3-1- مقدمه

در بررسي‌هاي اكتشافي ناحيه‌اي كه به منظور ارزيابي پتانسيل كاني‌سازي منطقه‌اي وسيع صورت مي‌گيرد مطالعه‌ي كاني سنگين نيز به عنوان راهنماي اكتشافي به كار برده مي‌شود. كاني‌هاي سنگين به كاني‌هايي گفته مي‌شود كه وزن حجمي‌بيشتر از 2/9 دارند و در محلول سنگين برموفرم غوطه‌ور مي‌شوند. اين كاني‌ها معمولاً در رسوبات يافت مي‌شوند. به عبارت ديگر اين روش اغلب كاني‌هايي با وزن مخصوص بالا و مقاوم در برابر فرسايش را، كه در محيط آبرفتي و تحت تأثير سدهاي مكانيكي متمركز شده‌اند را شامل مي‌شود.

تفاوت اصلي و اساسي اين دو روش در آن است كه در مطالعه‌ي كاني سنگين، فاز كاني‌سازي احتمالي تشخيص داده مي‌شود. براي مثال يافتن گالن يا كالكوپيريت مي‌تواند ما را به اكتشاف كاني‌سازي سولفوري فلزات پايه هدايت كند. حال آن كه در روش ژئوشيميايي مقدار يك عنصرخاص در يك نمونه، بدون توجه به كاني‌شناسي آن مورد توجه قرار مي‌گيرد. از آنجا كه پيدايش يك عنصر در فازهاي مختلف، ارزش اكتشافي متفاوت دارد، صرفاً اندازه‌گيري كميت آن ملاك نمي‌باشد. هر چند اهميت آن بسيار بالاتر از هر اطلاعات پايه‌ي ديگر است. بنابراين آناليز شيميايي يك عنصر و مقادير غير عادي بالاي آن زماني مي‌تواند راهنماي اكتشافي قرار گيرد كه فاز پيدايش آن نيز مشخص باشد. با توجه به مزيت بررسي‌هاي كاني سنگين، يعني اندازه‌گيري مستقيم فراواني يك فاز معين از يك عنصر خاص، مي‌توان از آن به عنوان ابزاري در كوتاه كردن عمليات اكتشافي و نتيجه‌گيري در مورد نقاط پر پتانسيل استفاده نمود. البته در مقابل اين امتيازات روش كاني سنگين، يك نقطه ضعف عمده دارد و آن عدم تحرك فازهاي كانيايي نسبت به يون فلزات است. اين امر باعث مي‌گردد كه هاله‌هاي كاني سنگين در محدوده‌هاي معيني گسترش يابند. در واقع روش اكتشافي كاني‌هاي سنگين، بخشي از مطالعات مربوط به هاله‌هاي ثانويه را تشكيل مي‌دهد.

معمولاً اكتشافات كاني‌هاي سنگين شامل چهار مرحله‌ي اساسي است؛ نمونه‌برداري صحرايي، آماده‌سازي نمونه‌ها در آزمايشگاه، مطالعه و بررسي كاني‌ها و پردازش و تفسير داده‌ها.

براساس مقدمه‌ي فوق و با در نظر گرفتن مزايا و معايب اين روش، با سه هدف اقدام به انجام نمونه‌برداري كاني‌سنگين از منطقه گرديد كه اين سه هدف باعث همپوشاني اطلاعات حاصل از هر دو روش ژئوشيميو كاني‌سنگين مي‌شود و مي‌تواند به ما در داشتن ديدي واقعي‌تر از محيط اكتشاف كمك كند. اين سه هدف عبارتند از:

1- تأييد آنومالي استخراجي با روش ژئوشيميآبراهه‌اي

2- تعيين فاز پراكندگي عناصر مختلف

3- پوشش خلا اطلاعاتي كه ممكن است از ضعف روش نمونه‌برداري و يا آماده‌سازي اكتشافات ژئوشيميايي آبراهه‌اي به وجود آيد.

3-2- طراحي شبكه نمونه‌برداري و برداشت نمونه‌ها:

سيستم نمونه‌برداري در روش اكتشافات كاني‌هاي سنگين، همان سيستم مورد استفاده در روش اكتشافات ژئوشيميايي رسوبات آبراهه‌اي است. در واقع ابتدا بايد يك الگوي نمونه‌برداري را با توجه به محل مورد مطالعه و مقياس نمونه‌برداري تعيين كرد؛ سپس بر اين مبنا از محل‌هاي مناسب نمونه‌برداري گردد. با توجه به اين مطالب، اقدام به طراحي شبكه‌اي با 184 نمونه كاني سنگين گرديد و محل هر يك از نقاط به گونه‌اي در نظر گرفته شد كه حداكثر پوشش را در ناحيه‌ي مورد اكتشاف ايجاد نمود. چگالي شبكه برداشت كاني‌سنگين به صورت متوسط دو نمونه در هر كيلومتر مربع بود كه برداشت آنها به طور همزمان با نمونه‌هاي ژئوشيميانجام گرفت.

براي حصول نتايج بهتر، نمونه‌برداري از نقاطي كه داراي شرايط زير باشند، انجام گرفت.

1- عيار كاني سنگين در آن بهينه باشد؛ مانند وسط مسيل‌ها، پيچ رودها، بخش محدب كنار آبراهه‌ها، جلوي سدهاي طبيعي و ...

2- رسوبات شن و ماسه‌اي در اين نقاط به حد كافي ضخيم باشند.

3- مقدار گل رسوبات حداقل باشد.

4- بهتر است از محل گياهان نمونه‌برداري نشود؛ زيرا اثر آلودگي در اين نواحي زيادتر است. در اين مكان‌ها، پس از كنار زدن مواد سطحي، چاله‌اي با عمق 40 تا 60 سانتي‌متر حفر شد و برداشت از عمق چاله به مقدار 20 ليتر انجام پذيرفت. اين مقدار در محل با سرند 2 ميلي‌متر غربال گرديد و پس از غربال مقدار متوسط برداشت حدود 5 ليتر گرديد. سپس نمونه‌ي برداشتي در كيسه‌هاي مخصوص ريخته و پس از شماره‌گذاري، جهت مطالعه به آزمايشگاه ارسال گرديد.

نمونه‌ها در آزمايشگاه در 4 مرحله آماده‌سازي مي‌شوند. سرند كردن، جدا كردن مغناطيسي، جداسازي با محلول‌هاي سنگين و جداسازي الكترومغناطيسي است.

يكي از روش‌هاي بسيار معمول و متداول، جداسازي كاني‌ها براساس اندازه‌ي دانه‌هاي آن با سرند مي‌باشد. بدين جهت ابتدا نمونه‌ها بايد لاوك‌شويي شوند تا رس و ذرات گرد و غبار چسبيده به آنها پاك شوند. آنگاه نمونه‌ها در هواي آزاد يا در آزمايشگاه خشك مي‌شوند. سپس جداسازي كاني‌هاي سنگين‌تر با محلول‌هاي سنگين مانند بروموفرم صورت مي‌گيرد و بالاخره نمونه‌ها به سه دسته مواد ديا مغناطيسي (داراي شدت مغناطيسي كم)، پارا مغناطيسي (داراي شدت مغناطيسي متوسط) و فرو مغناطيسي (داراي شدت مغناطيس بالا) تقسيم مي‌گردند.

3-3- نحوه‌ي مطالعه‌ي كاني‌هاي سنگين

دو روش جهت مطالعات كاني‌هاي سنگين وجود دارد. اين دو روش به صورت مكمل يكديگر به كار برده مي‌شوند. اين روش‌ها عبارتند از:

1- روش‌هاي مبتني بر تشخيص نوع كاني‌ها با استفاده از ميكروسكوپ دو چشمي‌كه معمولاً كاني‌ها براساس مشخصاتي چون رنگ‌ها جلاء، سيستم تبلور، سختي، رخ، وزن مخصوص، شفافيت و .... شناخته مي‌شوند.

2- گاهي با اين روش‌ها نمي‌توان كاني‌ها را كاملاً شناسايي كرد. در آن صورت از روش‌هايي نظير پراش اشعه‌ي X، لامپ مولد نور فرا بنفش، ميكروسكوپ پلاريزان (تهيه مقطع صيقلي از كاني‌هاي سنگين) و استفاده از دستگاه ميكروپروپ (جهت تشخيص تركيب شيميايي كاني) و ميكروسكوپ الكتروني مي‌توان بهره جست.

البته با در نظر گرفتن هزينه‌ها و اين كه در غالب موارد روش‌هاي سنتي جوابگوي اكثر نيازها بوده، نيازي به استفاده از روش مدرن در مطالعه‌ي نمونه‌هاي مشگين‌شهر ديده نشد.

در روش سنتي نحوه‌ي كار بدين صورت است كه ابتدا حجم گروه‌هاي مختلف يك نمونه را اندازه‌گيري مي‌نمايند. در اين برگه مقدار مطالعه شده‌ي كاني سنگين در نمونه‌هاي مختلف از 2/5 تا 27/5 سي‌سي متغير است. اين مقدار معادل 10 فرض شده و با توجه به نسبت آن در سه گروه (براساس خاصيت مغناطيسي) تقسيم گرديدند و مطالعه‌ي هر يك به طور مجزا ادامه يافت. در نمونه‌هاي كاني سنگين اخذ شده از برگه‌ي مشگين‌شهر 2 در مجموع 53 كاني گزارش گرديد.

درصد پراكندگي كاني‌هاي مورد بررسي در جوامع مختلف، نشان مي‌دهد كه آمفيبول (100%)، مگنتيت (100%)، زيركن (99%~)، ايلمنومگنتيت (99%~)، هماتيت (99%~)، FQ (98%~)، گارنت (96%~)، روتيل (96%~)، پيريت (اكسيد) (95%~)، پيريت (92%~) و مارتيت (91%~) بيشترين فراواني را در كل مجموعه دارا هستند.

بسياري از كاني‌هاي ذكر شده در بالا در محيط‌هاي آذرين اسيدي تا متوسط و دگرگوني يافت مي‌شوند. علاوه بر اينها كاني‌هاي بيوتيت (86%~)، كلريت (85%~)، ايلمنيت (84%~)، كربنات كلسيم (84%~)، پيروكسن (83%~)، اسفن (77%~)، ليمونيت(75%~) ، آناتاز (73%~)، فلوگوپيت (73%~)، سلستين (60%~)، ، جاروسيت (45%~)، لوكوكسن (45%~) ، نيز با چنين محيط‌هايي در ارتباط هستند. اين موضوع با در نظر گرفتن آن كه بيش از 95% منطقه را واحدهاي آذرين از نوع خروجي مي‌پوشاند، به سنگ مادر اوليه آنها كه بايد ا زنوع اسيدي باشد، ارتباط داد.

علاوه بر كاني‌هاي ذكر شده، كاني‌هاي ديگر موجود در برگه عبارتند از:

سروزيت (2%~)، شاموزيت (4%~)، كروميت (6%~)، سينابر (5%~)، فلوئوريت (3%~)، گالن (0/5%~)، طلا (7%~)، طلا ـ نقره (2%~)، ماالاكيت (7%~)، ميمتيت (9%~)، سرب خالص (2%~)، اليژيست (27%~)، فلوگوپيت (3%~)، پيريت- ليمونيت (10%~)، نقره (3%~)، اسميت زونيت (0/5%~)، استولزيت (8%~).

3-4- تبديل مقادير كيفي كاني‌هاي سنگين به مقادير عددي (gr/t):

بسياري اوقات در كارهاي ژئوشيميايي احتياج به مقادير عددي كاني‌ها (gr/t) مي‌باشد. اين در حالي است كه مقادير كاني‌هاي سنگين به طور عددي معلوم نبوده و به صورت كيفي گزارش مي‌گردند. براي رفع اين نقص با استفاده از فرمول زير مقادير كيفي به كمي‌تبديل شوند.

$$\mathrm{gr}/\mathrm{t}\ (\mathrm{ppm}) = \frac{X.Y.B.10^4}{A.C} \times \frac{D}{D'}$$

كه در آن A مقدار كل نمونه برداشت شده از صحرا به سانتي‌متر مكعب، B مقدار كل نمونه بعد از شست و شو بر حسب سانتي‌متر مكعب، C مقدار نمونه‌ي مورد مطالعه بر حسب سانتي‌متر مكعب، Y مقدار نمونه‌ي مورد مطالعه بعد از جدايش با بروموفرم بر حسب سانتي‌متر مكعب و D و D′ به ترتيب وزن مخصوص كاني و وزن مخصوص رسوب مي‌باشند (وزن مخصوص رسوب معمولاً 2/7 گرم بر تن انتخاب مي‌شود). با انجام تبديل فوق، از اين پس پردازش‌هاي آماري و تهيه نقشه‌هاي پراكندگي كاني‌ها براساس اين اعداد صورت مي‌پذيرد.

3-5- پردازش داده‌هاي كمي

جهت تشخيص چگونگي توزيع و پراكندگي عناصر مختلف، ارتباط آنها با واحدهاي سنگي و همچنين ارتباط ميان كاني‌هاي مختلف با يكديگر و از همه مهمتر كشف فاز كانه‌زايي احتمالي عناصر در منطقه، نياز به اعمال يك سري روش‌هاي آماري، تهيه نقشه‌هاي پراكندگي و هر راه كار ديگري كه بتواند در كشف وضعيت كانه‌زايي منطقه كمك نمايد، مي‌باشد. بنابراين جهت رسيدن به اين مهم، عمليات زير انجام گرديد:

- دخيل نمودن 53 متغير در پردازش‌ها خود باعث ايجاد مشكل در تفسيرها مي‌گردد. لذا جهت سهولت در كار اقدام به تعريف متغيرهاي جديد گرديد. به اين ترتيب كه با جمع جبري مقادير كمي‌كاني‌هاي سرب دار، كاني‌هاي اكسيد و هيدروكسيد آهن، كاني‌هاي سولفيدي آهن، كاني‌هاي رويدار و .... گروه‌هاي مجزايي توليد و به عنوان يك گروه در پردازش وارد گرديدند. البته با توجه به اين كه جمع ساده مقادير عددي كاني‌هاي مختلف با توجه به تفاوت فاحش موجود ميان عيارها كه غالباً از وزن مخصوص و مواردي شبيه آن ناشي مي‌شود، صحيح نمي‌باشد، لذا بايد داده‌ها به نحوي نرمال گردند. بدين جهت از فرمول زير استفاده شد. سپس مقادير حاصل از اين عمليات با هم جمع گرديدند.

$$X=\frac{\text{مقدار كمي‌كاني در نمونه}}{\text{مقدار ميانه كاني در كل نمونه‌ها}}$$

- پارامترهاي آماري تك متغيره، با توجه به اصل كارآمدي پارامترهاي تك متغيره و وجود داده‌هاي كافي جهت يافت پاسخ مناسب، بر روي داده‌ها اعمال گرديدند.
- جهت تشخيص ارتباط ميان كاني‌هاي سنگين داده شده در نمونه‌ها، با واحدهاي سنگي خاص، اقدام به بررسي يك به يك شماره نمونه‌هايي گرديد كه در آنها نوعي از كاني‌هاي با ارزش تشخيص داده شده بود تا بدين ترتيب، سنگ بالادست هر نمونه شناسايي و احتمال كانه‌زايي و به علاوه فاز آن در سنگ‌هاي مختلف مشخص گرديدند.
- براي آن كه ارتباط ميان كاني‌هاي مختلف روشن گردد، آناليز همبستگي پارامتري و ناپارامتري، آناليز خوشه‌اي و فاكتوري بر روي نمونه‌ها انجام شد.

در ادامه به گزارش نتايج حاصله از اين پردازش‌ها پرداخته مي‌شود.

3-5-1- كاني‌هاي سنگ‌ساز

منظور از كاني‌هاي سنگ‌ساز بخشي از كاني‌هايي است كه تمركز آن‌ها در كاني سنگين امري طبيعي بوده و در تعيين منشأ سازندهاي منطقه داراي اهميت هستند. پارامترهاي آماري اين كاني‌ها در جدول 3-1 و 3-2 آمده است و نقشه‌هاي 3-1 و 3-2 چگونگي توزيع آن را در منطقه نشان مي‌دهد. آنچه از نقشه‌ي كاني‌هاي اپيدوت، گارنت، كيانيت قابل استنباط است اين است كه تجمع بالاي اين كاني‌ها در يك آبراهه اصلي به چشم مي‌خورد كه منشأ گرفته از واحدهاي كوارتز مونزونيتي، گرانو ديوريتي O^m، واحد آندزيت پورفيري آنالسيم‌دار E^{pa}، واحد تراكي آندزيت تراكي بازالت E^{tb} مي‌باشد.

جدول 3-1- پارامترهاي آماري تك متغيره‌ي كاني‌هاي اپيدوت، گارنت، كيانيت

Minerals	EPIDOTS	GARNET	KIANITE
Mean	326.47	126.76	115.79
Median	123.28	37.09	72.00
Std. Deviation	573.42	256.92	156.19
Variance	328806.24	66006.05	24395.77
Skewness	3.14	3.90	2.59
Kurtosis	11.42	17.52	8.05
Minimum	1.39	0.33	0.35
Maximum	3682.46	1707.79	820.91

با بررسي نقشه‌ي كاني‌هاي آمفيبول، بيوتيت و پيروكسن نيز مشاهده مي‌كنيم كه تقريباً اين كاني‌هاي بر همان مكان‌هاي كاني‌هاي اپيدوت، گارنت، كيانيت تمركز يافته‌اند. البته برخي از كاني‌هاي آمفيبول، بيوتيت و پيروكسن، علاوه بر نشأت گرفتن از مكان‌هايي كه كاني‌هاي اپيدوت، گارنت، كيانيت سرچشمه گرفته‌اند، از واحدهايي همچون واحد آندزيتي ـ داسيتي پورفيري Q^{pad}، واحد تراكي آندزيت ـ تراكيت Q_{s1}^{ta} وواحد تراكي آندزيت ـ تراكي بازالت E^{tat} نشأت گرفته‌اند.

جدول 3-2- پارامترهاي آماري تك متغيره‌ي كاني‌هاي آمفيبول، بيوتيت و پيروكسن

Minerals	AMPHIBOL	BIOTITE	PYROXENES
Mean	489.93	186.28	812.66

Median	223.42	37.02	189.43
Std. Deviation	667.63	328.54	1359.34
Variance	445726.93	107941.15	1847818.68
Skewness	2.15	3.06	2.42
Kurtosis	4.70	11.36	5.58
Minimum	3.57	0.45	2.32
Maximum	3096.28	1889.71	5815.05

نقشه‌ی 3-1

نقشه‌ي 3-2

3-5-2- كاني‌هاي آهن‌دار

كاني‌هاي اكسيدي، هيدروكسيدي و سولفيدي آهن به دليل وزن مخصوص غالباً بالا و ثبات فيزيكي خوب غالباً به وفور در ميان كاني‌هاي سنگين يافت مي‌گردند. اين كاني‌ها، به ويژه انواع سولفيدي به عنوان نشانه‌هاي مفيد در رديابي نواحي اميدبخش موردنظر قرار مي‌گيرند. لذا درصد پراكندگي كانيايي اين كاني‌ها به تفكيك اكسيدي ـ هيدروكسيدي و سولفيدي در نقشه‌هاي 3-3 و 3-4 به نمايش گذاشته شده است. همچنين مقادير پارامترهاي آماري تك متغيره‌ي كاني‌هاي ياد شده نيز در جدول 3-3 و 3-4 آمده است. با در نظر گرفتن بررسي‌هاي صحرايي و مقايسه با نقشه‌ي زمين‌شناسي منطقه به نظر منشأ اصلي مقادير بالاي كاني‌هاي اكسيدي، هيدروكسيدي و سولفيدي آهن، واحدهاي آذرين اسيدي بوده و اين كاني‌ها مي‌توانند به عنوان رديابي كاني‌زايي مورد توجه قرار بگيرند.

جدول 3-3- پارامترهاي آماري تك متغيره‌ي كاني‌هاي اكسيدي و هيدروكسيدي آهن

Minerals	GOETHITE	HEMATITE	ILMENITE	LIMONITE	MAGNETITE	MARTITE
Mean	136.07	1028.98	23.84	35.09	2240.27	123.62
Median	58.08	458.29	1.00	20.21	1408.00	49.11
Std. Deviation	176.59	1454.67	41.89	44.86	2657.66	183.48
Variance	31183.41	2116069.50	1754.82	2011.98	7063145.97	33664.31
Skewness	2.28	2.32	2.33	1.56	2.44	2.06
Kurtosis	6.26	5.15	5.27	1.95	6.92	3.99
Minimum	1.91	3.49	0.75	0.75	16.00	2.29
Maximum	913.29	6572.77	188.98	186.61	13542.13	816.00

جدول 3-4- پارامترهاي آماري تك متغيره‌ي كاني‌هاي سولفيدي آهن

Minerals	JARUSITE	PYRITE	PYRITE(OXIDE)
Mean	24.04	16.73	234.31
Median	5.50	1.36	83.00
Std. Deviation	29.65	49.68	386.12
Variance	878.92	2468.57	149087.94
Skewness	1.96	4.24	3.02
Kurtosis	3.19	18.27	10.32
Minimum	5.50	0.19	1.58
Maximum	116.75	283.62	2133.33

نقشه‌ي 3-3

نقشه‌ي 3-4

3-5-3- كاني‌هاي سربدار

در برگه‌ي 1:25000مشگين شهر كاني ميمتيت در اكثر نمونه به مقدار بيشتر از PTS ديده مي‌شود. 12 نمونه داراي مقادير PTS براي كاني‌هاي مختلف سرب از جمله سرب خالص، پيرومورفيت، سروزيت و گالن مي‌باشند (نقشه‌ي 3-5 پراكندگي همزمان كاني‌هاي سرب و روي را نشان مي‌دهد).

3-5-4- كاني‌هاي روي دار

در برگه‌ي 1:25000مشگين شهر تنها يك نمونه حاوي دو كاني سنگين روي با نام‌هاي اسميت‌زونيت و اسفالريت به صورت مقادير PTS مي‌باشد. به نظر مي‌رسد اين نمونه از واحد مونزونيت كوارتزمونزيت ـ گرانوديوريت O^m سرچشمه گرفته باشد (نقشه‌ي 3-5).

نقشه‌ي 3-5

3-5-5- كاني‌هاي اقتصادي مهم با فراواني اندك

- طلا

اين عنصر به صورت كاني طلاي خاص در 13 نمونه به صورت مقادير PTS (چند ذره) گزارش گرديده است. كه اين نمونه‌ها در ارتباط با واحدهاي O^m، E^{tat} و E^{pa} هستند (نقشه‌ي 3-6).

- نقره - طلا

تركيب نقره - طلا فقط در سه نمونه گزارش گرديده كه دو نمونه آن در ارتباط با واحد O^m و يك نمونه در ارتباط با واحد E^{pa} و E^{tb} مي‌باشد (نقشه‌ي 3-6).

- نقره

نقره در 4 نمونه به صورت مقاديرPTS گزارش گرديده است كه از اين 4 نمونه، دو نمونه در ارتباط با سازند O^m ، يك نمونه در ارتباط با واحد E^{pa} و يك نمونه در ارتباط با واحد Q_{s1}^{ta} است. با توجه به اين كه عنصر نقره در فازهاي

نهايي هيدروترمال‌ها تجمع اقتصادي دارد و سنگ‌هاي اين منطقه از نوع اسيدي و متوسط هستند، مي‌توان اميد به كاني‌سازي هيدروترمالي در اين منطقه داشت (نقشه‌ي 3-6).

- سينابر

در 10 نمونه كاني حاوي جيوه (سينابر) به صورت مقادير PTS گزارش گرديده است. كه 5 نمونه‌ي آن در ارتباط با واحد E^{tb}، سه نمونه در ارتباط با واحد O^{m}، دو نمونه در ارتباط با واحد E^{pa} مي‌باشد (نقشه‌ي 3-6).

- مالاكيت

عنصر مس به صورت كاني مالاكيت در 14 نمونه به چشم مي‌خورد كه فقط يك نمونه از آن داراي مقادير بالاي مس مي‌باشد و بقيه در حد PTS گزارش گرديده‌اند. 10 نمونه آن از واحد E^{rb}، دو نمونه از واحد O^{m}، دو نمونه از واحد E^{pa} نشأت گرفته‌اند (نقشه‌ي 3-7).

- باريت

اين كاني در 5 نمونه به صورت آنومالي درجه‌ي 1 و در 4 نمونه به صورت آنومالي درجه ي 2 گزارش گرديده‌اند كه از اين 9 نمونه، 8 نمونه از واحد E^{tb} سرچشمه گرفته و فقط يك نمونه مربوط به واحد E^{pa} مي‌باشد (نقشه‌ي 3-7).

نقشه‌ي 3-6

نقشه‌ی 3-7

- آپاتيت

اين كاني در 17 نمونه گزارش شده است كه 6 نمونه آن از سازند O^m، 6 نمونـه از واحـد E^{pa} و 5 نمونـه از واحـد E^{tb} سرچشمه گرفته است (جدول 3-5) (نقشهي 3-8).

جدول 3-5- پارامترهاي آماري تك متغيرهي آپاتيت

Minerals	APATITE
Mean	81.46
Median	57.21
Std. Deviation	87.71
Variance	7692.43
Skewness	1.71
Kurtosis	3.45
Minimum	0.30
Maximum	430.08

جدول 3-6- پارامترهاي آماري تك متغيره برخي از ديگر كاني‌هاي سنگين در برگـهي مشـگين شـهر را بـه نمـايش ميگذارد (نقشهي 3-9).

جدول 3-6- پارامترهاي آماري تك متغيرهي ديگر كاني‌هاي سنگين

Minerals	ALT.SILICATE	ANATASE	CHLORITE	F,Q	PHLOGOPITE	RUTILE	SPHENE	ZIRCON
Mean	3739.97	1.42	19.36	17.75	24.92	1.85	92.49	121.57
Median	2706.80	0.23	3.70	6.35	11.72	0.25	1.33	49.68
Std. Deviation	3312.44	2.31	39.64	26.05	41.79	2.85	274.30	192.49
Variance	10972232	5.35	1571.15	678.84	1746.73	8.11	75238	37052
Skewness	2.28	2.94	3.26	2.08	2.78	2.63	3.69	2.86
Kurtosis	6.14	9.18	10.55	4.34	7.85	7.26	13.62	9.31
Minimum	222.26	0.23	2.77	0.10	0.37	0.19	0.35	0.26
Maximum	17825.94	11.45	198.95	118.5	197.65	14.17	1480	1076

نقشه‌ي 3-8

نقشه‌ي 3-9

3-6- بررسي آماري چند متغيره

براي تشخيص وجود يا عدم وجود ارتباط ميان كاني‌ها و نحوه‌ي آن به بررسي آماري چند متغيره بر روي كاني‌هاي سنگين پرداخته شده است. با توجه به شرح تئوري هر كدام از اين روش‌ها در فصل پيش در اينجا صرفاً به ارائه‌ي نتايج اقدام مي‌گردد. اين تفسير صرفاً بر روي كاني‌هايي كه حداكثر نمونه‌ها در آن قابل مشاهده هستند، امكان پذير مي‌باشد.

3-6-1- ضرايب همبستگي

جدول 3-7 و 3-8 نتايج آناليز ضرايب همبستگي را نشان مي‌دهد. بر اساس آناليز پيرسون همبستگي مثبت و متوسط بين كاني‌هاي آمفيبول و پيروكسن ديده مي‌شود اين كاني‌ها، از جمله كاني‌هاي سنگ‌هاي آذرين هستند و از اجزاي اصلي رسوبات آبراهه اي مي‌باشند.

همچنين همبستگي بالا و مثبت بين كاني‌هاي آپاتيت و زيركن مشاهده مي‌شود. اين دو كاني از جمله كاني‌هاي مقاوم در برابر فرسايش هستند و در رسوبات آبراهه‌اي فراوان ديده مي‌شوند.

همبستگي مثبت و متوسطي بين كاني‌هاي مگنتيت و زيركن به چشم مي‌خورد كه اين دو كاني نيز از كاني‌هاي مقاوم در برابر فرسايش هستند و همبستگي آنها با هم منطقي به نظر مي‌رسد.

همبستگي مثبت و متوسط بين پيريت (اكسيد) و هماتيت كه هر دو از تركيبات آهن‌دار هستند، وجود دارد. اصولاً پيريت در رسوبات اكسيد شده و به هماتيت تبديل مي‌گردد. به همين دليل اين دو زياد با هم ديده مي‌شوند.

كيانيت كاني دگرگوني‌اي است كه نشان‌دهنده‌ي شرايط فشار و درجه حرارت بالا است و همبستگي مثبت و بالاي آن با آپاتيت در نتيجه‌ي مقاومت بالاي هر دو كاني در برابر فرسايش است.

براساس آناليز اسپيرمن همبستگي مثبت و متوسطي بين كاني‌هاي زيركن با اسفن، آپاتيت، مگنتيت و كيانيت ديده مي‌شود كه همگي بسيار مقاوم هستند.

همچنين همبستگي مثبت و متوسطي بين كاني‌هاي پيروكسن و آمفيبول ديده مي‌شود، كه هر دو از جمله كاني‌هاي سنگ‌هاي آذرين هستند كه اين مسئله تاييد كننده‌ي نتيجه‌ي آناليز پيرسون مي‌باشد.

جدول 3-7-

جدول 3-8-

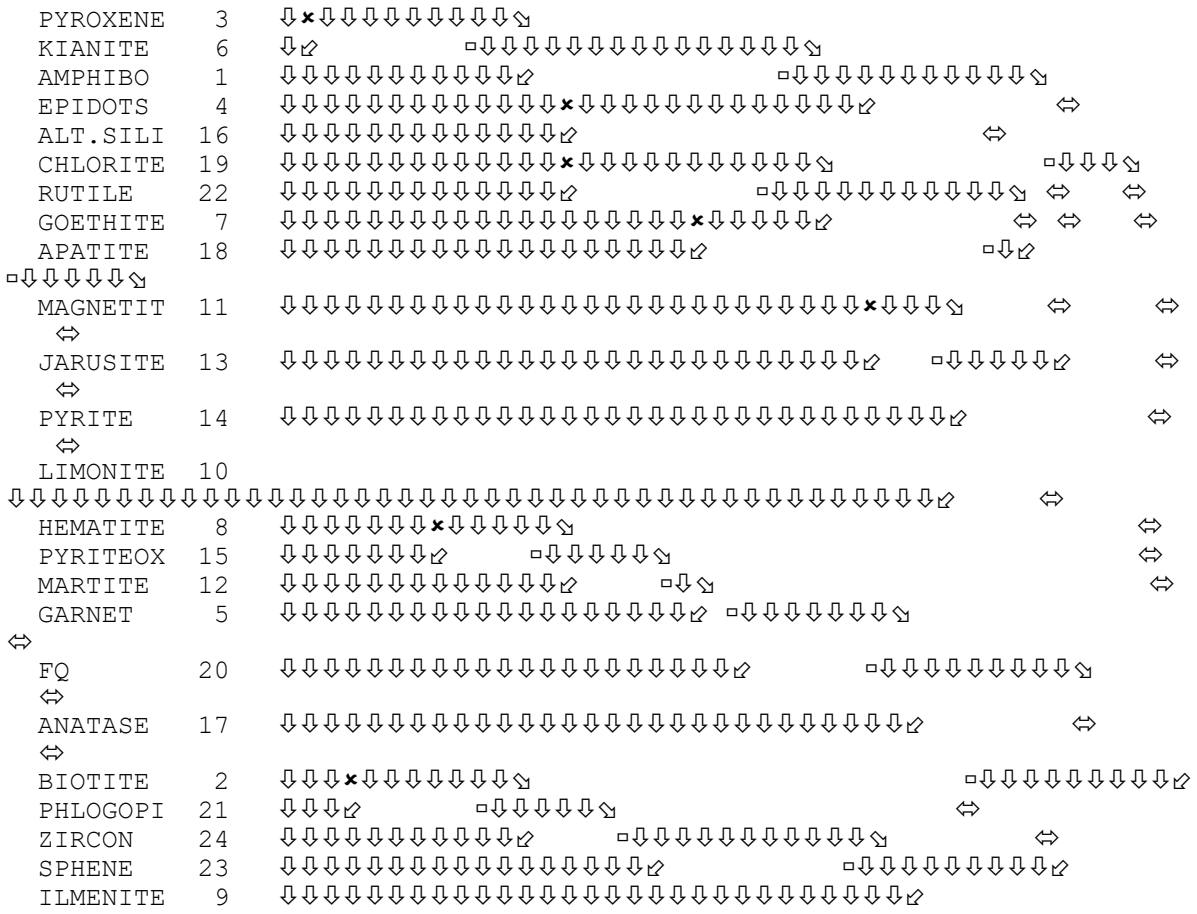
3-6-2- آناليز خوشه‌اي

تصوير 3-1 نتيجه‌ي آناليز خوشه‌اي بر روي داده‌هاي كاني سنگين را نمايش مي‌دهد. بر طبق نمودار خوشه‌اي كه به روش Average linking تهيه گرديده موارد زير را مي‌توان استنباط كرد:

- رابطه‌ي نزديك بين بيوتيت و فلوگوپيت كه هر دو از خانواده ميكاها هستندو نحوه‌ي انتقال آن‌ها در جريانات آبراهه‌اي به علت ورقه اي بودن مشابه هم است.
- رابطه‌ي بين هماتيت و پيريت اكسيد، بسيار منطقي است و در واقع از اكسيد شدن پيريت، هماتيت حاصل شده است.
- ساير روابط عموماً طبيعي و در اكثر ساختارهاي آبراهه‌اي مشاهده مي‌شود.

```
Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)
Rescaled Distance Cluster Combine

    C A S E      0         5        10        15        20        25
  Label     Num  +---------+---------+---------+---------+---------+
```



تصوير 3-1- نتيجه‌ي آناليز خوشه‌اي كاني سنگين

3-6-3- تجزيه و تحليل فاكتوري

با توجه به نتيجه‌ي آناليز فاكتوري 5 فاكتور حدود 70% از تغييرپذيري منطقه را توجيه مي‌نمايند. فاكتور اول كه مهم‌ترين اين فاكتورها به شمار مي‌آيد با توجيه 17/2% شامل كاني‌هاي هماتيت، پيريت (اكسيد)، گارنت، مارتيت، فلدسپات و كوارتز است كه تشكيل دهنده‌هاي اصلي رسوبات آبراهه‌اي هستند.

فاكتور دوم با توجيه 16/8% تغييرات شامل كاني‌هاي بيوتيت، فلوگوپيت، زيركن، اسفن، مگنتيت است كه در رسوبات فراوان و عموماً از آلتراسيون و تخريب سنگ‌هاي آذرين حاصل مي‌شوند.

فاكتور سوم با توجيه 15/6% تغييرات شامل كاني‌هاي آمفيبول، پيروكسن و كيانيت است كه مرتبط با تغييرات ليتولوژيكي در محدوده هستند.

فاكتور چهارم با توجيه 11/4% تغييرات شامل كاني‌هاي روتيل، گوتيت، آپاتيت از جمله كاني‌هاي داراي مقاومت بالايي در برابر فرسايش هستند.

فاكتور پنجم با توجيه 11/03% تغييرات شامل كاني‌هاي پيريت، جاروسيت، كلريت مي‌باشد كه ممكن است در نتيجه‌ي فعاليت‌هاي مرتبط با آلتراسيون و زايش كاني‌هاي سولفيدي حاصل گردد.

جدول 3-9- نتيجه‌ي حاصل از آناليز فاكتوري كاني سنگين مشگين‌شهر

Rotated Component Matrix(a)

	Component				
	1	2	3	4	5
HEMATITE	**0.856**	-0.337	0.068	0.086	0.072
PYRITE(OXIDE)	**0.810**	0.185	0.042	0.091	0.117
GARNET	**0.765**	0.284	0.114	-0.195	-0.173
MARTITE	**0.731**	-0.122	-0.370	0.087	0.213
F,Q	**0.585**	-0.517	0.055	-0.367	0.009
EPIDOTS	-0.534	-0.102	0.406	0.320	0.086
ANATASE	0.490	0.380	-0.083	0.240	-0.276
BIOTITE	0.006	**0.942**	-0.252	-0.053	-0.030
PHLOGOPITE	-0.320	**0.735**	-0.208	-0.339	-0.067
ZIRCON	0.277	**0.681**	-0.003	-0.004	-0.256
LIMONITE	0.077	-0.607	0.010	0.290	-0.348
SPHENE	0.465	**0.591**	-0.412	0.064	-0.167
MAGNETITE	0.161	**0.542**	0.033	0.150	0.336
AMPHIBOL	0.069	0.113	**0.884**	-0.008	-0.018
PYROXENES	0.127	-0.326	**0.810**	-0.010	0.086
KIANITE	-0.062	-0.248	**0.808**	0.220	0.391
ILMENITE	0.342	0.083	-0.719	-0.068	0.075
RUTILE	0.060	0.107	-0.511	**0.787**	0.218
GOETHITE	-0.056	-0.264	0.176	**0.767**	0.141
APATITE	-0.014	-0.055	0.311	**0.704**	-0.318
PYRITE	0.010	-0.273	-0.095	-0.023	**0.862**
JARUSITE	0.080	0.216	0.201	0.025	**0.686**
CHLORITE	-0.019	0.183	-0.008	0.619	**0.630**
ALT.SILICATE	-0.430	-0.215	0.328	0.158	0.437

Total Variance Explained

Component	Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.145	17.269	17.269
2	4.041	16.838	34.107

3	3.762	15.674	49.781
4	2.750	11.460	61.241
5	2.648	11.033	72.274

3-7- نتيجه‌گيري

با توجه به نقشه کانی سنگین ارائه شده (نقشه‌ي 3-10) می‌توان پراکندگی کانی‌های مهم را در محدوده مورد مطالعه به خوبی مشاهده نمود. در این نقشه کانی طلا در قسمت شمالی، غربی و جنوبی پراکنده مي‌باشد.

در آبراهه‌ي جنوبی طلا به صورت مقادیر pts به همراه کانی سنگین مالاکیت و سرب مشاهده می شود. در این آبراهه همچنین اکسیدها و سولفیدهای آهن، نقره و کانی‌های آلتره مانند کلریت نیز مشاهده می‌شود.

در نمونه‌های کانی سنگین برداشتی از آبراهه جنوب غربی نیز، طلا به مقدارpts در 4 نمونه وجود دارد.

در آبراهه غربی با راستای شمالی جنوبی همراه کانی سنگین طلا ،سرب روي و کانی‌هاي سولفید آهن به چشم می خورد.

در شمال منطقه همراهی طلا با مس، طلا-نقره، نقره، کانی‌های آلتره، سولفیدها و اکسیدهای آهن دیده می‌شود.

به نظر می‌رسد وجود کانی‌های سنگین سولفید و اکسید آهن که از سازندهای آذرین اسیدی منطقه سرچشمه گرفته‌اند می‌تواند به عنوان ردیاب کانی‌زایی مورد توجه قرار گیرد.همانطور که در نقشه‌ي 3-21 نیز آمده است، می‌توانیم همراهی این دو کانی را با کانی‌هایی نظیر طلا، نقره، مس، سرب و... که از کانی‌های اقتصادی و مهم در این برگه هستند مشاهده نماییم. از طرف دیگر با توجه به این که عنصر نقره در فازهاي نهايي فعاليت‌هاي هيدروترمالي نهشت مي‌گردد و همچنين همراهي آن با ديگر كاني‌هاي فعاليت‌هاي هيدروترمالي، نظير طلا، مس، سرب و روي و وجود كاني‌هاي آلتره فراوان در منطقه، مي‌توان اميد به كاني‌سازي هيدروترمالي در اين منطقه داشت. در مجموع تمركز و چگالي كاني‌ها در قسمت جنوبي محدوده بيشتر مشاهده مي‌گردد.

نقشه 3-10