

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای سنگ‌جوری مواد معدنی به روش‌های دستی یا خودکار

نشریه شماره ۵۵۴

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

<http://www.mim.gov.ir>

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی

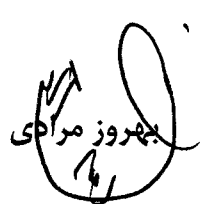
Nezamfanni.ir



بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

شماره:	۱۰۰/۸۲۱۱۸
تاریخ:	۱۳۹۱/۱۰/۵
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: راهنمای سنگ جوری مواد معدنی به روش‌های دستی یا خودکار	
به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) 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 نشریه شماره ۵۵۴ امور نظام فنی، با عنوان «راهنمای سنگ جوری مواد معدنی به روش‌های دستی یا خودکار» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی، در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱ اجباری است.  بهروز مرادی	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، 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 دفتر 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، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت

راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email: info@nezamfanni.ir

web: http://nezamfanni.ir

بسمه تعالی

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 تأکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرحهای توسعه‌ای کشور را به عهده دارد. سنگ‌جوری فرآیندی برای پرعیارسازی کانی‌ها و به منظور تهیه پیش‌کنسانتره و جدایش مواد باطله و کم ارزش بر اساس مشخصات و اختلاف خواص آنها نظیر رنگ، جلا، شکل، خواص نوری، هدایت الکتریکی و رادیواکتیویته است که طی آن کانسنگ بر اساس کانی‌های تشکیل دهنده و وجوه تمایز آنها به دو یا چند بخش با ارزش و فاقد ارزش تفکیک می‌شوند.

برای انتخاب روش فرآوری یک کانسنگ و جدایش کانی‌ها، از یکدیگر لازم است در گام اول خواص کانی‌های مختلف شناسایی شود. پس از شناسایی خواص کانی‌ها انتخاب روش فرآوری بر مبنای اختلاف و جدایش قابل توجه یک یا چند خاصیت مشخصه کانی مورد نظر در مقایسه با سایر کانی‌ها صورت می‌گیرد. سنگ‌جوری به طور معمول با روش خشک و برای ذرات درشت و به دو صورت دستی و خودکار انجام می‌شود.

این نشریه در سه فصل تهیه شده است. فصل اول به شرح تعاریف و کلیات سنگ‌جوری پرداخته است، در فصل دوم معیارهای سنگ‌جوری دستی و خودکار و در فصل سوم دستورالعمل سنگ‌جوری به روش‌های دستی و خودکار ارائه شده‌اند. با همتای تلاش انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که این‌شاء... کاربرد عملی و در سطح وسیع این نشریه 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 همچنین جناب آقای مهندس وجیه... جعفری 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.

معاون نظارت راهبردی

آذر ۱۳۹۱

مجری طرح

آقای وجیه‌ا... جعفری معاون امور معادن و صنایع معدنی - وزارت صنایع و معادن

اعضای شورای عالی

آقای بهروز برنا	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس مهندسی معدن
آقای وجیه‌ا... جعفری	وزارت صنایع و معادن	کارشناس مهندسی معدن
آقای عبدالعلی حقیقی	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای عبدالرسول زارعی	وزارت صنایع و معادن	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای ناصر عابدیان	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای هرمز ناصرینیا	سازمان نظام مهندسی معدن	کارشناس ارشد مهندسی معدن

اعضای کارگروه فرآوری

آقای احمد امینی	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس ارشد، فرآوری مواد معدنی
آقای عبدالعلی حقیقی	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای بهرام رضایی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
خانم فرشته رشچی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی متالورژی

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین

آقای عبدالرسول زارعی	وزارت صنایع و معادن	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای مصطفی شریف‌زاده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی مکانیک سنگ
آقای حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای بهزاد مهرابی	دانشگاه تربیت معلم	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

خانم فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی
آقای علیرضا فلسفی	کارشناس عمران امور نظام فنی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول - تعاریف و کلیات

۱-۱- آشنایی	۳
۱-۲- قابلیت سنگ جوری مواد معدنی	۳
۱-۳- کاربرد سنگ جوری	۴
۱-۳-۱- فلزات پایه و قیمتی	۴
۱-۳-۲- کانی‌های صنعتی	۴
۱-۳-۳- سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی	۴
۱-۴- اهداف سنگ جوری	۵
۱-۴-۱- پرعیارسازی اولیه و پیش‌تغلیظ	۵
۱-۴-۲- تهیه کنسانتره و محصول نهایی	۵
۱-۵- مزایای سنگ جوری	۶
۱-۶- محدودیت‌های سنگ جوری	۷

فصل دوم - معیارهای سنگ جوری دستی و خودکار

۱-۲- آشنایی	۱۱
۲-۲- معیارهای انتخاب روش سنگ جوری بر اساس خواص کانی‌ها	۱۱
۲-۳- سنگ جوری دستی کانسنگ با هدف تهیه پیش‌کنسانتره	۱۲
۲-۴- سنگ جوری دستی کانسنگ با هدف تهیه کنسانتره نهایی	۱۳
۲-۵- سنگ جوری خودکار با هدف تهیه پیش‌کنسانتره	۱۴
۲-۶- سنگ جوری خودکار با هدف تهیه کنسانتره نهایی	۱۴
۲-۷- نکات و دستورات لازم در طراحی ماشین‌های سنگ جوری	۱۷
۲-۷-۱- خارج کردن رطوبت هوا و گرد و خاک	۱۷
۲-۷-۲- سیستم هوای فشرده مناسب	۱۷
۲-۷-۳- کنترل جریان بار اولیه و محصول تولیدی	۱۷
۲-۷-۴- راندمان عملیات	۱۸

فصل سوم - دستورالعمل‌های سنگ جوری دستی و خودکار

۱-۳- تعیین روش سنگ جوری	۲۱
۲-۳- دستورالعمل روش‌های مختلف سنگ جوری براساس ویژگی‌های کانی مورد نظر	۲۴

پیوست

فصل ۱

تعاریف و کلیات

۱-۱- آشنایی

فرآیند سنگ‌جواری یک روش پیش تغلیظ برای پرعیارسازی کانسنگ‌ها و تولید کنسانتره اولیه با استفاده از جدایش کانی‌ها از یکدیگر بر اساس برخی مشخصات و اختلاف خواص آن‌ها نظیر رنگ، جلا، شکل، خواص نوری، رادیواکتیویته و هدایت الکتریکی است. طی این فرآیند کانسنگ بر اساس کانی‌های تشکیل دهنده و وجوه تمایز آن‌ها به دو یا چند بخش با ارزش و فاقد ارزش تقسیم می‌شود.

سنگ‌جواری به عنوان یک فرآیند اولیه، معمولاً با روش خشک و برای ذرات درشت و به دو صورت دستی و خودکار انجام می‌گیرد. این فرآیند می‌تواند در مراحل بعدی پرعیارسازی تحت عنوان روش‌های الکتریکی، ثقلی، مغناطیسی و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

کاربرد روش سنگ‌جواری نسبت به سایر روش‌های فیزیکی بسیار محدود است ولی به دلیل کاربرد این روش برای آرایش اولیه گروهی از مواد معدنی و کاهش قابل توجه هزینه‌های عملیاتی، مورد توجه است.

اصول سنگ‌جواری را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

- انتقال مواد یا دانه‌ها به طور جداگانه به محل تشخیص و اندازه‌گیری خواص آن‌ها؛

- بررسی کانی‌ها یا دانه‌ها و اندازه‌گیری خواص آن‌ها؛

- تشخیص و تمیز دادن کانی‌ها یا دانه‌ها از یکدیگر و کنترل داده‌ها؛

- جدا کردن دانه‌ها یا کانی‌های مورد نظر.

طی عملیات سنگ‌جواری یکی از مشخصات دانه‌های در حال عبور، در محل خاصی اندازه‌گیری می‌شود. نتیجه این اندازه‌گیری به علایمی تبدیل شده و در صورت تطابق با دانه‌های مورد نظر، آن دانه از مسیر خارج می‌شود.

۱-۲- قابلیت سنگ‌جواری مواد معدنی

برای اینکه یک ماده معدنی قابلیت سنگ‌جواری داشته باشد باید دارای شرایط زیر باشد:

۱- کانسنگ باید در اندازه مناسب خرد شود تا قسمتی از سطح و به تبع آن مشخصه مورد نظر کانی جدا شونده در معرض

دستگاه سنگ‌جواری قرار بگیرد؛

۲- قابلیت تشخیص و ردیابی لازم را داشته باشد؛

۳- سطح کانی‌ها باید تمیز باشد تا رفتار بارز کانسنگ نظیر رنگ، جلا و روشنی مشخص شود؛

۴- دقت و حساسیت دستگاه سنگ‌جواری و کارگران باید مد نظر قرار گیرد؛

۵- حداقل یکی از خصوصیات بارز کانی جدا شونده با دیگر کانی‌ها متفاوت باشد.

هرچه اندازه ذره بزرگتر باشد به همان اندازه کارایی و راندمان جدایش و سنگ‌جواری نیز افزایش پیدا می‌کند. محدودیت‌های

ابعادی برای اندازه ذرات وجود دارد که دستگاه‌های سنگ‌جواری قادر به جدایش خارج از آن محدوده ابعادی نیستند.

۱-۳- کاربرد سنگ‌جویری

از سنگ‌جویری می‌توان برای تهیه کنسانتره نهایی، کنسانتره اولیه یا پیش تغلیظ و یا جدا کردن قطعات با ابعاد و شکل خاص در بسیاری از کانسنگ‌ها استفاده کرد ولی کاربرد عمده آن در جدایش و فرآوری کانسنگ‌هایی به شرح زیر است.

۱-۳-۱- فلزات پایه و قیمتی

- طلا (روش‌های نوری و در برخی مواقع رادیومتری)؛
- فلزات گروه پلاتینیوم (رافنیم، رادیم، پالادیم، اسمیم، ایریدیم و پلاتینیوم)؛
- مس؛
- روی؛
- نیکل.

۱-۳-۲- کانی‌های صنعتی

- پگماتیت‌ها؛
- سنگ آهک؛
- کلسیت؛
- دولومیت؛
- زغال سنگ؛
- منیزیت؛
- شتلیت (به دلیل داشتن خاصیت شب‌نمایی در زیر نور ماوراء بنفش جدا می‌شود)؛
- ولفرامیت؛
- کوارتز؛
- فلدسپات؛
- کرومیت؛
- آزیست (با استفاده از اشعه مادون قرمز سنگ‌جویری می‌شود).

۱-۳-۳- سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی

- الماس؛
- تانزانیت.

۱-۴- اهداف سنگ‌جوری

در معدنکاری معمولاً سنگ‌جوری به عنوان یک روش پیش تغلیظ و برای تولید کنسانتره اولیه برای بالا بردن عیار حد آستانه‌ای ماده معدنی به کار می‌رود. این فرایند معمولاً قبل از به کار بردن دیگر روش‌های آرایش ماده معدنی و به منظور افزایش کارایی فرآیندهای بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد که این عمل موجب کاهش حجم مواد فرآوری شده و همزمان با آن باعث افزایش خلوص آن‌ها می‌شود. اهداف سنگ‌جوری به شرح است.

۱-۴-۱- پری‌عیارسازی اولیه (پیش تغلیظ)

در این حالت سنگ‌جوری فرایندی است جهت پری‌عیارسازی مقدماتی و کاهش میزان باطله در خوراک اولیه و به تبع آن کاهش وزن خوراک در مراحل بعدی فرآوری از جمله خردایش و یا پری‌عیارسازی نهایی طوری که در قابلیت فرآوری و هزینه‌های مربوطه تاثیر به سزایی داشته باشد. با به کارگیری این روش بخش‌هایی از کانسنگ با ترکیب و عیار متغیر می‌تواند مورد بهره‌برداری قرار گیرد. به عبارت دیگر در این روش با پری‌عیارسازی اولیه کانه کم عیار ضمن کاهش وزن خوراک، محصولی با عیار بیشتر برای ورود به کارخانه تهیه می‌شود.

می‌توان سنگ‌جوری را به منظور تهیه پیش‌کنسانتره، در دو مرحله قبل و بعد از سنگ‌شکنی انجام داد. سنگ‌جوری قبل از مرحله سنگ‌شکنی برای جدا کردن کلوخه‌ها و سنگ‌هایی که عیار ماده معدنی موجود در آن‌ها با توجه به خصوصیات آن نظیر رنگ، روشنی، جلا، شکل و غیره کمتر از بقیه است، به کار می‌رود. این کار معمولاً به روش دستی انجام می‌گیرد. سنگ‌جوری به عنوان پیش‌کنسانتره بعد از مرحله سنگ‌شکنی اغلب توسط دستگاه‌های سنگ‌جوری انجام می‌شود.

در فرایند سنگ‌جوری پیش تغلیظ احتمال دارد که یکی از شرایط زیر حکم‌فرما باشد:

- شرایط مناسب و ایده‌آل موقعی پیش می‌آید که طبقه‌بندی و جدایش مستقیم بین باطله و ماده با ارزش وجود داشته و یا قطعات دارای درصد قابل توجهی از ماده با ارزش باشد؛

- در سنگ‌جوری پیش تغلیظ، این احتمال وجود دارد که خوراک به دو بخش تقسیم شود و هر کدام از آن‌ها توسط فرآیندهای دیگر پری‌عیار شده و ماده با ارزش تولید کند؛

- در عملیات پیش تغلیظ به روش سنگ‌جوری، مواد فاقد ارزش نیز تولید می‌شود که ممکن است این مواد در مراحل بعدی، باعث ایجاد مزاحمت در آرایش آن‌ها شوند.

۱-۴-۲- تهیه کنسانتره و محصول نهایی

در این حالت سنگ‌جوری به عنوان فرایندی برای تولید محصول یا محصولات نهایی (کنسانتره نهایی) محسوب می‌شود. این امر مستلزم آن است که قطعات یا بخش‌هایی از خوراک در یک محدوده ابعادی قابل سنگ‌جوری، عیاری مساوی و یا بیشتر از عیار

محصول مورد نظر داشته باشند. این روش معمولاً برای سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی مانند الماس، فیروزه و موارد مشابه به کار می‌رود که معمولاً توسط تجهیزات و دستگاه‌های سنگ‌جوری الکترونیکی و نوری انجام می‌گیرد.

در سنگ‌جوری با هدف تهیه محصول نهایی ممکن است شرایط زیر به وجود آید:

- وضعیت ایده‌آل زمانی پیش می‌آید که سنگ‌جوری به طور مستقیم بین محصول اصلی و باطله صورت گیرد؛

- احتمال دارد که دو نوع محصول با ارزش و قابل فروش تولید شود؛

- در بعضی مواقع ممکن است یک محصول نهایی و قابل فروش به دست آید و باقیمانده آن به یک محصول میانی و باطله

تقسیم شود؛

- ممکن است که عملیات سنگ‌جوری به منظور بازیابی محصول نهایی و قابل فروش انجام گیرد و بر روی باقیمانده مواد،

عملیات دیگر فرآوری به منظور آرایش نهایی آن‌ها صورت گیرد؛

- در مواقعی که یک خوراک به چندین قسمت توسط عملیات سنگ‌جوری تقسیم می‌شود، احتمال دارد که هر کدام از بخش‌ها

مصارف مختلفی داشته باشند؛

- ممکن است از یک خوراک چندین محصول با عیارها و ترکیبات مختلف تولید شود.

۱-۵- مزایای سنگ‌جوری

استفاده از روش‌های سنگ‌جوری در کارخانه‌های کانه‌آرایی دارای مزایای زیادی است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر

اشاره کرد:

- به دست آوردن محصولی با عیار و کیفیت بالا؛

- جلوگیری از خردایش بیش از حد مواد با ارزش و باطله و جلوگیری از اختلاط آن‌ها؛

- کاهش هزینه عملیات خردایش و سایر مراحل پرعیارسازی به هنگام جدا کردن مواد باطله؛

- تولید محصولات متنوع (مواد با ارزش، محصولات میانی و باطله)؛

- کاهش اثرات زیست‌محیطی با کنار گذاشتن مواد باطله و جلوگیری از تولید نرمه؛

- افزایش راندمان فرآوری در عملیات‌های پرعیارسازی به دلیل یکنواخت شدن خوراک؛

- جدا کردن و کنار گذاشتن باطله‌های حاوی ذرات سمی و خطرناک نظیر آرسنیک؛

- صرفه‌جویی در هزینه‌های انتقال و عملیات پرعیارسازی؛

- امکان بهره‌برداری از ذخایر کم‌عیار؛

- افزایش بازیابی و راندمان کارخانه فرآوری.

۱-۶- محدودیت‌های سنگ‌جوری

از محدودیت‌های سنگ‌جوری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- محدودیت‌های تجهیزات معدنکاری: در مواقعی که حجم و ابعاد رگه‌های معدنی کمتر از ابعاد تجهیزات معدنکاری باشد، ممکن است مقادیر زیادی از باطله به همراه ماده معدنی مورد نظر به مراحل خردایش و پرعیارسازی بعدی منتقل شود که موجب کاهش کارایی سیستم‌های سنگ‌جوری می‌شود؛
- پیچیده بودن محدوده ذخیره معدنی به علت وجود گسل و عوارض زمین‌شناسی: بعضی از کانسارها به علت وجود گسل و سایر عوارض زمین‌شناسی از پیچیدگی‌های کانی‌شناسی خاصی برخوردارند. این پیچیدگی کانی‌شناسی باعث ورود مقدار زیادی از مواد باطله به کارخانه شده و در نتیجه منجر به افت کارایی سیستم‌های سنگ‌جوری می‌شود. در چنین مواقعی باید سیستم استخراج به گونه‌ای انتخاب شود تا مشکلات مربوط به عملیات سنگ‌جوری به حداقل برسد؛
- غیریکنواخت بودن کانسار: چنانچه در یک کانسار کانه و مواد باطله به طور غیر قابل تفکیکی درگیر باشند، عملیات سنگ‌جوری با محدودیت مواجه می‌شود. برای افزایش راندمان جدایش باید کانی‌ها به درجه آزادی مناسب رسیده باشند، که در این حالت راندمان جدایش نیز افزایش می‌یابد.

فصل ۲

معیارهای سنگ جوری دستی و خودکار

۲-۱- آشنایی

به منظور انتخاب روش سنگ‌جوری و جدایش کانی‌ها از مواد کم عیار و باطله باید خواص کانی‌های مختلف شناسایی شود. سپس روش سنگ‌جوری مناسب بر مبنای اختلاف و تمایز قابل توجه خواص کانی مورد نظر در مقایسه با سایر کانی‌ها انتخاب می‌شود. در این فصل معیارهای لازم برای سنگ‌جوری دستی و خودکار بر اساس خواص کانی‌ها و به منظور تهیه پیش‌کنسانتره و حذف کانی‌های مزاحم به شرح زیر ارائه می‌شود.

۲-۲- معیارهای انتخاب روش سنگ‌جوری بر اساس خواص کانی‌ها

تعدادی از خواص کانی‌ها که در سنگ‌جوری استفاده می‌شوند به شرح زیر هستند:

- خواص نوری نظیر رنگ، جلا، رطوبت، درخشندگی، لومینسانس و موارد مشابه؛
- خاصیت رادیواکتیویته؛
- خاصیت هدایت الکتریکی؛
- میزان شفافیت و انعکاس نور؛
- خاصیت حساسیت مغناطیسی؛
- ترکیب شیمیایی یا عدد اتمی؛
- اختلاف قابلیت نفوذ امواج رادیویی؛
- ابعاد مواد؛
- وزن مخصوص؛
- شکل ذرات.

هریک از خواص فوق در روش‌های خاصی از سنگ‌جوری دستی و خودکار کاربرد دارند. سنگ‌جوری مناسب بر اساس خواص کانی‌ها را می‌توان با توجه به جدول (۲-۱) انتخاب کرد.

جدول ۲-۱- معیارهای انتخاب روش سنگ‌جوری مناسب براساس خواص کانی‌ها

ردیف	خواص	روش سنگ‌جوری	
		خودکار	دستی
۱	ابعاد	جدایش قطعات مورد نظر ممکن است از طریق طبقه‌بندی جریان مواد توسط یک وسیله جدا کننده مانند سرنده صورت گیرد.	ممکن است قطعاتی از کانی مورد نظر در ابعادی خاص دارای بیش‌ترین یا کم‌ترین ارزش باشد که در این صورت با جدایش دستی آن از جریان بار اولیه می‌توان به کنسانتره نهایی یا پیش‌کنسانتره دست یافت.
۲	وزن مخصوص	- جدایش به روش‌های ثقلی - روش پراش اشعه X: میزان نفوذ اشعه X در مواد، به وزن مخصوص آن‌ها بستگی دارد، از این خاصیت می‌توان برای تشخیص و جدایش کانی‌هایی با چگالی‌های مختلف استفاده کرد.	جدایش دستی قطعات سنگین‌تر موجود در بار اولیه براساس مقایسه قطعات و به صورت تجربی انجام می‌شود.
۳	شکل ذرات	در صورت وجود خاصیت خردایش انتخابی یک کانی به ابعاد کوچکتر، می‌توان قطعات با شکل مورد نظر را با استفاده از سیستم آنالیز تصویری، سنگ‌جوری کرد.	بعضی از کانی‌ها از نظر خردایش دارای قابلیت انتخابی هستند، لذا در ابعاد درشت می‌توان قطعات با شکل خاص را با دست از جریان بار اولیه جدا کرد.

ادامه جدول ۱-۲- معیارهای انتخاب روش سنگ‌جواری مناسب براساس خواص کانی‌ها

ردیف	خواص	روش سنگ‌جواری	
		دستی	خودکار
۴	رنگ، درخشندگی و جلا	اختلاف رنگ یا جلای کانی مورد نظر در ابعادی که قابل جدایش با دست باشد، قابلیت استفاده از سنگ‌جواری دستی را فراهم می‌کند.	روش‌های نوری شامل فتومتر، رنگ‌سنجی
۵	ترکیب شیمیایی و عدد اتمی	—	استفاده از پراش اشعه X
۶	فلوئورسانس و لومینسانس	—	استفاده از پراش اشعه X و لامپ نوری ^۱
۷	شفافیت و انعکاس قابل رویت	—	لامپ نوری
۸	رادیواکتیویته	—	استفاده از سیستم‌های رادیومتری مانند سنتیلومتر
۹	هدایت الکتریکی	—	سنگ‌جواری مبتنی بر جدایش الکتریکی، استفاده از مقاومت یا جریان‌سنج‌ها
۱۰	اختلاف حرارتی	—	اسکرن مادون قرمز
۱۱	اختلاف قابلیت نفوذ امواج رادیویی	—	استفاده از سیستم‌های رادیومتری
۱۲	حساسیت مغناطیسی	—	سنگ‌جواری الکترومغناطیسی

۲-۳- سنگ‌جواری دستی کانسنگ با هدف تهیه پیش‌کنسانتره

سنگ‌جواری دستی با هدف تهیه کنسانتره به یکی از دو صورت زیر انجام می‌شود.

الف- جدایش کانی مورد نظر

در این حالت قطعات کانی مورد نظر دارای قفل شدگی‌های نسبتاً زیادی است و اساس جدایش معمولاً بر مبنای رنگ و جلا است. در این حالت مراحل سنگ‌جواری را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد.

- اختلاف رنگ بین کانی مورد نظر و کانی‌های همراه به اندازه کافی قابل تشخیص باشد؛
- خردایش تا حدی باشد که حداقل سطح از کانی مورد نظر در معرض دید قرار گیرد؛
- سطوح سنگ‌جواری طوری انتخاب و طراحی شود که سطحی از کانی مورد نظر در معرض دید قرار گیرد؛
- حداقل و حداکثر ابعاد قطعات به اندازه‌ای باشد که جدایش و انتقال آن‌ها توسط دست امکان‌پذیر باشد؛
- نور محیط سنگ‌جواری کافی و به گونه‌ای باشد که موجب اختلال در رنگ کانی‌ها و تشخیص آن‌ها از یکدیگر نشود.

ب- جدایش کانی‌های باطله

در این حالت با خروج کانی‌های باطله از جریان بار اولیه، پیش‌کنسانتره‌ای از کانی مورد نظر حاصل می‌شود. ضوابط کلی برای این حالت به صورت جدول (۲-۲) است.

جدول ۲-۲- سنگ‌جوری دستی کانسنگ با هدف تهیه کنسانتره

خواص	معیار
رنگ، جلا، وزن مخصوص، شکل و ابعاد ذرات	۱- کانی باطله جدا شونده از نظر ابعاد باید درشت‌تر از حدی باشد که به راحتی قابل تشخیص و قابل جدایش با دست باشد. ۲- کانی باطله جدا شونده از نظر اندازه و وزن باید در حدی باشد که توسط دست جابه‌جا و منتقل شود. ۳- روشنایی محیط عملیات سنگ‌جوری کافی بوده و نور مورد استفاده موجب اختلال در تشخیص رنگ کانی‌ها نشود. ۴- سطوح جدایش به گونه‌ای باشد که همه مواد در معرض دید قرار گیرند. ۵- استفاده از وسایل و تجهیزات با ایمنی مناسب و رعایت مسایل زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی ۶- در اختیار داشتن فضای کافی و مناسب به منظور انتقال و جابه‌جایی مواد
رنگ و جلا	اختلاف رنگ کانی باطله مورد نظر با سایر کانی‌ها به راحتی با چشم قابل تشخیص باشد.
وزن مخصوص	وزن مخصوص کانی باطله مورد نظر اختلاف قابل توجهی با وزن مخصوص کانی‌های دیگر داشته باشد تا به راحتی قابل تشخیص باشد.
شکل ذرات	کانی باطله مورد نظر پس از خردایش دارای شکل خاصی بوده و در مقایسه با سایر کانی‌ها به راحتی قابل تشخیص باشد.
ابعاد	قطعات درشت‌تر از یک ابعاد مشخص، فاقد عنصر یا کانی با ارزش باشد.

۲-۴- سنگ‌جوری دستی کانسنگ با هدف تهیه کنسانتره نهایی

سنگ‌جوری دستی با هدف تهیه کنسانتره نهایی در صورتی امکان‌پذیر است که کانی مورد نظر کم‌ترین درگیری را با سایر کانی‌ها داشته باشد. برخی از خواص و معیارهای مورد استفاده برای تهیه کنسانتره نهایی با معیارهای مورد استفاده برای تهیه پیش کنسانتره مانند رنگ، جلا، وزن مخصوص و شکل ذرات مشترک هستند که در جدول (۲-۳) به آن‌ها اشاره شده است.

جدول ۲-۳- سنگ‌جوری دستی کانسنگ با هدف تهیه کنسانتره نهایی

خواص	معیار
رنگ، جلا، وزن مخصوص و شکل	۱- کانی با ارزش جدا شونده از نظر ابعاد باید درشت‌تر از حدی باشد که به راحتی با دست قابل تشخیص و جدایش باشد. ۲- کانی با ارزش جدا شونده از نظر ابعاد باید کوچک‌تر از حدی باشد که به راحتی توسط اپراتور جابه‌جا و منتقل شود. ۳- مقدار کانی با ارزش در بار اولیه ورودی کمتر از حدی باشد که انتقال دستی آن به راحتی صورت گرفته و برای اپراتور خسته کننده نباشد. ۴- روشنایی محیط عملیات سنگ‌جوری کافی بوده و نور مورد استفاده موجب اختلال در تشخیص رنگ کانی‌ها نشود. ۵- سطوح جدایش به گونه‌ای باشد که همه مواد در معرض دید قرار گیرند.
رنگ و جلا	اختلاف رنگ کانی با ارزش مورد نظر با باطله یا کانی‌های دیگر به راحتی با چشم قابل تشخیص باشد.
وزن مخصوص	وزن مخصوص کانی با ارزش مورد نظر اختلاف قابل توجهی با وزن مخصوص کانی‌های دیگر داشته باشد تا به راحتی برای اپراتور قابل تشخیص باشد.
شکل ذرات	کانی با ارزش مورد نظر پس از خردایش دارای شکل خاصی بوده و در مقایسه با سایر کانی‌ها به راحتی قابل تشخیص باشد.
ابعاد	کانی با ارزش و یا قطعات حاوی آن دارای ابعادی باشد که امکان تشخیص با چشم و جدایش آن‌ها با دست وجود داشته باشد.

۲-۵- سنگ‌جوری خودکار با هدف تهیه پیش‌کنسانتره

ضوابط انواع روش‌های سنگ‌جوری خودکار برای تهیه پیش‌کنسانتره در جدول (۲-۴) نشان داده شده است.

جدول ۲-۴- سنگ‌جوری خودکار با هدف تهیه پیش‌کنسانتره

ردیف	روش	ضوابط روش‌ها
۱	نوری (لومینسانس و رنگ)	- حتی‌الامکان مواد از نظر ابعاد در یک بخش ابعادی محدود آماده شوند. - ابعاد مواد باید در حدی باشد که حداقل سطحی از کانی در معرض حس‌گر مربوطه قرار گیرد. - اختلاف خاصیت نوری برای کانی مورد نظر در مقایسه با سایر کانی‌ها قابل توجه باشد. - باردهی به صورت یکنواخت و در یک لایه انجام شود تا سطح بیشتری از کانی‌ها در معرض حس‌گر قرار گیرد.
۲	هدایت الکتریکی	- اختلاف خاصیت هدایت الکتریکی کانی مورد نظر در مقایسه با سایر کانی‌ها قابل توجه بوده و با حس‌گر مربوطه به راحتی تشخیص داده شود. - باردهی باید به صورت یکنواخت باشد تا حس‌گر کانی هادی را تشخیص و جدایش کند.
۳	مغناطیسی	- اختلاف حساسیت مغناطیسی کانی مورد نظر باید در حدی باشد که به راحتی توسط حس‌گر مغناطیسی تشخیص و ثبت شود. - ابعاد و باردهی مواد باید به گونه‌ای باشد که قطعات کانی مورد نظر به منظور شناسایی و جدایش با دقت بیشتر تحت تاثیر میدان مغناطیسی قرار بگیرد و به بخش پریار منتقل شوند.
۴	رادیواکتیویته	- در حالت کلی باید اختلاف قابل توجهی بین خاصیت رادیواکتیویته کانی مورد نظر با سایر کانی‌ها وجود داشته باشد. - عیار مواد رادیواکتیو مهم‌ترین عامل در جدایش آن‌ها می‌باشد. لذا خوراک‌دهی باید به گونه‌ای باشد که همه دانه‌ها در معرض حس‌گر قرار گیرند.
۵	پراش اشعه X	- در روش اشعه ایکس جدایش براساس اندازه‌گیری عدد اتمی متوسط ذرات و قطعات کانسنگ که به چگالی آن‌ها نیز بستگی دارد، انجام می‌گیرد و باید اختلاف قابل توجهی بین متوسط عدد اتمی کانی‌های مختلف و کانی سنگ‌جوری شونده، وجود داشته باشد. - خوراک‌دهی باید به گونه‌ای باشد که همه دانه‌ها در معرض حس‌گر قرار گیرند.
۶	وزن مخصوص	- چگالی موثر برای کانی مورد نظر بزرگتر از حدی باشد که امکان پریارسازی با روش‌های ثقیل را فراهم سازد. - توزیع عنصر مورد نظر در کانسنگ غیر یکنواخت بوده و در یک بعد مشخص، حداقل مقدار کانه‌های باطله آزاد شده موجود باشند تا امکان جدایش باطله وجود داشته باشد.
۷	ابعاد	- خاصیت خردایش انتخابی کانی مورد نظر در مقایسه با سایر کانی‌ها باید اختلاف قابل توجه داشته باشد. - ممکن است کانه مورد نظر دارای خاصیت خردایش انتخابی بوده و در یک بخش ابعادی خاص امکان تهیه پیش‌کنسانتره وجود داشته باشد.

۲-۶- سنگ‌جوری خودکار با هدف تهیه کنسانتره نهایی

معیارها و خواص مورد استفاده برای تهیه کنسانتره نهایی و پیش‌کنسانتره با استفاده از سنگ‌جوری خودکار به شرح زیر است:

- بار اولیه ورودی دارای دانه‌بندی محدود باشد؛
- کانی مورد نظر به درجه آزادی مناسب رسیده باشد؛
- خوراک‌دهی به گونه‌ای باشد که همه قطعات در معرض سیستم حس‌گر قرار گیرند تا خاصیت مورد نظر اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گیرد؛
- رطوبت مواد در حدی باشد که اولاً ذرات به یکدیگر نچسبند، ثانیاً ضمن تمیز نگه داشتن سطح ذرات موجب ارتقای کیفیت تشخیص شده و کارایی سنگ‌جوری را افزایش دهد؛
- معیارهای مورد استفاده در سنگ‌جوری خودکار برای تهیه کنسانتره نهایی به تفکیک روش در جداول (۲-۵) تا (۲-۹) ارائه شده‌اند.

جدول ۲-۵- معیارهای مورد استفاده در روش‌های سنگ‌جوری خودکار به منظور تهیه کنسانتره نهایی

ردیف	روش	معیارها و خواص مورد استفاده
۱	نوری	خواص نوری نظیر لومینسانس، رنگ و نظایر آن برای کانی مورد نظر بارز بوده و اختلاف قابل توجهی نسبت به کانی‌های دیگر داشته باشد.
۲	هدایت الکتریکی	خاصیت هدایت الکتریکی کانی مورد نظر نسبت به کانی‌های دیگر قابل توجه باشد.
۳	مغناطیسی	حساسیت مغناطیسی کانی مورد نظر قابل توجه بوده و به راحتی قابل جدایش باشد.
۴	رادیواکتیویته	برای استفاده از این روش باید اختلاف قابل توجهی بین خاصیت رادیواکتیویته کانی مورد نظر با سایر کانی‌ها وجود داشته باشد.
۵	پراش اشعه X	باید اختلاف قابل توجهی بین متوسط عدد اتمی کانی‌های مختلف وجود داشته باشد.
۶	وزن مخصوص	باید چگالی کانی مورد نظر اختلاف قابل توجهی نسبت به سایر کانی‌ها داشته باشد، به عبارت دیگر چگالی موثر برای کانی مورد نظر بیشتر از حدی باشد که امکان تهیه کنسانتره نهایی با روش‌های ثقلی را فراهم سازد.
۷	ابعاد	خاصیت خردایش انتخابی کانی مورد نظر در مقایسه با سایر کانی‌ها باید اختلاف بارزی داشته باشد. ممکن است کانی مورد نظر دارای خاصیت خردایش انتخابی بوده و در یک بخش ابعادی خاص امکان تهیه کنسانتره نهایی وجود داشته باشد که در این حالت با استفاده از سیستم‌های طبقه‌بندی به خصوص سرنده می‌توان به کنسانتره نهایی دست یافت.

جدول ۲-۶- معیار و پارامترهای سنگ‌جوری فتومتریک و رنگ‌سنجی

معیار و پارامتر	توضیحات
ابعاد خوراک	بر اساس یک سری ملاحظات اقتصادی نظیر فاصله بین محل سقوط سنگ و محل دمش هوا، سایش ناودان‌ها و پایداری یا استحکام سیستم، ماکزیمم ابعاد دانه‌ها ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است. کوچک‌ترین ابعاد ذراتی که به این روش سنگ‌جوری می‌شوند می‌تواند در حدود یک میلی‌متر و حتی کوچک‌تر باشد. به طور مثال باید نسبت ابعاد بزرگ‌ترین ذرات به کوچک‌ترین آن‌ها برای بخش‌های درشت دانه در حدود ۲ به ۱ و برای بخش‌های ریز دانه ۳ به ۱ باشد. در مواقعی که افزایش بازایی در کنسانتره بیشتر از افزایش عیار ملاک جدایش باشد، این نسبت به ۵ به ۱ نیز می‌رسد.
رنگ کانی مورد نظر (فتومتریک)	قابلیت تشخیص سنگ‌جورهای نوری برای کانی‌های روشن و سفید بسیار بیشتر از کانی‌های تیره می‌باشد.
رنگ کانی مورد نظر (رنگ‌سنجی)	در روش‌های نوری تشخیص رنگ‌های روشن راحت‌تر از رنگ‌های تیره صورت می‌گیرد. در جدایش کانی‌های تیره همواره باید از آغشته شدن سطح ذرات جلوگیری کرد. جداکننده رنگ‌سنج قادر است اختلاف رنگ سنگ‌ها را با اطمینان و دقت بالا برای کانی‌های سفید شناسایی و آن‌ها را از بقیه جدا کند. برای سنگ‌جوری ذرات و سنگ‌هایی با رنگ‌های متنوع بهتر است که به طور جداگانه از روش‌های سنگ‌جوری مونو کروماتیک (تک رنگی) و رنگ‌سنج روشن استفاده شود.
نور و درخشندگی	سطح کانی‌ها باید از نظر رطوبت و میزان آلودگی در حدی باشد که موجب اختلال در تشخیص خواص نوری نظیر رنگ و جلا نشود.
مقدار کانی یا قطعات مورد نظر	مقدار کانی‌های مورد نظر باید بیشتر از حدی نباشد که موجب اختلال در تشخیص آن‌ها توسط دستگاه شود. همچنین مقدار آن‌ها نباید کمتر از حدی باشد که موجب افت ظرفیت دستگاه شود.
ظرفیت	با پیشرفت‌های صورت گرفته در تکنولوژی تجهیزات نوری (سیستم‌های فتومتریک)، ظرفیت و کارایی آن‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافته است. حجم وسیعی از داده‌ها با دقت و سرعت زیاد با این روش‌ها پردازش می‌شوند. حجم داده‌های پردازش شونده در سنگ‌جوری رنگ‌سنجی چندین برابر سنگ‌جوری لیزری است. در سنگ‌جوری رنگ‌سنجی ظرفیت و راندمان دستگاه‌های کنترل شونده و خردایش (آسیا) زیاد است و توان عملیاتی و میزان تولید آن بستگی به اندازه خوراک دارد.
تعداد و موقعیت قرارگیری دوربین (فتومتریک)	سیستم‌های فتومتریک دو نوع هستند: ۱- یک سیستم نورافکن لیزری ۲- مجموعه‌ای (یک سری) از دوربین‌های ویدیویی سیستم‌های نوری در قسمت بالایی مسیر حرکت ذرات و یا بالای منطقه جدایش قرار دارند.
تعداد و موقعیت قرارگیری دوربین (رنگ‌سنجی)	در این روش از سه دوربین استفاده می‌شود که دوربین‌های اولی و دومی از سطوح آزاد کانی عکس می‌گیرند و دوربین سوم موقعیت دقیق‌تری را نسبت به دو دوربین دیگر دارد. سیستم نوری در قسمت بالایی مسیر حرکت ذرات و یا بالای منطقه جدایش قرار می‌گیرد.

جدول ۲-۷- معیار و پارامترهای سنگ‌جوری به روش پراش اشعه X

معیار و پارامتر	توضیحات
متوسط عدد اتمی ذرات یا عیار فلز مورد نظر	متوسط عیار یا عدد اتمی هر ذره اندازه‌گیری می‌شود. قطعاتی که متوسط عیار آن‌ها از یک مقدار مشخص کمتر یا بیشتر باشد از جریان خوراک جدا می‌شوند.
خاصیت فلونئورسانس و لومینسانس کانی مورد نظر	هرچه این خواص در یک کانی بارزتر باشد کارایی جدایش با این روش بهتر خواهد بود.
چگالی کانی‌ها	میزان نفوذ اشعه X در مواد، بستگی به چگالی آن‌ها دارد. اگر دانه‌ها چگالی کمتری داشته باشند، اشعه X را به راحتی از خود عبور می‌دهند، حال آنکه دانه‌های با چگالی زیاد مانع عبور اشعه و برخورد آن به صفحه حساس می‌شوند.
ابعاد خوراک	ابعاد دانه‌ها در حدود ۵ تا ۵۰ میلی‌متر است که معمولاً توسط سنگ‌شکن‌ها و پس از دانه‌بندی توسط سرندها تامین می‌شود.
ظرفیت	ظرفیت و راندمان این روش بالاست زیرا روش اشعه ایکس برای کاربردهای معدنی در شرایطی که شناسایی با سرعت زیاد نیاز هست، به کار می‌رود. در این روش برخلاف دیگر روش‌های نوری که فقط یک لایه از مواد مورد بررسی و تشخیص قرار می‌گیرند، حجم توده ماده معدنی ردیابی و تشخیص داده می‌شود. سرعت عبور مواد از روی بستر انتقال مواد از جلوی منبع اشعه X حدود ۳ متر بر ثانیه است.
هزینه‌های سرمایه‌گذاری	در مقایسه با سایر روش‌ها، هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالا است.
هزینه‌های عملیاتی	هزینه‌های عملیاتی نسبتاً پایین است.

جدول ۲-۸- معیار و پارامترهای سنگ‌جوری هدایت الکتریکی

معیار و پارامتر	توضیحات
اختلاف هدایت الکتریکی	باید هدایت الکتریکی کوچک‌ترین دانه کانی مورد نظر حداقل چهار برابر هدایت الکتریکی هادی‌ترین دانه‌های کانی‌های همراه باشد.
ابعاد خوراک	بستگی به توانایی و قدرت سیستم جدایش سنگ‌جوری یا هوای فشرده و قابلیت هدایت الکتریکی کانی مورد نظر دارد. هر قدر اختلاف هدایت الکتریکی کانی مورد نظر شدیدتر باشد به همان اندازه ابعاد خوراک نیز می‌تواند بزرگ‌تر باشد. هرچند ابعاد ۱ تا ۱۵۰ میلی‌متر را می‌توان با این روش سنگ‌جوری کرد ولی با توجه به عمق نفوذ کم هدایت الکتریکی، حداکثر ابعاد قطعات کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر خواهد بود. همچنین در صورتی که هدف تهیه کنسانتره نهایی باشد، کانی مورد نظر باید به حداکثر درجه آزادی برسد که در این حالت ابعاد خوراک کوچکتر می‌شود. در مجموع هر چه دامنه ابعادی خوراک محدودتر باشد سنگ جوری دقیق‌تر خواهد بود.
مقدار کانی یا قطعات مورد نظر	عمدتاً در ظرفیت این روش تاثیرگذار است.
ظرفیت	بستگی به ابعاد قطعات، مقدار کانی مورد نظر، قابلیت هدایت الکتریکی آن‌ها و فاصله حس‌گر اندازه‌گیری تا ذرات دارد.
هزینه‌ها	در مقایسه با روش‌های نوری کمتر است.
رطوبت خوراک	برای خوراک مرطوب و نیز مواد متخلخل از روش ولتاژ پایین و برای خوراک خشک از روش ولتاژ بالا استفاده می‌شود.

جدول ۲-۹- معیار و پارامترهای سنگ‌جوری براساس رادیواکتیویته

معیار و پارامتر	توضیحات
نوع خاصیت رادیواکتیویته	در عمل این روش از سنگ‌جوری اغلب برای مواد با خاصیت رادیواکتیویته طبیعی استفاده می‌شود.
ابعاد مواد	ابعاد مناسب ۲۵ تا ۲۰۰ میلی‌متر است. هر چند از نظر اندازه‌گیری خاصیت رادیواکتیویته محدودیتی برای ابعاد وجود ندارد ولی توانایی سیستم جدایش و دفع مواد موجب محدودیت در ابعاد می‌شود.
نحوه توزیع کانی‌های رادیواکتیو در کانسنگ	از شرایط به کارگیری این روش هتروژن و نامتجانس بودن ذرات است. هر قدر توزیع مواد رادیواکتیو غیر یکنواخت باشد، سنگ‌جوری با این روش بهتر خواهد بود.
نسبت عیار به اندازه قطعات	در واحدهای عملیاتی ممکن است نتایج حاصل از یک قطعه سنگ بزرگ با عیار کم و یک قطعه سنگ کوچک، با عیار زیاد، مساوی باشند. بنابراین برای رفع این مشکل باید عیار حدی برای دانه‌های عبوری از محل اندازه‌گیری تعریف شود.
یکنواختی خوراک‌دهی	لازم است که میزان خوراک‌دهی به طور نسبی یکنواخت باشد. نزدیک بودن فاصله قطعات به یکدیگر در خوراک‌دهی موجب می‌شود عیار مواد بیشتر و بالاتر از مقدار واقعی دانه‌ها اندازه‌گیری شود. زیاد بودن فاصله از همدیگر نیز موجب می‌شود که عیار دانه‌ها کمتر از میزان واقعی آن‌ها اندازه‌گیری شود.
توزیع ضریب موازنه مواد رادیواکتیو	چنانچه میزان اورانیوم و رادیوم برای کانسنگی اندازه‌گیری نشده باشد و توزیع ضریب موازنه مواد رادیواکتیو تصادفی باشد، سنگ‌جوری رادیومتریکی مناسب نخواهد بود.
ظرفیت	با این روش امکان تولید کنسانتره نهایی وجود ندارد به دلیل تولید پیش‌کنسانتره این روش از ظرفیت نسبتاً بالایی برخوردار است.

۲-۷- نکات و دستورات لازم در طراحی ماشین‌های سنگ‌جوری

نکاتی که لازم است در طراحی دستگاه‌های سنگ‌جوری مورد ملاحظه قرار گیرند به شرح زیر هستند:

۲-۷-۱- خارج کردن رطوبت هوا و گرد و خاک

محیط اطراف دستگاه‌ها و ماشین‌های سنگ‌جوری با توجه به نوع سیستم‌های دفع‌کننده پوشیده از رطوبت یا گرد و غبار می‌شود. دمیده شدن هوای فشار بالا به کانسنگ توسط شیرهای هوا، محیطی را ایجاد می‌کند که قسمت‌های بیرونی دستگاه سنگ‌جوری و فضای اطراف آن از ذرات ریز و گرد و غبار پوشیده می‌شود. لذا نصب سیستم‌های غبارگیر و رطوبت‌گیر به منظور سالم نگه‌داشتن سیستم‌های تشخیص و دستگاه‌های نوری و کارکرد بهینه تجهیزات، ضروری است.

۲-۷-۲- سیستم هوای فشرده مناسب

سیستم هوای فشرده باید با یک لوله کوتاه، حجم مناسب و افت فشار پایین طراحی شده و نکات لازم به منظور حذف گرد و غبار نیز رعایت شود.

۲-۷-۳- کنترل جریان بار اولیه و محصول تولیدی

نصب سیستم‌های کنترل برای جریان بار اولیه و محصول تولیدی توصیه می‌شود.

۲-۷-۴- راندمان عملیات

بازده عملیات سنگ‌جویری خودکار به عواملی از قبیل فاصله کانی مورد نظر از حس‌گر، میزان نفوذ خاصیت مورد نظر (مغناطیسی، الکتریکی، رادیواکتیویته، نوری و نظایر آن‌ها) در قطعات در حال عبور از مقابل حس‌گر، آزاد بودن سطح کانی، سالم بودن دستگاه سنگ‌جویری، تمیز بودن سطح کانی مورد نظر، میزان خوراک ورودی، میزان محصول تولیدی و شاخص بودن رفتار کانی مورد نظر بستگی دارد.

فصل ۳

دستورالعمل‌های سنگ‌جوری دستی و

خودکار

۳-۱- تعیین روش سنگ‌جوری

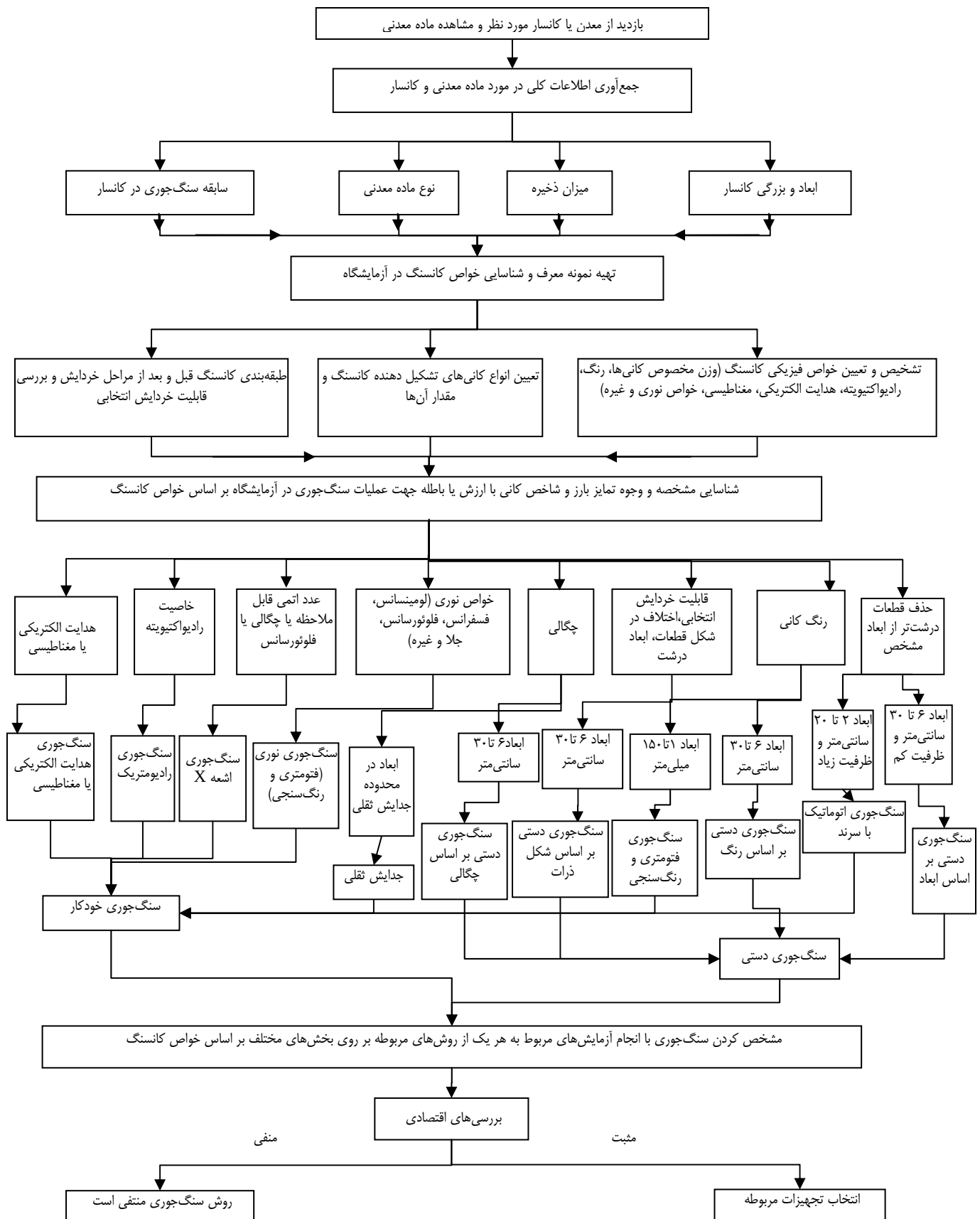
به منظور ارزیابی قابلیت جدایش و پرعیارسازی مواد معدنی به روش‌های مختلف سنگ‌جوری لازم است بررسی‌های اولیه بر اساس مشاهدات ظاهری کانسنگ (معمولاً برای سنگ‌جوری دستی) و آزمایش‌های اولیه برای تعیین خصوصیات و رفتار آن (برای سنگ‌جوری خودکار) و در نظر گرفتن دیگر عوامل انجام گیرد. در ارزیابی‌های اولیه برای سنگ‌جوری دستی معمولاً رنگ کانی در ابعاد نسبتاً درشت و برای سنگ‌جوری خودکار، خواص نوری (انعکاس و انکسار یک اشعه نورانی، جذب نور و نظایر آن)، خاصیت رادیواکتیویته، هدایت الکتریکی، خاصیت مغناطیسی، ابعاد کانی‌ها، وزن مخصوص و غیره مد نظر قرار می‌گیرد.

مهم‌ترین اقداماتی که لازم است قبل از عملیات سنگ‌جوری انجام گیرد عبارتند از:

- رویت و مشاهده کلی کانسار یا معدن و ماده معدنی؛
 - بررسی و تعیین کلیه خصوصیات ماده معدنی از نظر کانی‌شناسی، خواص فیزیکی و شیمیایی به منظور مشخص کردن قابلیت جدایش بر اساس روش‌های سنگ‌جوری (دستی و خودکار)؛
 - تهیه نمونه مورد نیاز، انجام فرایندهای خردایش، طبقه‌بندی و آنالیز ابعادی در مقیاس آزمایشگاهی؛
 - شناسایی و معرفی ویژگی و وجوه تمایز بارز و شاخص کانی با ارزش یا باطله قابل به کارگیری در عملیات سنگ‌جوری با در نظر گرفتن شرایط فنی و اقتصادی، ایمنی و بهداشت، مسایل زیست‌محیطی و نظایر آن‌ها. با توجه به پیچیدگی خواص مواد معدنی، در اکثر موارد لازم است که در یک سیستم برای مشخص کردن ویژگی و وجوه تمایز بارز و شاخص ماده معدنی، خواص بیشتری از آن اندازه‌گیری شود؛
 - انجام آزمایش‌های اولیه با توجه به مشخصه بارز ماده معدنی در عملیات سنگ‌جوری بر روی بخش‌های مختلف برای مشخص کردن شرایط بهینه در مقیاس‌های صنعتی و نیمه‌صنعتی؛
 - بررسی قابلیت‌های سنگ‌جوری ماده معدنی مانند اندازه مناسب و تمیز بودن سطح کانی برای تعیین مشخصه مورد نظر، قابل تشخیص بودن مشخصه مورد نظر و متفاوت بودن آن با سایر کانی‌های موجود در سنگ، دقت و حساسیت تجهیزات و افرادی که عملیات سنگ‌جوری را انجام می‌دهند؛
 - بررسی‌های فنی و اقتصادی بر اساس طراحی ارایه شده از واحد سنگ‌جوری صورت می‌گیرد که در این خصوص عوامل و پارامترهای موثر را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد:
- الف) مشخصات کانسنگ (مانند عیار، ابعاد، تناژ بار ورودی، ذخیره کانسنگ و غیره)؛
 - ب) مشخصات محصول (پارامترهای متالورژیکی مانند عیار، بازیابی، ابعاد، میزان محصول تولیدی و غیره)؛
 - پ) هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای خرید تجهیزات مورد نیاز شامل سیستم‌های خردایش، طبقه‌بندی، سنگ‌جوری و غیره؛
 - ت) هزینه‌های عملیاتی مورد نیاز شامل هزینه‌های پرسنلی و مواد مصرفی؛
 - ث) ارزش و قیمت واقعی محصول نهایی (در سنگ‌جوری با هدف تهیه کنسانتره نهایی)؛
 - ج) میزان هزینه‌های صرفه‌جویی شده در واحد پرعیارسازی نهایی، در صورت انجام عملیات سنگ‌جوری با هدف تهیه پیش‌کنسانتره؛

- تعیین اهداف عملیات سنگ‌جوری (پیش تغلیظ یا کنسانتره نهایی).

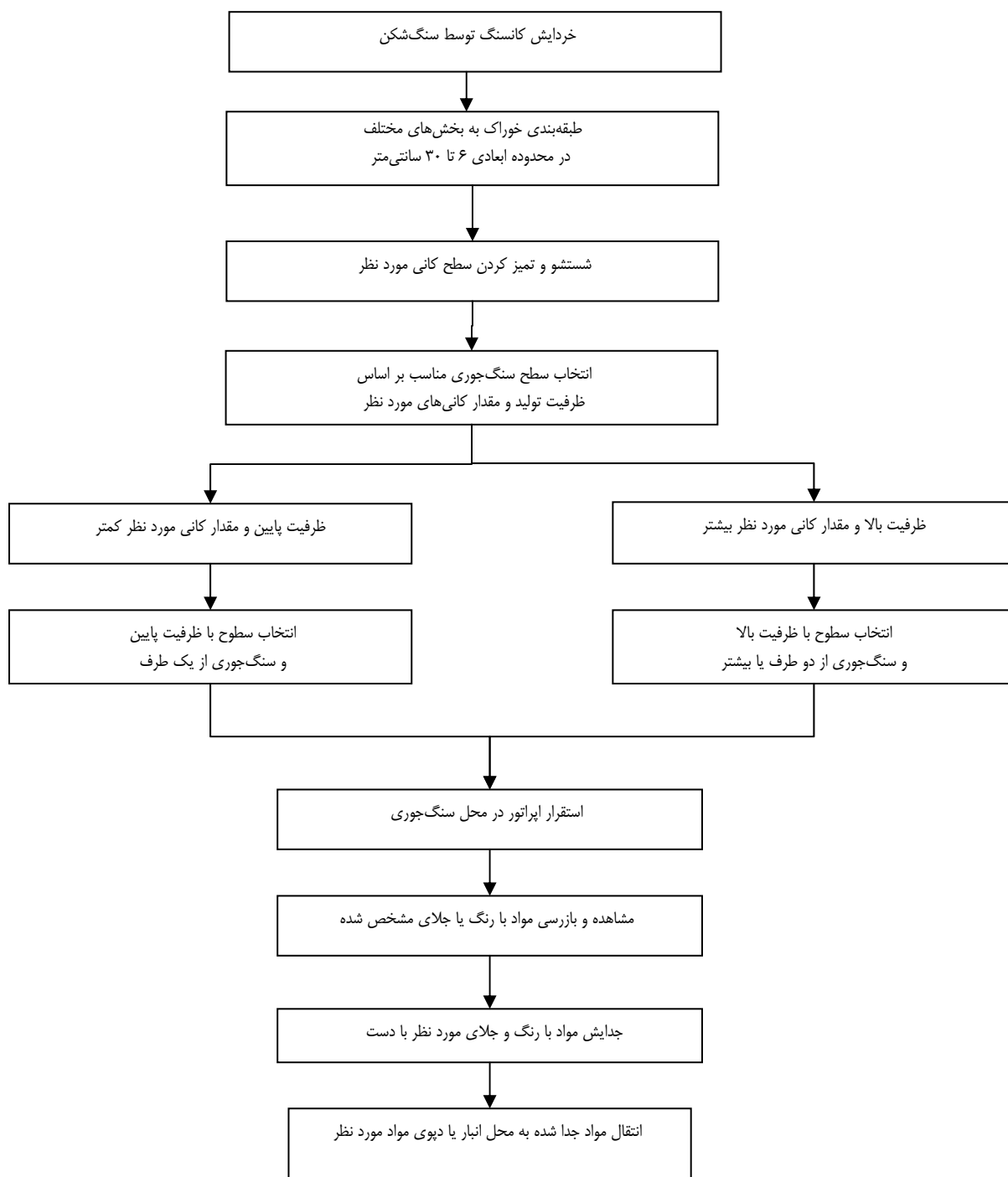
بعد از انجام آزمایش‌های اولیه و اقدامات فوق می‌توان به اطلاعات لازم و کافی از ماده معدنی مورد نظر دست یافت. با استفاده از تجزیه و تحلیل رفتارهای ماده معدنی، یکی از خصوصیات آن به عنوان معیار سنگ‌جوری تعیین شده و بر این اساس روش مناسب و مفید عملیات سنگ‌جوری (دستی یا خودکار) انتخاب می‌شود. بنابراین با توجه به موارد و مطالب فوق‌الذکر دستورالعمل مناسب برای انتخاب روش سنگ‌جوری براساس خواص کانی مورد نظر مطابق شکل (۳-۱) ارائه می‌شود.



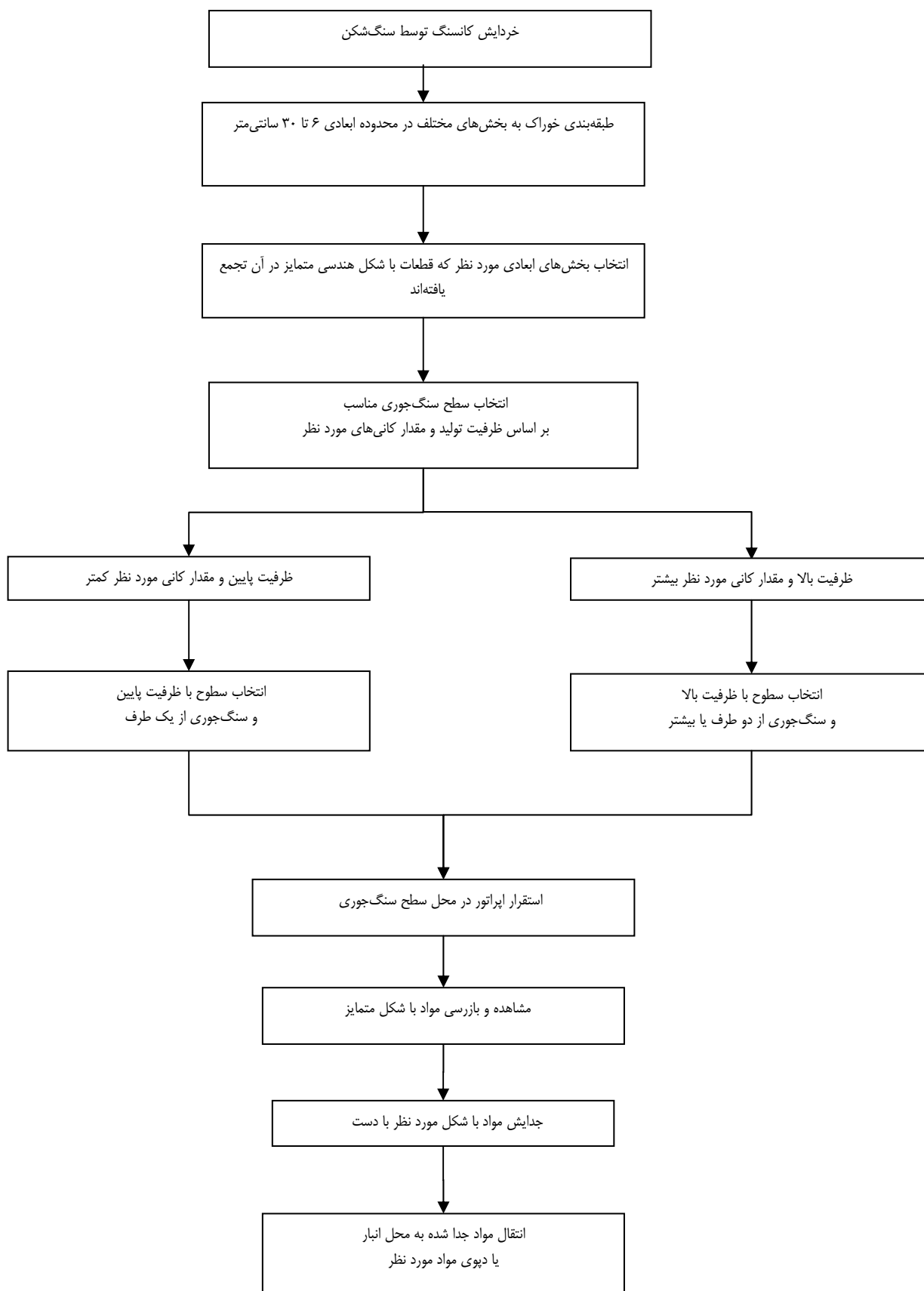
شکل ۳-۱- نمودار انتخاب روش سنگ‌جویری براساس مشخصات و وجوه تمایز در کانی با ارزش و باطله

۲-۳- دستورالعمل روش‌های مختلف سنگ‌جواری براساس ویژگی‌های کانی مورد نظر

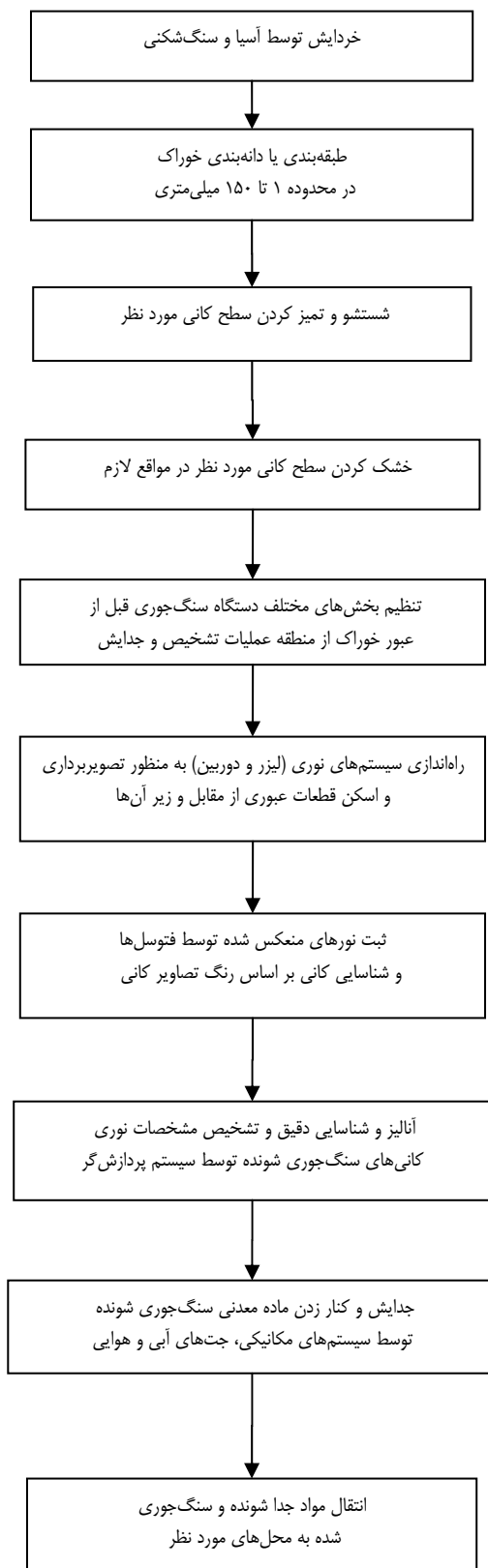
در نمودارهای (۲-۳) و (۳-۳) انجام روش‌های مختلف سنگ‌جواری دستی و در نمودارهای (۴-۳) تا (۹-۳) روش‌های سنگ‌جواری خودکار ارایه شده است. همچنین در پیوست در شکل‌های (پ-۱) تا (پ-۴) شمای عملیات تعدادی از روش‌های سنگ‌جواری دستی و خودکار آورده شده است.



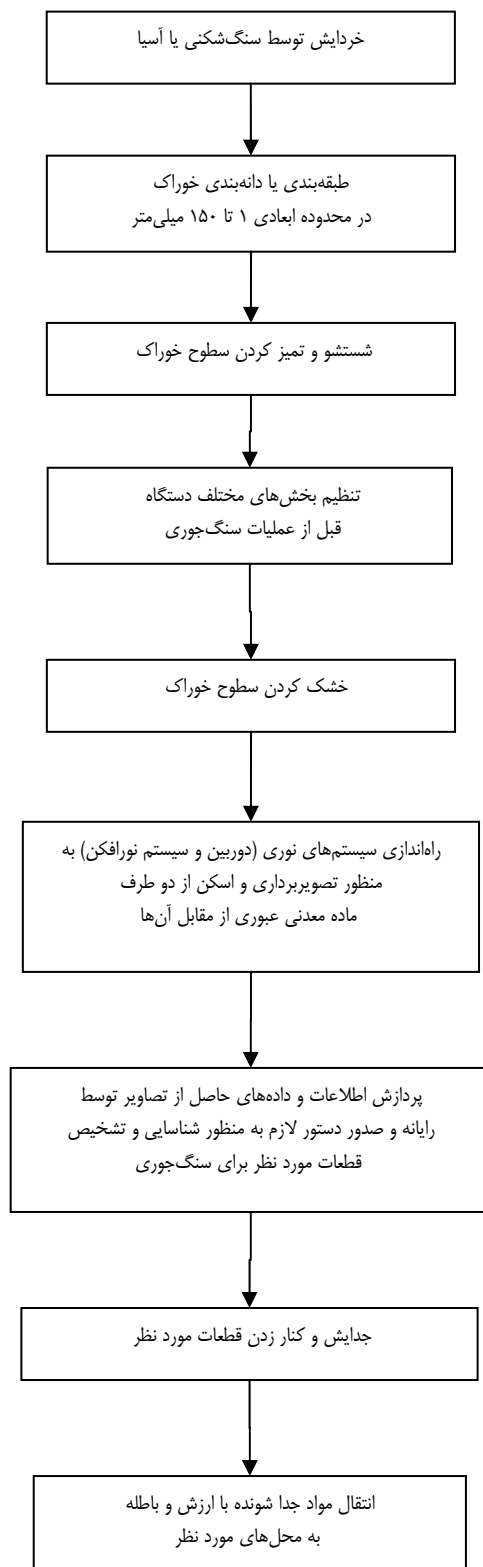
شکل ۲-۳- روندنمای سنگ‌جواری دستی بر اساس رنگ و جلا



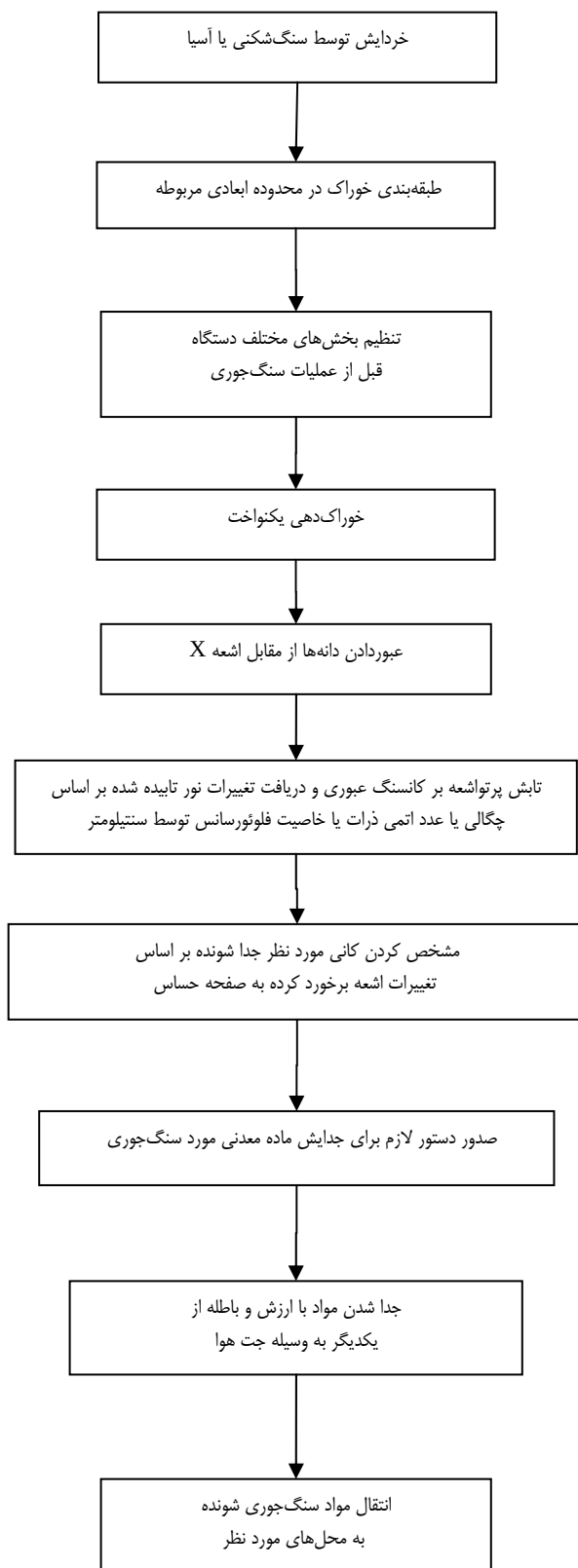
شکل ۳-۳- روند نمای سنگ‌جواری دستی بر اساس شکل ذرات



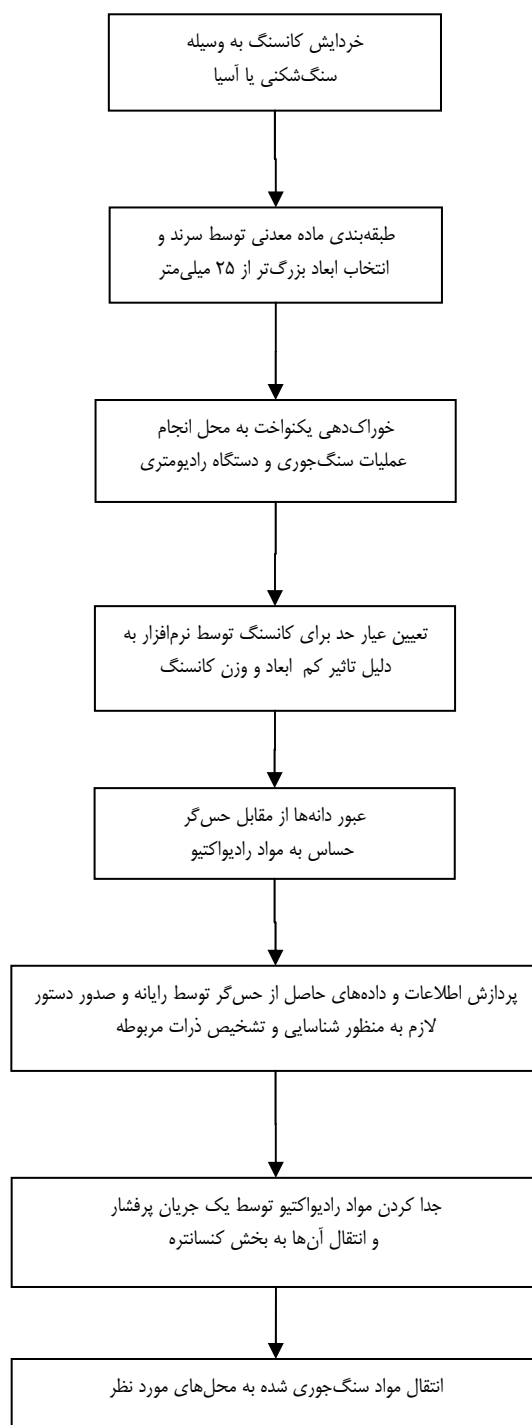
شکل ۳-۴- روند نمای سنگ‌جویری خودکار نوری (فتومتریک)



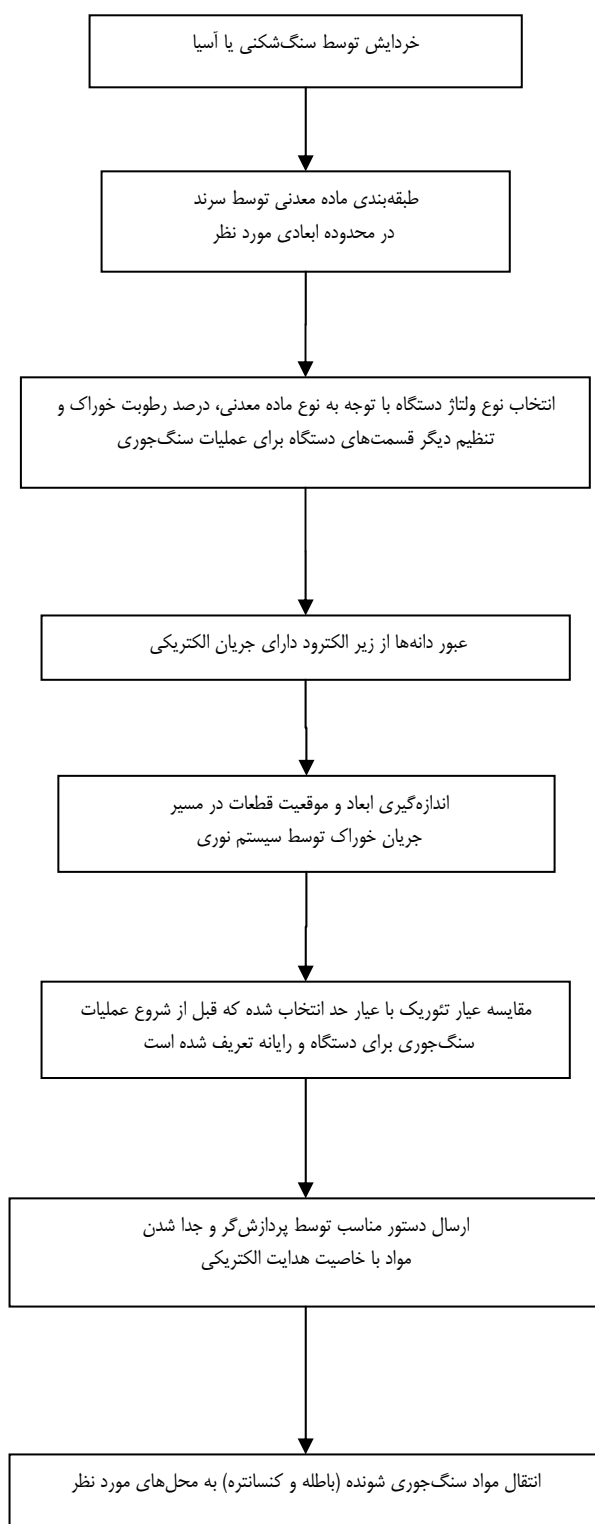
شکل ۳-۵- روند نمای سنگ‌جویری نوری (رنگ‌سنجی)



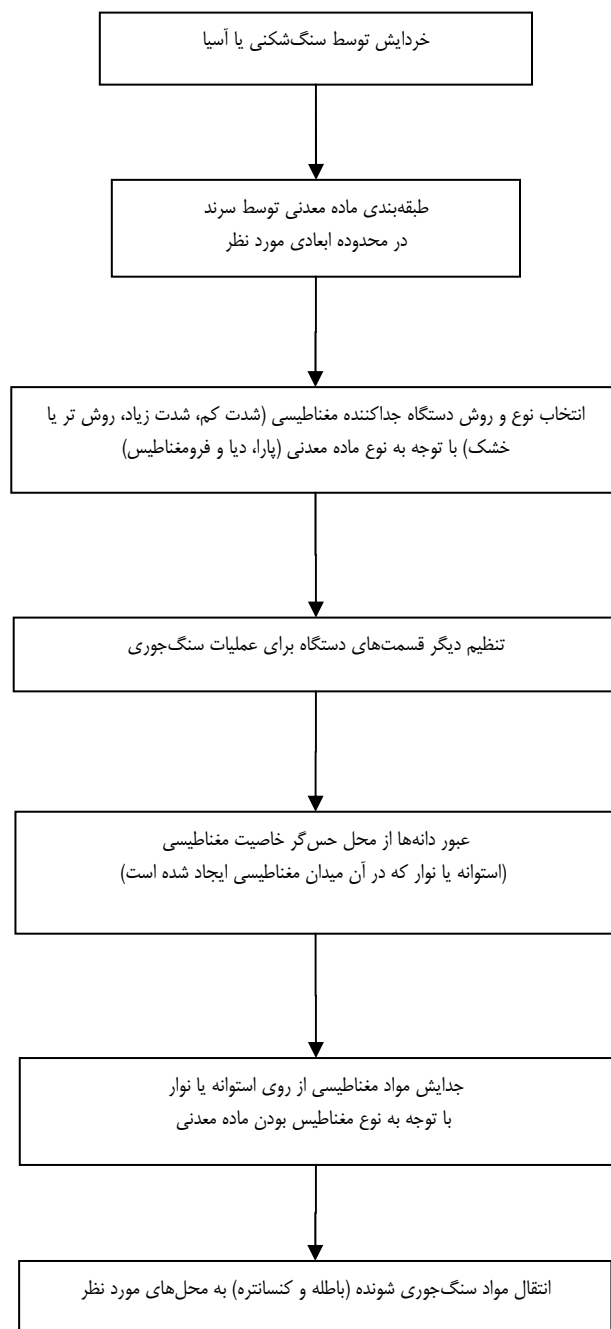
شکل ۳-۶- روند نمای سنگ‌جوری با استفاده از پراش اشعه X



شکل ۳-۷- روند نمای سنگ‌جوری با استفاده از خاصیت رادیواکتیویته



شکل ۳-۸- روند نمای سنگ‌جوری با استفاده از خاصیت هدایت الکتریکی

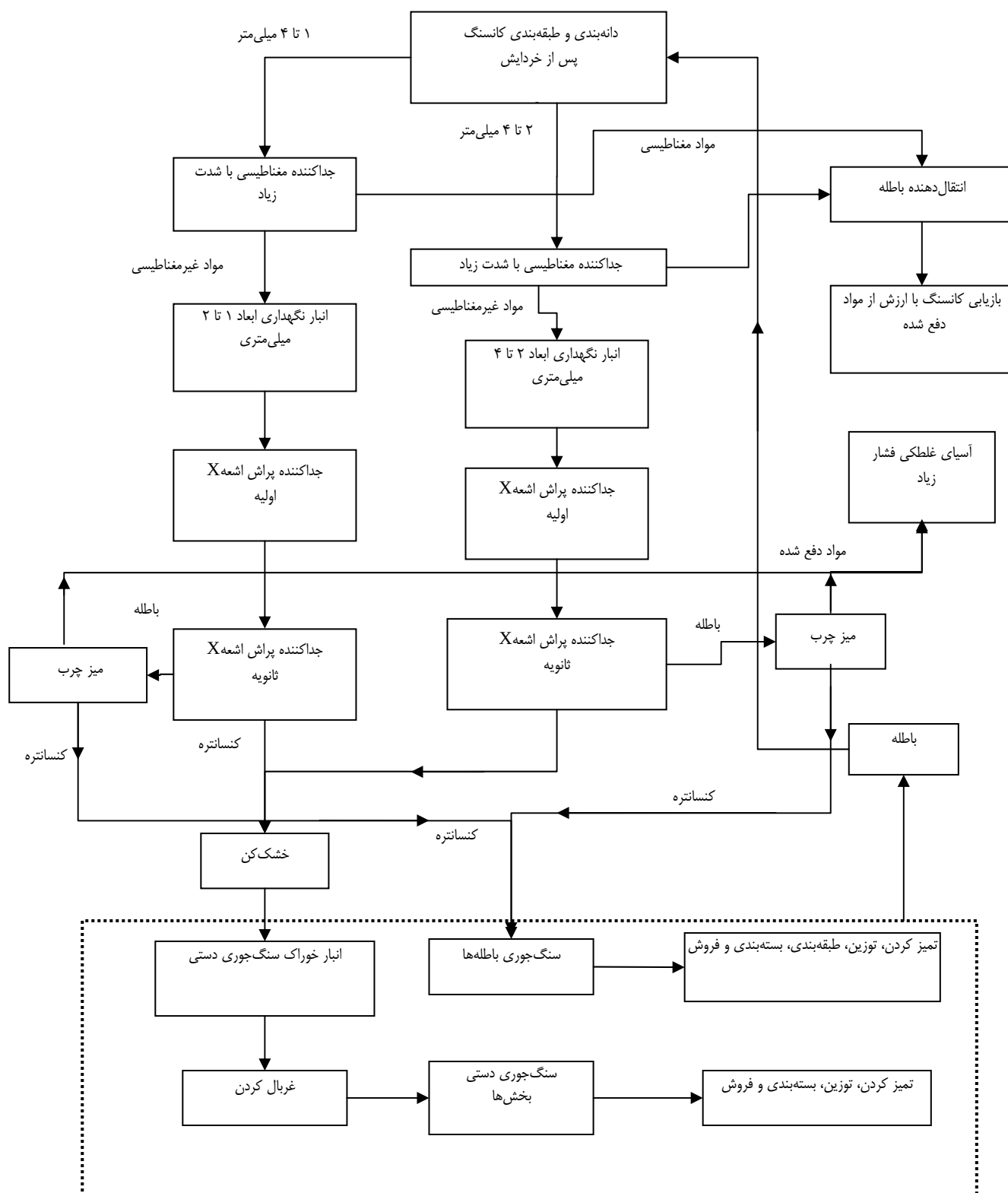


شکل ۳-۹- روند نمای سنگ‌جوری با استفاده از خاصیت مغناطیسی

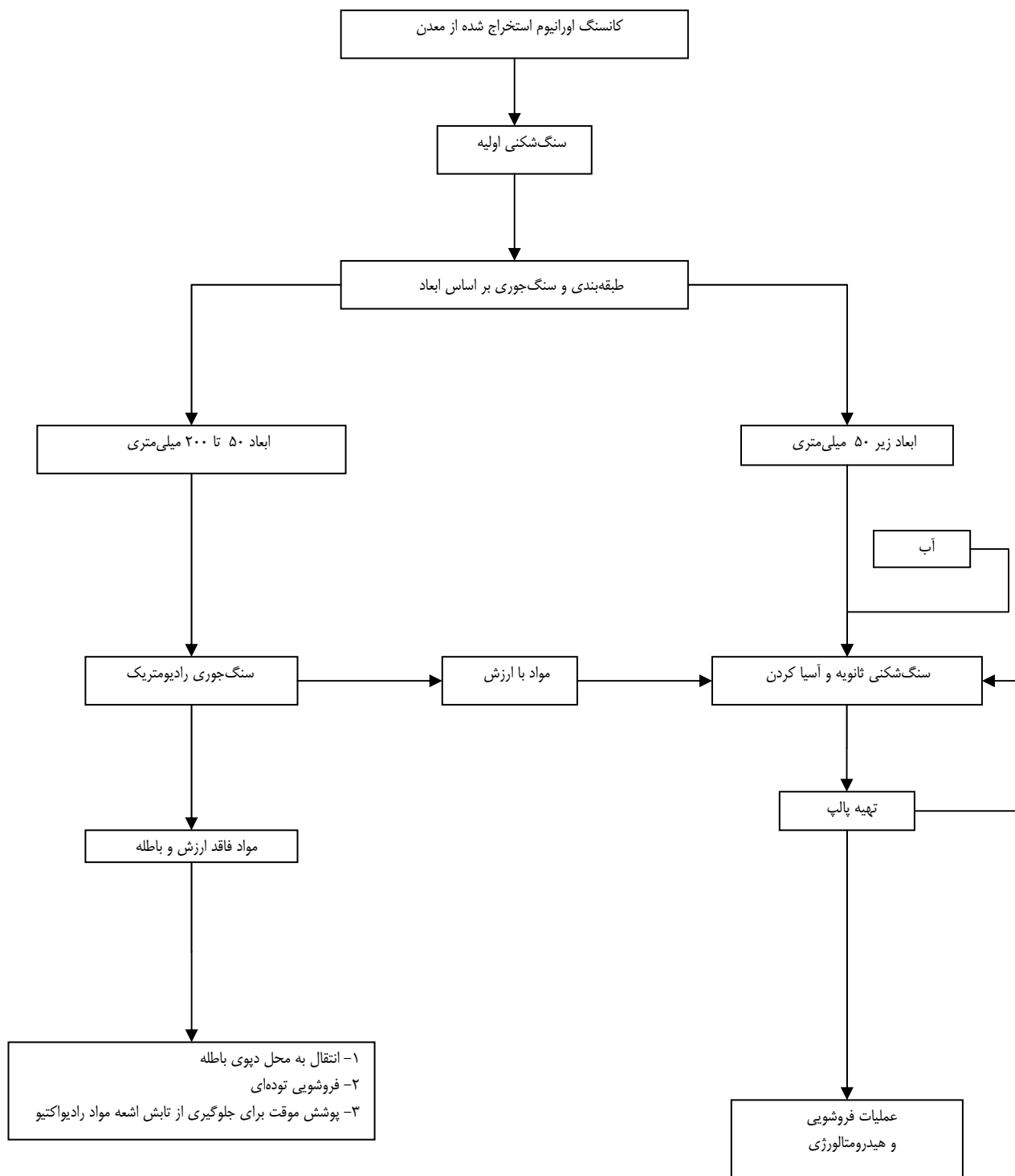
پیوست

نمونه‌های شمای عملیات برای

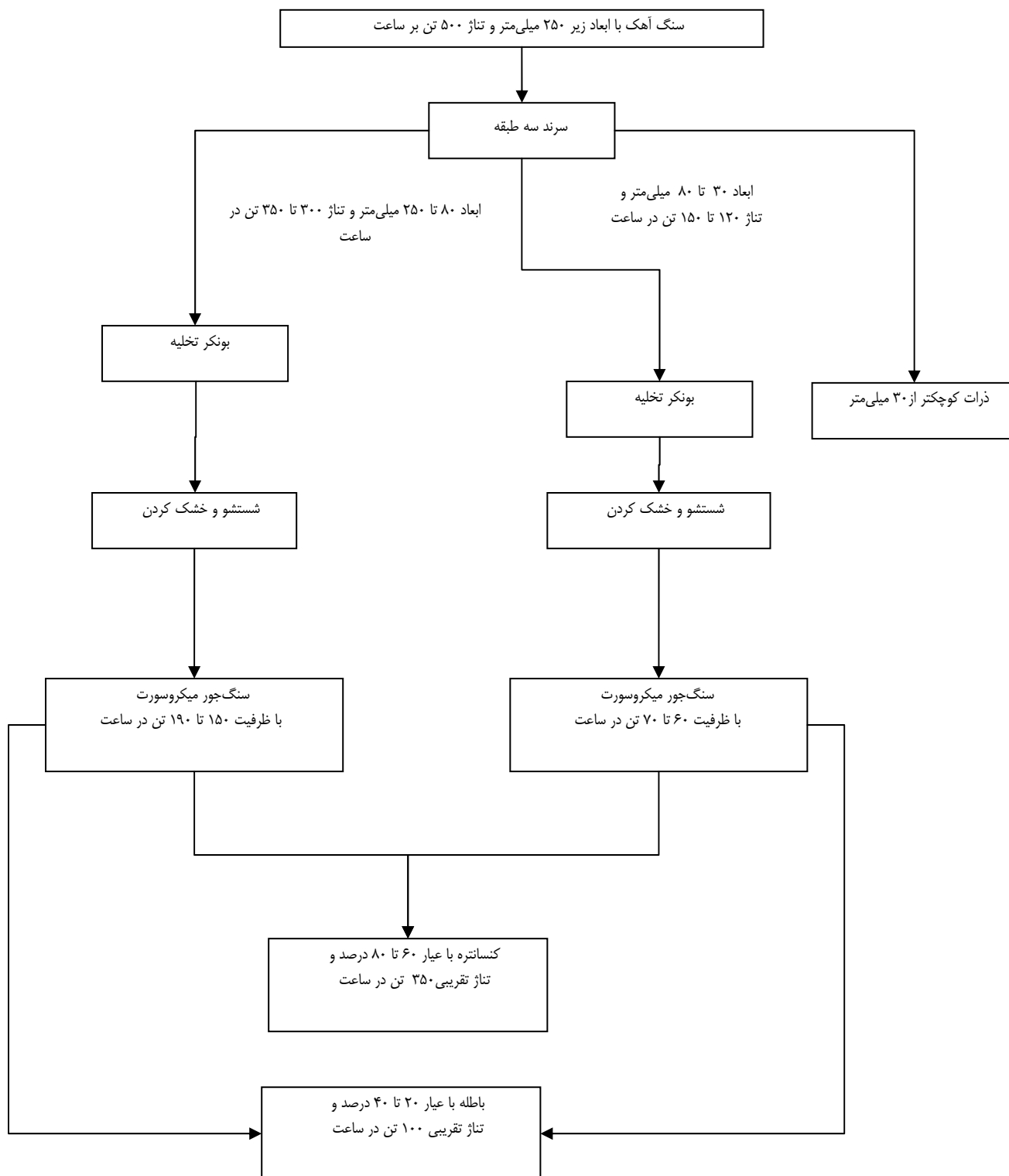
سنگ‌جوری دستی و خودکار



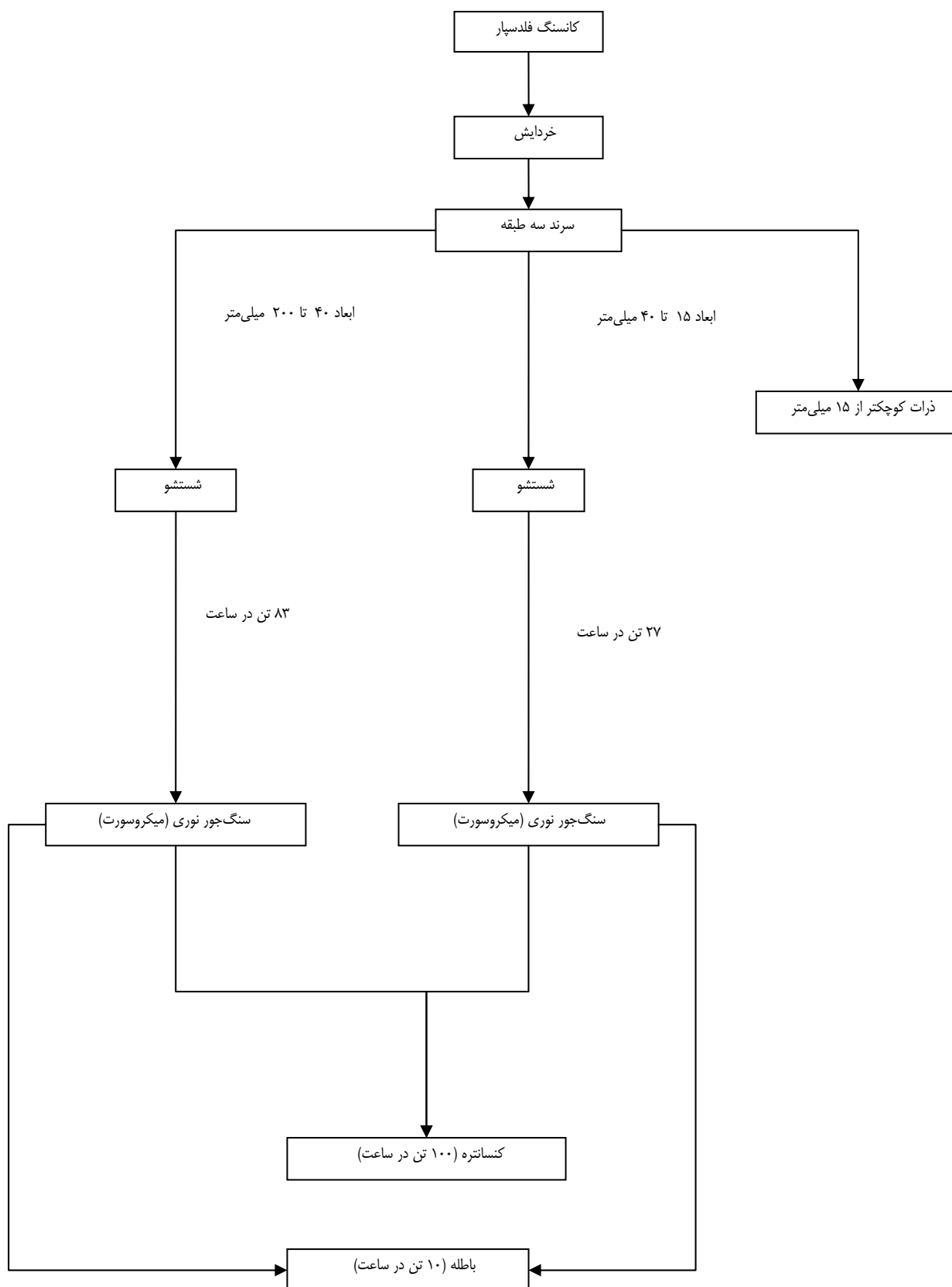
شکل پ-۱ - نمونه‌ای از شمای عملیات فرآوری الماس



شکل پ-۲- نمونه‌ای از شمای عملیات آماده‌سازی کانسنگ اورانیوم قبل از مراحل هیدرومتالورژی



شکل پ-۳- نمونه‌ای از شمای عملیات سنگ‌جوری رنگ‌سنجی خودکار بر اساس ابعاد برای جدایش دولومیت از سنگ آهک



شکل پ-۴- نمونه‌ای از شمای عملیات سنگ‌جوری نوری کانسنگ فلدسپار

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه 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 نشریات منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی nezamfanni.ir قابل دستیابی می‌باشد.

امور نظام فنی

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

Guidelines for Automatic and Manual Ore Sorting

No. 554

Office of Deputy for Strategic Supervision

Ministry of Industry, Mine and Trade

Department of Technical Affairs

Deputy office of Mining Affairs and Mineral
Industries

nezamfanni.ir

Office for Mining Exploitation and Supervision
<http://www.mim.gov.ir>

2012

این نشریه

معیارهای انجام عملیات سنگ‌جوری به روش‌های دستی
و خودکار را به منظور تهیه پیش‌کنسانتره و جدایش
کانسنگ از باطله را شرح می‌دهد.