

## مقدمه

مناطق آنومال مشخص شده، حاصل از پردازش داده‌های نمونه‌های ژئوشیمیایی آبراه‌های می‌توانند ناشی از پدیده‌های کانی‌سازی احتمالی و همچنین نتیجه مؤلفه‌های سن‌ژنتیک باشند لذا ضرورت استفاده از سایر روش‌های نمونه‌برداری و نیز بررسی‌های صحرایی جهت تفکیک آنومالی‌های مربوط به هریک از آنها کاملاً روشن می‌باشد. در این ارتباط بررسی مناطق دگرسانی، زونهای مینرالیزه و مطالعات کانی‌سنگین صورت می‌گیرد. مطالعات کانی‌سنگین مشخص می‌کند که تمرکز عناصر مورد بررسی درجه فازی صورت گرفته است. بدیهی است پیدایش یک عنصر در فازهای مختلف ارزش اکتشافی متفاوتی دارد و بر اساس آن می‌توان هاله‌های ثانویه را به دو نوع مرتبط با کانی‌سازی و هاله‌های حاصل از پدیده‌های سنگ‌زایی تقسیم نمود. عبارت دیگر بعضی از عناصر، کانی‌های مستقلی را به وجود می‌آورند برای مثال Pb می‌تواند گالن و Zn می‌تواند اسفالریت را بوجود آورد و تمرکز آنها در یک منطقه می‌تواند تمرکزات اقتصادی آنها را سبب شود. اما همین عناصر می‌توانند در شبکه کانی‌های دیگر نیز جای بگیرند. برای مثال Pb می‌تواند در شبکه فلدسپات، Ni می‌تواند در شبکه الیوین و Zn می‌تواند در شبکه بیوتیت و آمفیبول جای بگیرد. بدین ترتیب در حالت عادی سنگ‌زایی بیشتر با ورود این عناصر در ترکیب (یا محلول جامد) کانی‌های سازنده سنگ روبرو هستیم. البته ممکن است حالت‌های استثناء نیز وجود داشته باشد. با توجه به تحرک اندک ذرات کانی‌سنگین نسبت به یونها، هاله‌های ثانویه کانی‌سنگین گسترش کمتری پیدا می‌کنند. در برکه ۱:۲۵۰۰۰ عشوند تعداد ۲۷ نمونه کانی‌سنگین برداشت گردید که طراحی آنها بر اساس موقعیت زونهای کانی‌سازی و شبکه نمونه‌برداری صورت گرفته است.

## ۱- ردیابی کانی‌سنگین

ارزش مشاهدات کانی‌سنگین که در بیشتر موارد جزء کانیهای فرعی سازنده سنگ هستند و ممکن است در مناطق فاقد کانی‌سازی نیز پیدا شوند به اندازه عناصر ردیاب نیست ولی می‌تواند معرف محیط و بستر مناسب وقوع کانی‌سازی باشد برای مثال به چند مورد اشاره می‌شود.

**الف - طلا:** مشاهده ذرات طلا در کنسانتره کانی‌سنگین می‌تواند حاکی از مناطق امیدبخش باشد. ارتباط طلا با آرسنوپیریت و تعدادی از کانی‌های سولفوسالت دیگر می‌تواند در تعیین مناطق امیدبخش مؤثر واقع شود. در نهشته‌های اپی‌ترمال دانه‌ریز بندرت ممکن است طلا در نمونه تغلیظ‌شده کانی‌سنگین معمولی یافت شود. در صورت پیدایش و همراهی آن با سینابر و استینیت، اهمیت منطقه اکتشافی دو چندان می‌شود.

**ب - شئلیت:** همراهی قابل توجه شئلیت و طلا به عنوان مثال در کمربندهای گرین‌استون دنیا گزارش شده است و شئلیت به عنوان یک کانی ردیاب شناخته می‌شود. بنابراین یکی از روشهای اکتشافی در این‌گونه مناطق تمرکز عملیات اکتشافی روی کانی شئلیت می‌باشد.

**ج - باریت:** باریت در بسیاری از کانسارهای فلزات پایه وجود دارد. وجود آن در بخش تغلیظ یافته کانی‌سنگین دلالت بر وجود احتمالی چنین نهشته‌هایی است و با توجه به وسعت هاله‌های آنها می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

**د - تورمالین:** وجود تورمالین در بسیاری از کانسارهای هیپوژن عناصر Au , Cu , Sn , W گزارش شده است. از آنجا که ابعاد هاله پراکندگی آن در سنگ‌های متاسوماتوز شده، استوک‌ورک‌ها و هاله‌های ثانوی مانند رسوبات رودخانه‌ای غالباً بیشتر از ابعاد توده‌های معدنی وابسته به آنها است کاربرد آن به عنوان ردیاب اکتشافی سودمند می‌باشد. تورمالین در سنگ‌های بسیاری از قبیل نفوذی و خروجی، دگرگونی و دگرسان شده از نوع پروپیلیتی، کوارتز سریسیتی و کوارتز-تورمالین یافت می‌شود. زون‌های برشی، استوک‌ورکی و رگه‌های معدنی نیز ممکن است تورمالین داشته باشند.

## ۲- بزرگی هاله‌های کانی‌سنگین

ترکیب سنگ‌شناسی، بزرگی رخنمون در ناحیه منشأ، هوازدگی شیمیایی و مکانیکی از عوامل مؤثر در توسعه هاله‌های کانی‌سنگین به شمار می‌روند که در مورد اخیر به شرایط آب و هوایی و نیز ژئومورفولوژی منطقه بستگی دارند. به این ترتیب بر حسب شیب توپوگرافی ممکن است ذرات طلا و ولفرامیت تا دهها کیلومتر از ناحیه منشأ فاصله بگیرند و برخی کانیها در همان یک کیلومتر اول مسیر تا ۹۰٪ مقدار اولیه کاهش پیدا کنند.

در منطقه عشوند سعی شد نمونه‌های کانی‌سنگین به گونه‌ای برداشت شوند که بیشترین پوشش سطحی را فراهم کنند و در مناطقی که احتمال کانی‌سازی طلا می‌رفت نمونه‌برداری با تراکم بیشتری صورت گرفت.

## ۳- برداشت نمونه‌های کانی‌سنگین

نمونه‌های کانی‌سنگین از محل نمونه‌های ژئوشیمیایی آنومال با حفر بخشی از رسوب سطحی در محل تمرکز رسوبات دانه‌درشت قلوه‌سنگی برداشت گردیدند. سعی گردید تا هر نمونه از چند نقطه مناسب بویژه اطراف تخته سنگهای بزرگ (جبهه مقابل جریان) گرفته شوند تا احتمال برداشت ذرات کانی سنگین افزایش یابد. از هر موقعیت حدود ۷-۵ لیتر رسوب آبراهه‌ای با استفاده از الک ۲۰ مش برداشت گردید و هر نمونه، شماره نمونه ژئوشیمیایی مربوط به خود را گرفت. از محل حوضه‌های آنومالی بزرگتر و نیز حوضه‌هایی که شدت آنومالی ژئوشیمیایی و یا تعداد عناصر پارائنز در آنها بیشتر بوده، تعداد بیشتری نمونه کانی‌سنگین برداشت گردید.

## ۴- آماده‌سازی و مطالعه نمونه‌های کانی‌سنگین

نمونه‌های کانی‌سنگین که به این ترتیب برداشت گردیدند در کارگاه نمونه‌شویی ابتدا حجم سنجی و سپس گل‌شویی شدند. پس از آن روی پن‌های بزرگ و کوچک طی دو مرحله با حرکات دورانی در سطح آب به تدریج ذرات با چگالی کمتر از آنها جدا گردیدند. مقدار باقیمانده روی پن

کوچک تقریباً به طور کامل از ذرات کانی سنگین تشکیل شده است. این بخش خشک و مجدداً حجم سنجی گردید.

پس از این مرحله نمونه‌ها به طور جداگانه درون مایع سنگین بروموفرم ریخته شدند تا براساس وزن مخصوص خود به دو بخش سبک و سنگین تقسیم گردند. بخش سنگین پس از حجم سنجی مجدد، توسط دو مغناطیس با شدتهای استاندارد به سه بخش غیر مغناطیس (NM)، مغناطیسی ضعیف (AV) و مغناطیسی قوی (AA) تقسیم شدند.

با مطالعه نمونه‌های کانی سنگین توسط میکروسکوپ بیناکولار، تعداد هر یک از ذرات کانی سنگین شمارش گردید که با داشتن وزن مخصوص نمونه رسوب و کانی سنگین و حجم سنجی، مقدار آنها بر حسب ppm محاسبه شد.

## ۵- پردازش داده‌های کانی سنگین

### ۵-۱- رسم هیستوگرام متغیرهای کانی سنگین:

تجزیه و تحلیل داده‌های کانی سنگین را می‌توان بوسیله هیستوگرام‌ها، نمودارهای تجمعی، آنالیز خوشه‌ای، ضرایب همبستگی و نمودارهای پراکنش انجام داد. با توجه به اینکه اکثر کانی‌های سنگین نشان‌دهنده لیتولوژی و نوع کانی‌سازی بالادست خود هستند بنابراین وجود اکثر آنها در نمونه‌ها می‌تواند مشخصات ناحیه منشأ را نشان دهد و برای ترسیم ایالت‌های پترولوژی رسوبی و مکان‌یابی نهشته‌های دارای پتانسیل اقتصادی به کار رود. به همین منظور هیستوگرام اکثر کانی‌های سنگین مشاهده شده ترسیم شدند. شکل (۵-۱) هیستوگرام و پارامترهای آماری هر یک از کانی‌های سنگین را نشان می‌دهد.

آنچه که در تمام هیستوگرام‌ها قابل مشاهده است ماهیت لاگ نرمال داده‌های کانی سنگین می‌باشد از آنجا تحرک یک ذره کانی سنگین نسبت به یونها کمتر است در نتیجه وسعت هاله‌های کانی سنگین کوچک می‌باشد. تجربه نشان داده است که اگر ترکیبی از مقادیر یک گروه از کانی‌های معرف بجای مقدار یک کانی خاص به کار گرفته شود هاله‌های کانی سنگین در اطراف توده‌های

کانی‌سنگین بهتر مشخص می‌شود. در مقایسه با هاله‌های تک کانیاپی هاله‌های مرکب جمعی به مراتب بزرگتر و چشم‌گیرترند. بعلاوه اثرات خطاهای تصادفی در آنها کاهش می‌یابد و بدین ترتیب هاله‌های مرکب جمعی نسبت به سیماهای ساختمانی - زمین‌شناسی مرتبط با نهشته‌های کانی‌ساری رابطهٔ نزدیکتری را نشان می‌دهند. این امر به نوبهٔ خود در تعیین دقیق این هاله‌ها سهم مهمی دارد.

هر کانی‌سنگین معرف عنصری خاص است. برای مثال شللیت نشان‌دهنده وجود W و روتیل نشان‌دهندهٔ وجود Ti می‌باشد. بنابراین همان روابط پاراژنزی که در مورد عناصر صادق است در مورد کانی‌ها نیز صادق می‌باشد به همین دلیل کانی‌هایی که معرف کانی‌سازی مشابهی هستند در یک گروه قرار داده شده‌اند:

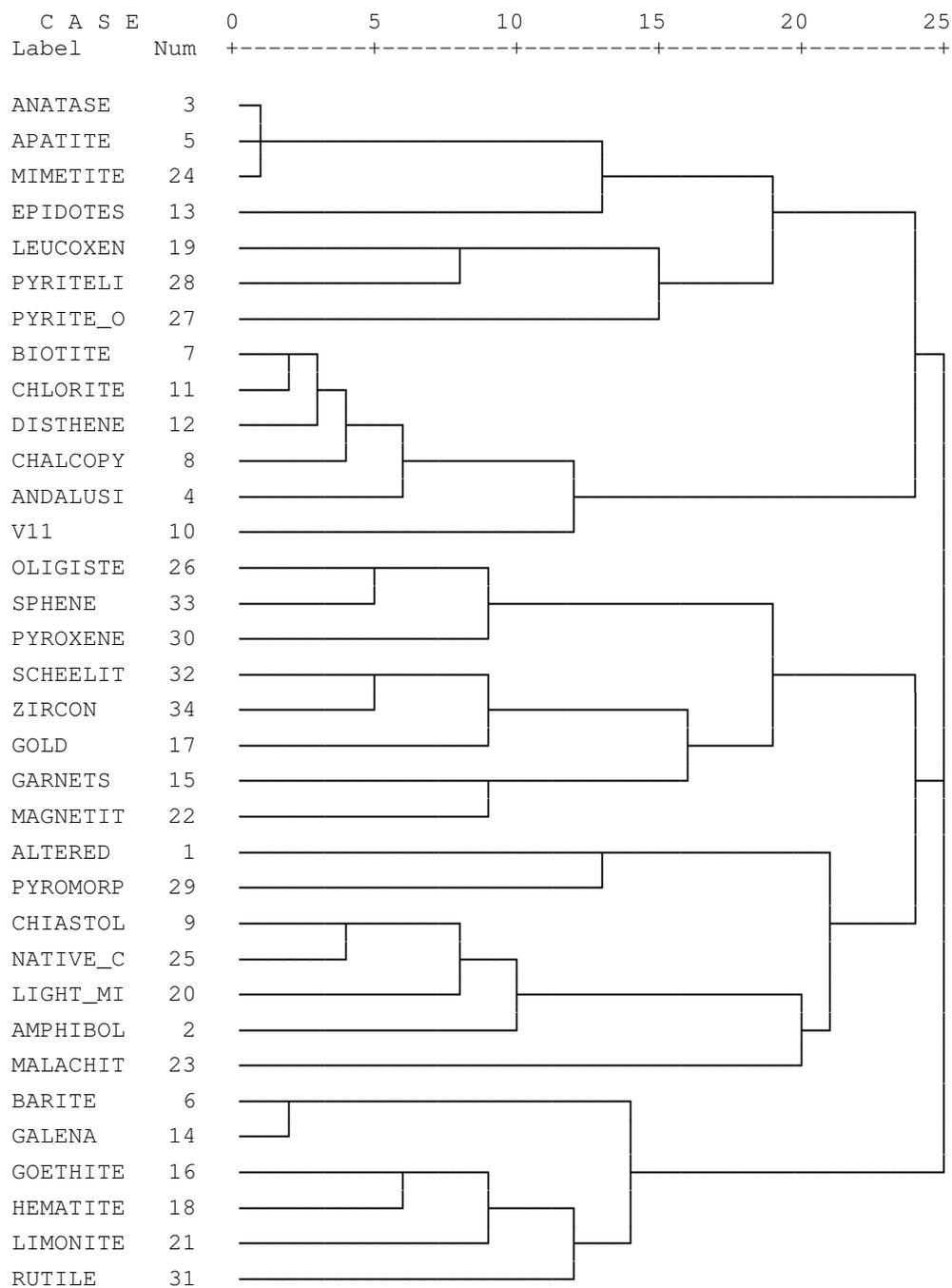
V1 شامل کانی‌های آنتاز، آپاتیت، میمیت، اپیدوت، لوکوکسن، پیریت و پیریت اکسید می‌باشد.

V2 شامل کانی‌های بیوتیت، کلریت، دیستن، کالکوسیت و آندالوزیت است.

V3 شامل کانی‌های اولیژیست، اسفن، پیروکسن، شللیت، زیرکن، طلا، گارنت و مگنتیت می‌باشد.

V4 شامل کانی‌های آلتره، پیرومورفیت، کیاستولیت، مس آزاد، کانی‌های سبک، آمفیبول و مالاکیت است.

V5 شامل کانی‌های باریت، گالن، گوتیت، هماتیت و روتیل است.



شکل ( ۵-۱ ): آنالیز خوشه‌ای نمونه‌های کانی سنگین برگه ۲۵۰۰۰:۱ عشوند



در نهایت نقشه مربوط به آنومالی‌های ممکن، احتمالی و قطعی و همچنین حد زمینه هر یک از گروه‌های کانی‌سنگین فوق بصورت نقشه‌های سی تا سی و چهار آورده شد.

طلا در دو نمونه کانی‌سنگین مشاهده شده است. که یکی در نمونه NA-111H و دیگری در نمونه NA-118H می‌باشد که در هر نمونه تنها یک ذره طلا مشاهده شده است.

## ۶ - نمونه‌های مینرالیزه

برای بدست آوردن مناطق کانی‌سازی و حجم و میزان کانی‌سازی همچنین تعیین دقیق نقاط کانی‌سازی سعی شد از مناطق با احتمال کانه‌سازی نمونه‌های مینرالیزه به صورت چپ برداشت شود. در محدوده برگه ۱:۲۵۰۰۰ عشوند تعداد ۳۷ نمونه مینرالیزه برداشت شده است که شرح هر یک از نمونه‌ها در ذیل می‌آید. این نمونه‌ها پس از خردایش و آماده‌سازی مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفتند که نتایج آن در جدول (۳-۵) آورده شده است. عناصری که غلظت آنها در نمونه بالا بود در شرح نمونه‌های مینرالیزه آمده است. مطالعه این نتایج در تکمیل نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی و کانی‌سنگین و در نهایت معرفی مناطق، کمک شایان توجهی می‌کند.

### توصیف نمونه های منیر الیزه عشوند:

از تعداد ۳۷ نمونه مینرالیزه برداشت شده از منطقه عشوند تعداد ۱۴ نمونه دارای مقادیر بیش از ۱۰۰ ppb طلا می‌باشند که در این میان نمونه 86-NA-100M5 با دارا بودن ۲۰۰۰ ppb طلا در صدر قرار دارد. این نمونه از آندواسکارن مربوط به اسکارن بطول در حدود ۳۰۰ متر و عرض در حدود ۳۰ متر و عمق قابل مشاهده ۵۰ تا ۶۰ متر که توسط یک گسل نمایان شده است بدست آمده است. در این اسکارن همچنین مقادیر فراوانی از کانی‌های مس حضور دارند که برای اولین بار در طی این پروژه کشف و بدینوسیله گزارش می‌گردد. نمونه 86-NA-100M6 با دارا بودن ۱۸۰۰ ppb طلا در رده دوم نمونه‌های مینرالیزه قرار دارد که این نمونه نیز از نزدیک نمونه فوق‌الذکر و از آندواسکارن توضیحی فوق‌الذکر می‌گیرد. در ادامه نیز نمونه‌های 86-NA-101M4, 86-NA-100M7, 86-NA-101M5 با مقادیر ۹۰۰ و ۷۵۰ و ۶۰۰ PPb حضور دارند که مشخصات کامل آنها در جدول (۳-۵) آورده شده است.