

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰

ضابطه شماره ۶۷۱

وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت امور معادن و صنایع معدنی
دفتر نظارت و بهره‌برداری


www.mimt.gov.ir

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

۱۳۹۴

| | |
|--|--|
| شماره: ۹۴/۱۲۳۴۱۳ | بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران |
| تاریخ: ۱۳۹۴/۰۶/۱۷ | |
| موضوع: دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ | |
| <p> به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷-هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۶۷۱ امور نظام فنی و اجرایی، با عنوان «دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. </p> <p> رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۴/۱۰/۰۱ الزامی است. </p> <p> امور نظام فنی و اجرایی این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد. </p> <div style="text-align: center; margin-top: 50px;">  <p>احمد باقر نوبخت</p> </div> | |

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
 - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
 - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علیشاه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور،

امور نظام فنی و اجرایی، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email: info@nezamfanni.ir

nezamfanni.ir

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی و اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرحهای توسعه‌ای کشور را به عهده دارد.

با توجه به نقش کشف منابع و ذخایر معدنی جدید در راستای توسعه پایدار، استفاده از روش‌های علمی و فنی در مطالعات اکتشافی مهم و ضروری است. با در نظر گرفتن اهمیت و کاربرد روش‌های اکتشاف ژئوشیمیایی در کشف منابع و ذخایر معدنی جدید و واگذاری انجام پروژه‌های اکتشافات ژئوشیمیایی توسط شرکت‌های خصوصی و مهندسان مشاور، استفاده از الگوها و دستورالعمل‌های فنی در مراحل مطالعه، طراحی و اجرای پروژه‌های اکتشافی ژئوشیمیایی ضروری است.

این ضابطه با عنوان «دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی در محیط‌های سنگی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰» با در نظر گرفتن روش‌های مورد استفاده توسط شرکت‌های بین‌المللی و همچنین با استفاده از تجارب کارشناسان داخلی تهیه شده است تا به عنوان الگو و دستورالعمل واحد در اختیار کاربران و اکتشاف‌گران قرار گیرد.

این مجموعه شامل دو فصل است که در فصل اول مبانی و کلیات روش و در فصل دوم و روش‌های انجام اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس در محیط‌های سنگی ارایه شده است. تمامی استانداردهای مورد استفاده در این نشریه بر اساس ASTM است.

با همه‌ی تلاش انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که این‌شاء... کاربرد عملی و در سطح وسیع این ضابطه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود. در پایان، از تلاش و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی و اجرایی همچنین جناب آقای دکتر جعفر سرقینی مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور در وزارت صنایع و معادن، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

غلامرضا شافعی

معاون فنی و توسعه امور زیربنایی

شهریور ۱۳۹۴

مجری طرح

آقای جعفر سرقینی

معاون امور معادن و صنایع معدنی - وزارت صنایع و معادن

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

| | | |
|---------------------|---|---------------------------------|
| فرزانه آقا رمضانعلی | سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور | کارشناس ارشد مهندسی صنایع |
| سیف ... امیری | وزارت صنعت، معدن و تجارت | کارشناس ارشد مهندسی صنایع |
| بهروز برنا | سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور | کارشناس مهندسی معدن |
| محمد پریزادی | سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور | کارشناس ارشد مهندسی معدن |
| عبدالعلی حقیقی | سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور | کارشناس ارشد زمین‌شناسی |
| جعفر سرقینی | وزارت صنعت، معدن و تجارت | دکتری مهندسی فرآوری مواد معدنی |
| علیرضا غیاثوند | وزارت صنعت، معدن و تجارت | کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی |
| حسن مدنی | دانشگاه صنعتی امیرکبیر | کارشناس ارشد مهندسی معدن |

اعضای کارگروه اکتشاف به ترتیب حروف الفبا

| | | |
|------------------------|---|---------------------------------|
| علی اصغرزاده | سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران | کارشناس ارشد مهندسی معدن |
| بهروز برنا | سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور | کارشناس مهندسی معدن |
| علیرضا غیاثوند | وزارت صنعت، معدن و تجارت | کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی |
| نعمت ... رشیدنژادعمران | دانشگاه تربیت مدرس | دکترای پترولوژی |
| عبدالمجید یعقوب‌پور | دانشگاه تربیت معلم | دکترای زمین‌شناسی اقتصادی |

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

| | | |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------|
| آقای مهدی ایران‌نژاد | دانشگاه صنعتی امیرکبیر | دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی |
| بهرام رضایی | دانشگاه صنعتی امیرکبیر | دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی |
| علیرضا غیاثوند | وزارت صنعت، معدن و تجارت | کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی |
| حسن مدنی | دانشگاه صنعتی امیرکبیر | کارشناس ارشد مهندسی معدن |
| بهزاد مهرابی | دانشگاه خوارزمی | دکترای زمین‌شناسی اقتصادی |

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

| | |
|------------------------|--|
| خانم فرزانه آقارضانعلی | رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی |
| آقای علیرضا غیاثوند | رئیس گروه ضوابط و معیارهای معاونت امور معادن و صنایع معدنی |
| آقای اسحق صفرزاده | کارشناس معدن امور نظام فنی و اجرایی |

پیش‌نویس این گزارش توسط آقای **مهندس سلیمان کوثری** تهیه شده است و پس از بررسی و تایید توسط کارگروه اکتشاف، به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است.

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| ۱ | فصل اول- تعاریف و کلیات |
| ۳ | ۱-۱- تعاریف |
| ۳ | ۲-۱- مراحل اکتشاف ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی |
| ۳ | ۱-۲-۱- طراحی شبکه نمونه‌برداری |
| ۴ | ۲-۲-۱- نمونه‌برداری |
| ۵ | ۳-۱- تجزیه نمونه‌ها |
| ۵ | ۴-۱- ارزیابی داده‌های آزمایشگاهی |
| ۶ | ۵-۱- پردازش داده‌ها |
| ۷ | ۶-۱- کنترل صحرایی آنومالی‌های ژئوشیمیایی |
| ۹ | فصل دوم- روش‌های اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی و تجزیه نمونه‌ها |
| ۱۱ | ۱-۱- مراحل اکتشافات ژئوشیمیایی بزرگ‌مقیاس محیط‌های سنگی |
| ۱۱ | ۲-۲- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های پایه |
| ۱۲ | ۳-۲- طراحی و نمونه‌برداری از محیط‌های سنگی |
| ۱۲ | ۴-۲- ثبت اطلاعات صحرایی |
| ۱۳ | ۵-۲- آماده‌سازی نمونه |
| ۱۳ | ۶-۲- ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه |
| ۱۴ | ۷-۲- تجزیه شیمیایی |
| ۱۴ | ۱-۷-۲- روش تجزیه شیمیایی چندعنصری |
| ۱۴ | ۲-۷-۲- روش تجزیه شیمیایی تک‌عنصری |
| ۱۴ | ۳-۷-۲- روش تجزیه شیمیایی طلا و نقره |
| ۱۶ | ۴-۷-۲- روش اندازه‌گیری اکسیدهای اصلی و عناصر کمیاب خاکی (REEs) |
| ۱۷ | ۸-۲- ارزیابی کیفیت نتایج تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی |
| ۱۷ | ۹-۲- پردازش داده‌ها |
| ۱۸ | ۱۰-۲- تهیه نقشه آنومالی‌ها |

| | |
|----|---|
| ۱۸ | ۱۱-۲- کنترل آنومالی |
| ۲۰ | ۱۲-۲- عناصر کانساری در ارتباط با نوع کانسار |
| ۲۰ | ۱۳-۲- دستورالعمل تهیه و تنظیم گزارش نهایی |
| ۲۱ | ۱-۱۳-۲- چکیده |
| ۲۱ | ۲-۱۳-۲- فهرست مطالب |
| ۲۱ | ۳-۱۳-۲- مقدمه |
| ۲۱ | ۴-۱۳-۲- فصل اول، کلیات |
| ۲۱ | ۵-۱۳-۲- فصل دوم، اکتشاف |
| ۲۲ | ۶-۱۳-۲- فصل سوم، پردازش داده‌ها |
| ۲۲ | ۷-۱۳-۲- فصل چهارم، تعبیر و تفسیر داده‌ها |
| ۲۲ | ۸-۱۳-۲- فصل پنجم، نتیجه‌گیری و پیشنهادات |
| ۲۳ | ۹-۱۳-۲- پیوست‌ها |

فصل ۱

تعاریف و کلیات

۱-۱- تعاریف

برای تعریف دقیق واژگان به کار رفته در این نشریه به نشریه‌های شماره ۵۴۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با عنوان "دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵,۰۰۰) و نشریه شماره ۳۲۸ با عنوان "تعاریف و مفاهیم در فعالیتهای معدنی، واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشافات معدنی" مراجعه شود.

۱-۲- مراحل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی

مراحل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی شامل طراحی شبکه، نمونه‌برداری، آماده‌سازی، تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌ها و پردازش داده‌ها است.

در اکتشافات لیتوژئوشیمیایی در محیط‌های آذرین علاوه بر تجزیه شیمیایی عناصر جزئی، عناصر اصلی و فرعی نیز مورد تجزیه قرار می‌گیرند. با کمک نتایج تجزیه ماهیت سنگ‌های آذرین و زایا و یا عقیم بودن سنگ‌های آذرین بر اساس معیارهای پترولوژیکی-ژئوشیمیایی تعیین می‌شود. یکی از موارد بنیادی در این حالت تعیین سطح فرسایش بر اساس هاله‌های ژئوشیمیایی قائم، عناصر فراکانساری و فروکانساری و هاله‌های ساده، ضربی یا جمعی آن‌ها است زیرا در مواردی آنومالی‌های شناسایی شده مرتبط با بخش زیرین یک کانی‌سازی فرسایش یافته است.

۱-۲-۱- طراحی شبکه نمونه‌برداری

طراحی شبکه نمونه‌برداری در محیط‌های سنگی بر روی نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی معدنی محدوده اکتشافی بزرگ مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ و بزرگتر انجام می‌گیرد. روش‌های متعددی برای طراحی شبکه نمونه‌برداری در محیط‌های سنگی وجود دارد که هر یک مزایا و معایبی دارند. طراحی نمونه‌برداری از محیط‌های سنگی معمولاً به صورت سیستم شبکه‌ای انجام می‌شود. اگر چه شبکه‌بندی مربعی ترجیح داده می‌شود، ولی می‌توان از شبکه مستطیلی نیز استفاده کرد. امتداد شبکه‌بندی، باید طوری انتخاب شود که روندهای اصلی واحدهای سنگی و کانی‌سازی را قطع کند. بنابراین روند همسانگردی و ناهمسانگردی احتمالی توده، عامل تعیین‌کننده‌ای در طول و عرض سیستم شبکه نمونه‌برداری است. در بررسی‌های اکتشافی بزرگ مقیاس و در مواردی که رگه‌های معدنی ناپیوسته باشند و یا توده کانسار همگن نباشد، لازم است که فواصل نقاط نمونه‌برداری و نیمرخ‌ها کوچکتر انتخاب شوند. شبکه نمونه‌برداری باید به گونه‌ای طراحی شود که خط مبنا منطبق بر قطر بزرگ توده و نیمرخ‌های عرضی در امتداد قطر کوچکتر توده طراحی شود. نیمرخ‌های عرضی باید تا خارج از توده ادامه یابد. معمولاً مساحت محدوده اکتشافی در حد چندین کیلومتر مربع است و معمولاً شکل و محدوده کانسار با سایر روش‌ها تا حدودی مشخص شده است.

ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی نیمرخ‌های عرضی طراحی می‌شوند و فاصله آن‌ها به روند کانی‌سازی، مساحت، زون کانی‌سازی و بودجه اکتشافی بستگی دارد. فواصل هر دو نمونه روی نیمرخ‌های عرضی بین ۲۰ تا ۱۰۰ متر تغییر می‌کند. در صورتی که تغییرات واحدهای سنگی بیشتر باشد و یا حضور زون‌های دگرسانی و کانی‌ساز شدیدتر باشد، فواصل نمونه‌برداری‌ها کمتر است و

چنانچه در امتداد نیمرخ‌های عرضی، رگه‌ها و رگچه‌های سیلیسی و برشی و دایک‌های متعددی وجود داشته باشد، برخی از نمونه‌ها از عرض رگه‌ها برداشت می‌شود.

وسعت هاله‌های اولیه نسبت به سنگ درونگیر کم است بنابراین باید شبکه نمونه‌برداری از هاله‌های اولیه متراکم باشد. برای عناصری با قابلیت تحرک بالا مانند جیوه و روی این هاله‌ها وسیع‌تر است و تراکم شبکه نمونه‌برداری آن‌ها کاهش می‌یابد. فضای انتخاب شده برای نمونه‌برداری باید با در نظر گرفتن نحوه پراکنش عناصر مورد نظر انجام گیرد. چگالی شبکه نمونه‌برداری باید به گونه‌ای طراحی شود که هر آنومالی ژئوشیمیایی حداقل به وسیله دو نیمرخ قطع شود. این نیمرخ‌ها باید تا رسیدن به محدوده سنگ‌های غیرکانی‌سازی شده، امتداد یابند. در مناطقی که واحدهای سنگی تنوع رخساره‌ای ندارند و بافت نسبتاً یکسان دارند، می‌توان در هر ایستگاه نمونه‌برداری، از چندین نقطه به صورت شعاعی^۱ (تعداد ۸ تا ۱۰ قطعه سنگ) و به همراه نمونه تهیه شده از محل مرکزی ایستگاه برداشت و پس از اختلاط به عنوان یک نمونه شاخص و به شماره همان ایستگاه ثبت و در کیسه مربوطه جمع‌آوری کرد. مهم‌ترین مزیت این روش، جلوگیری از خطای نمونه‌برداری و نیز تهیه نمونه شاخص است.

۱-۲-۲- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری باید به طور صحیح از سنگ‌های میزبان، دگرسان و کانی‌سازی شده انجام گیرد. انتخاب وزن نمونه برداشت شده بر اساس همگنی یا ناهمگنی و ابعاد درشت‌ترین بلور محیط سنگی، وزن نمونه تعیین و معمولاً به روش لپری-شیاری^۲ برداشت می‌شود. مقدار و وزن نمونه‌ها، از طریق درجه همگنی توزیع کانی‌ها و بافت سنگ کنترل می‌شود و از یک تا پنج کیلوگرم تغییر می‌کند. در مواردی که ابعاد دانه‌ها ناهمگن است، مانند سنگ‌هایی با بافت پورفیری، باید تعداد قطعات نمونه‌ها بیشتر و ابعاد آن‌ها بزرگتر باشد. پس از برداشت نمونه کارت نمونه‌برداری باید برای هر نمونه تکمیل شود. اطلاعات مورد نیاز برای تکمیل این کارت عبارت است از:

- اطلاعات کلی شامل شماره نمونه، نام پروژه، نام محل، مختصات جغرافیایی، مشخصات نمونه، تاریخ، ساعت و نام نمونه‌بردار
- ویژگی‌های محیط نمونه‌برداری شامل عمق، ابعاد، افق‌ها، رطوبت، رنگ و ساختار نمونه بکر
- وضعیت مورفولوژی و شیب منطقه
- سنگ‌شناسی محدوده به صورت برجا و نابرجا
- اطلاعات مربوط به وجود کانی‌سازی و دگرسانی
- اطلاعات مربوط به آلودگی‌های احتمالی که با توجه به ماهیت و اهداف اکتشافی ویژه هر منطقه می‌توان مواردی را بر حسب مورد به اطلاعات کارت نمونه‌برداری اضافه کرد.

1- Radial

2- Chip Channel

۱-۳- تجزیه نمونه‌ها

تجزیه نمونه‌ها در اکتشافات ژئوشیمیایی نقش اساسی دارد و در موفقیت و یا عدم موفقیت آن موثر است. در صورتی که نتایج تجزیه‌های شیمیایی دقت و صحت لازم را نداشته باشند، امکان پردازش و موفقیت اکتشافی وجود ندارد. در انتخاب روش‌های تجزیه شیمیایی عوامل زیر نقش اساسی دارند:

الف- مقیاس عملیات اکتشافی

در مرحله شناسایی مطالعات اکتشافی که مناطق وسیعی را در برمی‌گیرد، استفاده از روش‌های ICP-MS و ICP-OES توصیه می‌شود. زیرا این روش‌ها سریع، چند عنصری و دارای دقت و صحت مناسب هستند. در صورت لزوم برای اندازه‌گیری برخی عناصر نظیر طلا، جیوه، نقره و دیگر عناصر با غلظت جزئی از روش‌هایی نظیر AAS و کوره گرافیتی استفاده می‌شود. برای عنصر طلا استفاده از روش قال‌گذاری (FA) توصیه می‌شود.

ب- ماهیت نمونه و عناصر مورد نظر

با در نظر گرفتن ماهیت سنگ‌ها و میزان دگرسانی احتمالی آن‌ها توصیه می‌شود اندازه‌گیری عناصر اصلی، فرعی و جزئی با دقت لازم انجام گیرد. در مورد سنگ‌های آذرین اندازه‌گیری پرت حرارتی L.O.I ضروری است.

پ- حد تشخیص اندازه‌گیری عناصر

در انتخاب روش تجزیه شیمیایی توجه به حد تشخیص و در نظر گرفتن کرانه بالا و پایین غلظت قابل تجزیه ضروری است. در مورد اکتشافات عنصری نظیر طلا، نقره و گروه پلاتین حد کرانه پایین و عناصری نظیر سرب، روی و آهن کرانه بالا باید با دقت انتخاب شود.

۱-۴- ارزیابی داده‌های آزمایشگاهی

روش‌های متعددی برای محاسبه خطا وجود دارد که بر اساس نظر کارشناس خبره، استفاده از روش‌های زیر توصیه می‌شود:

الف- روش خطای نسبی^۱ (R.A.E)

میزان خطای نسبی با استفاده از رابطه ۱-۱ محاسبه می‌شود. میزان خطای مجاز بر اساس این رابطه ۱۰ درصد است.

$$R.A.E\% = \frac{2}{n} \sum \frac{|X_1 - X_2|}{X_1 + X_2} \times 100 \quad (1-1)$$

1 -Relative analytical error

که در آن:

R.A.E خطای نسبی

X_1 و X_2 مقادیر غلظت نمونه‌های اصلی و تکراری

ب- تعیین سطح اعتماد خطای نسبی

سطح اعتماد ۹۵ درصد بر اساس رابطه ۱-۲ محاسبه می‌شود:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, S = \sqrt{S^2} \quad (2-1)$$

$$CL_{95\%} = 1.96 \times S$$

که در آن:

S^2 واریانس

S انحراف معیار استاندارد

X_1 و X_2 نتایج نمونه اصلی و تکراری

n تعداد نمونه‌های تکراری

CL سطح اعتماد خطای نسبی

پ- استفاده از نمودار تامپسون و هوارث

در این روش از نمودار استاندارد استفاده می‌شود که نموداری تمام لگاریتمی است و محور افقی شامل میانگین غلظت نمونه تکراری و محور قائم، قدرمطلق اختلاف آن‌ها است. خطوط مایل در این نمودار معرف دقت مورد نظر با سطح اعتماد معین است. در نمودار استاندارد، خطای استاندارد معادل با ۱۰ درصد با سطوح اعتماد ۹۰ درصد و ۹۹ درصد مشخص شده است. با محاسبه میانگین و قدرمطلق اختلاف بین هر جفت نمونه تکراری یک نقطه بر روی نمودار رسم می‌شود. حال اگر مجموعه نقاط به گونه‌ای در نمودار توزیع شوند که ۹۰ درصد آن‌ها زیر خط d_{90} یا ۹۹ درصد آن‌ها زیر خط d_{99} قرار گیرند، در این صورت خطای تجزیه شیمیایی کمتر از ۱۰ درصد است. در غیر این‌صورت خطا بیش از ۱۰ درصد است و داده‌ها برای تعبیر و تفسیر مناسب نیستند.

۱-۵- پردازش داده‌ها

پس از اطمینان از دقت و صحت نتایج تجزیه شیمیایی، نتایج آن دسته از عناصر که خطای مجاز کمتر دارند انتخاب و داده‌ها در محیط نرم‌افزاری مناسب ذخیره می‌شوند (پس از بررسی خطای تجزیه شیمیایی، در صورت بروز خطا باید بلافاصله عنصر یا عناصری که خطای بیش از حد مجاز دارند، به آزمایشگاه اعلام شوند و ضمن گزارش علت خطا، مجدداً تجزیه شوند).

در جایگزینی داده‌های سنسورد، استفاده از روش‌های جایگزینی شامل بیشترین درست‌نمایی کوهن، روش ترسیمی و روش‌های ساده توصیه می‌شود. روش‌های جایگزینی ساده شامل جایگزین ۳/۴ حد حساسیت برای مقادیر کوچکتر و ۴/۳ حد حساسیت برای مقادیر بزرگتر از حد حساسیت دستگاهی است. در صورتی که داده‌های سنسورد برای یک عنصر بیش از ۲۵ درصد داده‌ها را شامل شود، آن‌ها را حذف و در صورت نیاز مجدداً به آزمایشگاه برای تجزیه ارسال شود.

قبل از انجام پردازش‌های آماری متداول بر اساس شاخص‌های پتروژنتیکی و استفاده از نتایج تجزیه عناصر اصلی، فرعی و جزئی به ویژه REEها زیا^۱ و عقیم^۲ بودن توده‌های آذرین تعیین می‌شود. پردازش آماری در سه مرحله انجام می‌گیرد:

الف- پردازش‌های تک متغیره شامل تنظیم جدول‌ها، پارامترهای آماری، هیستوگرام‌ها، نمودارهای جعبه‌ای، شناخت داده‌های خارج از ردیف و نظایر آن

ب- پردازش‌های دو متغیره شامل تنظیم و شرح جدول‌های همبستگی، روش اسپیرمن یا پیرسون و محاسبه معادلات رگرسیون

پ- پردازش‌های چند متغیره شامل تجزیه و تحلیل‌های فاکتوری و کلاستری به منظور کاهش ابعاد داده‌ها و ارایه فاکتورها یا کلاسترهایی که می‌توانند تغییرات عمده مربوط به چندین متغیر را با یک متغیر نمایش دهند.

پس از پردازش آماری، نتایج اکتشافی به دست آمده به صورت نقشه ارایه می‌شود.

۱-۶- کنترل صحرایی آنومالی‌های ژئوشیمیایی

مهم‌ترین بخش اکتشافات ژئوشیمیایی کنترل صحرایی و تعیین آنومالی‌های واقعی از آنومالی‌های کاذب است. بنابراین کلیه مناطق آنومالی مشخص شده بر روی نقشه پیش‌یابی باید با مطالعات صحرایی دقیق، کنترل و آنومالی‌های کاذب حذف شود. در این مرحله از اکتشاف باید موارد زیر به دقت مشخص شود:

- تعیین ارتباط زون‌های آنومالی با پدیده‌های زمین‌شناسی نظیر واحدهای سنگی، زون‌های دگرسانی، سیستم گسله و ساختمان‌های زمین‌شناسی
- تعیین ارتباط زون‌های آنومالی با حضور رگه‌های سیلیسی، برشی، دایک‌های کانی‌ساز و نظایر آن
- تعیین ارتباط زون‌های آنومالی با پدیده‌های کانی‌سازی
- تعیین ارتباط زون‌های آنومالی با کانسارها، معادن فعال و متروکه و دیگر اندیس‌های فلزی و غیرفلزی موجود در منطقه

1- Barren
2- Productive

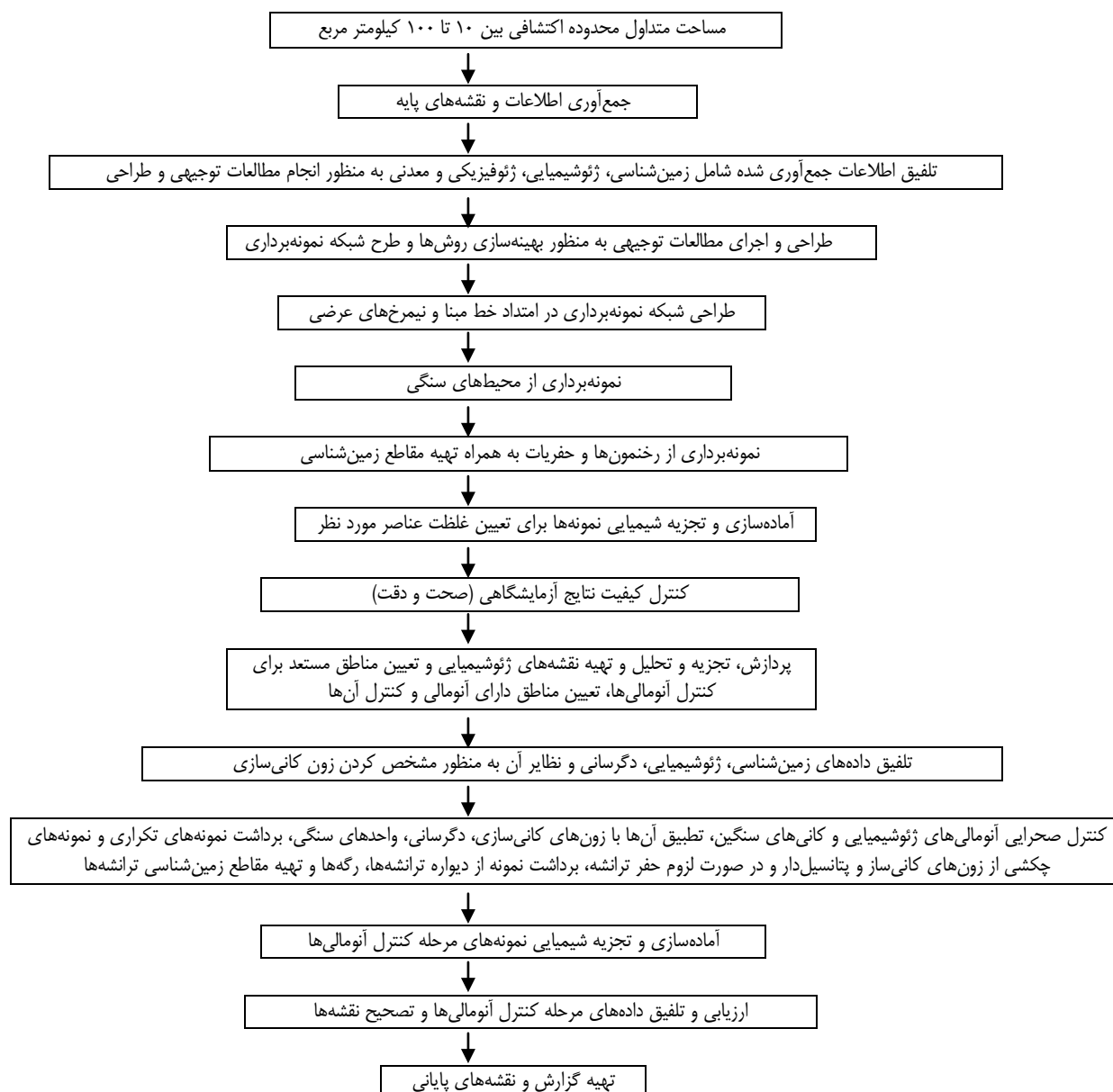
فصل ۲

روش‌های اکتشافات ژئوشیمیایی

محیط‌های سنگی و تجزیه نمونه‌ها

۱-۲- مراحل اکتشافات ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس محیط‌های سنگی

روندنمای مطالعات اکتشافات ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس در محیط‌های سنگی در شکل ۱-۲-۱-۲ ارایه شده است. در این شکل مراحل اجرای یک طرح اکتشافی ژئوشیمیایی به تفکیک و با توجه به اولویت زمانی آمده است.



شکل ۱-۲-۱-۲- رondenمای مطالعات اکتشافات ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس در محیط‌های سنگی

۲-۲- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های پایه

نقشه‌های پایه برای طراحی پروژه شامل نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ و ۱:۵۰,۰۰۰، نقشه‌های ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی، اطلاعات ماهواره‌ای و کلیه اطلاعات زمین‌شناسی، معدنی و اکتشافی است. نقشه‌های

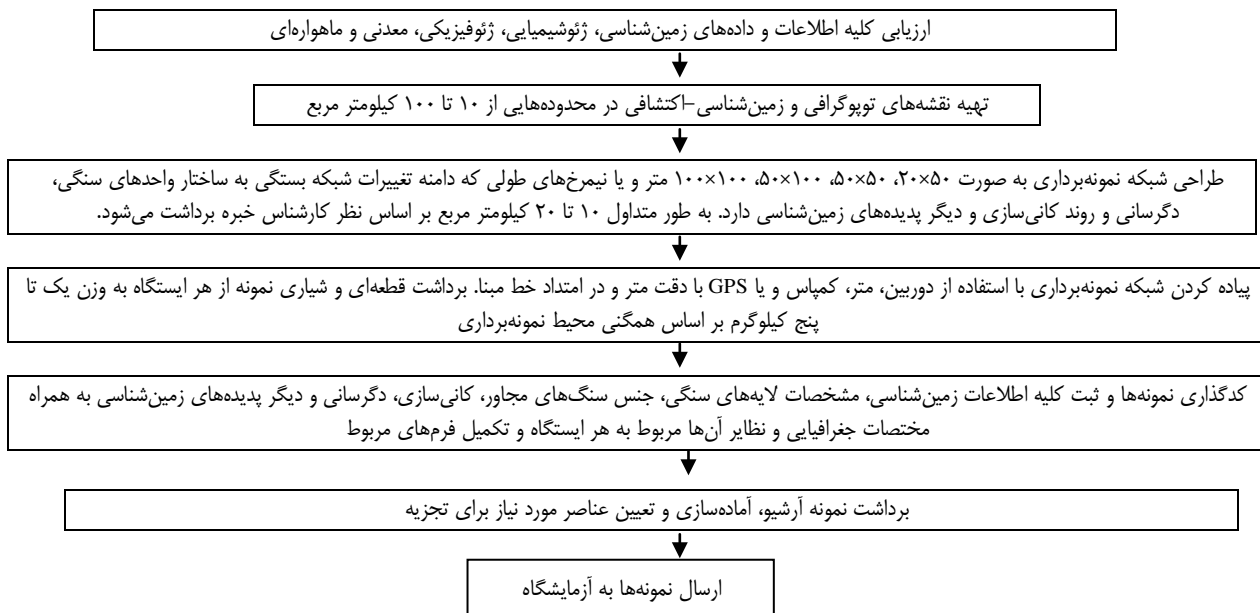
توپوگرافی و زمین‌شناسی هم‌مقیاس، الزامی هستند (جدول ۲-۱).

جدول ۲-۱- نقشه‌های پایه و گزارشات مورد نیاز اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی

| نقشه پایه | مقیاس | | | |
|---------------------|-----------|-----------|----------|----------|
| | ۱:۲۵۰,۰۰۰ | ۱:۱۰۰,۰۰۰ | ۱:۵۰,۰۰۰ | ۱:۲۵,۰۰۰ |
| نقشه توپوگرافی | اختیاری | اختیاری | الزامی | الزامی |
| عکس‌های هوایی | اختیاری | اختیاری | --- | --- |
| تصاویر ماهواره‌ای | اختیاری | الزامی | الزامی | الزامی |
| نقشه زمین‌شناسی | الزامی | الزامی | الزامی | الزامی |
| نقشه ژئوفیزیک هوایی | الزامی | الزامی | اختیاری | اختیاری |
| نقشه ژئوشیمیایی | اختیاری | الزامی | الزامی | --- |

۲-۳- طراحی و نمونه‌برداری از محیط‌های سنگی

در طراحی و برداشت نمونه از محیط‌های سنگی مراحل مختلفی وجود دارد که شامل طراحی، نمونه‌برداری، آماده‌سازی و ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه است. در این روش نمونه‌برداری باید مطابق مراحل ارایه شده در شکل ۲-۲ انجام شود.



شکل ۲-۲- مراحل طراحی و برداشت نمونه از محیط‌های سنگی

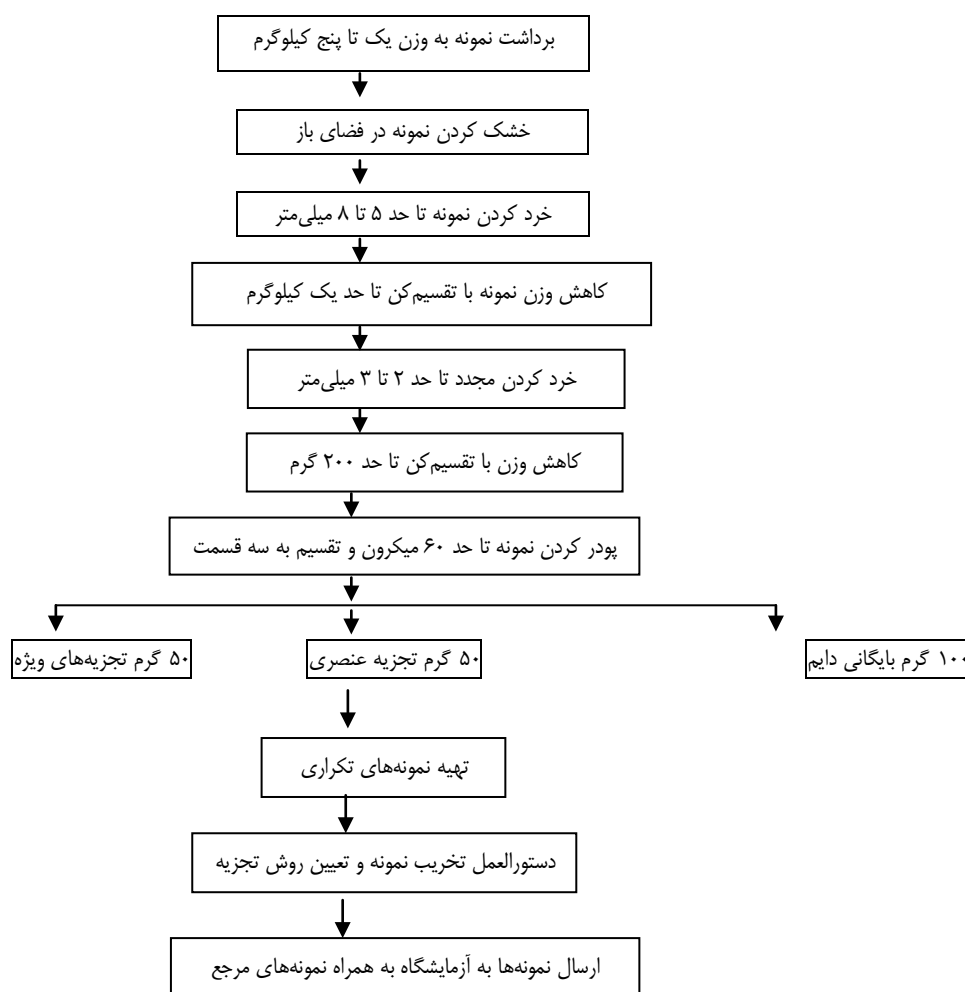
۲-۴- ثبت اطلاعات صحرائی

هنگام برداشت نمونه کلیه مشخصات صحرائی سنگ، نظیر موقعیت جغرافیایی، وضعیت توپوگرافی، رنگ، جنس سنگ‌های در

برگرفته، آثار کانی‌سازی، دگرسانی و سایر پدیده‌های زمین‌شناسی باید به صورت کامل در فرم‌های مخصوص ثبت و سپس به سیستم کامپیوتری منتقل شود.

۲-۵- آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌های برداشت شده از محیط‌های سنگی باید مطابق مراحل یاد شده در شکل‌های ۲-۳ و ۲-۴ آماده‌سازی و به آزمایشگاه ارسال شود.

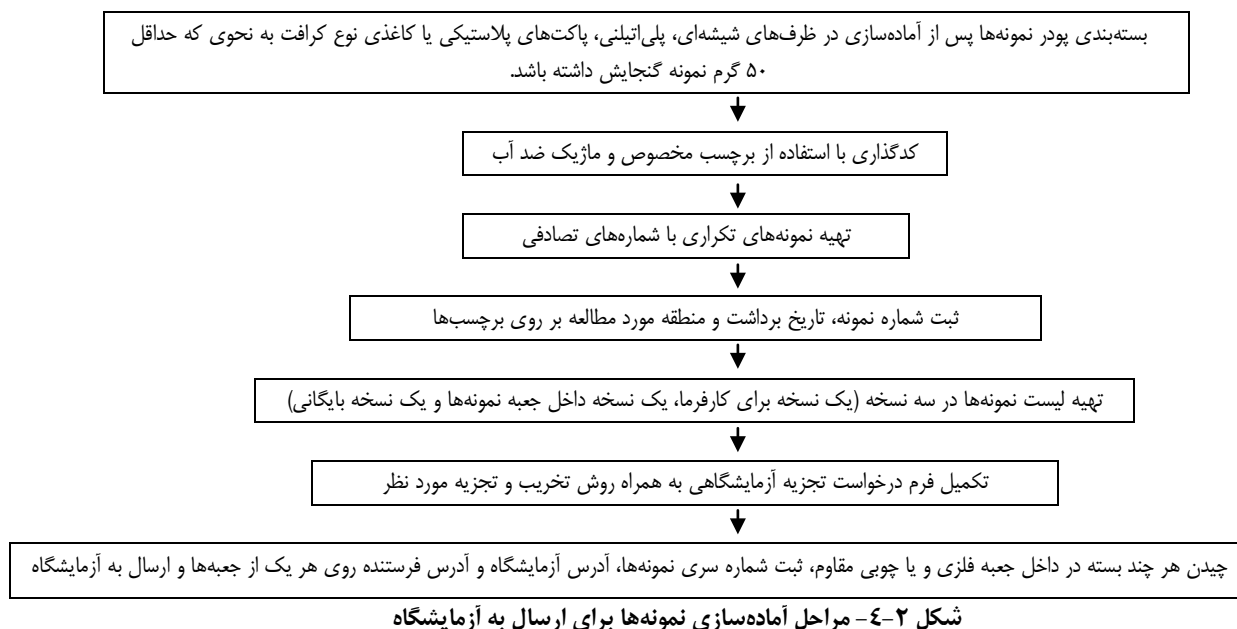


شکل ۲-۳- مراحل آماده‌سازی نمونه‌های محیط‌های سنگی

۲-۶- ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه

نمونه‌ها پس از آماده‌سازی و بسته‌بندی در پاکت‌های ویژه و جعبه‌های ضد رطوبت و ضد ضربه به آزمایشگاه ارسال می‌شوند. قبل از ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه باید چندین بار نمونه‌های بسته‌بندی شده کنترل و حداقل سه نسخه از لیست نمونه‌ها، یک نسخه برای

بایگانی پروژه، یک نسخه داخل هر یک از جعبه‌ها و یک نسخه برای کارفرما تهیه می‌شود. علاوه بر لیست تایپ شده نمونه‌های ارسالی، فایل کامپیوتری آن‌ها نیز باید تا پایان پروژه نگهداری شود. مراحل ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه در شکل ۲-۴ ارائه شده است.



۷-۲- تجزیه شیمیایی

۷-۲-۱- روش تجزیه شیمیایی چندعنصری

در اکتشافات ژئوشیمیایی از روش‌های تجزیه شیمیایی چندعنصری استفاده می‌شود. این روش با توجه به حد تشخیص، تعداد عناصر مورد تجزیه، نحوه انحلال (کامل یا بخشی)، سرعت و دقت دستگاهی بر سایر روش‌ها ارجحیت دارد. روش‌های متداول به همراه حد تشخیص برای عناصر مختلف یکی از شرکت‌های معتبر بین‌المللی در جدول ۲-۲ ارائه شده است.

۷-۲-۲- روش تجزیه شیمیایی تک‌عنصری

در صورت لزوم برای تجزیه شیمیایی تک‌عنصری می‌توان از روش‌های مندرج در جدول ۲-۳ استفاده کرد.

۷-۲-۳- روش تجزیه شیمیایی طلا و نقره

برای تجزیه شیمیایی فلزات گرانبها نظیر طلا و نقره باید از روش‌هایی با حد سنجش بسیار پایین و دقت و صحت مناسب استفاده کرد.

جدول ۲-۲- حدود غلظت، روش انحلال در روش‌های تجزیه شیمیایی چندعنصری متداول در اکتشاف ژئوشیمیایی

| عناصر مورد تجزیه | توضیحات | روش‌های دستگاهی ICP-MS ^۱ ICP-OES ^۲ | شیوه تخریب | بازه غلظت (ppm) | |
|--------------------|---|--|---|-------------------------|--------------------------|
| | | | | کرانه بالا ^۳ | کرانه پایین ^۴ |
| Cu, Pb, Zn, Ni, Mn | Except Mn in F(L.B.). ultra trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R. ^۵ -F(L.B.) ^۶ | 10000 | 0.2-5 |
| | Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A. ^۷ | 10000 | 1-5 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | 4.A. | 50000 | 5-10 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | 4.A. | 10000 | 10-50 |
| AS | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A. | 10000 | 0.1-0.2 |
| | Trace Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 10000 | 2-5 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 10000 | 10-50 |
| | Ultra Trace Level-Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A. | 10000 | 0.1-1 |
| Co | Intermediate Level | ICP-OES | A.R. | 50000 | 5 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | 4.A. | 10000 | 10 |
| | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | 4.A. | 25% | 0.01% |
| Al | Intermediate Level | ICP-OES | 4.A. | 30% | 0.05% |
| | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A. | 100 | 0.01 |
| | Trace Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 100 | 0.2-0.5 |
| Ag | Intermediate Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 200 | 1 |
| | Intermediate Level | ICP-MS | F(L.B.) | 1000 | 1 |
| | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | 4.A. | 1000 | 0.05 |
| Sb | Trace Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 10000 | 2-5 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | 4.A. | 100000 | 50 |
| | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A. | 10000 | 0.01 |
| Bi | Trace Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 10000 | 2 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 50000 | 10-20 |
| | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A. | 500 | 0.01-0.02 |
| Cd | Trace Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 500 | 0.5 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | A.R. | 2500 | 5 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | 4.A. | 10000 | 10 |
| | Ultra Trace Level-Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R. | 15% | 0.01% |
| Fe | Ultra Trace Level-Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | 4.A. | 25% | 0.01% |
| | Intermediate Level | ICP-OES | 4.A. | 30% | 0.05% |
| | Intermediate Level | ICP-OES | A.R. | 30% | 0.05% |
| | Ultra Trace Level | ICPMS | F(L.B.) | 10000 | 0.5 |
| Ba | Ultra Trace Level | ICP-MS | F(L.B.) | 10000 | 10 |
| Cr | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A. | 10000 | 0.05 |
| Mo | Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A.-F(L.B.) | 10000 | 1-2 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | A.R. | 50000 | 5 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | A.R.-4.A. | 100000 | 10 |
| | Ultra Trace Level | ICP-MS | F(L.B.) | 10000 | 1 |
| Sn | Ultra Trace Level | ICP-MS | F(L.B.) | 10000 | 1 |
| W | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R. | 10000 | 0.01 |
| Hg | Trace Level | ICP-OES | A.R. | 10000 | 1 |
| | Intermediate Level | ICP-OES | A.R. | 5% | 0.0005% |
| S | Ultra Trace Level | ICP-MS, ICP-OES | A.R.-4.A. | 10% | 0.01% |
| | Intermediate Level | ICP-OES | A.R. | 50% | 0.05% |
| | Intermediate Level | ICP-OES | 4.A. | 30% | 0.01% |

نکته ۱: تیتانیوم معمولاً به طور کامل حل نمی‌شود و نتایج در حد مطلوب نیست.

نکته ۲: عناصر یاد شده در جدول در روش‌های مشخص شده، بسته به هدف مورد نظر انحلال ممکن است به طور کامل^۸ یا جزئی^۹ انجام شود.

- 1- Inductively couple plasma-mass spectrometry
- 2- Inductively couple plasma-optical emission spectrometry
- 3- کرانه بالا (Upper detection limit)
- 4- کرانه پایین (Lower detection limit)
- 5- Aqua regia
- 6- Fusion lithium borate
- 7- Four acid
- 8- Total extraction
- 9- Partial extraction

جدول ۲-۳- روش‌های تجزیه تک عنصری متداول در اکتشافات ژئوشیمیایی

| عناصر مورد تجزیه | | | بازه غلظت | | شیوه تخریب | روش | توضیحات | |
|---------------------------------------|---|----------------------------|------------|-------------|------------------------------------|------------------|---|---|
| | | | (ppm) | | | | | |
| | | | کرانه بالا | کرانه پایین | | | | |
| Cu, Zn, Ni, As, Bi, Co | + | Mn, Pb Mn, Pb Mn, Pb | 2-5 | 10000 | A.R.- 4.A. | AAS ^۱ | Pb (5 ~10 – 10000) | |
| | | | 10 | 10000 | ———— | XRF ^۲ | As(5-5000) except Co–Pressed pellet | |
| | | | 0.01% | 50% | A.R.-4.A. | AAS | Pb, Zn. As (0.01–30%) Mo (0.01-10%) | |
| | | | 0.005% | 30% | Fusion | ICP-OES | As (0.01-10%) Co (0.02-30%) Except Bi, Mo, Mn, As, Oxide | |
| Cr | | | 0.01% | 30% | Fusion | ICP-OES, AAS | | |
| Fe | | | 0.01% | 15% | A.R | AAS | | |
| | | | 0.01% | 25% | 4.A | AAS | | |
| | | | 0.01% | 30% | A.R.-4.A. | AAS | | |
| | | | 0.05% | 60% | Fusion | ICP-OES | | |
| FeO | | | 0.01% | 100% | H ₂ SO ₄ –HF | Ti Crimetric | | |
| Hg | | | 0.01% | 100% | A.R | Cold vapor, AAs | | |
| | | | 0.01% | 10% | A.R | Cold vapor, AAs | | |
| S | | | 0.01% | 5% | 4.A | AAS | | |
| | | | Total | 0.01% | 50% | Leco Furnace | | |
| | | | Sulfate | 0.01% | 50% | Carbonate leach | gravimetric | |
| | | | Sulfide | 0.01% | 10% | | | Difference between Total S and Sulfates |
| Mo | | | 5 | 10000 | A.R.-4.A. | AAS | | |
| | | | 0.001% | 10% | A.R.-4.A. | AAS | | |
| Sn | + | W | 5-10 | 10000 | | XRF | Pressed pellet | |
| | | | 0.01% | 60% | Fusion | XRF | | |
| Ti | | | 0.01% | 50% | Fusion | ICP-OES | | |
| Ba | | | 10 | 10000 | | XRF | Pressed pellet | |
| | | | 0.01% | 50% | Fusion | XRF | | |
| Ag | | | 1 | 100 | A.R.-4.A. | AAS | | |
| | | | 1 | 1500 | A.R | AAS | | |
| | | | 1 | 1000 | A.R.-4.A. | AAS | | |
| | | | 5 | 10000 | Fire Assay | Grav. | | |

۲-۷-۴- روش اندازه‌گیری اکسیدهای اصلی و عناصر نادر خاکی (REEs)

برای تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی در سنگ‌ها روش XRF و برای عناصر نادر خاکی روش ICP-MS توصیه می‌شود (جدول ۲-۴).

جدول ۲-۴- روش‌های تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی و عناصر نادر خاکی و حدود تجزیه آن‌ها بر اساس روش‌های یکی از آزمایشگاه‌های

معتبر بین‌المللی

| انحلال/ذوب | روش | بازه غلظت (ppm) | | عناصر مورد تجزیه |
|--------------------------|--------------|-----------------|-------------|--|
| | | کرانه پایین | کرانه بالا | |
| F(L.B.) | XRF, ICP-OES | 0.01% | 100% | SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, K ₂ O, Na ₂ O, Cr ₂ O ₃ , TiO ₂ , MnO, P ₂ O ₅ , SrO, BaO, L.O.I |
| (L.M.B.) ^۳ *F | ICP-MS | 0.1-1 | 1000 -10000 | REEs (Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Tb, Th, Tm, U, Y, Yb) |

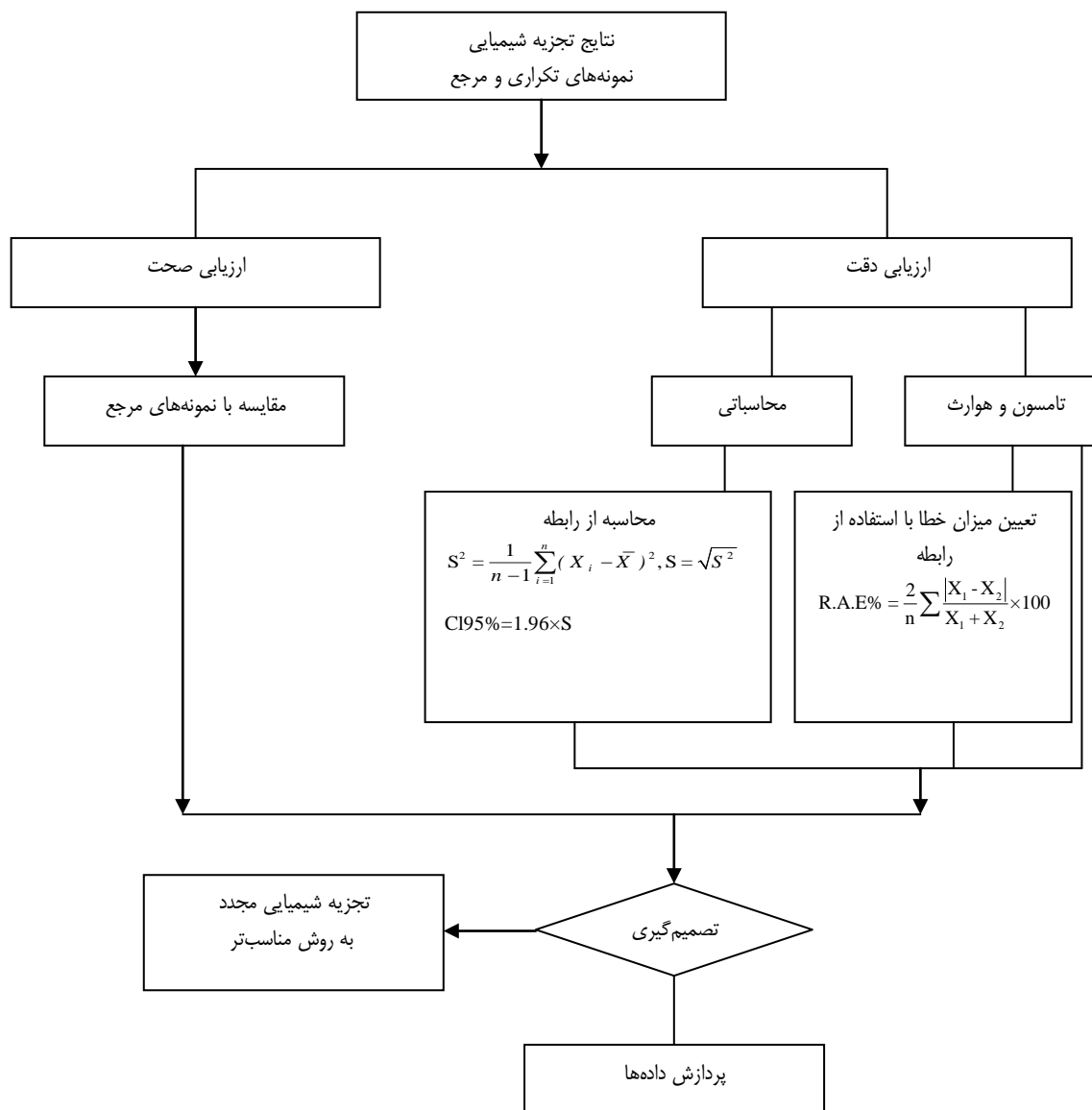
1- Atomic Absorption Spectroscopy

2- X Ray Fluorescence

3- Lithium Meta Borate

۸-۲- ارزیابی کیفیت نتایج تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی

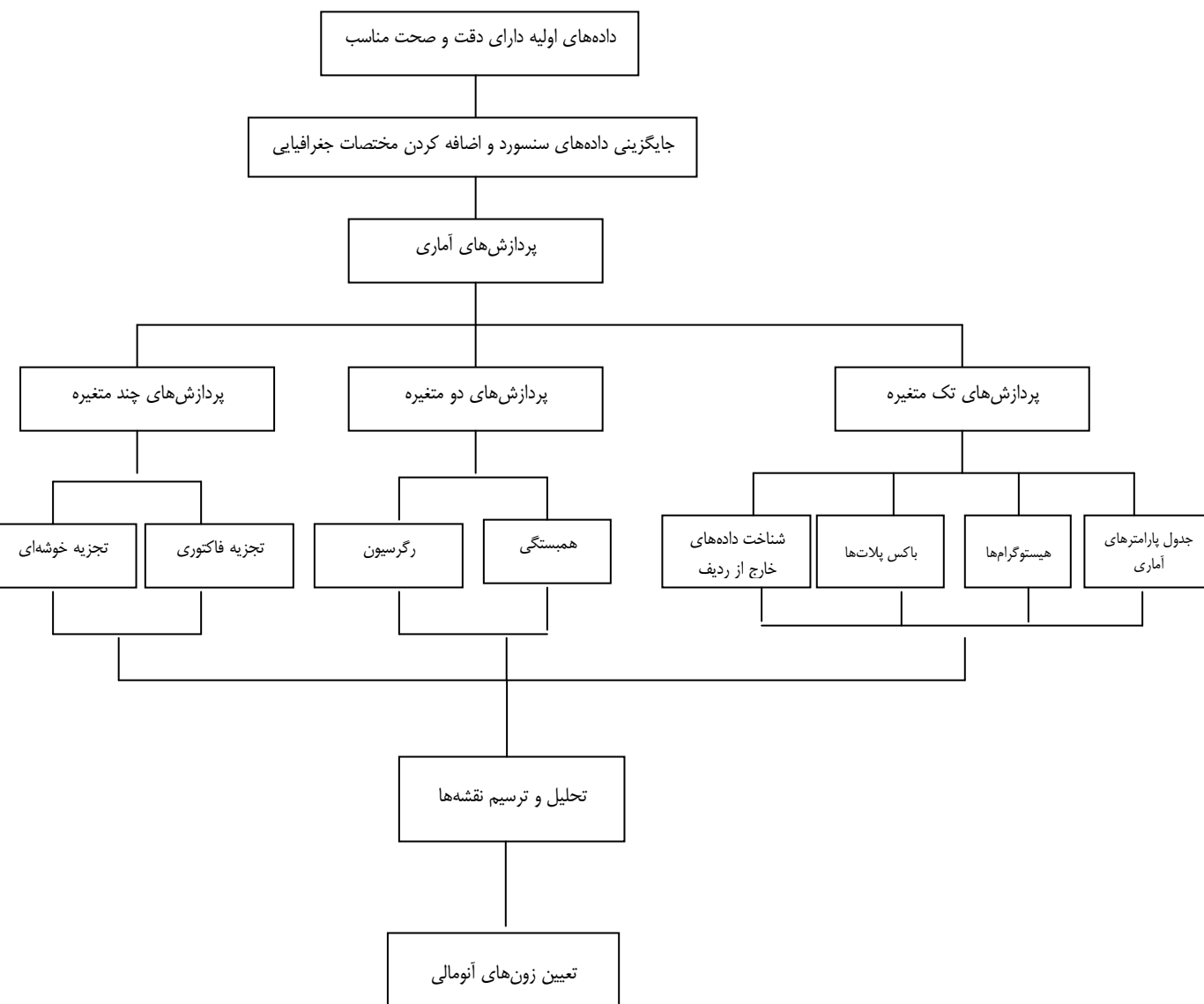
با توجه به محدودیت‌های هر یک از روش‌های تجزیه‌ای، قبل از پردازش داده‌ها باید صحت و دقت نتایج آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گیرد. محاسبه خطای تجزیه نمونه‌ها (دقت)، با استفاده از نتایج نمونه‌های تکراری و محاسبه صحت داده‌ها با استفاده از نمونه‌های مرجع انجام می‌شود. شکل ۵-۲ روش‌های ارزیابی کیفیت نتایج تجزیه ژئوشیمیایی را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲- روش‌های ارزیابی کیفیت نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی

۹-۲- پردازش داده‌ها

بعد از بررسی دقت و صحت نتایج تجزیه شیمیایی، آن دسته از عناصری که نتایج تجزیه آن‌ها دقت و صحت مناسبی دارند، مورد پردازش قرار می‌گیرند. مراحل پردازش داده‌ها برای عناصر مورد تایید در شکل ۶-۲-۶-۲ ارایه شده است.



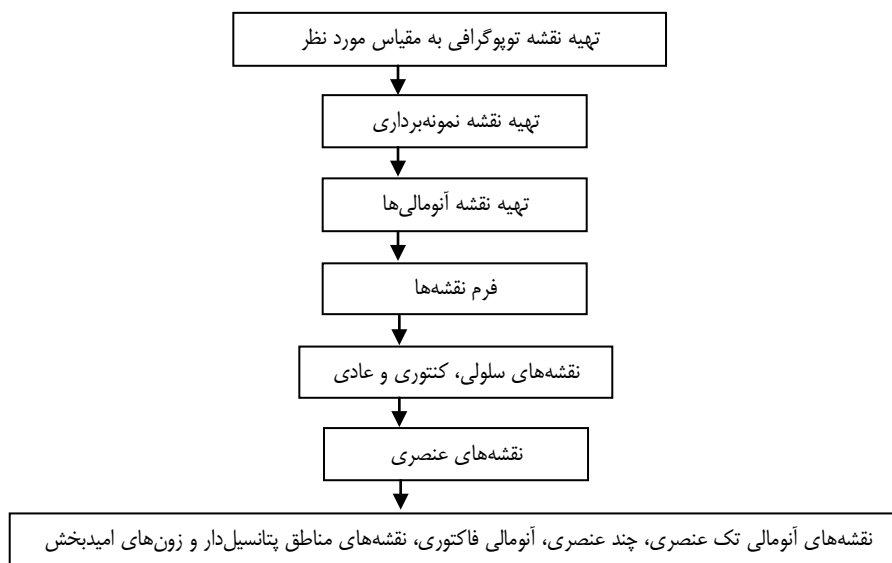
شکل ۲-۶- مراحل پردازش داده‌ها پس از ارزیابی کیفیت آن‌ها

۲-۱۰- تهیه نقشه آنومالی‌ها

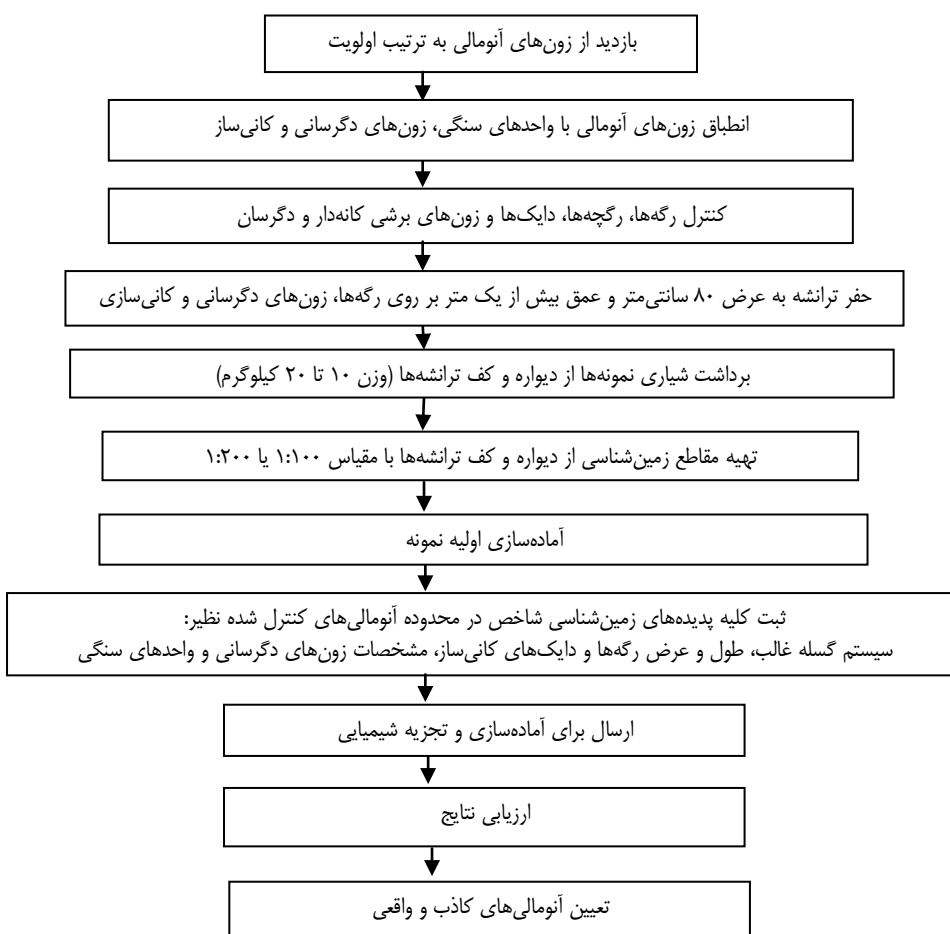
روش‌های متفاوتی برای ارایه نقشه آنومالی‌ها وجود دارد. این نقشه‌ها باید گویا، ساده و ارایه دهنده بیشترین اطلاعات باشند. مراحل تهیه نقشه‌ها، نوع و تعداد آن‌ها در شکل ۲-۷ ارایه شده است.

۲-۱۱- کنترل آنومالی

پس از تهیه نقشه، باید آنومالی‌ها مورد کنترل صحرائی قرار گیرند و بر اساس آن اصلاحات لازم انجام و آنومالی‌های واقعی و کاذب مشخص شوند. مراحل کنترل آنومالی در شکل ۲-۸ ارایه شده است.



شکل ۲-۷- مراحل تهیه نقشه آنومالی‌ها



شکل ۲-۸- مراحل مختلف کنترل آنومالی

۲-۱۲- عناصر و ارتباط با نوع کانسار

مجموعه عناصر و روابط ژئوشیمیایی آن‌ها می‌تواند معرف نوع کانی‌سازی باشد، به این عناصر، عناصر معرف^۱ می‌گویند. این عناصر در مواردی به عنوان ردیاب نیز استفاده می‌شوند. برخی از کانسارها و عناصر معرف آن‌ها در جدول ۲-۵ آمده است که در صورت امکان باید نمونه‌ها برای این عناصر تجزیه شوند.

جدول ۲-۵- برخی از کانسارها و عناصر معرف آن‌ها

| نوع کانسار | عناصر معرف |
|---|--|
| تنگستن و مولیبدنیم از نوع اسکارن | As, Pb, Zn, Mo, W, Ni, Co, Sn, Bi, Cu |
| بیسموت از نوع اسکارن | As, Pb, Ag, Zn, Co, Cu, Bi, Ni |
| چندفلزی از نوع اسکارن | As, Cd, As, Pb, Cu, Bi |
| آرسنیک و آنتیموان از نوع اسکارن | Pb, Zn, Ag, Hg, As, Sb |
| ارسنیک و آنتیموان از نوع گرمابی | Pb, Zn, Ba, Ag, Au, Hg, As, Sb |
| طلای ایپی‌ترمال | Pb, Zn, As, Sb, Hg, Ag, Au, Te |
| مس گرمابی | Ba, As, Pb, Zn, Ag, Sn, Cu, Bi, CO, W, Be |
| مس پورفیری | Ba, As, Sb, Ag, Pb, Zn, Au, Bi, Cu, Mo, Te, Co, Sn, Be |
| جیوه | Ba, Hg, Ag, As, Sb, Pb, Zn, Au, Cu |
| آنتیموان و جیوه | As, Sb, Hg, Cu, Ag, Pb, Zn, Be |
| قلع از نوع گرایزن | Be, W, Sn, Mo, Co, Cu, Rb, Sr, Li, Mg, Ba |
| تنگستن از نوع گرایزن | Mo, Be, Sn, Bi, W, Cu, F, As, Pb, Zn, Cu |
| سولفیدهای توده‌ای | Bi, Sb, As, Sn, Mo, Ba, Mn, Cu, Zn, Pb, Co, Ag |
| سرب و روی از نوع اسکارن | Zn, Pb, Mn, Cu, Au, Ag, As |
| مس و روی از نوع سولفیدهای توده‌ای تیپ قبرسی | Mn, Fe, Cu, Zn, S, Ag, Co, Ni |
| کروم، کبالت و نیکل و گروه PGE | Cr, Co, Ni, Fe, V, Os, Ir, Ru, Rh, Pt, Pd, Au |
| کانسارهای گروه PGE | Os, Ir, Ru, Rh, Pt, Pd, Au |

۲-۱۳- دستورالعمل تهیه و تنظیم گزارش نهایی

با توجه به اهداف اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ‌مقیاس که در محدوده‌هایی به وسعت چند ده کیلومتر مربع و بر اساس زون‌های آنومالی حاصل از اکتشاف ناحیه‌ای انجام می‌گیرد، گزارش نهایی باید پاسخ‌گوی هدف‌های اصلی اکتشاف باشد. مهم‌ترین هدف‌های مرحله اکتشاف بزرگ‌مقیاس در ژئوشیمی محیط‌های سنگی عبارتند از:

- تشخیص و تعیین زون‌های آنومالی مرتبط با فرآیند کانی‌سازی
- شناسایی و تعیین ارتباط آنومالی‌های واقعی با زون‌های احتمالی کانی‌سازی دارای رخنمون و نیمه پنهان
- تعیین و شناسایی توده‌های احتمالی کانی‌سازی نظیر کانسارهای پورفیری، مس، قلع، تنگستن و نظایر آن

1- Para genes

- تعیین سطح فرسایش بر اساس روابط عناصر و زون‌بندی سه بعدی کانی‌سازی
 - شناسایی زون‌های ساختاری با کانی‌سازی‌های احتمالی
 - شناسایی و تعیین ارتباط زون‌های آنومالی با اندیس‌ها، رگه‌ها، زون‌های دگرسانی و دیگر پدیده‌های کانی‌سازی و زمین‌شناسی
 - مشخص کردن زون‌های پتانسیل‌دار برای اکتشاف بزرگ‌مقیاس‌تر
 - ارزیابی اکتشافی و اقتصادی داده‌ها
- گزارش علاوه بر ارایه روش‌های اکتشافی مختصر باید چگونگی عملیات صحرایی و تجزیه‌های شیمیایی را نیز در برگیرد. با تلفیق کلیه اطلاعات، محدوده‌های پتانسیل‌دار شناسایی و برای ادامه اکتشاف به طور مشخص معرفی می‌شوند.
- سرفصل‌های گزارش‌های اکتشاف ژئوشیمیایی به شرح زیر است:

۲-۱۳-۱- چکیده

۲-۱۳-۲- فهرست مطالب

۲-۱۳-۳- مقدمه

۲-۱۳-۴- فصل اول، کلیات

الف- آشنایی

ب- اهداف اکتشاف

پ- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ت- مطالعات پیشین

- ارتباط زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

- ارتباط نتایج داده‌های ژئوشیمیایی کوچک‌مقیاس

- ارتباط داده‌های کانی سنگین در صورت وجود

- ارتباط اطلاعات ژئوفیزیکی

- ارتباط اطلاعات ماهواره‌ای

- ارتباط اطلاعات دگرسانی در محدوده مورد مطالعه

۲-۱۳-۵- فصل دوم، اکتشاف

الف- آشنایی

ب- مطالعات توجیهی

پ- طراحی شبکه نمونه‌برداری

ت- برداشت نمونه‌ها

ث- آماده‌سازی نمونه‌ها

ج- تجزیه شیمیایی عناصر و مطالعه کانی‌های سنگین

۲-۱۳-۶- فصل سوم، پردازش داده‌ها

الف- محاسبه خطا

ب- پردازش آماری

- مطالعات آماری تک متغیره

- مطالعات آماری دو متغیره

- مطالعات آماری چند متغیره

۲-۱۳-۷- فصل چهارم، تعبیر و تفسیر داده‌ها

الف- آشنایی

ب- ارتباط ژنتیکی زون‌های کانهدار (تفسیر همبستگی‌های خوشه‌ای، فاکتوری و نظایر آن)

پ- ارتباط آنومالی‌ها با ساختار زمین‌شناسی (گسل‌ها، درزه‌ها و چین‌خوردگی‌ها)

ت- ارتباط آنومالی‌ها با زون‌های کانهدار

ث- ارتباط آنومالی‌ها با زون‌های دگرسانی

ج- ارتباط آنومالی‌ها با کانسارها، اندیس‌ها، معادن فعال و متروکه منطقه مورد مطالعه

چ- تعیین پتانسیل توده‌های نفوذی

ح- ارزیابی و تفکیک زون‌های آنومالی واقعی از کاذب

خ- تعیین شبکه حفاری ترانشه‌ها و یا چاهک‌ها

د- برداشت و مطالعه نتایج حاصل از حفاریات و تلفیق اطلاعات

ذ- تعیین ویژگی‌های زون‌های کانی‌ساز در سطح و عمق (به صورت نقشه و نیمرخ)

ر- ارزیابی اکتشافی و اقتصادی یافته‌ها (لزوم ادامه و یا توقف عملیات اکتشافی، دلایل ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی، زمین‌شناسی و

نظایر آن)

ز- معرفی مناطق امیدبخش و پتانسیل‌دار برای ادامه عملیات اکتشافی

۲-۱۳-۸- فصل پنجم، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

الف- نتیجه‌گیری

- نتایج کلیدی حاصل از کلیه اطلاعات و اکتشاف‌های انجام شده

- تلفیق نتایج و ارزیابی سطح اعتماد آن‌ها

- آرایه نتیجه‌گیری‌های ژئوشیمیایی

- ارایه نتیجه‌گیری‌های اکتشافی

ب- پیشنهادها

- پیشنهاد در مورد ادامه و یا توقف عملیات اکتشافی

- ارایه فهرست خدمات اکتشافی بعدی به همراه مراحل، هزینه و زمان آنها

۲-۱۳-۹- پیوست‌ها

الف- نتایج تجزیه‌ها (ژئوشیمی، سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و نظایر آن) با سربرگ اصلی شرکت و یا آزمایشگاه تجزیه‌کننده

ب- نمودارها و جدول‌های آماری

پ- نقشه‌ها و مقاطع

خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر ششصد عنوان ضابطه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی، نشریه و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست ضوابط منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی **nezamfanni.ir** قابل دسترسی می‌باشد.

امور نظام فنی و اجرایی

Islamic Republic of Iran
Management and Planning Organization

Instruction for Litho Geochemical Exploration Scale 1:25,000

No. 671

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical and Executive Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Industry, Mine and Trade
Deputy of Mine Affairs and Mineral
Industries
Office for Mining Supervision and
Exploitation

<http://mimt.gov.ir>

2015

این نشریه

با هدف آرایه دستورالعمل فنی برای انجام
اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی تهیه
شده است و در برگرنده مبانی و مراحل انجام
مطالعات اکتشافی ژئوشیمیایی و نحوه آرایه
گزارش است.