

**1-2- مقدمه**

هدف از بررسی‌های مقدماتی، ارزیابی پتانسیل کانساری ناحیه‌ای با وسعت صدها تا ده‌ها کیلومتر مربع که سیمای زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی خاص دارد و براساس شواهد ظاهری برای کانی‌سازی مناسب به نظر می‌رسد، است. بنابراین در بررسی‌های مقدماتی هدف تعیین محل و موقعیت یک توده کانساری خاص نیست، بلکه تعیین شدت، ماهیت و حدود آنومالی‌های ژئوشیمیایی و در نهایت ارزیابی پتانسیل کانساری آن ناحیه است. چگالی شبکه‌ی نمونه‌برداری در این مرحله نسبتاً کم است (حدود یک نمونه برای هر  $2 \text{ km}^2$ ). در حالی که در بررسی‌های نیمه تفصیلی که معمولاً مساحتی در حدود چند ده کیلومتر مربع را می‌پوشانند، هدف تعیین محل و موقعیت هر چه دقیق‌تر پتانسیل‌های کانساری خاص می‌باشد. ابعاد شبکه نمونه‌برداری در این مرحله به فواصل حداکثر چندصد متر می‌رسد و نمونه‌برداری در این مرحله عمدتاً از شبکه‌ی آبراهه‌ای و یا خاک‌ها صورت می‌پذیرد زیرا می‌توان با این روش با تعداد کمتری نمونه، کل محدوده را مورد پوشش قرار داد.

در یک پروژه اکتشافی استاندارد که خوب طراحی شده است باید هر مرحله اکتشافی راهنمایی باشد برای انجام مرحله‌ی بعدی که مفصل‌تر و دقیق‌تر انجام خواهد پذیرفت. انجام هر مرحله از چنین پروژه‌ای ما را در جهت تعیین محل و موقعیت کانی‌سازی پیش‌خواهد برد و تنها زمانی می‌توان به حداکثر سودمندی روش‌های ژئوشیمیایی دست یافت که این روش‌ها به ترتیب و توالی منطقی به کار گرفته شوند.

بدین‌منظور بررسی ژئوشیمیایی تفصیلی 1:25000 مشگین‌شهر 2 براساس نتایج حاصل از بررسی‌های اکتشافی در مکان‌هایی که در مراحل قبلی امیدبخش تشخیص داده شده‌اند به منظور کشف آنومالی‌ها و یا ارزیابی آنومالی‌های ژئوشیمیایی شناخته شده در ناحیه، در دستور کار قرار گرفت. در این مرحله، بررسی‌های آبراهه‌ای بر روی هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه انجام خواهد پذیرفت.

یکی از محیط‌های تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی، محیط رسوبات رودخانه‌ای است که تحت شرایط آب و هوایی گوناگون قابل نمونه‌برداری هستند. استفاده از ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای یک روش مستقل و مفید برای تشخیص نواحی با پتانسیل بالای معدنی می‌باشد. در واقع بنیادی‌ترین پیش‌فرض در این روش این است که یک رسوب آبراهه‌ای معرف ترکیب شیمیایی محصولات هوازدگی و فرسایش در بالا دست محل نمونه‌برداری می‌باشد.

امتیازی که روش بررسی رسوبات رودخانه‌ای دارد این است که در محیط‌های هوازده بسیاری از کانی‌ها، به ویژه انواع سولفوری، ناپایدار بوده و در اثر اکسیداسیون و سایر واکنش‌های شیمیایی تجزیه می‌شوند که این امر منجر به پراکندگی هر چه بیشتر کانی‌ها و عناصر معرف آنها در محلول‌ها می‌گردد به طوری که گاهی حمل و نقل آنها تا فاصله نسبتاً زیادی در حوضه‌ی آبریز ادامه می‌یابد.

بنابراین اصلی‌ترین لایه اطلاعاتی جهت تشخیص پتانسیل‌های معدنی در این مرحله، نتایج حاصل از اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه‌ای است که شرح فعالیت آن در ادامه خواهد آمد.

**2-2- مطالعات فاز توجیهی****1-2-2- طراحی و برداشت نمونه‌ها**

به منظور تعیین ساینز بهینه برداشت نمونه‌ها جهت هر چه قوی‌تر ساختن حضور کانی‌سازی‌های احتمالی در محدوده‌ی مورد مطالعه، اقدام به انجام فاز نمونه‌برداری توجیهی در منطقه گردید.

برداشت نمونه‌ها از آبراهه‌ها در نقاط مشخص انجام پذیرفت (جدول 1-2) (نقشه‌ی 1-2). که البته نقاط برداشت نمونه‌ها با توجه به مکان آنومالی‌های مشخص شده از مطالعات 100/000 : 1 و طبق نظر ناظر محترم طرح، طراحی گردید.

جدول 1-2- مختصات نمونه‌های برداشتی فاز توجیهی

| Sample name | X      | Y       | Sample name | X      | Y       |
|-------------|--------|---------|-------------|--------|---------|
| A           | 725999 | 4235010 | H           | 722876 | 4238804 |
| B           | 725566 | 4235285 | I           | 722080 | 4238494 |
| C           | 725239 | 4235532 | J           | 721258 | 4238069 |
| D           | 725068 | 4235753 | K           | 720975 | 4237283 |
| E           | 725307 | 4236622 | F           | 724914 | 4238572 |

### 2-2-2- تحلیل اطلاعات و تعیین سایز مناسب

بدین منظور تعداد 10 نمونه‌ی آبراهه‌ای به‌منظور انتخاب اندازه‌ی بهینه‌ی برداشت، در مرحله‌ی فاز توجیهی برداشت گردید. نمونه‌های فوق‌الذکر در 5 سایز مختلف دانه‌بندی گردید (جدول 2-2). سپس هر نمونه برای 27 عنصر As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Eu, Ga, La, Li, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, S, Sc, Sn, Sr, V, Y, Yb, Zn مورد آنالیز قرار گرفت (جدول پیوست). بنابراین با توجه به آن که هر نمونه در 5 سایز مختلف تهیه شده است، تعداد نمونه‌های مورد آنالیز در این مرحله به 50 نمونه رسید. به منظور تصمیم‌گیری برای انتخاب سایز مناسب و مشاهده بهتر نتایج، جدول 2-3 تهیه شده است. این جدول برای 4 عنصر ساخته شده که در آن مقادیر میانگین هر سایز برای هر عنصر محاسبه و آورده شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌گردد، غالب نمونه‌ها در سایز E یعنی 120- مش حداکثر مقدار خود را دارا هستند.

جدول 2-2- سایزهای برداشت نمونه‌های توجیهی

|   |                 |
|---|-----------------|
| A | size1(-40+60)   |
| B | size2(-60+80)   |
| C | size3(-80+100)  |
| D | size4(-100+120) |
| E | size5(-120)     |

جدول 2-3- نتایج آنالیز حاصل از نمونه‌برداری فاز توجیهی برای 10 نمونه در سایزهای مختلف

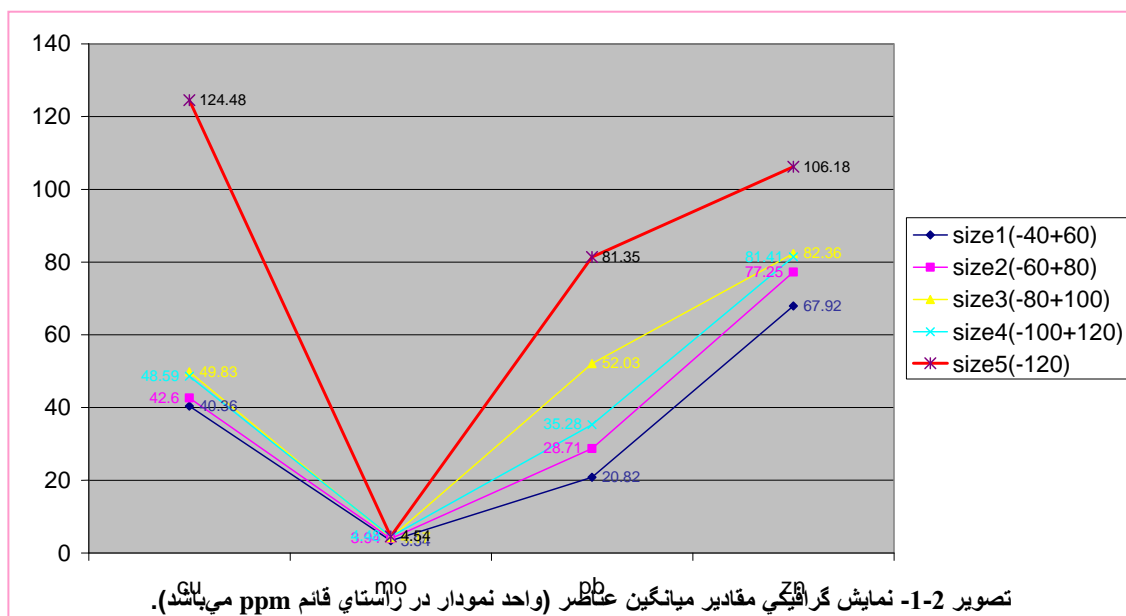
| Cu (ppm)        | A     | B     | C     | D     | E     | F     | H   | I    | J    | K     | Average |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|------|-------|---------|
| size1(-40+60)   | 63.5  | 63    | 60.1  | 61.3  | 74.7  | 49.1  | 0.5 | 10   | 11.6 | 9.8   | 40.36   |
| size2(-60+80)   | 76.8  | 65.6  | 60    | 69.7  | 71.5  | 54.8  | 0.5 | 7.4  | 17   | 2.7   | 42.6    |
| size3(-80+100)  | 126.9 | 63.6  | 67.8  | 69    | 82.5  | 60.6  | 0.5 | 9.9  | 16   | 1.5   | 49.83   |
| size4(-100+120) | 86    | 67.4  | 67    | 73    | 85.6  | 70.8  | 0.5 | 14.3 | 17.3 | 4     | 48.59   |
| size5(-120)     | 107.8 | 115.7 | 155.7 | 128.6 | 194.3 | 145.1 | 80  | 74.9 | 79.5 | 163.2 | 124.48  |
| Mo (ppm)        | A     | B     | C     | D     | E     | F     | H   | I    | J    | K     | Average |
| size1(-40+60)   | 2.9   | 1.5   | 3.1   | 3.2   | 4.1   | 3.1   | 4.8 | 2.7  | 4.1  | 3.9   | 3.34    |
| size2(-60+80)   | 3.3   | 3.5   | 3.8   | 3.5   | 3.3   | 4.2   | 5.6 | 3.4  | 4.1  | 4.7   | 3.94    |
| size3(-80+100)  | 3.4   | 3.3   | 3.3   | 4     | 4.5   | 3     | 6.3 | 4    | 4.6  | 5.3   | 4.17    |



|                 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |                |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| size4(-100+120) | 3.7      | 4.1      | 4        | 4.2      | 4.5      | 3.7      | 5.8      | 4.5      | 5.5      | 4.8      | 4.48           |
| size5(-120)     | 3.1      | 4.4      | 4.6      | 3.8      | 4.2      | 3.7      | 5.5      | 5.5      | 5.2      | 5.4      | 4.54           |
| <b>Pb (ppm)</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>H</b> | <b>I</b> | <b>J</b> | <b>K</b> | <b>Average</b> |
| size1(-40+60)   | 28       | 17.9     | 19.2     | 21.7     | 19.2     | 25       | 22.9     | 16.7     | 18.7     | 18.9     | 20.82          |
| size2(-60+80)   | 44.6     | 23.1     | 21.3     | 36.6     | 24.5     | 29.7     | 31.2     | 21.4     | 28.1     | 26.6     | 28.71          |
| size3(-80+100)  | 210      | 31.1     | 40.3     | 44.5     | 29.4     | 35.3     | 39.4     | 32.3     | 27.4     | 30.6     | 52.03          |
| size4(-100+120) | 68.6     | 20.5     | 24.2     | 40.7     | 30.8     | 42.2     | 32.7     | 28.4     | 28.6     | 36.1     | 35.28          |
| size5(-120)     | 270      | 54.7     | 37.4     | 140      | 68.1     | 74.3     | 38.9     | 34.5     | 38.9     | 56.7     | 81.35          |
| <b>Zn (ppm)</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>H</b> | <b>I</b> | <b>J</b> | <b>K</b> | <b>Average</b> |
| size1(-40+60)   | 93.1     | 79.9     | 71.6     | 75.7     | 61.7     | 74.1     | 66.6     | 52.1     | 53       | 51.4     | 67.92          |
| size2(-60+80)   | 114.1    | 86.3     | 83.1     | 88       | 73.1     | 80.3     | 73.8     | 57       | 57.4     | 59.4     | 77.25          |
| size3(-80+100)  | 131      | 85.1     | 92.8     | 90.8     | 81.1     | 82.1     | 73.4     | 61       | 61.3     | 65       | 82.36          |
| size4(-100+120) | 116.5    | 80.4     | 92.8     | 91       | 86.9     | 83.3     | 72       | 62.3     | 57.7     | 71.2     | 81.41          |
| size5(-120)     | 108.4    | 97.9     | 109.9    | 102.5    | 104.1    | 121.5    | 105.3    | 83.4     | 86.9     | 141.9    | 106.18         |

نمایش گرافیکی داده‌ها بر اساس میزان مقدار آن‌ها برای هر عنصر در 5 سایز مختلف در تصویر (1-2) آورده شده است. در این نمایش از مقدار میانگین برای هر جزء استفاده شده است. همانطور که دیده می‌شود خط قرمز (سایز E) بیشترین مقدار را برای هر عنصر در حالت کلی دارد. البته در مورد عنصر مولیبدن با توجه به مقدار پایین این عنصر نسبت به سایر عناصر تشخیص این بالا بودن، مشکل است. سایز A نیز کمترین مقادیر را در کل دارد.

در حالت کلی می‌توان بیان نمود که با بالا رفتن اندازه ذرات میزان فلز در داخل آن‌ها پایین می‌آید، که این نشان از تاثیر بسزای فرسایش بر روی سنگ‌های منطقه دارد.



در این روش در يك نمونه به سائزهايي امتیاز داده می‌شود که اولاً دارای عیاری بالاتر از عیار زمینه و ثانیاً اختلاف عیار بین سائزهاي مختلف آن دارای اختلاف معنی‌داری باشد. در این مرحله به دلیل این که مولیبدن دارای مقادیر کمتری از سایر عناصر بود و این مقدار قابل مقایسه با سایر عناصر نبود آن را در 10 ضرب نموده و سپس مقدار آن را با سایر عناصر جمع و به مجموع عناصر امتیاز داده شد.

همان‌گونه که در جدول 2-5 مشاهده می‌شود در مجموع سائز (E (-120 mesh) با مجموع امتیاز 50، در صدر قرار دارد و حتی امتیاز هر عنصر به صورت جزئی نیز در این سائز بیش از سایر اندازه‌ها است.

جدول 2-4- جدول امتیازدهی سائزها برای عناصر مختلف

|          | size1(-40+60) | size2(-60+80) | size3(-80+100) | size4(-100+120) | size5(-120) |
|----------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-------------|
| <b>A</b> | 1             | 2             | 4              | 3               | 5           |
| <b>B</b> | 1             | 3             | 4              | 2               | 5           |
| <b>C</b> | 1             | 2             | 4              | 3               | 5           |
| <b>D</b> | 1             | 2             | 3              | 4               | 5           |
| <b>E</b> | 1             | 2             | 3              | 4               | 5           |
| <b>F</b> | 1             | 2             | 3              | 4               | 5           |
| <b>H</b> | 1             | 2             | 4              | 3               | 5           |
| <b>I</b> | 1             | 2             | 3              | 4               | 5           |
| <b>J</b> | 1             | 2             | 3              | 4               | 5           |
| <b>K</b> | 1             | 2             | 3              | 4               | 5           |
|          | 10            | 21            | 34             | 35              | 50          |

**نقشه‌ی 2-1****2-3- طراحی شبکه نمونه‌برداری**

به منظور طراحی شبکه نمونه‌برداری و انجام عملیات نمونه‌برداری از اطلاعات موجود در منطقه که قبلاً به دست آمده بودند استفاده گردید. این اطلاعات شامل:

- نقشه‌ی زمین‌شناسی 1:100.000 مشگین‌شهر
- نقشه‌ی ژئوشیمیایی 1:100.000 مشگین‌شهر
- نقشه‌های توپوگرافی 1:25.000 مشگین‌شهر، قورتلار، احمدآباد و شمال کوه حسن‌خانی
- نقشه‌ی ژئومغناطیس هوایی 1:250.000 اردبیل

پس از تهیه اطلاعات اولیه و مشخص شدن چهارچوب منطقه، شبکه‌ی نمونه‌برداری در منطقه طراحی گردید. چگالی برداشت نمونه‌ها براساس شرح خدمات پروژه، 6 نمونه در هر کیلومتر مربع از آبراهه‌های منشأ گرفته از رخنمون‌های سنگی و یک الی دو نمونه در هر کیلومتر مربع دشت‌های آبرفتی در نظر گرفته می‌شود. در طراحی شبکه مواردی همچون حداکثر یکنواختی توزیع نمونه‌ها و متناسب بودن تعداد نمونه‌ها با مساحت حوضه‌ی آبریز لحاظ می‌گردد.

هر چند توزیع یکنواخت نمونه‌ها یکی از ویژگی‌های شبکه‌ی ایده‌آل نمونه‌برداری می‌باشد، اما در پاره‌ای موارد این اصل نادیده گرفته می‌شود. به عبارت دیگر در هنگام طراحی شبکه نمونه‌برداری یکسری اطلاعات اولیه همچون محل توده‌های نیمه‌عمیق، روندهای خطی استخراج شده از برداشت‌های ژئوفیزیکی و نقشه‌ی 1:100.000 زمین‌شناسی منطقه، محل واحدهای سنگی که پتانسیل کانی‌زایی بیشتری دارند و محل گسل‌ها و تراست‌های بزرگ بر روی نقشه منعکس شده و چگالی شبکه‌ی نمونه‌برداری در آبراهه‌های منشعب از این پدیده نسبت به سایر مناطق، بیشتر منظور گردید تا در صورت وجود کانی‌سازی احتمالی بتوان به ثبت دقیق آن کمک کرد.

همچنین به کارشناسان نمونه‌بردار اجازه داده شد در حین عملیات صحرائی با تشخیص مناطق احتمالاً پتانسیل‌دار به خصوص روندهای خطی، زون‌های آلتزه، دگرگونی 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. (نقشه‌ی پیوست، شبکه نمونه‌برداری طراحی شده منطقه‌ی اکتشافی مشکین‌شهر 2 که در آن نوع نمونه‌ها نیز مشخص گردیده است)

با اعمال تمام معیارهای فوق در مجموع 699 نمونه جهت برداشت از منطقه در شبکه نمونه‌برداری طراحی شد که در عملیات صحرائی 20 نمونه به دلیل عدم دسترسی به محل نمونه‌برداری حذف گردید. بنابراین 515 نمونه ژئوشیمی و 184 نمونه کانی‌سنگین از منطقه برداشت گردید (جدول پیوست و نقشه 1 پیوست).

عملیات صحرائی به منظور نمونه‌برداری در تاریخ 85/7/15 آغاز و در تاریخ 85/7/19 به اتمام رسیده است. این عملیات توسط 5 اکیپ متخصص انجام پذیرفت.

#### 4-2- نحوه‌ی آماده‌سازی نمونه‌های ژئوشیمیایی

در نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای که به طور عمده دارای اجزای آواری می‌باشند الك کردن رسوبات و برداشت اجزایی در اندازه‌ی مناسب امری ضروری است. این اندازه در این پروژه 120- مش در نظر گرفته شده است. تعیین اندازه‌ی 120- مش بر اساس تعیین اندازه‌ی بهینه و براساس مرحله‌ی فاز توجیبه‌ی صورت پذیرفته است که شرح آن در بخش فاز توجیبه‌ی ارائه گردیده است. مقدار رسوب برداشت شده با این اندازه در حدود 200 گرم می‌باشد. پس از انجام عملیات برداشت صحرائی، نمونه‌ها در صحرا خشک گردیده و در پک‌های مناسب بسته‌بندی و به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی فرستاده شدند.

مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه شامل خشک نمودن، حذف مواد آلی، پودر کردن تا اندازه‌ی مناسب می‌باشد. پس از انجام این مراحل نیمی از نمونه‌ها به عنوان شاهد و مابقی آن جهت آنالیز عناصر توسط دستگاه‌های مختلف به مرکز پژوهش‌های کاربردی کرج ارسال گردیدند. در جدول 2-1 عناصر آنالیز شده به همراه حد تشخیص دستگاه آورده شده است.

جدول 2-5- عناصر آنالیز شده به همراه حد تشخیص دستگاه

| Element   | Au  | Pb  | Ag   | Sn  | Hg   | As  | Sb   | Bi   | W    | Mo   | Cd  | Ba  | Be  |
|-----------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Units     | ppb | ppm | ppm  | ppm | ppm  | ppm | ppm  | ppm  | ppm  | ppm  | ppm | ppm | ppm |
| Detection | 1   | 5   | 0.03 | 1   | 0.05 | 1   | 0.05 | 0.10 | 0.50 | 0.50 | 1   | 5   | 2   |

| Element   | Ce  | Co  | Cr  | Cu  | La  | Li  | Mn  | Nb  | Ni  | P   | Rb  | S   | Sc  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Units     | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| Detection | 2   | 2   | 2   | 5   | 2   | 5   | 5   | 2   | 30  | 5   | 2   | 50  | 2.0 |

| Element   | Sr  | Ti  | V   | Y   | Yb   | Zn  | Zr  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO | Na <sub>2</sub> O |
|-----------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|-------------------|
| Units     | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm  | ppm | ppm | (%)                            | (%) | (%)                            | (%) | (%)               |
| Detection | 5   | 10  | 5   | 2   | 0.50 | 2   | 5   | —                              | —   | —                              | —   | 0.01              |

روش به کار گرفته شده برای آنالیز عناصر Au, Pb, Ag, Sn اسپکتروگراف نشری (Es)، برای عناصر Hg, As, Sb, Bi اتمیک فلورسانس (AF)، عناصر W, Mo پلاروگرافی (POL)، عنصر کادمیوم جذب اتمی (AA) و سایر عناصر و اکسیدها ICP-OES می‌باشد.

## 2-5- تجزیه و تحلیل دقت و صحت داده‌ها

کنترل کیفیت نتایج آزمایشگاهی به منظور استفاده مطلوب از نتایج اندازه‌گیری‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا اولاً میزان اعتماد به داده‌ها را مشخص می‌کند. ثانیاً اگر خطای داده‌ها زیاد باشد و نتوان اندازه‌گیری‌ها را تکرار نمود، بهتر است در تفسیر نتایج دقت بیشتری به عمل آورده شود.

به طور کلی قابلیت اعتماد به داده‌های حاصل از اندازه‌گیری، تابع مقدار خطای تصادفی و سیستماتیک است. خطاهای تصادفی در اثر عوامل خارج از کنترل شخص عمل‌کننده حاصل می‌گردند و بدین لحاظ وجود آنها (نه بزرگی آنها) اجتناب‌ناپذیر است ولی با به‌کارگیری دستگاه‌های دقیق و روش‌های مناسب می‌توان مقدار آن را کاهش داد. از ویژگی‌های آماری این نوع خطا، این است که جمع جبری آنها حول مقدار میانگین، باید صفر باشد.

خطای سیستماتیک باعث می‌گردد که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده یک کمیت، به اندازه‌ی معین از مقدار حقیقی آن کمتر یا بیشتر شود. باید توجه داشت که منظور از خطا در نمونه‌برداری، خطای سیستماتیک است. زیرا خطای تصادفی صرفاً در اثر تغییرات تصادفی ذاتی ایجاد می‌شود و در هر نوع اندازه‌گیری‌ای کم و بیش وجود دارد.

صحت یک اندازه‌گیری، معرف نزدیکی مقدار اندازه‌گیری شده به اندازه حقیقی آن است. در واقع صحت یک اندازه‌گیری درجه درستی و صدق مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد ولی دقت بیان‌کننده‌ی این است که اندازه‌گیری‌های مختلف تا چه حد به هم نزدیک بوده‌اند.

در پروژه‌های مختلف براساس درجه اهمیت اندازه‌گیری‌ها، حد مجاز صحت و دقت از پیش انتخاب می‌شود و طراحی‌ها براساس آنها صورت می‌گیرد. واضح است که هر چه به دنبال دستیابی به صحت و دقت بیشتری باشیم، باید هزینه بیشتری را بپردازیم.

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

برای تعیین دقت آزمایشگاه تعداد 26 عدد نمونه‌ی تکراری انتخاب و به صورت کاملاً محرمانه کدگذاری گردید. روش محاسباتی‌ای که در زیر ارائه می‌گردد جهت تعیین خطای این پروژه استفاده گردیده است.

$$e = \frac{2}{n} \sum \left( \frac{|x_i - y_i|}{x_i + y_i} \right)$$

که در این فرمول  $n$  تعداد نمونه‌های تکراری و  $X$  و  $Y$  مقادیر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های تکراری متناظر می‌باشد. جدول 2-6 نمونه‌های تکراری و کدهای محرمانه آن برای تعیین خطای آنالیز را نشان می‌دهد.

ریز عملیات انجام شده نیز در جداول پیوست آورده شده است. به طور کلی حداکثر خطای پذیرفته شده برای هر عنصر 20% می‌باشد که براساس محاسبات انجام پذیرفته شده در میان 26 نمونه تکراری و از بین 39 عنصر آنالیز گردیده، فقط عناصر  $As, Sb, W, Mo, Al_2O_3, MgO, Be, Co, P$  دارای خطای کمتر از 20% هستند. از میان سایر عناصر که دارای خطای بیش از 20% هستند، عناصر  $Pb, Ag, Sn, Hg, Bi, Sc, Y, Yb$  در محدوده‌ی عیار کمتر از 10 برابر حد سنسورد، دارای خطای کمتر از 50% (حد مجاز خطا) هستند، بنابراین خطای آنها قابل قبول است. سایر عناصری دارای خطای بیش از 20%، در محدوده‌ی عیار بیشتر از 10 برابر حد حساسیت، خطای بیش از 20% (حد مجاز خطا) دارند که بدین معنی است که تحلیل‌های صورت پذیرفته براساس این عناصر با خطا مواجه بوده و بایستی با احتیاط با آنها برخورد کرد. البته لازم به ذکر است که عنصر کادمیوم به علت سنسورد بودن اکثر نمونه‌ها به کلی از پردازش حذف گردید (جدول 2-7).

جدول 2-6- نمونه‌های تکراری و کدهای محرمانه آن برای تعیین خطای آنالیز

| Duplicate sample | Main sample |
|------------------|-------------|
| kujh             | MG-001      |
| ghuy             | MG-004      |
| yhytu            | MG-007      |
| mkji             | MG-017      |
| cdft             | MG-100      |
| edsc             | MG-458      |
| bvgt             | MG-469      |
| dfgh             | MG-479      |
| kjhg             | MG-482      |
| nhuy             | MG-495      |
| iujm             | MG-515      |
| qwac             | MG-487      |
| nglk             | MG-459      |

| Duplicate sample | Main sample |
|------------------|-------------|
| ikju             | MG-490      |
| qwed             | MG-503      |
| dfser            | MG-493      |
| vfgtr            | MG-464      |
| xzsd             | MG-451      |
| asdew            | MG-519      |
| bghy             | MG-518      |
| uuuj             | MG-488      |
| pqasd            | MG-065      |
| hgas             | MG-030      |
| yyhhaw           | MG-005      |
| masf             | MG-013      |
| ootty            | MG-008      |





جدول 2-7- مقادیر خطاهای به دست آمده برای هر عنصر با استفاده از جفت نمونه‌های تکراری در بازه‌های کمتر از 10 DL و بیشتر از 10 DL

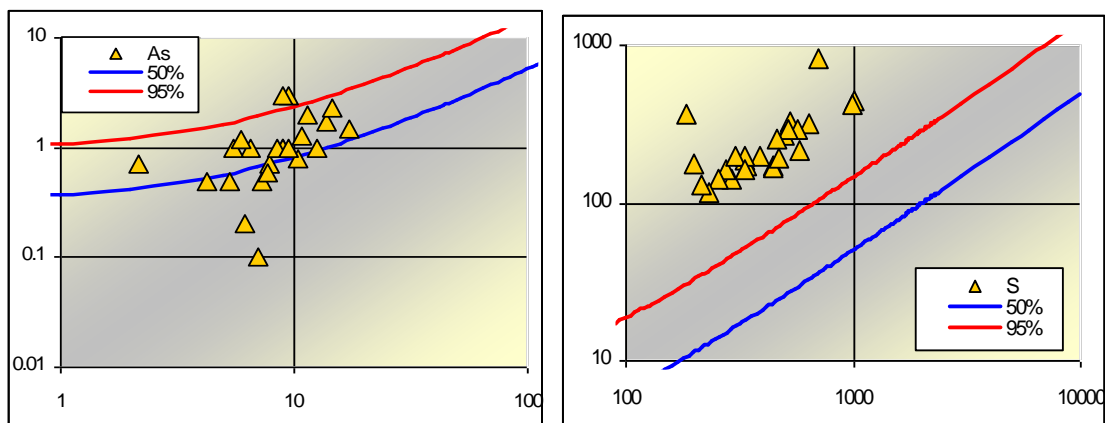
علاوه بر روش فوق، روش ترسیمی نیز جهت تعیین خطا به کار گرفته می‌شود. در روش ترسیمی دقت اندازه‌گیری‌های از طریق آنالیز جفت نمونه‌های تکراری بررسی می‌شود. نمودار تامپسون-هوارث (2002) جهت این منظور استفاده گردید. در این نمودار مقدار میانگین دوباره اندازه‌گیری بر روی محور افقی و قدر مطلق تفاضل دو مقدار اندازه‌گیری 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 50% و 95% رسم می‌گردد که فرمول این دو عبارتند از:

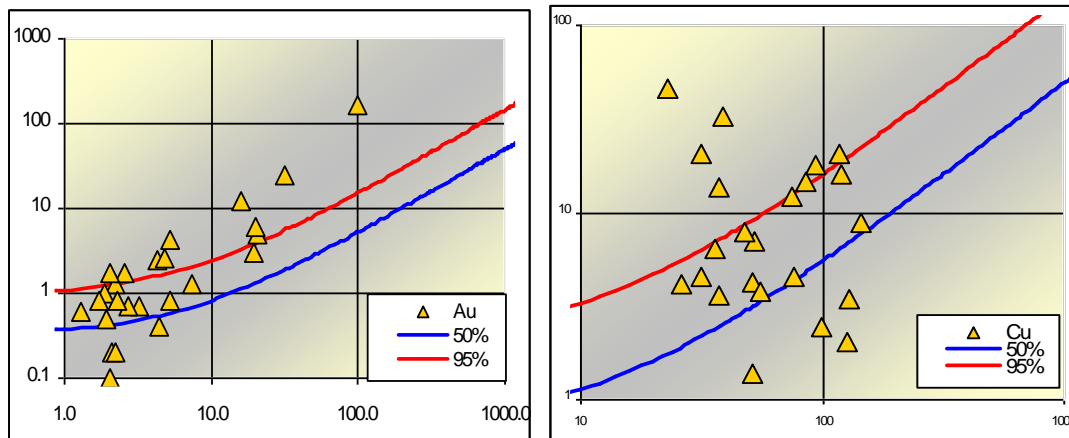
$$P_{50} = 0.954\left(\frac{C_L}{3} + BC\right)$$

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

که در فرمول‌های فوق  $C$  غلظت،  $C_L$  حد آشکارسازی پایینی و  $B$  یا به عبارتی (FFPC)<sup>1</sup> 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 مشخص شده و در صورتی که غالب نمونه‌ها زیر خط 50% و 95% از آن‌ها زیر خط 95% قرار گیرند دقت دستگاه در حد مجاز یعنی 10% برآورد می‌گردد.

تصویر 2-2 نمودار کنترل خطا برای برخی عناصر را نشان می‌دهد و نمودار سایر عناصر در تصویر 1 پیوست به نمایش در آمده است.





تصویر 2-2- نمودار کنترل خطا برخی عناصر به روش تامپسون- هوراث (2002)

## 6-2- پردازش‌های آماری

### 6-2-1- فایل‌بندی داده‌های خام

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 مهم‌ترین مراحل در کاربرد موفقیت‌آمیز ژئوشیمی اکتشافی است. اولین اقدام در انجام مراحل مختلف پردازش داده‌ها وارد کردن و فایل‌بندی داده‌های حاصل از آنالیز در نرم‌افزار Excel و تشکیل بانک اطلاعاتی مورد نظر است.

در این پروژه در مجموع 699 نمونه برداشت گردید که از این تعداد 184 عدد از آن مربوط به نمونه‌های کانی سنگین و 515 عدد مربوط به نمونه‌های ژئوشیمی می‌باشد. تمامی این نمونه‌ها به طور جداگانه فایل‌بندی و همگی برای 39 عنصر و اکسید به شرح ذیل مورد آنالیز قرار گرفتند.

Au , Pb, Ag, Sn, Hg, As, Sb, Bi, Cd, W, Mo, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> , MgO , K<sub>2</sub>O , Na<sub>2</sub>O , Ba, Be, Ce, Co, Cr , Cu , La, Li, Mn , Nb , Ni , P, Rb, S, Sc, Sr, Ti, V, Y, Yb, Zn, Zr

همچنین اطلاعات نقشه‌ای نیز در محیط نرم‌افزار Auto Cad و Arc Gis فایل‌بندی و مرتب گردیدند.

### 6-2-2- پردازش داده‌های خارج از حدود سنسورد

در عملیات اکتشافات ژئوشیمیایی به علت عدم تناسب بین حد حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری و غلظت عناصر و فراوانی آن‌ها در طبیعت، معمولاً بخشی از داده‌ها به صورت اعدادی کوچکتر یا بزرگتر از یک مقدار معین که همان حد قابل ثبت دستگاه است، گزارش می‌گردند. وجود چنین اعدادی در بین یک‌سری داده‌ها، می‌تواند بررسی‌های آماری را دچار اختلال کند. زیرا:

1- داده‌های آماری نیاز به مجموعه‌ای کاملی از داده‌های غیرسنسورد دارند.

2- در مواردی که سنجش‌های نسبی صورت می‌گیرد، مانند جداسازی زمینه از آنومالی، وجود داده‌های سنسورد موجب ارزیابی غیردقیق می‌شود. تکنیک‌های آماری موجود این امکان را به دست می‌دهند که چنانچه فقط بخشی از



داده‌های مربوط به يك عنصر خارج از حدود سنسورد باشند، بتوان در مورد توزیع این گونه داده‌ها، تخمین‌های لازم را انجام داد.

روش‌های مختلفی برای تخمین مقادیر سنسورد وجود دارد که هم برای داده‌های سنسورد شده‌ی کران بالا و هم برای داده‌های سنسورد شده‌ی کران پایین مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پروژه از روش جایگزینی ساده استفاده شده است. در این روش ساده، مقادیر کمتر از حد حساسیت را با  $3/4$  مقدار سنسورد آن جایگزین می‌کنند.

اگر تعداد داده‌های سنسورد در مقابل کل داده‌ها ناچیز باشد (حدود 10-15%) معمولاً می‌توان از این روش استفاده کرد.



جدول 2-8- تعداد و مقدار جانشینی داده‌های سنسورد

| Element          | Au    | Pb    | Ag    | Sn    | Hg    | As    | Sb    | Bi                             | W     | Mo                             | Cd               | Ba    | Be                |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|------------------|-------|-------------------|
| Unite            | (ppb) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm)                          | (ppm) | (ppm)                          | (ppm)            | (ppm) | (ppm)             |
| No. Of Censord   | 0     | 0     | 0     | 0     | 224   | 0     | 0     | 57                             | 9     | 0                              | 517              | 0     | 2                 |
| Censored %       | 0%    | 0%    | 0%    | 0%    | 44%   | 0%    | 0%    | 11%                            | 2%    | 0%                             | 100%             | 0%    | 1%                |
| Detection Limite | 1     | 5     | 0.03  | 1     | 0.05  | 1     | 0.50  | 0.10                           | 0.50  | 0.50                           | 1                | 5     | 0.50              |
| Replace Value    | 0.75  | 3.75  | 0.02  | 0.75  | 0.04  | 0.75  | 0.38  | 0.075                          | 0.38  | 0.38                           | 0.75             | 3.75  | 0.38              |
| Element          | Ce    | Co    | Cr    | Cu    | La    | Li    | Mn    | Nb                             | Ni    | P                              | Rb               | S     | Sc                |
| Unite            | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm)                          | (ppm) | (ppm)                          | (ppm)            | (ppm) | (ppm)             |
| No. Of Censord   | 2     | 2     | 1     | 1     | 2     | 1     | 1     | 2                              | 1     | 1                              | 2                | 29    | 2                 |
| Censored %       | 1%    | 1%    | 0%    | 0%    | 1%    | 0%    | 0%    | 1%                             | 0%    | 0%                             | 1%               | 6%    | 1%                |
| Detection Limite | 2     | 2     | 2     | 2     | 5     | 2     | 5     | 5                              | 2     | 30                             | 5                | 50    | 2.0               |
| Replace Value    | 1.50  | 1.50  | 1.50  | 1.50  | 3.75  | 1.50  | 3.75  | 3.75                           | 1.50  | 22.50                          | 3.75             | 37.50 | 1.50              |
| Element          | Sr    | Ti    | V     | Y     | Yb    | Zn    | Zr    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO   | Na <sub>2</sub> O |
| Unite            | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (%)                            | (%)   | (%)                            | (%)              | (%)   | (%)               |
| No. Of Censord   | 1     | 0     | 1     | 2     | 2     | 2     | 1     | 0                              | 0     | 0                              | 0                | 0     | 0                 |
| Censored %       | 0%    | 0%    | 0%    | 1%    | 1%    | 1%    | 0%    | 0%                             | 0%    | 0%                             | 0%               | 0%    | 0%                |
| Detection Limite | 5     | 10    | 5     | 2     | 0.50  | 2     | 5     | —                              | —     | —                              | —                | —     | 0.01              |
| Replace Value    | 3.75  | 7.50  | 3.75  | 1.50  | 0.38  | 1.50  | 3.75  | —                              | —     | —                              | —                | —     | 0.01              |

### 2-6-3- حذف مقادیر خارج از رده

در واقع به مقادیری که به طور معنی‌داری نسبت به سایر مقادیر اختلاف دارند، مقادیر خارج از رده گویند. که این مقادیر گاهی به دلیل وجود خطاهای تجربی مانند خطای آنالیز در داده‌ها وارد می‌شوند و گاهی هم به دلیل ناهمگنی‌های موجود در داده‌های اکتشافی بروز می‌کنند.

اکثر روش‌های آماری، به جز روش‌های آماری ناپارامتری، فرض بر نرمال بودن داده‌ها را به همراه دارند. توزیع نرمال زنگوله‌ای شکل است. در حالت کلی، دلیل خاصی برای اینکه تغییرات عیار یک ناحیه‌ی مطالعاتی، از توزیع نرمال پیروی کند وجود ندارد و اکثر جوامعی که در پروژه‌های اکتشافی با آنها سر و کار داریم، غیر نرمال بوده و دارای چولگی مثبت می‌باشند. این گونه جوامع دارای مقادیر بالایی در کرانه‌ی سمت راست توزیع می‌باشند که به جامعه‌ی زمینه یا جامعه‌ی با عیار میانگین بالا اضافه شده‌اند. این مقادیر غیرعادی بالا در واقع آنومالی‌ها (در مقیاس ناحیه‌ای) و یا پیکره‌های کانسنگ پر عیار (در مقیاس محلی) را شامل می‌شوند.

در هر صورت مقادیر پر عیار در صورتی که غیرقابل قبول تشخیص داده شوند، به عنوان مقادیر خارج از رده یا باید از بین داده‌ها حذف گردند و یا تصحیح شوند. اکثر روش‌های به کار گرفته شده بدین منظور، زمینه‌ی تئوری ندارد و فقط به عنوان روش‌های تجربی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش به کار گرفته شده در این پروژه روش دورفل می‌باشد. در روش دورفل نموداری برای تعیین حد آستانه‌ای مقادیر خارج از رده در دو سطح معنی‌دار پنج درصد و یک درصد تهیه شده است.

برای انجام آزمون مقادیر خارج از رده دورفل، میانگین ( $\bar{X}$ ) و انحراف معیار داده‌ها (S) بدون در نظر گرفتن بزرگترین مقدار داده‌ها محاسبه می‌شود. پس بزرگترین مقدار داده‌ها  $X_A$  در صورتی که در رابطه‌ی زیر صدق کند یک مقدار خارج از رده در نظر گرفته می‌شود.

$$X_A \geq \bar{X} + s.g$$

g در این فرمول حد آستانه‌ای مقادیر خارج از رده است که از نمودار دورفل به دست می‌آید. بر این اساس برخی از عناصر دارای مقادیر خارج از رده می‌باشند که تعداد و مقادیر جانشین شده‌ی آن‌ها در جدول 2-9 گزارش گردیده است.

جدول 2-9- تعداد داده‌های خارج از رده و مقادیر جانشین شده‌ی آنها در برگه‌ی مشگین‌شهر 2

|                |         |        |        |      |        |        |                                |        |                                |                  |        |                   |        |
|----------------|---------|--------|--------|------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|------------------|--------|-------------------|--------|
| Elements       | Au      | Pb     | Ag     | Sn   | Hg     | As     | Sb                             | Bi     | W                              | Mo               | Ba     | Be                | Ce     |
| Eliminated No. | 29      | 3      | 2      | 2    | 17     | 5      | 33                             | 20     | 11                             | 7                | 3      | 0                 | 2      |
| percentage     | 5.83    | 0.78   | 0.58   | 0.58 | 3.50   | 1.17   | 6.60                           | 4.08   | 2.33                           | 1.55             | 0.78   | 0.19              | 0.58   |
| max value      | 0.14    | 100    | 0.31   | 6.2  | 0.8    | 52     | 18.7                           | 3      | 10.2                           | 28.7             | 1883   | 5.12              | 421    |
| replace value  | 0.01    | 43.14  | 0.25   | 5.84 | 0.16   | 24.39  | 2.81                           | 0.61   | 7.93                           | 7.26             | 1299.6 | 0.00              | 410    |
| Elements       | Co      | Cr     | Cu     | La   | Li     | Mn     | Nb                             | Ni     | P                              | Rb               | S      | Sc                | Sr     |
| Eliminated No. | 4       | 20     | 7      | 0    | 7      | 5      | 0                              | 6      | 3                              | 1                | 4      | 0                 | 2      |
| percentage     | 0.97    | 4.08   | 1.55   | 0.19 | 1.55   | 1.17   | 0.19                           | 1.36   | 0.78                           | 0.39             | 0.97   | 0.19              | 0.58   |
| max value      | 68      | 572    | 935    | 166  | 91     | 3191   | 148                            | 203    | 7217                           | 204              | 1318   | 33                | 1359   |
| replace value  | 44.37   | 284.45 | 226.94 | 0    | 57.75  | 2328.9 | 0                              | 114.57 | 6316.9                         | 186.35           | 942.40 | 0                 | 1172.6 |
| Elements       | Ti      | V      | Y      | Yb   | Zn     | Zr     | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO    | Na <sub>2</sub> O |        |
| Eliminated No. | 2       | 6      | 1      | 2    | 2      | 0      | 1                              | 2      | 5                              | 0                | 1      | 1                 |        |
| percentage     | 0.58    | 1.36   | 0.39   | 0.58 | 0.58   | 0.19   | 0.39                           | 0.58   | 1.17                           | 0.19             | 0.39   | 0.39              |        |
| max value      | 15964   | 895    | 71     | 7.7  | 255    | 356    | 45.21                          | 12.88  | 28.96                          | 5.36             | 6.33   | 6.38              |        |
| replace value  | 12195.6 | 425.03 | 70.43  | 6.57 | 171.30 | 0      | 28.93                          | 11.44  | 15.84                          | 0                | 6.13   | 5.15              |        |

#### 2-6-4- بررسی آماری تک‌متغیره عناصر

##### 1-2-6-4- نرمال‌سازی داده‌ها

پس از حذف مقادیر خارج از رده و اصلاح آنها، جامعه‌ی آماری تا حدود زیادی به حد نرمال نزدیک می‌گردد. ولی هنوز تا نرمال شدن به شکل واقعی فاصله زیادی دارد. اکثر روش‌های آماری فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها را به همراه دارند. در مسائل اکتشافی با داده‌هایی سر و کار داریم که کمتر اتفاق می‌افتد که شرایط نرمال بودن را داشته باشند. در این شرایط می‌توان با استفاده از توابع تبدیل مختلف، داده‌ها را طوری تبدیل کرد که مقادیر تبدیل یافته‌ی آنها دارای توزیع نرمال باشد. اگر داده‌ها دارای توزیع نرمال باشند میانگین جامعه تخمین معتبرتری از میانگین کل جامعه به دست می‌دهد. اگر چه تبدیل توزیع داده‌ها به نرمال دارای مزایایی است ولی نباید تحت هر شرایطی از آن استفاده کرد. به‌طور خلاصه، تصمیم‌گیری در مورد این که چه وقت باید از تبدیل استفاده کرد، بستگی به شرایط دارد. اگر بتوان براساس مقادیر تبدیل یافته به نتیجه‌ی مطلق رسید، به خصوص وقتی که برگرداندن داده‌ها با مشکلات چندانی



همراه نباشد و یا در شرایطی که به سادگی بتوان تبدیل معکوس را انجام داد، می‌توان از تبدیل‌ها استفاده کرد. البته لازم به ذکر است که اگر تخمین براساس داده‌های اصلی از دقت کافی برخوردار باشد، بهتر است حتی‌الامکان از تبدیل صرف‌نظر کرد.

با توجه به مباحث مطرح شده در این پروژه برای نزدیک ساختن توزیع داده‌ها به نرمال از تبدیل لگاریتمی داده‌های خام و در برخی مواقع تبدیل لگاریتمی مقادیر خارج از رده استفاده گردید. جدول 2-10 پارامترهای آماری توزیع عناصر را به صورت خام و پس از حذف داده‌های خارج از رده، پس از تبدیل شدگی لگاریتمی داده‌های خام و در نهایت تبدیل لگاریتمی مقادیر خارج از رده را نشان می‌دهد. در این جدول رنگ بنفش عناصر نشان دهنده نرمال بودن در یکی از چهار حالت ذکر شده در بالاست.

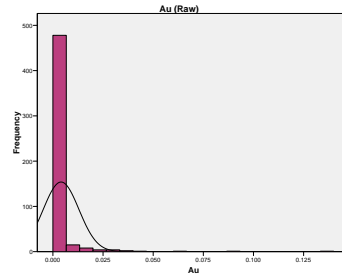
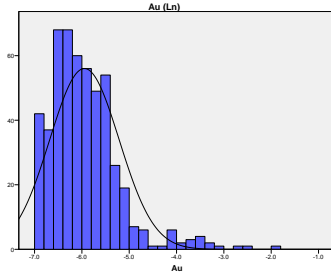
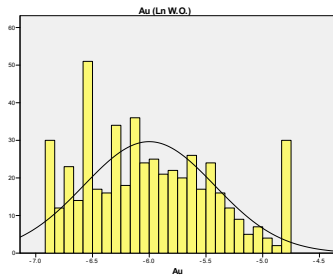




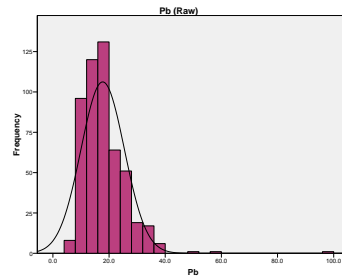
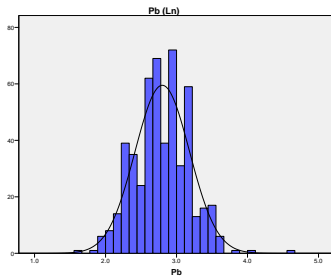
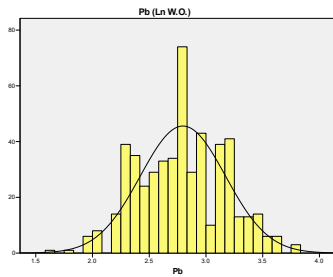


### 2-4-6-2- رسم هیستوگرام عناصر

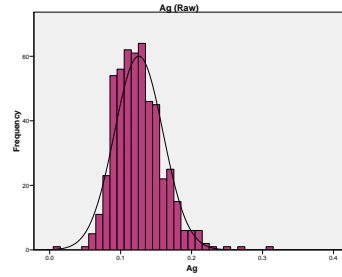
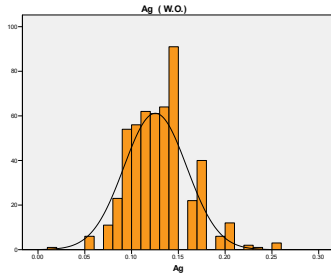
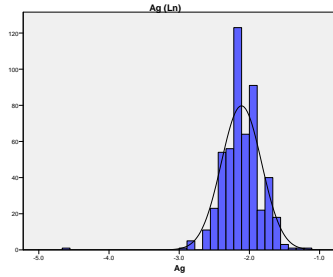
به منظور مشاهده‌ی عینی نحوه‌ی عملکرد تبدیلات نرمال‌سازی بر روی داده‌ها، رسم هیستوگرام‌ها کمک شایانی در این زمینه به دست می‌دهد. تصاویر 2-3 تا 2-12 هیستوگرام توزیع نرمال عناصر مهم را نشان می‌دهد (هیستوگرام سایر عناصر و اکسیدها در تصویر 2 پیوست آورده شده است).



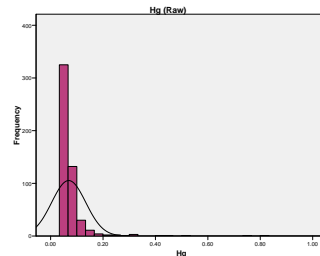
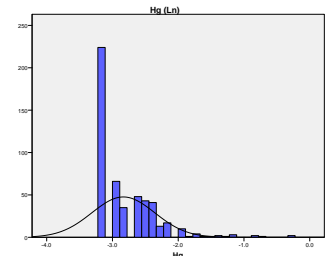
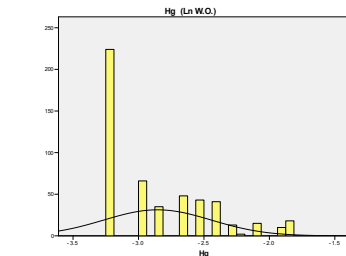
تصویر 2-3- هیستوگرام‌های توزیع Au



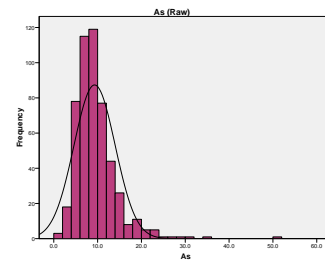
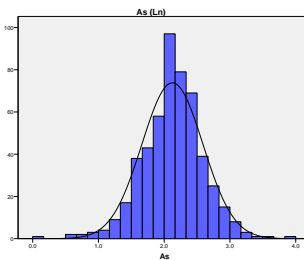
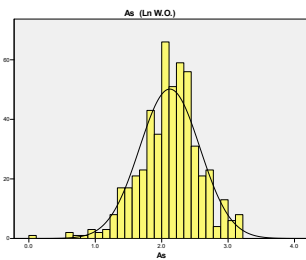
تصویر 2-4- هیستوگرام‌های توزیع Pb



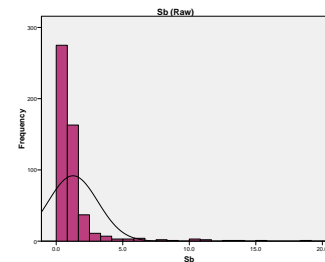
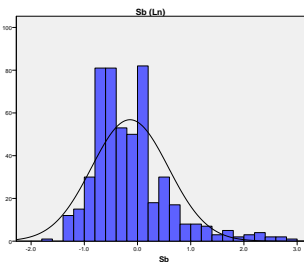
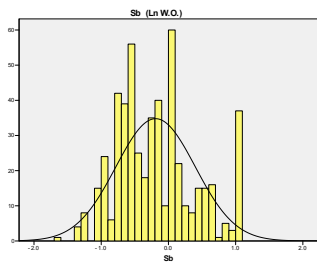
تصویر 2-5- هیستوگرام‌های توزیع Ag



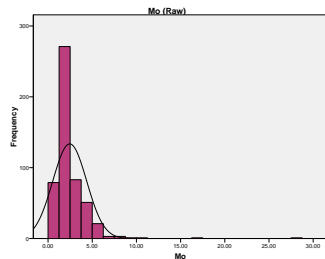
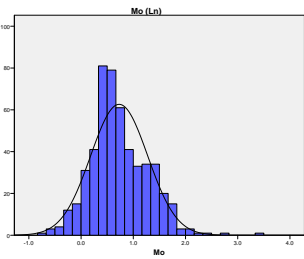
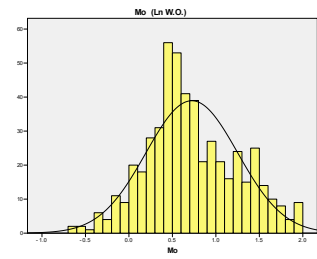
تصویر 2-6- هیستوگرام‌های توزیع Hg



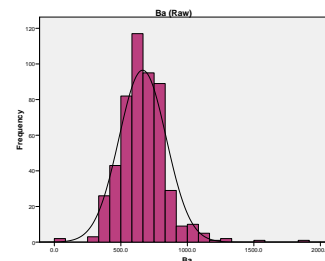
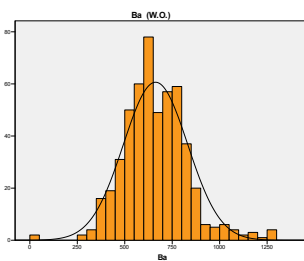
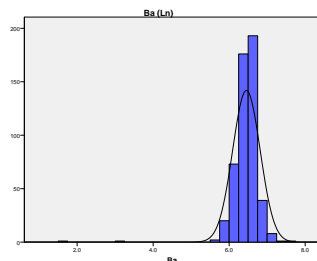
تصویر 2-7- هیستوگرام‌های توزیع As



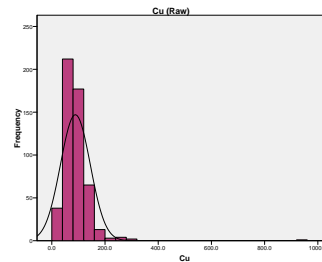
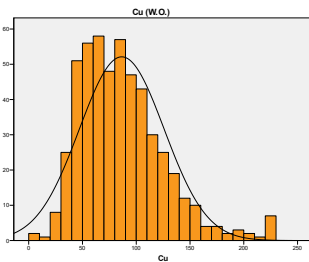
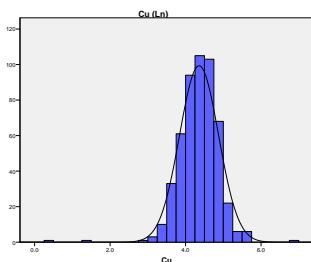
تصویر 2-8- هیستوگرام‌های توزیع Sb



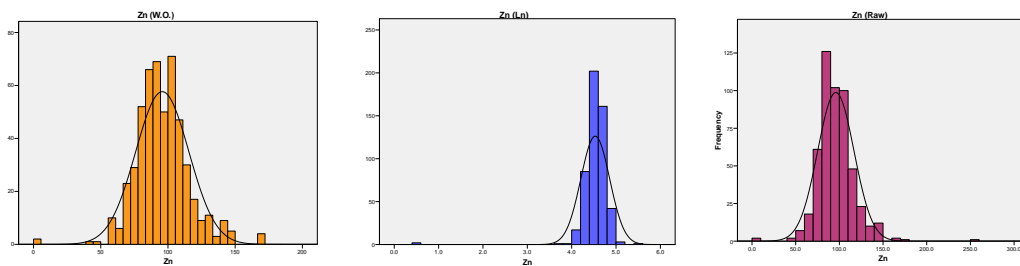
تصویر 2-9- هیستوگرام‌های توزیع Mo



تصویر 2-10- هیستوگرام‌های توزیع Ba



تصویر 2-11- هیستوگرام‌های توزیع Cu



تصویر 2-12- هیستوگرام‌های توزیع Zn

عناصر Be, La, Sc, Zr, K<sub>2</sub>O به صورت داده‌های خام، به حالت نرمال نزدیک‌تر هستند. بنابراین غنی‌شدگی خوبی از این عناصر در جوامع داده‌ها دیده نمی‌شود و توزیع آنها معمولی به نظر می‌رسد. گوگرد و نیوبیوم پس از تبدیل لگاریتمی، به حالت نرمال نزدیک‌تر هستند.

عناصر Ag, Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Li, Mn, Ni, P, Rb, Sr, Na<sub>2</sub>O, Ti, V, Y, Yb, Zn, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO پس از حذف مقادیر خارج از رده به حالت نرمال نزدیک می‌شوند.

عناصر Mo, Au, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sm, Sb, Pb پس از اعمال تبدیل لگاریتمی به حالت نرمال نزدیک می‌شوند. و بالاخره عناصر Au, Pb, Sn, Hg, As, Bi, W, Mo در حالت تبدیل لگاریتمی مقادیر خارج از رده به مقدار نرمال نزدیک می‌شوند.

## 7-2- روش‌های آماری چند متغیره

روش‌های چند متغیره امکان آنالیز آماری همزمان چند متغیر را فراهم می‌کند. مسائل مربوط به یک، دو و یا سه متغیر را می‌توان به صورت ذهنی تصور کرده و یا به طور گرافیکی نمایش داد ولی گاهی در مسایل اکتشافی با یک فضای چندین متغیره رو به رو هستیم که بررسی روابط بین آنها را دشوار می‌سازد. 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 مطالعه 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 چند عنصر یا متغیر را برای کشف دقیق‌تر آنومالی‌های احتمالی آنها مورد بررسی قرار داد.

## 7-2-1- ضرایب همبستگی

ضرایب همبستگی طبق تعریف عبارت است از سنجشی از شدت وابستگی بین دو متغیر اندازه‌گیری شده در یک مجموعه از داده‌های منفرد.

برای داشتن درک صحیحی از چگونگی توزیع عناصر مختلف در یک ناحیه نیازمند در اختیار داشتن پارامترهایی هستیم که بتواند نوع و ارتباط آنها را تشریح کند. با تغییر چنین پارامترهایی، امکان یافت ارتباط ژنتیکی میان عناصر فراهم خواهد شد. برای داشتن معیاری از همبستگی دو متغیر بدون وابستگی به واحد اندازه‌گیری داده‌ها، پارامترهای آماری ضریب همبستگی تعریف شده‌اند. در محاسبه ضریب 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 در حالتی که توزیع داده‌ها نرمال نباشد و نتوان داده‌ها را تبدیل کرد برای محاسبه ضریب همبستگی باید از روش

ناپارامتری که به توزیع داده‌ها حساس نمی‌باشد استفاده کرد. در این پروژه از هر دو روش بهره گرفته شده است و تفسیر نهایی با ادغام هر دو ارائه می‌گردد.

ضریب همبستگی نمونه ( $r$ ) تخمینی از ضریب همبستگی کل جمعیت است. یعنی همبستگی‌ای که در کل جمعیت (که از آن يك نمونه برداشت شده) وجود دارد.

مقادیر  $r$  از  $-1$  تا  $+1$  تغییر می‌کند. در واقع وقتی  $r=+1$  است تطابق و رابطه‌ی خطی کاملی بین دو عنصر است وقتی که  $r=-1$  است، ناسازگاری کامل بین دو عنصر وجود دارد. و اگر  $r=0$  باشد هیچگونه رابطه‌ی بین دو عنصر وجود ندارد. نتایج زیر از این روش قابل استنتاج است:

با نگاهی به جداول 11-2 و 12-2 می‌توان مشاهده کرد که این دو جدول بسیار شبیه هم بوده و ضرایب همبستگی پیرسون با نسبت‌های اسپیرمن چندان تفاوتی نشان نمی‌دهند.

منطقی‌ترین ضرایب را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

- ضریب همبستگی متوسطی بین  $Mo, W$  دیده می‌شود.
- همبستگی خوبی بین باریم و مس به چشم می‌خورد که در فرایندهای هیدروترمالی طبیعی است.
- طلا همبستگی ضعیفی با سایر عناصر دارد و بیشترین همبستگی را با عناصر  $As, Sb, Cu$  از خود نشان می‌دهد.

جدول 11-2 نتایج همبستگی پارامتری پیرسون و جدول 12-2 نتایج همبستگی ناپارامتری اسپیرمن را نشان می‌دهد.











### 2-7-3- آنالیز فاکتوری

این روش تکنیکی است برای پیدا کردن ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه همبسته که تشکیل یک دستگاه محور مختصات جدید را بدهند. این ترکیبات خطی فاکتور نامیده می‌شوند. این آنالیز دارای خواص زیر است:

- 1- بخش اعظم تغییر پذیری را به وسیله تعداد محدودی از متغیرهای جدید توجیه می‌کند.
- 2- متغیرهای جدید که محصول ترکیب خطی متغیرهای اولیه هستند، بین خود همبستگی نشان نمی‌دهند. که این امر کاربرد روش موردنظر را آسان می‌کند.

اگر متغیرهای اولیه همبسته نباشند دلیلی برای به کارگیری این روش وجود ندارد. از آن جایی که نتایج حاصل از ضرایب همبستگی عدم روابط قوی را بین عناصر نشان داد، به منظور بررسی عناصر مهم، در نهایت آنالیز فاکتوری بر روی 25 عنصر پیاده گردید که نتیجه‌ی آن در جدول 2-13 به نمایش گذاشته شده است. این آنالیز به وسیله‌ی روش چرخشی Varimax و بر روی 6 فاکتور پیاده گردید. این ماتریس با 6 فاکتور و توجیه حدود 73 درصد تغییرات، بهترین جواب را برای این محدوده ارائه داده است. همچنین یکی از پارامترهای گزارش شده در هنگام پردازش عاملی مقدار KMO 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 مشکین‌شهر 2 (جدول 2-11)، 0/779 می‌باشد که بر اساس بازه‌های تعریفی این کمیت در کتاب‌های زمین‌آمار (حسنی‌پاک، 1380) تجزیه‌ی عاملی را در رده مناسب قرار می‌دهد.

جدول 2-13- پارامترهای گزارش شده در هنگام پردازش عاملی مقدار KMO برای رسوبات آبراهه‌ای

| KMO and Bartlett's Test                          |                    |          |
|--|--------------------|----------|
| Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. |                    | 0.779    |
| Bartlett's Test of Sphericity                    | Approx. Chi-Square | 10183.25 |
|  | df                 | 300      |
|  | Sig.               | 0        |

- فاکتور اول با توضیح حدود 22/67 درصد تغییرات بر روی عناصری مانند La, W, Ce, Mo, Be, Nb, P گشوده شده است.

- در فاکتور دوم عناصر Zn, V, Ti, Co, Sr, Mn, Sc مشاهده می‌گردند.

- در فاکتور سوم حضور توام Ni, Cr را داریم.

- عناصر Au, Sb, As در فاکتور چهارم حضور دارند که عموماً عناصری همراه در کانسارهای هیدروترمال هستند و می‌توانند نشانه‌ی خوبی برای کانی‌زایی باشند.

- در فاکتور پنجم مس، روبیدیم و تا حدودی باریم حضور دارند.

- فاکتور ششم نیز تنها S را شامل می‌شود که نتوانسته در سایر فاکتورها حضور پیدا کند و فاکتوری جدا ساخته است.

جدول 2-14- نتیجه آنالیز فاکتوری بر روی 25 عنصر مهم از داده‌های محدوده‌ی مشکین‌شهر

|    | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| La | 0.890 | 0.287  | -0.051 | -0.214 | -0.135 | -0.034 |
| W  | 0.853 | -0.161 | -0.201 | 0.194  | -0.113 | 0.065  |
| Ce | 0.843 | 0.327  | -0.057 | -0.135 | -0.160 | -0.140 |
| Mo | 0.817 | -0.096 | -0.097 | 0.124  | 0.008  | 0.085  |



|    |        |        |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Be | 0.790  | -0.209 | -0.209 | 0.138  | 0.093  | 0.200  |
| Nb | 0.772  | 0.300  | -0.025 | 0.007  | -0.096 | -0.229 |
| P  | 0.623  | 0.520  | -0.048 | -0.310 | 0.186  | -0.032 |
| Ba | -0.483 | 0.317  | -0.307 | 0.220  | 0.460  | 0.003  |
| Zn | 0.140  | 0.766  | -0.016 | 0.071  | -0.128 | 0.290  |
| V  | 0.109  | 0.741  | 0.168  | 0.009  | 0.163  | -0.323 |
| Ti | 0.426  | 0.715  | 0.205  | -0.254 | 0.131  | -0.095 |
| Co | -0.265 | 0.712  | 0.413  | -0.044 | 0.002  | -0.160 |
| Sr | -0.141 | 0.652  | -0.297 | -0.422 | -0.138 | 0.062  |
| Mn | 0.105  | 0.642  | 0.010  | 0.330  | 0.062  | -0.053 |
| Sc | -0.175 | 0.593  | 0.572  | -0.151 | 0.100  | -0.083 |
| Cr | -0.087 | 0.067  | 0.919  | -0.095 | 0.008  | -0.101 |
| Ni | -0.307 | 0.128  | 0.783  | -0.146 | -0.093 | 0.201  |
| As | 0.085  | 0.029  | -0.176 | 0.767  | -0.008 | 0.216  |
| Sb | 0.043  | -0.168 | 0.103  | 0.704  | 0.271  | -0.173 |
| Au | -0.106 | 0.086  | -0.235 | 0.643  | 0.083  | -0.032 |
| Cu | -0.196 | 0.180  | -0.074 | 0.234  | 0.773  | -0.120 |
| Rb | 0.190  | -0.251 | 0.047  | 0.242  | 0.676  | 0.412  |
| Bi | 0.496  | -0.065 | -0.145 | 0.260  | -0.530 | 0.264  |
| S  | -0.141 | 0.040  | -0.052 | -0.027 | 0.021  | 0.837  |
| Sn | 0.350  | -0.248 | 0.146  | 0.015  | -0.094 | 0.450  |

| Total | % of Variance | Cumulative % |
|-------|---------------|--------------|
| 5.669 | 22.678        | 22.678       |
| 4.292 | 17.167        | 39.845       |
| 2.46  | 9.841         | 49.686       |
| 2.372 | 9.489         | 59.174       |
| 1.849 | 7.395         | 66.569       |
| 1.648 | 6.591         | 73.16        |

Extraction Method: Principal Component Analysis.

## 8-2- رسم نقشه‌ها و بررسی آنها

### 8-1-2- چگونگی رسم نقشه‌ها

پس از نرمال‌سازی داده‌های موجود برای هر عنصر، اقدام به کلاس‌بندی و رسم نقشه‌های عناصر مختلف گردید. در این روش پلیگون‌های رسم شده برای هر نمونه که حوضه‌ی آبریز آن نمونه را در بر می‌گیرد رنگ‌آمیزی گردید و هر رنگ نشانه‌ی مشخص‌کننده‌ی درصد خاصی از جامعه است. به عنوان مثال رنگ قرمز نشان‌دهنده‌ی آنومالی درجه‌ی 1 و یا 99-100 % جامعه و رنگ زرد نشان‌دهنده‌ی آنومالی درجه 2 و یا 99-97/5 % جامعه می‌باشد.

|         |               |
|---------|---------------|
| خاکستری | 0 – 50 %      |
| آبی     | 50 % - 84 %   |
| سبز     | 84 % - 97/5 % |
| زرد     | 97/5 % - 99 % |
| قرمز    | 99 % - 100 %  |

در نهایت 39 نقشه تک عنصره و اکسیدی تخمین زده شده است که تصاویر آن‌ها در مقیاس 1:50000 و در قطع A3 در انتهای همین فصل آمده است (نقشه‌ی 2-2 تا 2-33).

### 2-8-2- بررسی نقشه‌ها

با بررسی نقشه‌های توزیع عنصری (و یا اکسیدی) می‌توان نتایجی را از این نحوه‌ی توزیع به‌دست آورد. همانطور که در این نقشه‌ها دیده می‌شود برخی از عناصر تا حدودی از ساختارهای لیتولوژیکی پیروی می‌کنند. عنصر مس دارای غنی‌شدگی در قسمت شمال شرقی و همچنین قسمت جنوبی محدوده می‌باشد. غنی‌شدگی قسمت شمالی محدوده در واحد  $Q_{sl}^{ta}$  با ترکیب تراکی آندزیت پورفیری و واحد  $E^{pa}$  با ترکیب آندزیت پورفیری آنالسیم‌دار می‌باشد. غنی‌شدگی در قسمت جنوب محدوده در واحد  $E^{tat}$  با ترکیب تراکی آندزیت-تراکی بازالت به همراه توفیت است. مقدار مینیمم این عنصر 1.5 ppm و مقدار ماکزیمم آن 935.09 ppm می‌باشد. داده‌های حاصل از مطالعات کانی سنگین نیز وجود کانی مالاکیت را در قسمت جنوبی تایید می‌کند. به نظر می‌رسد که غنی‌شدگی مس در منطقه در ارتباط با فرایندهای ثانویه و کانی‌زایی اتفاق افتاده باشد.

برخی از عناصر نیز تقریباً در اکثر نقاط پراکنده‌اند مانند عناصر و یا اکسیدهای  $Al_2O_3$ , As, Cr, Ni, Pb, Mn, Hg, Ag, SiO<sub>2</sub>, Zn, Y.

برخی نیز در قسمت‌های خاصی دچار غنی‌شدگی شده‌اند مانند: عنصر Sn, Cr در بخش جنوبی و غربی منطقه، عناصر Bi, W, Be در غرب منطقه در واحد  $E^{tat}$ ,  $O^m$ , Mo در غرب و شمال منطقه، Ba در شمال غرب و مرکز. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های آبراهه‌ای، عنصر طلا در کل منطقه و در بیشتر آبراهه‌ها پراکنده می‌باشد. علاوه بر آن داده‌های حاصل از مطالعات کانی سنگین نیز کانی طلا را تقریباً در همان مناطقی که نمونه‌های آبراهه‌ای دارای طلا هستند، نشان می‌دهد. همچنین عنصر طلا به صورت پراکنده در قسمت‌های مختلف محدوده از جمله شمال غرب و غرب، مرکز و جنوب شرق محدوده دارای غنی‌شدگی است. در قسمت غرب نقشه این غنی‌شدگی در واحد  $E^{tat}$  با ترکیب تراکی آندزیت، تراکی بازالت به همراه توفیت قرار می‌گیرد. در قسمت مرکزی این غنی‌شدگی در واحد  $E^{pa}$  با ترکیب آندزیت پورفیری آنالسیم‌دار و واحد  $O^m$  با ترکیب مونزونیت، کوارتز مونزونیت و گرانودیوریت رخ داده است و در قسمت جنوب شرق این غنی‌شدگی در واحد  $Q_{sl}^{pad}$  با ترکیب گدازه‌های آندزیتی و داسیتی پورفیری اتفاق افتاده است. مقدار مینیمم این عنصر 1 ppb و مقدار ماکزیمم آن 140 ppb می‌باشد. که 5 نمونه دارای مقدار 40 ppb به بالا هستند. به نظر می‌رسد که غنی‌شدگی طلا در منطقه در ارتباط با فرایندهای ثانویه و کانی‌زایی اتفاق افتاده باشد.



نقشه 2-2 تا 2-40 تا ص 92