

جمهوری اسلامی ایران  
وزارت صنایع و معادن

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

# دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵,۰۰۰)

شماره ردیف نشریه در انتشارات  
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

۵۴۰



سازمان نظام مهندسی معدن  
امور انتشارات  
<http://www.ime.org.ir>

وزارت صنایع و معادن  
معاونت امور معادن و صنایع معدنی  
دفتر نظارت و بهره‌برداری  
برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن  
<http://www.mim.gov.ir>

|   |   |
|---|---|
| <b>دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵,۰۰۰) / گردآورنده : وزارت صنایع و معادن، دفتر نظارت و بهره‌برداری برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن.</b> |   |
| مشخصات نشر :  | تهران : سازمان نظام مهندسی معدن ایران، ۱۳۸۹.  |
| مشخصات ظاهری :  | ت ۵۲ ص - جدول.  |
| فروست :   | انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، نشریه شماره ۵۴۰ امور انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن. شماره ۲۴ |
| شابک :  | ISBN 978-600-91457-1-5      ۹۷۸-۶۰۰-۹۱۴۵۷-۱-۵   |
| وضعیت فهرست‌نویسی :   | فیبا  |
| یادداشت :   | پشت جلد به انگلیسی :<br>Instructions for Large Scale Geochemical<br>Exploration of Stream Sediments(1 :25,000)          |
| یادداشت :   | کتابنامه : ص . ۵۲.  |
| موضوع :   | محاسبه - تحقیق و تجزیه مواد   |
| شناسه افزوده :  | ایران. سازمان نظام مهندسی معدن. دفتر نظارت و بهره‌برداری. برنامه تهیه ضوابط معیارهای معدن                               |
| رده‌بندی کنگره :  | ۱۳۸۹ ب ۲ / ۳۲۰ / ۱۱ TN  |
| رده‌بندی دیویی :  | ۳۵۱/۵۴۲۰  |
| شماره کتاب‌شناسی ملی :  | ۲۱۲۸۲۸۰۰  |

ISBN 978-600-91457-1-5

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۹۱۴۵۷-۱-۵

### **دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵,۰۰۰)**

گردآورنده : برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن - وزارت صنایع و معادن

ناشر : امور انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن

نوبت چاپ : اول

شمارگان : ۱۵۰۰ نسخه

قیمت : ۲۲۵۰۰ ریال

تاریخ انتشار : زمستان ۸۹

چاپ و صحافی : طراحان نصر

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



وزارت صنایع و معادن

معاونت امور معادن و صنایع معدنی

تاریخ: ۸۹/۱۱/۲۳

شماره: ۶۰/۲۵۰۳۴۷

پیوست: .....

### ابلاغیه

به استناد ماده ۷۱ آیین‌نامه اجرایی قانون معادن مصوب سال ۱۳۷۷ و بر پایه مفاد ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی معدن مصوب سال ۱۳۸۱، تدوین اصول و قواعدی که رعایت آن‌ها در طراحی، محاسبه و اجرای عملیات اکتشاف، تجهیز و بهره‌برداری معادن و کارخانه‌ها، بهره‌دهی مناسب فنی و صرفه اقتصادی ضروری است و همچنین بازنگری و تجدید نظر آن‌ها، بر عهده وزارت صنایع و معادن است. صاحبان حرفه‌های مهندسی معدن، مکتشفان و بهره‌برداران معادن و کارخانه‌ها اعم از دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمان‌کاران و عوامل دیگر مکلف به رعایت مقررات فنی ابلاغ شده هستند و عدم رعایت آن‌ها تخلف از قانون محسوب می‌شود.

نشریه دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای که به استناد مواد قانونی فوق‌الذکر تدوین شده است، توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری نیز با شماره ۵۴۰ در نوبت انتشار قرار دارد.

مقررات موضوع این نشریه به مدت یک سال از زمان انتشار به عنوان آزمایشی تلقی می‌شود. در این فاصله در صورتی‌که مهندسان و عوامل اجرایی، روش‌ها و دستورالعمل‌های بهتری در اختیار داشته باشند یا نظر اصلاحی درباره هر یک از مفاد آن داشته باشند، لازم است به وزارت صنایع و معادن و یا سازمان نظام مهندسی معدن اطلاع دهند تا در صورت لزوم اصلاحیه یا متمم آن تدوین و ابلاغ شود.

با عنایت به مراتب فوق این مقررات یا اصلاح و تکمیل شده آن، از تاریخ ۱۳۹۰/۷/۱ لازم الاجرا خواهد بود.

وجیه ای. جعفری  
معاون امور معادن و صنایع معدنی

آدرس اینترنتی : <http://www.mim.gov.ir> ، پست الکترونیکی : [info@mim.gov.ir](mailto:info@mim.gov.ir)



## پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل پیشنهاد، مطالعه، طراحی، اجرای طرح‌های اکتشافی، بهره‌برداری و فرآوری مواد معدنی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی، اجرا و هزینه‌های مربوطه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن، به‌کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در کلیه مراحل انجام عملیات معدنی مورد تاکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده، دفتر نظارت و بهره‌برداری وزارت صنایع و معادن با همکاری اساتید، صاحب‌نظران، متخصصان، دست‌اندرکاران بخش معدن کشور و با همکاری دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و به استناد ماده ۷۱ آیین‌نامه اجرایی قانون معادن، مصوبه شماره ۳۳۴۹۷/ت/۴۲۳۳۹ هـ مورخ ۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران و ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی معدن با در نظر داشتن موارد زیر اقدام به تهیه ضوابط، معیارها و دستورالعمل‌های مورد نیاز بخش معدن نموده است:

- استفاده از منابع معتبر و استانداردهای بین‌المللی

- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، شرکت‌ها و واحدهای معدنی

- استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران بخش‌های خصوصی و دولتی

- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور

- توجه به اصول و موازین مورد عمل موسسات تهیه‌کننده استاندارد

امید است نشریه "دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۲۵،۰۰۰: ۱) " گام

موثری در زمینه یکسان‌سازی فعالیت‌های معدنی در کشور باشد. همچنین مجریان و دست‌اندرکاران بخش معدن با به‌کارگیری این نشریه، در راستای هماهنگ‌سازی و تکامل استانداردها مشارکت نمایند.

**شورای عالی برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن**

## مجری طرح

وجیهه... جعفری مدیر کل دفتر نظارت و بهره‌برداری وزارت صنایع و معادن

## اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

|                   |  |
|-------------------|--|
| فرزانه آقا رضاعلی | کارشناس ارشد مهندسی صنایع- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| بهروز برنا        | کارشناس مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور               |
| وجیهه ا... جعفری  | کارشناس مهندسی معدن- وزارت صنایع و معادن                                   |
| عبدالعلی حقیقی    | کارشناس ارشد زمین‌شناسی- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری   |
| اشرف خیاط آذری    | کارشناس ارشد زمین‌شناسی- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری   |
| عبدالرسول زارعی   | کارشناس ارشد زمین‌شناسی- وزارت صنایع و معادن                               |
| ناصر عابدیان      | کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور          |
| حسن مدنی          | کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر                           |
| هرمز ناصرینیا     | کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان نظام مهندسی معدن                          |

## اعضای کارگروه اکتشاف به ترتیب حروف الفبا

|                        |   |
|------------------------|---|
| بهروز برنا             | کارشناس مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور              |
| محمد پریزادی           | کارشناس ارشد مهندسی معدن- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| نعمت... رشیدنژاد عمران | دکترای پترولوژی- دانشگاه تربیت مدرس                                       |
| ناصر عابدیان           | کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور         |
| علیرضا غیاثوند         | کارشناس ارشد زمین‌شناسی- وزارت صنایع و معادن                              |
| عبدالمجید یعقوب‌پور    | دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- دانشگاه تربیت معلم                             |

## اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

|                 |   |
|-----------------|---|
| مهدی ایران‌نژاد | دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر |
| عبدالرسول زارعی | کارشناس ارشد زمین‌شناسی- وزارت صنایع و معادن            |
| مصطفی شریف‌زاده | دکترای مهندسی مکانیک سنگ- دانشگاه صنعتی امیرکبیر        |
| حسن مدنی        | کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر        |
| بهزاد مهرابی    | دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- دانشگاه تربیت معلم           |

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

## مقدمه

با توجه به نقش کشف منابع و ذخایر معدنی جدید در راستای توسعه پایدار معدن، 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 و با عنایت به واگذاری و انجام پروژه‌های اکتشاف ژئوشیمیایی توسط شرکت‌های خصوصی و مهندسی مشاور نیاز مبرمی به استفاده از الگوها و دستورالعمل‌های فنی در مراحل مطالعه، طراحی و اجرای پروژه‌های اکتشافی ژئوشیمیایی وجود دارد. این نشریه با عنوان «دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای» با رعایت استانداردهای بین‌المللی در کشورهای معدنی نظیر کانادا، فرانسه، چین و روسیه و همچنین با استفاده از تجارب کارشناسان مجرب سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور تهیه شده است تا به عنوان الگو و دستورالعمل واحد در اختیار کاربران و مکتشفین قرار گیرد.

این مجموعه شامل دو فصل است که در فصل اول مبانی و کلیات روش و در فصل دوم فهرست خدمات و روش‌های انجام اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای ذکر شده است.





## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
|      | <b>فصل اول - تعاریف و کلیات</b>   |
| ۳    | ۱-۱- تعاریف.....  |
| ۶    | ۲-۱- عوامل موثر در اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای .....                 |
| ۶    | ۱-۲-۱- طراحی شبکه نمونه‌برداری .....  |
| ۷    | ۲-۲-۱- نمونه‌برداری .....   |
| ۹    | ۳-۱- تجزیه نمونه‌ها .....   |
| ۹    | ۴-۱- پردازش داده‌ها .....   |
| ۱۰   | ۵-۱- ارزیابی داده‌های آزمایشگاهی .....                                      |
| ۱۱   | ۶-۱- کنترل صحرایی آنومالی‌های ژئوشیمیایی .....                              |
|      | <b>فصل دوم- روش‌های اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای و تجزیه نمونه‌ها</b> |
| ۱۵   | ۱-۲- مراحل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای.....               |
| ۱۶   | ۲-۲- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های پایه .....                                 |
| ۱۶   | ۳-۲- مطالعات توجیهی اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای .....                |
| ۱۷   | ۴-۲- نتایج مطالعات توجیهی در ایران .....                                    |
| ۱۸   | ۵-۲- طراحی و برداشت نمونه از رسوبات آبراهه‌ای .....                         |
| ۱۸   | ۶-۲- ثبت اطلاعات صحرایی نمونه‌ها .....                                      |
| ۱۹   | ۷-۲- آماده‌سازی نمونه .....   |
| ۲۰   | ۸-۲- نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین .....                   |
| ۲۲   | ۹-۲- ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه .....                                      |
| ۲۳   | ۱۰-۲- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها .....  |
| ۲۳   | ۱-۱۰-۲- روش تجزیه شیمیایی چند عنصری .....                                   |
| ۲۵   | ۲-۱۰-۲- روش تجزیه شیمیایی تک عنصری .....                                    |
| ۲۶   | ۳-۱۰-۲- روش تجزیه شیمیایی طلا و نقره .....                                  |
| ۲۶   | ۴-۱۰-۲- اندازه‌گیری و استحصال طلا به روش ثقل‌سنجی و انحلال .....            |
| ۲۷   | ۵-۱۰-۲- روش اندازه‌گیری اکسیدهای اصلی و عناصر نادر خاکی (R.E.E) .....       |
| ۲۷   | ۱۱-۲- ارزیابی کیفیت نتایج تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی .....                  |
| ۲۹   | ۱۲-۲- پردازش داده‌ها .....  |
| ۳۰   | ۱۳-۲- تهیه نقشه آنومالی‌ها .....  |

|    |   |
|----|---|
| ۳۱ | ..... ۱۴-۲- کنترل آنومالی‌ها  |
| ۳۲ | ..... ۱۵-۲- دستورالعمل تهیه و تنظیم گزارش نهایی                                 |
| ۳۲ | ..... ۱-۱۵-۲- فهرست مطالب   |
| ۳۲ | ..... ۲-۱۵-۲- مقدمه   |
| ۳۲ | ..... ۳-۱۵-۲- فصل اول: کلیات  |
| ۳۳ | ..... ۴-۱۵-۲- فصل دوم: اکتشاف   |
| ۳۳ | ..... ۵-۱۵-۲- فصل سوم: پردازش داده‌ها   |
| ۳۳ | ..... ۶-۱۵-۲- فصل چهارم: تعبیر و تفسیر داده‌ها                                  |
| ۳۴ | ..... ۷-۱۵-۲- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها                                  |
| ۳۴ | ..... ۸-۱۵-۲- فصل ششم: پیوست‌ها   |
| ۳۴ | ..... ۹-۱۵-۲- ارایه کلیه اطلاعات (نوشتاری، نموداری و جدول‌ها) به صورت لوح فشرده |

## کتاب‌نگاری

# فصل ۱

---

---

## تعاریف و کلیات



## ۱-۱- تعاریف

به منظور به کارگیری روش‌های مختلف اکتشاف ژئوشیمیایی، تعاریف پایه به شرح زیر ارائه می‌شود:

**ژئوشیمی اکتشافی:** بخشی از ژئوشیمی کاربردی است و هدف آن یافتن نهشته‌های جدید فلزی، غیر فلزی، ذخایر نفت خام و گاز طبیعی است.

**زمینه:** در بیشتر موارد در اطراف نهشته‌های کانساری یک کاهش تدریجی در غلظت بعضی عناصر دیده می‌شود. این کاهش تا آنجا ادامه می‌یابد که تقریباً به یک حد ثابتی که همان مقدار زمینه است، برسد.

**هاله ژئوشیمیایی:** منطقه‌ای است که درون آن میزان (غلظت) یک عنصر خاص تا حد مقدار زمینه کاهش پیدا می‌کند.

**آنومالی:** تمرکز غیر عادی یک عنصر در پوسته زمین با غلظتی بیش از حد مقدار زمینه است.

**حد آستانه‌ای:** حد فوقانی تغییرات مقدار زمینه، حداقل مقدار آنومالی و یا اصطلاحاً حد آستانه‌ای نامیده می‌شود.

**شدت آنومالی:** شدت آنومالی بر حسب اختلاف بین حداکثر مقدار مشاهده شده و مقدار حد آستانه‌ای بیان می‌شود.

**نسبت تمرکز:** عبارت است از نسبت مقدار میانگین عنصر در آن واحد (که می‌تواند نوعی سنگ، توده و یا کمپلکس باشد) به میانگین ناحیه‌ای یا جهانی همان عنصر.

**مهاجرت ژئوشیمیایی:** پراکندگی و تمرکز یک عنصر، نتیجه تغییر مکان اتم‌های آن در پوسته زمین است. این تغییر مکان را مهاجرت ژئوشیمیایی می‌نامند.

**سدهای ژئوشیمیایی:** تغییرات شدیدی هستند که در شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط در مسیر مهاجرت عناصر به وجود می‌آیند و موجب ته‌نشست عناصر معینی از محلول می‌شوند.

**ویژگی ژئوشیمیایی:** سیمای خاص توزیع یک یا چند عنصر کمیاب در سنگ‌های مورد بررسی که بر حسب غلظت زیادتر و یا کمتر این عناصر که در مورد آن نوع سنگ خاص غیر عادی است، بیان می‌شود.

**مطالعات ژئوشیمیایی توجیهی:** این مطالعات مقدم بر اجرای یک پروژه اکتشافی به منظور دستیابی به اطلاعاتی درباره اندازه بهینه ذراتی از رسوب که در آن کانه‌ها تمرکز دارند، نوع عناصر مفید، توزیع ژئوشیمیایی و نظایر آن‌ها انجام می‌شود.

**عنصر ردیاب:** به عنصر نسبتاً متحرکی اطلاق می‌شود که در ارتباط ژنتیکی نزدیک با عنصر یا عناصر مورد اکتشاف بوده و به آسانی قابل تشخیص است. سهولت تشخیص آن می‌تواند هم به علت تشکیل هاله وسیع‌تر و هم به علت وجود روش‌های تجزیه‌ای مناسب‌تر باشد.

**عنصر معرف:** عنصر معرف یا شاخص به عنصری اطلاق می‌شود که در عین این که یکی از تشکیل‌دهنده‌های اصلی توده کانسار است، تا حدودی هم ویژگی‌های عنصر ردیاب را داشته باشد.

**خطای آنالیتیک:** به اختلاف یا انحراف یک مقدار اندازه‌گیری شده از مقدار حقیقی آن اطلاق می‌گردد. چنین خطایی ممکن است از نوع تصادفی و یا نظام‌دار باشد.

**دقت تجزیه:** توانایی تکرار آزمایش با نتایج مشابه است که خطای تصادفی معرف آن است.

**صحت تجزیه:** توانایی نزدیک شدن به میزان واقعی کمیت مورد اندازه‌گیری است که خطاهای نظام‌دار معرف آن است.

**تجزیه شیمیایی جزئی:** اگر مقدار یک عنصر کمیاب که در یک نمونه ژئوشیمیایی مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد، بخش کوچکی (۱۵ درصد یا کمتر) از کل مقدار همان عنصر در نمونه باشد، تجزیه را تجزیه جزئی می‌نامند.

**تجزیه شیمیایی کلی:** اگر اندازه‌گیری ۱۰۰ درصد یک عنصر کمیاب موجود در یک نمونه مورد نظر باشد، این تجزیه را اصطلاحاً تجزیه کلی می‌نامند.

**نمونه‌های تکراری:** این نمونه‌ها به منظور ارزیابی دقت آنالیزها، به طور هم‌زمان با سایر نمونه‌ها به آزمایشگاه ارسال می‌گردند و باید با رعایت نکات لازم از نمونه‌های اصلی انتخاب شوند.

**ایالت‌های ژئوشیمیایی:** ناحیه‌ای که از نظر ژئوشیمیایی همگن و پراکندگی بعضی از عناصر شیمیایی در آن به گونه‌ای باشد که موجب مشخص شدن آن‌ها بشود. ایالت ژئوشیمیایی با اختلافی که در میانگین ترکیب شیمیایی خود نسبت به میانگین ترکیب شیمیایی پوسه زمین دارد، مشخص می‌شود. یکی از ملاک‌های تشخیص یک ایالت ژئوشیمیایی این است که ویژگی‌های آن در سنگ‌هایی که معرف فعالیت‌های سنگ‌زایی طی دوره قابل ملاحظه‌ای از زمان زمین‌شناسی هستند، قابل تشخیص باشد.

**آنومالی دروغی و بی‌اهمیت:** تعداد زیادی از آنومالی‌های ژئوشیمیایی وجود دارند که در ارتباط با کانی‌سازی نیستند. این گونه آنومالی‌ها، آنومالی‌های بی‌اهمیت نامیده می‌شوند. این آنومالی‌ها بر اثر خطای نمونه‌برداری، عدم دقت و صحت در تجزیه، پردازش نامناسب و آلودگی‌های معدنی - صنعتی، ساختمانی و کشاورزی، بالا بودن مقدار زمینه در سنگ مادر، جذب ترجیحی بعضی از فلزات توسط گونه‌های معین گیاهی و نظایر آن‌ها ایجاد می‌شوند.

**میانگین:** مقدار متوسط یک متغیر در یک جامعه آماری است.

**مد:** مقداری از یک جامعه که بیشترین فراوانی را در مدل توزیع دارد که همان طول نقطه ماکزیمم منحنی توزیع فراوانی است.

**میان:** مقداری است که به ازای آن نیمی از تعداد کل داده‌ها در توزیع، مقادیری کمتر از آن و نیمی دیگر مقادیری بیشتر از آن را دارند.

**واریانس:** میانگین مجذور اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده در یک جامعه با میانگین آن در یک سری داده که معیاری برای سنجش تغییرپذیری جامعه است.

**انحراف استاندارد:** جذر واریانس که هر قدر بزرگ‌تر باشد، نشانه تغییرات شدیدتر جامعه است.

**ضریب تغییرات:** حاصل تقسیم انحراف استاندارد بر میانگین جامعه ضرب در عدد صد که معرف تغییرپذیری یک جامعه است، یعنی هر قدر این ضریب بیشتر باشد، جامعه متغیرتر است و بالعکس.

**توزیع نرمال:** یکی از مهم‌ترین مدل‌های توزیع که منحنی توزیع فراوانی آن منحنی معروف زنگوله‌ای شکل است، یعنی پراکندگی داده‌ها حول مقدار مرکزی متقارن می‌باشد.

**توزیع لاگ نرمال:** به طور کلی در توزیع لاگ نرمال یک عدم تقارن در توزیع داده‌ها حول میانگین وجود دارد و منحنی به طرف مقادیر بزرگ‌تر و کوچک‌تر موجود در توزیع تمایل می‌یابد. در این حالت داده‌ها پس از تبدیل لگاریتمی، توزیع نرمال پیدا می‌کنند.

**چولگی:** عبارت از میزان انحراف شکل توزیع از حالت تقارن آن است.

**تحلیل آماری تک متغیره:** در این بررسی‌ها تغییرات یک متغیر مستقل و جدا از سایر متغیرها مطالعه می‌شود.

**تحلیل آماری چند متغیره:** در این بررسی‌ها ویژگی متغیرها هم‌زمان مطالعه می‌شود.

**تجزیه و تحلیل فاکتوری:** هدف از این تحلیل‌ها تشخیص متغیرهای کنترل‌کننده اصلی از متغیرهای فرعی و تعیین سهم نسبی هر یک از این متغیرها در به وجود آمدن تغییرات توزیع عناصر است.

**تجزیه و تحلیل خوشه‌ای:** در این روش، متغیرها بر اساس میزان همبستگی، مشابهت و شاخص‌های دیگر در گروه‌ها و یا زیرگروه‌ها طبقه‌بندی می‌شوند.

**مقادیر خارج از ردیف:** به مقادیری که به طور معنی‌داری نسبت به سایر مقادیر اختلاف دارند، مقادیر خارج از ردیف گفته می‌شود. این مقادیر گاهی به دلیل وجود خطاهای تجربی مانند خطای آنالیز در داده‌ها وارد می‌شوند، ولی گاهی هم به دلیل ناهمگنی‌های موجود در جامعه داده‌های اکتشافی بروز می‌کنند.

**داده‌های سنسورد:** به داده‌هایی گفته می‌شود که در بین آن‌ها به علت بالا بودن حد حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری، تعدادی داده به صورت مقادیر کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر از حد حساسیت دستگاه یافت می‌شود. وجود چنین اعدادی در بین یک سری داده می‌تواند بررسی‌های آماری را دچار اختلاف کند.

**نمونه‌های کانی سنگین:** این نمونه‌ها از رسوبات، دشت‌های آبرفتی، رسوبات رودخانه‌ای، ماسه‌های ساحلی، دلتایی و نظایر آن‌ها برای مطالعه کانی‌های سنگین اقتصادی، تعیین رابطه آنومالی‌های ژئوشیمیایی و کانی‌های اقتصادی، کشف کانسارهای آبرفتی و دیگر اهداف برداشت می‌گردد.

**مایع سنگین:** مایع سنگین یا بروموفرم دارای وزن مخصوص حدود ۲/۹۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

**لیتو ژئوشیمیایی:** در این روش اکتشافی ویژگی ژئوشیمیایی سنگ‌ها برای کشف هاله‌های اولیه و توده کانسار مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

**هیدرو ژئوشیمیایی:** در این روش از ویژگی ژئوشیمیایی آب‌های مختلف برای کشف هاله‌های ثانویه نهشته‌های کانساری استفاده می‌شود.

**اتمو ژئوشیمیایی:** در این روش از گاز موجود در هوا، خاک و نظایر آن‌ها برای مطالعات ژئوشیمیایی بهره گرفته می‌شود.

ژئوبوتانی: در این روش مطالعات ژئوشیمیایی بر روی گیاهان استوار است و از گیاهان خاص برای اکتشاف عناصر خاص استفاده می‌کنند.

## ۱-۲- عوامل موثر در اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای

عوامل موثر در اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای در زیر آمده‌اند:

### ۱-۲-۱- طراحی شبکه نمونه‌برداری

روش‌های متعددی برای طراحی شبکه نمونه‌برداری آبراهه‌ای وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی هستند. در طراحی شبکه نمونه‌برداری باید عوامل زیر مد نظر قرار گیرند.

#### الف- چگالی نمونه‌برداری ژئوشیمیایی و کانی سنگین

چگالی نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ و بزرگ‌تر تابع تراکم آبراهه‌ها در حوضه‌های آبریز، سقف بودجه اکتشافی، نوع کانی‌زایی و اهداف اکتشافی است. برای اکتشاف در این مقیاس‌ها برداشت ۴ تا ۷ نمونه در هر کیلومتر مربع توصیه می‌شود. در مواردی با نظر کارشناس خبره می‌توان نمونه‌برداری در هر کیلومتر مربع را افزایش داد.

تعداد نمونه‌های کانی سنگین نسبت به نمونه‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای در اکتشاف کانسارهای طلا، تنگستن و قلع به نسبت ۱ به ۱ و برای عناصری مانند مس، مولیبدن، روی، اورانیم و نظایر آن به نسبت ۱۰ درصد نمونه‌های ژئوشیمیایی است. پراکندگی نمونه‌ها باید طوری باشد که تقریباً مناطقی که سنگ بستر بیرون‌زدگی دارد، بیشترین پوشش را داشته باشد. نمونه‌برداری در مناطقی که پدیده‌های زمین‌شناسی مثل گسل‌ها، محور طاق‌دیس‌ها و ناودیس‌ها، زون‌های کانی‌ساز و محدوده گسترش دایک‌ها و رگه‌های سیلیسی، برشی و زون‌های دگرسانی مشاهده می‌شود، محدوده‌هایی که آنومالی‌های ژئوفیزیکی شاخصی دارند و مناطقی که نتایج حاصل از نمونه‌های کانی سنگین و چکشی در مرحله اکتشاف ناحیه‌ای دارای شاخصه‌های مثبت هستند، باید تمرکز بیشتری داشته باشند.

در این مقیاس از مطالعات، ماهیت آنومالی‌های ژئوشیمیایی و رابطه آن‌ها با زون‌های کانی‌ساز احتمالی تا حدودی از قبل مشخص شده و هدف اصلی، محدود کردن مساحت آنومالی‌های مرحله اکتشاف کوچک مقیاس قبلی است.

#### ب- مطالعات توجیهی

مطالعات توجیهی، یک تحقیق اولیه طراحی شده برای برنامه‌ریزی بهینه یک پروژه اکتشافی است. این مطالعات باید در نواحی فاقد اطلاعات ژئوشیمیایی قبلی انجام شود. در این نواحی، نمونه‌های توجیهی رسوبات آبراهه‌ای باید از مجاورت کانسارهای شناخته شده، رگه‌ها و شواهد معدنی و همچنین از مناطق غیر کانی‌سازی به فواصل ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ متری و یا بیشتر در امتداد آبراهه‌ها برداشت شوند. به طوری که نمونه‌های برداشت شده نمایانگر محدوده کانی‌سازی شده و فاقد کانی‌سازی باشند تا



وضعیت پراکنش ژئوشیمیایی طبیعی برای طراحی بهینه مشخص شود. اطلاعات پایه زیر باید بر اساس نتایج مطالعات توجیهی تعیین شود:

- مناسبترین اندازه ذرات

- مناسبترین فاصله نمونه برداری

- شناخت ماهیت ژئوشیمیایی پراکنش عناصر در منطقه

رعایت موارد زیر در مطالعات توجیهی توصیه می‌شود:

**الف- آماده‌سازی نمونه‌های توجیهی:** با رعایت تمام موارد و دستورالعمل‌های نمونه برداری از رسوبات آبراهه‌ای و با قرار

دادن الک‌ها با چشمه‌های مختلف بر روی یکدیگر و قرار دادن زیرالکی در بخش تحتانی، باید آماده‌سازی نمونه‌های توجیهی انجام شود. برای این منظور استفاده از حداقل ۴ و حداکثر ۷ الک توصیه می‌شود.

در نمونه‌های درصد وزنی، رسوب عبور کرده از هر الک و باقیمانده بر روی الک تعیین خواهد شد. به عنوان مثال اگر ۴ الک

انتخاب شود، ابعاد انتخابی عبارتند از:

| محدوده ابعادی الف | محدوده ابعادی ب | محدوده ابعادی پ | محدوده ابعادی ت |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| +۴۰ و -۲۰ مش      | +۸۰ و -۴۰ مش    | +۱۰۰ و -۸۰ مش   | -۱۰۰ مش         |

بنابراین از هر نمونه چهار محدوده ابعادی الف تا ت تجزیه و با پردازش‌های داده‌ها اندازه بهینه نمونه‌ها مشخص می‌شود.

نمونه‌های هر محدوده ابعادی تا زیر ۲۰۰ مش آسیاب و برای تجزیه شیمیایی عناصر مورد نظر و هم‌پارازنز به آزمایشگاه ارسال می‌شود.

**ب- پردازش داده‌ها:** داده‌های حاصل از مطالعات توجیهی باید در یک محیط مناسب نرم‌افزاری (ترجیحاً Excel) مرتب و

اطلاعات مربوط به تمامی عناصر مورد بررسی قرار گیرند. استفاده از سه روش زیر برای داده‌پردازی توصیه می‌شود:

- ترسیم نمودار خطی<sup>۱</sup> عناصر در محیط Excel

- ترسیم نمودار جعبه‌ای<sup>۲</sup> عناصر در محیط SPSS

- امتیازدهی بر مبنای تمایز قابل توجه در هر محدوده ابعادی توسط کارشناس خبره

این سه روش باید در دو مرحله، شامل مرحله اول برای تمامی عناصر و مرحله دوم برای گروه خاصی از عناصر مورد نظر بسته

به اهداف اکتشافی انجام و ابعاد مناسب تعیین شود. نمونه‌های اصلی باید بر مبنای محدوده ابعادی بهینه این مرحله برداشت شود.

### ۱-۲-۲- نمونه برداری

نمونه‌ها باید از بستر آبراهه‌ها و با استفاده از بخش عبور کرده از الک با مش تعیین شده در مرحله مطالعات توجیهی برداشت

شوند. وزن نمونه‌های برداشت شده باید ۱۰۰ تا ۳۰۰ گرم باشد. محل برداشت نمونه‌ها باید طوری انتخاب شود که نمونه برداشت

1- Line chart

2- Split Box Plot

شده نمایانگر رسوبات تخریبی حوضه آبگیر بالادست خود باشد. نمونه‌ها معمولاً از بخش رس و سیلت و از وسط آبراهه‌ها برداشت می‌شوند. در صورتی که عرض آبراهه بیش از ۵ متر باشد، بهتر است که در امتداد عرضی آبراهه از چندین نقطه نمونه‌برداری شده و پس از اختلاط با یکدیگر یک نمونه معرف تهیه و مشخصات نمونه‌های تلفیقی در کارت نمونه‌برداری ثبت شود.

فاصله نمونه‌ها از یکدیگر بر اساس درجه‌بندی آبراهه‌ها انتخاب می‌شود، به طوری که آبراهه‌های درجه یک (آبراهه‌های سرشاخه) دارای اهمیت بیشتری هستند. معمولاً محل برداشت هر نمونه باید در منتهی‌الیه آبراهه و قبل از پیوستن به آبراهه‌های بعدی انتخاب شود. برداشت نمونه‌های کانی سنگین از آبراهه‌های درجه ۴ و ۵ (آبراهه‌های عریض که چندین آبراهه فرعی به آن می‌پیوندند)، با هدف اکتشاف کانسارهای آبرفتی انجام می‌شود. نمونه کانی سنگین باید از نقاطی برداشت شود که ضمن نشان دادن رابطه تمرکز کانی‌های سنگین با حوضه بالادست خود، بیشترین تمرکز کانی‌ها را نیز داشته باشد.

#### الف- کدگذاری و ثبت اطلاعات صحرائی نمونه‌ها: کارشناس نمونه‌بردار، باید علاوه بر برداشت نمونه، کارت نمونه‌برداری را

برای هر نمونه تکمیل کند. اطلاعات مورد نیاز برای تکمیل این کارت عبارت است از:

- اطلاعات کلی شامل شماره نمونه، نام پروژه، نام محل، سیستم مختصات جغرافیایی مورد استفاده، مشخصات نمونه و نام

نمونه‌بردار

- ویژگی‌های محیط نمونه‌برداری شامل عمق، ابعاد، افق‌ها، رطوبت، رنگ و ساختار نمونه بکر (الک نشده)

- وضعیت مورفولوژی و شیب منطقه

- اطلاعات مربوط به وجود کانی‌سازی و دگرسانی

- سنگ‌شناسی محدوده به صورت برجا و نابرجا

- 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.

تمامی اطلاعات فوق باید توسط شخص نمونه‌بردار و در هنگام نمونه‌برداری تکمیل شود.

#### ب- آماده‌سازی نمونه‌ها: اولین مرحله آماده‌سازی نمونه‌ها با انتخاب ابعاد بهینه رسوبات به وسیله الک مورد نظر در صحرا

انجام می‌شود. سپس در آزمایشگاه، نمونه‌ها طی مراحل خردایش و نرمایش تا ابعاد ۲۰۰- پودر می‌شوند. ۵۰ گرم از هر نمونه پس از

همگن‌سازی برای تجزیه شیمیایی انتخاب و مابقی نمونه، بایگانی می‌شود. در این مرحله باید ۱۰ درصد کل نمونه‌ها و یا حداقل ۳۰

نمونه تکراری برای بررسی دقت نتایج آزمایشگاهی انتخاب شود.

آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین باید توسط تکنسین دارای آگاهی و تجربه کافی انجام شود. نمونه‌های کانی سنگین باید از

بخش ناهمگن و درشت دانه (قلوه سنگی) رسوبات آبراهه‌ای و از عمق ۲۰ الی ۴۰ سانتی‌متری رسوبات برداشت شود. مقدار حجم

رسوبات پس از عبور از الک ۲۰ مش حدود ۳ الی ۵ لیتر (وزن تقریبی نمونه ۳ تا ۵ کیلوگرم پس از عبور از الک ۲۰ مش) است.

آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین پس از برداشت و ثبت اطلاعات مربوط به موقعیت رسوبات آبراهه‌ای، سنگ دربرگیرنده و نظایر آن در کارت نمونه‌برداری ثبت و طی مراحل گل‌شویی، لاک‌شویی، بروموفرم‌گیری، جدایش مغناطیسی، مطالعات میکروسکوپی، محاسبات و نظایر آن انجام می‌گیرد.

آماده‌سازی نمونه‌های سنگی شامل مراحل خردایش و نرمایش است. به طوری که کلیه نمونه‌های برداشت شده به ابعاد کمتر از ۵ میلی‌متر خردایش و با استفاده از تقسیم‌کن مقدار ۲۰۰ گرم از آن تا حد ۲۰۰- مش نرمایش می‌شوند. باید از آلودگی در طی عملیات آماده‌سازی جلوگیری به عمل آید.

### ۱-۳- تجزیه نمونه‌ها

تجزیه نمونه‌ها در اکتشاف ژئوشیمیایی نقش اساسی دارد و در موفقیت و یا عدم موفقیت آن موثر است. به طوری که اگر تجزیه‌های شیمیایی از صحت و دقت لازم برخوردار نباشند، اهداف اکتشاف محقق نخواهد شد. در انتخاب روش‌های تجزیه شیمیایی آزمایشگاهی عوامل زیر نقش اساسی دارند:

- **مقیاس عملیات اکتشافی:** در مرحله شناسایی مطالعات اکتشافی که مناطق وسیعی را در بر می‌گیرد. استفاده از روش‌های ICP-MS، ICP-OES و XRF توصیه می‌شود. زیرا این روش‌ها به دلیل امکان اندازه‌گیری تعداد بسیار زیاد عناصر (حداقل ۵۰ عنصر) کاربرد مناسبی دارند.

برای اندازه‌گیری برخی عناصر نظیر طلا، جیوه، نقره و دیگر عناصر با غلظت جزئی از روش‌هایی نظیر جذب اتمی AAS، کوره گرافیتی، ICP-Mass، فروشویی سیانیدی استفاده می‌شود.

- **ماهیت نمونه و عناصر مورد نظر:** روش تجزیه بر اساس ماهیت نمونه و عناصر مورد نظر انتخاب می‌شود. به طور مثال برای تجزیه عناصر در نمونه‌های خاک با اهداف اندازه‌گیری بخشی از عناصر نظیر Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na و یا عناصر گروه پلاتین (Pt, Pd, Au)، یا عناصر آلوده‌کننده (Toxic elements) مانند سلنیوم، فلوتور، آرسنیک و نظایر آن‌ها، از روش‌هایی مانند WAM Wamtech Technique که مقدار طلا، الماس، عناصر ردیاب را به طور بخشی اندازه می‌گیرد، استفاده می‌شود.

- **حد تشخیص اندازه‌گیری عناصر:** انتخاب روش تجزیه شیمیایی بستگی مستقیم به حداقل و حداکثر عیار قابل اندازه‌گیری دارد. اگر اندازه‌گیری عیار اقتصادی عناصر و مواد معدنی مورد توجه باشد، حد بالای اندازه‌گیری و در صورتی که هدف شناسایی پتانسیل عناصر در محدوده اکتشافی باشد، حد پایین اندازه‌گیری مورد نیاز است.

### ۱-۴- پردازش داده‌ها

داده‌ها پس از دریافت از آزمایشگاه در محیط نرم‌افزاری مناسب (ترجیحاً Excel) ذخیره می‌شوند، یک نسخه از این داده‌ها چاپ و به صورت دست نخورده در پیوست گزارش ارائه خواهد شد.

در جایگزینی داده‌های سنسورد، استفاده از روش‌های جایگزینی شامل بیشترین درست‌نمایی کوهن، روش ترسیمی و روش‌های ساده توصیه می‌شود. روش‌های جایگزینی ساده شامل جایگزین نصف و یا ۳/۴ حد حساسیت برای مقادیر کوچک‌تر و ۴/۳ حد حساسیت برای مقادیر بزرگ‌تر از حد حساسیت دستگاهی است.

پس از بررسی خطای تجزیه شیمیایی، در صورت بروز خطا باید بلافاصله عنصر یا عناصری که دارای خطای بیش از حد مجاز هستند، به آزمایشگاه اعلام شود و ضمن گزارش علت خطا، مجدداً تجزیه شوند. پردازش آماری در سه مرحله انجام می‌گیرد:

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

ب- پردازش‌های دو متغیره شامل تنظیم و شرح جداول 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. محاسبات دیگر نظیر ضرایب تولید که با اهداف تعیین پتانسیل اکتشافی حوضه‌های آبرفتی بالادست نمونه‌ها انجام می‌شود، مقایسه ضرایب غنی‌شدگی محلی و جهانی و سایر شاخص‌های ژئوشیمیایی نظیر نسبت عناصر کانسار ساز نیز بر حسب موضوع، باید مورد استفاده قرار گیرد.

## ۱-۵- ارزیابی داده‌های آزمایشگاهی

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

- تعیین میزان خطا با استفاده از فرمول  $R.A.E\% = \frac{2}{n} \sum \frac{|X_1 - X_2|}{X_1 + X_2} \times 100$  که در این فرمول  $X_1$  و  $X_2$  مقادیر

نمونه‌های اصلی و تکراری و R.A.E خطای نسبی<sup>۱</sup> تجزیه شیمیایی است. میزان خطای مجاز بر اساس این فرمول ۱۰٪ است.

- تعیین میزان خطا با استفاده از فرمول  $R.A.E\% = CL \times 100 / \text{Total Mean}$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, S = \sqrt{S^2}, CL_{95\%} = 1.96 \times S$$

که در آن:

$S^2$  واریانس، S انحراف معیار،  $X_1$  و  $X_2$  نتایج نمونه اصلی و تکراری، n تعداد نمونه‌های تکراری، CL حد اعتبار و R.A.E

$\text{Total Mean} = [(\text{Orig Mean} + \text{Dub Mean}) / 2]$  خطای نسبی است.

- استفاده از نمودار تامپسون و هوارث

صحت نتایج در مقایسه با نمونه‌های مرجع و محاسبه آن از طریق فرمول‌های ذکر شده ارزیابی می‌شود:

$$\text{Mean Percent Difference (MPD\%)} = (\text{Concentration} - \text{Assay}) / \text{Concentration} \times 100$$

و یا:

$$\text{Relative Standard Deviation (RSD\%)} = S / \text{Mean} \times 100$$

که در آن منظور از Concentration نتایج نمونه‌های مرجع، Assay نتایج آزمایشگاه، Mean میانگین و S انحراف معیار است.

### ۱-۶- کنترل صحرائی آنومالی‌های ژئوشیمیایی

کنترل صحرائی زون‌های ناهنجاری مهم‌ترین بخش از کنترل کیفیت اکتشاف ژئوشیمیایی است. در این مرحله آنومالی‌های واقعی از آنومالی‌های کاذب تشخیص داده می‌شوند. در این مرحله از اکتشاف باید موارد زیر به دقت مشخص شود:

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



## فصل ۲

---

---

روش‌های اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات

آبراه‌های و تجزیه نمونه‌ها





## ۱-۲- مراحل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای

نمودار جریانی و مراحل مختلف اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای در شکل ۱-۲-۱-۲ ارائه شده است. در این نمودار مراحل اجرای یک طرح اکتشافی ژئوشیمیایی به تفکیک و با توجه به اولویت زمانی آمده است.



شکل ۱-۲-۱-۲- نمودار جریانی اکتشاف ژئوشیمیایی آبراهه‌ای.

## 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 موجود است. نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی هم‌مقیاس، نقشه‌های الزامی هستند که در جدول شماره ۲-۱ آمده‌اند. در این جدول نقشه‌هایی که با علامت + نشان داده شده است، الزامی نبوده و در صورت وجود مورد استفاده قرار می‌گیرند. نقشه‌هایی که با علامت × نشان داده شده الزامی هستند و در صورت نبود باید هم‌زمان با تهیه نقشه‌های ژئوشیمیایی تهیه شوند.

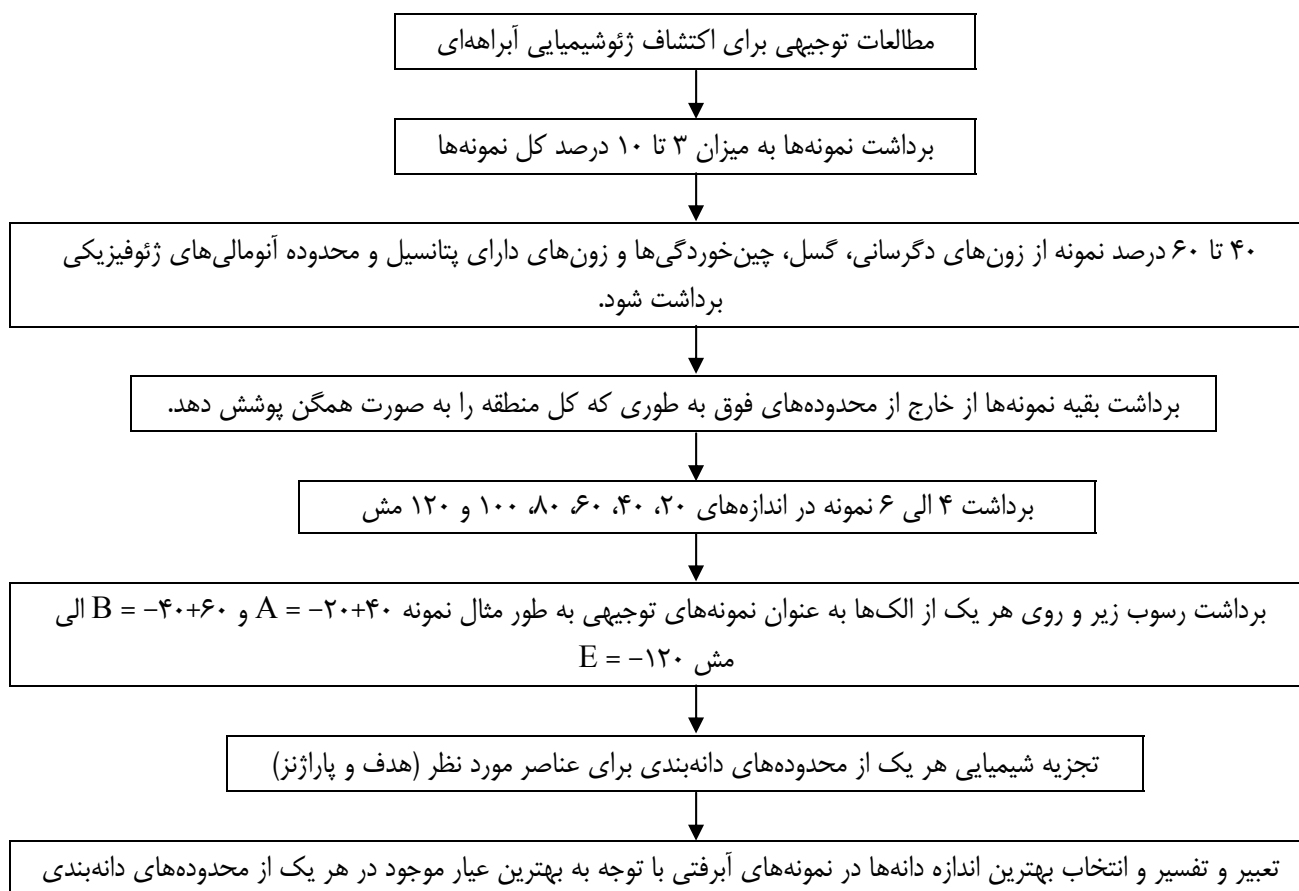
جدول ۲-۱- نقشه‌های پایه و گزارشات مورد نیاز اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای.

| ردیف | نقشه پایه                    | مقیاس    |          |           |           |
|------|------------------------------|----------|----------|-----------|-----------|
|      |                              | ۱:۲۵,۰۰۰ | ۱:۵۰,۰۰۰ | ۱:۱۰۰,۰۰۰ | ۱:۲۵۰,۰۰۰ |
| ۱    | نقشه توپوگرافی               | ×        | +        | -         | -         |
| ۲    | عکس‌های هوایی                | ×        | +        | -         | -         |
| ۳    | عکس و یا نقشه‌های ماهواره‌ای | ×        | +        | +         | -         |
| ۴    | نقشه زمین‌شناسی              | ×        | +        | +         | +         |
| ۵    | نقشه ژئوفیزیک هوایی          | -        | -        | +         | +         |
| ۶    | نقشه ژئوشیمیایی              |          | +        | ×         | -         |

× الزامی، + غیر الزامی، - اختیاری

## ۲-۳- مطالعات توجیهی اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای

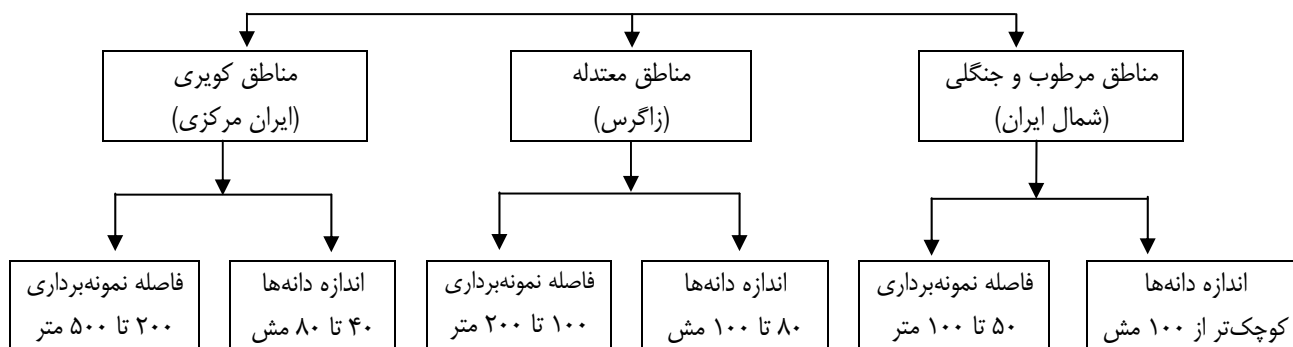
انجام مطالعات توجیهی در اکتشاف ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در مناطقی که قبلاً این گونه مطالعات به منظور تعیین مناسب‌ترین ابعاد رسوبات و تراکم نمونه‌برداری انجام نشده، الزامی است. نمودار جریان مطالعات توجیهی در شکل ۲-۲ ارائه شده است.



شکل ۲-۲- نمودار جریان‌ی انجام مطالعات توجیهی برای اکتشاف ژئوشیمیایی آبراهه‌ای.

## ۲-۴- نتایج مطالعات توجیهی در ایران

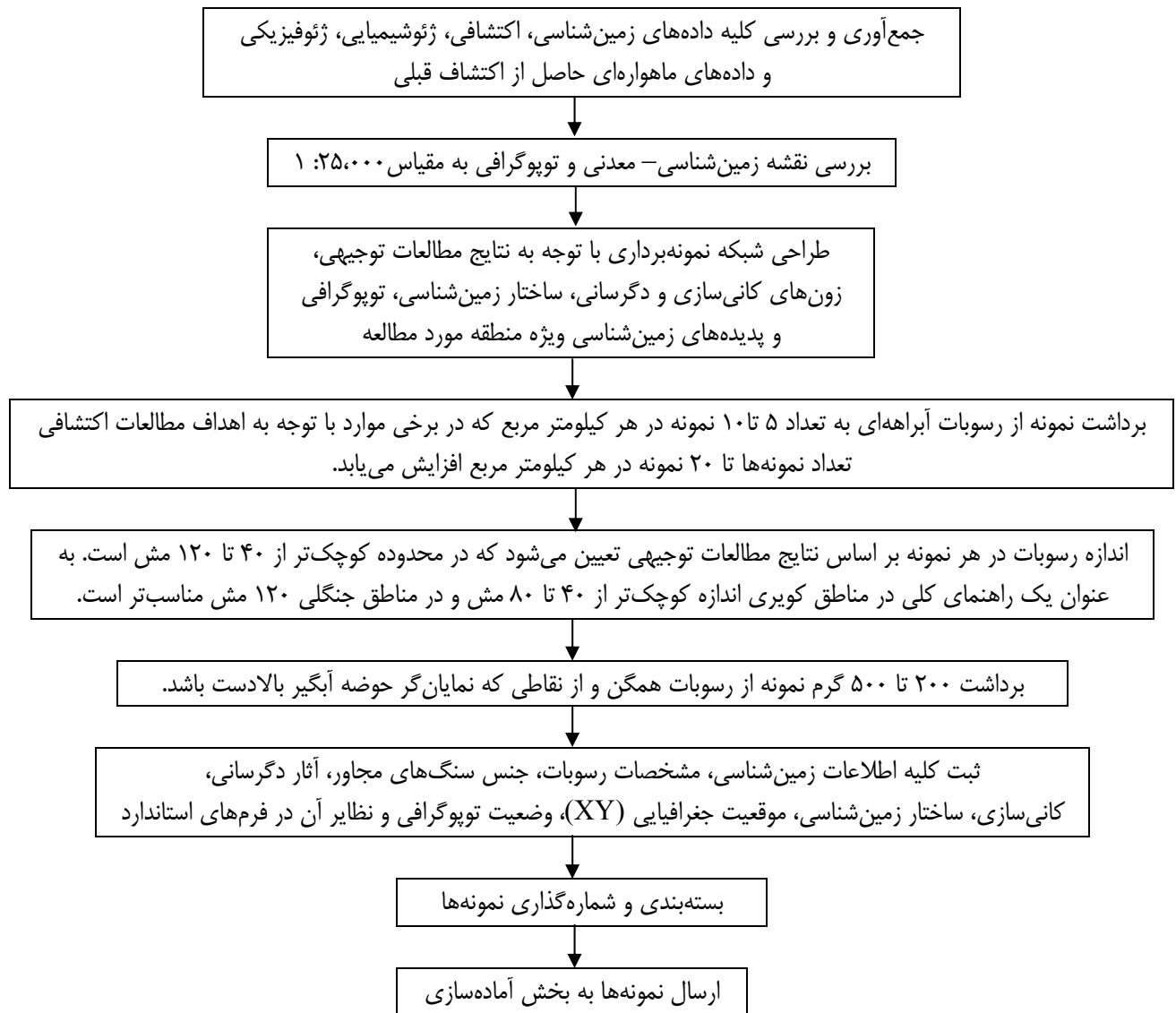
نتایج حاصل از مطالعات توجیهی مربوط به سایر مناطق را نمی‌توان بدون مشابَهت ویژگی‌های زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، ژئوشیمیایی، توپوگرافی، تکتونیک و نظایر آن در منطقه دیگری استفاده کرد. اما به عنوان یک راهنمای عمومی می‌توان فواصل نمونه‌برداری و اندازه دانه‌های نمونه برداشت شده در مناطق مختلف ایران را مطابق شکل ۲-۳ انجام داد.



شکل ۲-۳- نمودار پارامترهای اندازه دانه‌ها و فواصل نمونه‌برداری در مناطق مختلف ایران.

## ۲-۵- طراحی و برداشت نمونه از رسوبات آبراهه‌ای

در طراحی و برداشت نمونه از رسوبات آبراهه‌ای مراحل مختلفی وجود دارد که شامل طراحی، نمونه‌برداری، آماده‌سازی و ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه است. نمونه‌برداری رسوبات آبراهه‌ای در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ باید مطابق مراحل ارایه شده در شکل ۲-۴ انجام شود.



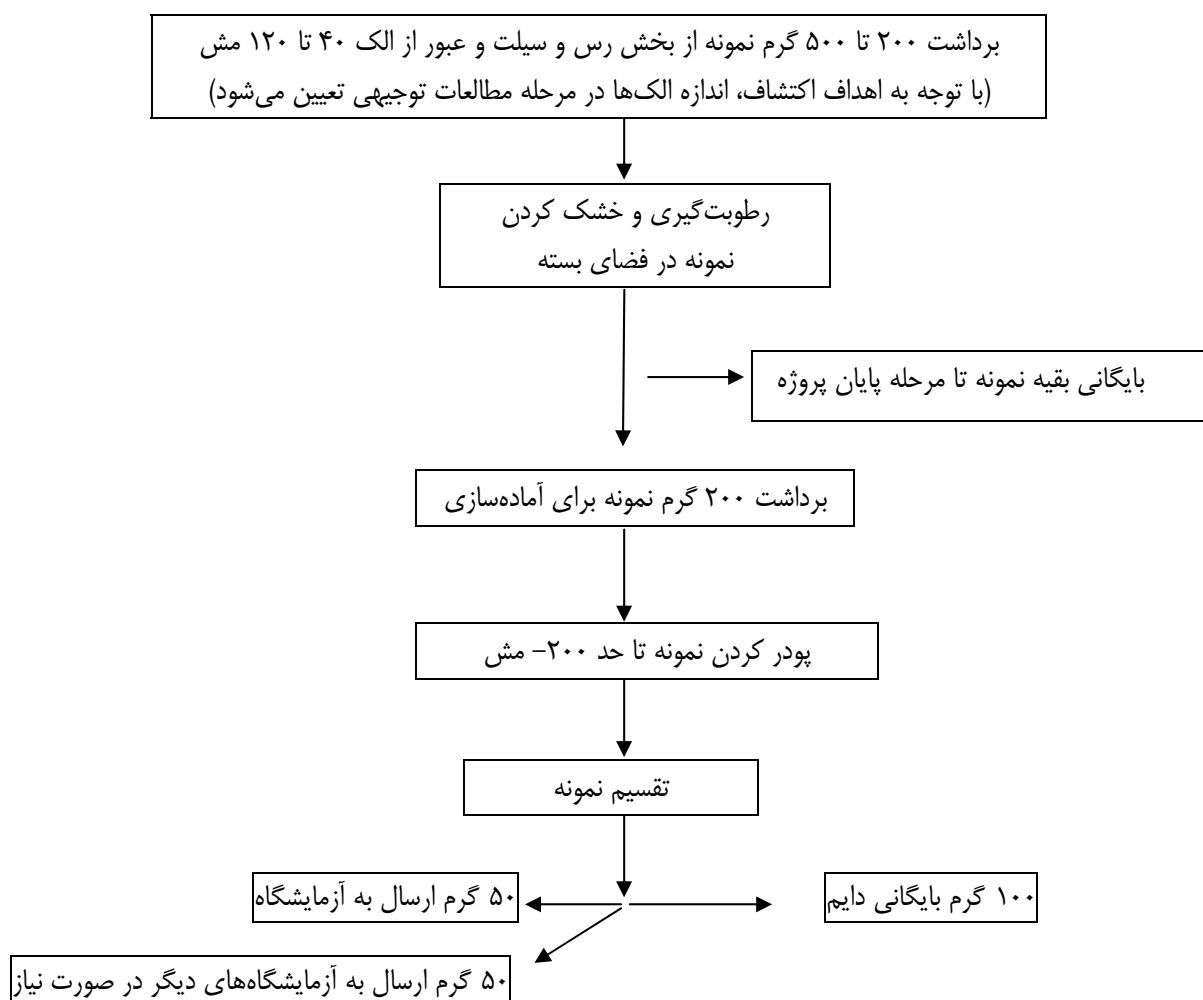
شکل ۲-۴- نمودار مراحل طراحی و برداشت نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای.

## ۲-۶- ثبت اطلاعات صحرائی نمونه‌ها

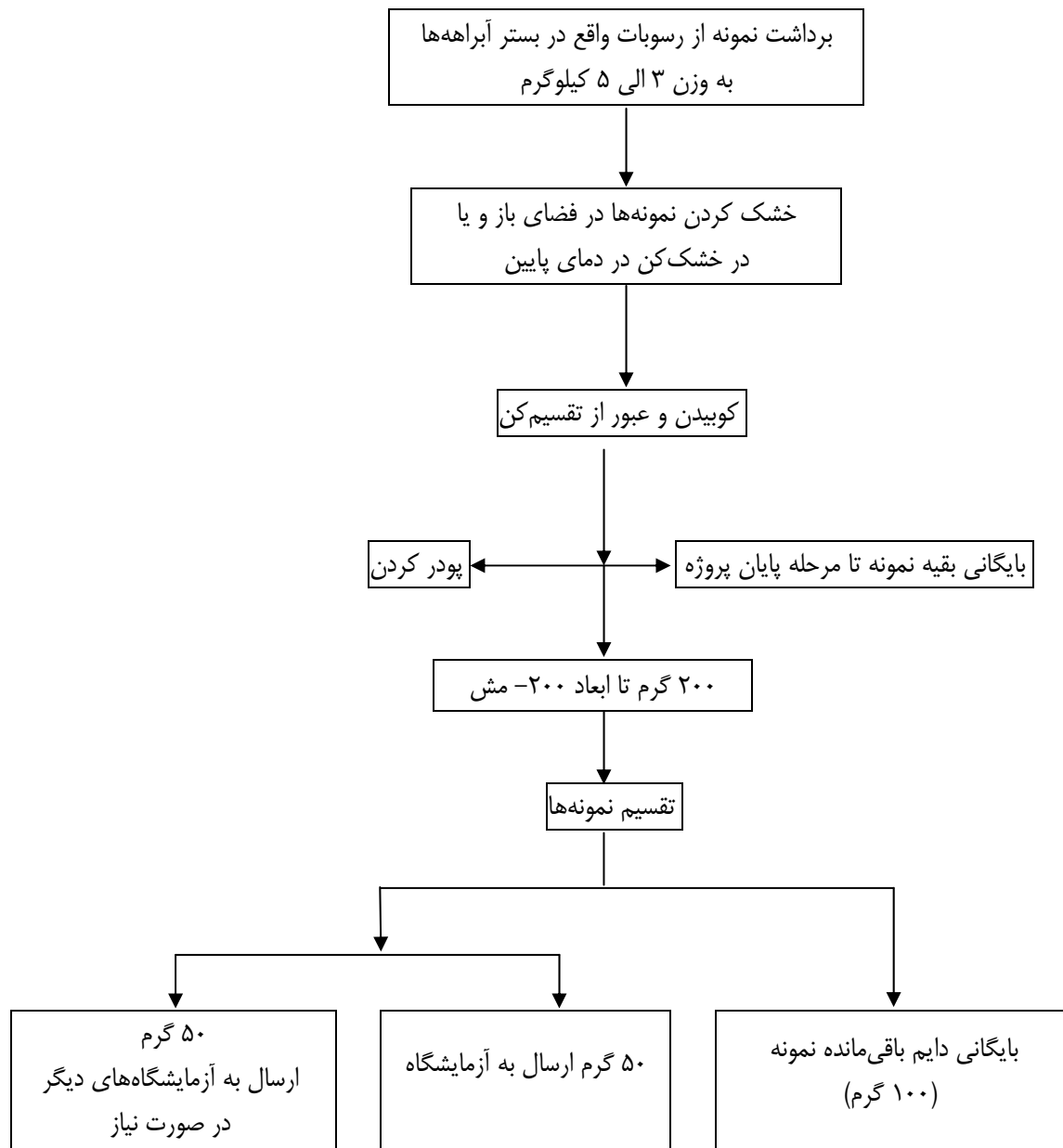
هنگام برداشت صحرائی کلیه مشخصات نمونه‌ها نظیر موقعیت جغرافیایی، وضعیت توپوگرافی، رنگ و جنس سنگ‌های دربرگیرنده، آثار کانی‌سازی و دگرسانی و سایر پدیده‌های زمین‌شناسی باید به صورت کامل ثبت و به سامانه کامپیوتری منتقل شود. داده‌های ثبت شده، در تعبیر و تفسیرهای نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۷-۲- آماده‌سازی نمونه

نمونه‌های برداشت شده از رسوبات آبراهه‌ای به دو صورت خشک و تر باید مطابق مراحل ذکر شده در شکل‌های ۵-۲ و ۶-۲ آماده‌سازی و به آزمایشگاه ارسال شود.



شکل ۷-۲-۵- نمودار مراحل آماده‌سازی نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای خشک (آبراهه‌های بدون آب جاری).

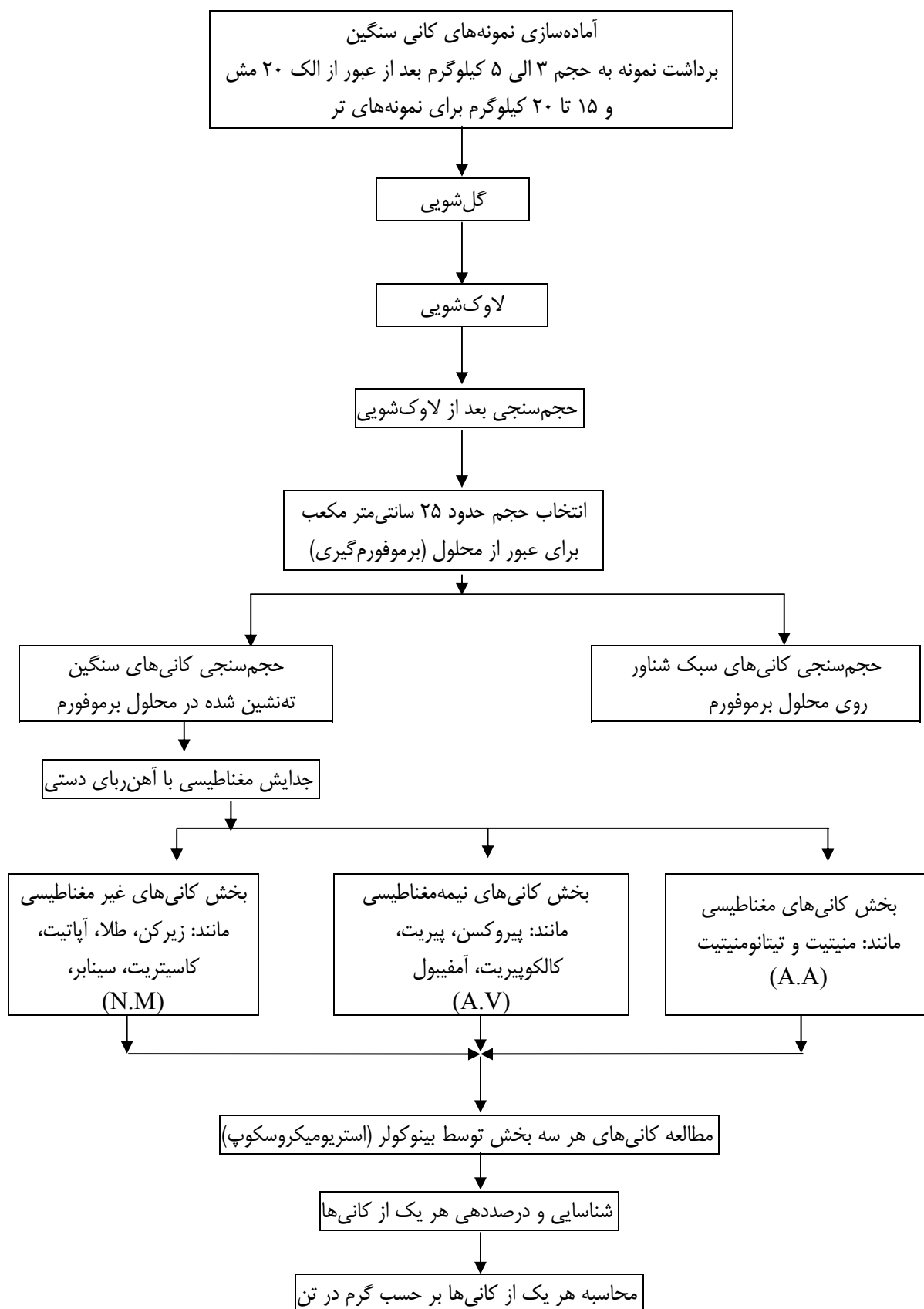


شکل ۲-۶- نمودار مراحل آماده‌سازی نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای تر (در آبراهه‌های دارای آب جاری).

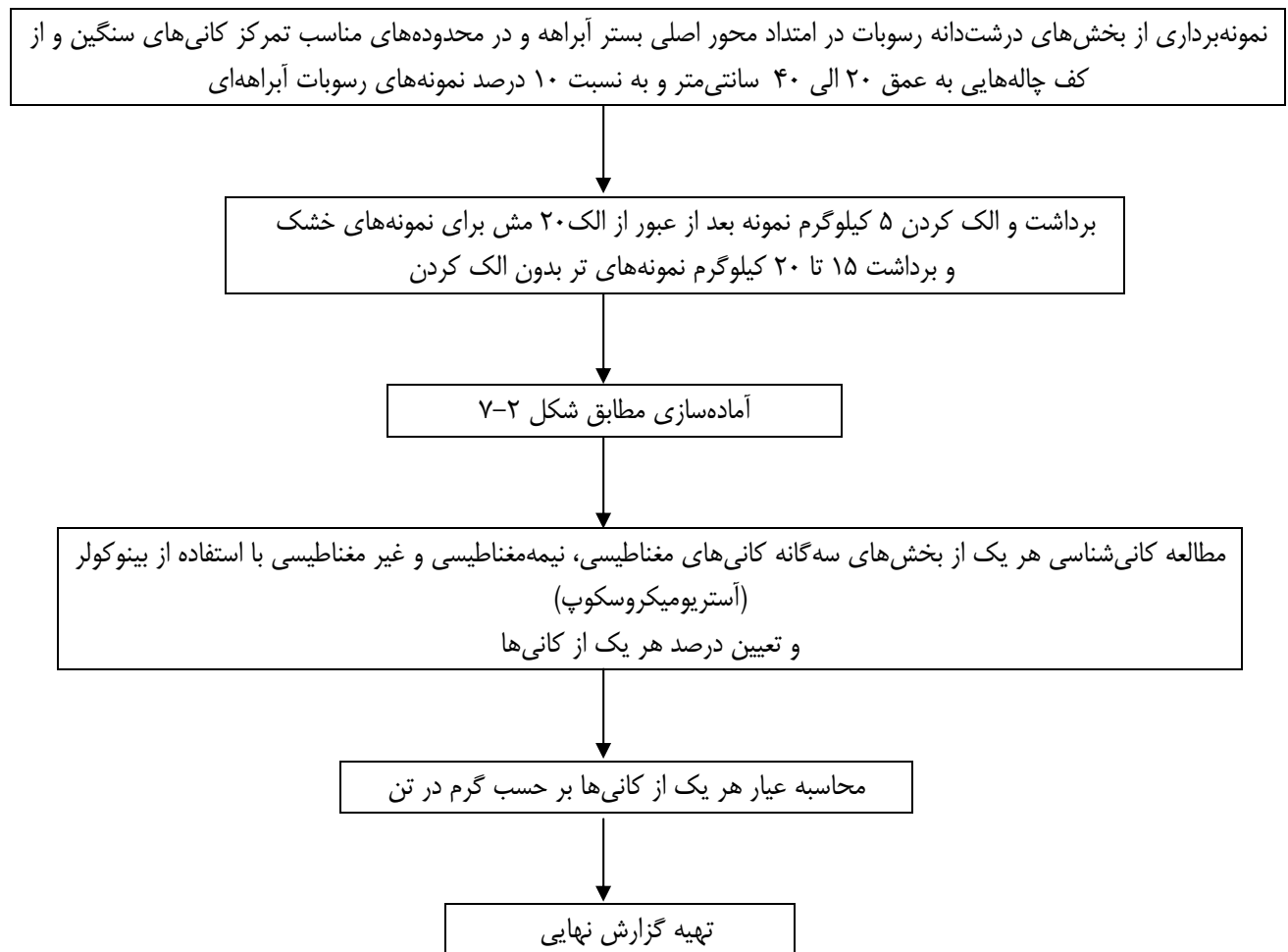
## ۸-۲- نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین

همراه با برداشت نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای بر اساس طراحی انجام شده نمونه‌های کانی سنگین نیز برداشت می‌شود. مراحل

آماده‌سازی نمونه‌ها در شکل ۲-۷ و برداشت و مطالعه آن‌ها در شکل ۲-۸ ارایه شده است.



شکل ۲-۷- نمودار مراحل آماده‌سازی نمونه‌های کانی سنگین.

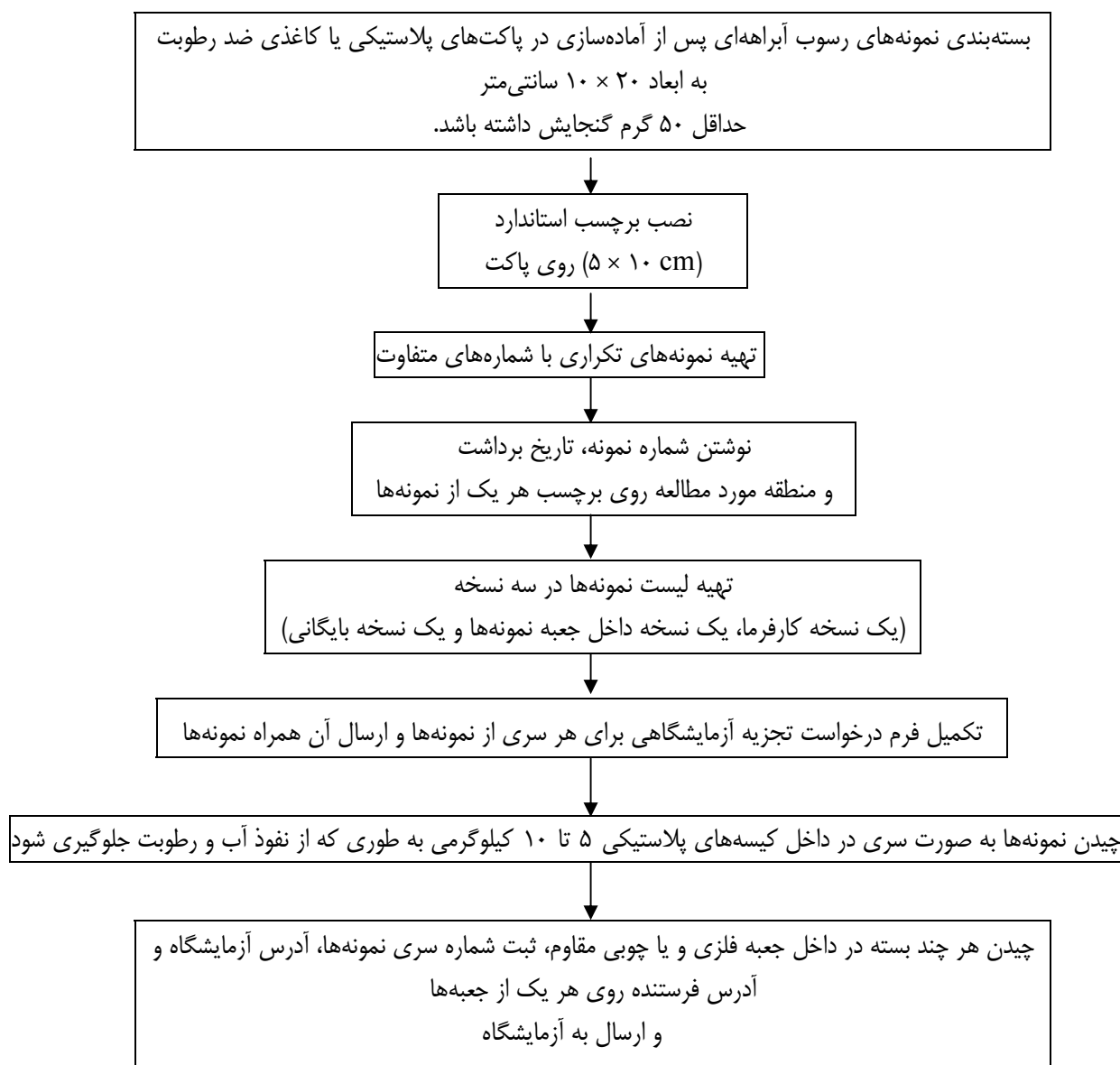


شکل ۲-۸- نمودار جریانی برداشت و مطالعه نمونه‌های کانی سنگین.

## ۲-۹- ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه

کلیه نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای پس از آماده‌سازی و بسته‌بندی در پاکت‌های ویژه و جعبه‌های ضد ضربه و رطوبت باید به آزمایشگاه ارسال شوند. قبل از ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه باید نمونه‌های بسته‌بندی شده کنترل و حداقل سه نسخه از لیست نمونه‌ها، یک نسخه در بایگانی پروژه، یک نسخه داخل هر یک از جعبه‌ها و یک نسخه برای کارفرما تهیه شود. علاوه بر لیست تایپ شده نمونه‌های ارسالی، فایل کامپیوتری آن‌ها نیز باید تا پایان پروژه نگهداری شود. مراحل ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه‌ها در شکل ۲-۹-۹ ارایه شده است.





شکل ۲-۹- نمودار مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها برای ارسال به آزمایشگاه.

## ۲-۱۰- تجزیه شیمیایی نمونه‌ها

### ۲-۱۰-۱- روش تجزیه شیمیایی چند عنصری

در اکتشاف ژئوشیمیایی ناحیه‌ای، پی‌جویی و یا در مراحل که اطلاعات قبلی از منطقه در دسترس نباشد یا عنصر خاصی در نظر نباشد، به کارگیری روش تجزیه شیمیایی چند عنصری توصیه می‌شود. این روش‌ها با توجه به حد تشخیص مناسب، 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.

جدول ۲-۲- حدود غلظت، روش انحلال در روش‌های تجزیه شیمیایی چند عنصری متداول در اکتشاف ژئوشیمیایی.

| Analyze (s)             | Range(ppm) |        | Digestion/Fusion    | Technique<br>ICP-MS<br>ICP-OES | Comment                                 |
|-------------------------|------------|--------|---------------------|--------------------------------|---|
|                         | L.D.L      | U.D.L  |                     |                                |   |
| Cu, Pb, Zn , Ni ,<br>Mn | 0.2 - 5    | 10000  | A.R.-F(L.B.)        | ICPMS-OES                      | Except Mn in F(L.B.). ultra trace Level |
|                         | 1-5        | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICPMS-OES                      | Trace Level                             |
|                         | 5 - 10     | 50000  | 4.A.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
|                         | 10 - 50    | 10000  | 4.A.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| AS                      | 0.2 -0.1   | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 2 - 5      | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Trace Level                             |
|                         | 10 - 50    | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| Co                      | 0.1 - 1    | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level- Trace Level          |
|                         | 5          | 50000  | A.R.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
|                         | 10         | 10000  | 4.A.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| Al                      | 0.01%      | 25%    | 4.A.                | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 0.05%      | 30%    | 4.A.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| Ag                      | 0.01       | 100    | A.R.- 4.A.          | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 0.5-0.2    | 100    | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Trace Level                             |
|                         | 1          | 200    | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
|                         | 1          | 1000   | F(L.B.)             | ICP-MS                         | Intermediate Level                      |
| Sb                      | 0.05       | 1000   | 4.A.                | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 5-2        | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Trace Level                             |
|                         | 50         | 100000 | 4.A.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| Bi                      | 0.01       | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 2          | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Trace Level                             |
|                         | 10-20      | 50000  | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| Cd                      | 0.02-0.01  | 500    | A.R.- 4.A.          | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 0.5        | 500    | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Trace Level                             |
|                         | 5          | 2500   | A.R.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
|                         | 10         | 10000  | 4.A.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| Fe                      | 0.01%      | 15%    | A.R.                | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level- Trace Level          |
|                         | 0.01%      | 25%    | 4.A.                | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level- Trace Level          |
|                         | 0.05%      | 30%    | 4.A.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
|                         | 0.05%      | 30%    | A.R.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| Ba                      | 0.5        | 10000  | F(L.B.)             | ICPMS                          | Ultra Trace Level                       |
| Cr                      | 10         | 10000  | F(L.B.)             | ICP-MS                         | Ultra Trace Level                       |
| Mo                      | 0.05       | 10000  | A.R.- 4.A.          | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 2-1        | 10000  | A.R.- 4.A.- F(L.B.) | ICPMS-OES                      | Trace Level                             |
|                         | 5          | 50000  | A.R.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
|                         | 10         | 100000 | A.R.- 4.A.          | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| Sn                      | 1          | 10000  | F(L.B.)             | ICP-MS                         | Ultra Trace Level                       |
| W                       | 1          | 10000  | F(L.B.)             | ICP-MS                         | Ultra Trace Level                       |
| Hg                      | 0.01       | 10000  | A.R.                | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 1          | 10000  | A.R.                | ICP-OES                        | Trace Level                             |
|                         | 0.0005%    | 5%     | A.R.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
| S                       | 0.01%      | 10%    | A.R.- 4.A.          | ICPMS-OES                      | Ultra Trace Level                       |
|                         | 0.05%      | 50%    | A.R.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |
|                         | 0.01%      | 30%    | 4.A.                | ICP-OES                        | Intermediate Level                      |

L.D.L = Lower Detection Limit: U.D.L = Upper Detection Limit

A.R. = Aqua Regia, 4A. = Four Acid

F (L.B.) = Fusion Lithium Borate.

ICP-MS: Inductively Couple Plasma-Mass Spectrometry

ICP-OES: Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometry

نکته ۱: تیتانیوم در هیچ روشی به طور کامل حل نمی‌شود و اکثر نتایج در حد مطلوب نیست

نکته ۲: عناصر ذکر شده در جدول در روش‌های مشخص شده، بسته به نوع محلول می‌توانند به طور کامل یا بخشی حل شوند.

## ۲-۱۰-۲- روش تجزیه شیمیایی تک عنصری

معمولا در مطالعات بزرگ مقیاس نوع عناصر مورد اکتشاف در مطالعات قبلی تعیین شده است. بنابراین می‌توان در صورت محدودیت، عناصر مورد نظر را به چند عنصر کاهش داد. در این صورت از روش‌هایی استفاده می‌شود که از دقت بیشتری برخوردار هستند. روش‌های متداول در جدول ۲-۳ ارائه شده است.

جدول ۲-۳- روش‌های تجزیه تک عنصری متداول در اکتشاف ژئوشیمیایی.

| Analyze (s)                        |         | Range(ppm)              |        | Digestion/<br>Fusion | Technique       | Comment         |  |
|------------------------------------|---------|-------------------------|--------|----------------------|-----------------|-----------------|--|
|                                    |         | L.D.L                   | U.D.L  |                      |                 |                 |  |
| Cu,<br>Zn,<br>Ni,<br>As,<br>Bi, Co | +       | Mn,Pb<br>Mn,Pb<br>Mn,Pb | 2-5    | 10000                | A.R.- 4.A.      | AAS             | Pb (5 ~10 – 10000)   |
|                                    |         |                         | 10     | 10000                | _____           | XRF             | As(5-5000) except Co-Pressed pellet                        |
|                                    |         |                         | 0.01%  | 50%                  | A.R.- 4.A.      | AAS             | 30%) Mo (0.01-10%)–Pb, Zn. As (0.01                        |
|                                    |         |                         | 0.005% | 30%                  | Fusion          | ICP-OES         | As(0.01-10%) Co (0.02-30%)<br>Except Bi, Mo, Mn, As, Oxide |
| Cr                                 |         |                         | 0.01%  | 30%                  | Fusion          | ICPOES- 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%                 | H2SO4–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.           |  |

AAS: Atomic Absorption Spectroscopy

XRF: X Ray Fluorescence

ICP-MS: Inductivity Couple Plasma-Mass Spectrometry

ICP-OES: Inductivity Couple Plasma

A.R: Aqua Regia

4A: Four Acids

## ۲-۱۰-۳- روش تجزیه شیمیایی طلا و نقره

برای تجزیه شیمیایی طلا و نقره باید از روش‌های با حد سنجش و دقت و صحت مناسب‌تری استفاده کرد. برخی از روش‌های متداول تجزیه شیمیایی طلا و نقره در جدول ۲-۴ ارائه شده است.

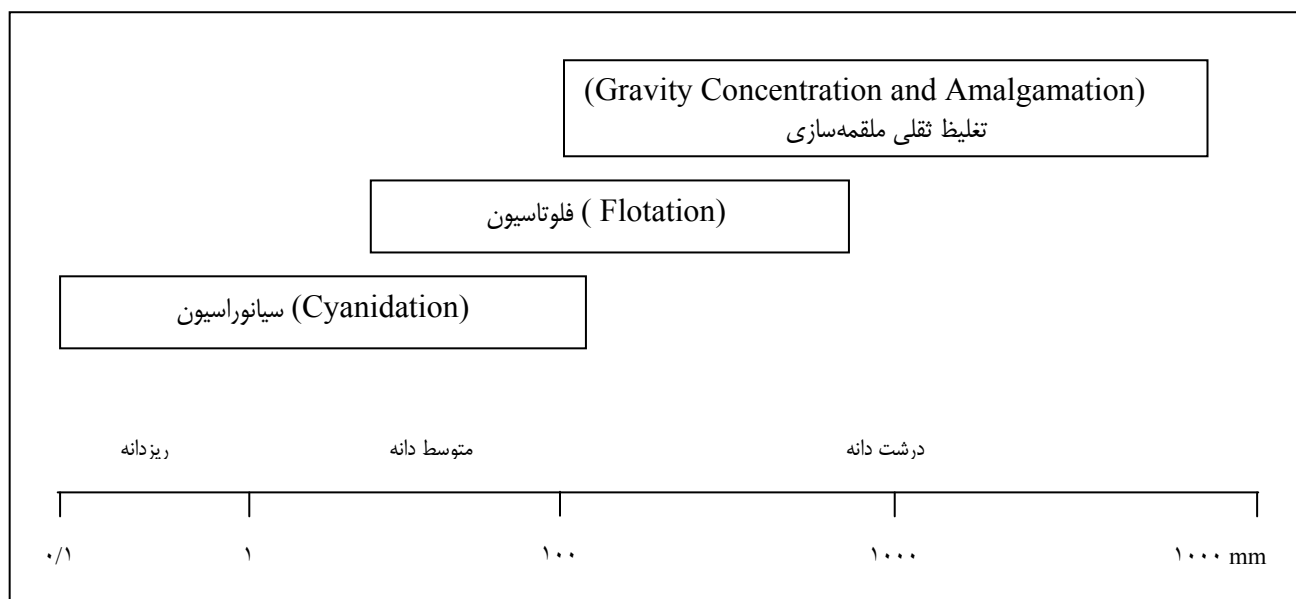
جدول ۲-۴- روش‌های متداول تجزیه طلا و نقره به همراه حدود سنجش و روش آماده‌سازی آن‌ها.

| Analyze(s) | Range       |       | Digestion/<br>Fusion        | Technique                        | Comment  |
|------------|-------------|-------|-----------------------------|----------------------------------|--|
|            | L.D.L       | U.D.L |                             |                                  |  |
| Au         | 0.001       | 10    | Fire assay                  | ICP-OES                          | 30-50 gr sample, trace level weight                |
|            | 0.005       | 10    | Fire assay                  | AAS                              | 30-50 gr sample, trace level weight                |
|            | 0.05        | 1000  | Fire assay                  | Gravimetric                      | 30-50 gr sample, trace level weight                |
| Au         | 0.001       | 1     | A.R.                        | Graphite Furnace<br>AAS or ICPMS | 25-50 gr sample, super trace level weight          |
|            | 0.01        | 100   | A.R.                        | ICPMS                            | 30-50 gr sample, ore grade level weight            |
|            | 0.0001      | 10    | BLEG Au-<br>cyanide leach   | AAS - ICPMS                      | 1000- – Super Trace level<br>3000 gr sample weight |
| Au         | 0.03        | 50    | Cyanide leach               | AAS                              | Ore grade level 30 gr sample weight                |
|            | 0.01        | 200   | Cyanide leach               | AAS                              | Ore grade level 1000 gr sample weight              |
|            | 0.01        | 300   | Accelerate<br>cyanide leach | AAS                              | Ore grade level 500-3000 gr sample weight          |
| Ag         | -0.2<br>0.5 | 100   | 4A.-A.R.                    | AAS                              | Trace level  |
|            | 1           | 1500  | A.R.                        | AAS                              | Ore grade level                                    |
|            | 1           | 1000  | 4A.                         | AAS                              | Ore grade level                                    |
|            | 5           | 10000 | Fire assay                  | Gravimetric                      | 30-50 gr sample, ore grade level weight            |

## ۲-۱۰-۴- اندازه‌گیری و استحصال طلا به روش ثقل‌سنجی و انحلال

چنانچه اندازه ذرات آزاد طلا در نمونه‌ها شناخته شده باشد، می‌توان از روش‌های ثقل‌سنجی و انحلال برای جداسازی استفاده کرد

(شکل ۲-۱۰).



شکل ۲-۱۰- حدود و روش‌های اندازه‌گیری و استحصال طلا به روش‌های ثقل‌سنجی و انحلال.

### ۲-۱۰-۵- روش اندازه‌گیری اکسیدهای اصلی و عناصر نادر خاکی (R.E.E)

برای تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی در سنگ‌ها روش XRF و برای عناصر نادر خاکی روش ICP-MS توصیه می‌شود.

جدول ۲-۵ مشخصه‌های این روش‌ها را بیان می‌کند.

جدول ۲-۵- مشخصه‌های تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی و عناصر نادر خاکی و حدود تجزیه یکی از آزمایشگاه‌های بین‌المللی معتبر.

| Analyze (s)  | Range          |                        | Digestion/<br>Fusion | Technique      | Comment |
|--|----------------|------------------------|----------------------|----------------|---------|
|  | L.D.L          | U.D.L                  |                      |                |         |
| SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO, K <sub>2</sub> O,<br>Na <sub>2</sub> O, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , MnO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , SrO,<br>BaO, L.O.I | 0.01%          | 100%                   | F(L.B.)              | XRF,<br>ICPOES |         |
| REE (Ce, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu,<br>Nd, Pr, Sm, Tb, Th, Tm, U, Y, Yb)  | 0.1 - 1<br>ppm | 1000 -<br>10000<br>ppm | F<br>(L.M.B.)*       | ICPMS          |         |

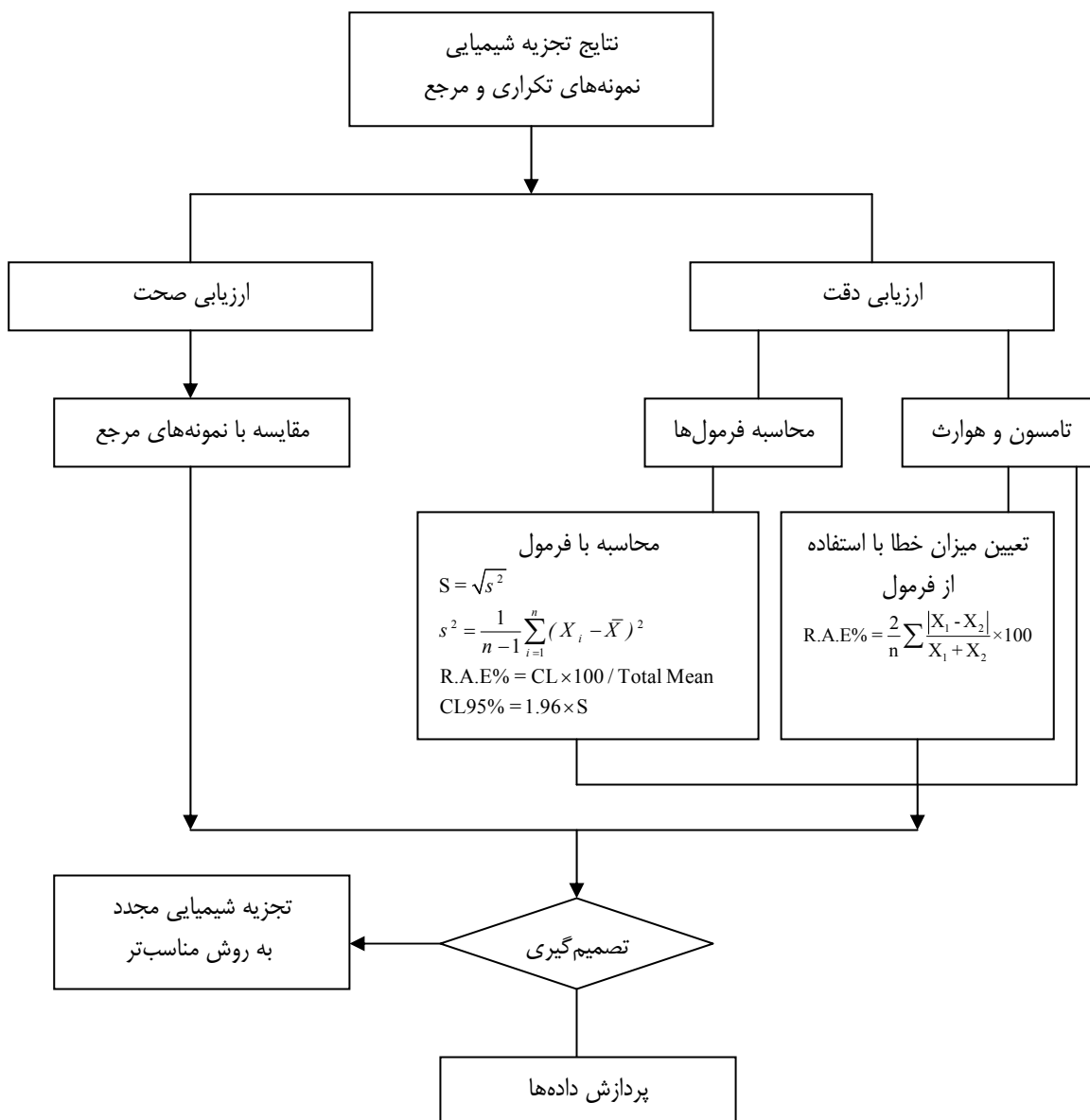
L.M.B= Lithium Meta Borate

### ۲-۱۱- ارزیابی کیفیت نتایج تجزیه نمونه‌های ژئوشیمیایی

با توجه به محدودیت‌های هر یک از روش‌های تجزیه‌ای، قبل از هر گونه عملیات پردازش داده‌ها باید صحت و دقت نتایج

آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گیرند. محاسبات خطای تجزیه نمونه‌ها (دقت) با استفاده از نتایج نمونه‌های تکراری و محاسبات صحت

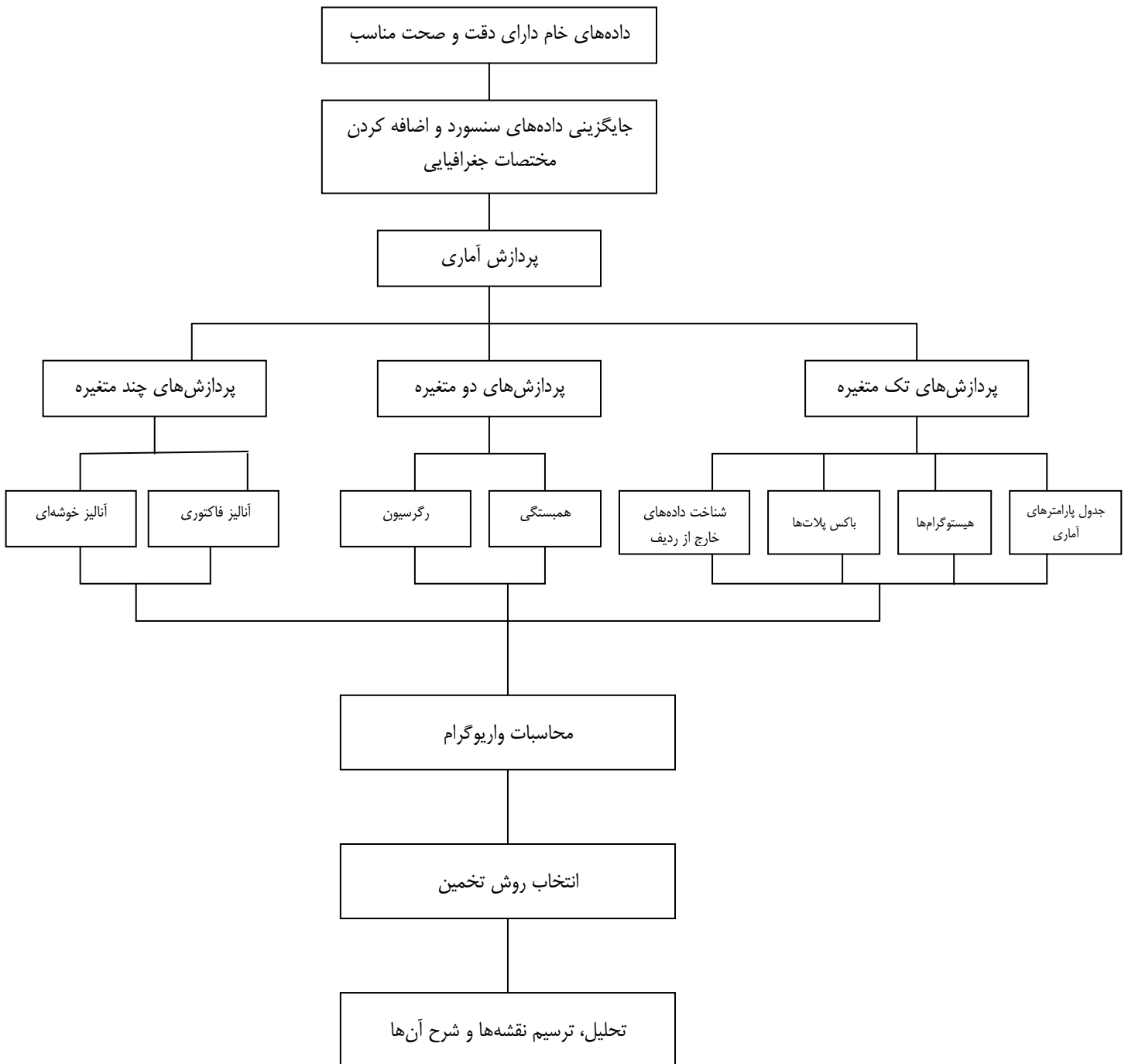
داده‌ها با استفاده از نمونه‌های مرجع انجام می‌شود. شکل ۲-۱۱ روش‌های ارزیابی کیفیت نتایج تجزیه ژئوشیمیایی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- ۱۱- نمودار روش‌های ارزیابی کیفیت نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی.

## ۱۲-۲- پردازش داده‌ها

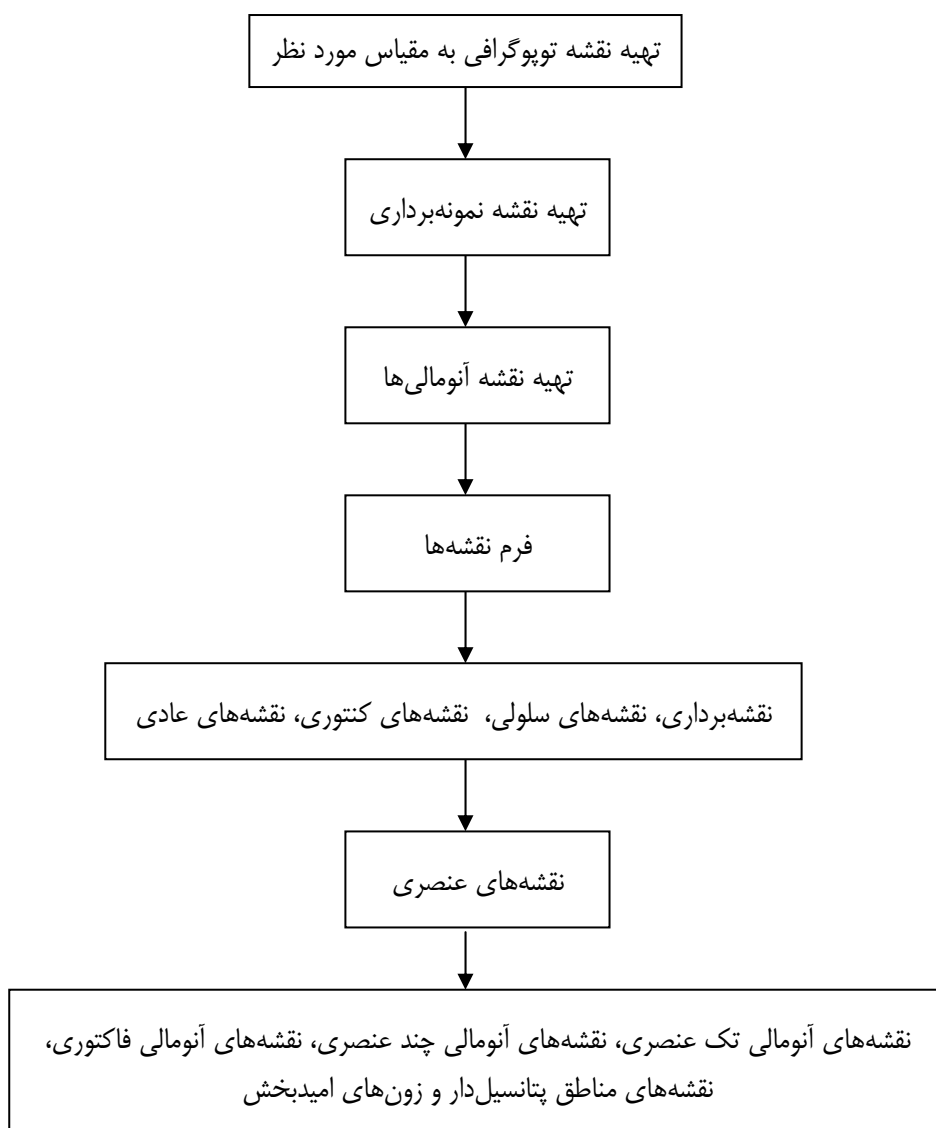
بعد از بررسی دقت و صحت نتایج تجزیه شیمیایی آن دسته از عناصری که نتایج تجزیه آن‌ها دقت و صحت مناسبی دارند، مورد پردازش قرار می‌گیرند. مراحل پردازش داده‌ها برای عناصر مورد تاثیر در شکل ۱۲-۲-۲ ارائه شده است.



شکل ۱۲-۲-۲- نمودار مراحل پردازش داده‌ها پس از ارزیابی کیفیت آن‌ها.

## ۱۳-۲- 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 ۱۳-۲ ارایه شده است.



شکل ۱۳-۲- نمودار مراحل تهیه نقشه آنومالی‌ها.



## ۲-۱۴- کنترل آنومالی‌ها

پس از تهیه نقشه آنومالی‌ها، باید آنومالی‌ها مورد کنترل صحرائی قرار گیرند و بر اساس آن اصلاحات لازم بر روی نقشه‌ها انجام و آنومالی‌های واقعی و کاذب مشخص شوند. مراحل کنترل آنومالی‌ها در شکل ۲-۱۴ ارائه شده است.



شکل ۲-۱۴- نمودار مراحل مختلف کنترل آنومالی‌ها.

## ۲-۱۵- دستورالعمل تهیه و تنظیم گزارش نهایی

با توجه به اهداف اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس که در محدوده‌هایی به وسعت چند ده کیلومتر مربع و بر اساس زون‌های آنومالی حاصل از اکتشاف ناحیه‌ای تعیین می‌شود، گزارش نهایی باید پاسخگوی اهداف اصلی اکتشاف باشد. مهمترین اهداف مرحله اکتشاف بزرگ مقیاس به روش رسوبات آبراهه‌ای عبارتند از:

- تشخیص و تعیین زون‌های آنومالی مرتبط با فرآیند کانی‌سازی
  - شناسایی و تعیین رابطه آنومالی‌های واقعی با زون‌های احتمالی کانی‌سازی دارای رخنمون و کانسارهای نیمه فرسایش یافته
  - تعیین و شناسایی توده‌های احتمالی کانی‌ساز نظیر کانسارهای پورفیری، مس، قلع، تنگستن و نظایر آن.
  - شناسایی زون‌های ساختمانی با کانی‌سازی‌های احتمالی
  - شناسایی و تعیین رابطه زون‌های آنومالی با اندیس‌ها، رگه‌ها، زون‌های دگرسانی و دیگر پدیده‌های کانی‌سازی و زمین‌شناسی.
  - مشخص کردن زون‌های پتانسیل‌دار برای اکتشاف بزرگ مقیاس‌تر
  - ارزیابی اکتشافی و اقتصادی یافته‌ها.
- با توجه به اهداف فوق‌الذکر و افزایش اطلاعات و داده‌های اکتشافی باید محتوی گزارش علاوه بر ارایه روش‌های اکتشافی، چگونگی عملیات صحرایی و تجزیه‌های آزمایشگاهی به صورت مختصر تنظیم شود. با تلفیق کلیه اطلاعات، محدوده‌های پتانسیل‌دار شناسایی و برای ادامه اکتشاف به طور مشخص معرفی می‌شوند. سرفصل‌های گزارش‌های اکتشاف ژئوشیمیایی به شرح زیر است:

### ۲-۱۵-۱- فهرست مطالب

#### ۲-۱۵-۲- مقدمه

### ۲-۱۵-۳- فصل اول: کلیات

الف- آشنایی

ب- اهداف اکتشاف

پ- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ت- مطالعات پیشین

- بررسی زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه
- بررسی نتایج داده‌های ژئوشیمیایی کوچک مقیاس
- بررسی داده‌های کانی سنگین در صورت وجود
- بررسی اطلاعات ژئوفیزیکی
- بررسی اطلاعات ماهواره‌ای
- بررسی اطلاعات دگرسانی در محدوده مورد مطالعه

**۲-۱۵-۴- 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

**۲-۱۵-۵- فصل سوم: پردازش داده‌ها**

الف- محاسبه خطا

ب- پردازش آماری

- مطالعات آماری تک متغیره

- مطالعات آماری دو متغیره

- مطالعات آماری چند متغیره

**۲-۱۵-۶- فصل چهارم: تعبیر و تفسیر داده‌ها**

الف- آشنایی

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

پ- بررسی رابطه آنومالی‌ها با ساختمان زمین‌شناسی (گسل‌ها، درزه‌ها و چین‌خوردگی‌ها)

ت- بررسی رابطه آنومالی‌ها با زون‌های کانه‌دار در محدوده مورد مطالعه

ث- بررسی آنومالی‌ها با زون‌های دگرسانی در محدوده مورد مطالعه

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

چ- تعیین پتانسیل توده‌های نفوذی

ح- ارزیابی و تفکیک زون‌های آنومالی واقعی از آنومالی‌های 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.

**۲-۱۵-۷- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها****الف- نتیجه‌گیری**

- نتایج حاصل از کلیه اطلاعات و اکتشاف‌های انجام شده

- تلفیق نتایج و ارزیابی سطح اعتماد آن‌ها

- ارایه نتیجه‌گیری‌های ژئوشیمیایی

- ارایه نتیجه‌گیری‌های اکتشافی

**ب- پیشنهادها**

- پیشنهاد در خصوص ادامه و یا توقف عملیات اکتشافی

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

**۲-۱۵-۸- فصل ششم: پیوست‌ها**

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

ب- نمودارها و جدول‌های آماری

پ- نقشه‌ها و مقاطع

**۲-۱۵-۹- ارایه کلیه اطلاعات (نوشتاری، نموداری و جدول‌ها) به صورت لوح فشرده**

## کتاب‌نگاری

- ۱- آزر م ف، ۱۳۶۴. مطالعه و اندازه‌گیری کانی‌های سنگین. سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۲- حسنی پاک ع، ا. ۱۳۷۲. اکتشافات سیستماتیک گلیپایگان. سازمان زمین‌شناسی کشور
- ۳- کوثری س، شمس م. ج، علوی م. ر، رضوانی س. ج. (۱۳۶۸): کانسار تیتانیوم کهنوج. سازمان زمین‌شناسی کشور.
3. R.W. Boyle and A.Y. Smith, 1968: The evolution to techniques and concepts in geochemical prospecting. In the Earth Sciences. Canada (editor, E.R.W. Neale). Royal.Soc.Canada Spec. Public. No 11.117-128. University of Toronto. Press.
4. G I S. Geindustri A.S. Paha- CZECH. Republic 1997: Explanatory booklet of geochemical exploration of Kamroud. Geochemical mapping of Yazd -Sabzevaran. Scale 1:100000.
5. Exploration for ore deposits in Kerman Region; 1973 Report No ya/53.
6. A.A. Levinson, 1974: Introduction to exploration geochemistry. Applied Publishing Ltd. Calgary .Alta. 612pp.
7. Warren h.v.19372, Biogeochemical in Canada. Endeavor
8. S.Rapant, M.Rapsova, D.Bodies, K.Marsina, I.Slaninka: 1999. Environmental geochemical mapping in the Slovak republic. Jurnal Geochemical exploration.66.151-158.
9. Bradshow, P.M.D, Clews, D.R and Walker, J.K.1979. Exploration geochemistry, Barriger Revard ltd, Toronto, 54pp.
10. Kokosdy, M and Bradshow, P.M.D.1969. Secondary dispersion of mercury from cinnabar and stibnite deposits. West turkey. Colorado school of mines Quaterly, V.64. P.333-356.
11. Thomson, t, 1978. Geochemical orientation studies, Kingdom Saudi Arabia, Unpublished report, Riofinex.



## عناوین پروژه‌های اکتشاف برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

| ردیف | عنوان پروژه  | وضعیت   |
|------|--|---|
| ۱    | تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های اکتشافی  | نشریه شماره ۳۲۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۲    | فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف زغال‌سنگ  | نشریه شماره ۳۵۱ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۳    | راهنمای اکتشاف سنگهای تزئینی و نما   | نشریه شماره ۳۷۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۴    | دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی  | نشریه شماره ۳۷۹ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۵    | راهنمای ملاحظات زیست محیطی در فعالیتهای اکتشافی  | نشریه شماره ۴۹۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۶    | فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف سنگ آهن  | نشریه شماره ۵۳۶ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۷    | دستورالعمل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی - اکتشافی بزرگ مقیاس رقومی   | نشریه شماره ۵۳۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۸    | راهنمای علائم استاندارد نقشه‌های زمین‌شناسی  | نشریه شماره ۵۳۹ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۹    | دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵,۰۰۰)  | نشریه شماره ۵۴۰ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۱۰   | فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس   | نشریه شماره ۵۴۱ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۱۱   | شرح خدمات مراحل مختلف اکتشاف طلا   | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۲   | فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف فلزات پایه  | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۳   | شرح خدمات و دستورالعمل بررسی های ژئوفیزیک اکتشافی به روشهای لرزه ای، مغناطیسی و گرانی سنجی   | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۴   | شرح خدمات و دستورالعمل اکتشافات ژئوفیزیکی به روشهای الکتریکی و الکترومغناطیسی  | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۵   | دستورالعمل مدلسازی و محاسبه ذخیره  | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۶   | راهنمای تهیه گزارش پایانی عملیات اکتشافی   | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۷   | دستورالعمل ارزشیابی و نظارت بر پروژه‌های اکتشافی در مراحل مختلف اکتشاف   | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۸   | دستورالعمل حفاری گمانه‌های اکتشافی به روش‌های مغزه‌گیری و پودری  | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۹   | ضوابط و دستورالعمل های طراحی شبکه تونل، چاه‌های اکتشافی حفاری‌های عمیق در تیپ‌های مختلف کانساری  | نهایی - در دست چاپ  |
| ۲۰   | شرح خدمات و دستورالعمل اکتشاف سنگها و کانیهای صنعتی - بخش ۳ (پرلیت، دیاتومیت، ورمیکولیت و شیل‌های منبسط شونده) فهرست خدمات اکتشافی   | نهایی - در دست چاپ  |
| ۲۱   | فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف پتاس سنگی  | نهایی - در دست چاپ  |
| ۲۲   | شرح خدمات و دستورالعمل اکتشاف عناصر کمیاب به تفکیک مقیاس   | در دست تدوین  |
| ۲۳   | ضوابط طراحی و دستورالعمل اجرای حفاریات اکتشافی سطحی  | در دست تدوین  |
| ۲۴   | شرح خدمات و دستورالعمل اکتشاف سنگها و کانیهای صنعتی - بخش ۱ (نسوزها): خاک نسوز، منیزیت - هونتیت، بوکسیت، نسوزهای آلومینو سیلیکاته (کیانیت، سیلیمانیت و آندالوزیت)، گرافیت، دولومیت | در دست تدوین  |
| ۲۵   | فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف سنگها و کانیهای قیمتی و نیمه‌قیمتی  | در دست تدوین  |
| ۲۶   | فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف تبخیری‌ها در شورابه‌ها   | در دست تدوین  |
| ۲۷   | فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه سیمان   | در دست تدوین  |
| ۲۸   | فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه تولید آجرها و سفالهای ساختمانی  | در دست تدوین  |
| ۲۹   | فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف سنگها و کانیهای صنعتی بخش ۲: باریت، سلسنتین، سیلیس، فلدسپار، زئولیت، بنتونیت، فلورین   | در دست تدوین  |
| ۳۰   | فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف آنتیموان   | در دست تدوین  |

## عناوین پروژه های کمیته استخراج برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

| ردیف | عنوان پروژه   | وضعیت   |
|------|---|---|
| ۱    | تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های استخراجی                              | نشریه شماره ۳۴۰ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۲    | مقررات تهویه در معادن   | نشریه شماره ۳۵۰ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۳    | دستورالعمل امداد و نجات در معادن                                    | نشریه شماره ۴۸۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۴    | راهنمای تهیه گزارش های طراحی معدن                                   | نشریه شماره ۴۹۶ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۵    | راهنمای ارزشیابی دارایی‌های معدنی                                   | نشریه شماره ۴۴۳ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۶    | دستورالعمل فنی روشنایی در معادن                                     | نشریه شماره ۴۸۹ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۷    | راهنمای استخراج سنگ‌های تزئینی و نما                                | نشریه شماره ۳۷۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۸    | دستورالعمل تهیه نقشه های استخراجی معدن                              | نشریه شماره ۴۴۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۹    | مقررات فنی آتشیاری در معادن   | نشریه شماره ۴۱۰ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۱۰   | دستورالعمل فنی ترابری در معادن                                      | نشریه شماره ۵۰۶ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۱۱   | دستورالعمل تحلیل پایداری و پایدار سازی شیب‌ها در معادن روباز        | نشریه شماره ۵۳۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۱۲   | دستورالعمل توزیع هوای فشرده در معادن                                | نشریه شماره ۵۳۱ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۱۳   | راهنمای محاسبه قیمت تمام شده در فعالیت‌های معدنی                    | نشریه شماره ۵۴۲ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۱۴   | دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم‌های نگهداری تونل‌های معدنی           | نشریه شماره ۵۳۷ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۱۵   | ضوابط امکان‌سنجی در فعالیت‌های معدنی                                | نهایی   |
| ۱۶   | دستورالعمل طراحی هندسی بازکننده ها و حفاریات معدنی                  | نهایی   |
| ۱۷   | دستورالعمل های زیست محیطی در فعالیت های استخراجی                    | نهایی   |
| ۱۸   | راهنمای محاسبه بار و توزیع برق در معادن                             | نهایی   |
| ۱۹   | دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم ایزابندی و رفتارنگاری در معادن روباز | نهایی   |
| ۲۰   | دستورالعمل نگهداری و کنترل سقف در کارگاه های استخراج                | نهایی   |
| ۲۱   | دستورالعمل طراحی سیستم آبکشی در معادن                               | نهایی   |
| ۲۲   | ضوابط راه اندازی معدن   | در دست تدوین  |
| ۲۳   | دستورالعمل طراحی، احداث، کنترل و هدایت چاه‌های معدنی                | در دست تدوین  |
| ۲۴   | دستورالعمل طراحی‌های ژئومکانیکی در حفاریات زیرزمینی                 | در دست تدوین  |
| ۲۵   | دستورالعمل اندازه‌گیری های ژئومکانیکی در معادن                      | در دست تدوین  |
| ۲۶   | ضوابط پر کردن فضاهای زیرزمینی                                       | در دست تدوین  |
| ۲۷   | دستورالعمل بازرسی و تعمیر سیستم‌های نگهداری حفاریات معدنی           | در دست تدوین  |
| ۲۸   | دستورالعمل انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی                           | در دست تدوین  |
| ۲۹   | دستورالعمل مهندسی نشت در معادن                                      | در دست تدوین  |
| ۳۰   | دستورالعمل کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی                  | در دست تدوین  |



## عناوین پروژه‌های فرآوری بر نامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

| ردیف | عنوان پروژه  | وضعیت   |
|------|--|---|
| ۱    | تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های فرآوری                                       | نشریه شماره ۴۴۱ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۲    | فهرست خدمات مرحله طراحی پایه واحدهای کانه آرایی و فرآوری مواد معدنی        | نشریه شماره ۴۹۷ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۳    | راهنمای فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما  | نشریه شماره ۳۷۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۴    | علایم استاندارد نقشه های کانه آرایی  | نشریه شماره ۵۰۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۵    | دستورالعمل مکان‌یابی واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری                           | نشریه شماره ۵۱۵ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۶    | ضوابط انجام آزمایش‌های کانه آرایی در مقیاس‌های آزمایشگاهی، پایه و پیش‌آهنگ | نشریه شماره ۵۴۴ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۷    | راهنمای محاسبه تعیین ظرفیت ماشین آلات و تجهیزات واحدهای کانه آرایی         | نشریه شماره ۵۴۵ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری |
| ۸    | ضوابط و معیارهای انتخاب آسیای خودشکن و نیمه خودشکن                         | نهایی - در دست چاپ  |
| ۹    | ضوابط شناسایی مواد معدنی و آزادسازی آنها در کانه آرایی                     | نهایی - در دست چاپ  |
| ۱۰   | ضوابط حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای فرآوری                               | نهایی   |
| ۱۱   | ضوابط، معیارها و دستورالعمل‌های سنگ جوری (دستی و اتوماتیک)                 | نهایی   |
| ۱۲   | ضوابط انباشت باطله و مواد زائد در واحدهای کانه آرایی                       | نهایی   |
| ۱۳   | ضوابط و معیارهای اختلاط مواد ورودی واحدهای فرآوری                          | نهایی   |
| ۱۴   | فهرست خدمات مهندسی تفصیلی واحدهای کانه‌آرایی                               | در دست تدوین  |
| ۱۵   | دستورالعمل دانه بندی مواد معدنی  | در دست تدوین  |
| ۱۶   | راهنمای تعیین اندیس خردایش در آسیاهای مختلف                                | در دست تدوین  |
| ۱۷   | دستورالعمل خردایش مواد معدنی   | در دست تدوین  |
| ۱۸   | ضوابط و دستورالعمل آزمایشگاهی جدایش جامد- مایع                             | در دست تدوین  |
| ۱۹   | دستورالعمل‌های زیست محیطی در فعالیت‌های فرآوری                             | در دست تدوین  |
| ۲۰   | راهنمای پذیرش و انبار نمونه در مقیاس آزمایشگاهی فرآوری مواد معدنی          | در دست تدوین  |
| ۲۱   | ضوابط و معیارهای قیمت‌گذاری خدمات آزمایشگاهی در فرآوری مواد معدنی          | در دست تدوین  |
| ۲۲   | دستورالعمل دفع مواد شیمیایی در آزمایشگاه ها و واحدهای فرآوری               | در دست تدوین  |
| ۲۳   | ضوابط کلی انجام آزمایش‌های هیدرومتالورژی ( در مقیاس آزمایشگاهی )           | در دست تدوین  |
| ۲۴   | ضوابط و معیارهای نمونه‌برداری درمقیاسهای مختلف کانه‌آرایی                  | در دست تدوین  |
| ۲۵   | ضوابط و معیارهای نمونه‌برداری درمقیاسهای مختلف فرآوری                      | در دست تدوین  |
| ۲۶   | معیارهای انتخاب مواد شیمیایی مصرفی در فلوتاسیون                            | در دست تدوین  |
| ۲۷   | معیارهای افزایش مقیاس ( Scale up ) واحدهای فرآوری                          | در دست تدوین  |
| ۲۸   | ضوابط و معیارهای آماده‌سازی نمونه‌ها در فرآوری مواد معدنی                  | در دست تدوین  |





**Islamic Republic of Iran**  
Ministry of Industries and Mines

**Mining Technical Criteria Benchmarking Program**

# **Instructions for Large Scale Geochemical Exploration of Stream Sediments (1 :25,000)**

(Publication No. 540 )  
of  
(Vice Presidency of Strategic Planning and Supervision)

**24**

Ministry of Industries and Mines  
Deputy of Mine Affairs and Mineral Industries  
Office for Mining Supervision and Exploitation  
<http://www.mim.gov.ir>

Published by  
Iranian Mining Engineering Organization  
<http://www.ime.org.ir>

---

**2011**