# فصل سوم
# پردازش داده های ژئوشیمیایی

## 3-1-مقدمه

در این بخش از مطالعات، ابتدا اطلاعات پراکنده ای که از مراحل مختلف پروژه حاصل گردیده را در بانک های اطلاعاتی منظم و پس از ورود به محیط نرم افزار EXCEL آماده پردازش کرده و سپس با ورود داده های تنظیم شده به نرم افزارهای آماری نظیر SPSS و نرم افزارهای ترسیمی متعدد ، تمامی داده پردازیهای لازم انجام گرفت.

در این فصل به تشریح پردازش های آماری و ترسیمی که در این پروژه صورت گرفته است می پردازیم.

## 3-2-پردازش داده های سنسورد و روش جایگزینی آنها

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ تخمین داده های سنسورد وجزئیات روش بیشترین درستنمایی کوهن به فصل هشتم از کتاب تحلیل داده های اکتشافی تألیف دکتر علی اصغر حسنی پاک ومهندس محمد شرف الدین انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.]

دراین پروژه ، عناصرارسنیک، آنتیموان، قلع، تربیوم و روی به دلیل آنکه دارای کمتر از دو درصد نمونه سنسورد می باشند، مقادیر سنسورد آنها با 3/4 حد حساسیت دستگاه جایگزین گردید. همچنین مقادیر سنسورد برای عناصر نقره، کادمیوم، لانتانیوم، نئودیمیوم و تالیوم با روش بیشترین درستنمایی کوهن مورد محاسبه و جایگزینی قرار گرفت. درجدول (3-1) حد حساسیت دستگاه، تعداد داده های سنسورد، تعداد داده های غیر سنسورد، تعداد کل نمونه ها و مقادیر جایگزینی برای تمام عناصر مورد مطالعه آورده شده است.

## 3-3-مطالعات آماری تک متغیره

همچنان که می دانیم هر عنصر در محیطهای ژئوشیمیایی مختلف دارای تابع توزیع خاص خود بوده و رفتار ژئوشیمیایی عناصر در محیطها و شرایط مختلف تغییر می نماید. برای شناخت هر تابع توزیع ، نیاز به داشتن پارامترهای آماری معینی، از آن تابع می باشیم . بدین منظور داده های خام عناصر بعد از ورود به محیط نرم افزار spss و اجرای فایل بندی ، جهت محاسبه پارامترهای آماری عناصر آماده شدند . در مبحث پردازش داده های خام ، مقادیر اولیه آماری ، هیستوگرام و منحنی تجمعی p-p هر عنصر محاسبه و ترسیم گردیده است.

## 3-3-1- پارامترهای آماری داده های خام

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ پارامترهای آماری به فصل اول از کتاب تحلیل داده های اکتشافی تألیف دکتر علی اصغر حسنی پاک ومهندس محمد شرف الدین انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.]

در این مرحله مقادیر میانگین ، میانه ، مد ، پراش، انحراف معیار ، درصد ضریب تغییرات ، چولگی، کشیدگی، مقادیر حداقل و حداکثر، 25٪ و 75٪ هر عنصر بدون نرمال سازی و تغییرات در داده ها در جدول (3-2) نشان داده شده است.

با توجه به جدول (3-2) بازهٔ تغییرات میانگین غلظت عناصر در این منطقه از 1/8 میلی گرم درتن برای طلا تا 288گرم درتن برای عنصر استرانسیم متغیر می باشد و به جز عناصر نقره،کروم،آرسنیک، منیزیم، نیکل، سرب، اورانیم، روی، تلوریم و زیرکونیم در سایر عناصر مقادیر میانگین و میانه از اختلاف چشمگیری برخوردار نیستند.اختلاف بین مقادیر میانه ومیانگین در این عناصر ناشی از توزیع نامتقارن این متغیرها می باشد.

(CV%) یا درصد ضریب تغییرات نیز نشان دهندهٔ وسعت دامنه تغییرات یک عنصر می باشد. در این پروژه بیشترین درصد ضریب تغییرات مربوط به عنصر نقره (334٪) وکمترین درصد ضریب تغییرات به عنصر لوتسیم(13/32٪) تعلق دارد. بعد از متغیر نقره عناصر گوگرد، کروم، نیکل و قلع دارای بیشترین درصد ضریب تغییرات می باشند.

واریانس به ترتیب برای عناصرکروم، نیکل، باریم، استرانسیم، زیرکونیم، وانادیم، روبیدیم و آرسنیک دارای مقادیر بالایی می باشدکه این می تواند حاکی از پراکندگی تغییرات غلظت این عناصر در محدوده مطالعاتی مورد نظر باشد.

همانطورکه می دانیم در یک تابع توزیع نرمال، چولگی دارای مقدار صفر می باشد و هرچه مقدار چولگی افزایش یابد، جامعه از حالت نرمال فاصله می گیرد. همچنین مقادیر بالای چولگی در یک تابع توزیع ژئوشیمیایی وجود کانی سازی احتمالی و یا غیرعادی بودن آن عنصر را گواهی می نماید. با توجه به میزان چولگی داده ها

بیشترین چولگی مربوط به عنصر نقره (23/99) و کمترین چولگی مربوط به عنصر لوتسیم (1/28-) می باشد. عناصر آلومینیم، سریوم، پتاسیم، سدیم، تانتالیم، تالیم و ایتریم، برلیم، سریم، لانتانیم، نئودیمیم و ایتربیم دارای چولگی حول محور صفر بوده و توزیع نسبتاً متقارن تری را از خود نشان می دهند. میزان بالای چولگی در بعضی عناصر می تواند به دلیل وجود چند نمونه با غلظت بالا باشد. در یک تابع توزیع نرمال کشیدگی دارای مقدار 3 می باشد و هر چه مقدار کشیدگی کمتر یا بیشتر از مقدار فوق باشد خصلت غیرنرمال بودن آن توزیع را بیان می نماید. با توجه به جدول(3-2) بیشترین کشیدگی مربوط به عنصر نقره (632) و کمترین کشیدگی مربوط به عنصر تالیم (1/94) می باشد.

## 3-3-2-توصیف نمودارهای آماری (هیستوگرام و منحنی تجمعی P-P)

به جز پارامترهای آماری اولیه که نشان دهنده خواص هر تابع ژئوشیمیایی برای هر عنصر می باشد هیستوگرام و منحنی تجمعیP-P هر عنصر نیز می تواند همان خواص و بعضی خواص دیگر توزیع ژئوشیمیایی را نشان دهد. برای این منظور در اشکال (3-1) الی (3-6) موارد فوق به نمایش گذارده شده و با توجه به اشکال فوق نتایج ذیل برای عناصر بدست آمده است . در این بخش از مطالعات نیز با وجود آنکه پارامترهای آماری و هیستوگرام اکثر عناصر محاسبه و ترسیم شده اما از تشریح مفصل عناصر کم اهمیت صرف نظر گردیده است.

**عناصر طلا، نقره، ارسنیک و آنتیموان (شکل 3-1) :** هیستوگرام عنصر طلا نشان دهنده توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت است. وجود نمونه GA-830 با عیار 8/2 میلی گرم در تن موجب چولگی بالای این تابع گردیده است. با توجه به هیستوگرام این عنصر حدود 70 درصد نمونه ها دارای عیارهای بین 1/5 تا 2/5 میلی گرم در تن می باشند.

با توجه به نمودار عنصر نقره بیشترین فراوانی داده ها مربوط به عیارهای بین 0/03 الی 0/25 گرم در تن می باشد. این امر منجر به کشیدگی بالای این نمودار گردیده است. هیستوگرام این عنصر غیرنرمال با چولگی مثبت بوده و نمونه GA-495 بیشترین غلظت را با عیار 10/59 گرم در تن به ثبت رسانده است.

وجود چندین مقدار خارج از ردیف در کرانه های بالایی هیستوگرام عنصر ارسنیک موجب انحراف این نمودار از شکل زنگوله ای توزیع نرمال شده است . بالاترین غلظت این عنصر مربوط به نمونه GA-931 (221/6 گرم در تن) می باشد.

بازه تغییرات غلظت عنصر آنتیموان از 0/075 تا 28/1 گرم در تن (برای نمونه GV-887) متغیر است. این نمونه علاوه بر آنتیموان برای عناصر با اهمیتی نظیر ارسنیک و مولیبدن نیز جزء کران های بالایی تابع به شمار می رود.

**عناصر مس، مولیبدن، سرب وروی (شکل 3-2) :** در صورت حذف مقادیر کرانه ای در هیستوگرام عنصر مس این نمودار تمایل به پیروی از توزیع نرمال را نشان می دهد. نمونه GK-373 با عیار 91/4 گرم در تن در بالاترین کران تابع قرار گرفته است. این نمونه علاوه بر عنصر مس برای عنصر قلع نیز غلظت بالایی را به ثبت رسانده است.

وجود چند نمونه خارج از ردیف در هیستوگرام عنصر مولیبدن موجب انحراف کم این نمودار از شکل زنگوله ای توزیع نرمال گردیده است. غلظت این عنصر از 0/62 تا 10/5 گرم در تن ( برای نمونه GK-328) متغیر است.

با توجه به نمودار متغیر سرب عیار این عنصر از 1/5 الی 177/1 گرم در تن (برای نمونه GK-519) متغیر می باشد. نمودار این عنصر بیانگر توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت بوده و در نمودار تجمعی P-P نیز انحراف نسبی داده ها از خط نرمال مشخص است. بیشترین فراوانی این عنصر مربوط به عیارهای بین 17 تا 23 گرم در تن می باشد.

هیستوگرام عنصر روی نیز از شکل توزیع نرمال تبعیت نمی کند ولی می توان با حذف مقادیر خارج از ردیف این نمودار را به منحنی توزیع نرمال نزدیک نمود. عیار این متغیر از 1/5 الی 414/4 گرم در تن برای نمونه KT-625 در نوسان است.

**عناصر بیسموت، باریم، کادمیوم و گوگرد(شکل 3-3) :** نمودار عنصر بیسموت با حذف مقادیر کرانه ای تمایل به پیروی از توزیع نرمال را نشان می دهد.

هیستوگرام عنصر باریم دارای توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت می باشد. بالاترین غلظت این متغیر 3432 گرم در تن مربوط به نمونه GK-370 است. این نمونه برای عناصر یوروپیوم، سزیم، کروم، آهن، منگنز، آنتیموان، توریوم و وانادیم نیز جزو کرانه های بالایی تابع توزیع به شمار می رود. بیشترین فراوانی مربوط به عیارهای بین 150 تا 250 گم در تن می باشد.

با توجه به نمودار عنصر کادمیوم غلظت این عنصر از 0/09 الی 0/572 گرم در تن در تغییر است. و منحنی هیستوگرام آن از توزیع نرمال تبعیت نمی کند. نمونه های GV-112 و GK-834 با عیار 0/57 گرم در تن بیشترین غلظت را برای این عنصر به ثبت رسانده اند.

هیستوگرام عنصر گوگرد نیز از شکل زنگوله ای توزیع نرمال تبعیت نمی کند. بالاترین غلظت مربوط به نمونه GV-816 با غلظت 1/586 درصد می باشد.

**عناصر نیکل، کروم، کبالت و منیزیم (شکل 3-4) :** غلظت عنصر نیکل از 15/5 الی 1280 گرم در تن متغیر است. نمونه های GK-336 و GK-335 به ترتیب با غلظت های 1280 و 1200 گرم در تن در کرانه های بالایی تابع جای گرفته اند. این نمونه ها علاوه بر عنصر نیکل برای عناصر آهن، منیزیم، کبالت و کروم نیز عیارهای بالایی را به ثبت رسانده اند. با توجه به اینکه اکثر نمونه هایی که برای این عناصر غلظتهای بالایی را دارا می باشند از سنگهای الترابازیک مربوط به کمربند افیولیتی در نواحی جنوبی منطقه برداشت گردیده اند، لذا این امر وجود کانی سازی درجه حرارت بالا را در سنگهای الترابازیک ناحیه محتمل می سازد.

با توجه به هیستوگرام عنصر کروم غلظت این عنصر از 5/4 الی 3376 گرم در تن (برای نمونه GK-370) متغیر است. نمودار این متغیر بیانگر توزیع غیرمتقارن داده ها می باشد.

در صورت صرفنظر از مقادیر خارج از رده در نمودار عنصر کبالت می توان این هیستوگرام را به توزیع نرمال نزدیک نمود.

هیستوگرام عنصر منیزیم نیز نمایانگر توزیع غیرنرمال داده ها با چولگی مثبت می باشد. بیشترین فراوانی مربوط به عیارهای بین 1/5 تا 2/5 درصد و بیشترین غلظت مربوط به نمونه GK-335 با عیار 18/49 درصد است.

**عناصر آهن، تیتانیم، وانادیم و منگنز (شکل3-5) :** در هیستوگرام عناصر آهن و تیتانیم با حذف مقادیر خارج از ردیف تمایل به پیروی از تابع توزیع نرمال وجود دارد. بالاترین غلظت برای عنصر آهن مربوط به نمونه GK-370 (باغلظت 7/78 درصد) و برای عنصر تیتانیم مربوط به نمونه GD-212 (1/15 درصد) می باشد.

شکل زنگوله ای نمودار عناصر منگنز و وانادیم بیانگر تمایل زیاد این عناصر به پیروی از تابع توزیع نرمال بوده که در نمودار تجمعی این عناصر نیز انطباق داده ها بر خط نرمال کاملاً مشهود است.

**عناصر قلع، تنگستن، تلوریم و تالیم (شکل 3-6) :** هیستوگرام عنصر قلع نیز دارای توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت است. بیشترین غلظت این عنصر مربوط به نمونه GK-373 با عیار 49/1 گرم در تن است. بقیه داده ها در 4 کلاس فراوانی قرار گرفته که بیشترین فراوانی مربوط به غلظت های بین 1 تا 3 گرم در تن می باشد.

در هیستوگرام عنصر تنگستن با حذف مقادیر خارج از ردیف تمایل به پیروی از توزیع نرمال وجود دارد. انحراف کم داده ها از خط نرمال در نمودار تجمعی نیزبیانگر این موضوع است.

هیستوگرام عنصر تلوریم نشان دهنده توزیع غیرنرمال داده ها با چولگی مثبت می باشد. بیشترین غلظت این عنصر(10 گرم در تن) به نمونه GV-906 تعلق دارد.

شکل زنگوله ای هیستوگرام عنصر تالیم نشان دهنده توزیع تقریباً نرمال داده ها می باشد که انحراف کم داده ها از خط نرمال در نمودار تجمعی این عنصر نیز کاملاً مشهود است.

## 4-3- بررسی مقادیرخارج از رده

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ مقادیر خارج از ردیف به فصل سوم از کتاب تحلیل داده های اکتشافی تألیف دکتر علی اصغر حسنی پاک و مهندس محمد شرف الدین انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.]

در این پروژه سعی گردیده است تا علاوه بر ترسیم و بررسی نمودارهای جعبه ای و مشخص سازی نمونه های خارج از رده توسط نمودارهایBox Plot از روش دیگری که ماحصل منظم کردن غلظتهای هریک از عناصر از مقادیر زیاد به کم است نیز بهره گرفته شود و بدین طریق، جهش های ناگهانی عیارها که به گمان کارشناسان نقطه انفصال جامعه خارج از رده از پیکره اصلی تابع توزیع می باشد را مورد شناسایی قرار دهیم (جدول 3-3). همانطور که مشاهده می شود در این جدول ستون اول مربوط به شماره نمونه و ستون دوم غلظت مربوط به آن بوده و مقادیری که با رنگ قرمز نشان داده شده اند مقادیر خارج از رده می باشند. در ذیل به بررسی مقادیر خارج از رده در منطقه مورد مطالعه می پردازیم.

محاسبات مربوط به تعیین مقادیر خارج از رده در محیط نرم افزاری SPSS انجام شده و نتایج آن در شکلهای (3-7) الی (3-9) آورده شده است. با توجه به این اشکال و جدول تنظیم شده بیشترین مقدار خارج از ردیف مربوط به عنصر باریم می باشد (با 8 مقدار خارج از ردیف) و بعد از آن به ترتیب عناصر آلومینیم، روی و آهن دارای بیشترین مقادیر خارج از رده می باشند. عناصر اسکاندیم، ایتریم، برلیوم، بیسموت، یوروپیوم، لوتسیم، منگنز،

سدیم، نیوبیوم، نئودیمیوم و روبیدیم نیز فاقد مقادیر خارج از ردیف هستند.همچنین عناصر مس، روی، آهن، تیتانیم، وانادیم و منگنز دارای مقادیر خارج از ردیف در حد پایینی می باشند.

## 5-3-نرمال سازی داده های خام و بررسی پارامترهای آماری داده های نرمال

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ نرمال سازی داده ها به فصل سوم از کتاب تحلیل داده های اکتشافی تألیف دکتر علی اصغر حسنی پاک و مهندس محمد شرف الدین انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.]

در این پروژه سعی بر این شد که حتی الامکان ماهیت اصلی داده ها دستخوش تغییرات نشود. به همین منظور ابتدا با توجه به هیستوگرام های تابع توزیع و جداول پارامترهای آماری، جوامعی برای محاسبات چند متغیره انتخاب شدند که حتی المقدور به یک جامعه نرمال نزدیکتر باشند. این امر با توجه به اینکه در بعضی از جوامع انتخاب مشکل بوده و توابع در جامعه های خام و لگاریتمی خصلت های نرمال نشان نمی دادند، باعث گردید تا اقدام به تغییر و جایگزینی داده های خارج از ردیف کنیم، این مسئله می تواند بدون تغییر عمده در ساختار داده ها، جوامع آنها را به جامعه نرمال نزدیکتر کند.

نحوه این تغییرات بطور مثال در جامعه روی بدینگونه بوده است که داده های خام این عنصر بر پایه داده های ارسالی از آزمایشگاه تا حداکثر 414 گرم در تن را نشان داده اند ، با توجه به نمودار Box-Plot ، برای کاهش اثر داده های کرانه ای، داده هایی که عیار آنها بیش از 185گرم در تن (6 نمونه) بوده حذف شده و به ترتیب با افزایش 4 گرم در تن داده های جدید جایگزین آنها شده اند ، در این صورت حداکثر میزان عنصر روی در فایل جدید برابر با 212 گرم در تن قرار داده شده است. هنوز فاصله این جامعه تا یک جامعه نرمال زیاد بوده ، از این رو از تبدیل لگاریتمی ساده برای نرمال سازی آن استفاده شد و پارامترهای آماری و هیستوگرام آن ترسیم گردید و در پایان مشخص شد که حتی با جایگزینی مقادیر خارج از ردیف و لگاریتم گیری ساده از آن هنوز فاصله چولگی این متغیر نسبت به صفر از اختلاف معنی داری برخوردار است (حدود 0/571). هر چند که این مقدار به مراتب کوچکتر شده است. بنابراین سعی شد تا از تکنیک پارامتر سه متغیره ($Z = Ln(X \pm a)$)، به جهت تبدیل جامعهٔ روی به توزیع نرمال بهره گرفته شود.از این رو ابتدا از تمام داده های روی مقدار (a=9) ( کاسته شد (مقدار a با سعی وخطا بدست می آید) و سپس تحت تبدیل لگاریتم طبیعی قرار گرفت. در این حالت مقدار چولگی این متغیر به (0/035) رسید که این مقدار به تابع توزیع نرمال بسیار نزدیک می باشد .

مراحل فوق بر روی تمام متغیرهای این پروژه قبل از ورود به آمار چند متغیره انجام پذیرفت ، با این تفاوت که برخی از عناصر پس از حذف و جایگزینی مقادیر خارج از رده بدون اینکه نیازی به تغییرات مصنوعی داشته باشند، تقریباً جامعه ای نرمال رانشان دادند.(نظیر عناصر Al,Ba,Ce,K,Na,Nd,Ta,Th,Yb,Y) اهمیت این مسئله در آن است که به ماهیت اصلی داده ها لطمه ای وارد نشده و هیچگونه تغییراتی که بیانگر ماساژ مصنوعی داده ها باشد در این جوامع صورت نگرفته است. همچنین برخی از عناصر پس از حذف و جایگزینی مقادیر خارج از رده ، با تبدیل لگاریتمی ساده از تابع توزیع نرمال تبعیت نمودند. (نظیر عناصر Be,As,Cd,Ca,Bi,Co,Er,Cu,Cs,Fe,Eu,La,Li,Mn,S,Rb,Pb,Sc,Sb,Sr,Tb,Ti,V,U,W,Lu) و تعدادی از عناصرنیز وجود داشتندکه مانند متغیر روی برای تبدیل آنها به توزیع نرمال ، باید از روش سه پارامتری استفاده می گردید. (نظیر عناصر Au,Ag,Cr,Hf,Mg,Mo,Nb,Ni,P,Sn,Te,Tl,Zn,Zr )

در جدول (3-4) پارامترهای آماری داده های نرمال منطقه گزیک نشان داده شده است. با توجه به این جدول محرز گردید که پس از نرمال سازی داده ها ، میزان نزدیکی چولگی عناصر به سمت صفر بطور مشخصی افزایش یافته و این مقادیر برای ادامه داده پردازی از حد مطلوبی برخوردار بوده ومی توان این جوامع را تقریباً نرمال فرض نمود.در این جدول غیر از چولگی، سایر پارامترهای آماری از قبیل : میانگین ، انحراف معیار، پراش، درصد ضریب تغییرات، میانه، مد، حداقل و حد اکثر جوامع هر عنصر آورده شده است. همانطور که دیده می شود چولگی داده های نرمال از 0/7- برای عنصر تلوریم تا 0/49 برای عناصر نقره و سریوم متغیر است. همچنین تأثیرات نرمال سازی را می توان با نزدیک شدن مقادیر میانه و میانگین بخصوص برای عناصرآهن، لانتانیم، منگنز، اسکاندیم، تالیم، تیتانیم، وانادیم و زیرکونیم مشاهده نمود .

لازم به ذکر است که هیستوگرام و نمودار تجمعی p-p برای عناصر نرمال شده در اشکال(3-10) الی(3-12) ترسیم و در پیوست سوم آورده شده است. با توجه به این اشکال به جز عناصر نقره، کادمیم، باریم و تالیم سایر عناصر نسبتاً نرمال شده و هیستوگرام آنها شکل زنگوله ای بخود گرفته است.

## 3-6- مطالعات آماری دو متغیره

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ مطالعات آماری دو متغیره و بررسی آماری همبستگی داده ها به فصل پنجم از کتاب تحلیل داده های اکتشافی تألیف دکتر علی اصغر حسنی پاک و مهندس محمد شرف الدین انتشارات دانشگاه تهران مراجعه شود.]

در این پروژه برای بدست آوردن ماتریس همبستگی ، داده های نرمال و داده های خام را به محیط نرم افزار SPSS انتقال داده و در آنجا ضرائب همبستگی، سطوح معنی دار بودن و تعداد نمونه هایی که در ضریب همبستگی فوق شرکت نموده اند به روش اسپیرمن که حساس به داده های خام می باشد مورد محاسبه قرار گرفت.

### 3-6-1-بررسی آماری همبستگی موجود میان داده های ژئوشیمیایی

نتایج ضرایب همبستگی به روش اسپیرمن در جدول (3-5) آورده شده است . همانطور که ملاحظه می شود بر پایه روش اسپیرمن ، بیشترین همبستگی مثبت بین عناصر نیکل و کروم به مقدار(0/862) می باشد. بعد از آن به ترتیب عناصر کبالت و آهن(0/851)، مس و اسکاندیم (0/821)، آنتیموان و کروم(0/824)، آنتیموان و نیکل(0/816) و منیزیم وکبالت(0/814) دارای بیشترین همبستگی های مثبت می باشند. بیشترین همبستگی منفی میان عناصر کادمیوم و تلوریم به مقدار (0/453-) می باشد. در این قسمت از گزارش به شرح همبستگی متغیرهایی که مطالعه حاضر بر روی آنها نگرش ویژه ای دارد، با سایر عناصر مورد مطالعه می پردازیم.

با توجه به جدول(3-5) عنصر کبالت با عناصر آهن، منیزیم، اسکاندیم ، منگنز، آنتیموان، نیکل و کروم به ترتیب دارای همبستگی های مثبت (0/851)،(0/814)،(0/793)، (0/792)،(0/734)،(0/724)، (0/707) می باشد.

از همبستگی های مثبت عنصر کروم می توان به همبستگی با عناصرنیکل (0/862)، منیزیم(0/736)، کبالت (0/707) و آهن(0/602) اشاره نمود.

عنصر منیزیم با عناصر کبالت،نیکل، اسکاندیم و کروم به ترتیب دارای همبستگی های مثبت (0/814)، (0/779)، (0/745)، (0/736) می باشد.

از همبستگی های مثبت عنصر نیکل می توان به همبستگی با عناصرکروم (0/862)، منیزیم(0/779) و کبالت (0/724) اشاره نمود.

عنصر آهن با عناصر کبالت، منگنز و اسکاندیم به ترتیب دارای همبستگی های مثبت(0/851)، (0/793)، (0/786)، می باشد.

پاراژنز این عناصر به خصوص در نواحی مربوط به زون افیولیتی خاش – نهبندان می تواند معرف حضور کانی سازی احتمالی درجه حرارت بالا در سنگ های بازیک و الترابازیک منطقه باشد.
از همبستگی های مثبت عنصر مس می توان به همبستگی این عنصر با عناصر اسکاندیم (0/821)، وانادیم(0/708)، آهن (0/695)، کبالت (0/601)، منگنز (0/539)، منیزیم (0/535) و روی (0/579) اشاره نمود.

## 3-7- مطالعات آماری چند متغیره

[جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامونِ مطالعات آماری چند متغیره به فصل هفتم از کتاب تحلیل داده های اکتشافی تألیف دکتر علی اصغر حسنی پاک ومهندس محمد شرف الدین انتشارات دانشگاه تهران،1380، مراجعه شود.]

در این پروژه از میان روشهای چند متغیره ازتکنیک تجزیه به عاملها به منظور تعیین ارتباط ژنتیکی عناصر بهره گرفته شد.

### 3-7-1-تجزیه عاملها(Factor Analysis)

در این پروژه برای ساخت متغیرهای مرکب و تعیین عناصر پاراژنز و همراه با یکدیگر ، از روش تجزیه به عاملها استفاده شده است.

برای نیل به این هدف ابتدا پارامترهای آماری شامل : مقادیر ویژه ، واریانس و واریانس تجمعی هر مولفه ، همراه با مقادیر مشارکت هر مولفه محاسبه و نتایج آن در جدول (3-6)آورده شده است. در این راستا از امکانات نرم افزار SPSS در محیط Windows بهره جسته ایم. برای نشان دادن مقادیر ویژه نسبت به تعداد مولفه ها نمودار صخره ای مقادیر ویژه نیز ترسیم گردیده است. (شکل 3-13)

با توجه به جدول (3-6) بیشترین مقدار ویژه در ارتباط با مولفهٔ اول و برابر 7/036 و کمترین آن مربوط به مولفه بیست وهفتم و مساوی 0/01 می باشد . حد اعتبار بکارگیری مقادیر ویژه در این منطقه 1/058 محاسبه شده و از آن برای تعیین مولفه های اصلی استفاده گردیده است. از طرفی با توجه به شکل(3-13) بعد از سومین مولفه، شکستی بین مولفه ها بوجود آمده است که این شکست برای انتخاب مؤلفه های اصلی بکار گرفته می شود. یعنی از سری داده ها، مولفه اول ، دوم و سوم با توجه به این نمودار بعنوان مولفه های اصلی انتخاب و معرفی می شوند.

مقدار واریانس برای مولفه های اول تا ششم به ترتیب 26/06 ، 24/47، 8/59 ، 6/95 ، 4/84 و 3/91 درصد می باشد . با توجه به مقادیر ویژه بالای 1/058 بهتر است شش مولفه اول بعنوان مولفه انتخابی برگزیده

شوند. (مؤلفه های اصلی با Eigen value >1 و توسط نرم افزار انتخاب گردیده است). این شش مولفه در حدود 74/84 درصد واریانس و تغییرات عمومی محیط ژئوشیمیایی مورد مطالعه را پوشش می دهند .

بیشترین مشارکت عناصر در ارتباط با عنصر نیکل می باشد که 0/950 و به ترتیب عناصر کبالت، منیزیم، آهن، برلیم، کروم، تنگستن، سریم، وانادیم، اسکاندیم، آلومینیم، آنتیموان، مس، پتاسیم، روی، منگنز، هافنیوم، بیسموت، تیتانیم، زیرکن، آرسنیک، مولیبدن، باریم، گوگرد، قلع، سرب و طلا در مراحل بعدی می باشند.

بعد از انتخاب شش مولفهٔ اول ، مقادیر خام هر مولفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مؤلفه و ضرایب امتیازی هر مولفه محاسبه شده است . نتایج این محاسبات در جدول (3-7) به نمایش در آمده است . مقادیر خام تحت بردار خاص وریمکس (Varimax) قرار گرفته اند که این بردار در اثر چرخش محورها بیشترین واریانس را برای هر مولفه محاسبه می نماید . مقادیر عددی چرخش یافته بالای 0/5 در هر مولفه چرخش یافته (Rotated Component) ملاک انتخاب هرفاکتورمی باشد . مقادیرکمتر از 0/5 ازسطح اعتمادغیر قابل اطمینانی برخوردارند . بنابراین فاکتور اول شامل عناصر برلیم، پتاسیم، سریم، آلومینیم، باریم، مولیبدن، زیرکن، قلع و تنگستن فاکتور دوم در برگیرنده عناصر نیکل، کروم، منیزیم، کبالت، آنتیموان، آهن و منگنز می باشد که پاراژنز این عناصر نشان دهنده کانی سازی درجه حرارت بالا در سنگهای بازیک و الترابازیک است، در فاکتور سوم عناصر آهن، وانادیم، اسکاندیم، مس، تیتانیم و منگنز آمده اند که همیافتی این عناصر با هم نیز امری کاملاً منطقی و معقول بوده و معرف درجه حرارت های بالاست. فاکتور چهارم شامل تنگستن، روی و گوگرد ، فاکتور پنجم شامل هافنیوم، بیسموت و سرب و فاکتور ششم نیز در برگیرنده دوعنصر آرسنیک وطلا است.

در منطقه گزیک علاوه بر بررسی پارامترهای آماری و نتایج آنالیز فاکتوری که در بالا مفصلاً بحث شد نقشه فاکتوری( نقشه3-1) نیز به روش تخمین شبکه ای ترسیم گردید .

با توجه به نقشه (3-1) ناهنجاریهای فاکتور اول در بخشهای غرب و جنوب غرب منطقه تمرکز یافته اند سنگهای بالادست این محدوده ها که با آنومالی عناصر باریم، مولیبدن، قلع و تیتانیم از انطباق نسبی برخوردارند از رخساره فلیشی، آندزیت بازالت و آلکالی بازالت سازمان یافته است.

محدوده های آنومال برای فاکتور دوم که مربوط به عناصر نیکل، کروم، کبالت، آهن، منیزیم، آنتیموان و منگنز می باشد با رنگ سبز بر روی نقشه نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود تمام محدوده های ناهنجارِ

این فاکتور در نیمهٔ جنوبی منطقه واقع شده اند. لازم به ذکر است که این ناهنجاریها مربوط به زون افیولیتی است که دارای رخنمونی از سنگهای الترابازیک و گابرو در نواحی جنوبی منطقه می باشد.

سه محدودهٔ ناهنجار فاکتور سوم در جنوب منطقه، یک محدوده در شرق و سه محدودهٔ کم وسعت این فاکتور در بخشهای مرکزی و شمالی منطقه پراکنده اند. یک محدودهٔ این فاکتور در جنوب راتوک بالا با بخشی از ناهنجاری فاکتور پنجم ( عناصر سرب، بیسموت و هافنیوم) دارای همپوشانی می باشد.

فاکتور چهارم شامل عناصر روی، گوگرد و تنگستن می باشد. به جز دو محدوده که در بخش شرقی قرار دارند سایر محدوده های آنومال این فاکتور در جنوب شرق منطقه تمرکز یافته اند. این محدوده عمدتاً از آندزیت پورفیری، دلریت بازالت، شیل و آهک تشکیل شده است.

فاکتور ششم متشکل از عناصر طلا و آرسنیک می باشد. پراکندگی ناهنجاریهای این فاکتور در نیمهٔ شمالی منطقه صورت گرفته است. مهمترین محدودهٔ آنومالِ این فاکتور در شمال روستای آب بند خاکی قرار دارد که با آنومالی عناصر آرسنیک، تنگستن و تا حدودی مولیبدن، بیسموت، گوگرد، تلوریم از انطباق برخوردار است. پاراژنز این عناصر می تواند حاکی از حضور کانی سازی اپی ترمال (درجه حرارت پایین) در محدودهٔ مورد سخن باشد.

## 8-3- جداسازی مقادیر ناهنجار و بررسی نقشه های آنومالی

[ جهت کسب اطلاعات بیشتر پیرامون جداسازی مقادیر ناهنجار و جزئیات روش تخمین شبکه ای به فصل دهم از کتاب تحلیل داده های اکتشافی علی اصغر حسنی پاک ، محمد شرف الدین ،1380 ، انتشارات دانشگاه تهران،چاپ اول مراجعه نمایید.]

در این پروژه همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد، در مرحله اول داده های خارج از رده مورد تغییر و جایگزینی قرار گرفت و در پی آن توسط روشهای لگاریتم گیری ساده و سه پارامتری نرمال گردید و سپس در مرحله بعد روش تخمین شبکه ای بر روی این داده ها صورت گرفت. همچنین علاوه بر روش فوق برای درک هر چه بهتر وضعیت ناهنجاریها ، مقادیر عددی مربوط به غلظت خام هر نمونه به همراه محل نقاط برداشت آنها محاسبه و بصورت توام در هر نقشه به نمایش گذاشته شد. لازم به ذکر است نقشه های تک متغیره و چند متغیره در پروژه خوشاب توسط نرم افزار GeostimateV.1.0 ترسیم گردیده است. در این بخش از گزارش ویژگی ناهنجاریهای عناصر در جداولی به همراه نقشه های تخمین شبکه ای آورده شده است.

## 9-3- شاخص غنی شدگی

محاسبه ضرایب غنی شدگی در این پروژه با استفاده از نقشه زمین شناسی یکصدهزارم گزیک و بر حسب واحدهای سنگی صورت پذیرفت. به عبارت دقیق تر لیتولوژیها بر پایه خصوصیات ژئوشیمیایی طبقه بندی و خلاصه سازی گردید (جدول 3-32). سپس در هر جامعه اثر لیتولوژی از طریق نرمالایز کردن حذف و در نهایت جوامع حاصل با هم مجدداً مخلوط و تحت یک جامعه همگن بررسی شدند.

جدول (3-32): ساده سازی لیتولوژیها در ورقه یکصدهزارم گزیک بر مبنای خصوصیات ژئوشیمیایی

| Row | Abbreviation | Description | Symbols in Geological Map |
|---|---|---|---|
| 1 | Q | Qal: Recent alluvium | Qal, Qt1, Qt2, Qc |
| | | Qt1: Older gravel fans and terraces | |
| | | Qt2: Younger gravel fans and terraces | |
| | | Qc:Mud flat | |
| 2 | CGS | Qplcg:Fluviatile Conglomerate | Qplcg, Erc, Kcv2, PEfc, Klc2 |
| | | Erc:Red Conglomerate | |
| | | Kcv2:Conglomerate , Sandstone | |
| | | PEfc:Conglomerate, Flysch | |
| | | Klc2: Conglomerate (BAGH SANGI AREA) | |
| 3 | FGS | Ers: Red Sandstone | Ers, PEms, Kfs2, Ksh2 |
| | | Ksh2: Green and purpllish shale, subordinate turbidite | |
| | | PEms: Marl, Sandstone | |
| | | Kfs2: Flysch-like sandstone and shale | |
| 4 | IVR | Kab22: Porphyric andesite | Kab22, Kab12, OMab, OMst, OMrd |
| | | Kab12: Andesite basalt, tuff | |
| | | OMab:Orthopyroxene andesite, andesite-basalt | |
| | | OMst: Tuffacceous sandstone | |
| | | OMrd: Rhyodacite, dacite | |
| 5 | LM | Kl1: Massive orbitolina limestone | Kl1, PEl, El, Klh2 |
| | | PEl: Biosparite, massive algal reef | |
| | | El: Limestone intercalation (Paleocene or Eocene) | |
| | | Klh2: Hiporitic limestone | |
| 6 | IPB | Quartz microdiorites dykes | Dyke, Omdq, OMgd |
| | | Omdq: Quartz diorite | |
| | | Omgd: Microgranodiorite | |
| 7 | BVR | Qplb: Alkali basalt | Qplb, tb |
| | | tb: basalt | |
| 8 | SCH | amgl: Glaucophane-albite amphibol and schist | amgl |
| 9 | RAD | r: Mostly radiolarite and banded chert | r |
| 10 | Gb | d: Diorite, microgabbro | d, gd |
| | | gd: Gabbro | |
| 11 | ULT | Ub: Ulterabasic rocks (Lerzolite to harzburgite) | Ub |
| 12 | LIV | Listvenite | Ls |

برای نیل به این هدف یعنی حذف (یا کاهش) اثر لیتولوژی بر داده ها، لازم است نمونه ها بر اساس جوامع سنگی مؤثر در آنها طبقه بندی شوند. در پروژه گزیک برای این منظور نقشه نمونه برداری بر روی نقشه زمین شناسیِ ساده شده (نقشه 3-26) منطبق و سپس با مشخص کردن حوضه آبریز هر نمونه (بالادست نمونه) تمامی واحدهای سنگی که رسوبات حاصل از فرسایش آنها سهمی در تشکیل نمونه داشته اند شناسایی و مشخص گردید. اشکال (3-15) ، (3-16)، (3-17) و (3-18) هر کدام به ترتیب هیستوگرام توزیع فراوانی نمونه های ژئوشیمیایی را بر اساس تعداد سنگ بالادست آنها در ورقه گزیک نشان می دهد. در برخی از موارد تعداد نمونه ها، در جوامع سنگی کمتر از 7 نمونه بود، از این رو به علت کمی تعداد اعضا نمی توانستند مورد محاسبات آماری قرار گیرند. در این حالت چنین جوامعی ابتدا مخلوط شده تا به صورت یک جامعه مرکب درآیند و سپس از طریق تجزیه و تحلیل خوشه ای به دو جامعه همگن تر که به ترتیب 45 و 42 نمونه را شامل می شدند تقسیم گردیدند. شکل(3-14) نتایج حاصل از آنالیز کلاستر را برای آن دسته از نمونه ها که قادر به تشکیل جوامع سنگی مستقل نمی باشند نشان می دهد. پس از آنکه جوامع آماری بر اساس روش های فوق الذکر جدا شدند مقدار زمینه هر یک از جوامع محاسبه و به عنوان مقدار زمینه محلی آن جامعه فرض گردید. در پی آن با تقسیم هر یک از داده ها بر مقدار زمینه، ضرایب غنی شدگی محاسبه و تخمین زده شد. پس از خنثی سازی اثر مؤلفه سنژنتیک با بکار گیری روش های فوق، نقشه تک متغیره شاخص غنی شدگی برخی از عناصر، با توجه به اهمیت آنها و با استفاده از نرم افزار Geo Estimate (بر مبنای تکنیک تخمین شبکه ای) ترسیم گردید تا به همراه نقشه های تک متغیره داده های خام و نقشه های چند متغیره (نقشه فاکتوری) در ارزیابی نواحی امیدبخش و اولویت بندی آنها به کار رود. نقشه های (3-27) الی (3-29) ناهنجاری های بدست آمده از داده های غنی شدگی را نشان می دهد.