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 ، داده های سنسوردِ عناصر طلا،جیوه وآنتیموان توسط روش بیشترین درستنمایی کوهن جایگزین گردید.این در حالتی است که برای عناصر آرسنیک،برلیم،کبالت وگوگرد بدلیل آنکه کمتر از 3 درصد مقادیر آنها کوچکتر از حد حساسیت در مرز پایینی می باشند، داده های سنسورد با 3/4 حد حساسیت جایگزین گردید.عناصر

نقره،بیسموت،کادمیم،اورانیوم وتنگستن بدلیل آنکه بیش از 90٪ داده های آنها بصورت سنسورد گزارش گردیده از ادامه داده پردازیها حذف شدند.همچنین عنصر گالیم که حدود40٪ ازداده های آن سنسورد وسایر مقادیر حاوی غلظت 10گرم درتن ومولیبدن که حدود25٪ از داده های آن سنسورد وسایر مقادیر حاوی غلظت یک گرم درتن می باشند در ادامه داده پردازیها شرکت داده نشدند.

پارامترهای بدست آمده توسط روش بیشترین درستنمایی کوهن و مقادیر جانشینی برای هر عنصر به شرح جدول(3-1) می باشد . در این جدول Xo مقدار حدحساسیت هر عنصر ، n تعداد نمونه های سنسورد، n_t تعداد کل نمونه ها، m_u میانگین بخش غیر سنسورد جامعه ، $S_{\log}$ انحراف معیارداده های لگاریتمی ، γ و h مقادیر لازم برای بدست آوردن λ که طبق فرمول محاسبه می شوند و λ تابع تخمین کمکی که از جدولB(3-1) خوانده شده است،می باشند . همچنین mt میانگین کل ، mc میانگین بخش سنسورد داده ها و در نهایت X_r مقدار جانشینی داده های سنسورد می باشد.

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 می شوند . در مبحث پردازش داده های خام ، مقادیر اولیه آماری ، هیستوگرام و منحنی تجمعی p-p هر عنصر محاسبه 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 ، 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 این جدول میانگین عناصر از 0/001 گرم درتن برای عنصر طلا تا 637/21 گرم درتن برای عنصر منگنز متغیر می باشد .بجز عناصر طلا،کروم،باریم،نیکل،استرانسیم در سایر عناصر مقادیر میانگین ومیانه از اختلاف معنی داری برخوردار نیستند.

با توجه به داده های منطقه مورد مطالعه واریانس برای عناصر نیکل،فسفر،منگنز ،مس، استرانسیم وکروم دارای مقادیر بالایی می باشدکه این می تواند حاکی از پراکندگی بازۀ تغییرات این عناصر در محدوده مطالعاتی مورد نظر باشد.عنصر جیوه به مقدار 163/933 درصدوبعد از آن عنصر طلا به مقدار 148/224 درصد دارای بیشترین ضریب تغییرات می باشند.ضریب تغییرات بالای جیوه می تواند ناشی از اختلاف زیاد بین مقادیر ماکسیمم ومینیمم این تابع 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 جدول(3-2) مقادیر چولگی از (3/082-)برای عنصر روی

تا(17/335)برای عنصر مس متغیر می باشد وبه جز عناصر وانادیم،روی وپتاسیم سایر عناصر از چولگی مثبت برخوردارند.چولگی بالای عنصر مس می تواند بدلیل وجو چند نمونه با غلظت بالا در تابع توزیع این عنصر باشد.عناصر آرسنیک،برلیم،منگنز،فسفر،وانادیم،تیتانیم وکلسیم دارای چولگی نزدیک به صفر بوده وتوزیع متقارن تری را از خودنشان می دهند. 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. کمترین کشیدگی مربوط به عنصر آرسنیک (0/005) وبیشترین کشیدگی مربوط به عنصر مس (312/099) می باشد.

2-3-3-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 وبا 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 ، آرسنیک،آنتیموان وجیوه (شکل 3-1) : هیستوگرام طلا توزیع غیر نرمال با چولگی مثبت را نشان می دهد. بیشترین فراوانی این عنصر مربوط به غلظتهای کمتر از 2 میلی گرم درتن می باشد. نمودار تجمعی این عنصر نیز انحراف داده ها از خط نرمال را نشان می دهد. نمودار هیستوگرام آرسنیک تمایل به پیروی ازشکل زنگوله ای تابع توزیع نرمال را نشان می دهد (چولگی 0/280 وکشیدگی 0/005)و با توجه به نمودار تجمعیP-P این عنصر انطباق

داده ها بر خط نرمال مشخص است، دامنه غلظت این عنصر از 1/5 تا 20 گرم درتـن مـی باشـد. هیستوگرام آنتیموان بیانگر توزیع غیرنرمال داده ها باچولگی مثبـت بـوده وبیشـترین فراوانـی ایـن عنصر مربوط به عیارهای پایین می باشد.با نگاهی به هیستوگرام عنصر جیوه حـدود 75٪ داده هـا دارای عیاری بین 0 تا 0/03گرم درتن می باشند وجود چند عیار در کرانه هـای بـالایی موجـب انحراف این نمودار از منحنی توزیـع نرمـال گردیـده اسـت. بـالاترین غلظـت جیـوه (0/45گـرم درتن)مربـــوط بـــه نمونـــه I154 اســـت کـــه عـــلاوه برجیـــوه بـــرای عناصـــر باریم،کروم،نیکل،منیزیم،آهن،بور وگوگرد نیز عیارهای بالایی را به خود اختصاص داده است.

عناصر مس،سرب،روی و باریم(شـکل 3-2) : بـا نگـاهی بـه هیسـتوگرام متغیـر مـس حدود 90٪ داده ها در یک کلاس فراوانی با عیاری بین 9/5 تا 45/5 گـرم در تـن قـرار گرفتـه اند واین امرموجب کشیدگی بالای تابع توزیع گردیـده اسـت نکتـه قابـل توجـه در ایـن نمـودار وجود نمونه I080 با عیار656 گرم درتن می باشدکه غلظتی حدود5/5 برابر نمونه ماقبل خود را به ثبت رسانده است این عیار برای نمونه های برداشت شده از هاله های ثانویه عیارقابـل تـوجهی است ومی تواند حکایت ازکانی سازی احتمالی در بالادست داشـته باشـد. هیسـتوگرام و منحنـی تجمعی عنصرسرب تمایل نسبی داده ها به پیروی از منحنی توزیع نرمال را نشان مـی دهـدغلظت این عنصر از 8 تا 24 گرم در تن در تغییر است. هیستوگرام روی انحراف کم داده هـا از منحنـی توزیع نرمال را نشان داده است (چولگی3/082- وکشیدگی 37/070)بیشترین فراوانی مربـوط به غلظتهای بین 52/5 تا 57/5 گرم در تن می باشد.وجود یک نمونه در کرانه پایینی تابع توزیع موجب چولگی منفی نمودار گردیده است. وجود چند مقدار خارج از رده در تابع توزیـع بـاریم موجب انحراف نمودار از منحنی توزیع نرمال شده وانحـراف داده هـا از خـط نرمـال در نمـودار P-P این عنصر مشخص است غلظت این عنصر از 60تا 300 گرم در تن در تغییر می باشد.

عناصر آهن،تیتانیم،وانادیم،اسکاندیم(شکل 3-3) :با توجه به هیستوگرام ونمودار تجمعی عنصر آهن در صورت حذف مقادیر خارج از ردیف می توان این تابع را نسبتاً نرمال فرض نمود (چولگی1/505 وکشیدگی 5/530) بالاترین غلظت مربوط به نمونهI194 می باشد که علاوه بر آهن برای عناصر نیکل،کبالت،کروم،برلیم،وانادیم،اسکاندیم،منیزیم،آلومینیم وگوگرد نیز عیارهای بالا را بخود اختصاص داده ومی تواند حکایت ازکانی سازی احتمالی در بالادست این نمونه را داشته باشد.نمودار تیتانیم تمایل به پیروی از منحنی توزیع نرمال را نشان می دهد ودر نمودار P-P این عنصر نیز داده ها بر خط نرمال انطباق دارند.وجود چند نمونه در کرانهٔ پایینی هیستوگرام وانادیم موجب چولگی منفی و انحراف کم این تابع از توزیع نرمال گردیده است غلظت این عنصر از 10تا 83گرم در تن در تغییر است.هیستوگرام اسکاندیم تنها دارای سه کلاس فراوانی بوده بیشترین فراوانی مربوط به غلظتهای بین 5 تا7 گرم درتن می باشد(84 ٪ نمونه ها).

عناصر کروم ، نیکل، کبالت ومنیزیم(شکل 3-4) : همانطور که هیستوگرام عنصر کروم نشان می دهدوجود چندین نمونهٔ خارج از رده درکرانه های پایینی وبالایی تابع این متغیر موجب انحراف زیاد آن از منحنی توزیع نرمال گردیده است. بازهٔ تغییرات کروم بین 32 تا 501گرم در تن می باشد.نمودار هیستوگرام عناصر کبالت،نیکل ومنیزین نیز بیانگر توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت می باشد.غلظت عنصر نیکل از 39 تا 549 گرم در تن در تغییر است نمونه های I161 وI154 که برای این عنصر غلظتهای بالایی را به ثبت رسانده اند، برای عناصر کروم،کبالت،منیزیم،آهن،وانادیم ومنگنز نیز عیارهای بالا را بخود اختصاص داده اند واز آنجا که این دو نمونه از رسوبات هاله ثانویه یک آبراهه برداشت گردیده اند می توانند حکایت از کانی سازی احتمالی در محدوده مورد نظر باشد.وجود چند نمونه در کرانه های بالایی تابع

توزیع منیزیم موجب انحراف این نمودار از توزیع نرمال گردیده است ودر نمودار تجمعی این عنصر نیز انحراف داده ها از خط نرمال مشخص می باشد.(چولگی 3/192 وکشیدگی 15/011)

عناصر منگنز،فسفر،برلیم وبور(شکل 3-5) : در مورد عناصر منگنز ، فسفر و برلیم در صورت حذف مقادیر خارج از ردیف منحنی این عناصر از نمودار زنگوله ای شکل توزیع نرمال تبعیت خواهد نمود.هیستوگرام عنصر بور تنها دارای سه کلاس فراوانی در تابع توزیع می باشد. غلظت این عنصر از 10 تا30 گرم در تن متغیر است.

عناصر استرانسیم،گوگرد،کلسیم وسدیم(شکل 3-6) :

عناصر استرانسیم،گوگرد وسدیم دارای توزیع غیرنرمال با چولگی مثبت می باشند ودر نمودار P-P این عناصر نیز داده ها از خط نرمال انحراف دارند.غلظت عنصر استرانسیم از 124تا 419 گرم در تن در تغییر است وبیشترین فراوانی این عنصر به غلظتهای بین 150 تا170 گرم درتن مربوط می شود.در صورت حذف مقادیر خارج از ردیف در تابع توزیع کلسیم می توان این منحنی را نسبتاً نرمال فرض نمود.دامنه تغییرات عنصر سدیم 0/03 تا0/44 درصد می باشد.

4-3- بررسی مقادیرخارج رده

مقادیر خارج از رده به مقادیری اطلاق می شوند که بنا به دلایلی به گونه ای چشمگیر خارج از جامعه اصلی قرار گرفته و به نحوی خود را جدا از بقیه نمونه ها قرار داده اند. میزان جدایش این نمونه ها و چگونگی شناخت آنها و تأثیر وجودی آنها بر پردازش داده ها در مقالات و مراجع گوناگون به بحث و بررسی گذارده شده است. نمونه های خارج از رده

می توانند دربرگیرنده مقادیر آنومالی باشند و به عبارت دیگر عموماً نمونه های آنومالی عیارهای بالا را به خود اختصاص می دهند. البته در بعضی از عناصر، نمونه های خارج از رده در حد پائین تر نیز به چشم می خورند.

داده های خارج از رده بایستی به دقت بررسی شوند، این بررسی شامل کسب اطمینان از چگونگی شماره گذاری نمونه ها در صحرا، آلودگی نمونه ها در محیط کمپ های صحرایی، عدم آلودگی در هنگام خردایش نمونه ها در آزمایشگاه می شود که بطور مجموع به عنوان خطای نمونه برداری و خطای آماده سازی محسوب می گردد.

به طور کلی مقادیر خارج از رده را می توان متأثر از سه حالت زیر دانست:

1- اینگونه مقادیر خارج از رده می توانند از یک خطای نظم دار نشأت گرفته باشند و می توان آنها را در هنگام پردازش حذف و یا مجدداً اصلاح کرد. به عنوان مثال خطاهای سیستماتیک که در هنگام نمونه برداری و تجزیه نمونه ها رخ می دهد جزء این گروه از مقادیر خارج از رده قرار می گیرند.

2- دسته دوم مقادیر خارج از رده، مشاهداتی هستند که به صورت یک پدیده فوق العاده نمود می یابند در این حالت کارشناسان بایستی توجه داشته باشند که آیا مقادیر خارج از رده یک مشاهده معتبر را نشان می دهند و اگر چنین است، بایستی مقادیر خارج از رده باقی بمانند وگرنه بایستی از جریان پردازش حذف شوند. بعنوان مثال می توان مقادیر آنومالی های واقعی و آنومالی های کاذب را جزء این دسته قرار داد.

3- این گروه به مشاهدات فوق العاده ای تعلق دارند که کارشناسان هیچ گونه توضیح مناسبی برای آنها ندارند، گرچه بنظر می رسد که این دسته از مقادیر خارج از رده بایستی حذف شوند،

اما اگر کارشناسی احساس کند که آنها به عنوان گوشه ای از جامعه مورد بررسی هستند می توانند متأثر از آلودگی های شیمیایی، صنعتی، کشاورزی یا پدیده های خاص زمین شناسی باشند.

چنانچه موارد کنترلی بر روی داده های خارج از رده به نحو مطلوب پیش رود و مراحل کنترل آنومالی ها و سایر مطالعات نیز مؤید این امر باشد می توان وجود آنها را به مناطقی منتسب کرد که دربردارنده مناطق مستعد کانی سازی و حتی ذخایر قابل اکتشاف و بهره برداری است. یکی از روشهای تعیین مقادیر خارج از رده، روش بررسی توزیع داده ها بر اساس پلاتهای Box & Whisker است که به طور خلاصه بنام Box Plot یا نمودار جعبه ای نامیده می شود. این نمودارها برای نشان دادن مقادیر خارج از رده و مقایسه مجموعه داده ها با این مقادیر کاربرد دارند. در این نمودارها، نمونه هایی که خارج از نمودار جعبه ای قرار گرفته اند به صورت نمادهای ستاره و دایره همراه با شماره نمونه مربوطه مشخص شده اند. نماد دایره معرف نمونه های خارج از رده (Outlier) و نماد ستاره بیانگر داده های با مقادیر فوق العاده خارج از رده (Extreme) می باشد.

[حسنی پاک علی اصغر،شرف الدین محمد،1380 ،تحلیل داده های اکتشافی ،انتشارات دانشگاه تهران،چاپ اول]

در این پروژه سعی گردیده است تا علاوه بر ترسیم و بررسی نمودارهای جعبه ای و مشخص سازی نمونه های خارج از رده توسط نمودارهای Box 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. به عبارت دیگر به کمک اطلاعات حاصل از هر دو روش (نمودارهای جعبه ای به عنوان یک تکنیک آماری و

روش منظم کردن داده ها به عنوان یک روش مبتنی بر تجربه کارشناسی) به شناسایی مرز جدایش مقادیر خارج از ردیف بپردازیم.در ذیل به بررسی مقادیر خارج از رده در هر دو منطقه 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) و نیز در جدول (3-3) آورده شده است. در اشکال فوق که با توجه به نمودارهای جعبه ای مشروحه تنظیم شده است، عناصر حاوی نمونه های خارج از رده، کیفیت مقادیر خارج از رده و مقادیر آنها نشان داده شده اند. جدول (3-3) در نتیجه منظم کردن غلظت های هریک از عناصر از مقادیر زیاد به کم می باشد. به عبارتی دیگر 30 نمونه بالایی هریک از عناصر برپایه عیارهای گزارش شده از آزمایشگاه در این جدول آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود ستون اول مربوط به شماره نمونه وستون دوم غلظت مربوط به آن بوده و مقادیری که با رنگ قرمز نشان داده شده اند مقادیر خارج از رده می باشند.

با توجه به این اشکال وجدول تنظیم شده بیشترین مقدار خارج از ردیف مربوط به عنصر استرانسیم(10نمونه خارج از رده) بوده وبعد از آن به ترتیب عناصر کروم،جیوه،نیکل،منیزیم،گوگرد وباریم دارای بیشترین مقادیر خارج از ردیف می باشند.عناصر آرسنیک،بور،برلیم وآنتیموان فاقد مقادیر خارج از رده هستند.کمترین مقدار خارج از رده مربوط به عناصر تیتانیم،آلومینیم واسکاندیم می باشد که هریک تنها دارای یک مقدار خارج از رده هستند.

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

یکی از شروط اصلی در بررسی های آماری و پردازش های چند متغیره شرط نرمال بودن جامعه آماری مورد پردازش است . از طرفی جوامع ژئوشیمیایی عناصرکمیاب عمدتاً دارای چولگی های بزرگ می باشند و باید با روشهایی نظیر لگاریتم گرفتن از داده ها ، پارامتر سه متغیره و روش باکس و کاکس به نرمال سازی داده ها پرداخت.لازم به ذکر است که روش های مذکور در مواردی ناکارایی خود را در زمینه نرمال سازی داده ها نشان داده اند زیرا زمانی که تابع توزیع یک عنصر حاوی مقادیر چولگی زیاد باشد در اثرعمل نرمال سازی ممکن است ماهیت اصلی داده ها دستخوش تغییراتی شود که از آن جمله می توان به کوچک یا بزرگ کردن مجازی داده های حدی اشاره نمود . از این رو همانگونه که کارشناسان اکثر شرکتهای اکتشافی دنیا در زمینه داده پردازیهای چند متغیره بر روی داده های اکتشافی با احتیاط رفتار می کنند ، در این پروژه نیز جنبه کاربردی مسئله به جنبه تئوریک آن ترجیح داده شد . 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 مس بدینگونه بوده است که داده های خام این عنصر بر پایه داده های ارسالی از آزمایشگاه تا حداکثر 656 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 52گرم در تن (4 نمونه) بوده حذف شده و به ترتیب با افزایش سه گرم در تن داده های جدید جایگزین آنها شده اند ، در این صورت حداکثر میزان عنصر مس در فایل جدید برابر با 64 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 ودر 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 (حدود2/948) . 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 مس به توزیع نرمال بهره گرفته شود.از این رو ابتدا از تمام داده های روی مقدار (a=23) کاسته شد (مقدار a با سعی و خطا بدست می آید) و سپس تحت تبدیل لگاریتم طبیعی قرار گرفت . در این حالت مقدار چولگی این متغیر به (0/013) 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 را نشان دادند . (نظیر عناصر(As,Mn,K,Ti) 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 کلسیم،آلومینیم،وانادیم،روی،سرب،فسفر وبرلیم) وتعدادی از عناصر نیز وجود داشتند که مانند متغیرمس برای تبدیل آنها به توزیع نرمال ، باید از روش سه پارامتری استفاده می گردید . نظیر عناصر (S,Na,Mg,Fe,Sr,Sc,Sb,Ni,Hg,Cu,Cr,Co,Ba,Au).

در جدول (3-4) پارامترهای آماری داده های نرمال محدوده ایرانشهر نشان داده شده است.عناصر بور،اسکاندیم وآنتیموان به دلیل آنکه نوسانات دامنهٔ تغییرات در آنها کم وفراوانی داده های سنسورد در توابع این عناصر زیاد است با هیچ یک از روشهای نرمالسازی به تابع توزیع نرمال نزدیک نمی شوند.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 ،ضریب تغییرات ، میانه ، مد ، حداقل و حد اکثر جوامع هر عنصر آورده شده است.همانطور که دیده می شود میانگین داده های نرمال از 10/932- برای عنصر طلا تا 637/053 برای عنصر منگنز متغیر است. تأثیرات نرمالسازی را می توان با نزدیک شدن مقادیر میانه و میانگین بخصوص برای عناصر طلا،کروم،باریم،نیکل،استرانسیم مشاهده نمود .

لازم به ذکر است که هیستوگرام ونمودار تجمعی p-p برای عناصر نرمال شده در اشکال(3-10) الی (3-15) ترسیم شده است. با توجه به این هیستوگرامها غیر از عنصر طلا،آنتیموان،جیوه،بور،نیکل واسکاندیم سایر عناصر به طور محسوسی نرمال شده و هیستوگرام آنها شکل زنگوله ای بخود گرفته است.

3-6- مطالعات آماری دو متغیره

رفتار برخی از عناصر ، تحت شرایط حاکم بر محیط ، نسبت به یکدیگر وابستگی و ارتباط متقابل نشان می دهند . شناخت ارتباط و وابستگی های ژنتیکی که میان دو عنصر یا دو دسته از عناصر وجود دارد ، می تواند در تفسیردقیقترشرایط موجود درمحیطهای ژئوشیمیایی بکار رود . در مطالعات اکتشافی برای بالا بردن ضریب اطمینان و کاستن از خطاهایی که به دلایل فراوانی ، می توانند در مراحل مختلف کار بروز نمایند ، سعی بر این است که حتی الامکان تعداد بیشتری از همبستگی های موجود میان عناصر بررسی گردد . در مواردی که تعداد زیادی از داده های ژئوشیمیایی را برای عناصر مختلف و متعدد در اختیار داریم ، یکی از روشهای مناسب برای تعیین همبستگی میان داده ها ، تشکیل ماتریس همبستگی برای داده های موجود است .

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 روشهای پیرسن و اسپیرمن که اولی حساس به داده های نرمال و دومی مستقل از توزیع نرمال می باشد مورد محاسبه قرار گرفتند .

لازم به یادآوری است که مقادیر خارج از رده باعث بوجود آمدن همبستگی های مجازی و غیر عادی می شوند ، به همین دلیل اقدام به تغییر و جایگزینی داده های خارج از رده گردیدکه در بند(3-4) از همین فصل مفصلاً مورد بحث قرار می گیرند .

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

نتایج ضرایب همبستگی به روش پیرسن و اسپیرمن بـه ترتیـب در جـداول (3-5) و (3-6) آورده شده است . همانطور که ملاحظه می شود بر پایه روش اسپیرمن ، بیشترین همبستگی مثبت بین عناصر نیکل ومنیزیم و به مقدار(0/912) وبیشترین همبستگی منفی بین عناصر برلیم وتیتـانیم بـه مقـدار(0/603-) مـی باشـد.در ایـن قسـمت از گـزارش بـه بررسـی همبسـتگی عناصـرطلا، مس،جیوه وروی به عنوان متغیرهایی که مطالعه حاضر بر روی آنها نگرش ویژه ای دارد، با سایر عناصـــر مـــورد مطالعـــه مـــی پـــردازیم. همچنـــین همبســـتگی عناصـــر کروم،کبالـــت، نیکل،منیزیم،آهن،وانادیم،تیتانیم را با یکدیگر مورد بررسی قرار می دهیم.

با توجه به جدول(3-6) طلا از همبستگی های بسیار پایینی با سایر عناصر برخوردار بوده به گونه ای که میتوان این عنصر را به عنوان یک متغیر مستقل در ناحیه مورد بررسی در نظر گرفت. عنصـر مـس بـا عناصـر روی،آهن،کبالت،منیزیم،باریم،نیکـل،منگنز وجیـوه بـه ترتیـب دارای همبســـتگی هـــای مثبـــت(0/604)،(0/564)،(0/409)،(0/336)،(0/323)،(0/347)، (0/370) و(0/375) می باشد.از همبستگی های مثبت عنصر روی می توان بـه همبسـتگی روی وبـرلیم(0/644)،روی ومـس(0/604)،روی وسـرب(0/497)،روی وبـاریم(0/395) وروی وآهن(0/452)اشاره نمود.

عنصـر جیـوه بـا عناصـر کبالت،نیکل،کروم،منیزیم،آرسـنیک وآهـن بـه ترتیـب دارای همبســتگی هــای مثبــت(0/606)،(0/550)،(0/476)،(0/513)،(0/354) و(0/397) مــی باشــد.از همبســتگی هــای مهــم دیگــر مــی تــوان بــه همبســتگی عناصــرتیتانیم ووانادیم(0/780)اشاره نمود.

از همبستگی های بالای عناصر کروم، کبالت، نیکل ومنیزیم می توان به همبستگی کروم ونیکل(0/900)، منیزیم ونیکل(0/912)، کبالت ونیکل(0/864)، کروم وکبالت(0/774)، منیزیم وکبالت(0/833)، منیزیم وکروم(0/798)، کبالت وآهن(0/613)، نیکل وآهن(0/533)، منیزیم وآهن(0/562)وآهن وکروم(0/473) اشاره کرد. این همبستگی ها در سطح اعتماد 99٪ محاسبه شده است.

با توجه به همبستگی های بدست آمده وزمین شناسی منطقه که ازسنگهای افیولیتی، بازالتهای بالشی ورسوبات دگرگون شده تشکیل یافته است و بادر نظر گرفتن اینکه پاراژنز عناصر Cu,Zn,Co,Ni,Cr,Fe,Mg درتوده های نفوذی اولترامافیک وافیولیتها مشخصهٔ کانسارهای تیپ ماسیو سولفیدی می باشد، احتمال حضور این نوع کانی سازی در منطقه مطالعاتی دور از انتظار نیست.

7-3- 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.

در روش تجزیه به عامل ها هر متغیر ابتدا به صورت یک بردار در دستگاه مختصات قائم نشان داده شده به گونه ای که طول بردار، معرف بزرگی متغیر می باشد. میزان انطباق و بستگی یک متغیر با متغیر دیگر به صورت مقدار کسینوس زاویه بین آنها تعریف می شود. هدف از ارائه

چنین تحلیلی، بیان روابط بین گروهی، در گروهی از متغیرهاست که به وسیله حداکثر تعداد متغیرهای اصلی کنترل کننده تغییرات که اصطلاحاً فاکتور نامیده می شوند بررسی می گردد.

لازم به یادآوری است که داده های شرکت داده شده در آنالیز چندمتغیره برپایه داده های نرمال شده پس از حذف وجایگزینی مقادیر خارج از رده است. به عبارت دیگر در مرحله اول داده های خارج از رده از سایر مقادیر متمایز و در پی آن توسط روشهای لگاریتمی نرمال گردید و سپس در محاسبات مربوط به آمار چندمتغیره شرکت داده شد.

3-7-1-تجزیه عاملها(Factor Analysis)

تجزیه به عاملها شامل آنالیز مولفه ها(Component Analysis) و آنالیز فاکتوری عادی ، یک روش آماری است که در شناخت روابط فیمابین تعداد زیادی از متغیرها کاربرد دارد . این روش متغیرها را بر اساس ابعاد مشترک آنها (فاکتورها) توضیح می دهد.هدف در تجزیه عاملها مشخص ساختن متغیرهای اضافی بوسیله تعداد کمتر عامل هاست که راهی برای فشرده و خلاصه کردن اطلاعات بدست می دهد . 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 (3-7) 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 3-16)

با توجه به جدول (3-7) بیشترین مقدار ویژه در ارتباط با مولفهٔ اول و برابر 6/122 و کمترین آن مربوط به مولفه بیست وششم و مساوی 0/0164 می باشد . حد اعتبار بکارگیری مقادیر ویژه در این منطقه 1/067 محاسبه شده و از آن برای تعیین مولفه های اصلی استفاده گردیده است . از طرفی با توجه به شکل (3-16) 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 وسوم با توجه به این نمودار بعنوان مولفه اصلی انتخاب و معرفی می شوند .

مقدار واریانس برای مولفه اول 23/547 درصد ، برای مولفه دوم 16/031 ، برای مولفه سوم 10/293 درصد،برای مولفه چهارم 9/585 ،برای مولفهٔ پنجم 5/919 و برای مولفهٔ ششم 5/061 مولفهٔ هفتم 4/104 می باشد . با توجه به مقادیر ویژه بالای 1/067 بهتر است هفت مولفه اول بعنوان مولفه انتخابی برگزیده شوند . (مؤلفه های اصلی با Eigen value >1 و توسط نرم افزار انتخاب گردیده است). این هفت مولفه در حدود 74/54 درصد واریانس و تغییرات عمومی محیط ژئوشیمیایی مورد مطالعه را پوشش می دهند .

بیشترین مشارکت عناصر در ارتباط با عنصر نیکل می باشد که 0/936 و به ترتیب عناصر کروم،روی،منیزیم، کبالت، تیتانیم،وانادیم، کلسیم،آلومینیم،سدیم،برلیم،آهن،پتاسیم،منگنز،بور، فسفر،استرانسیم،آرسنیک،طلا،سرب،مس،اسکاندیم،آنتیموان،جیوه وباریم در مراحل بعدی می باشند.

بعد از انتخاب هفت 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 (3-8) 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 برخوردار ند . بنابراین فاکتور اول شامل عناصر کروم،نیکل،منیزیم،کبالت،اسکاندیم وآهن فاکتور دوم در برگیرنده عناصرآهن،فسفر،پتاسیم،روی،آلومینیم،برلیم،مس،باریم وسرب فاکتور سوم تیتانیم،وانادیم ومنگنز فاکتور چهارم شامل گوگرد،سدیم،بور واسترانسیم ،فاکتور پنجم کلسیم،فاکتور ششم در بردارندۀ آرسنیک وجیوه وفاکتور هفتم شامل طلا وآنتیموان می باشد.

در منطقه ایرانشهر 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) از شش محدوده ناهنجاری فاکتور اول چهار محدوده دارای اهمیت بیشتری از نظر اکتشافی می باشند.یکی از ناهنجاریهای مهم این فاکتور در شمال سنگ بندان قرار دارد که با بخشی ازناهنجاری فاکتور سوم(شامل عناصر تیتانیم،وانادیم ومنگنز) وفاکتور ششم(عناصر آرسنیک وجیوه) همپوشانی خوبی برقرار کرده است.این محدوده با ناهنجاری عناصر کروم،کبالت،نیکل،آهن ومنیزیم از انطباق بالایی برخوردار است. در شمال غربی منطقه وغرب جیکر ناهنجاری دیگر این فاکتور با عناصر منیزیم،کبالت،کروم ونیکل انطباق خوبی برقرار کرده است.دیگر آنومالی مهم فاکتور اول در جنوب شرقی منطقه وشرق کرگگ با وسعت تقریبی4کیلومتر مربع قرار گرفته است و با ناهنجاری فاکتور دوم دارای همپوشانی می باشد.بجز این محدودۀ ناهنجاریِ فاکتور دوم که حائز اهمیت می باشد محدودۀ ناهنجاری دیگری از فاکتور دوم در بخش جنوبی منطقه(سنگ بندان) با قسمتی از ناهنجاری فاکتور سوم همپوشانی دارد.فاکتور سوم دارای هفت محدودۀ ناهنجاری بوده ودر بخشهای شمالی منطقه با

بخشی از آنومالیهای فاکتور پنجم(کلسیم) دارای همپوشانی می باشد.از ناهنجاریهای مهم فاکتور چهارم می توان به یک محدوده در شمال شرق سنگ بندان اشاره کرد که با قسمتی از ناهنجاری فاکتورهای اول وششم ازانطباق بالایی برخوردار است.آنومالیهای فاکتور ششم در شمال وجنوب منطقه سنگ بندان واقع شده اند ودر بخشهایی با ناهنجاری فاکتورهای اول،سوم وچهارم دارای همپوشانی می باشد. فاکتور هفتم شامل عناصر آنتیموان وطلا بوده وسه محدوده آنومالی برای این فاکتور بر روی نقشه(3-1) مشخص گردیده است.وسیعترین ناهنجاری فاکتور هفتم در جنوب شرقی منطقه وحوالی کرگگ قرار گرفته است.

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

تقریباً در همه روشهای تخمین شبکه ای، شرط وجود پیوستگی بین داده ها برای درون یابی الزامی است . از طرفی داده های حاصل از برداشت رسوبات آبراهه ای بنا به طبیعتی که دارند می توانند فقط معرف بخشی از حوضه آبریز باشند که در بالادست آنها واقع است در نتیجه پیوستگی خود را به نوعی از دست می دهند . بدین ترتیب داده های رسوبات آبراهه ای را می توان از نوع بُرداری دانست . این بُردار ، رو به سمت بالای حوضه آبریز دارد و بدین لحاظ هر داده فقط در تخمین بخش بالادست خود ، آن هم در محدوده حوضه آبریز مربوط به آن می تواند موثر باشد. خلاصه آنکه چون داده های حاصل از برداشت رسوبات آبراهه ای نمی توانند هیچ گونه اطلاعی از پائین دست خود در اختیار گذارند لذا نمی تواند در تخمین نقطه ای که در پائین دست آنها قرار دارد شرکت کند . نتیجه این است که چنین داده هایی نمی توانند به روش معمول درون یابی شوند . بنا به دلایل فوق برای سالهای متمادی تنها روش نمایش دادن رسوبات آبراهه ای نقشه های نمادین بود ولی این نوع نقشه ها بدلیل ناپیوستگی

شدید ، بدون درون یابی رسم می شوند و اطلاعات بسیار کمی از نحوه توزیع عناصر در اختیار می گذارند .

برای درون یابی چنین داده های جهت داری لازم است اولاً مرز حوضه آبریز مربوط به آنها در نظر گرفته شود ثانیاً جهتی که نمونه و یا داده می تواند در درون یابی شرکت کند مشخص شود. در این صورت می توان نقشه توزیع عناصر را دقیق تر ارائه داد ، بطوریکه امکان معرفی ساختار تغییرپذیری آنها در مقیاس وسیعتر فراهم شود . روشی که تمامی نکات فوق در آن در نظر گرفته شده باشد اصطلاحاً روش تخمین شبکه ای نامیده می شود .

در این روش ابتدا نقشه مورد نظر بوسیله شبکه ای از سلول های هم بعد پوشانده می شود . ابعاد شبکه بستگی به مقیاس برداشت ها ، دقت مورد نیاز و امکانات سخت افزار (حافظه کامپیوتر) دارد .

پس از انداختن شبکه بر روی نقشه ، لازم است که برای هر نمونه مرز حوضه آبریز بالادست آن مشخص شود. بدیهی است بیشترین انطباق بین یک شکل هندسی با حوضه آبریز را می توان در یک چندضلعی غیرمنتظم یافت . ولی معمولاً برای سادگی محاسبات بجای چندضلعی غیرمنتظم از قطاع استفاده می شود. بدلیل وجود محدودیتهایی که این شکل هندسی ساده دارد قابلیت انعطاف چندان زیادی در برازش به حوضه آبریز از خود نشان نمی دهد ، به خصوص وقتی حوضه های آبریز مسیر ، شکل منحنی داشته باشند و یا در امتداد خود دچار پیچش های شدید شوند بکارگیری قطاع به جای چندضلعی با مشکلاتی همراه است . لذا در این پروژه از چندضلعی برای محصورکردن مرز حوضه آبریز هر نمونه استفاده شده است .

منطق محاسبات در اینجا وزن دادن به میزان اثر بخشی داده های مربوط به هر نمونه در محدوده پلیگون نظیرش می باشد . در این تکنیک سه نوع وزن موثر می باشد . با توجه به مقدار

این اوزان مقدار یک متغیر در هر یک از سلولهای شبکه تخمین زده می شود . دو وزن از سه وزن فوق مربوط به مساحت پلیگون و سلول شبکه و یک وزن مربوط به فاصله مرکز سلول شبکه از نقطه رأس پلیگون است. نقش هر یک از وزن های سه گانه فوق به شرح زیر است :

1- وزنی که می تواند منعکس کننده فاصله بین موقعیت نمونه و مرکز سلول شبکه مورد تخمین باشد. در این مورد عکس مجذور فاصله به عنوان وزن مورد نظر بکار برده می شود زیرا مساحت تحت پوشش یک نمونه خاص که در نقطه شروع پلیگون قرار می گیرد معمولاً با مربع طول آبراهه واقع در بالادست نمونه متناسب است. برای مثال اگر طول آبراهه دو برابر شود ، مساحت حوضه آبریز آن تقریباً چهار برابر خواهد شد به همین دلیل مواد حاصل از فرسایش نقطه ای در فاصله2D از محل برداشت نمونه نسبت به مواد حاصل از فرسایش نقطه ای در فاصلهD از محل برداشت همان نمونه چهار برابر رقیق شدگی نشان خواهد داد.

2- وزنی که می تواند منعکس کننده نسبت آن قسمت از مساحت یک پلیگون که درون سلول خاصی واقع شده است به کل مساحت پلیگون باشد. برای مثال پلیگونی با مساحت 80 واحد مساحت دو سلول شبکه را به نسبت 10 و 70 واحد مساحت قطع کند ، دراین صورت وزن هریک به ترتیب 10/80 و 70/80 خواهد شد. بدیهی است که جمع مساحتهای جزئی برای هر پلیگون ، واحد خواهد بود .

3- وزنی که می تواند منعکس کننده نسبت سهم مساحت یک پلیگون خاص به جمع مساحت پلیگون های مختلفی که با مساحتهای گوناگون سلول شبکه خاصی را اشغال می کند باشد . برای مثال اگر سه پلیگون مختلف یک سلول معین را قطع کند بطوریکه پلیگون اول 100% سلول را بپوشاند ، پلیگون دوم 50٪ آن را شامل شود و پلیگون سوم 10٪ سلول را اشغال کند، به ترتیب سهم هریک از کل مساحت پلیگون ها برابر است با 100/160، 50/160 و

10/160. در اینجا عدد 160 حاصل جمع کل مساحتهای قطع شده پلیگون ها دراین سلول خاص بوده است (پلیگون اول 100٪ سلول را قطع کرده چون همه آن سلول را پوشانده است، پلیگون دوم و سوم به ترتیب 50٪ و 10٪ سلول را پوشانده اند) . بدیهی است جمع مساحتهای جزئی برای هر سلول شبکه برابر واحد نخواهد بود .

با توجه به توضیحات فوق، فرض کنیم یک سلول از شبکه را که پلیگون های مربوط به n نمونه آن را قطع کرده اند ، می خواهیم تخمین بزنیم. در این حالت لازم است ابتدا برای هر یک از n نمونه مورد نظر سه وزن فوق الذکر را محاسبه کنیم . سه وزن فوق الذکر برای نمونه i ام از روابط زیر محاسبه می شود :

$$w_{i1} = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{d_i^2}} \qquad w_{i2} = \frac{\frac{a_i}{A_i}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{a_i}{A_i}} \qquad w_{i3} = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^{n}a_i}$$

که در آن d_i فاصله نمونه i ام از سلول مورد تخمین ، a_i مساحتی از پلیگون مربوط به نمونه i ام است که در سلول مورد تخمین قرار می گیرد و A_i مساحت کل پلیگون (حوضه آبریز) نمونه i ام است . پس از محاسبه سه وزن فوق برای هر نمونه ، متوسط آنها به عنوان وزن نهایی نمونه مورد نظر در تخمین سلول مورد تخمین محاسبه می شود :

$$w_i = \frac{w_{i1} + w_{i2} + w_{i3}}{3}$$

و در نهایت مقدار تخمینی سلول مورد تخمین براساس میانگین وزن دار n نمونه موثر در آن به صورت زیر محاسبه می شود :

$$x = \sum w_i x_i$$

[حسنی پاک علی اصغر،شرف الدین محمد،1380 ،تحلیل داده های اکتشافی ،انتشارات دانشگاه تهران،چاپ اول]

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 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 به روش چارک بندی ، نیز محاسبه و بصورت توام در هر نقشه به نمایش گذاشته شد.

در این بخش از گزارش ویژگی ناهنجاریهای عناصر در جداولی به همراه نقشه های تخمین شبکه ای آورده شده است.