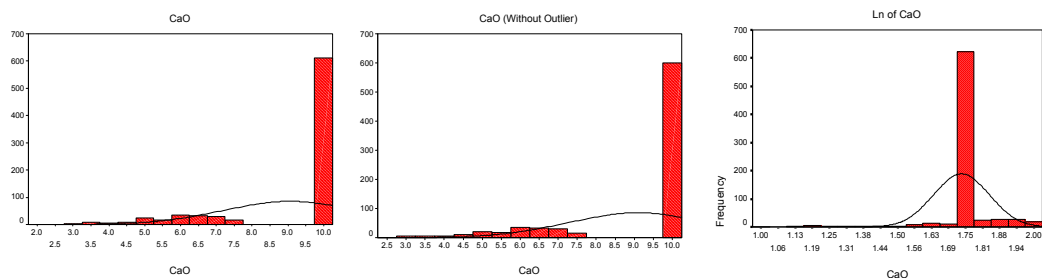
Statistical Parameter	Al_2O_3		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	12.6609	12.6408	13.37866712
Median	12.335	12.34	12.34
Std. Deviation	1.8554	1.8097	1.670410865
Variance	3.4425	3.2751	2.79E+00
Skewness	2.009	1.941	0.398909803
Kurtosis	7.483	7.465	0.247740046
Minimum	8.97	8.97	8.935213115
Maximum	21.47	21.47	21.54190268
C.V.	0.146545664	0.143163407	0.124856299
K.S.Test	1.13E-06	1.05E-05	0.10652107



تصویر ۲-۳۱- نمودارهای ستونی K_2O برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۳۳- پارامترهای آماری تک متغیره K_2O برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

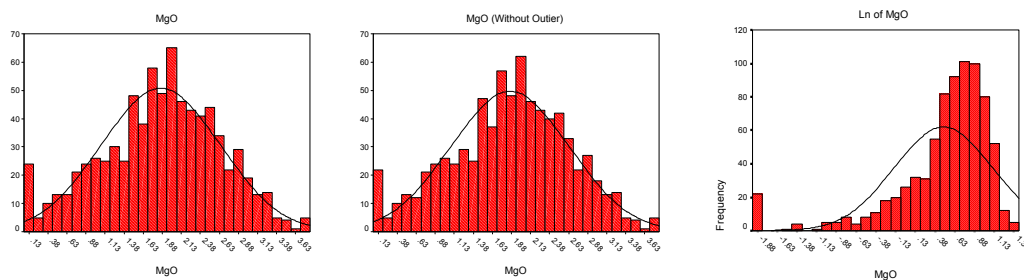
Statistical Parameter	K_2O		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	1.9314	1.9339	1.902218811
Median	1.91	1.91	1.909999538
Std. Deviation	0.356	0.3532	0.182086
Variance	0.1267	0.1248	3.32E-02
Skewness	0.409	0.416	-0.002
Kurtosis	-0.127	-0.088	-0.546
Minimum	1.18	1.18	1.179982963
Maximum	3.38	3.38	3.380082103
C.V.	0.18432225	0.182636124	0.095722952
K.S.Test	0.05689567	0.085818768	0.128280759



تصویر ۲-۳۲- نمودارهای ستونی برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۳۴- پارامترهای آماری تک متغیره ی CaO برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

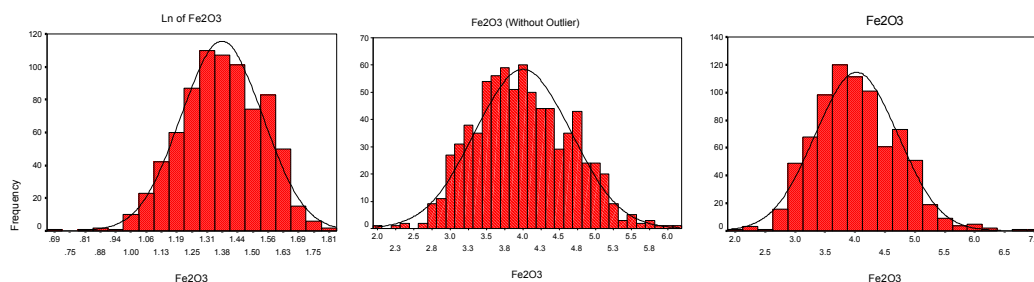
Statistical Parameter	CaO		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	9.0595	9.0972	2.181
Median	10.0267	10.0267	2.3052
Std. Deviation	1.8612	1.8069	0.2525
Variance	3.4641	3.265	6.38E-02
Skewness	-1.644	-1.655	-2.025
Kurtosis	1.328	1.325	3.506
Minimum	1.85	2.73	1
Maximum	10.03	10.03	2.31
C.V.	0.205441801	0.198621554	0.115772581
K.S.Test	0	0	0



تصویر ۲-۳۳- نمودارهای ستونی MgO برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۳۵- پارامترهای آماری تک متغیره ی MgO برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

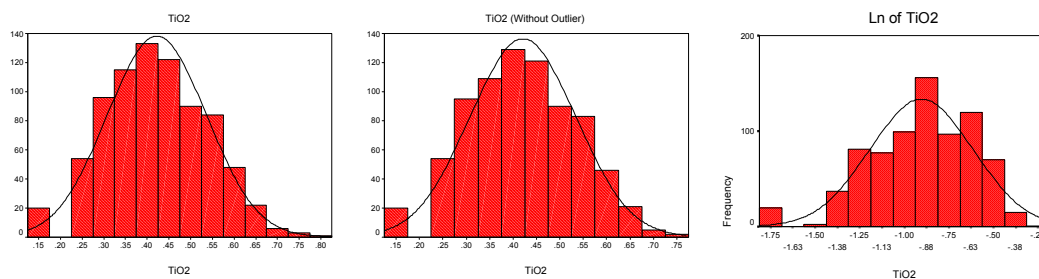
Statistical Parameter	MgO		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	1.8561	1.8564	1.616292587
Median	1.92	1.92	1.919999643
Std. Deviation	0.7786	0.7771	0.62246
Variance	0.6063	0.6039	0.387456
Skewness	-0.182	-0.168	-1.904
Kurtosis	-0.393	-0.392	4.192
Minimum	0.16	0.16	0.157504697
Maximum	3.79	3.79	3.79012879
C.V.	0.41948171	0.418605904	0.385115916
K.S.Test	0.24113721	0.312102497	0



تصویر ۲-۳۴- نمودارهای ستونی Fe_2O_3 برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۳۶- پارامترهای آماری تک متغیره ی Fe_2O_3 برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	Fe_2O_3		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	4.024	4.0024	4.003133784
Median	3.96	3.95	3.950001663
Std. Deviation	0.6902	0.6598	0.672904637
Variance	0.4763	0.4353	4.53E-01
Skewness	0.462	0.219	0.509033034
Kurtosis	0.492	-0.291	-4.69974567
Minimum	2.04	2.04	2.039898395
Maximum	7.1	6.07	6.070251272
C.V.	0.17152087	0.164851089	0.168094466
K.S.Test	8.46E-02	2.16E-01	3.19E-01



تصویر ۲-۳۵- نمودارهای ستونی برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

جدول ۲-۳۷- پارامترهای آماری تک متغیره ی TiO_2 برای داده‌های خام، بدون نمونه‌های خارج از رده و لگاریتم طبیعی آن‌ها

Statistical Parameter	TiO_2		
	Primary Data	Without Outlier Data	Ln of Data
N	794	775	775
Mean	0.4224	0.4211	0.404855122
Median	0.42	0.42	0.419999818
Std. Deviation	0.1145	0.1132	0.289228
Variance	1.31E-02	1.28E-02	8.37E-02
Skewness	0.14	0.083	-0.63
Kurtosis	-0.415	-0.509	0.306
Minimum	0.17	0.17	0.172492762
Maximum	0.78	0.74	0.740003769
C.V.	0.27107008	0.268819758	0.714398768
K.S.Test	0.05267924	0.043566763	3.68E-05

۲-۵- حذف تأثیر سنگ بالادست و پردازش گروه‌های سنگی :

در روش رسوبات آبراهه‌ای و یا لیتوژئوشیمیایی اکتشافات ژئوشیمیایی، صرف‌نظر از آلودگی‌های مصنوعی، تغییرپذیری دارای دو مؤلفه اساسی است که عبارتند از:

الف) مؤلفه‌ی سین ژنتیک که مربوط به سنگ‌زایی و تغییرات لیتوژئوشیمیایی می‌باشد.

ب) مؤلفه‌ی اپی ژنتیک که در ارتباط با فرایندهای کانی‌سازی و به عنوان مؤلفه‌ی مفید در اکتشاف شناخته شده است.

آنچه که در اکتشافات ژئوشیمیایی به دنبال کشف آن هستیم مؤلفه‌های اپی ژنتیک وابسته به فرایندهای کانی‌سازی اقتصادی است ولی گاهی مؤلفه‌ی سین ژنتیک، یعنی تغییرات لیتولوژی، چنان قوی می‌باشد که مؤلفه اپی ژنتیک نمی‌تواند اثر خود را آشکار سازد. این رخداد، شناسایی مؤلفه‌ی مرتبط با کانی‌سازی را دشوار می‌کند. بررسی جداول کلارک عناصر مختلف در سنگ‌های گوناگون نشان می‌دهد که توزیع عناصر کانساز در سنگ‌های مختلف دارای اختلافات قابل توجهی است. روش‌های مختلفی برای خنثی‌سازی اثر لیتولوژی وجود دارد که به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند:

الف) روش‌های غیر مستقیم مثل کاربرد منطق فازی، تجزیه‌ی عاملی و تحلیلی مؤلفه‌های اصلی

ب) روش مستقیم.

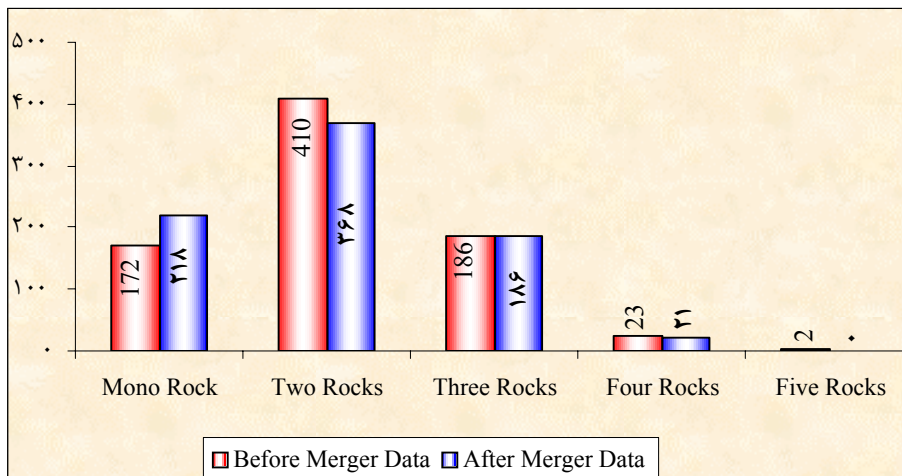
در این پروژه ترجیح داده شد به واسطه‌ی سادگی و به علاوه مطمئن‌تر بودن روش مستقیم، از آن بهره گرفته شود. بر این اساس فعالیت‌هایی جهت حذف تأثیر سنگ بالادست و به علاوه تفسیر تغییرات عنصری به ترتیب مراحل زیر بر روی داده‌ها صورت پذیرفت:

۲-۵-۱- جداسازی نمونه‌ها براساس واحدهای سنگی مؤثر در آن‌ها:

در بالا ذکر گردید که برای حذف و یا کاهش اثر لیتولوژی بر داده‌ها لازم است تا نمونه‌ها براساس جوامع سنگی مؤثر در آن‌ها طبقه‌بندی شوند. در اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه‌ای واحدهای سنگی مؤثر در مؤلفه‌ی سین ژنتیک آنهایی هستند که در بالادست نمونه‌ی مورد نظر قرار گرفته‌اند. برای یافتن این واحدها لازم است نقشه‌ی نمونه‌برداری بر نقشه‌ی توپوگرافی منطبق شود و پس از مشخص شدن حوضه‌ی آبریز، این بار با انطباق آن بر نقشه‌ی زمین‌شناسی تمامی واحدهای سنگی که رسوبات حاصل از فرسایش آن‌ها در تشکیل نمونه نقش داشته‌اند شناسایی کردند (جدول ۲-۴۰).

با اعمال این روش بعضاً شاهد حضور جوامعی با تعداد نامتعارفی سنگ بالادست هستیم. به طور مثال در این برکه نمونه‌ای با ۳۶ نوع سنگ بالادست وجود داشت اما با توجه به در اختیار داشتن مساحت کل حوضه آبریز و مساحت هر واحد لیتولوژیکی، می‌توان درصد تأثیر هر واحد در رسوبات ایجاد را به دست آورد. به طور مثال بیش از ۲۰ واحد سنگی در نمونه‌ی مورد مثال در مجموع کمتر از ۵٪ مساحت حوضه را اشغال می‌کنند که این نمی‌تواند تأثیر عمده و چندانی در تغییر ترکیب عنصری نمونه‌ی برداشتی داشته باشد و به کلی قابل حذف است. به علاوه کل واحدهای آبرفتی کوارترنر نیز با یکدیگر ادغام و به عنوان Q وارد پردازش می‌شوند. البته زمانی Q در پردازش‌ها دخیل می‌گردد که بیش از ۳۰٪ از مساحت آبراهه را به خود اختصاص داده باشد. دلیل این امر ترقیقی است که به واسطه‌ی حضور چنین واحدهایی در محتوای عنصری حاصل خواهد گردید (جدول ۲-۳۹).

با توجه به موارد فوق نهایتاً ۱۷ گروه تک سنگی با ۱۷۲ عضو، ۶۸ گروه دو سنگی با ۴۱۰ عضو، ۸۳ گروه سه سنگی با ۱۸۶ عضو، ۲۲ گروه چهار سنگی با ۲۳ عضو، ۲ گروه پنج سنگی با ۲ عضو حاصل گردید. اما تعداد نمونه‌های برخی از این گروه‌ها از ۶ که در غالب پردازش‌های آماری به عنوان حداقل داده‌های هر جامعه محسوب می‌گردد کمتر است. لذا این گروه‌ها باید به نوعی بر روی سایر داده‌ها توزیع گردند. برای این کار پیشنهادات مختلف وجود دارد. فاصله ماهالانوبیس و آنالیز خوشه‌ای به طور گسترده‌ای برای توزیع این داده‌ها به کار برده می‌شود. در روش خوشه‌ای نمونه‌ها به لحاظ پارامتر مرکزی با هم مقایسه و گروه‌های جدیدی ایجاد می‌گردند که حداقل ۶ عضو دارند. روش ماهالانوبیس نیز یک گروه را به طور کلی بر اساس پارامتر مرکزی با گروهی که بیشترین شباهت را با آن دارد ادغام می‌کند. آن گونه که در ادامه خواهد آمد، روش انتخابی ما برای نرمالایز کردن جوامع، تعیین ضریب غنی‌شدگی داده‌ها بر اساس تقسیم بر یکی از پارامترهای مرکزی است. به طور قطع زمانی که روش خوشه‌ای اساس گروه‌بندی جدید باشد، با مجموعه نمونه‌هایی مواجه هستیم که پارامترهای مرکزی آن‌ها مشابه بوده لذا ضریب غنی‌شدگی نیز شبیه و احتمالاً نزدیک به یک خواهد شد. فاصله ماهالانوبیس نیز چنین وضعی دارد. از این بحث می‌توان نتیجه گرفت که بهترین کار برای ادغام گروه‌های سنگی دارای حداقل عضو، استفاده از تشابه سنگ‌شناسی این گروه‌ها نسبت به انواع دارای اعضای متعارف است. با به‌کارگیری این روش گروه‌های سنگی به این ترتیب تغییر کرد: ۹ گروه تک سنگی با ۲۱۸ عضو، ۱۶ گروه دو سنگی با ۳۶۸ عضو، ۱۵ گروه سه سنگی با ۱۸۶ عضو، ۳ گروه چهار سنگی با ۲۱ عضو. تصویر ۲-۳۶ و جدول ۲-۳۸ گروه‌های مختلف سنگی را بعد از ادغام و قبل از ادغام نشان می‌دهد.



تصویر ۲-۳۶- گروه‌های سنگی و تعداد اعضای آن‌ها قبل و بعد از ادغام گروه‌های زیر ۶ عضو

جدول ۲-۳۸- گروه‌های سنگی و تعداد اعضای آن‌ها قبل و بعد از ادغام گروه‌های زیر ۶ عضو

	قبل از ادغام	بعد از ادغام
Mono Rock	172	218
Two Rocks	410	368
Three Rocks	186	186
Four Rocks	23	21
Five Rocks	2	0

جدول ۲-۳۹- گروه‌های مختلف ایجادى و زیر گروه‌های آنها

ردیف	شماره گروه	تعداد کل اعضا	گروه های سنگی
1	11	6	ϵ
2	12	13	$CD(12), Q(1)$
3	13	11	ϵ^{sst}
4	14	9	$g(5), Q-\epsilon_1^{gvd}-g(1), Q-\epsilon_1^{gvd}-g(1), Pz_1-Q-g(2)$
5	15	15	$J^{gp}(11), K^m-Q(4)$
6	16	22	J^p
7	17	96	$J^{ssh}(93), J^{ssh}-Ng^c-Q(1), J^{ssh}-Ng^c-C(2)$
8	18	26	Ng^c
9	19	21	\bar{R}_{sh}^d
10	21	14	$J_{bd}-J^{ssh}(13), J_{bd}-J^{ssh}-Q(1)$
11	22	33	$J^{gp}-J^p(32), J^{gp}-J^p-Q(1)$
12	23	22	J^p-J^{ssh}
13	24	14	$J^{ssh}-\epsilon^{sst}(9), Pz_1-\epsilon^{sst}(5)$
14	25	11	$J^{ssh}-K_1^l$
15	26	57	$J^{ssh}-Q(56), Q(1)$
16	27	35	$J^{ssh}-\bar{R}_{sh}^d(33), J^{ssh}-\bar{R}_{sh}^d-\epsilon^d(1), J^{ssh}-\bar{R}_{sh}^d-\epsilon(1)$
17	28	11	$K_1^l-K^m(10), K_1^l-Q(1)$
18	29	10	$K_1^l-Ng^c$
19	210	40	K_1^l-Q
20	211	19	$K_n^s-Q(18), K_n^s-Q-\epsilon(1)$
21	212	7	$Ng^c-\epsilon^{sst}(5), D-Ng^c-\epsilon^{sst}(1), Ngc-Q-\epsilon^{sst}(1)$
22	213	25	$Ngc-Q(24), Q(1)$
23	214	6	$P_z M_z^v-Q$
24	215	49	$Q-\bar{R}_{sh}^d(43), Q-\bar{R}_{sh}^d-C(1), Q-\bar{R}^l-\bar{R}_{sh}^d(2), Q-\bar{R}R_{sh}^d-\epsilon_1^{gvd}(1), Q(2)$
25	216	15	$\bar{R}_{sh}^d-\epsilon^{sst}(12), TR_{sh}^d-\epsilon-\epsilon^{sst}(3)$
26	31	9	$D-Q-\bar{R}_{sh}^d(2), DC-Q-\bar{R}_{sh}^d(2), D^{bms}-\bar{R}_{sh}^d-\epsilon_1^{rd}(1), D-Ngc-\bar{R}_{sh}^d(1), DC-P^s-Q(1), DC-Q-C(1), DC-Pz_u-C(1)$
27	32	15	$DC-P_z M_z^v-\bar{R}_{sh}^d(2), J^{ssh}-P_z M_z^v-\bar{R}_{sh}^d(2), J^{ssh}-\bar{R}_{sh}^d-\epsilon D(3), D^{rs}-\bar{R}_{sh}^d-\epsilon D(2), \epsilon-\epsilon D-\epsilon^{sst}(3), \epsilon-\epsilon D-\epsilon d(1), J^{ssh}-\epsilon_1^d-\epsilon D(1), Q(1)$

ادامه جدول ۲-۳۹- گروه‌های مختلف ایجاد‌ی و زیر گروه‌های آن‌ها

ردیف	شماره گروه	تعداد کل اعضا	گروه های سنگی
28	33	17	$J^{gp}-J^p-J^{ssh}(8), J^{bd}-J^p-J^{ssh}(5), J^{gp}-J^{usa}-Q(1), J^{gp}-J^p-K_1^l(1), J^{gp}-K_n^s-C(1), J^{gp}-K_1^l-Ng^m(1)$
29	34	7	$J^{gp}-K_1^l-Q(5), J^{usa}-K_1^l-Q(1), J^{usa}-K_1^l-K^m(1),$
30	35	12	$J^{gp}-K_n^s-Q(3), J^{gp}-Ngc-Q(3), J^{usa}-K_n^s-Q(1), J^{gp}-Ngc(5)$
31	36	6	$J^{gp}-J^p-\bar{R}_{sh}^d(5), J^p-J^{ssh}-\bar{R}_{sh}^d(1),$
32	37	11	$J^p-J^{ssh}-P_zM_z^v(2), J^p-J^{ssh}-Q(3), J^p-Ngm-Q(1), J^{ssh}-P_zM_z^v(5)$
33	38	14	$J^{ssh}-\bar{R}_{sh}^d-C^{sst}(4), Q-C_1^{rd}-C^{sst}(1), J^{ssh}-Q-C^{sst}(1), \bar{R}_{sh}^d-C_1^d-C_1^{rd}(1), K_1^l-Q-C^{sst}(3), P_{z1}-Q-C_1^{ld}(1), P_{z1}-C_1^{ld}-C_1^q(1), K_1^l-K^m-Q-\bar{R}_{sh}^d(1), K_1^l-\bar{R}_{sh}^d-C^{sst}(1)$
34	39	6	$J^{ssh}-K_1^l-K^m$
35	310	8	$J^{ssh}-K_1^l-Q(7), J^{ssh}-K_1^l-Ngc(1)$
36	311	28	$J^{ssh}-Q-\bar{R}_{sh}^d(16), J^{ssh}-P_1-Q(1), J^{ssh}-P_1-\bar{R}_{sh}^d(2), J^{ssh}-\bar{R}_{sh}^{gy}-\bar{R}_{sh}^d(2), Ngc-\bar{R}_{sh}^d-C^{sst}(1), \bar{R}_{sh}^d-C^d-C^{sst}(2), Pk^c-Q-\bar{R}_{sh}^d(2), Q-\bar{R}_{sh}^d-C^{sst}(2)$
37	312	9	$K_1^l-K^m-Ngc(4), K_1^l-K^m-K_n^s-Q(1), K_1^l-Ngc-C-C^{sst}(1), K_n^s-P^s-Q-C(1), K_1^l-Ngc-Pk^c(1), K_1^l-Pk^c-Q-\bar{R}_{sh}^s-\bar{R}_{sh}^d(1)$
38	313	9	$K_1^l-K^m-Q$
39	314	19	$K_1^l-Ngc-Q(10), K_1^l-K_n^s-Q(4), K_1^l-Q-\bar{R}_{sh}^d(2), K^m-Q-\bar{R}_{sh}^d(1), K_2^l-Ngc-Q(1), K_n^s-Ngc-Q(1)$
40	315	14	$P_zM_z^v-Q-\bar{R}_{sh}^d(5), P_zM_z^v-\bar{R}_{sh}^d-CD(1), P_zM_z^v-\bar{R}_{sh}^d-CD(2), Q-\bar{R}_{sh}^d-CD(1), \bar{R}_{sh}^d-C-CD(1), P_zM_z^v-\bar{R}_{sh}^d-CD(1), \bar{R}_{sh}^d-C_1^{rd}-CD(1), P^s-Q-\bar{R}_{sh}^d(1), P^l-P_zM_z^v-\bar{R}_{sh}^d(1)$
41	41	5	$D-Ngc-\bar{R}_{sh}^d-C^{sst}(1), D^{bms}-Q-\bar{R}_{sh}^s-C_1^{rd}(1), D-\bar{R}_d^{ld}-\bar{R}_{sh}^d-C^{sst}(2), D^{bs}-Q-\bar{R}_{sh}^d-C_1^{gvd}(1)$
42	42	7	$J^{gp}-K_1^l-K_n^s-Q(1), J^{ssh}-Q-C^{sst}-J^p(1), J^p-K_1^l-K^m-K_n^g(1), J^{gp}-J^{usa}-K_n^s-Ngc(1), J^{gp}-Ngc-Ngm-Q(1), J^{gp}-K_1^l-Ngc-Pk^c(1), J^{gp}-K_1^l-K^m-K_n^s(1)$
43	43	9	$J^{ssh}-P^l-P_zM_z^v-\bar{R}_{sh}^d(1), J^{usa}-K_1^l-K^m-K_n^s(1), P^l-P^s-P_zM_z^v-\bar{R}_{sh}^d(1), J^{ssh}-P^l-P_zM_z^v-\bar{R}_{sh}^d(1), K_1^l-\bar{R}_{sh}^d-C^d-C^{sst}(1), \bar{R}_{sh}^d-C-CD-Ed(1), J^{ssh}-Q-\bar{R}_{sh}^d-Ed(2), J^{ssh}-K_1^l-P_zM_z^v-\bar{R}_{sh}^d(1)$

جدول ۲-۴- مشخصات واحدهای سنگی محدوده‌ی بهاباد

نماد واحد سنگی	مشخصات واحد سنگی
E_1^{rd}	دولومیت تکنونیزه روشن، ماسه سنگ، شیل با سنگ‌های ولکانیکی
E_1^{gvd}	ژیپس، دولومیت، ماسه سنگ با سنگ‌های ولکانیکی اسیدی
E_1^{ld}	دولومیت و سنگ آهک نازک لایه بدبو
E_1^d	دولومیت با بین لایه چرت و استروماتولیت
E_1^q	ماسه سنگ کوارتزی درشت دانه و سفید
E^{sst}	ماسه سنگ‌های سیلیس و آهن‌دار قرمز و ریز دانه
E^c	کنگلومرال‌های دارای خرده سنگ‌های چرتی سیاه رنگ و ماسه‌سنگ‌های کوارتزی سفید
E^l	بیو کلسی رودایت‌های ماسه‌ای و غنی از تریلوبیت، دولومیت و شیل
E^d	دولومیت و ماسه سنگ‌های دولومیتی قهوه‌ای تیره توده‌ای تا لایه‌دار به همراه چرت لایه‌ای
E	سری تفکیک نشده‌ی سنگ‌های آواری و کربنات‌ها
ED	سری تفکیک نشده‌ی سنگ‌های آواری سیلیسی قرمز
D^{rs}	ماسه سنگ قرمز و ماسه سنگ مارنی
D^{bs}	بیوپل اسپاریت، ماسه سنگ کوارتزی دارای لایه‌بندی متقاطع، دولومیت و مقداری سنگ‌های آتشفشانی
D^{bms}	میکرواسپاریت‌های غنی از براکیوپود که توسط ماسه‌سنگ کربناته جانشین شده‌اند
D	ماسه سنگ قرمز متمایل به قهوه‌ای، سیلتستون و سنگ آهک پر فسیل
C	میکرو اسپاریت و دولواسپاریت
DC	ماسه سنگ کوارتزی با لایه‌بندی متقاطع
Pz_l	سری تفکیکی نشده‌ی ماسه سنگ قرمز، ماسه سنگ کوارتزی، دولومیت با مقداری خرده سنگ آهکی
Pz_u	اغلب سنگ آهک بسیار خرد شده، دولومیت و ماسه سنگ کوارتزی قرمز
P^s	سنگ‌های سیلیسی آهن‌دار و تبخیری
P^l	شیل‌های خاکستری روشن با لایه بندی خوب
$P_z M_z^{vs}$	سنگ‌های رسوبی آتشفشانی حاوی دولومیت‌های ماسیو، سنگ آهک دولومیتی بسیار خرد شده در ترکیب با سنگ‌های اسیدی تا حد واسط
$P_z M_z^v$	سنگ‌های آتشفشانی حدواسط تا اسیدی دگرسان شده
$P_z M_z^{sh}$	ماسه سنگ‌های توفی خاکستری متمایل به سبز، شیل‌های سیلیتی و مقادیر کمی دولومیت
R^{dld}	سنگ آهک دولومیتی ضخیم لایه، شیل‌های آهکی قرمز رنگ
R^s	شیل‌های آهکی قرمز رنگ، سنگ آهک‌های سست و غنی از کلارایا
R^{bl}	سنگ آهک‌های پر فسیل خوب لایه بندی شده‌ی خاکستری روشن

ادامه جدول ۲-۴- مشخصات واحدهای سنگی محدوده‌ی بهاباد

نماد واحد سنگی	مشخصات واحد سنگی
\mathbb{R}_{sh}^{dl}	سازند شتری (دولومیت و سنگ آهک دولومیتی ضخیم لایه تا خاکستری)، \mathbb{R}^d بخش دولومیتی فشرده‌ی آن است.
\mathbb{R}^l	سنگ آهک متبلور سفید و ضخیم لایه (آهک اسپهک)
\mathbb{R}^{gy}	ژیپس خالص سفید
\mathbb{R}_j^s	ماسه سنگ آرکوزی، شیل خاکستری، سیلتستون با رگه‌های زغالی و سنگ‌های ولکانیکی (گابرو)
J^{ssh}	ماسه سنگ میوسن، شیل و عدسی‌های زغالی، مقدار کمی بین لایه‌ی آهکی. واحد J^m بخش‌های مارنی دارد.
J^{sm}	ماسه سنگ نازک لایه با کمی مارن
J_{bd}	سنگ آهک خوب لایه‌بندی شده که به طور محلی آلیتی، شیبست سبز و کمی مارن، J_{bdm} سازند بادامو است
J_h^q	ماسه سنگ کوارتزی سفید و هماتیته شده
J_{bg}^m	شیل سبز-خاکستری کم رنگ. ماسه سنگ‌های ریز دانه و مارن
J^{ps}	سنگ آهک پکتن‌دار لجنی با رنگ خاکستری تیره
J^{pm}	تناوب سنگ آهک غنی از پکتن و مارن
J^{ep}	افق ژیبسی، مارن ژیبس‌دار و مقدار کمی سنگ آهک پکتن‌دار
J^{pl}	سنگ آهک خوب لایه‌بندی شده
J^{pv}	سنگ آهک غنی از پکتن، تیخیری و سنگ آهک مارنی غنی از ژیبس
J^p	سنگ آهک پکتن‌دار با رنگ خاکستری روشن و سنگ آهک مارنی غنی از ژیبس
J_{u}^{sa}	نهشته‌های نمک با افق‌های ژیبسی
K_1^c	کنگلومرای بسیار فشرده با مخلوط دولومیت و پهل‌های کربناته
K_n^g	ژیپس و مارن‌های ژیبسی
K_n^s	ماسه سنگ دانه درشت قرمز
K_1^m	مارن سبز که با بیو کلاست‌های آهکی و لنزهای ژیبسی جانشین شده‌اند
K_1^l	سنگ آهک خاکستری روشن و نازک لایه و به طور محلی غنی از اریبتولینا و آلیت
K_2^m	مارن سبز، شیل کلسیتی و کمی سنگ آهک نازک لایه
K_2^l	بیواسپاریت سفید و ضخیم لایه
PK^c	کنگلومرای چند منشأیی و بخش‌هایی از ماسه‌ی دانه درشت (کنگلومرای کرمان)
Ng^m	واحدهای متناوب رنگی مارن ژیبسی و ماسه سنگ
Ng^c	کنگلومرای ماسه سنگ و کمی مارن ژیبس‌دار
Qpl^c	کنگلومرای که تنها کمی سنگ شدگی دارد و مارن
Q	انواع مختلف آبرفت‌های عهد حاضر

۲-۵-۲- تعیین مقدار حد زمینه نسبت به نوع سنگ‌ها

به منظور بررسی چگونگی پراکندگی عناصر در گروه‌های مختلف اقدام به تهیه‌ی جدول پارامترهای آماری عناصری گردید که با توجه به پردازش‌های صورت گرفته و یا گزارش‌های موجود در منطقه می‌توانند به لحاظ کانه‌زایی در این برکه مهم باشند. چنین پردازشی برای سایر عناصر و به ویژه اکسیدهای آنالیز شده با در نظر گرفتن همگنی عمومی در میان آن‌ها و عدم حضور تفاوت معناداری در کل جوامع جز آن که حجم گزارش را افزایش دهد تاثیر دیگری ندارد. لذا از پردازش آنها در این بخش صرف نظر می‌گردد.

جهت بررسی تأثیر نوع سنگ‌ها بر روی مقدار غنی‌شدگی عناصر مختلف، اقدام به تهیه‌ی نمودارهای ستونی میانه‌ی گروه‌های سنگی و همچنین نمودارهایی برای کل گروه‌های یک، دو، سه و چهار سنگی بر پایه‌ی میانه و میانگین گردید. نتایج بررسی و تفسیر این نمودارها به صورت زیر قابل تشریح است:

الف) میانه‌ی اکسید عناصر اصلی هم‌چون Fe_2O_3 ، SiO_2 ، Al_2O_3 و K_2O به علاوه عناصر As, Sm, Sr, Y کمترین تأثیر را از نوع گروه‌های سنگی گرفته و به طور کلی روند تقریباً یکنواختی را در کلیه‌ی گروه‌ها نشان می‌دهد (تصویر ۲ پیوست ۲). اکسیدهای CaO و MgO نیز روند تقریباً یکنواختی داشته و کاهش اندکی که در مقدار میانه‌ی تعداد معدودی از گروه‌ها رخ می‌دهد به پوشش بسیار زیاد سازند ماسه سنگی J^{ssh} موجود در بالادست نمونه‌ها بر این مقدار می‌باشد که اساساً فاقد بخش‌های کربناته و دولومیتی که به عنوان منشأ اصلی این اکسیدها محسوب می‌گردد، هستند. Sr نیز وضعیتی مانند همین اکسیدها دارد که آن هم به دلیل کمبود سازنده‌های کربناته می‌باشد زیرا Sr غالباً به صورت جانشینی با Ca در سازندهایی این چنین یافت می‌شود.

با توجه به یکنواختی میانه در غالب این گروه‌ها به نظر می‌رسد، آنومالی‌های گزارش شده برای این عناصر که بر پایه ضرایب غنی‌شدگی محاسبه می‌شوند، نباید با آنومالی‌های داده‌های معمولی آن‌ها چندان تفاوتی داشته باشند و به علاوه گروه‌های سنگی که دارای غنی‌شدگی غیر عادی از این اکسیدها و عناصر نسبت به سایر گروه‌ها باشند نیز به صورت عمده‌ای در منطقه وجود ندارد.

ب) تعدادی از عناصر در برخی گروه‌های محدود دارای مقادیر میانه‌ی بیشتری نسبت به کل جامعه هستند که این با توجه به سازند بالادست آن‌ها قابل توجیه می‌باشد. این عناصر عبارتند از Th در گروه‌هایی که سازند J^{ssh} غالب است و خود این سازند حاوی شیل می‌باشد که به صورت طبیعی عناصر رادیواکتیو بالایی دارد.

Cr دارای تفاوت اندک در برخی گروه‌ها می‌باشد که به حضور واحدهای آذرین در بالادست آن‌ها مربوط می‌شود. Mn و TiO_2 در گروه‌هایی با فراوانی واحد ماسه سنگی J^{ssh} بیشتر دیده می‌شوند. این عناصر به ترتیب

می‌توانند جانشین آهن فرو و آلومینیوم شوند و به همین واسطه مقدار آن‌ها افزایش غیرطبیعی پیدا کند اما به هر ترتیب حضور این عناصر در محیط اولیه الزامی می‌باشد.

Hf, Zr دارای میانه‌ی تقریباً یکنواختی در گروه‌های مختلف می‌باشند و تفاوت اندکی که در برخی گروه‌ها وجود دارد بیشتر به سازندهای آذرین و یا ماسه‌سنگ‌های دوران سوم مربوط می‌شود که می‌توانند از سنگ‌های آذرین منشأ گرفته باشند. مس نیز دارای چنین وضعیتی می‌باشد و با دو عنصر یاد شده به لحاظ یکنواختی میانه قابل مقایسه است.

Ag دیگر عنصری است که تفاوت چندانی در میانه‌ی آن در غالب گروه‌ها وجود ندارد ولی از این جهت که در معدودی از گروه‌ها دارای مقادیر میانه‌ی کمتری است از سایر عناصر متمایز می‌شود. واحد J^{ssh} در بالادست گروه‌هایی قرار می‌گیرد که نقره‌ی کمتری نسبت به بقیه دارند (تصویر ۳ پیوست ۲).

به‌طور کلی در مورد عناصر فوق با توجه به وابستگی منطقی غنی‌شدگی‌ها در گروه‌های سنگی خاص می‌توان انتظار داشت نواحی آنومال مشخص گردیده از پردازش ضرایب غنی‌شدگی، منطقی‌تر از داده‌های معمولی باشند.

ج) عناصر این گروه آن‌هایی هستند که دارای میانه‌ی متفاوت در گروه‌هایی که انتظار آن وجود ندارند می‌باشند. Bi, Sn, Ce, Cd از جمله‌ی این عناصر هستند که در گروه‌های سنگی که واحد J^{ep} غالب است دارای افزایش در مقدار میانه می‌باشند.

افزایش Nb در برخی گروه‌ها نیز در نوع خود جالب است. در واقع باید چنین گفت که افزایش بیش از اندازه‌ی میانه در برخی گروه‌ها صرفاً به این علت می‌باشد که تعداد نمونه‌های حاضر در بازه‌ی آشکار سازی دستگاه بالا بوده است زیرا در تعداد زیادی از نمونه‌ها مقدار Nb زیر حد آشکار سازی بوده و این میانه‌ها در واقع همان مقدار جایگزینی داده‌های سنسورد هستند. به هر ترتیب افزایش عنصر نیوبیوم در برخی گروه‌ها که دارای واحدهای نفوذی - آتشفشانی می‌باشند قابل توجیه و در مابقی آن‌ها مانند گروه‌های J^{ep} و K^m غیر قابل توجیه است.

Ba, Zn, Pb دارای تغییرات کم و بیش مشابه در گروه‌های مختلف و در عین حال نسبت به سایر عناصر فاحش می‌باشند. گروه‌های دارای میانه‌ی بالاتر این عناصر به دو بخش قابل تقسیم هستند. تعداد اندکی از آن‌ها هستند که با واحدهای $P_zM_z^V$, g, در ارتباطند که امری طبیعی است و یا با J^{ssh} مرتبط می‌گردند. به علت حضور شیل‌ها و میان‌لایه‌ی تبخیری در واحد سنگی اخیر این مسأله نیز امر غیر عادی محسوب نمی‌شود. اما زیاد بودن

تعداد این نمونه‌ها در گروه‌هایی که واحد R_{sh}^{dl} بخش عمده‌ی سنگ منطقه را شامل می‌گردد نشانه‌ی افزایش غیر طبیعی و قابل تأمل می‌باشد (تصویر ۴ پیوست ۲).

به هر ترتیب عناصر گروه (ج) به دو دلیل می‌توانند دارای مقادیر میانه‌ی بیشتری نسبت به کل نمونه‌ها باشند؛ اول این که به واسطه‌ی محدودیت نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ و یا هر دلیل دیگر برخی واحدهای خاص روی نقشه پیاده نشده‌اند که این واحدها می‌توانند در ترکیب عنصری نمونه‌ی مورد نظر مؤثر باشند و دلیل احتمالی دوم وجود کانه‌زایی در این واحدها است. مورد دوم باعث می‌شود در تفسیر نقشه‌های آنومالی حاصل از ضرایب غنی‌شدگی دقت بیشتری اعمال گردد تا فرآیند نرمال نمودن و حذف تأثیر سنگ بالادست باعث از دست رفتن و ناپدید گردیدن برخی از آنومالی‌ها نگردد.

۲-۵-۳- مقایسه‌ی میانگین گروه‌های سنگی:

علاوه بر مقایسه‌ای که میان میانه‌های گروه‌های سنگی، به جهت اهمیت این پارامتر در تعیین ضرایب غنی‌شدگی صورت پذیرفت لازم است تا میانگین گروه‌ها نیز با یکدیگر مقایسه و تفاوت یا عدم تفاوت میان آن‌ها مشخص گردد. بدین جهت از آنالیز آنووا^۱ که بعضاً آف تست^۲ نیز نامیده می‌شود بهره گرفته شد. جدول ۲-۴ نشان می‌دهد که بر پایه‌ی این روش مقایسه‌ای، تمام عناصر به غیر از طلا و مولیبدن دارای میانگین متفاوتی در حداقل یکی از گروه‌های خود می‌باشند. بررسی‌های جزئی‌تر نشان دهنده و متمایز کننده‌ی گروه‌هایی بود که دارای چنین اختلافاتی هستند که در جدول ۲-۴ لیست شده‌اند، ضمن آن که خاطر نشان می‌گردد به لحاظ اهمیت اندک اکسیدهای عناصر اصلی در مبحث کانی‌سازی از تفسیر آن‌ها خودداری گردید.

به طور کلی گروه‌های دارای میانگین پایین در مورد غالب عناصر با سازندهای ماسه سنگی و یا کربنات‌های زیستی و نازک لایه در ارتباط هستند در حالی که میانگین بالای عناصر مورد بررسی یا با واحدهای آذرین در ارتباط هستند که امری طبیعی و منطقی است و یا آن که به طور خاص با چند واحد سنگی خاص به ویژه سازند دولومیتی شتری (R_{sh}^{dl}) در ارتباط می‌باشند که این می‌تواند نشانه‌هایی از کانه‌زایی در این سازندها، که به طور متعارف از عناصر فلزی فقیرند، باشد. سرب، روی، کبالت و حتی منگنز در زمره‌ی این عناصر می‌باشند.

1- Anova

2 - F test

جدول ۲-۱- مقادیر محاسبه شده‌ی آنووا جهت مقایسه‌ی میانگین گروه‌ها

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Ag	Between Groups	68.340	42	1.627	6.686	.000
	Within Groups	182.765	751	.243		
	Total	251.105	793			
Bi	Between Groups	6034.688	42	143.683	6.196	.000
	Within Groups	17416.764	751	23.191		
	Total	23451.452	793			
Cd	Between Groups	27.698	42	.659	2.389	.000
	Within Groups	207.287	751	.276		
	Total	234.985	793			
Co	Between Groups	1145.043	42	27.263	8.897	.000
	Within Groups	2301.225	751	3.064		
	Total	3446.268	793			
Cr	Between Groups	1586.744	42	37.780	3.020	.000
	Within Groups	9395.061	751	12.510		
	Total	10981.806	793			
Cu	Between Groups	4010.166	42	95.480	3.695	.000
	Within Groups	19404.077	751	25.838		
	Total	23414.243	793			
Mn	Between Groups	3219172.574	42	76646.966	5.101	.000
	Within Groups	11284879.477	751	15026.471		
	Total	14504052.051	793			
Ni	Between Groups	4097.309	42	97.555	4.368	.000
	Within Groups	16771.749	751	22.333		
	Total	20869.059	793			
Pb	Between Groups	415436.579	42	9891.347	2.260	.000
	Within Groups	3287120.164	751	4376.991		
	Total	3702556.743	793			
Sb	Between Groups	8428.922	42	200.689	10.931	.000
	Within Groups	13787.535	751	18.359		
	Total	22216.457	793			
Zn	Between Groups	777338.852	42	18508.068	1.930	.000
	Within Groups	7202224.440	751	9590.179		
	Total	7979563.293	793			
As	Between Groups	17.691	42	.421	1.970	.000
	Within Groups	160.541	751	.214		
	Total	178.232	793			
Ba	Between Groups	3321817.093	42	79090.883	9.928	.000
	Within Groups	5982877.085	751	7966.547		
	Total	9304694.178	793			
Ce	Between Groups	527527.893	42	12560.188	11.127	.000
	Within Groups	846575.287	750	1128.767		
	Total	1374103.180	792			
Hf	Between Groups	73.799	42	1.757	2.103	.000
	Within Groups	626.558	750	.835		
	Total	700.358	792			

ادامه‌ی جدول ۲-۱- مقادیر محاسبه شده‌ی آنووا جهت مقایسه‌ی میانگین گروه‌ها

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
B	Between Groups	1327.949	42	31.618	1.743	.003
	Within Groups	13624.450	751	18.142		
	Total	14952.399	793			
Sm	Between Groups	108.342	42	2.580	4.404	.000
	Within Groups	439.276	750	.586		
	Total	547.618	792			
Sn	Between Groups	11148.581	42	265.442	11.784	.000
	Within Groups	16893.754	750	22.525		
	Total	28042.335	792			
Sr	Between Groups	2742831.131	42	65305.503	5.963	.000
	Within Groups	8214459.196	750	10952.612		
	Total	10957290.327	792			
Th	Between Groups	3156.732	42	75.160	2.770	.000
	Within Groups	20378.507	751	27.135		
	Total	23535.239	793			
Y	Between Groups	1557.050	42	37.073	3.647	.000
	Within Groups	7623.087	750	10.164		
	Total	9180.137	792			
Zr	Between Groups	384084.653	42	9144.873	3.404	.000
	Within Groups	2015137.511	750	2686.850		
	Total	2399222.164	792			
Al ₂ O ₃	Between Groups	1145.069	42	27.264	12.920	.000
	Within Groups	1584.803	751	2.110		
	Total	2729.872	793			
SiO ₂	Between Groups	6867.524	42	163.512	11.322	.000
	Within Groups	10845.579	751	14.442		
	Total	17713.103	793			
MgO	Between Groups	118.526	42	2.822	5.851	.000
	Within Groups	362.236	751	.482		
	Total	480.762	793			
K ₂ O	Between Groups	41.152	42	.980	12.398	.000
	Within Groups	59.354	751	7.903E-02		
	Total	100.506	793			
CaO	Between Groups	1089.850	42	25.949	11.759	.000
	Within Groups	1657.216	751	2.207		
	Total	2747.066	793			
TiO ₂	Between Groups	5.153	42	.123	17.599	.000
	Within Groups	5.235	751	6.971E-03		
	Total	10.388	793			
Fe ₂ O ₃	Between Groups	142.066	42	3.383	10.779	.000
	Within Groups	235.665	751	.314		
	Total	377.731	793			
AU	Between Groups	115.266	42	2.744	1.041	0.403
	Within Groups	1961.716	744	2.637		
	Total	2076.983	786			
W	Between Groups	6.08	42	0.145	4.244	0
	Within Groups	25.549	749	0.03411		
	Total	31.628	791			
MO	Between Groups	16.816	42	0.4	1.131	0.267
	Within Groups	265.253	749	0.354		
	Total	282.069	791	2.744		

جدول ۲-۲- گروه‌های دارای میانگین متفاوت نسبت به کل گروه‌ها

Elements	No homogeny Groups	
	Lower Mean Groups	Higher Mean Groups
Ag	17	31-312-19
Bi	313-39	41-14-22-31-36
Cd	11-27	28-21
Co	212-11	41-22-16-14
Cr	15-35-34-36	12-14
Cu	11-29-212	41-14
Mn	212-216	27-41
Ni	212	16-214-14
Pb	-	27-214-19-215-41
Sb	17	15-36-31-42-16-22-14
Zn	42	214-27-19-215-41
Ba	211-33-35-28-41-34-36-42-212-312	27-24-17
Ce	14-17	34-28-35
Hf	-	32-17
B	211-212	41-28
Sm	-	14-17
Sr	17-24	28
Th	41	17
Y	-	21-17
Zr	28-22	13-216
W	-	214

۲-۵-۲- خنثی‌سازی اثر مؤلفه‌ی سین ژنتیک در هر جامعه:

پس از آن که جوامع آماری بر اساس روش‌های فوق‌الذکر جدا گردیدند، باید اثر مؤلفه‌ی سین ژنتیک در هر یک از جوامع حذف و یا به حداقل کاهش یابد. برای این منظور روش‌های مختلفی ارایه شده است. در این روش‌ها مقدار زمینه‌ی هر یک از جوامع باید تعیین گردد. معمولاً از مقدار میانگین یا میانه هر یک از جوامع به عنوان مقدار زمینه استفاده می‌شود. میانگین معیاری از مرکز ثقل داده‌ها است به طوری که مجموع انحرافات داده‌ها از آن صفر است و بدین دلیل تحت تأثیر مقادیر کرانه‌ای توزیع قرار می‌گیرد. میانه به علت این که مستقل از توزیع داده‌ها و مقادیر کرانه‌ای تابع توزیع است به میانگین ترجیح داده می‌شود:

پس از تعیین مقدار زمینه با تقسیم هر یک از داده‌ها بر آن، کل داده‌های مجموعه را نرمال می‌کنیم. مقدار حاصل را اصطلاحاً شاخص غنی‌شدگی^۱ می‌گویند و مدل ریاضی آن به صورت زیر است:

$$e_i = \frac{C_i}{C_m}$$

1- Enrichment Index

در این فرمول e_i شاخص غنی‌شدگی، C_i غلظت عنصر مورد نظر در نمونه‌ی آم از جامعه‌ی تحت بررسی و بالاخره C_m مقدار زمینه (میانگین و یا میانه) مربوط به جامعه مورد نظر است. شاخص غنی‌شدگی تا حدود زیادی مستقل از تغییرات لیتولوژی است. بنابراین پس از محاسبه شاخص غنی‌شدگی برای جوامع مختلف می‌توان آن‌ها را با هم ادغام کرده و تحت یک جامعه آماری مورد بررسی قرار داد. از خواص دیگر شاخص غنی‌شدگی آن است که تا حدودی خطاهای تصادفی را کاهش می‌دهد.

برای ضرایب غنی‌شدگی نیز پارامترهای آماری مؤثر در تعیین مرحله‌ی نرمال‌شدگی محاسبه شد تا در هنگام تهیه‌ی نقشه بتوان از آن بهره گرفت. جدول شماره‌ی ۲-۴ این پارامترها و مرحله‌ی نرمال‌شدگی هر عنصر را به صورت رنگی به نمایش می‌گذارد.

جدول ۲-۴- پارامترهای کشیدگی و چولگی و تست کولوموگراف-اسمیرنوف و مرحله‌ی نرمال‌شدگی هر عنصر

Statistical Parameter	Primary Data			Without Outlier Sample			Ln of e_i Data		
	Skewness	Kurtosis	K-S Test	Skewness	Kurtosis	K-S Test	Skewness	Kurtosis	K-S Test
Ag	6.396	96.942	0	6.401	96.252	0	0.791	2.341	0
Bi	0.989	2.553	0.001	0.981	2.673	0.001	-2.272	13.057	0
Cd	3.372	20.714	0	3.418	21.338	0	0.384	1.765	0.011
Co	-0.268	4.815	0	-0.277	4.841	0	0.831	10.817	0
Cr	1.601	7.594	0	1.621	7.677	0	-0.202	2.142	0.007
Cu	8.171	122.15	0	8.202	121.757	0	-0.552	6.289	0.002
Mn	0.965	3.082	0	0.943	3.13	0	2.242	9.906	0
Ni	0.852	4.641	0	0.853	4.631	0	-0.283	1.015	0.009
Pb	9.509	117.732	0	10.019	129.003	0	2.634	13.232	0
Sb	0.573	1.711	0.007	0.587	1.777	0.005	2.581	20.708	0
Zn	9.367	107.002	0	9.599	111.49	0	0.535	1.931	0
As	9.876	126.871	0	10.084	130.281	0	-0.429	1.445	0.002
Ba	2.367	7.197	0	2.377	7.311	0	0.093	-0.398	0
Ce	0.07	2.661	0.032	0.059	2.663	0.03	0.855	0.455	0
Hf	1.034	1.615	0	1.048	1.699	0	-0.051	0.343	0.059
Nb	2.291	5.041	0	2.31	5.219	0	0.028	1.18	0.033
Sm	-0.551	10.005	0.001	-0.846	10.446	0.002	0.212	0.577	0.004
Sn	2.041	9.94	0	2.06	10.034	0	-0.138	-0.479	0
Sr	0.747	2.326	0	0.753	2.365	0	-1.107	2.93	0
Th	2.525	11.911	0	2.525	11.811	0	0.335	0.563	0.006
Y	-0.8	4.064	0.015	-0.801	4.155	0.012	-0.294	1.045	0.026
Zr	1.556	7.995	0	1.563	7.917	0	-0.716	2.378	0
Al ₂ O ₃	0.079	1.183	0.119	0.097	1.177	0.119	-1.908	5.094	0
SiO ₂	-0.436	1.789	0.001	-0.392	1.741	0.002	0.001	0.839	0.025
MgO	0.648	2.439	0.006	0.661	2.461	0.006	-3.169	22.745	0
K ₂ O	0.624	1.516	0	0.62	1.543	0	-0.948	2.903	0
CaO	-1.042	9.289	0	-1.1	9.695	0	-0.186	0.945	0.15
TiO ₂	0.338	3.36	0.008	0.36	3.44	0.012	0.36	3.44	0.012
Fe ₂ O ₃	0.501	1.375	0.015	0.376	0.964	0.03	0.376	0.964	0.03
Au	7.045	61.143	0	7.227	65.796	0	2.038	4.932	0
W	1.129	2.677	0	1.065	2.477	0	0.116	0.581	0.142
Mo	18.894	460.674	0	1.258	4.33	0	0.027	1.271	0.131

۲-۶- مطالعات آماری چند متغیره :

روش‌های چند متغیره امکان آنالیز آماری هم‌زمان چندین متغیر را فراهم می‌کنند. مسایل مربوط به یک، دو و یا سه متغیر را می‌توان تصور کرده و به طور گرافیکی نمایش داد، ولی مسایل اکتشافی اغلب با یک فضای چندین متغیره روبرو هستند که این باعث دشواری در بررسی و تشخیص رابطه بین آن‌ها می‌شود. در این گونه موارد لازم است با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره به کاهش تعداد بعدها در فضای مورد بررسی اقدام نمود، به طوری که مطالعه‌ی این ابعاد جدید و یا به عبارتی بهتر متغیرهای جدید، که تعدادی به مراتب کمتر از حالت اولیه دارند بتواند بخش اعظم تغییرپذیری داده‌ها را تشریح کند. به عنوان مثال در ژئوشیمی اکتشافی می‌توان تغییرپذیری هم‌زمان چندین عنصر یا متغیر را برای کشف دقیق‌تر آنومالی‌های احتمالی آن‌ها مورد بررسی قرار داد.

۲-۶-۱- تعیین نوع ارتباط میان گروه‌های عنصری مختلف:

برای داشتن درکی صحیح از چگونگی توزیع عناصر مختلف در یک ناحیه نیازمند در اختیار داشتن پارامترهایی هستیم تا بتواند نوع و ارتباط آن‌ها را تشریح کند. با تفسیر پارامترهای این چنینی، امکان یافت ارتباط ژنتیکی میان عناصر فراهم خواهد آمد. در این میان پارامترهای ضریب همبستگی به دلیل عدم وابستگی به واحد اندازه‌گیری بهترین گزینه محسوب می‌گردد. در محاسبه‌ی همبستگی نیز مانند بسیاری از پارامترهای آماری فرض نرمال بودن داده‌ها الزامی است. در شرایطی که این فرض برقرار نباشد می‌توان داده‌ها را طوری تبدیل کرد، تا توزیع آن‌ها حالت نرمال به خود گیرد؛ البته در این گونه موارد تعبیر و تفسیر همبستگی متغیرها باید با دقت همراه باشد. بالاخره درحالی که توزیع داده‌ها نرمال نباشد و نتوان داده‌ها را تبدیل کرد برای محاسبه ضریب همبستگی باید از روش‌های ناپارامتری که به توزیع داده‌ها حساس نمی‌باشند استفاده نمود. در این پروژه به واسطه‌ی آن‌که علی‌رغم اعمال روش‌های مختلف برخی از عناصر به حد نرمال‌شدگی نرسیدند از هر دو روش بهره گرفته شد و تفسیر نهایی با ادغام این دو ارایه می‌گردد. جدول ۲-۴۴ نتایج همبستگی پارامتری پیرسون و جدول ۲-۴۵ نتایج همبستگی ناپارامتری اسپیرمن را نشان می‌دهد.

حال دو سری داده مربوط به همبستگی میان عناصر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های برداشتی برگه‌ی بهاباد در دست است. برای تفسیر داده‌ها باید به دو جنبه توجه نمود:

الف) جنبه توصیفی که شامل بررسی شدت یا ضعف همبستگی، همراه با جهت تبعیت تغییرات دو متغیره نسبت به هم می‌باشد.

ب) جنبه استنباط آماری که مهم‌تر بوده و به معنی‌دار بودن و یا به عبارت دیگر واقعی بودن آن برمی‌گردد. اگر همبستگی بین دو متغیر، در سطح معینی از معنی‌داری، بی‌اهمیت باشد، دلالت بر آن دارد که همبستگی محاسبه شده ممکن است ناشی از عوامل تصادفی باشد؛ بنابراین در تفسیر استنباطی، ضریب همبستگی واقعی میان دو متغیره مطرح است نه سنجش مقدار آن. در هر دو جدول ۲-۴۲ و ۲-۴۳ مقادیر معنی‌دار به صورت رنگی مشخص شده‌اند.

رتبه‌بندی شدت همبستگی دو متغیره و رده‌بندی آن‌ها اکثراً به طور دلخواه صورت می‌گیرد، در این پروژه برای تفسیر توصیفی، از رده‌بندی زیر استفاده گردید :

الف) $r < 0.2$ همبستگی بسیار ضعیف و ناچیز

ب) $0.2 < r < 0.4$ همبستگی ضعیف

ج) $0.4 < r < 0.6$ همبستگی متوسط

د) $0.6 < r < 0.8$ همبستگی قوی

هـ) $r > 0.8$ همبستگی بسیار قوی

با در نظر گرفتن این نکات پردازش ضرایب همبستگی با دو روش یاد شده می‌تواند متضمن نتایج زیر می‌باشد:

۱- تفاوت موجود در میزان و نوع همبستگی میان عناصر در روش‌های پیرسون و اسپیرمن ناشی از ماهیت غیر نرمال بودن ضرایب غنی‌شده عناصر است. با توجه به این توضیح نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن قابل اعتمادتر است.

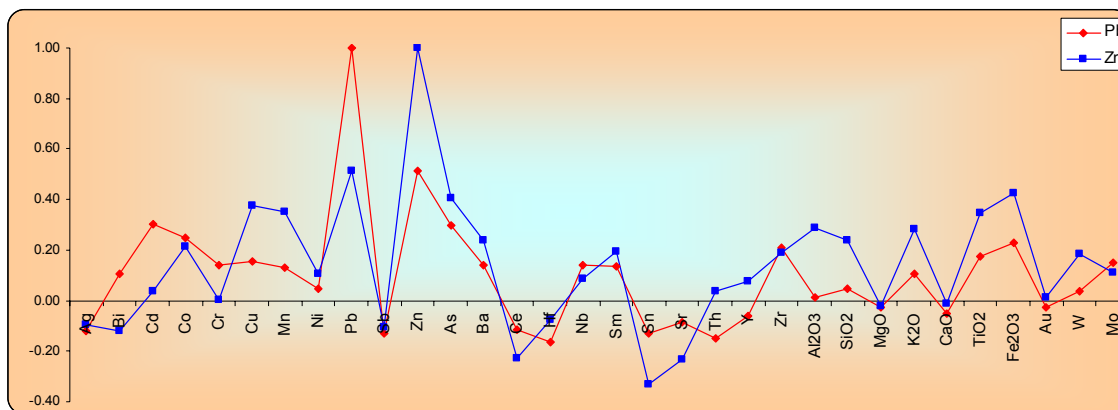
۲- میان غالب عناصر همبستگی ناچیز است و این به ویژه در مورد عناصر طلا، مولیبدن و تنگستن بیشتر به چشم می‌خورد.

۳- همبستگی بالا غالباً در میان اکسیدهای اصلی با یکدیگر و یا با عناصری خاص دیده می‌شود که این موضوع می‌تواند ناشی از عدم حذف کامل تأثیر سنگ بالادست باشد که خود از نقص و محدودیت نقشه‌های ۱:۱۰۰,۰۰۰ و روش تعیین ضرایب غنی‌شدگی ناشی می‌شود.

۴- همبستگی موجود میان نقره، آنتیموان، سریم و قلع و همبستگی منفی و بالای آن‌ها با SiO_2 و Ba قابل توجه است.

۵- بر اساس تصویر ۲-۳۸ سرب و روی به عنوان عناصر اصلی دارای پتانسیل کانی‌سازی در منطقه بیشترین همبستگی را با یکدیگر داشته و به علاوه مس، اکسیدهای آهن، باریم، آرسنیک، منگنز و حتی کبالت نیز با آن همبستگی خوب دارند.

۶- همبستگی موجود میان عناصر مافیک که در روش پیرسون خود را نشان داده است، احتمالاً ناشی از منشأ گرفتن آن‌ها از شیل‌ها می‌باشد.



تصویر ۲-۳۷- میزان همبستگی اسپیرمن میان ضرایب غنی‌شدگی عناصر سرب و روی

با ضرایب غنی‌شدگی سایر عناصر در برگه‌ی بهاباد

۲-۶-۲- آنالیز خوشه‌ای:

در تحلیل خوشه‌ای هدف دست یافتن به ملاکی جهت طبقه‌بندی هر چه مناسب‌تر متغیرها و یا نمونه‌ها بر اساس تشابه حداکثر درون‌گروهی و اختلافات هر چه بیشتر بین گروهی است. این خصوصیت کمک می‌کند تا بتوان متغیرها و نمونه‌ها را به صورت خوشه‌ای که بیشترین تشابه ممکن را درون خود و حداکثر اختلاف را بین خود دارند طبقه‌بندی کرد. همان طوری که فاصله دو نمونه و یا دو متغیر می‌تواند ملاک تشابه قرار گیرد،

ضریب همبستگی دو متغیره نیز می‌تواند ملاک تشابه رفتاری آن‌ها باشد. اگر بخواهیم شباهت بین رفتار تغییرپذیری متغیرها را محاسبه کنیم ضرایب همبستگی بین آن‌ها معیار مناسب‌تری نسبت به فاصله در اختیار می‌گذارد. این روش همان چیزی است که در رسم دندوگرام به کار گرفته شده است.

تصویر ۲-۳۸ نمودار خوشه‌ای حاصل از تحلیل کلاستر ضرایب غنی شده را نشان می‌دهد. هرچند نتایج حاصل از تفسیر این نمودار می‌تواند مفید باشد ولی نباید براساس آن نتیجه گیری اساسی نمود، زیرا اصولاً این یک واقعیت است که تجزیه و تحلیل خوشه‌ای یک روش آماری غیر قابل آزمون است؛ بدین معنی که هیچ راهی برای دانستن این که داده‌ها بیشتر از آن چه از یک جامعه تصادفی انتظار می‌رود خوشه‌بندی شده‌اند یا خیر وجود ندارد. با توجه به این تذکر تفسیر نمودار به صورت زیر است:

۱- غالب اکسیدهای اصلی در یک خوشه‌اند به علاوه آن‌ها با عناصر کمیابی مانند Y و Sm و عناصری مانند Cr, Mn, Co و حتی W با یکدیگر در یک خوشه‌اند که به نظر می‌تواند این خوشه بندی را متأثر از حضور شیل‌ها در منطقه دانست.

۲- Zn و Pb در یک خوشه قرار داشته و نزدیک‌ترین همسایه آن‌ها Ba و MgO می‌باشند.

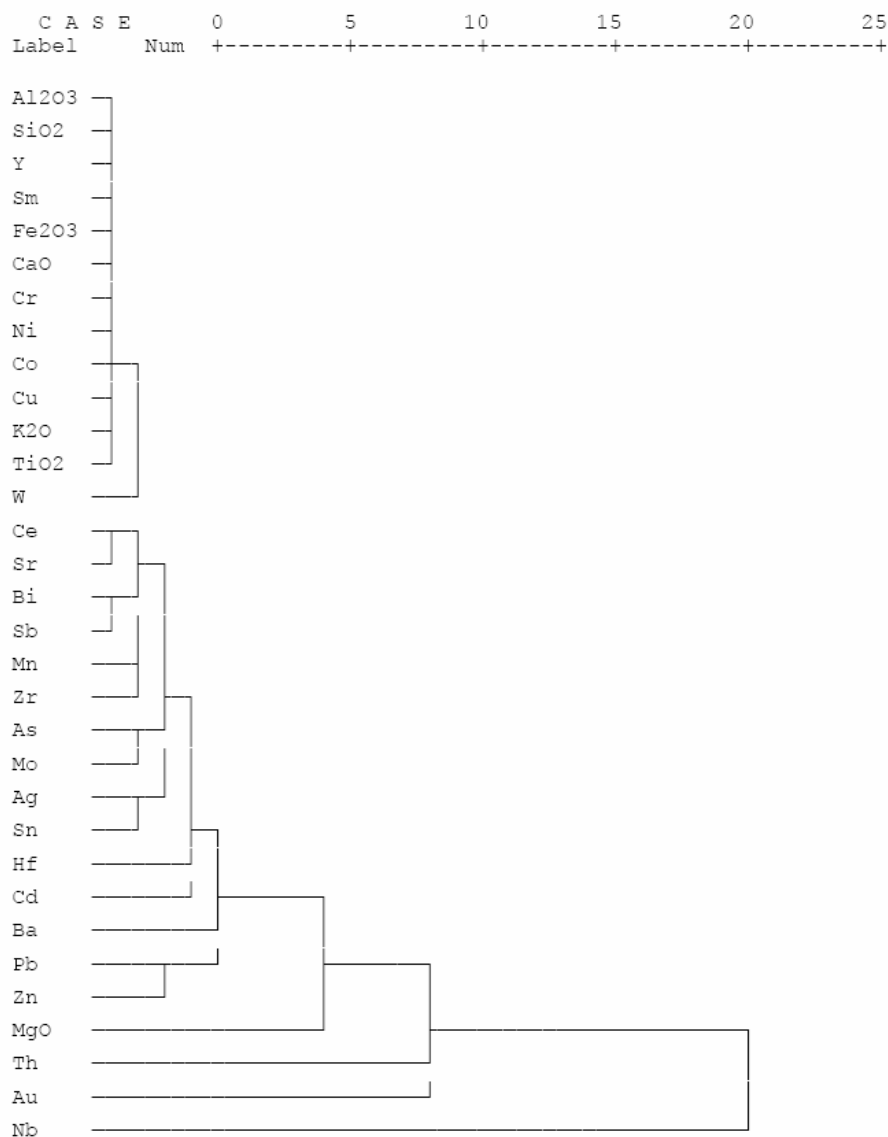
۳- As, Mo, Ag و Sn در خوشه‌های نزدیک به هم قرار داشته و همچنین Bi و Sb نیز در یک خوشه قرار دارند.

۴- Au در خوشه‌بندی با هیچ عنصر دیگری همراهی نمی‌شود.

***** H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *****

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

Rescaled Distance Cluster Combine



تصویر ۲-۳۸- نمودار خوشه‌ای ضرایب غنی‌شدگی

۲-۶-۳- روش‌های مبتنی بر مقادیر ویژه:

در روش‌های مبتنی بر مقادیر ویژه با استفاده از مقادیر ویژه و بردارهای ویژه جهت‌هایی با حداکثر تغییرپذیری شناسایی می‌شود. سپس با تعریف متغیرهای جدیدی که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه است تعداد ابعاد (متغیرها) کاهش یافته و نقش هر یک از متغیرها در تغییرپذیری مشخص می‌گردد. این روش‌ها عمدتاً شامل تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تجزیه و تحلیل عاملی می‌باشد. با توجه به این که در صورت انجام صحیح و تفسیر منطقی نتایج تجزیه و تحلیل آماری غالباً نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی را نیز در خود نهفته دارد، در این پروژه صرفاً از تجزیه و تحلیل عاملی استفاده و فاکتورهای اصلی برای ضرایب غنی‌شدگی محاسبه گردید. با توجه به آن که اکسیدها و عناصری هم‌چون ساماریم نمی‌توانند در توجیه کانی‌سازی منطقه کمک چندانی نمایند لذا صرفاً این پردازش‌ها بر روی ۱۷ عنصر مهم صورت پذیرفته است.

با اعمال تجزیه و تحلیل عاملی^۱ ابعاد داده‌ها از تعداد ۱۷ عنصر به تعداد کمتری عامل کاهش پیدا می‌کند این عوامل دارای دو خاصیت مهم هستند:

الف) بخش اعظم تغییرپذیری را توجیه می‌کنند.

ب) متغیرهای جدید (عامل‌ها) که محصول ترکیب خطی متغیرهای اولیه هستند بین خود همبستگی نشان نمی‌دهند. این امر روش مورد نظر را آسان می‌کند. یکی از پارامترهای گزارش شده در هنگام پردازش عاملی مقدار KMO^۲ است. مقادیر بزرگ KMO دلالت بر تأیید تجزیه عاملی و مقادیر کوچک آن دلالت بر عدم تأیید تجزیه عاملی دارد. این مقدار در مورد نمونه‌های برگه‌ی بهاباد، بر اساس جدول ۲-۴۶، ضرایب غنی شده ۰/۷۷ می‌باشد که بر اساس بازه‌های تعریفی این کمیت در کتاب‌های زمین‌آمار (حسنی‌پاک، ۱۳۸۰) تجزیه‌ی عاملی را در رده متعادل قرار می‌دهد.

جدول ۲-۴۶- پارامترهای گزارش شده در هنگام پردازش عاملی مقدار KMO برای ضرایب غنی‌شدگی

KMO and Bartlett's Test for Enrichment Index		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.77
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	7826.07
	df	136.00
	Sig.	0.00

1- Factor Analysis

2- Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy

پارامتر دیگر ارایه شده در جین این پردازش‌ها درصد مشارکت^۱ برای هر عضو است که در جدول ۲-۴۷ آمده است. بر اساس جدول مذکور تمامی عناصر درجه مشارکت با ضریب ۱ یا نزدیک به آن هستند و این بدان معناست که تمامی این عناصر تقریباً صد در صد ماهیت ژئوشیمی خود را تجزیه و تحلیل عاملی نشان داده است.

جدول ۲-۴۷- درصد مشارکت عناصر مختلف در آنالیز فاکتوری برای ضرایب غنی‌شدگی

Communalist for Enrichment Index	
	Extraction
Ag	1.00
Bi	1.00
Cd	0.99
Co	1.00
Cr	0.98
Cu	1.00
Mn	1.00
Ni	0.96
Pb	1.00
Zn	1.00
As	1.00
Sn	0.99
Ba	1.00
W	1.00
Au	1.00
Mo	1.00
Sb	0.99

Extraction Method: Principal Component Analysis.

با توجه به جداول ۲-۴۸ تا ۲-۴۹ مشخص است که ۶ عامل اول که در صد تجمعی واریانسی بیش از ۶۰ درصد دارند می‌توانند معرف تقریبی کل جامعه باشند لذا به تهیه نقشه و تفسیر این عوامل کفایت نموده و نیازی به تفسیر مابقی عوامل نیست.

1- Commulative Percent

جدول ۲-۴- درصد تجمعی واریانسی فاکتورهای مختلف برای ضرایب غنی‌شدگی

Total Variance Explained for Enrichment Index			
Component	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2.1	12.5	12.5
2	1.8	10.4	22.9
3	1.3	7.8	30.7
4	1.2	7.0	37.7
5	1.1	6.6	44.3
6	1.1	6.4	50.8
7	1.1	6.4	57.1
8	1.1	6.2	63.3
9	1.0	6.0	69.4
10	1.0	6.0	75.4
11	1.0	6.0	81.3
12	1.0	5.6	87.0
13	0.9	5.3	92.3
14	0.5	3.2	95.5
15	0.4	2.5	98.0
16	0.2	1.4	99.4

Extraction Method: Principal Component Analysis.

جدول ۲-۴۹

مقادیر فاکتوری ضرایب غنی‌شدگی تحت فرآیند تخمین (رک ۲-۷-۲) قرار گرفته و نهایتاً مقادیر آنومال آن‌ها نیز براساس درصدهای تعریف شده در بند ۲-۷-۱ مشخص و نقشه‌ی آن‌ها ترسیم گردید. (نقشه ۲-۱ تا ۲-۶). با توجه به داده‌ها و نقشه‌های حاصل از این آنالیز چنین می‌توان تفسیر نمود که :

الف) فاکتور ۱ شامل عناصر Ni, Cr و تا حدی Mn می‌باشد. پراکندگی اصلی آنومالی این فاکتور در قسمت‌های جنوبی و مرکزی برگیه ۱:۵۰/۰۰۰ بنستان بوده و بخش‌هایی از آنومالی آن در مرکز به سمت شرق برگیه بهاباد است. سنگ‌های اصلی این مناطق را غالباً شیل‌های ژوراسیک (سازند شمشک) که زغال‌دار هستند، ماسه‌سنگ و دیگر سنگ‌های تخریبی تشکیل می‌دهند.

ب) فاکتور ۲ دربر دارنده‌ی عناصر Zn و Pb بوده و عمده توزیع آنومالی آن در مرکز برگیه ۱:۵۰/۰۰۰ گیتی و اندکی در محدوده‌ی جنوبی برگیه ۱:۵۰/۰۰۰ بنستان می‌باشد. واحدهای کربناته‌ی تریاس (سازند شتری) به علاوه‌ی مقادیر کمتری شیل و ماسه‌سنگ این نواحی را پوشانیده است.

ج) Cu و تا حدودی Mn فاکتور ۳ را می‌سازند. مناطق آنومال این فاکتور در هر چهار برگیه ۱:۵۰/۰۰۰ دیده می‌شوند. سنگ‌های کربناته، تخریبی و حتی واحدهای آذرین در بالادست نواحی آنومال مشاهده می‌شود. د) Bi تنها عنصر فاکتور ۴ است هرچند Sb نیز در مقادیر این فاکتور مؤثر می‌باشد. بیشترین تمرکز این فاکتور در شرق برگیه ۱:۵۰/۰۰۰ گیتی است. واحدهای تخریبی، عمده این نواحی را دربر می‌گیرند و احتمال دارد سنگ مادر واحدهای امروزی، سنگ‌های آذرین قدیمی باشند.

ه) فاکتور یک عضوی ۵ توزیع Cd را توجیه می‌کند. ۲/۵ درصد بالایی مقادیر این فاکتور، منطبق بر مرز عمودی برگیه‌های چهارگانه و تا حدودی معدن سرب گوجر است که با پراکندگی سازندهای تخریبی و کربناته (شتری) مطابقت دارد.

و) ششمین و آخرین فاکتور نسبتاً مهم برگیه بهاباد عنصر Ag را شامل می‌شود که در بخش‌های جنوبی و مرکزی برگیه بنستان و شرقی برگیه چشمه تلخاب دارای آنومالی است. این مناطق بیشتر به واحدهای تخریبی و کمتر با واحدهای کربناته و حتی آذرین انطباق دارند.

نقشه ۶ صفحه

۲-۷- تکنیک‌های رسم نقشه و جداسازی مناطق آنومال:

در این پروژه، استخراج نواحی آنومال توسط محاسبه‌ی مقادیر زمینه، حد آستانه‌ای و آنومالی‌های هر عنصر و همچنین فاکتورها در دستور کار قرار گرفت ولی قبل از آن بر روی این داده‌ها پردازش تخمین شبکه‌ای انجام پذیرفت که در ادامه مراحل مختلف کار تشریح می‌گردند.

۲-۷-۱- جدایش آنومالی‌ها به روش تک متغیره:

روش‌های آماری که برای جداسازی و تشخیص مناطق آنومال از حد زمینه توسعه یافته‌اند، هر یک دارای محاسن و معایبی هستند. یکی از روش‌هایی که در جهت تفکیک مناطق آنومال از سایر نواحی استفاده می‌گردد، برآورد حد آستانه‌ای بر اساس میانه و انحراف معیار است.

یکی از روش‌های آماری جهت تعیین مقدار حد آستانه‌ای برابر قرار دادن آن با مقدار میانگین یا میانه و یا لگاریتم آن‌ها به اضافه یک، دو و سه برابر انحراف معیار در یک جامعه نرمال است. در اینجا مقدار حد آستانه‌ای را برابر مقدار میانه به اضافه دو برابر انحراف معیار هر متغیر در نظر گرفته‌ایم. جهت تمایز بین آنومالی‌های ممکن، احتمالی و قطعی، از حد آستانه‌ای به اضافه ضریبی از انحراف استاندارد هر متغیر استفاده می‌شود. لذا خواهیم داشت:

$x < \bar{X} + S$	مقدار زمینه	منطبق بر ۸۴٪ فراوانی جامعه نرمال
$\bar{X} + 2S$	حد آستانه‌ای	منطبق بر ۹۷/۵٪ فراوانی جامعه نرمال
$\bar{X} + 2S$ to $\bar{X} + 3S$	آنومالی ممکن	۹۹٪ < X < ۹۷/۵٪ فراوانی
$x > \bar{X} + 3S$	آنومالی احتمالی	۹۹٪ X > فراوانی

شرط استفاده از این روش برای به‌دست آوردن آنومالی‌ها، نرمال بودن توزیع می‌باشد. لذا این روش برای بهترین حالت نرمال شدگی عناصر و یا ضرایب غنی‌شدگی آن‌ها به کار گرفته شده است.

۲-۷-۲- تخمین سطح:

پیش از این ذکر گردید که نمونه‌برداری‌های آبراهه‌ای معمولاً در شبکه‌های نامنظم انجام می‌گیرند. اما آنچه که مورد نیاز است یک نقشه شامل شبکه‌ی منظمی از داده‌های اندازه‌گیری شده تا تخمین زده شده می‌باشد. برای انجام این کار نیاز به تخمین شبکه‌ای منظم از نقاط می‌باشد.

برای هر تخمین لازم است پارامترهایی با توجه به نوع داده‌ها، هدف تخمین و ساختار فضایی داده‌ها تأمین شود. کارایی هر روش تخمین تا حدود زیادی به تعیین این پارامترها بستگی دارد که عبارتند از:

الف) تعیین معیار همبستگی

ب) مثلث‌بندی

ج) جستجوی نقاط و نحوه آن

د) ابعاد شبکه

ه) وزن کنترلی در تخمین نقطه‌ی مورد تخمین.

پس از تعیین پارامترهای مؤثر در تخمین، نوبت به انتخاب روش مفید جهت آن است. الگوریتم‌های مختلفی برای تخمین نقاط مجهول وجود دارد که در این پروژه روش تخمین شبکه‌ای مورد استفاده قرار گرفت.

پس از تخمین مقادیر هر عنصر، برای داده‌های خام و نرمال شده و همچنین فاکتورهای همین داده‌ها، اقدام به تهیه نقشه‌های آنومالی هر عنصر گردید که تشریح آن‌ها در فصل چهارم صورت خواهد پذیرفت تا بتوان نتایج بررسی چگالی گسل و کانی سنگین را نیز با آن ادغام کرد.

۲-۸- ارتباط تکتونیک و نوامی آنومال

ارتباطی که بین گروه‌های خاصی از مواد معدنی و محیط‌های تکتونیک وجود دارد، تأثیر بسیار مهمی بر روی اکتشاف مواد معدنی داشته است. با استفاده از بازسازی قاره‌ها، حضور یک نوع کانسازسازی خاص در یک منطقه پیش‌بینی و سپس عملیات اکتشافی در منطقه صورت می‌گیرد. در مقیاس محلی نیز اکثر کانسازها ارتباط فضایی معنادار با ساختمان‌های زمین‌شناسی داشته و اغلب زون‌های کانی‌سازی با این پدیده‌های ساختاری مرتبط می‌باشند. بنابراین بررسی ساختارهای تکتونیک منطقه گامی مهم در شناخت فرایندهای مؤثر در کانی‌سازی به شمار می‌رود.

گسل‌ها به عنوان مهم‌ترین ساختارهای تکتونیکی، حداقل در مبحث زمین‌شناسی اقتصادی مطرح می‌باشند. این اهمیت به جهت آن است که ساختارهای یاد شده شکاف‌های عمیقی در سنگ‌ها تولید می‌کنند که این شکاف‌ها محلی مناسب جهت عبور سیالات حاوی کانی می‌باشند. برای آن که دیدی کلی از چگونگی پراکندگی و همچنین جهت‌یابی اصلی گسل‌های منطقه به دست آید اقدام به بررسی وزن‌دار آنها گردید.

برای این منظور به صورت وزنی به مطالعه گسل‌های موجود در نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ به‌یاد پرداخته شد. بدین ترتیب که ابتدا این ساختارها توسط نرم‌افزار Arc GIS بازسازی و بعد از آن جهت رسم چگالی گسل‌ها، شبکه‌بندی با ابعاد ۵۰۰ متری در هر نقشه اعمال گردید. با توجه به توانایی نرم‌افزار Arc GIS بدون دخالت کاربر، ارزش عددی هر یک از واحدها مشخص و نقشه‌ی کنتوری آن رسم گردید. (نقشه ۲-۷) و برای آن که بتوان ارتباط احتمالی آنومالی‌ها را با نوع خاصی از گسل‌ها درک نمود علاوه بر نقشه‌ی چگالی گسل‌های منطقه سه نقشه‌ی تفکیکی از گسل‌های نرمال، تراست‌ها و گسل‌های امتداد لغز نیز رسم گردید. (نقشه ۲-۸ تا ۲-۱۰)

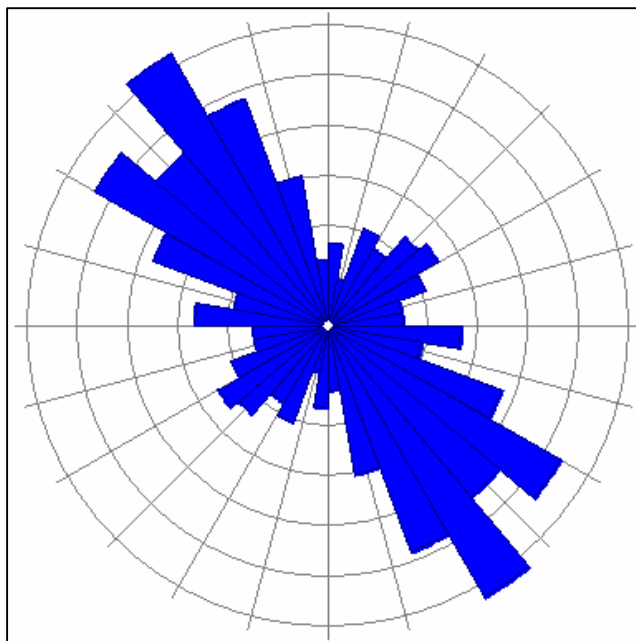
براساس این نقشه‌ها می‌توان توزیع کلی مناطق گسل خورده را به صورت زیر تفسیر نمود:

حداقل مقدار طول گسل‌ها در حد صفر و حداکثر آن ۳۳۷۳ متر می‌باشد. به طور کلی بیشترین تمرکز گسل‌ها در جنوب‌شرق و شمال‌غرب بر گه ۱:۵۰۰۰۰ بنستان، جنوب‌شرق بر گه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ به‌یاد و مرز بر گه‌های ۱:۵۰۰۰۰ چشمه تلخاب و گیتری می‌باشد.

گسل‌های امتداد لغز در بر گه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ به‌یاد دارای بیشترین حجم می‌باشد که البته این گسل‌ها با حجم کمتر در مرکز بر گه‌های ۱:۵۰۰۰۰ بنستان و گیتری نیز دیده می‌شود. همچنین حداکثر حجم گسل‌های معکوس که در جنوب‌شرق بر گه ۱:۵۰۰۰۰ بنستان و گیتری است اما در شمال‌غرب و جنوب‌شرق بر گه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ به‌یاد در بر گه‌های ۱:۵۰۰۰۰ چشمه تلخاب و گیتری نیز این گسل‌ها در حجم کمتر به چشم می‌خورد. بالاخره گسل‌های نرمال در کل بر گه‌ی ۱:۱۰۰/۰۰۰ به‌یاد دیده می‌شود هرچند که حداکثر حجم گسل‌های نرمال در بر گه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ بنستان می‌باشد. در بر گه گیتری بیشترین گسل‌های نرمال، در شرق بر گه واقع می‌باشند و در بر گه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ به‌یاد نیز گسل‌های نرمال در شرق و جنوب‌شرقی منطقه به چشم می‌خورند.

علاوه بر تعیین نواحی دارای چگالی بالای گسل، تشخیص امتداد گسل‌خوردگی‌ها نیز دارای اهمیت است. بر این اساس شبکه‌بندی ۲×۲ کیلومتری بر روی گسل‌های ترسیم شده اعمال گردید و امتداد تمامی گسل‌های

موجود در این شبکه‌ها مشخص گردید. سپس این داده‌ها به نرم‌افزار Rock ware انتقال و در آن جا نمودار گل سرخی گسل‌ها رسم شد (تصویر ۲-۳۹) براساس این نمودار بیشتر گسل‌های منطقه دارای امتداد شمال غرب - جنوب شرق می‌باشند. بخشی از گسل‌های منطقه که نسبتاً تعداد آنها کمتر است دارای روند شمال شرق - جنوب غرب یا نزدیک به آن می‌باشند که با توجه به مقایسه با نقشه غالباً از نوع نرمال هستند.



تصویر ۲-۳۹- دیاگرام گل سرخی گسل‌های محدودی نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ بهاباد

