

۳-۱ طراحی شبکه نمونه برداری:

معمولاً عواملی که در طراحی شبکه نمونه برداری نقش اساسی دارند شامل واحدهای سنگی موجود در منطقه، سیستم توپوگرافی، شبکه آبراهه‌ای و سیستم گسله حاکم بر منطقه می باشد. در تراکم نمونه برداری در محدوده اکتشافی مورد بحث با توجه به توپوگرافی مرتفع سعی گردیده است ضمن رعایت دانسیته نمونه‌ها که ۳ نمونه در هر کیلومتر مربع بوده است، فاکتور انتشار واحدهای سنگی و شبکه گسله و زونهای مینرالیزه نیز در طراحی شبکه اعمال گردد. در طول عملیات صحرایی ضمن برداشت نمونه‌های ژئوشیمیایی کلیه اطلاعات زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی مورد توجه و ثبت قرار گرفت. نمونه‌های کانی‌سنگین با شبکه تقریبی ۱ عدد در هر کیلومتر مربع نیز طراحی گردید که معمولاً از مدخل آبراهه‌های اصلی جائیکه بیشترین مساحت حوضه آبرگیر را در برمی‌گیرد برداشت شده است. در مجموع تعداد نمونه‌های ژئوشیمیایی ۳۴ عدد و کانی‌سنگین ۲۷ عدد می‌باشد.

۳-۲- آماده‌سازی نمونه‌های ژئوشیمیایی:

نمونه‌های برداشت شده از رسوبات آبراهه‌ای در محل هر ایستگاه پس از بررسی موقعیت زمین‌شناسی و جغرافیایی و ثبت کلیه پدیده‌های زمین‌شناسی به مقدار ۲۰۰ الی ۳۰۰ گرم از الک ۶۰ مش عبور داده شده است. کلیه نمونه‌ها پس از کنترل و بسته‌بندی، به بخش نمونه‌کوبی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال گردید. در بخش نمونه‌کوبی کلیه حجم نمونه برداشت شده تا حد ۲۰۰ مش پودر شده و سپس نمونه‌ها جهت آنالیز به آزمایشگاههای تجزیه عنصری سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال شد. کلیه نمونه‌های سنگ نیز پس از برداشت از زونهای مینرالیزه به وزن حدود ۵-۲ کیلوگرم بصورت لپیری پس از کنترل و بسته‌بندی به بخش نمونه‌کوبی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال گردید. نمونه‌های مذکور پس از پودر شدن در حد ۲۰۰ مش، هر یک با توجه به اهداف مختلف اکتشافی به

آزمایشگاههای تجزیه عنصری و کانی‌شناسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال شدند.

۳-۳- آماده‌سازی و مطالعه کانیهای سنگین:

کانیهای سنگین به آن دسته از کانیهای گفته می‌شود که وزن حجمی آنها بیشتر از ۸۹/۲ گرم بر سانتی متر مکعب باشد و در مایع بروموفرم غوطه ور شوند. زمانیکه پدیده‌های کانی‌سازی نظیر تزریق محلولهای هیدروترمالی و یا پدیده‌های دگرگونی در اثر نفوذ سنگهای آذرین بوجود می‌آیند، عیار کانیهای سنگین در سنگ دربرگیرنده و یا محلولهای تزریق شده افزایش یافته و اکثراً کانیهای کانسار ساز اقتصادی بوجود می‌آید. (Economic minerals)

در صورتیکه عیار کانیهای اقتصادی که اغلب جزء کانیهای سنگین به شمار می‌آیند در سنگهای دربرگیرنده افزایش یابند بصورت رگه، رگچه و عدسیهای معدنی تظاهر پیدا می‌کنند و یا بصورت کانیهای پراکنده در متن سنگ (Disseminated minerals) شکل می‌گیرند.

در محیط‌های ثانویه کانیهای سنگین از دو منشأ کاملاً مستقل تحت تأثیر عوامل تخریبی و تجزیه فیزیکی (Weathering) بوجود می‌آیند.

۱- کانیهای سنگین مشتق شده از کانیهای سنگ‌ساز نظیر پیروکسن، آمفیبول، تورمالین، چنانچه منشأ کانیهای سنگین از کانیهای کانسار ساز باشند، کانیهایی مثل کالکوپیریت، پیریت، زیرکن، هماتیت، روتیل، ایلمنیت، طلا، سینابر، شئلیت، کاسیتیریت را بوجود می‌آورند.

۲- کانیهای سنگین مشابه عناصر کانسار ساز اکثراً بصورت گروهی و یا کانیهای پاراژنز (Para genetic Minerals) با یکدیگر از سنگ مادر جدا شده و تحت شرایط فیزیکی و جغرافیایی حاکم بر محیط نظیر شدت جریان آب و شرایط مورفولوژیکی حوضه آبرگیر نظیر شیب توپوگرافی، درجه حرارت محیط در محیط ثانویه تمرکز و تجمع می‌یابند.

نقش عوامل فیزیکی در تمرکز کانیهای سنگین در محیط‌های ثانویه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند بهمین دلیل کانیهای هم‌وزن با منشأ متفاوت در یک محدوده جغرافیایی متمرکز می‌گردند

که می‌توانند در رابطه مستقیم با زون کانی‌ساز و یا واحدهای سنگی موجود در حوضه آبریز باشند. لذا تشخیص منشأ و منبع تمرکز کانیهای سنگین در محیط‌های ثانویه نقشی مهم در اکتشاف کانسارهای اولیه و کانسارهای ثانویه رسوبی (Placer Deposits) دارند. مطالعه کانیهای سنگین در امر اکتشاف دو کاربرد مهم دارند. یکی نقش ردیابی یا (Pathfinder Minerals) و دیگری کشف کانسارهای برجای مانده یا (Placer Deposits) می‌باشد. در مرحله اول چنانچه کانیهای پاراژنز نظیر سینابر (HgS)، اورپیمانیت (As_2S_3)، رآلگار (AsS)، استیبینیت (Sb_2S_3)، کاسیتريت (SnO_2)، ولفرامیت [$(Fe, Mn)WO_4$] در یک حوضه آبریز تمرکز یافته باشند، سنگهای حوضه آبریز می‌توانند خاستگاه تشکیل طلا باشند و یا اینکه حضور کانیهای پیریت (FeS)، مالاکیت $\{Cu_2Co_3(OH)_2\}$ ، کولیت (CuS) و کالکوپیریت ($CuFeS_2$) می‌تواند نشانه‌ای از حضور کانی‌سازی مس در سنگهای دربرگیرنده باشد. انطباق زون‌های تمرکز یافته کانیهای سنگین با آنومالیهای عنصری خود نیز تائیدی بر حضور کانی‌سازی در سنگهای دربرگیرنده حوضه آبریز می‌باشند. در بسیاری از محیط‌های رسوبی (محیط ثانویه) عهد حاضر نظیر رسوبات رودخانه‌ای، مخروط افکنه‌ها (Alluvial Fans)، تراسهای رودخانه‌ای، رسوبات دامنه‌ای و بالاخره رسوبات ساحلی (Beach Deposits) بسیاری از کانیهای سنگین در حد اقتصادی تمرکز می‌یابند. این کانیها عبارتند از: ایلمنیت، روتیل، مگنتیت، کاسیتريت، مونازیت، طلا که اگر عیار آنها در حد اقتصادی افزایش یابد خود رسوبات بعنوان کانسار شناخته شده (Placer Deposits) و قابل استخراج می‌باشند. با توجه به مقدمه‌ای که گفته شد در منطقه اکتشافی مورد بحث تعداد ۲۵ نمونه کانی‌سنگین با هدف کنترل کانیهای پاراژنز طلا برداشت و مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. ناگفته نماند چنانچه طلا بعنوان عنصر آزاد در سنگهای حوضه آبریز وجود داشته باشد قابل شناسایی در رسوبات رودخانه‌ای است و چنانچه بصورت عنصر درگیر در شبکه کریستالی کانیهای دیگر نظیر پیریت و کالکوپیریت باشد شناسایی آن بصورت آزاد غیرممکن است.

در راستای نمونه برداری ژئوشیمیایی و جهت تکمیل مطالعه و جمع آوری داده‌ها، اقدام به نمونه برداری کانی سنگین شد. جهت نیل به نتایج مطلوبتر از بخشهای پائین دست و در مسیر آبراهه اصلی، از عمق ۳۰ سانتیمتری گودالی حفر شده و در عرض آبراهه (در صورت عریض بوده آبراهه) یا در طول آن (در صورت کم بودن عرض آن) با توجه به میزان رسوب و به تعداد مقتضی نمونه برداشت شد که ماحصل این نمونه برداری، مقدار ۵ لیتر نمونه خشک الک شده در زیر الک ۲۰ مش می باشد. در مرحله آماده سازی ابتدا نمونه کانی سنگین انتخاب شده از آبراهه، توسط آب شسته می شود (مرحله لاوک شویی) سپس طی مرحله بروموفرم گیری که یکی از مراحل چندگانه آماده سازی کانی سنگین است، کانی های با وزن مخصوص بیش از ۲/۸۹ گرم بر سانتیمتر مکعب (Heavy mineral) از کانی های سبک (Light mineral) جدا می شود. مرحله بعدی با عنوان مرحله مگنت گیری از مجموع کل (Total Volume) که در مرحله لاوک شویی حاصل شده بود، یک حجم بعنوان حجم بایگانی در نظر گرفته می شود، بطوریکه حجم مطالعاتی، خود توسط آهنربای مغناطیسی به سه بخش مجزا با عناوین بخش NM، بخش AA، بخش AV تقسیم می شود. بخش NM فاقد هرگونه خاصیت مغناطیسی بوده و عمدتاً شامل کانیهای زیرکن، آپاتیت، روتیل، آناتاز، اسفن، باریت و کانیهای باارزشی از جمله سینابر، طلا، پیریت و کالکوپیریت می باشد. بخش AA دارای حداکثر خاصیت مغناطیسی بوده و از جمله کانی های آن مگنتیت و ایلمنومگنتیت می باشد.

و بالاخره بخش AV که از نظر خاصیت مغناطیسی حد بین دو بخش قبلی است شامل کانیهای پیروکسن، آمفیبول، اولیوین، گارنت، کرومیت، هماتیت، ایلمنیت است.

جهت مطالعه و درصد دهی و در نهایت ارائه عیار کانیها بصورت گرم در تن از فرمول:

$$G = \frac{X.y.b.d.10000}{A.C.2.5}$$

استفاده شده است (ف.آزم ۱۳۶۴). جهت تعیین عیار کانیها بر حسب گرم در تن، کلیه مراحل آماده‌سازی بر حسب حجم سنجی صورت می‌گیرد. بطوریکه نمونه برداشت شده قبل از لاوک‌شویی، حجم‌سنجی می‌گردند و کلیه مراحل بعدی نیز حجم‌سنجی گردیده و در نهایت با استفاده از فرمول بالا حجم به وزن (گرم در تن) تبدیل می‌گردد.

در فرمول بالا پارامترها عبارتند از:

G = عیار هر کانی بر حسب گرم در تن

X = مقدار کانی مورد مطالعه زیر بینوکولر بر حسب درصد

Y = حجم کانی‌سنگین پس از عبور از بروموفرم

b = مقدار رسوب باقیمانده پس از لاوک‌شوئی

d = وزن مخصوص کانی مورد مطالعه

c = حجم انتخابی رسوب جهت عبور از محلول بروموفرم

2.5 = وزن مخصوص متوسط رسوب رودخانه‌ای

۳-۴- روش آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی و حد حساسیت دستگاهها:

در این پروژه ۳۵ عنصر: Mo, Cd, Cs, Ba, La, Nd, Sm, Eu, Tb, Hf, Tl, Pb, U, P, Ti, S, در تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. عنصر Au با روش اسپکتروگراف نشری و جذب اتمی و بقیه عناصر با روش ICP آنالیز گردیدند. در مورد عناصر Ge, Mo, Cd, Tl, Ta, Tb, Eu با توجه به این که کلیه نمونه‌ها دارای داده سنسورد میباشند لذا این عناصر از پردازش حذف شدند. نتایج آنالیز عناصر بر حسب ppm هستند. لیست نمونه‌ها به همراه آنالیز آنها در CD آورده شده است.

مهمترین پارامتر در انتخاب روش آنالیز حد حساسیت آن می‌باشد. اصولاً وجود مقادیر سنسورد برای یک عنصر در تجزیه و تحلیل‌های آماری اختلال ایجاد می‌کند و علاوه بر این از آنجا که در اکتشافات ژئوشیمیایی اهمیت و کاربرد مقادیر عددی مربوط به هر یک از عناصر صرفاً به منظور مقایسه نسبی آنها

با یکدیگر برای تعیین مقادیر آنومالی می‌باشد، لذا حصول مقادیر عددی (غیر سنسورد) برای یک عنصر از درجه اهمیت بالائی برخوردار است. حد حساسیت یک روش آزمایشگاهی برای یک عنصر در ارتباط با مقدار زمینه آن انتخاب می‌شود و باید کوچکتر از آن باشد. لذا با توجه به توضیحات فوق مقادیر حد حساسیت برای عناصر مورد نظر با توجه به تکنیک‌های آزمایشگاهی موجود و مقدار زمینه عناصر تعیین شد تا با توجه به فراوانی کم عناصر در برخی از سنگها تا حد امکان مقادیر غیر سنسورد حاصل شود. نمونه‌های آنالیز شده برگه ۱/۲۰۰۰۰ عشوند برای عناصر مختلف (به غیر از Ge, Mo, Cd, Tl, Ta, Au, Ce, U) فاقد داده‌های سنسورد بودند. کلیه نمونه‌ها برای عناصر Ge, Mo, Cd, Tl, Ta دارای داده سنسورد میباشند که این عناصر از داده پردازی حذف شدند. در حالی که برای عنصر Au فقط هفت نمونه، U چهار نمونه و Ce چهار نمونه دارای داده سنسورد میباشد.

۳-۵- تخمین داده‌های سنسورد:

مقادیر سنسورد اعدادی هستند که بصورت کوچکتر و یا بزرگتر از یک مقدار معین گزارش می‌شوند. داده‌های ژئوشیمیایی به علت پائین بودن برخی از عناصر دارای مقادیر سنسورد می‌باشند. برای داده‌های ژئوشیمیایی مقدار سنسورد بطور تئوریک در حد حساسیت دستگاههای اندازه‌گیری قرار دارند که ممکن است بصورت مقادیر کمتر و یا بیشتر از یک مقدار خاص (حد حساسیت دستگاه) بیان شود که به ترتیب مربوط به زمانی هستند که مقدار یک عنصر کوچکتر از حد حساسیت و یا بزرگتر از حد حساسیت باشد. داده‌های سنسورد در پردازش داده‌های ژئوشیمیایی اختلال ایجاد می‌کنند چرا که اغلب تکنیکهای آماری مهم نیازمند یک مجموعه کاملی از داده‌های عددی و غیرسنسورد می‌باشند. جهت تخمین مقادیر سنسورد از دو روش عمده استفاده می‌شود:

الف- روش جایگزینی ساده:

در این روش مقادیر بزرگتر از حد حساسیت در مرز بالایی را $4/3$ حد بالایی حساسیت و مقادیر کمتر از حد حساسیت در مرز پائینی را با $3/4$ آن جایگزین می‌کنیم. اگر تعداد داده‌های سنسورد در مقابل کل داده‌ها ناچیز باشد کمتر از ده درصد معمولاً می‌توان از این روش استفاده کرد.

ب- روش بیشترین درست نمایی کوهن:

در این روش بر اساس داده‌های غیرسنسورد، میانگین جامعه کل (سنسورد و غیرسنسورد) تخمین زده می‌شود و سپس از روی آن میانگین جامعه سنسورد محاسبه می‌شود و در نهایت مقادیر سنسورد با میانگین مذکور جایگزین می‌شوند. نکته مهم اینست که داده‌ها حتماً باید توزیع نرمال داشته باشند.

ابتدا میانگین و پراش جامعه کل داده‌ها را با فرمولهای زیر بدست می‌آوریم:

$$X_t = X_u - \lambda (X_u - X_0)$$

$$S_{2t} = S_u^2 + \lambda (X_u - X_0)^2$$

$$X_u = \text{میانگین جامعه داده‌های غیرسنسورد}$$

$$X_t = \text{میانگین جامعه کل داده‌ها}$$

$$S_{2t} = \text{پراش جامعه کل داده‌ها}$$

$$S_u^2 = \text{پراش جامعه داده‌های غیرسنسورد}$$

$$X_0 = \text{حد حساسیت دستگاه}$$

λ = تابعی از دو متغیر (γ, h) است که از جدول مربوطه بدست می‌آید.

$$nt = \text{تعداد کل داده‌ها}$$

$$h = \frac{n_t - n_u}{n_t}$$

$$\lambda = \frac{S_u^2}{(X_u - X_0)^2}$$

$$nu = \text{تعداد داده‌های غیرسنسورد}$$

با توجه به رابطه میانگین کل داده‌ها با میانگین جوامع سنسورد و غیرسنسورد، می‌توان مقدار

$$n_t \cdot X_t = n_c \cdot X_c + n_u \cdot X_u$$

میانگین جامعه داده‌های سنسورد را بدست آورد.

$$X_c = \frac{n_t \cdot X_t - n_u \cdot X_u}{n_c}$$

X_c همان مقدار جایگزین است که باید جانشین مقادیر سنسورد شود.

در داده‌های ژئوشیمیایی محدوده مورد مطالعه فقط عناصر جیوه، مولیبدن، آنتیموان و بیسموت دارای داده‌های سنسورد میباشند. با توجه به این که اکثر داده‌های عنصر جیوه دارای داده سنسورد میباشند لذا از داده پردازی حذف شد. در مورد عناصر مولیبدن، آنتیموان و بیسموت با توجه به این که تعداد نمونه های دارای داده سنسورد کم بود با روش جایگزینی ساده جایگزین شدند.

۳-۶- محاسبه خطای آنالیز:

در مباحث ژئوشیمی یکی از سه مؤلفه اصلی خطای کلی در عملیات اکتشافی، خطای آزمایشگاهی است و بدست آوردن این خطا برای اطلاع از میزان دقت آنالیز حائز اهمیت است. در پروژه‌های ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای هدف سنجش نسبی مقادیر هر عنصر نسبت به یکدیگر به منظور معرفی نواحی امیدبخش و مناطق پر پتانسیل برای اهداف نیمه تفصیلی می‌باشد، لذا دقت اندازه‌گیری‌ها در مقایسه با صحت آنها از درجه اهمیت بیشتری برخوردار است. ولی در مقیاس نیمه تفصیلی و تفصیلی صحت از دقت اهمیت بیشتری دارد. برای تعیین صحت متاسفانه در ایران کاری صورت نمی‌گیرد ولی با آنالیز تکراری نمونه‌های ژئوشیمیایی دقت عملیات مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله نخست جهت بررسی وضعیت دقت عملیات از دیگرام کنترلی طراحی شده برای ۱۰٪ خطا که در سال ۱۹۷۶ توسط تامسون ارائه شد، استفاده گردید. بدین منظور ابتدا جداول (۱-۳) ترسیم شدند. در این جداول در ستون اول نام متغیر، در ستون دوم شماره سریال نمونه‌ها، در ستون های سوم و چهارم مقادیر اندازه‌گیری شده برای هر جفت نمونه، در ستون پنجم مقدار میانگین و در ستون ششم قدر مطلق

تفاضل هر زوج نمونه آورده شده است. در دیاگرام کنترلی تامسون، محورهای افقی و قائم به ترتیب مقادیر لگاریتمی میانگین و قدر مطلق تفاضل دو اندازه گیری را نشان می دهد. پس از پیاده کردن نقاط مربوط به جفت نمونه های آنالیز شده در صورتیکه ۹۰٪ داده ها زیر خط معادل ۱۰٪ و ۹۹٪ داده ها زیر خط معادل ۱٪ قرار گیرند خطا در حد ۱۰٪ خواهد بود.

اشکال (۳-۱) تا (۳-۱۴) دیاگرام کنترلی عناصر مورد نظر را نشان می دهد. با بررسی این دیاگرام ها دیده می شود که برای تمام عناصر Au, Mo, Ag, Zn, Pb, Cu, As, Sb, W, Sn, Bi دقت آنالیز از شرایط ذکر شده برای دیاگرام تامسون پیروی نکرده و خطای بالایی را این عناصر دارا هستند. اشکال و جداول ذکر شده در آخر فصل دوم آورده شده اند.