

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده معدن و ژئوفیزیک

سمینار کارشناسی ارشد

عنوان :

مطالعه مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی در اثر انفجار

استاد راهنما: آقای دکتر محمد عطائی

گردآورنده: عبدالله تیموری هزارجریبی

مهر ماه ۱۳۸۵

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

" تقدیم به

پدر و مادر عزیز

و همسر مهربانم

و تمامی اساتید دلسوزی که در دوران تحصیل مرا یاری

کردند."

تشکر و قدردانی

امام علی (ع) فرمودند:

هر کس به من کلامی بیاموزد، مرا بنده خود کرده است.

سپاس و ستایش خدای را که همیشه مرا مورد لطف و عنایت خود قرار داده تا به کمک بزرگانی طی طریق کنم و هم اکنون این تحقیق را به پایان برسانم. از این رو ضمن تقدیر و تشکر از این عزیزان، توفیق روزافزون ایشان را از خداوند متعال خواستارم.

بدین وسیله از زحمات بی‌دریغ استاد محترم جناب آقای دکتر محمد عطائی که در تمامی مدت تحقیق با تمام وجود و در هر زمان که به کمک ایشان نیاز داشتم به من یاری رساندند تشکر و تقدیر خالصانه دارم.

و در پایان از کلیه دوستان و عزیزانی که مرا در انجام این سمینار یاری نمودند، به خصوص سرکار خانم آسیه حکمت صیمانه سپاسگزارم و آرزوی شادکامی و موفقیت روزافزون برایشان دارم.

چکیده

خردشدگی مناسب، یکی از فاکتورهای مهم در موفقیت یک عملیات انفجاری است. با ایجاد خردایش مناسب، از هزینه های یک معدن کاسته شده و هزینه های معدن به کمترین مقدار خود خواهد رسید. در نتیجه باید سایر عملیات استخراجی را برای رسیدن به خردشدگی مطلوب طراحی کرد. برای رسیدن به این مهم، باید از تمامی شیوه ها، امکانات و وسایل موجود استفاده شود. استفاده از مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی یکی از راهکارها و ابزارهای رسیدن به این مهم می باشد. مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی شامل چند گروه مدل‌های ریاضی، تجربی و تحلیلی می باشد. این مدل‌ها علاوه بر توصیف مناسب از نحوه انفجار، پیش بینی معقولی نیز از میزان خردشدگی در اختیار کاربر قرار می دهند.

هدف از این مجموعه ارائه و مقایسه مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی، معایب و محسنات آنها همراه با چند مثال عملی از نحوه استفاده آنهاست. با بررسی های انجام شده با توجه به امکانات مورد نیاز، آسان بودن اجرا و دقت انجام آن، روش آنالیز تصویری مناسب ترین می باشد. هرچند که اگر هر یک از معیارهای یاد شده به تنهایی در نظر گرفته شوند پاسخ چنین نخواهد بود مثلاً در دقت می توان روش سرندهی را نام برد و همچنین از لحاظ آسانی نیز روش مشاهده ای بسیار آسان و سریع می باشد. در مورد مدل‌های ریاضی نیز مدل Kuz-Ram به دلیل دربر گرفتن عوامل متعدد و زیادتر، از نتایج مناسب تری برای پیش بینی خردشدگی حاصل از انفجار برخوردار است.

کلمات کلیدی: مدل‌های پیش بینی، خردشدگی، انفجار

Key word: Prediction model , Fragmentation , Blasting

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
	فصل اول : بررسی اهمیت خردشوندگی در اثر انفجار
۳	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱- خرد شدگی
۴	۳-۱- مکانیزم خردشدگی حاصل از انفجار
۵	۴-۱- عوامل موثر بر خردشدگی
۸	۵-۱- تاثیر خرد شدگی بر مراحل مختلف عملیات معدنکاری
۱۱	۶-۱- خردشدگی بهینه حاصل از انفجار
۱۲	۷-۱- انتخاب طرح بهینه عملیات انفجار
	فصل دوم : روشهای تجربی و تحلیلی جهت پیش بینی خرد شدگی
۱۴	۱-۲-مقدمه
۱۵	۲-۲- روش دیداری کیفی یا مشاهده ای
۱۶	۳-۲- روش عکاسی
۱۷	۴-۲- روش فتوگرافی
۱۷	۵-۲- عکسبرداری با سرعت بالا
۱۸	۶-۲- بررسی قابلیت تولید تجهیزات بارگیری
۱۸	۷-۲- شمارش قطعات درشت
۱۹	۸-۲- بررسی عملیات سنگ شکن
۱۹	۹-۲- آنالیز به روش سرنندی
۲۰	۱-۹-۲- مکانیزم سرنند کردن
۲۰	۲-۹-۲- انواع سطوح سرنند
۲۱	۳-۹-۲- انواع سرنند ها
۲۲	۴-۹-۲- بررسی نمودار های حاصل از نتایج آنالیز سرنندی
۲۴	۱۰-۲- دانه بندی مصالح انفجاری در معدن سر ریز گتوند:
۲۹	۱۱-۲- روش آنالیز تصویری
۲۹	۱-۱۱-۲- آشنایی مختصری با روش آنالیز تصویری
۳۳	۲-۱۱-۲- کیفیت عکس
۳۴	۳-۱۱-۲- تجهیزات مورد استفاده
۳۴	۱-۳-۱۱-۲- نرم افزار Split-Desktop [®]
۳۷	۲-۳-۱۱-۲- نرم افزار Goldsize
۳۹	۳-۳-۱۱-۲- نرم افزار WipFrag
۴۱	۱۲-۲- مقایسه روش های آنالیز تصویری و آنالیز سرنندی

۴۲	۱-۱۲-۲- تفاوت‌های روش آنالیز تصویری و آنالیز سرنندی
۴۳	۲-۱۲-۲- مزایای روش آنالیز تصویری نسبت به آنالیز سرنندی
۴۳	۳-۱۲-۲- معایب روش آنالیز تصویری
	فصل سوم: مدل‌های ریاضی پیش بینی خرد شدگی حاصل از انفجار
۴۵	۱-۳- مقدمه
۴۵	۲-۳- مدل دنیس و گاما
۴۶	۳-۳- مدل لارسون
۴۷	۴-۳- مدل سوئدیفو
۴۹	۵-۳- مدل کاز-رام
۴۹	۱-۵-۳- معادله کازنتسوف
۵۱	۲-۵-۳- منحنی رزین - راملر
۵۱	۳-۵-۳- تاثیر طرح آتشکاری بر شاخص یکنواختی (n)
۵۲	۴-۵-۳- محدودیت مدل کاز - رام
۵۴	۶-۳- مدل اصلاح شده کاز - رام
۵۵	۷-۳- مدل نمودار گوتافسون
۵۶	۸-۳- مدل توزیع احتمال وایبل
۵۷	۹-۳- مدل کامپیوتری Bi - dimensional
۵۹	۱۰-۳- مدل دوبعدی کامپیوتری BLASFRAG
۶۲	۱۱-۳- مدل مرکب روستن
۶۳	۱۲-۳- مدل کامپیوتری SAROBLAST
	فصل چهارم: مطالعات موردی
۶۶	۱-۴- معدن سنگ آهن سنگان خواف
۶۹	۲-۴- معدن زغال سنگ واقع در هندوستان (استخراج به روش روباز)
۷۲	۳-۴- معدن مس سرچشمه
۷۶	۴-۴- بررسی میزان خردشدگی سنگ در معدن سنگ آهن گل گهر
۸۱	پیوست
۱۰۲	منابع

فهرست تصاویر

صفحه	عنوان
۳	شکل ۱-۱ - نمودار کارهای معمول برای انجام یک انفجار مناسب
۶	شکل ۲-۱ - مراحل انفجار و شکسته شده توده سنگهای اطراف چال
۸	شکل ۳-۱ - فاکتورهای ورودی و خروجی یک طرح انفجار
۹	شکل ۴-۱ - پارامترهای مؤثر در یک انفجار
۱۰	شکل ۵-۱ - سیکل عملیات معدنکاری ماده معدنی
۱۰	شکل ۶-۱ - مقایسه هزینه خردشدگی در سه حالت انفجار
۱۱	شکل ۷-۱ - مقایسه هزینه تولید از چالزنی تا آسیا برای سه حالت انفجار
۱۵	شکل ۱-۲ - تقسیم بندی کلی روش های پیش بینی خردایش
۱۷	شکل ۲-۲ - روش شبکه ای ارزیابی خردایش در آزمایشگاه
۲۲	شکل ۳-۲ - ترسیم مستقیم آنالیز دانه بندی
۲۲	شکل ۴-۲ - ترسیم مستقیم در مقیاس لگاریتمی
۲۳	شکل ۵-۲ - ترسیم تجمعی آنالیز دانه بندی
۲۳	شکل ۶-۲ - ترسیم تجمعی در مقیاس لگاریتمی
۲۶	شکل ۷-۲ - جداسازی نمونه های با ابعاد بیش از ۵۰۰ میلی متر به روش دستی
۲۷	شکل ۸-۲ - نمایی از جدا سازی مصالح با استفاده از الکهای ۱۰۰ mm ، ۲۰۰ mm ، ۴۰۰ mm
۲۷	شکل ۹-۲ - نحوه بارگیری دانه های رد شده از سرنده ۱۰۰ mm توسط کامیون در زیر نوار نقاله
۲۷	شکل ۱۰-۲ - محل دپوی نمونه های آزمایشگاهی
۲۸	شکل ۱۱-۲ - نحوه اندازه گیری مصالح خرد شده به روش توزین با باسکول
۳۰	شکل ۱۲-۲ - تصویر شماتیک از مراحل بررسی میزان خردایش به روش آنالیز تصویری
۳۰	شکل ۱۳-۲ - قرار دادن یک شی بر روی قطعات خرد شده در زمان عکس برداری
۳۱	شکل ۱۴-۲ - قرار دادن دو یا بیشتر شی بر روی قطعات خرد شده در زمان عکس برداری
۳۲	شکل ۱۵-۲ - قطرهای بزرگ (maxd _{mr}) و کوچک (mind _{mr} = mind ₁ - mind ₂) هر قطعه که می توان از روی آنها سطح و حجم هر قطعه را بدست آورد
۳۴	شکل ۱۶-۲ الف - نمونه بدون گرد و غبار؛ ب - نمونه با گرد و غبار
۳۵	شکل ۱۷-۲ - یک نمونه از تصویر برداری از توده سنگ خرد شده پس از انفجار توسط دوربین دیجیتالی شکل
۳۶	شکل ۱۸-۲ - تاثیر چگونگی عکس برداری بر کیفیت تصویر
۳۷	شکل ۱۹-۲ - محل مناسب عکس برداری از خرده سنگ ها در حال حرکت بر روی نوار نقاله
۳۷	شکل ۲۰-۲ - محل مناسب عکس برداری از خرده سنگ ها در محل بارگیری کامیونها
۳۹	شکل ۲۱-۲ - مشخص کردن اندازه قطعات خرد شده بر روی عکس با دست
۳۹	شکل ۲۲-۲ - نحوه ثبت اطلاعات مربوط به هر عکس در نرم افزار Goldsize
۴۰	شکل ۲۳-۲ - پنجره مخصوص ورود اطلاعات مدل کاز - رام
۴۰	شکل ۲۴-۲ - نمونه ای از یک توده سنگ با درزه و شکاف زیاد
۴۱	شکل ۲۵-۲ - نمونه ای از خروجی نرم افزار WipJoint

۴۲	شکل ۲-۲۶ - موقعیت (جهت) ذرات در آنالیز تصویری و سرندي
۴۳	شکل ۲-۲۷ - ذره ای با شکل مثلث یا مستطیل
۴۸	شکل ۳-۱ - تاثیر میزان نسبت (S/B) و خرج ویژه بر تعیین ابعاد بلوک
۴۸	شکل ۳-۲ - نمودار تعیین ابعاد بلوک بر حسب درصد بار خروجی از سرندي و ضریب d_{50} در اندازه بلوک
۴۹	شکل ۳-۳ - تاثیر درصد بار خروجی از دهانه سرندي های مختلف بر اندازه ابعاد بلوک
۵۳	شکل ۴-۴ - منحنی پیش بینی توزیع دانه بندی بر حسب d_{80} در سنگهای آتشفشانی شده با مدل کاز-رام
۵۶	شکل ۳-۵ - تعیین متوسط ابعاد مواد خرد شده با استفاده از ضخامت بار سنگ و خرج ویژه برای چالهای با قطر کم
۵۸	شکل ۳-۶ - نحوه ایجاد ترک و آرایش آن در یک سنگ همگن بر اساس یک آرایش مربعی
۵۹	شکل ۳-۷ - نمودار کلی مدل شبیه سازی BLASFRAG
۶۸	شکل ۴-۱ - مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۱
۶۸	شکل ۴-۲ - مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۲
۶۸	شکل ۴-۳ - مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۳
۶۹	شکل ۴-۴ - مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۴
۶۹	شکل ۴-۵ - مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۵
۷۱	شکل ۴-۶ - دیاگرام میله ای متوسط ابعاد
۷۵	شکل ۴-۷ - منحنی توزیع ابعادی انواع سنگ معدن مس سرچشمه پس از انفجار
۷۶	شکل ۴-۸ - منحنی توزیع ابعادی انواع سنگ معدن مس سرچشمه پس از انفجار در مقایسه با طرح آناکاندا
۷۸	شکل ۴-۹ - منحنی های تجربی توزیع ابعادی جبهه کارهای مورد مطالعه
۸۰	شکل ۴-۱۰ - مقایسه نمودار حاصل از نرم افزار آنالیز تصویری و مدل کاز-رام در انفجار ۸۲-۹
۸۰	شکل ۴-۱۱ - مقایسه نمودار حاصل از نرم افزار آنالیز تصویری و مدل کاز-رام در انفجار ۷-۱۰
۸۳	شکل ۱ - نمایی از پنجره Option
۸۴	شکل ۲ - میله ابزار GoldSize
۸۷	شکل ۳ - پنجره اطلاعات پروژه در GoldSize
۸۸	شکل ۴ - پنجره اطلاعات نمونه در GoldSize
۹۰	شکل ۵ - پنجره توزیع ابعادی
۹۱	شکل ۶ - سازماندهی داده های پروژه
۹۳	شکل ۷ - پنجره مشخصات پروژه
۹۴	شکل ۸ - پنجره مشخصات پروژه
۹۵	شکل ۹ - پنجره توزیع ابعادی
۹۵	شکل ۱۰ - بخش دانه بندی در پنجره Options
۹۷	شکل ۱۱ - بخش وضوح نمایش در پنجره Options
۹۷	شکل ۱۲ - بخش طرح انفجاری در پنجره Options
۹۸	شکل ۱۳ - بخش سنگ کاز - رام در پنجره Options
۹۹	شکل ۱۴ - بخش مواد منفجره کاز - رام در پنجره Options

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۱	جدول ۱-۱- نوع انرژی مصرفی و هزینه آن در مراحل معدنکاری (بخشنامه، ۱۳۷۷)
۲۴	جدول ۱-۲- نحوه دانه بندی مصالح پس از انفجار
۲۵	جدول ۲-۲ - تجهیزات مورد نیاز برای بررسی نحوه دانه بندی مصالح حاصل از انفجار
۲۵	جدول ۳-۲ - نیروی انسانی مورد نیاز برای بررسی نحوه دانه بندی مصالح حاصل از انفجار
۳۶	جدول ۲-۴ - یک نمونه از جداول خروجی نرم افزار Split-Desktop [®]
۴۶	جدول ۳-۱ - ثابت قابلیت انفجار پذیری برای سنگ های مختلف
۵۰	جدول ۳-۲ - مقادیر فاکتور سنگ با توجه به ساختار توده سنگ
۵۲	جدول ۳-۳ - اثر پارامترهای متفاوت طراحی بر روی n- شاخص یکنواختی
۵۵	جدول ۳-۴ - مقادیر پارامترهای موثر در BI
۶۱	جدول ۳-۵ - اثر گذاری تعداد سطح آزاد بر روی گسترش ترکها بعلت فشارگاز
۶۴	جدول ۳-۶ - خلاصه ای از مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی و کاربردهای آنها
۶۵	ادامه جدول ۳-۶ - خلاصه ای از مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی و کاربردهای آنها
۶۷	جدول ۴-۱ - مشخصات چالزنی وانفجار
۶۷	جدول ۴-۲ - پیش بینی توزیع خرد شدگی پس از انفجار در انفجارهای برداشت شده در معدن سنگ آهن سنگان با استفاده از مدل‌های ریاضی
۷۰	جدول ۴-۳ - جزئیات طرح عملیات انفجاری
۷۰	جدول ۴-۴ - خلاصه نتایج عملیات انفجاری بر اساس مدل کاز - رام
۷۱	جدول ۴ - ۵ - پیش بینی درصد وزنی ابعاد قطعات خرد شده، مدل کاز - رام
۷۳	جدول ۴-۶ - خلاصه نتایج نهایی را در سنگ سرچشمه پورفیری
۷۴	جدول ۴-۷ - محدوده ابعادی پارامترهای سرچشمه پورفیری
۷۴	جدول ۴-۸ - خلاصه نتایج نهایی را در سنگ آندزیت
۷۴	جدول ۴-۹ - محدوده ابعادی پارامترهای آندزیت
۷۵	جدول ۴-۱۰ - خلاصه نتایج نهایی را در سنگ لیت فانن پورفیری
۷۵	جدول ۴-۱۱ - محدوده ابعادی پارامترهای لیت فانن پورفیری
۷۷	جدول ۴-۱۲ - پارامترهای طراحی معدن
۷۷	جدول ۴-۱۳ - پارامترهای حفاری و آتشیاری در معدن گل گهر
۷۸	جدول ۴-۱۴ - نتایج حاصل از دانه بندی سنگ در جبهه کارهای مختلف
۷۹	جدول ۴-۱۵ - مقایسه نتایج بدست آمده از نرم افزار آنالیز تصویری و مدل های دیگر
۹۶	جدول ۱- پارامتر های بخش دانه بندی

مقدمه

سیکل معدنکاری شامل پنج مرحله چالزنی، انفجار، بارگیری، باربری و سنگ شکنی می باشد که هدف از دو مرحله اول خرد کردن سنگ تا یک بعد خاص می باشند (استوار، ۱۳۷۵). دانش بر توزیع ابعادی سنگ معدن در مراحل مختلف معدنکاری و کانه آرایبی از جمله اطلاعات پایه ای است که در ارزیابی طراحی سنگ شکن و نوار نقاله، عملیات انفجار و کارآیی انواع مواد منفجره و طرحهای انفجاری، میزان بازیابی کانه به روش لیچینگ، قابلیت بارگیری و حمل توسط تجهیزات معدنی، پایداری شیب، تخلیه باطله، دیواره پیت و توده لیچینگ و بهینه سازی مدار خردایش مورد استفاده قرار می گیرد (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴).

اطلاعات جمع آوری شده از تعدادی معدن نشان می دهد که هزینه چالزنی و آتشکاری در حدود ۳۰ درصد از کل هزینه های تولید را تشکیل می دهند و در صورت وجود سنگهای درشت و نیاز به انجام عملیات انفجار ثانویه این رقم تا ۴۵ درصد نیز افزایش می یابد (دهقان بنادکی، ۱۳۸۰).

برای بررسی میزان خردایش در هر معدن، باید با نحوه دانه بندی یا همان خرد شدگی سنگ ها پس از انفجار آشنایی پیدا کرد. مجموعه اطلاعاتی که در یک نمونه از سنگ معدنی خرد شده، اندازه متوسط دانه ها و یا توزیع حجمی یا وزنی آن ماده در ابعاد مختلف را مشخص می کند، دانه بندی نامیده می شود (نعمت الهی، ۱۳۷۷).

میزان اهمیت این موضوع بسته به آنکه محصولات برای چه مقصودی تولید شده و چه چرخه ای را پس از تولید طی خواهد کرد، متفاوت است. به طور مثال در صورتی که مصالح تولیدی چرخه سنگ شکنی و کانه آرایی را طی کرده و سپس مورد استفاده قرار گیرند، نامناسب بودن ابعاد مصالح، منجر به صرف هزینه بیشتر در طی مراحل فوق خواهد شد. اما اگر قرار باشد مصالح تولیدی مستقیماً مورد استفاده قرار گیرند، آنگاه نامناسب بودن دانه بندی قابل جبران نبوده و ممکن است تمامی مصالح مربوطه باطله تلقی شوند (محمدی، ۱۳۸۳). همچنین اندازه قطعات مطلوب به نوع و اندازه تجهیزاتی که برای جابجایی سنگهای خرد شده مورد نیاز است، بستگی دارد (الفسون، ۱۳۷۸).

الگوی چالزنی و انفجار در عملیات معدنکاری بایستی به گونه ای طراحی و اجرا شود تا سنگهای خرد شده از توزیع مناسبی برخوردار باشند. برای تخمین توزیع ابعاد توده سنگ خرد شده حاصل از انفجار مدلهای مختلفی اعم از تجربی، تحلیلی و مدلهای ریاضی ارائه شده است. در مدلهای تجربی روشهایی مانند آنالیز تصویری^۱، مشاهده ای^۲، عکس برداری سریع^۳ و روش آنالیز سرنندی^۴ بیشترین کاربرد را دارا می باشند.

مدلهای ریاضی نیز از تنوع زیادی برخوردارند که مدلهای دنیس و گاما^۵، لارسون^۶، کاز-رام^۷، سوئدیفو (موسسه تحقیقات آتشکاری سوئد)^۸ و نمونه هایی از این مدلها می باشند. با استفاده از این مدلها می توان قبل

۱- Image analysis system

۲- Visual analysis

۳- High-speed photography

۴- screen analysis

۵- Dinis and Gama

۶- Larson

۷- Kuz - Ram

از انجام آتشکاری و صرف هزینه های مربوطه از مطلوب بودن ابعاد قطعات استحصالی و کمینه بودن اثرات جانبی انفجارها اطمینان حاصل کرد (عطایی، ۱۳۸۴).

در این تحقیق در فصل اول خردشدگی تعریف و مکانیزم و عوامل موثر بر خرد شدگی و تاثیر آن بر سایر مراحل مختلف عملیات معدنکاری به طور مختصر آورده شده است.

در فصل دوم نیز روشهای تجربی پیش بینی ابعاد قطعات خرد شده حاصل از انفجار مورد بررسی قرار گرفته و در مورد بعضی از نرم افزارهای کاربردی در این روشها به طور مختصر توضیحاتی داده شده است.

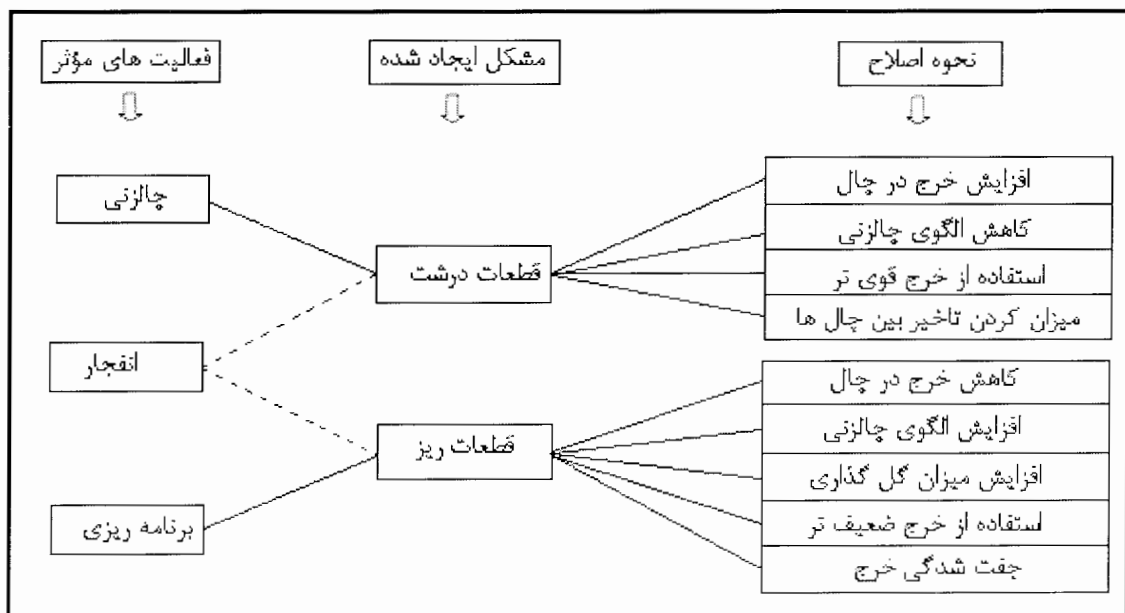
در فصل سوم به ارائه مدلهای ریاضی پیش بینی ابعاد قطعات خرد شده حاصل از انفجار پرداخته شده است.

فصل چهارم این مطالعه نیز به بررسی مطالعات موردی که در آنها از روشهای مختلف بررسی خردایش استفاده شده اختصاص یافته و در نهایت یک تجزیه و تحلیل و جمع بندی از آنها به عمل آمده است.

فصل اول : بررسی اهمیت خردشوندگی در اثر انفجار

۱-۱-مقدمه

برای درک بهتر روشهای بررسی پیش بینی خردشدگی حاصل از انفجار و استفاده مناسب از این روشها، لازم است شناخت و آگاهی کاملی از مفهوم خردشدگی و فاکتورهای موثر بر آن داشته باشیم. لذا در این فصل سعی خواهد شد تا کلیاتی از خردشدگی و تاثیرات آن بر مراحل معدنکاری از چالزنی تا فرآوری و خردایش آورده شود. مسلماً پیش بینی قطعات خرد شده به کمک این روشها ما را در طراحی بهینه عملیات انفجاری به دلیل تاثیرات خرده ها بر روی هزینه های مراحل معدنکاری و در نتیجه هزینه کلی تولید، کمک خواهد کرد. برای انجام یک انفجار کامل نیاز به یکسری مراحل و عملکرد های متداول و معمول می باشد که آقایان کارلوس لپز^۱ و امیلو لپز^۲ آن را به صورت جدولی تهیه و ارائه کرده اند. اطلاعات یاد شده در شکل ۱-۱ آورده شده است.



شکل ۱-۱ - نمودار کارهای معمول برای انجام یک انفجار مناسب (JIMINO, ۱۹۹۵)

۱-۲-خرد شدگی

خردشدگی مطلوب و مناسب، فاکتوری مهم در موفقیت یک عملیات انفجاری روباز بوده و می تواند هزینه کلی تولید یک معدن را به حداقل برساند.

1 - Emilio Lopez

2 - Carlos Lopez

خرد شدگی خوب عبارت است از تولید قطعات خرد شده ای که به راحتی بزرگترین اندازه آن داخل جام سیستم بارگیری جای گیرد و نیازی به انفجار ثانویه نداشته باشد و به کوچکترین اندازه آن نیازی باشد. به عبارتی حجم قطعات بزرگ، کمتر از ۵٪ حجم بلوک سنگ شکسته شده در انفجار اولیه باشد. اگر عملیات انفجاری با دقت صورت پذیرد، سیکل های بعدی عملیات معدنکاری می تواند به خوبی طراحی و انتخاب شود. از طرفی پیش بینی خردشدگی و تعیین ابعاد قطعات خردشده و ارزیابی عملکرد این عملیات، یک فاکتور موثر و بحرانی در انتخاب تجهیزات و ارزیابی آنهاست. برای مثال اندازه صندوقه ماشین آلات بارگیری، باربری و ظرفیت نوار نقاله و مشخصات سنگ شکنی به طور مستقیم به ابعاد قطعات خرد شده حاصل از انفجار بستگی دارد و میزان خردشدگی توسط ناپیوستگی های طبیعی درون توده سنگ، خصوصیات ماتریکس سنگ، ویژگیها و خصوصیات مواد منفجره و طرح انفجاری کنترل می شود. البته در این مورد دو فاکتور دیگر که امواج ضربه ناشی از انفجار چالها و فشار ناشی از آزاد شدن گازهای حاصل از آن در خردشدگی نیز موثر می باشد (بخشنامه، ۱۳۷۷).

۱-۳-۳- مکانیزم خردشدگی حاصل از انفجار

به طور کلی خردشدگی ناشی از انفجار توده سنگ ناشی از دو عامل زیر می باشد (بخشنامه، ۱۳۷۷):

الف - انفجار ماده منفجره و آزاد شدن انرژی
 ب - عکس العمل سنگ در مقابل این انرژی آزاد شده
 از لحظه وقوع انفجار تا شکسته شده و جابجا شدن توده سنگ خرد شده، اتفاقات مشخصی رخ می دهد که می توان به صورت زیر خلاصه کرد (شکل ۱-۲):

۱- انفجار

۲- انتشار امواج ضربه

۳- تولید گاز و آزاد شدن انرژی

۴- جابجایی توده سنگ

۱-۳-۱- انفجار

ماده منفجره در اثر انفجار بلافاصله تبدیل به توده ای از گاز داغ می شود که در این لحظه فشار بسیار زیادی نیز وارد می کند، این فشار را فشار انفجار گویند. در واقع فشار انفجار ناشی از انتشار موج انفجار در ستون ماده منفجره است به عبارتی موج انفجار از نقطه شروع آتش شدن چاشنی یا پرایمر در ستون ماده منفجره با سرعت مافوق صوت حرکت می کند. گرچه سرعت انفجار زیاد است اما در هر حال برای تکمیل شدن انفجار و آزاد شدن کامل انرژی، زمان لازم دارد (بخشنامه، ۱۳۷۷).

۱-۳-۲- انتشار موج ضربه

انتشار موج ضربه در سنگ از آزاد شدن ناگهانی گازهای ناشی از انفجار حاصل می شود. تاثیر امواج بر محیط اطراف چال. به صورت فشاری است که بر آن وارد می کند. فشار به دیواره چال به سرعت زیاد شده و به ماکزیمم خود می رسد و اندکی بعد به صورت نمایی، از مقدار فشار کاسته می شود. علت کم شدن فشار دو چیز است:

الف - انبساط چال

ب - سرد شدن گازها

در مرحله فشاری، موج ضربه ناشی از انفجار با سرعت ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر بر ثانیه در سنگ عبور می کند. در این حالت سنگ فشرده شده و شکافهای ریز میکروسکوپی در آن ایجاد می شود. موج ضربه پس از رسیدن به سطح آزاد منعکس شده و موجب بوجود آمدن تنش کششی در سنگ می شود. سرعت موج در این حالت ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بر ثانیه است و موجب تولید شکافهای شعاعی کوچک اولیه در چال می شود (بخشده، ۱۳۷۷).

۱-۳-۳- انبساط گاز

گاز حاصل از انفجار در چال محبوس می شود و همین امر باعث می شود که فشار مستمری به دیواره چال وارد آید. مقدار این فشار نصف فشار انفجار است. گاز فشرده شده که دارای پتانسیل فوق العاده است به صورت های زیر بر سنگ اثر می کند:

الف- در ترک های ریز حاصل از موج ضربه نفوذ کرده، موجب انبساط و گسترش آنها می شود که در نهایت منجر به شکسته شدن سنگ می شود.

ب- گاز تحت فشار سعی می کند از راه کمترین مقاومت به بیرون از چال نفوذ کرده و در صورت وجود چنین شرطی نباید انتظار داشت که نتیجه مطلوب از انفجار چال حاصل شود زیرا انرژی گاز عملاً به هدر می رود.

ج- استمرار فشار گاز در چال علاوه بر توسعه شکافهای ریز قبلی، موجب بوجود آمدن شکافهای شعاعی جدید در بار سنگ می شود.

بنابراین مکانیزم انفجار را به صورت زیر می توان خلاصه کرد:

- موج ضربه اولین مرحله انفجار است و ایجاد شکافهای ریز می کند.

- شکافهای شعاعی بوسیله فشار گاز ایجاد می شود.

۱-۳-۴- جابجایی توده سنگ

آخرین مرحله شکسته شدن سنگ در اثر انفجار است. در اینجا نیز مقداری سنگ مجدداً شکسته می شود. به عنوان مثال در طرح انفجاری روباز به شکل V، سنگها از روبرو به هم می خورند و باز هم شکسته می شوند.

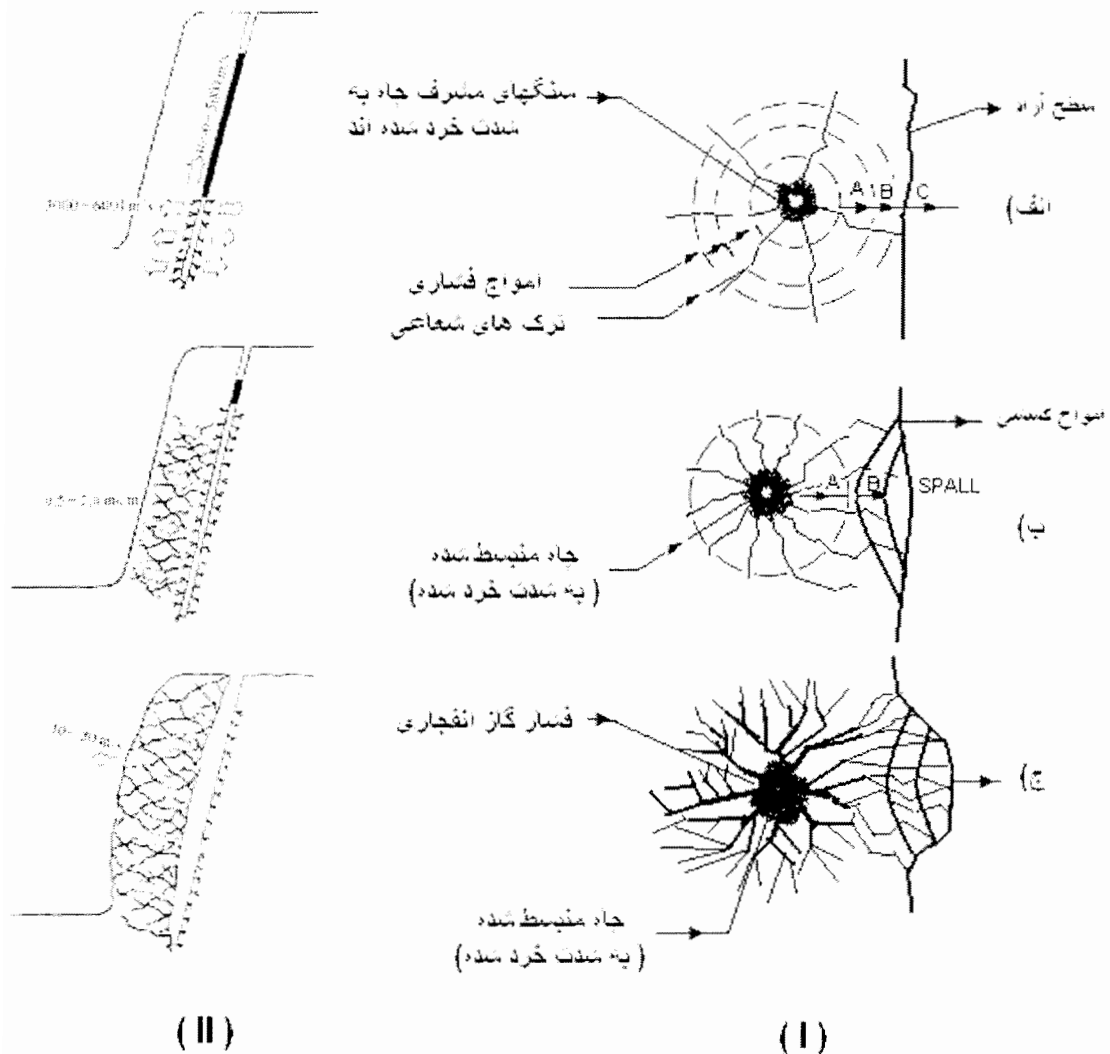
۱-۴- عوامل موثر بر خردشدگی

برای انجام یک انفجار مناسب با کیفیت خرد شدن خوب بایستی پارامترهای مربوط به سنگ، ماده منفجره و مشخصات هندسی چالهای انفجاری را به طور کامل و مشخص بررسی کرد.

آقایان روین^۱ و لیتل^۲ با مطالعه و بررسی بر روی پارامترهای انفجار، نموداری ارائه دادند و هر یک از پارامترها و تاثیر آنها بر محیط اطراف در انفجار مطلوب و نامطلوب اشاره شده است. از آنجائی که روابط بین پارامترها و اجزای مختلف یک عملیات انفجاری، تابع شرایط محیط، نوع و کیفیت ماده منفجره، نوع ساختمان سنگ و هدف از آن است و این شرایط نیز تغییرپذیر و قابل کنترل یا غیر کنترل می باشند، لذا ارتباط بین پارامترها خواه ناخواه ثابت نیست.

1 - Rooyan

2 - Iitel



شکل ۱-۲- مراحل انفجار و شکسته شده توده سنگهای اطراف چال (الف - تشکیل شکاف شعاعی، ب- انبساط چال، ج- جابجایی سنگ) ((I) اصائلو، ۱۳۷۴ - (II) Heinio, ۱۹۹۹)

همان طور که در شکل (۱-۳) نشان داده شده است با طراحی و تغییر در پارامترهای قابل کنترل، به طور غیر مستقیم می توان پارامترها و فاکتورهای غیر قابل کنترل را تحت کنترل در آورد و پدیده های ناشی از انفجار را به صورت مطلوب در آورد. در شکل (۱-۴) پارامترهای اصلی موثر در یک انفجار نشان داده شده است و آنها را می توان به صورت زیر تقسیم بندی کرد:

الف- خصوصیات ماده منفجره

با توجه به انواع متعدد مواد منفجره بایستی مشخصات آن به طور کامل شناخته و سپس بر اساس آگاهی های بدست آمده از خصوصیات مواد منفجره و موارد کاربرد مورد نظر، ماده منفجره مناسب انتخاب شود که این مشخصات عبارتند از:

- نوع ماده منفجره
- مقاومت در مقابل آب
- سرعت انفجار

- تولید گازهای مضر مثل منواکسیدکربن و بخار آب
- انرژی و قدرت ماده منفجره
- حساسیت
- چگالی

فشار و سرعت انفجار بهترین شاخص قابلیت ماده منفجره در شکستن سنگ است.

ب - خصوصیات توده سنگ

خصوصیات توده سنگ جزء فاکتورهای ثابت هر انفجار بوده و قابل تغییر نمی باشد، در نتیجه برای انجام یک عملیات انفجار بایستی خصوصیات توده سنگ شناخته شده باشد و سپس تصمیم گیری کرد. مشخصات توده سنگ را خواصی مانند مقاومت کششی و فشاری توده سنگ در برابر خردشدن، چگالی سنگ، تخلخل، خواص الاستیسیته، آب موجود در سنگ و ناپیوستگی ها تشکیل می دهند.

ج - مشخصات هندسی چالها

در یک انفجار مناسب، در صورت آشنایی با خصوصیات توده سنگ و همچنین انتخاب مواد منفجره، باید الگوی مناسب جهت تولید مصالح مورد نیاز طراحی و ارائه گردد در نتیجه مهمترین پارامتر در انفجار و درجه خردشدگی سنگ، مشخصات هندسی چال می باشد و تغییر در هر کدام از این پارامترها، بدون در نظر گرفتن تاثیر آن، باعث انفجار و خردشدگی نامطلوب خواهد شد. از جمله این مشخصات می توان به توزیع خرج در داخل چال، ارتفاع پله یا چال، قطر چال، انحراف یا شیب چال، اضافه چالزنی، مسیر انفجار، انسداد و محل قرارگیری پرایمر و بوستر در چال و انواع آن اشاره کرد.

عدم انتخاب درست و آشنایی با هر یک از موارد فوق عامل بوجود آمدن مشکلات متعددی می شود که در ذیل عوامل فوق را دو به دو با هم مقایسه کرده و به عوارض ناشی از آن اشاره شده است.

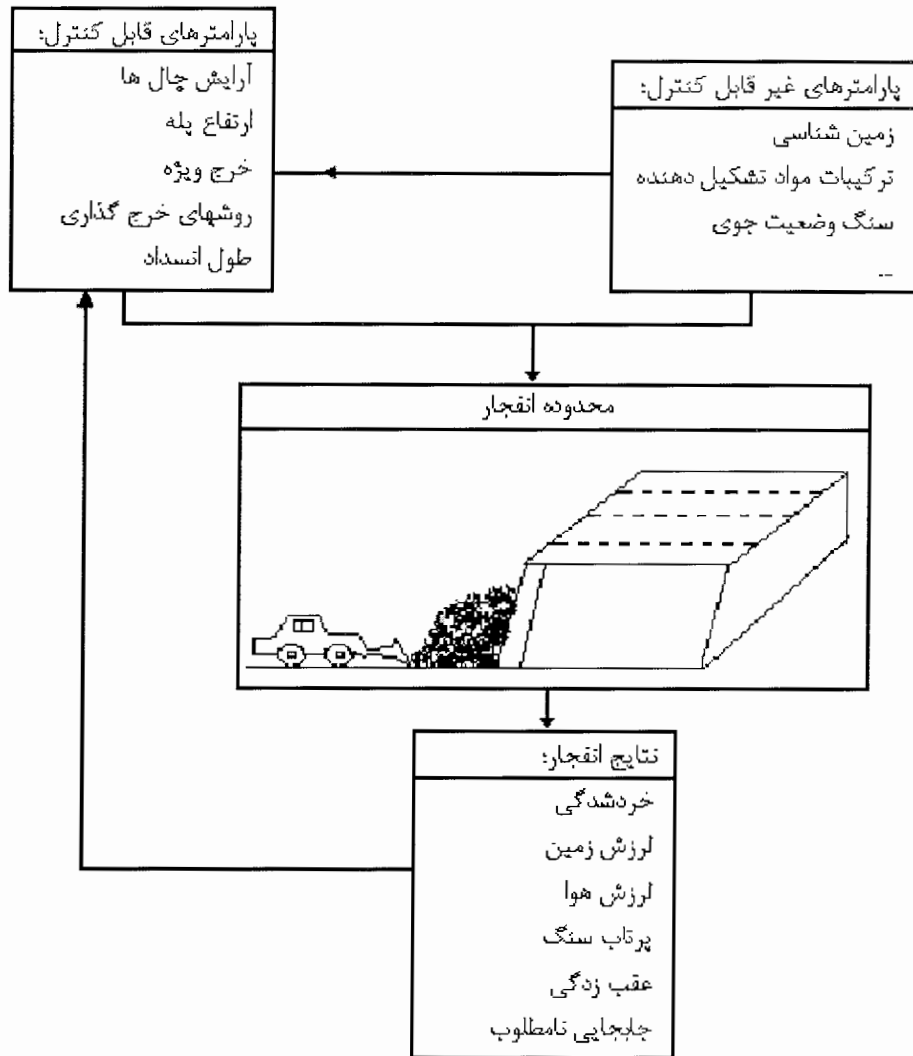
۱- مشخصات ماده منفجره و خصوصیات توده سنگ

در صورت عدم شناخت صحیح از خصوصیات توده سنگ و همچنین انتخاب نادرست مواد منفجره متناسب با شرایط، انفجار حاصل پیامدهای نامناسبی از جمله تولید گرد و غبار، پرتاب سنگ، لرزش بیش از حد زمین، لرزش هوا و ایجاد سر و صدای زیاد به دنبال خواهد داشت.

۲- مشخصات هندسی چال ها و خصوصیات توده سنگ

در صورت عدم طراحی مناسب مشخصات هندسی چال ها و همچنین انتخاب نادرست مواد منفجره متناسب، عوارضی همچون خسارات وارد بر دیواره، اختلاط ماده معدنی و باطله، انفجار بی موقع چال، دزد کردن چال ها، تولید قطعات درشت و ایجاد پاشنه در ته چال را به همراه خواهد داشت.

هرگاه پارامترهای ذکر شده فوق به طور مناسب و صحیح انتخاب شوند در آن صورت نتایج حاصل از انفجار مطلوب بوده و مواردی همچون بهینه شده میزان خردشدگی، بهینه شده مقدار جابجایی، بهینه شده میزان تولید و کم کردن میزان هزینه تولید را به همراه خواهد داشت.



شکل ۱-۳ - فاکتورهای ورودی و خروجی یک طرح انفجار (بخشده، ۱۳۷۷)

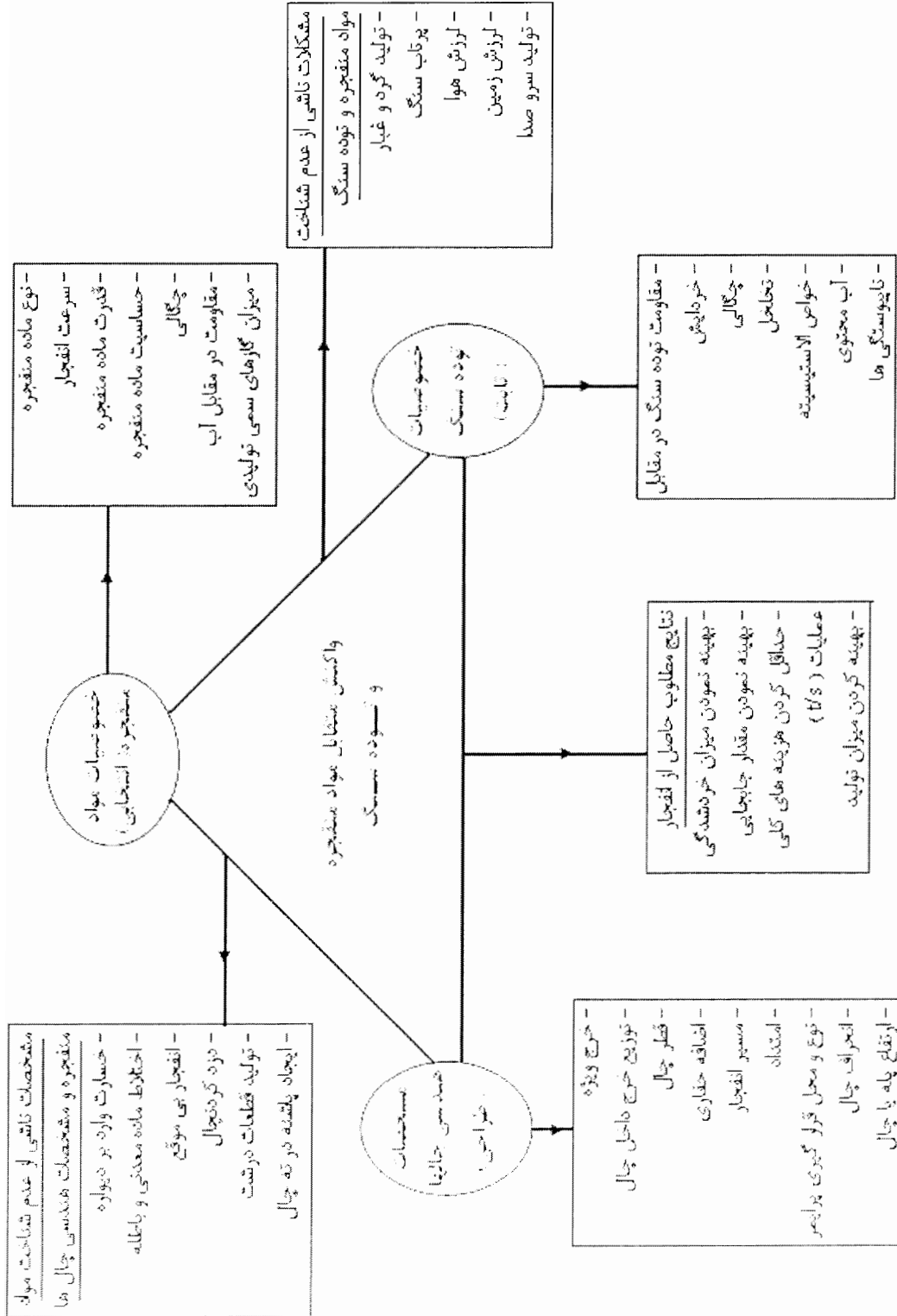
۵-۱ - تاثیر خرد شدگی بر مراحل مختلف عملیات معدنکاری

در هر پروژه معدنکاری، چالزنی و انفجار اولین مرحله اساسی از عملیات است. همان طور که در شکل (۱-۵) ملاحظه می شود آن می تواند بر نتایج عملیاتی بعدی چه در تولید و چه در هزینه های تاثیر گذارد. بنابراین نتیجه آتشکاری را که همان خردشدگی و تورم سنگ می باشد، باید به صورت کلی مورد مطالعه و بررسی قرار داد و تاثیر آن را بر سایر مراحل عملیات معدنکاری بررسی کرد.

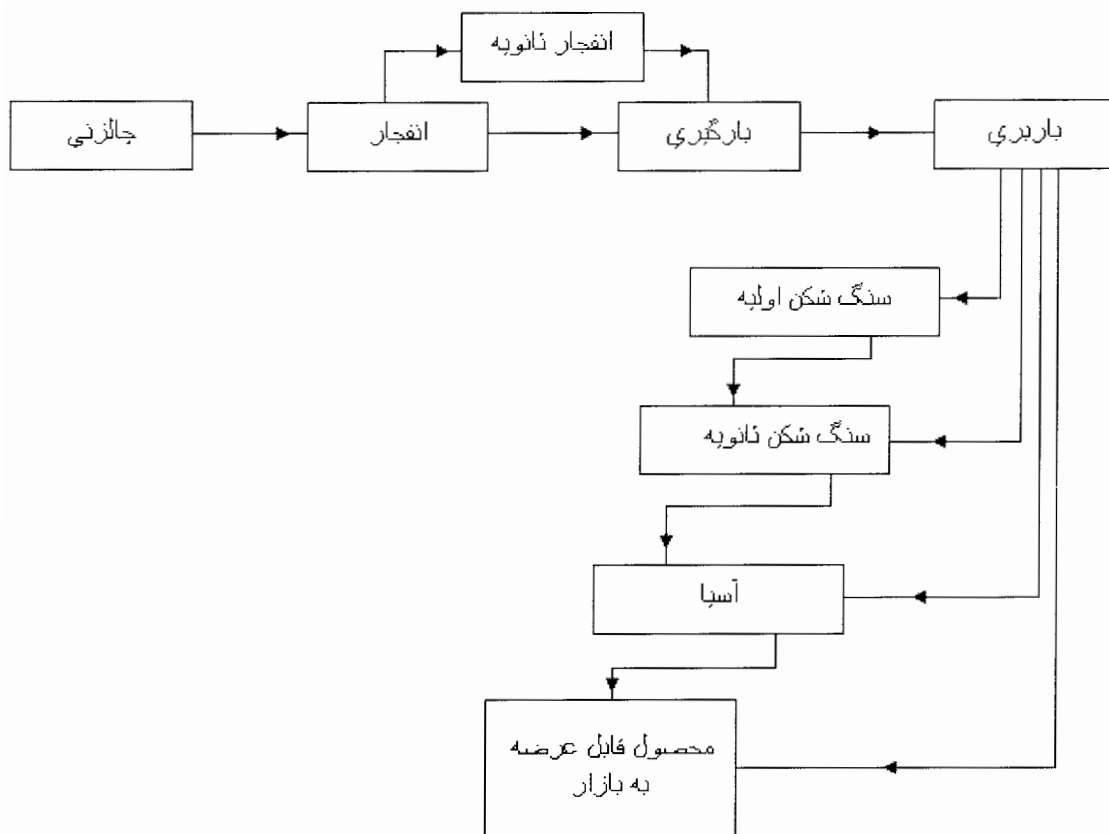
با توجه به نمودار سیکل معدنکاری، انفجار اولین و کم هزینه ترین مرحله از خردشدگی است به طوری که با انجام صحیح عملیات انفجاری و دستیابی به خردشدگی مناسب، می توان قابلیت خردشدگی ماده معدنی را به ۵٪ الی ۱۰٪ افزایش داد که در این صورت باعث صرفه جویی انرژی تا میزان ۱۰٪ خواهد شد. در شکل های (۱-۶) و (۱-۷) هزینه های تولید برای سه حالت انفجاری معمولی، اصلاح شده با کاهش نسبت $\frac{B}{S}$ و اصلاح شده با افزایش طول خرج نمایش داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود با کاهش

۰.۲۵ در نسبت $\frac{B}{S}$ ، هزینه کلی تولید تا ۰.۷ و در حالت افزایش طول خرج تا ۰.۲۵، هزینه کلی تولید تا ۰.۱۰

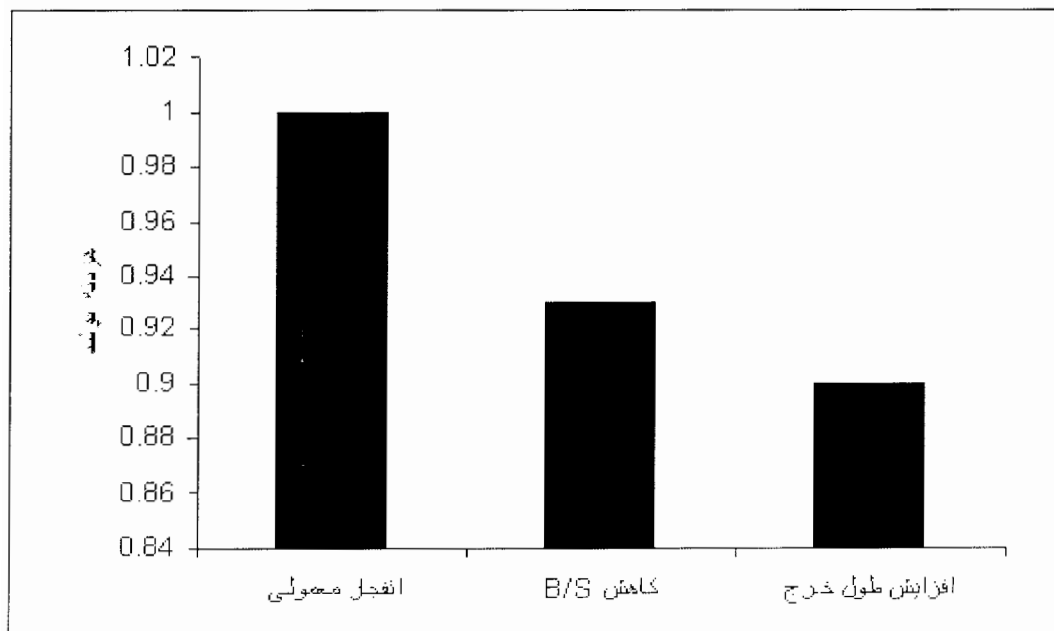
کاهش می یابد. در حالت انفجاری معمولی هزینه کلی تولید معدن به عنوان واحد در نظر گرفته شده است.



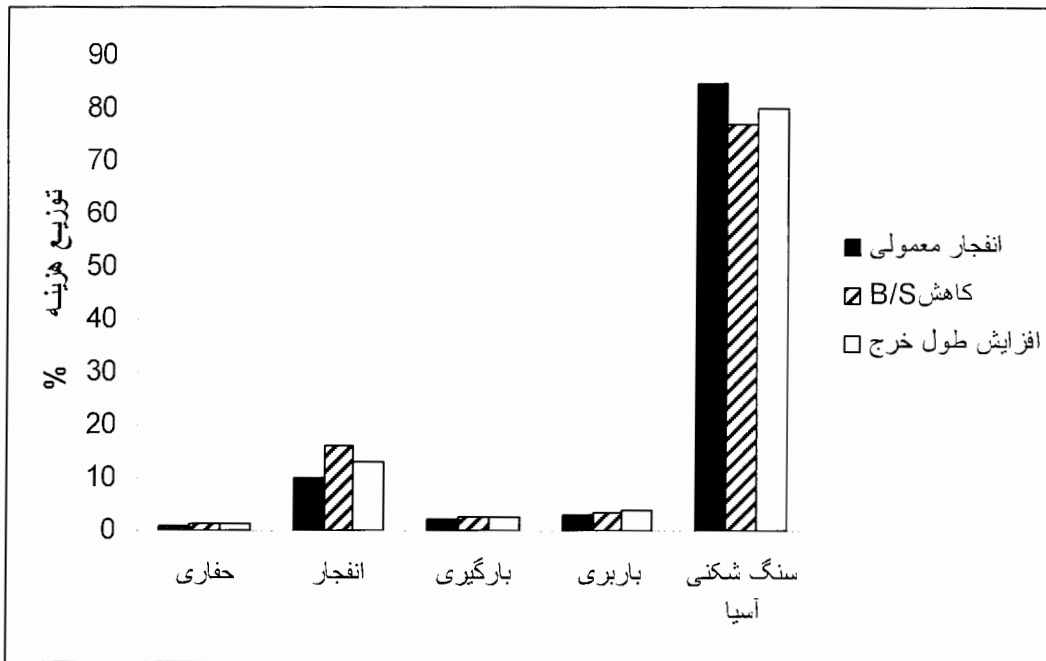
شکل ۱-۳ - پارامترهای مؤثر در بک انفجار (بمشخصه ۱۳۷۷)



شکل ۱-۵- سیکل عملیات معدنکاری ماده معدنی (C.L.Jimino, ۱۹۹۵)



شکل ۱-۶ - مقایسه هزینه خردشوندگی در سه حالت انفجار (بخشنامه، ۱۳۷۷)



شکل ۱-۷ - مقایسه هزینه تولید از چالزنی تا آسیا برای سه حالت انفجار (بخشنده، ۱۳۷۷)

در جدول (۱-۱) نوع انرژی مصرفی و هزینه آن در مراحل معدنکاری مربوط به یک معدن روباز با نسبت باطله برداری ۲ درج شده است. ملاحظه می شود مراحل خردشدگی، سنگ شکنی و آسیاها بیشترین مقدار هزینه را به خود اختصاص داده اند. لذا خردشدگی حاصل از انفجار در سایر مراحل عملیات معدنکاری تأثیر بسزایی دارد. بنابراین هر چه در این مراحل در مصرف انرژی صرفه جویی شود، نتایج قابل توجهی در کاهش هزینه های کلی معدن به دنبال خواهد داشت.

جدول ۱-۱ - نوع انرژی مصرفی و هزینه آن در مراحل معدنکاری (بخشنده، ۱۳۷۷)

مراحل تولید	نوع انرژی	واحد	میزان مصرف	\$/ton
چالزنی	الکتریکی	Kwh/st	۰/۰۴-۰/۴۳	۰/۰۲۷-۰/۰۲۵
انفجار	شیمیایی (انفو)	Kg/st	۰/۱۵-۱/۵	۰/۰۰۶-۰/۰۶
بارگیری	الکتریکی	Kwh/st	۰/۱۵-۱/۲	۰/۰۰۹-۰/۰۷۶
باربری	دیزلی	L/st	۰/۱۶-۰/۲۱	۰/۰۳۴-۰/۰۴۴
	الکتریکی	Kwh/st	۰/۳۲-۰/۴۵	۰/۰۲-۰/۰۲۸
سنگ شکنی و آسیا	الکتریکی	Kwh/st	۱۲/۸۹-۳۳/۳	۰/۸۱۲-۲/۰۹۸

۱-۶ - خردشدگی بهینه حاصل از انفجار

برای طراحی یک عملیات انفجاری که منجر به خردشدگی بهینه خواهد شد، لازم است که توزیع خردشدگی به عنوان اولین عنصر در فرآیند کاهش ابعاد قطعات سنگ بررسی شود. معمولاً در یک سیکل معدنکاری، محصولات حاصل از انفجار بعد از عملیات بارگیری و باربری به عنوان خوراک به سنگ شکن اولیه و به دنبال آن یک سنگ شکن ثانویه و یا بعدی وارد می شود. از نقطه نظر سیکل عملیات خردایش، خردایش حاصل از

انفجار به گونه ای است که عملکرد سیکل مربوطه ماکزیمم بوده و مصرف نیرو حداقل باشد، اما برای برخی از مواد معدنی، توزیع بهینه خردشدگی، ماکزیمم عملکرد سیکل خردایش نبوده بلکه ارزش بازار تعیین کننده توزیع ابعاد قطعات خردشده حاصل از انفجار خواهد بود. برای مثال قطعات سنگ آهن خرد شده دانه ریز (کوچکتر از ۶/۳۵ میلی متر) ارزش کمتری نسبت به قطعات سنگ آهن کلوخه ای (دارای ابعاد بین ۳/۷۵ تا ۶/۳۵ میلی متر) دارند. همچنین عملیات انفجار باید به گونه ای انجام گیرد که اثرات منفی جانبی آن حداقل باشد.

برای مثال در هنگام استخراج طلا توسط عملیات معدنکاری، میزان اختلاط ماده معدنی و باطله به عنوان معیار بحرانی تلقی شده و عملیات انفجار باید به گونه ای صورت گیرد که اختلاط ماده معدنی و باطله حداقل باشد. نکته مهم دیگر، خطرات این عملیات و تاثیر آن بر روی پایداری شیب معدن است. به طوری که ممکن است منجر به عدم پایداری شیب معدن و کارگاه استخراجی شده و اثر زیان آوری بر روی بازیابی مواد معدنی داشته باشد. بدین ترتیب از نکات برجسته و قابل توجه در فرآیند خردشدگی، هزینه ها می باشند. به طور نمونه، هزینه های تقریبی معدن طلا در زیر نشان داده شده است:

چالزنی و انفجار 0.3 – 0.4 \$/ton

بارگیری و باربری 0.4 – 0.5 \$/ton

سنگ شکن (اولیه، ثانویه، SAG و آسیا گلوله ای) 6 – 8 \$/ton

از این رو در یک معدن روباز طلا، هزینه خرد کردن سنگ با انفجار (چالزنی + انفجار + بارگیری + باربری) در حدود ۱۰٪ تا ۱۵٪ هزینه خردشدن آن در سیکل عملیات خردایش است. پس یک افزایش قابل توجه در هزینه های عملیات انفجار که منجر به خوراک مناسب و بهینه به واحد سنگ شکنی می شود به راحتی با افزایش نسبتاً کم در خط تولید سنگ شکن توجیه پذیر می باشد.

۱-۷- انتخاب طرح بهینه عملیات انفجار

هدف اصلی انفجار، انجام عملیات در حداقل هزینه و در عین حال انجام آن توسط روشهای خاص و به صورت ایمن می باشد. از طرفی پارامترهای طراحی عملیات انفجاری با بعضی قواعد که از طریق تجربه بدست آمده و از طرف آزمون و خطا تنظیم می شوند.

پارامترهای اصلی و اساسی در یک عملیات انفجاری، قطر چال، فاصله چالها از اولین سطح آزاد^۱، فواصل چالها در یک ردیف^۲، ارتفاع پله یا چال، انسداد^۳، خصوصیات مواد منفجره و توده سنگ و زمین شناسی منطقه است.

فواصل بین ردیف ها در حدود ۲۵ تا ۳۵ برابر قطر چال انفجاری متغیر است. فواصل چالها در یک ردیف بین ۱ تا ۲ برابر فواصل ردیفها از هم یا همان فواصل ردیف ها از اولین سطح آزاد (۲۵ تا ۸۰ برابر قطر چال انفجاری) و انسداد در حدود ۲۰ تا ۳۰ برابر قطر چال انفجاری می باشد.

انتخاب مواد منفجره از شرایط زمین شناسی منطقه متاثر است. برای زمین خشک چگالی مواد منفجره می تواند از ۸۰۰ تا ۱۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر باشد. در زمین مرطوب چگالی مواد منفجره از ۱۱۰۰

1 - Burden

2 - Spacing

3 - Stemming

تا ۱۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر است که بر حسب نیاز ماده منفجره مورد نیاز و متناسب با شرایط منطقه انتخاب می شود.

با فرض اینکه اطلاعات و داده ها درباره توزیع ابعاد قطعات بهینه در دسترس مهندس معدن قرار داشته باشد، این امکان وجود دارد که طراحی انفجار به صورتی بهینه شود که توزیع ابعادی نزدیک به توزیع خواسته شده را نتیجه بدهد. بر این اساس با استفاده از پارامترهای طراحی انفجار و روابط داخلی آنها که در قالب یک عملیات انفجاری می گنجد، منحنی ابعاد مدل شده بدست می آید. از طرفی انتخاب طرح انفجار بر اساس مدل انتخاب شده به صورت مینیمم اختلاف بین منحنی توزیع ابعاد قطعات خواسته شده و توزیع ابعاد مدل شده تعیین می شود.

فصل دوّم

مدلهای تجربی و تحلیلی پیش بینی
ابعاد قطعات خرد شده حاصل از
انفجار

فصل دوم : روشهای تجربی و تحلیلی جهت پیش بینی خرد شدگی

۱-۲-مقدمه

طی دو دهه اخیر تمایل زیادی برای مدلسازی خرد شدن سنگ با استفاده از روشهای تجربی وجود داشته است. کازنتسوف^۱ رابطه ای تجربی و ساده را برای پیش بینی بعد متوسط سنگ خرد شده ارائه کرد که طیف وسیعی از سنگها و مواد منفجره را در بر می گرفت. علیرغم آنکه در رابطه وی صرفاً انرژی ورودی برای حجم معینی از سنگ و عاملی برای بیان سختی و تراکم آن وارد شده بود، اما دقت قابل توجهی برای سنگهای توده ای از خود نشان می داد. کوینگهام^۲ متوسط بعد در رابطه کازنتسوف را به توزیع مدل ریاضی رزین - راملر مرتبط کرد. در این رابطه توزیع خرد شدگی سنگ به صورت تابعی از پارامترهای طراحی انفجار، سختی سنگ و فراوانی درزه ها و جهت آنها بیان شده است. همچنین مطالعاتی در مقیاس کوچک برای مرتبط ساختن میزان خرد شدن سنگ با خواص آن و مواد منفجره صورت گرفت که از آن جمله می توان مطالعات انجام شده توسط اوترنس^۳، برگامان^۴ و دیگران را نام برد. در این مطالعات تاثیر پارامترهایی نظیر چگالی ماده منفجره، سرعت انفجار، سرعت امواج در سنگ، ضریب جفت شدگی ماده منفجره در چال و چگالی سنگ بر میزان خرد شدگی آن بیان شده است (دهقان بنادکی، ۱۳۸۰).

روش های تعیین توزیع و متوسط ابعاد قطعات، بر طبق ارتباط بین اندازه گیری و آزمایش به دو گروه روش های مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می شوند (شکل ۱-۲). تجزیه سرنندی قطعات خرد شده تنها تکنیک روش های مستقیم بوده و در میان سایر روش های دقیق ترین و قابل اعتماد ترین روش می باشد. در این روش باید هزینه و زمان بسیار زیادی صرف کرد تا منحنی توزیع دانه بندی را بدست آورد. این روش به صورت جزئی و در بعضی از انفجارهای آزمایشی با حجم کم قابل کاربرد است. در عملیات معدنکاری معمولاً از روشهای مختلفی از جمله روش مشاهده ای^۵، روش عکس برداری^۶، روش فتوگرامتری^۷ و یا عکاسی سریع^۸ استفاده می شود.

1 - Kuznetsov

2 - Cuningham

3 - Otterness

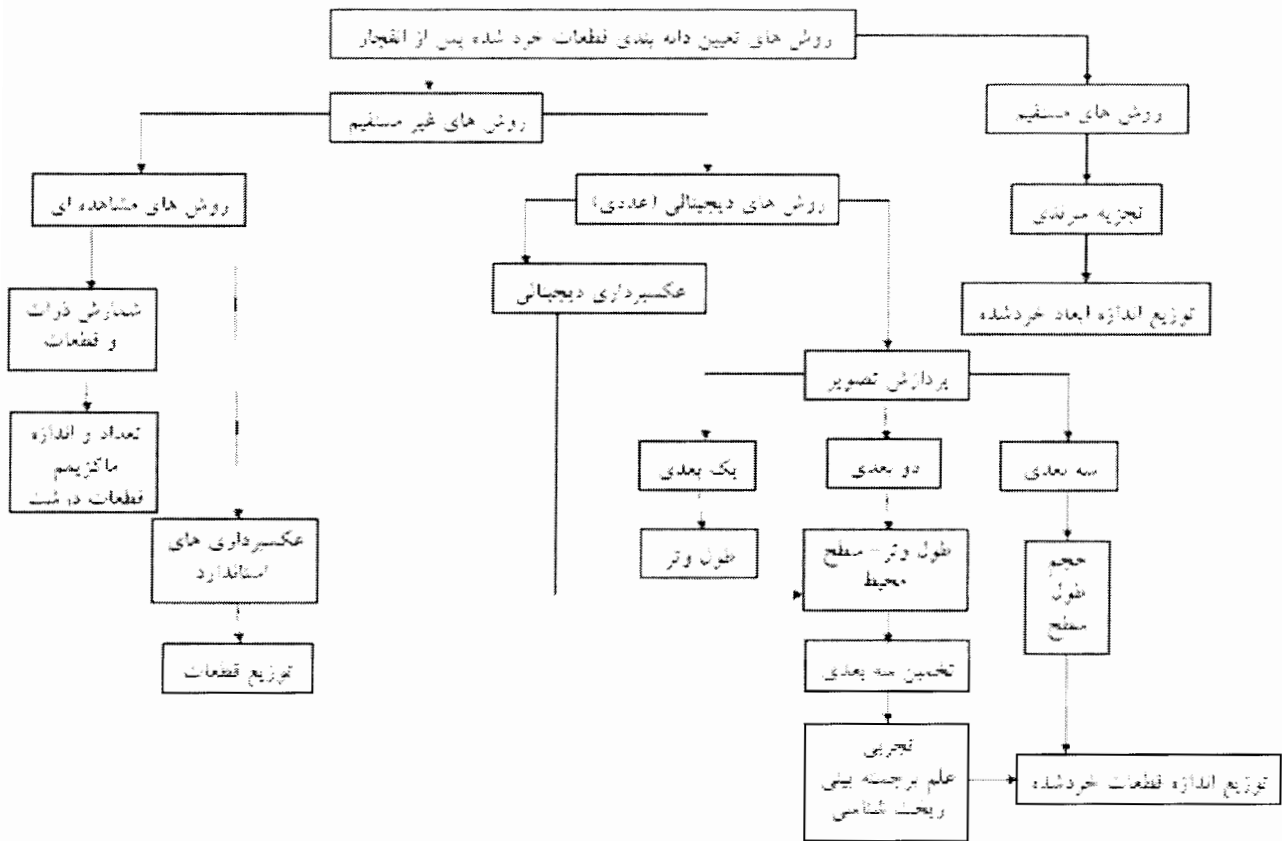
4 - Bergamann

5 - Visual analysis

6 - photographic method

7 - photogrammetry method

8 - high- speed photography



شکل ۲-۱- تقسیم بندی کلی روش های پیش بینی خردایش (حکمت، ۱۳۸۲)

۲-۲- روش دیداری کیفی یا مشاهده ای^۱

این روش یکی از ساده ترین و ارزان ترین روشهای برآورد خرد شدگی سنگ پس از انفجار می باشد. در مواقعی که به علت مشکلات سخت افزاری و نرم افزاری، امکان استفاده از روشهای عکاسی، فتوگرامتری و سایر روشهای دیگر در یک معدن وجود نداشته باشد؛ از روش مشاهده ای استفاده می شود که در این روش شخص ارزیاب، سطح پس از آتشکاری را به صورت چشمی مورد برداشت قرار داده و برای هر محدوده از ابعاد قطعات یک عدد به صورت درصد بیان می کند. این عمل به صورت پی در پی در طول عملیات بارگیری و با ظاهر شدن سطح جدید در راستای طول جبهه کار به فاصله هر ۵ متر انجام شده است و در نهایت پس از اتمام عملیات بارگیری با توجه به طولی که به ارزیابی اختصاص داده شده، خرد شدگی کلی بدست می آید.

این روش نسبت به سایر روشها دارای مزایای زیر است:

۱- با توجه به اینکه شخص متصدی نمای سه بعدی قطعات را می بیند خطای همپوشانی قطعات که در روش عکاسی وجود دارد حذف می شود.

۲- این روش در تمام شرایط آب و هوایی و وجود گرد و غبار قابل استفاده است.

۳- در این روش کل سطح به صورت یک جا ارزیابی می شود در حالی که در روشهای عکاسی فقط سطح کوچکی (حدود یک متر مربع) را باید به عنوان نمونه انتخاب کرد (عطایی، ۱۳۸۴).
با توجه به همه موارد ذکر شده در مورد این روش، کاربرد آن چندان با ارزش و دقیق نیست چرا که پراکندگی دقیقی از اندازه ها ارائه نمی دهد و اغلب گزارش مکتوبی بر روی نتایج وجود ندارد. در مجموع این تکنیک تنها برای بررسی اولیه نتایج حاصل از انفجار در زمان کوتاهی پس از انفجار مفید است چرا که متخصصین می توانند در مراحل و زمانهای بعدی مطالعات کامل تری بر روی نتایج حاصل از انفجار داشته باشند (C.L.JIMINO، ۱۹۹۵).

۳-۲- روش عکاسی^۱

این تکنیک به روشهای متفاوتی در آنالیزهای گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است و توسط پژوهشگرانی همچون نورن^۲ و پورتر^۳ (۱۹۷۴) و رید^۴ (۱۹۷۶) تشریح شده است.
نورن و پورتر از عکس های گرفته شده از توده سنگ پس از انفجار استفاده کردند. آنها با انتخاب تصادفی ۱۵ درصد کل عکس های گرفته شده و با کمک یک شبکه فرضی^۵ که برای با توجه به خردایش مورد نظر طراحی شده است، آنالیز دانه بندی و شمارش تعداد قطعات را انجام دادند. نتایج این روش در ۵ انفجار با شرایط مشابه، خطائی حدود ۹/۶ درصد در اندازه خردشدگی نشان می داد. یکی از مهمترین دلایل خطا، تعمیم دادن نتایج حاصل از عکسهای گرفته شده از سطح توده، به کل آن توده است (۱۹۹۵، C.L.JIMINO).

رید (۱۹۷۶)، یک سری از عکسهای گرفته شده در زمان های مختلف بارگیری را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد (شکل ۲-۲).

این سیستم بسیار مفید است و سندی تصویری برای تجزیه و تحلیل و مقایسه دوره های متفاوت در اختیار قرار می دهد. از معایب روش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- اتلاف وقت به هنگام آماده سازی و مطالعه
- محدودیت روش در اندازه گیری ذرات کوچک سنگ

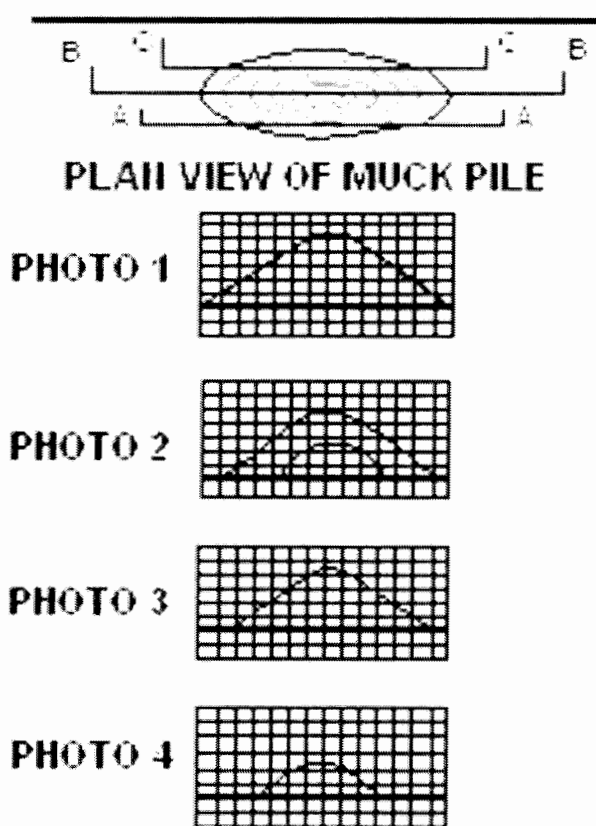
1 -Photographic method

2 -Noren

3 -Porter

4 -Reid

5 -Super imposed grid



شکل ۲-۲- روش شبکه ای ارزیابی خردایش در آزمایشگاه (JIMINO، ۱۹۹۵)

۲-۴- روش فتوگرافی

روش فتوگرافی اجازه تصمیم گیری بیشتری نسبت به روشهای متداول عکاسی می دهد. با توجه به این که سرمایه گذاری اولیه برای تجهیزات و لوازم نسبتاً بالاست، این روش تنها به عنوان مکمل در عملیات کاربردی اصلی مثل کنترل توپوگرافی مقاطع و توده سنگ، مطالعات زمین شناسی و ... به کار گرفته می شود. از مزایای روش فتوگرامتری امکان مطالعه سه بعدی توده سنگ است. همچنین با این روش می توان اندازه ذرات، حجم و تورم سنگ پس از انفجار را بدست آورد. به جز هزینه های بالا، یکی دیگر از معایب این روش نیاز به افراد متخصص و واجد شرایط برای به کارگیری آن می باشد (JIMINO، ۱۹۹۵).

۲-۵ - عکسبرداری با سرعت بالا

عکسبرداری با سرعت بالا برای ارزیابی، طراحی و مهمتر از همه کنترل انفجارها، در حد وسیعی توسط Blair (۱۹۶۰)، Chung و دیگران (۱۹۷۵)، winzer و دیگران (۱۹۷۹)، Chiapaha (۸۳-۱۹۸۰) و Baure (۱۹۸۲) مورد بحث قرار گرفت. این روش، تنها در طول چند سال اخیر به عنوان روشی برای ارزیابی خردایش و شکست به حساب می آید. مشکل اصلی در مورد این شیوه این است که گرد و غبار حاصل از انفجار، قدرت دید را برای تشخیص میزان شکستگی و جابجایی سنگهای خرد شده کاهش می دهد. اطلاعات حاصل از بررسی عکسبرداری با سرعت بالا از لحاظ کمی و کیفی قابل بررسی بوده که عبارتند از: به لحاظ کیفی:

-جابجایی اولیه سنگ

-تعیین میزان گل گذاری

-مسیر جابجایی روباره

به لحاظ کمی:

- زمان بدون استفاده ماندن وسایل انفجار

- تعیین زمان و راندمان گاز تولیدی

- شتاب، جهت و سرعت خرد شدگی

- سرعت پرتاب کردن مواد پر کننده چال

- نمای کلی و جابجایی روباره

مطالعه بر روی اطلاعات بدست آمده و سایر اطلاعات موجود، در شناسایی بیشتر پارامترهای مهم در زمینه انفجار به ما کمک بسیاری می نماید که از جمله این پارامترها عبارتند از (JIMINO، ۱۹۹۵):

- وجود چالهای منفجر نشده و علت های آن

- ماده منفجره ناسالم (نادرست)

- تاثیر اضافه چالزنی، وجود آب و گل گذاری

- تعیین مناسبترین رشته بندی (ردیف)

- جهت پرتاب کلی روباره

- علت ایجاد سنگهای بزرگتر از حد معمول در سینه کار

- میزان جابجایی روباره

- بدست آوردن پروفیل هندسی از روباره

۲-۶- بررسی قابلیت تولید تجهیزات بارگیری^۱

این روش بر این اصل استوار است که نرخ کندن^۲ در هنگام بارگیری، با درشتی قطعات موجود در توده سنگ نسبت عکس و با تورم توده نسبت مستقیم دارد. وجود قطعات بزرگ در توده، کاهش تورم و نامناسب بودن پای پله، باعث کاهش قابلیت تولید تجهیزات بارگیری می شود.

چنانچه این روش به دقت انجام گیرد، می توان ارزیابی صحیحی از خردایش انجام داد. در این ارزیابی لازم است زمان های تلف شده از جمله زمان انتظار شاول در پای کامیون، سرویس مکانیکی، جابجایی شاول و یا تمیز کردن پای پله نیز در نظر گرفته شود. برای کاهش خطای تخمین نیز باید از یک سری تجهیزات اپراتورهای ثابت استفاده کرد (حکمت، ۱۳۸۲).

۲-۷- شمارش قطعات درشت

در عملیات انفجاری، هر قطعه سنگی که نتواند توسط تجهیزات معدنی حمل شود به عنوان قطعات فرا اندازه^۳ تلقی می شود. برای قطعات فرا اندازه، اندازه مشخصی وجود ندارد و بسته به نوع عملیات، حد خاصی برای آنها در نظر گرفته می شود. قطعات بزرگ باید مجدداً شکسته شوند که این امر خود هزینه بالایی را

1 -Studies of loading equipment productivity

2 -Digging rate

3 -Oversize

تحمل می کند. به این ترتیب لازم است عملیات انفجار به گونه ای انجام شود که مقدار این قطعات در توده به حداقل برسد. بررسی تعداد قطعات فرا اندازه امکان ارزیابی خردایش را فراهم می آورد (حکمت، ۱۳۸۲).

۲-۸- بررسی عملیات سنگ شکن

بازدهی هر سنگ شکن به میزان درشتی خوراک آن بستگی دارد. زمان و انرژی مصرف شده به ازای هر تن محصول، می تواند به عنوان یک اندیس خردایش، در ارزیابی خردایش انفجاری به کار گرفته شود (حکمت، ۱۳۸۲).

۲-۹- آنالیز به روش سرندي

رایج ترین، قدیمی ترین و آسان ترین روش های اندازه گیری آنالیز میزان خردایش و تعیین ابعاد دانه بندی سنگ استفاده از سرندها می باشد که در آن از چند سرنده با میزان تفکیک متفاوت استفاده می شود. مواد جامد شامل دانه هائی با ابعاد مختلف، در حین حرکت بر روی این سطح به دو بخش تقسیم می شوند. بخشی از دانه ها که دارای ابعاد کوچکتر از چشمه های سرنده هستند از سرنده عبور کرده و بخشی از دانه ها که دارای ابعادی بزرگتر از چشمه های سرنده هستند بر روی آن باقی می مانند. از آنجایی که از هر توده تنها بخش کوچکی به عنوان نمونه گرفته می شود، باید در انتخاب محل مناسب جهت گرفتن نمونه دقت زیادی کرد.

بدین ترتیب برای هر یک از بخشهای بدست آمده می توان ابعاد متوسطی را در نظر گرفت که میانگین دهانه سرنده هائی است که آن بخش از یکی از آنها عبور کرده است و بر روی دیگری باقیمانده است. طریقه کار نیز بدین صورت می باشد که چندین سرنده با اندازه چشمه متفاوت به صورت طبقه ای و یا ردیفی در کنار یکدیگر قرار می گیرند. سپس مقداری مشخص از قطعات خرد شده را بر روی سرنده ابتدایی ریخته و میزان بار باقی مانده بر روی سرنده را اندازه گیری کرده و مابقی به عنوان بار خروجی در نظر گرفته می شود. بعد از آن بار خروجی سرنده اول بعنوان بار ورودی سرنده بعدی محسوب شده و به همان طریقه اول میزان خروجی و درصد آن را مشخص می کنند. این کار را بر حسب تعداد سرنده مورد نیاز انجام می دهند و در آخر از مجموع نتایج بدست آمده میزان خردایش انجام شده را بررسی و محاسبه می نمایند.

سرندهایی که در انجام این گونه آنالیزها از آنها استفاده می شود با توجه به وسعت کار مورد نظر به دو بخش صنعتی و آزمایشگاهی تقسیم می شوند و بخش صنعتی نیز دو نوع صنعتی و نیمه صنعتی را در بر می گیرد. از آنجایی که اکثر این نوع فعالیتها با بخش آزمایشگاهی و تحقیقات هر معدن و یا موسسه ای مرتبط است، بیشتر از سرندهای آزمایشگاهی و یا در حجم کمی بیشتر، نیمه صنعتی استفاده می شود. در بعضی موارد خاص که حجم عملیات بررسی بسیار بالا باشد از سرندهای نوع صنعتی که دارای ابعاد بزرگتر و با ظرفیت بیشتری نسبت به سرندهای نیمه صنعتی هستند استفاده می شود. باید متذکر شد که کاربرد سرندها در صنعت به طور رایج در حد بزرگتر از ۶ میلیمتر است، هر چند که در موارد استثنائی ممکن است به حدود ۲۵۰ میکرون نیز برسد و در مقیاس آزمایشگاهی به دانه هائی بزرگتر از ۴۰ میکرون محدود است.

البته در اینجا باید به این نکته نیز اشاره کرد که تمامی قطعات خرد شده با فرض دانه بندی منظم در نظر گرفته می شود و تعیین ابعاد دقیق یک دانه نامنظم مقدور نیست زیرا در مورد این گونه دانه ها واژه های طول، عرض، ضخامت یا قطر مفهوم چندانی ندارد زیرا در جهت مختلف مقادیر مختلفی بدست می آید. در مورد دانه های نامنظم که تمامی قطعات خرد شده را در بر می گیرد، روش مناسب، بیان ابعاد آنها با کمیته

واحد است. برای این منظور اصطلاحی که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد، قطر معادل است. قطر معادل بیانگر قطر دانه ای کروی شکل است که در عملیات مشخصی مشابه دانه مورد نظر رفتار می کند. البته لازم به ذکر است که ابعاد چشمه های سرند را بر اساس میزان خردایشی که مورد نظر بوده انتخاب می کنند تا با توجه به اندازه خردایش موجود و میزان خردایش مورد نظر به اصلاح نحوه انفجار پرداخته شود.

۲-۹-۱- مکانیزم سرند کردن

حرکت مواد جامد بر روی سرند، شباهت به جریان یک سیال دارد. در حین حرکت، دانه های جامد تشکیل لایه بندی خاصی را می دهند. دانه های درشتتر در قسمت فوقانی حرکت می کنند و دانه های ریز تر با عبور از بین دانه های درشتتر به قسمت تحتانی منتقل می شوند و در تماس با سطح سرند قرار می گیرند. بدیهی است که ضخامت مواد روی سرند در ابتدای سرند (بخش بازدهی) بیش از حد فوق خواهد بود و هر چه نسبت بیشتری از بار ورودی را مواد دانه ریز تشکیل داده باشد، این ضخامت در ابتدای سرند بیشتر است. احتمال عبور کردن دانه از سرند از حاصلضرب تعداد دفعاتی است که آن دانه به سطح سرند برخورد می کند در احتمال عبور آن در یک بار برخورد با سرند بدست می آید.

تعداد دفعات برخورد یک دانه با سرند علاوه بر سرعت بار ورودی، به میزان نوسانات سرند نیز بستگی دارد. به همین دلیل برای افزایش بازدهی سرند، از انواع نوسان کننده آن استفاده می شود. بدین ترتیب احتمال کور شدن چشمه های سرند نیز به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. با این وجود این نوسانات خیلی ممکن است باعث کاهش بازدهی شوند زیرا ممکن است دانه توسط سیمهای سرند به فواصل دور پرتاب می شوند که باعث کاهش تعداد دفعات برخورد آنها با سطح سرند خواهد شد. در صورت استفاده از انواع سرند های ارتعاشی، برای جلوگیری از مشکل یاد شده، معمولاً با افزایش نوسانات، دبی بار ورودی را نیز افزایش می دهند. در هنگام رسیدن یک دانه به سطح سرند، پارامترهای زیادی بر احتمال عبور آن تاثیر می گذارند. از عوامل مهم، زاویه برخورد دانه و جهت قرار گرفتن آن (برای دانه های با ابعاد متفاوت در جهات مختلف) نسبت به سطح سرند است. هر چه زاویه برخورد به قائم نزدیک تر باشد، احتمال عبور آن دانه بیشتر است. از طرف دیگر، احتمال یک دانه متناسب با درصد دهانه سرند است و هرچه درصد دهانه سرند بیشتر باشد، احتمال عبور دانه از آن بیشتر است (نعمت اللهی، ۱۳۷۷).

۲-۹-۲- انواع سطوح سرند

انتخاب نوع سطح سرند به مشخصات بار ورودی اولیه، حد جدایش و کیفیت مورد نظر در عملیات سرند کردن بستگی دارد. برای کارهای سنگین و با قطعات درشت، سطح سرند از میله های آهنی و یا فولادی و یا ریل های آهنی که به موازات یکدیگر و با فاصله مشخصی قرار گرفته اند، تشکیل شده است. این سرند ها به عنوان سرند های اولیه از آنها استفاده می شود. از انواع متداول دیگر سرند ها، سرند های بافته شده از سیمهای فولادی^۱، فولاد مخصوص، مس و یا برنز است که نوع بافت در انواع این سطوح سرنندی متفاوت است. البته نوع الیاف های غیر فلزی آن نیز ساخته شده است که رایج ترین الیاف مورد استفاده، الیاف لاستیکی از

جنس پلی اورتان^۱ است. سرندهای مورد نظر بر حسب اندازه چشمه های آن و موارد نیاز در قسمت های مختلف از آنها استفاده می شود (نعمت اللهی، ۱۳۷۷).

۲-۹-۳- انواع سرند ها

انواع زیادی از سرند ها در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند که تمامی آنها می توانند در همان ابعاد و یا ابعاد کوچکتر برای روش آنالیز سرندهای مورد استفاده قرار می گیرند. بر حسب کارشان سرند ها به دودسته ساکن و متحرک تقسیم شده اند. در ادامه بطور خیلی مختصر و گذرا به انواع سرند ها اشاره می نمائیم.

۱- سرند های ساکن

این سرندها همانطور که از نامشان مشخص می شود، سرند هایی ساکن و بی حرکت هستند و مواد در اثر شیب مناسب سطح سرند و یا نیروهای کمکی دیگر بر روی سطح سرند جریان می یابند و طبقه بندی می شوند. رایج ترین سرندهای ساکن عبارتند از:

الف - گریزلی^۲

ب - سرند قوسی^۳

ج - سرند هوکی^۴

۲- سرند های متحرک

سرندهایی هستند که سطح سرند خود دارای حرکتی است که باعث توزیع مواد بر روی سرند و طبقه بندی آنها می شود. نوع حرکت و مکانیزم ایجاد آن در سرند های مختلف، متفاوت است. رایج ترین انواع این گونه سرند ها عبارتند از:

الف - سرند گردان^۵

ب- سرند لرزان^۶

ج - سرند نوسانی^۷

د - سرند ژیراتوری^۸

هـ - سرند ارتعاشی^۹

و - سرند رزناسی^{۱۰}

که بر حسب نیاز و امکاناتی که در اختیار هر شرکت و یا معدنی قرار دارد از هر یک از انواع نام برده و سایر مدل های موجود در بازار استفاده می شود.

۲-۹-۴- بررسی نمودار های حاصل از نتایج آنالیز سرندهای

آنالیز سرندهای پس از بررسی و بدست آوردن نتایج به دو صورت نمودار مستقیم و نمودار تجمعی ترسیم و

1 -siven bend

2 -stainless

3 -polyurethane

4 -Iukki

5- trommel screen

6 -shaking screen

7 -reciprocating screen

8- gyratory screen

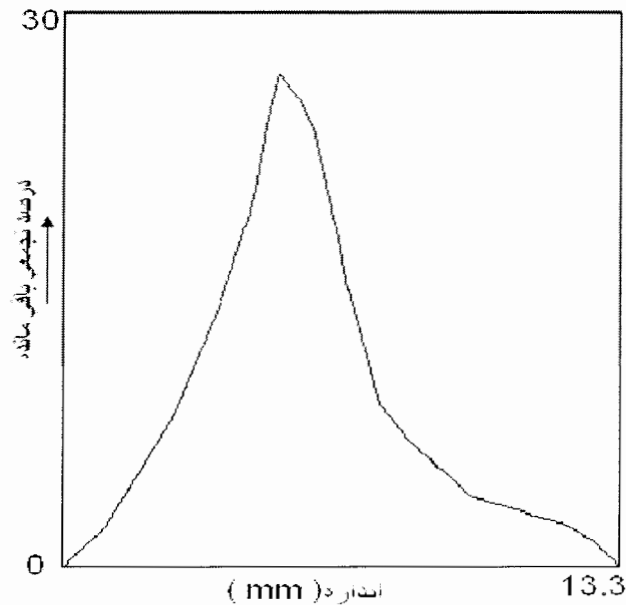
9 -vibrating screen

10-resonance screen

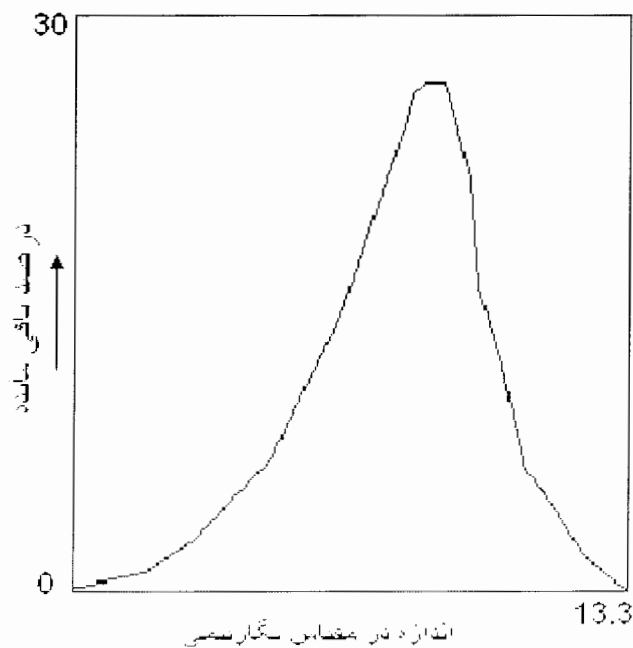
مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند . در زیر نحوه بررسی هر دو نوع نمودار توضیح داده می شود(ویجیندرا، ۱۳۷۸).

نمودار مستقیم

در نتایج نشان دهنده تجزیه دانه بندی نوع مستقیم، محور قائم شکل شده است از درصد وزن کل در اندازه های تقسیم شده متوالی یعنی مقدار مواد باقی مانده در هر سرنده و مقداری که به سرنده بعدی منتقل می شود. محور افقی می تواند فواصل بازسرنده بر حسب mm باشد یا تابع دیگری از اندازه در شکلهای (۲-۳ و ۲-۴) رسم مستقیم تجزیه دانه بندی نشان داده شده است.



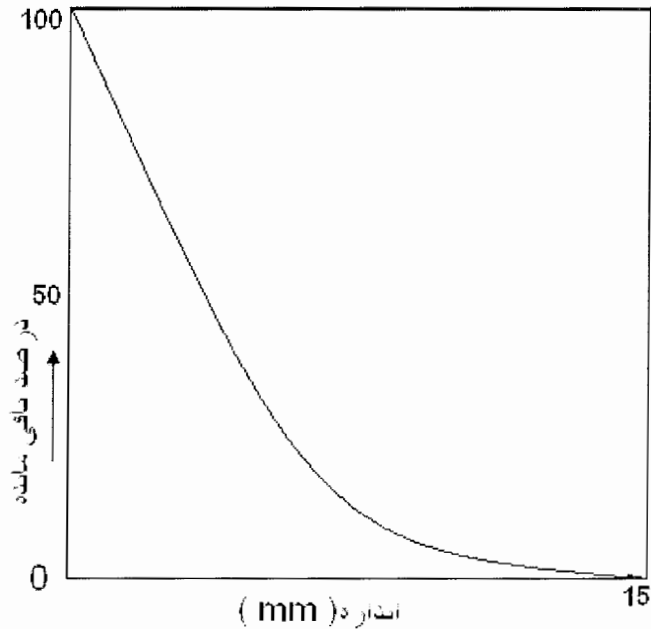
شکل ۲-۳- ترسیم مستقیم آنالیز دانه بندی (ویجیندرا، ۱۳۷۸)



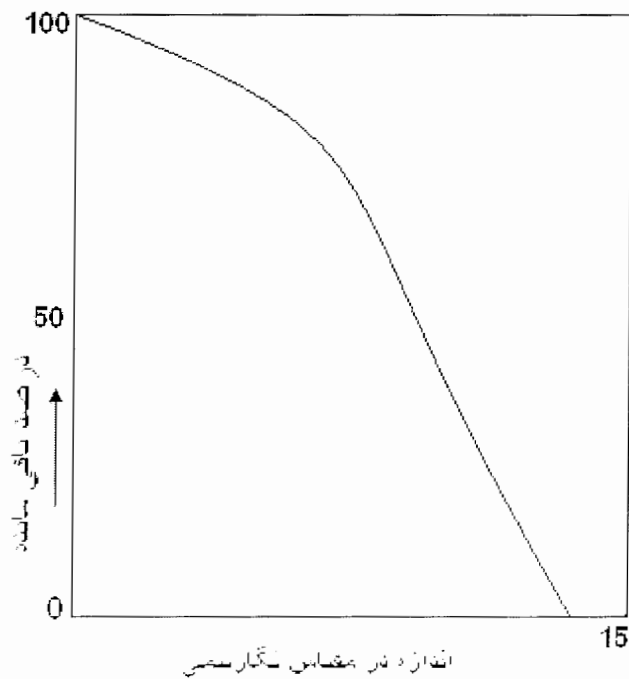
شکل ۲-۴ ترسیم مستقیم در مقیاس لگاریتمی (ویجیندرا، ۱۳۷۸)

نمودار تجمعی

در نمودارهای تجزیه دانه بندی نوع تجمعی، محور قائم نشان دهنده درصد کل مواد دانه درشت نسبت به اندازه مشخصی می باشد. محور افقی می تواند با فواصل چشمه های سرند بر حسب میلی متر و یا تابع دیگری از اندازه باشد (شکل های ۲-۵ و ۲-۶).



شکل ۲-۵- ترسیم تجمعی آنالیز دانه بندی (ویجیندرا، ۱۳۷۸)



شکل ۲-۶- ترسیم تجمعی در مقیاس لگاریتمی (ویجیندرا، ۱۳۷۸)

۲-۱۰- دانه بندی مصالح انفجاری در معدن سر ریز گتوند:

در زیر به یک نمونه از بررسی دانه بندی مصالح انفجاری به روشهای دستی و آنالیز سرنندی در معدن سرریز سد گتوند اشاره می کنیم:

در معدن سرریز سد گتوند چندین انفجار آزمایشی جهت دستیابی به الگوی انفجار مناسب برای تولید خردایش مورد نظر مصالح مورد استفاده در بدنه سد صورت گرفت که بایستی پس از هر انفجار نتایج حاصل از آن بررسی و سپس بر اساس نتایج حاصل شده و میزان خردایش مورد نیاز، الگوی بعدی طراحی شود تا در نهایت به یک الگویی مناسب جهت ایجاد خردایش مورد نیاز دست یابند.

برای بررسی نتایج حاصل از انفجار و بر اساس شرایط موجود، کار دانه بندی مصالح انفجاری در معدن سرریز سد گتوند در دو بخش صحرایی (در محل تراکم آزمایش صحرایی مصالح سد ؛ F.C.T) و آزمایشگاهی، جهت رسیدن به منحنی دانه بندی دقیق، دانه بندی مصالح حاصل از انفجار به روش جدول ۲-۱ انجام پذیرفت.

جدول ۲-۱- نحوه دانه بندی مصالح پس از انفجار

بالای ۱۰۰۰mm	روش دستی	روش سرنند
۷۵۰ mm - ۱۰۰۰mm		
۵۰۰ mm - ۷۵۰Mm		
۴۰۰ mm - ۵۰۰Mm	دستگاه سرنند	
۲۰۰ mm - ۴۰۰Mm		
۱۰۰ mm - ۲۰۰Mm		
زیر ۱۰۰mm	آزمایشگاهی	

با توجه به توافق به عمل آمده با دستگاه نظارت بعد از هر انفجار آزمایشی حدود ۵٪ کل مصالح حاصل از انفجار که بالغ بر ۳۰ کمپرسی می باشد، جهت دانه بندی نمونه برداری می شود. این مصالح توسط لودر و کمپرسی بارگیری شده و به روی صفحه بتنی که در کنار دستگاه سرنند ایجاد شده است ریخته می شوند. برای نمونه برداری دو روش مطرح گردید که در روش اول نمونه ها بصورت راندوم از کمپرسی هایی که کار حمل را بعهده دارند انتخاب می گردند. در روش دوم با انتخاب یک مسیر به عرض ۴ متر در مصالح انفجاری و در سه مرحله (از ابتدا ، میان و انتهای مسیر) و با استفاده از لودر (استفاده از بلدوزر توجیه فنی ندارد زیرا باعث خرد شدن دانه می گردد) نمونه برداری انجام می گیرد. روش دوم به عنوان روش مناسب تر انتخاب شد.

۲-۱۰-۱- تجهیزات مورد نیاز دانه بندی

تجهیزات مورد نیاز برای بررسی نحوه دانه بندی مصالح حاصل از انفجار در جدول ۲-۲ آورده شده است.

۲-۱۰-۲- نیروی انسانی

نیروی انسانی مورد نیاز برای بررسی نحوه دانه بندی مصالح حاصل از انفجار در جدول ۲-۳ آورده شده است.

جدول ۲-۲ - تجهیزات مورد نیاز برای بررسی نحوه دانه بندی مصالح حاصل از انفجار

یک دستگاه	سرنده استاتیکی - دینامیکی
یک دستگاه	باسکول ۶۰ تنی
یک دستگاه	لودر
یک دستگاه	بیل مکانیکی جامدار
یک دستگاه	بیل مکانیکی چنگکی (فکی)
یک دستگاه	کمپرسی
یک دستگاه	خودرو سبک
یک دستگاه	بی سیم

جدول ۳-۲ - نیروی انسانی مورد نیاز برای بررسی نحوه دانه بندی مصالح حاصل از انفجار

۲ نفر	کارشناس
۲ نفر	تکنسین تجربی
۴ نفر	کارگر فنی
۷ نفر	راننده
۳ نفر	اپراتور سرنده
۱ نفر	اپراتور باسکول

۲-۱۰-۳- آزمایش دانه بندی

الف- به روش دستی

پس از اینکه مصالح نمونه برداری شده به روی صفحه بتنی ریخته شد، دانه هایی که اندازه آنها بالای ۱۰۰۰mm ، ۱۰۰۰mm ، ۷۵۰mm تا ۷۵۰mm ، ۵۰۰mm است ، بویسله الکهای دستی چهارگوش اندازه گیری شده و با رنگ اسپری سایز دانه ها روی آنها نوشته می شود و سپس توسط بیل مکانیکی چنگکی جدا می شود و همزمان با نظر مشاور حاضر، شکل دانه های اندازه گیری شده بزرگتر از ۲۰۰mm جهت تعیین وضعیت شکلی مصالح درشت دانه حاصل از انفجار ثبت می شود. بعد از آن هر یک از سایزها را بطور مجزا بارگیری کرده و جهت توزین به روی باسکول فرستاده می شود. بنابراین در پایان این مرحله وزن مصالح مانده روی الکهای ۱۰۰۰mm ، ۷۵۰mm ، ۵۰۰mm بدست خواهد آمد (شکل ۲-۷).

ب- با استفاده از دستگاه سرنده

بخش استاتیکی

در این مرحله از دانه بندی از دستگاه سرنده استاتیکی - دینامیکی استفاده می شود. این دستگاه که از دو بخش استاتیکی و دینامیکی با هدف جداسازی مصالح ۴۰۰ میلی متر طراحی شده است، قادر است دانه هایی با سایز ۴۰۰ ، ۲۰۰ ، ۱۰۰ میلی متر را جداسازی کند. در بخش استاتیک سرنده از یک قیف با دهانه شیب دار که ۴ شاخص نبشی ۸ به فواصل ۴۰ سانتی متر در آن بکار رفته، استفاده شده است. با ریختن مصالح توسط بیل مکانیکی به روی آن، دانه هایی که سایز بالای ۴۰۰ میلی متر دارند جدا می شوند. در دهانه خروجی آن از یک غلطک استفاده شده است. این غلطک توسط یک موتور ۱۱ کیلو وات به جهت قرار گرفتن تدریجی مصالح رد شده از سرنده ۴۰۰ میلی متر به روی نوار نقاله مادر که عرض ۸۰ سانتی متر دارد و

جلوگیری از انسداد دهانه قیف به چرخش در می آید. سپس مصالح رد شده به سرند دینامیکی انتقال می یابند.

بخش دینامیکی

بخش دینامیکی سرند که از دو دهانه خروجی و دو طبقه شیب دار تشکیل شده است، توسط یک موتور ۱۱ کیلوواتی به لرزش در می آید. این بخش از سرند عامل جدایش دانه های ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی متر می باشد. روی هر یک از طبقات تعدادی نبشی ۶ سانتی متری در یک جهت و به فواصل ۲۰ و ۱۰ سانتی متری بکار رفته است. مصالحی که توسط نوار نقاله اصلی از بخش استاتیک به بخش دینامیکی منتقل می شوند در طبقه فوقانی سرند، دانه های بالای ۲۰۰ میلی متر آنها جدا شده و از خروجی در نظر گرفته شده به بیرون ریخته می شوند.

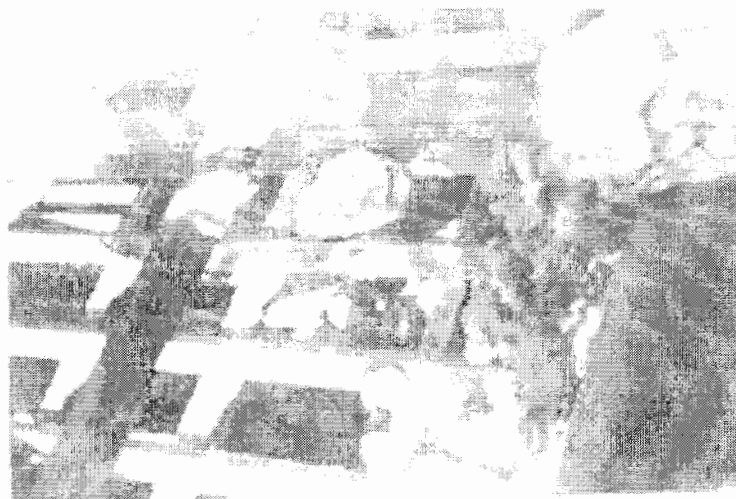
مصالح رد شده از سرند ۲۰۰ میلی متر به روی طبقه تحتانی ریخته شده و دانه های بالای ۱۰۰ میلی متر آن نیز در اثر لرزش حاصله جدا و توسط یک نوار نقاله به بیرون هدایت می شوند. در این مرحله وزن مصالح مانده روی هر یک از الکهای ۴۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰ میلی متر بدست خواهد آمد (شکل ۲-۸).



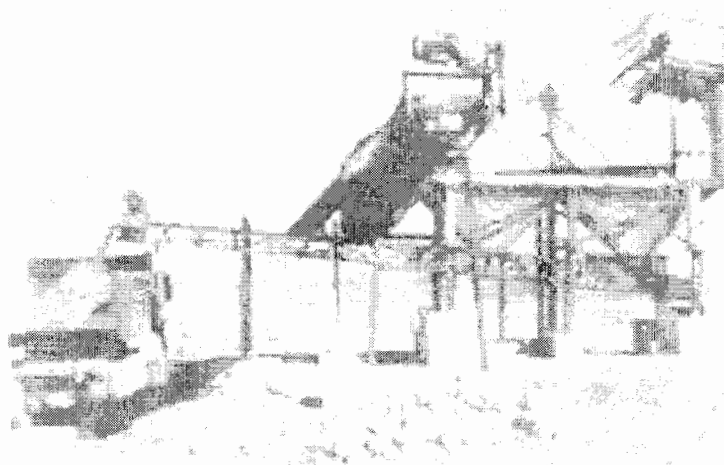
شکل ۲-۷- جداسازی نمونه های با ابعاد بیش از ۵۰۰ میلی متر به روش دستی

۲-۱۰-۴- دانه بندی در آزمایشگاه

دانه های رد شده از سرند ۱۰۰ میلی متر با قرار گرفتن کمپرسی به زیر نوار نقاله (شکل ۲-۹) جمع آوری می شوند. این مصالح پس از توزین توسط باسکول، به یک محل مناسب با بستر آماده شده منتقل می شوند. بعد از پایان دانه بندی از کل مصالح زیر ۱۰۰ میلی متر، مقداری توسط بیل مکانیکی برداشته و سپس به روش کوارتر وزنی معادل ۳۰۰ kg بعنوان نمونه جهت آزمایش دانه بندی به آزمایشگاه فرستاده می شود (شکل ۲-۱۰). تا این مرحله از دانه بندی در محل تراکم آزمایش صحرائی مصالح سد انجام می گیرد.



شکل ۲-۸ - نمایی از جدا سازی مصالح با استفاده از الکهای ۱۰۰ mm ، ۲۰۰ mm ، ۴۰۰ mm



شکل ۲-۹ - نحوه بارگیری دانه های رد شده از سرنند ۱۰۰ mm توسط کامیون در زیر نوار نقاله

شکل ۲-۱۰ محل دپوی نمونه های آزمایشگاهی

مرحله بعدی دانه بندی در آزمایشگاه و در دو بخش انجام می گیرد. دانه بندی بخش اول در محدوده الکهای ۳ اینچ تا الک نمرة ۴# و با وزنی برابر ۳۰۰ کیلوگرم انجام می گیرد. دانه بندی بخش دوم در محدوده الکهای نمرة ۸# تا الک نمرة ۲۰۰# با وزنی معادل ۵۰۰ گرم که از مصالح رد شده الک نمرة ۴# انتخاب گردیده، انجام می پذیرد. وزن مانده روی هر یک از الکها توزین شده و در فرم دانه بندی ثبت می شود. درصد مانده روی هر یک از الکها را محاسبه و به وزن کل مصالح دانه بندی تعمیم داده می شود. با توجه به این محاسبات ، منحنی دانه بندی رسم می شود.

ج- روش توزین با باسکول

این دستگاه که ظرفیت توزین حداکثر ۶۰ تن را دارد، کاملاً دیجیتالی و از دقت نسبتاً خوبی برخوردار است و توسط شرکت تهران باسکول نصب و راه اندازی شده است. در این دستگاه از ۸ صفحه ضخیم آهنی و ۶ عدد لودسل هیدرولیکی استفاده شده است که چهارتای آنها در چهار گوش و دو عدد آنها در وسط در طرفین باسکول نصب شده اند، دقت اندازه گیری این باسکول تا ۱۰ کیلوگرم می باشد. سیستم اتوماسیون آن یک دستگاه دیجیتالی جهت ورود اطلاعات و نمایش وزن و یک دستگاه پرینتر جهت چاپ وزن اندازه گیری شده و یک دستگاه U.P.S جهت ذخیره برق و یک باطری ۲۴ ولت که در مواقع قطع برق از آن استفاده می شود، تشکیل شده است.

روش اندازه گیری وزن مصالح به این ترتیب است که ابتدا وزن خالی کمپرسی اندازه گیری می شود و سپس بعد از بارگیری به روی باسکول رفته و وزن پر کمپرسی توزین می شود و نهایتاً قبضه صادر خواهد شد که وزن کمپرسی در حالت خالی و پر و همچنین وزن خالص در آن درج شده است. به همین ترتیب کلیه مصالحی که در سایزهای مختلف جداسازی شده اند توزین می شوند (شکل ۲-۱۱).



شکل ۲-۱۱ - نحوه اندازه گیری مصالح خرد شده به روش توزین با باسکول

۲-۱۱-۱- آشنایی مختصری با روش آنالیز تصویری

در روشهای آنالیز تصویری برای تعیین دانه بندی، باید سه مرحله زیر انجام شود:
انتخاب محل نمونه گیری

تصویر برداری

انجام آنالیز تصویر با دقت زیاد

در شکل ۲-۱۲ یک تصویر شماتیک از کل مراحل ذکر شده آورده شده است.

هر یک از این سه مرحله باید با دقت کافی و بنا بر شرایط خاص منطقه و نتایج مورد نیاز از این آنالیز انجام گیرد.

- مرحله نمونه گیری شامل انتخاب محل هایی مناسب می باشد که در این محل ها، یک نمونه معرفی از توده خرد شده را ارائه دهد.

- در مرحله تصویر برداری، باید توجه کرد که عکسهای گرفته شده از کیفیت خوبی برخوردار باشند.

- در مرحله آنالیز که اصلی ترین و مهمترین بخش کار را نیز در بردارد در رسم محیط قطعات در تصویر با شیوه های مخصوص آن باید دقت کرد، سپس توزیع ابعادی قطعات مشخص شده در تصویر اندازه گیری می شود.

البته دو مرحله آخر یعنی تصویر برداری و انجام آنالیز تصویر را نیز می توان تفکیک کرده و به چند مرحله جداگانه تقسیم کرد که شامل مراحل زیر می باشد (دهقان بنادکی، ۱۳۸۰):

الف - تهیه عکسها.

ب- دیجیتایز کردن عکسها و ساختن فایل های گرافیکی.

ج - پیدا کردن مرزهای قطعات.

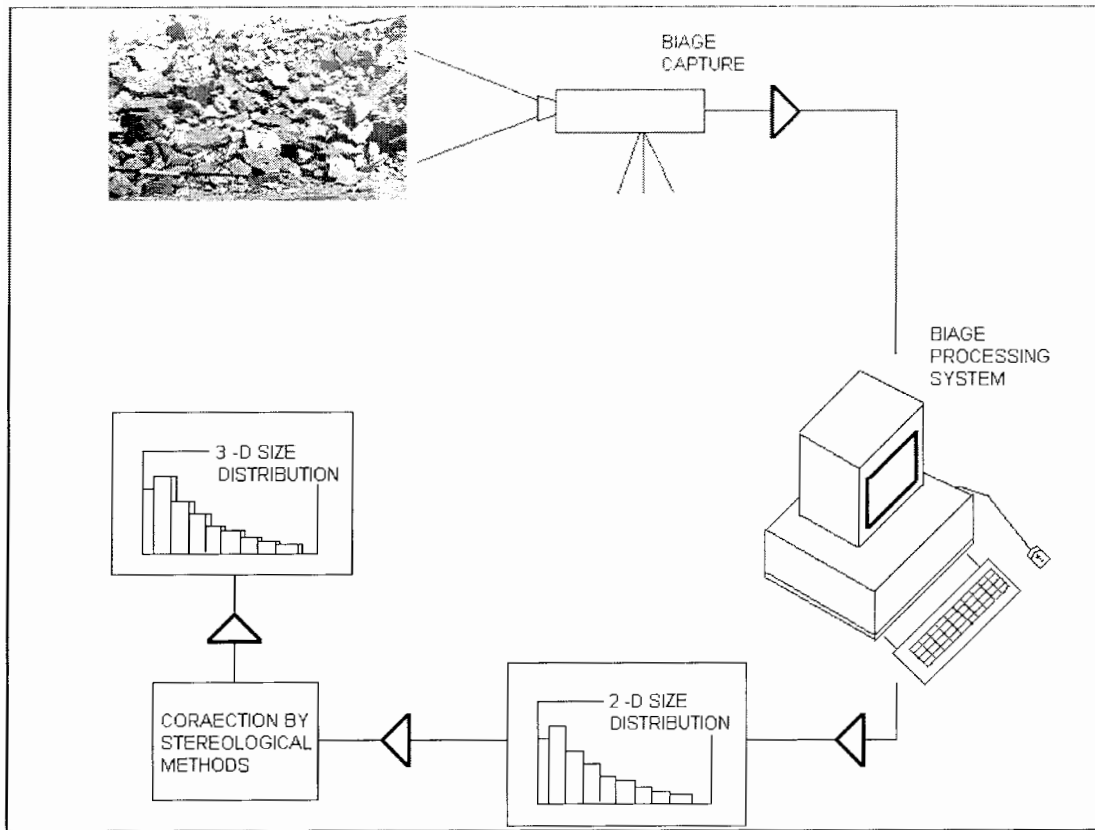
د- بر طرف کردن خطای عکسها.

ه- تعیین پارامتر یا پارامتر های هندسی که بتواند بیانگر حجم هر قطعه باشد.

حال به توضیح بیشتر در مورد هر یک از این مراحل می پردازیم:

الف - تهیه عکسها

از محل مناسبی که قبلاً برای عکس برداری انتخاب شده است کاملاً فیلمبرداری و یا چند عکس گرفته می شود. علت گرفتن چند عکس از هر نمونه عدم همگن بودن توزیع ابعاد در مقاطع مختلف نمونه می باشد. برای برطرف کردن خطای عکسها و اندازه ابعاد واقعی از یک و یا چند شی با ابعاد مشخص بر روی قطعات خرد شده استفاده می شود (شکل های ۲-۱۳ و ۲-۱۴).



شکل ۲-۱۲- تصویر شماتیک از مراحل بررسی میزان خردایش به روش آنالیز تصویری (JIMINO, ۱۹۹۵)



شکل ۲-۱۳- قرار دادن یک شی بر روی قطعات خرد شده در زمان عکس برداری (Palangio, ۱۹۹۵)



شکل ۲-۱۴- قرار دادن دو یا بیشتر شی بر روی قطعات خرد شده در زمان عکس برداری (Palangio, ۱۹۹۵)

ب- دیجیتایز کردن عکسها و ساختن فایل‌های گرافیکی

در صورت استفاده از عکس، برای انجام تصمیمات لازم و تعیین ابعاد سنگهای خرد شده باید عکسهای تهیه شده به فایل‌های گرافیکی تبدیل شوند. البته باید توجه شود که تصویر گرافیکی تهیه شده از کیفیت خوب و مناسبی برخوردار بوده و در ضمن از پسوندی استفاده شود که قابل فهم برای نرم افزار مورد استفاده نیز باشد.

ج - پیدا کردن مرزهای قطعات

برای تعیین مرزهای قطعات ابتدا سعی شود تا از نرم افزارهای پردازش تصویر نظیر Photostyler و امثال آن استفاده شود. اما مشکل عمده این نرم افزارها عملیات فیلتر کردن بر حسب شدت رنگ می باشد که بدین ترتیب مرزهای قطعاتی که بر روی یکدیگر قرار گرفته اند و دارای شدت رنگ تقریباً یکسانی می باشند کاملاً مشخص نبوده و قطعات مزبور به صورت یک قطعه منفرد به حساب خواهند آمد. برای کاهش خطای ناشی از این امر می توان از گردی^۱ یا درجه تحدب^۲ قطعات استفاده کرد که از عهده نرم افزارهای موجود خارج است. برای کاهش خطا در این مرحله می توان مرز بندی را توسط دست انجام داد. هرچند که این کار مستلزم صرف زمان زیادی می باشد ولی برای بالا بردن ضریب اطمینان کار لازم می باشد.

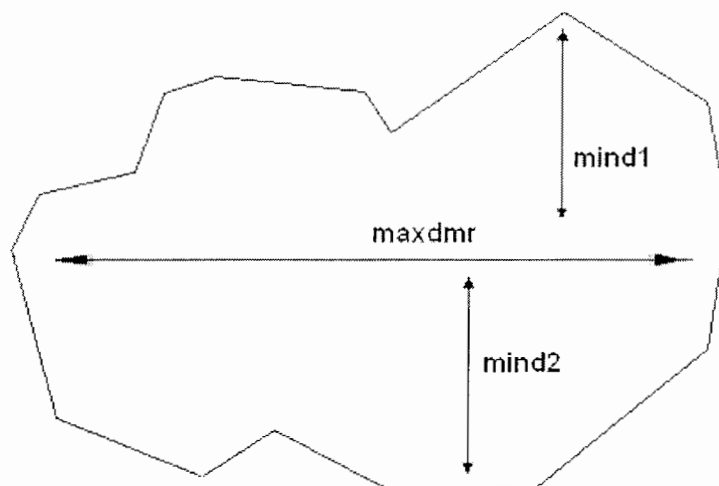
د - برطرف کردن خطای عکسها

معمولاً هنگام تهیه عکسها و پس از آن خطاهایی ایجاد می شود که منجر به عدم دقت محاسبات می شود. مهمترین این خطاها عبارتند از:

- استفاده از فرضیات ساده کننده برای تبدیل سطوح بدست آمده از عکسهای دو بعدی به حجم که به علت نامشخص بودن بعد سوم قطعه خطا ایجاد می شود.
- خطای ناشی از قدرت تفکیک عکسها؛ با توجه به ابعاد قطعات، قدرت تفکیک کم سبب عدم تشخیص قطعات کوچکتر از بعد خاصی خواهد شد. برای رفع این مشکل باید از عکسهای با مقیاس بزرگتر که سطح کمتری را پوشش می دهند استفاده کرد.

• خطای پرسپکتیو: در این مورد قطعات نزدیکتر بزرگتر از قطعات دورتر به نظر می رسند. برای برطرف کردن این مشکل می توان از بعضی نرم افزار ها مانند نرم افزار Coreldraw استفاده کرد.
 ه - تعیین پارامتر یا پارامترهای هندسی که بتواند بیانگر حجم هر قطعه باشد.
 برای تخمین درصد های حجمی یا وزنی قطعات با استفاده از روش عکسبرداری از فرضیات زیر استفاده شده است:

۱. سطح هر قطعه از حاصلضرب بعد حداقل و حداکثر آن بدست می آید. مطابق شکل (۲-۱۵)، برای پیدا کردن قطرهای ابتدا قطر بزرگ تعیین شده و سپس با توجه به معادله خط این قطر، مجموع بیشترین فاصله از هر دو طرف آن به عنوان قطر کوچک در نظر گرفته می شود.
۲. ضخامت هر قطعه با قطر کوچک بدست آمده از عکسها برابر می باشد و حجم هر قطعه از ضرب ضخامت در سطح آن قطعه بدست می آید (شکل ۲-۱۵).
۳. تمام قطعات دارای وزن مخصوص یکسان می باشند که در این صورت درصد حجمی قطعات به درصد وزنی آنها برابر خواهد بود.



شکل ۲-۱۵- قطرهای بزرگ (maxdmr) و کوچک ($mindmr = mind1 - mind2$) هر قطعه که می توان از روی آنها سطح و حجم هر قطعه را بدست آورد (دهقان بنادکی، ۱۳۸۰)

برای تعیین قطرهای کوچک و بزرگ از روی عکسها چندین برنامه نوشته شده است. دو نمونه از این گونه برنامه ها که به زبان TC^{++} نوشته شده با نامهای SCANROCK و DIAMETER می باشند که در ادامه به معرفی آنها خواهیم پرداخت.

I - معرفی برنامه SCANROCK

برای استفاده از این برنامه ابتدا باید عکسهای تهیه شده را با رنگ سیاه پر کرد. طرز کار این برنامه به این صورت است که با توجه به سفید بودن قطعه سنگها، برنامه با رسیدن به اولین پیکسل سفید که مربوط به اولین قطعه می باشد، وارد آن قطعه شده و با چک کردن رنگ سیاه در اطراف آن قطعه، مختصات تمام پیکسلهای اطراف آن قطعه را در یک آرایه و سپس درون فایل مشخص (مانند data. dat) می ریزد. سپس قطعه مذکور را با رنگ سیاه پر کرده و مجدداً حرکت خود را از محل ورود به قطعه قبلی ادامه می دهد تا

اطلاعات مربوط به تمام قطعات برداشت شود. در انتهای برنامه تعداد قطعات برداشت شده نیز در فایل دیگری (مانند data1.dat) ذخیره می شود (دهقان بنادکی، ۱۳۸۰).

II- معرفی برنامه DIAMETER

در این برنامه با استفاده از اطلاعات فایل خروجی برنامه SCANROCK، ابتدا قطر بزرگ تعیین شده و سپس مجموع حداکثر فاصله از دو سمت این قطر به عنوان قطر کوچک محاسبه می شود. در نهایت نیز اطلاعات بدست آمده نیز در یک فایل خروجی (مانند data2.dat) ذخیره و ارائه می شود (دهقان بنادکی، ۱۳۸۰).

۲-۱۱-۲- کیفیت عکس

الف - رزولوشن:

در هر فرآیند تصویری، برای هر عکس، حداقل اندازه ای در قطعات وجود دارد، به گونه ای که ابعاد قابل تجزیه و ترسیم باشند. به عبارتی دیگر در زیر این اندازه امکان تحلیل ابعادی قطعات به دلایلی از قبیل عدم مشاهده این ذرات در تصویر یا عدم امکان دیجیتایز کردن آنها به علت رزولوشن کم تصویر (حتی اگر این ذرات در تصویر دیده شوند) وجود ندارد. رزولوشن به سادگی با Zoom - in کردن تصویر فراهم می شود. برای رزولوشن یک آنالیز هیچ حدود خاص تئوری وجود ندارد. به عبارتی دیگر تحلیل های دانه بندی در بالای یک اندازه خاص انجام می شود که مقدار آن بسته به هدف تعیین دانه بندی متفاوت است.

لازم به ذکر است در اغلب موارد برای ارزیابی دانه بندی توده منفجر شده، تعیین میزان دقیق ذرات ریز و توزیع ابعادی آنها، از اهمیت چندانی برخوردار نبوده و در برخی موارد جهت ساده تر شدن انجام آنالیز، از بررسی آن چشم پوشی می شود. با این وجود در نرم افزار Goldsize میزان ذرات ریز با توجه به تعیین اندازه مینیمم ذرات توسط کاربر قابل تصحیح خواهد بود.

ب- نورپردازی:

برای تشخیص محیط قطعات، وجود نوردهی مناسب ضروری بوده و بایستی شدت، کانتراست و یکنواختی نور تنظیم شود. از بین پارامترهای فوق شدت نور دارای اهمیت کمتری است، مگر اینکه تاثیر مستقیمی روی دو عامل دیگر داشته باشد. در بیشتر سیستم های تصویری امکان اصلاح و تحلیل تصاویر با شدت نور وجود دارد.

یکنواختی نور در آنالیزهای زیر زمینی، که منبع نور تنها یک لامپ نقطه ای می باشد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این حالت وسط تصویر روشن بوده و با حرکت به سمت محیط تصویر، میزان نور کاهش می یابد. با اینکه روشهای آنالیز تصویری تا حدی قادر به کاهش تاثیر نور کم هستند، اما در آنالیز تصاویر با نور یکنواخت نتایج بهتری حاصل می شود. استفاده از نور طبیعی در سطح زمین معمولاً مشکلی از این جهت ایجاد نمی کند.

در نهایت کانتراست تصویر نیز باید مناسب باشد. بیشتر سیستم های تصویری از کانتراست بین بلوک های نسبتاً کم رنگ و سایه های پر رنگ تر استفاده می کنند. چنانچه کانتراست خیلی بالا باشد، بافت حاصل روی سطح بلوک به غلط تعبیر شده و بلوک های بزرگ منفرد به صورت تعدادی بلوک های کوچکتر نمایان

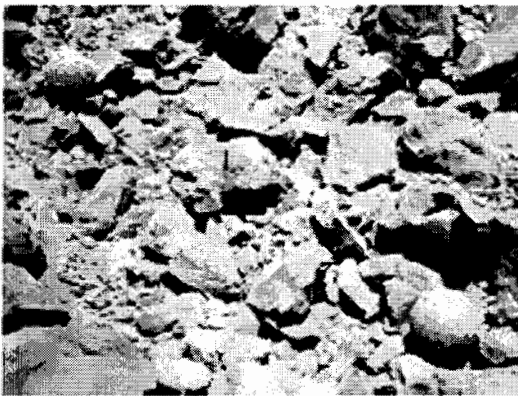
می شوند. از طرف دیگر چنانچه کانتراست خیلی پایین باشد، سایه های بین بلوک ها محو و قطعات کوچک متصل به هم و به صورت یک بلوک بزرگ به نظر می آیند. در زیر زمین (نوردهی مصنوعی) نور ضعیف می تواند منجر به کانتراست مفرط شود. در سطح زمین (نور طبیعی) نور خورشید با زاویه کم منجر به کانتراست بالا می شود، در حالی که نور منتشر شده از آسمان با ابر سنگین کانتراست پایینی ایجاد می کند.

ج - گرد و غبار:

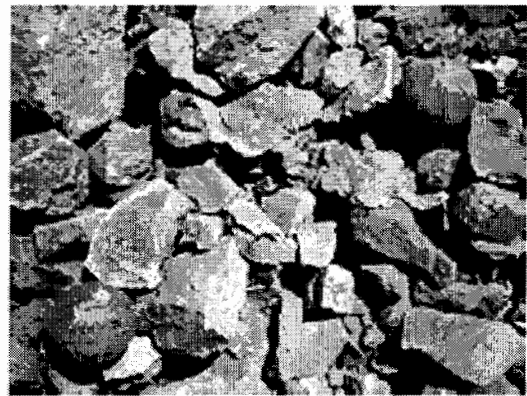
هرچند گرد و غبار بخش کمی از توده را تشکیل می دهد، اما مشکلاتی در سیستم های آنالیز تصویری ایجاد می کند. در گرد و غبار، ذرات بسیار ریزی وجود دارد که در سیستم های آنالیز تصویری، قابل اندازه گیری نبوده و در الگوریتم های تشخیص محیط اختلال ایجاد می کند. شکل (۲-۱۶) دو تصویر، یکی پوشیده از گرد و غبار و دیگری بدون گرد و غبار را به عنوان بلوک های بزرگ در نظر می گیرند.

۲-۱۱-۳- تجهیزات مورد استفاده

در این روش به یک دوربین عکاسی و یا فیلمبرداری و نرم افزار نیاز است. امروزه چندین نرم افزار از جمله نرم افزار Goldsize، WipFrag و Split-Desktop[®] در این زمینه تهیه شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۲-۱۶- الف - نمونه بدون گرد و غبار؛ ب - نمونه با گرد و غبار (حکمت، ۱۳۸۲)

۲-۱۱-۳-۱ - نرم افزار Split-Desktop[®]:

نرم افزار Split-Desktop[®] نرم افزاری است که توسط یک مهندس انفجار در کشور آمریکا طراحی شده است. مزایای استفاده از این نرم افزار عبارتند از (BOBO، ۲۰۰۳):

- ۱ - این نرم افزار برای پیش بینی دقیق در مورد آتشباری های بعدی برای رسیدن به خردایش مناسب از آنالیز تصاویر دریافتی از سنگ های خرد شده قبلی استفاده می کنند.
- ۲ - عوامل مختلف خردایش بر روی انفجار را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهد.
- ۳ - با تجزیه و تحلیل های انجام شده از داده های در دسترس، یک روش بهینه خردایش برای هر انفجار تهیه می نماید.

خروجی نرم افزار Split-Desktop[®] به صورت نمودار گرافیکی و یا به صورت یک جدول با فرمت HTML به کاربر ارائه می شود.

برای استفاده از این نرم افزار در ابتدا باید عکس و یا تصاویر دیجیتالی از توده سنگ خرد شده تهیه و به عنوان ورودی به نرم افزار انتقال داد (شکل ۲-۱۷). در ادامه نرم افزار پس از تجزیه و تحلیل های لازم بر روی عکس و یا تصویر ورودی با توجه به خردایش مورد نیاز، چگونگی انجام انفجار را به عنوان خروجی در اختیار کاربر قرار می دهد (جدول ۲-۲).

البته در هنگام تهیه و آماده سازی تصاویر نکات زیر را باید مورد توجه قرار داد:

- ۱- باید عکس ها در فرمت JPEG و یا TIFF آماده و ذخیره شوند تا برای نرم افزار قابل فهم باشد.
- ۲- برای گرفتن عکس از دوربین های با کیفیت بالا و تا حد ممکن در حالت سکون قطعات خرد شده استفاده شود تا عکس از کیفیت مناسبی برخوردار باشد (شکل ۲-۱۸) همچنین حتماً یک و یا بیشتر شی خارجی که ابعاد و اندازه مشخص دارند به عنوان مقیاس سنجش بر روی مواد خرد شده قرار داده شوند (شکل های ۲-۱۳ و ۲-۱۴).
- ۳- عکس ها از جاهایی گرفته شوند که به عنوان معرف سنگ خرده شده شناخته شوند مانند، محل دیوی محصول، بار روی نوار نقاله برای انتقال به سنگ شکنی، محل بارگیری اولیه کامیونها، دمپ باطله و ... (شکل های ۲-۱۹ و ۲-۲۰).



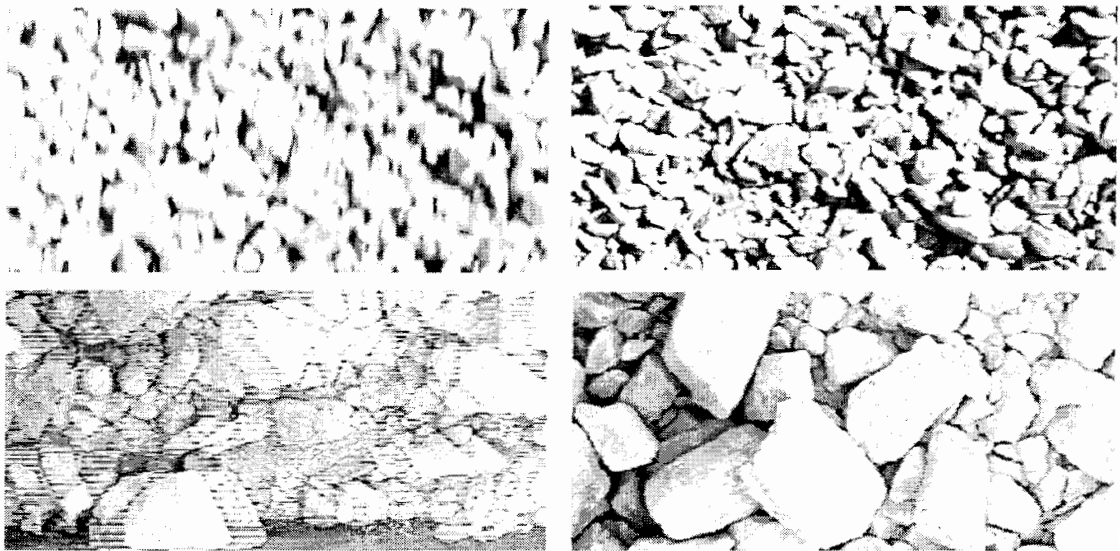
شکل ۲-۱۷ - یک نمونه از تصویر برداری از توده سنگ خرد شده پس از انفجار توسط دوربین دیجیتالی (Maerz, ۱۹۹۹)

جدول ۲-۲ - یک نمونه از جدول خروجی نرم افزار Split-Desktop[®] (BOBO, ۲۰۰۳)

الف - مشخصات الگوی انفجار؛ ب - مشخصات مکانیکی سنگ و عوارض حاصل از انفجار

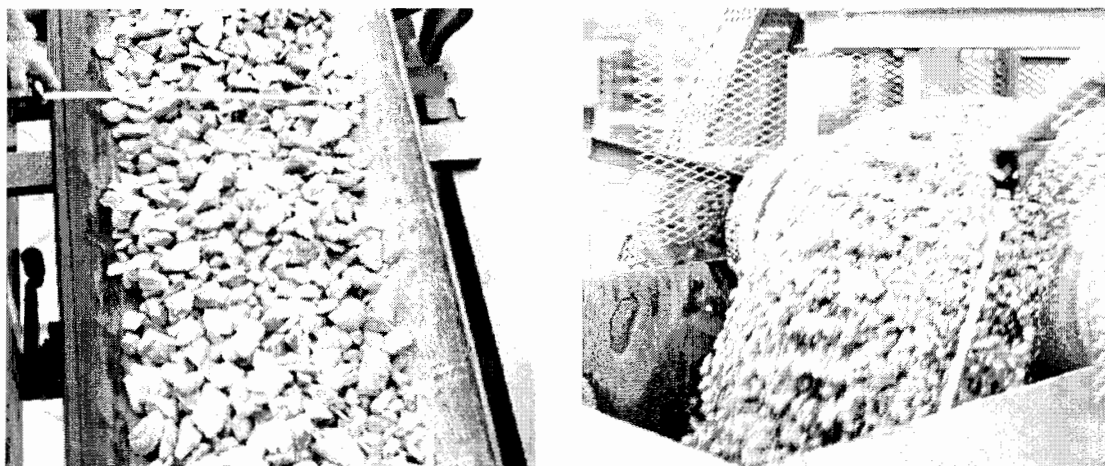
Hole diameter	89mm	(الف)
Bench height	7.5m	
Hole length	9.2m	
Burden	2.60m	
Spacing	3.60m	
Stemming length	2.5m	
Ignition system	Electrical	
Blast hole pattern	Staggered	
Delay between rows	30 ms	

Uniaxial Compressive Strength MPa	99.0	(ب)
Indirect Tensile Strength MPa	8.0	
Density g/cm ³	2.707	
P-Wave Velocity m/s	6204	
S-Wave Velocity m/s	3156	
Laboratory Dynamic Elastic Modulus GPa	71.47	
Laboratory Dynamic Poissons Ratio	0.325	



شکل ۲-۱۸- تاثیر چگونگی عکس برداری بر کیفیت تصویر (Maerz, ۱۹۹۹)

- بالایی سمت راست از دور و ساکن - بالایی سمت چپ از دور و آرام
- پائینی سمت راست از نزدیک و ساکن - پائینی سمت چپ از نزدیک و سریع



شکل ۲-۱۹ - محل مناسب عکس برداری از خرده سنگ ها در حال حرکت بر روی نوار نقاله (Maertz, ۱۹۹۹)



شکل ۲-۲۰ - محل مناسب عکس برداری از خرده سنگ ها در محل بارگیری کامیونها (Palangio, ۱۹۹۹)

مراحل انجام آنالیز در نرم افزار Split-Desktop® :

۱. تعریف مقیاس سنجش مورد استفاده در عکس
 ۲. درک میزان خرد شدگی قطعات به صورت خودکار البته در صورت همپوشانی نکردن قطعات بزرگتر نسبت به کوچکتر و یا خردایش بیش از حد
 ۳. تصحیح و ویرایش تصاویر رسم شده از قطعات خرد شده
 ۴. انجام محاسبات لازم بر روی میزان خرد شدگی و اندازه های مورد نظر برای خرد شدن
 ۵. تهیه و ارائه نتیجه بررسی و آنالیز به عنوان خروجی برنامه.
- البته محاسبات و آنالیز انجام شده در این نرم افزار با روش ریاضی کاز - رام مقایسه و درستی آن مورد تأیید قرار گرفته است.

۲-۳-۱۱-۲- نرم افزار Goldsize:

یکی دیگر از این نرم افزار ها که رایج ترین نرم افزار برای تعیین دانه بندی سنگ معدن پس از انفجار است. نرم افزار آنالیز تصویری Goldsize محصول شرکت Golder می باشد که در کشور ما نیز از این نرم

افزار استفاده های زیادی شده است. این نرم افزار تحت سیستم عامل ویندوز عمل می کند. جهت تهیه تصاویر نیز از یک دوربین فیلمبرداری دیجیتالی از مدل های مختلف رایج در بازار می توان استفاده کرد. با استفاده از دوربین، تصاویر از سطح توده منفجر شده تهیه و سپس این تصاویر توسط خود دوربین به عکس تبدیل و به نرم افزار منتقل می شود. از آنجایی که این تصاویر نمی توانند اندازه و مقیاس قطعات خرد شده را نشان دهند لذا برای حل این مشکل باید از یک جسم با یک اندازه و بعد مشخص به عنوان نشانگر مقیاس بر روی توده استفاده کرد (شکل ۲-۱۳). در بسیاری مواقع برای دقیق تر شدن کار و مشخص تر بودن ابعاد قطعات، از دو و یا سه جسم هم اندازه برای این کار استفاده می شود (شکل ۲-۱۴). در صورتی که از منطقه به شکل تصاویر برداشت شده باشد با تبدیل این تصاویر به عکس، این عکس ها به نرم افزار انتقال می یابد.

روش کار نرم افزار Goldsize

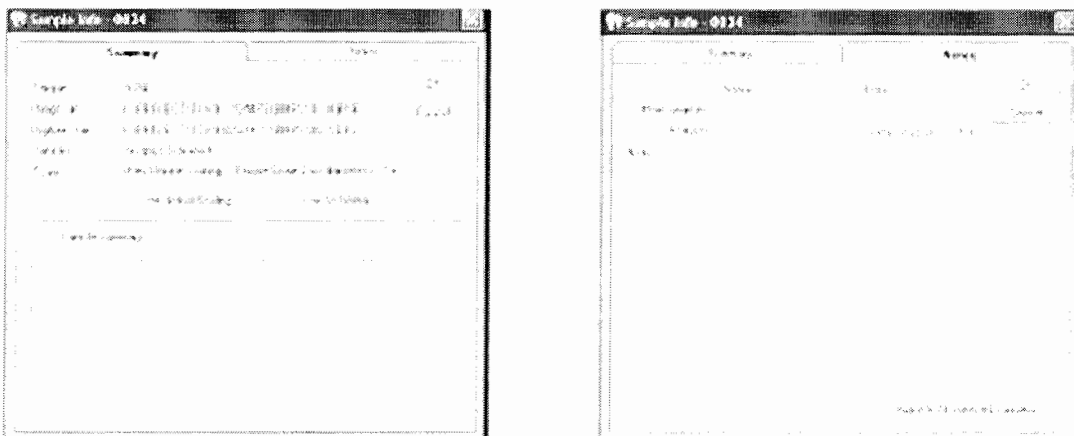
روش کار با نرم افزار بدین شکل می باشد که در ابتدا از سطح توده سنگ پس از انفجار و یا خرده سنگها در حال حرکت بر روی نوار نقاله و یا هر جایی که معرف خرده سنگهای منفجر شده باشد، عکسبرداری و یا تصویر برداری می شود (شکل های ۲-۱۹ و ۲-۲۰). روش کار کامل با این نرم افزار در پیوست آمده است.

عملیات با تعریف اندازه جسمی که به عنوان مقیاس اندازه در عکس آمده توسط نرم افزار ادامه می یابد و تعیین مرز قطعات سنگ با روشهای ممکن انجام می گیرد که یکی از رایج ترین این روشها روش مرز بندی قطعات با دست است (شکل ۲-۲۱). هر چند که این روش زمان زیادی می برد، اما ضریب اطمینان کار به دلیل دقت در زمان انجام مرز بندی قطعات بالا می باشد. این نرم افزار قابلیت تغییر و بهبود کیفیت تصاویر تهیه شده را ندارد، اما در عین حال با توجه به اینکه مرزبندی قطعات به طور دستی انجام می گیرد، کیفیت نامناسب تصویر از جمله وجود سایه قطعات بزرگتر روی قطعات کوچکتر تاثیر چندانی بر ترسیم محیط قطعات نمی گذارد. توزیع ابعادی به روشهایی مانند روش اختصاص دادن هر قطعه به محدوده ابعادی مناسب آن بدست می آید.

در گام بعدی اطلاعات مربوط به هر عکس را در نرم افزار وارد می کنیم (شکل ۲-۲۲)، نرم افزار بر مبنای اطلاعات اولیه، طبقه بندی قطعات سنگ را انجام داده و نمودار توزیع دانه بندی سنگ معدن را بعنوان خروجی آماده می کند. در نرم افزار Goldsize امکان پیش بینی خردایش بر اساس مدل کاز - رام وجود داشته و کاربر می تواند با وارد کردن مشخصات ماده منفجره، خصوصیات توده سنگ و پارامترهای طرح انفجار خردایش حاصل از انفجار را پیش بینی و نتایج را با توزیع اندازه گیری شده مقایسه کند (شکل ۲-۲۳). همچنین در این نرم افزار خطای ناشی از عدم اندازه گیری دقیق ذرات ریز تا حدود زیادی قابل تصحیح می باشد. یکی دیگر از مزیت های نرم افزار Goldsize نمایش تعداد و مشخصات هندسی قطعات در تصاویر است. به علاوه می توان این صفحه آماری را به نرم افزار آماری دیگر مانند Excel منتقل کرده و کارهای آماری بیشتری بر روی داده های آن انجام داد.



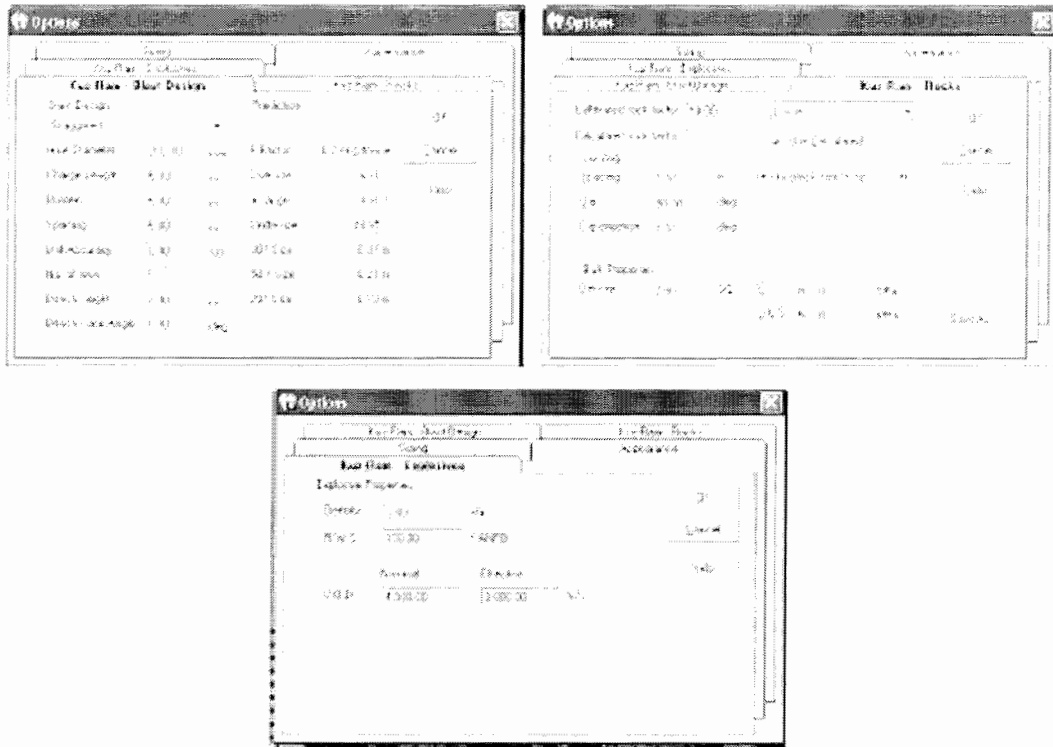
شکل ۲-۲۱ - مشخص کردن اندازه قطعات خرد شده بر روی عکس بادست (Palangio, ۱۹۹۹).



شکل ۲-۲۲ - نحوه ثبت اطلاعات مربوط به هر عکس در نرم افزار Goldsize (حکمت, ۱۳۸۲).

۲-۱۱-۳-۳- نرم افزار WipFrag

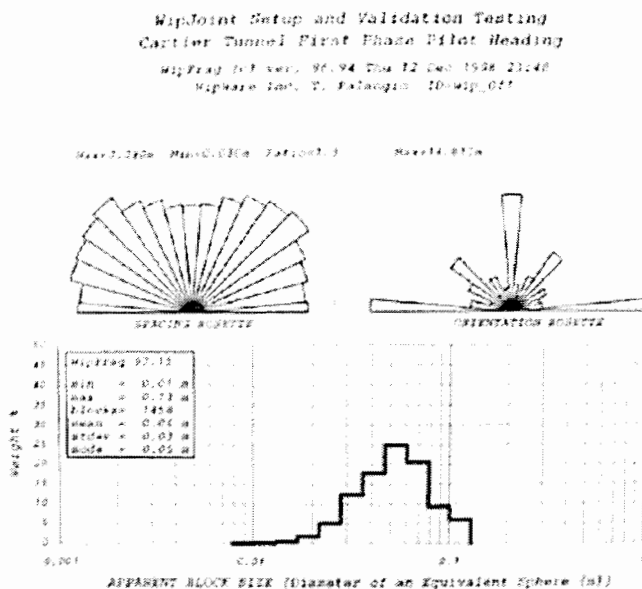
عملکرد این نرم افزار نیز مانند سایر نرم افزار های آنالیز تصویری که تا به حال معرفی شده است می باشد به همین دلیل از معرفی و بیان طرز کار آن صرف نظر شده است. همچنین در این نرم افزار، یک نرم افزار مکمل برای توده های درزه و شکاف دار تعریف شده که با نام نرم افزار WipJoint شناخته شده است. طرز کار این نرم افزار مکمل نیز مانند سایر نرم افزار های کاربردی برای آنالیز تصویری می باشد با این تفاوت که مختص توده های درزه و شکاف دار بوده و در این گونه توده ها دارای دقت بیشتری نسبت به سایر نرم افزار های روش آنالیز تصویری می باشد و خروجی این نرم افزار نیز به صورت نمودار می باشد (شکل های ۲-۲۴ و ۲-۲۵).



شکل ۲-۲۳- پنجره مخصوص ورود اطلاعات مدل کاز-رام (حکمت، ۱۳۸۲)



شکل ۲-۲۴- نمونه ای از یک توده سنگ با درزه و شکاف زیاد (Palangio, ۱۹۹۹)



شکل ۲-۲۵- نمونه ای از خروجی نرم افزار WipJoint (T.C.Palangio, ۱۹۹۹)

۱۲-۲- مقایسه روش های آنالیز تصویری و آنالیز سرندی

ابعاد قطعات تشکیل دهنده توده ها، به عنوان مثال قطعات حاصل از انفجار، پارامتر بسیار مهمی برای بررسی خصوصیات زمین شناسی و معدنی است. در چند سال اخیر روش های آنالیز تصویری برای اندازه گیری ابعاد توده های توسعه یافته است. از آنجا که امروزه استفاده از کامپیوتر کاربرد زیادی یافته، هزینه استفاده از سیستم تصویری مناسب و آنالیز ابعاد سنگ خرد شده به راحتی و با سرعت قابل انجام است.

آنالیز تصویری در اندازه گیری توده ها به سه روش یک بعدی (1-D)، دو بعدی (2-D) و سه بعدی (3-D) کاربرد دارد. ساده ترین روش، روش یک بعدی و پیچیده ترین آن به روش سه بعدی است، که به تجهیزات خاص نیاز دارد. مرسوم ترین روش در حال حاضر، روش دو بعدی است که نسبت به روش یک بعدی دارای دقتی بالاتر و نسبت به روش سه بعدی ساده تر و کاربردی تر است.

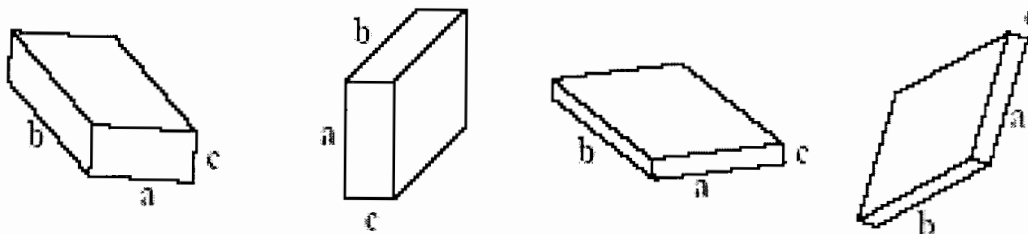
به طور کلی در روش آنالیز تصویری دو بعدی، طول، عرض، مساحت و محیط ذرات اندازه گیری می شود. بیشتر پژوهشگران جهت ارزیابی نتایج آنالیز تصویری، به طور مستقیم یا غیر مستقیم توزیع دو بعدی را با توجه به صحت روش آنالیز سرندی، به توزیع ابعادی بر اساس حجم تبدیل می نمایند. می توان گفت روش سرندی، کاملاً متفاوت از روش تصویری می باشد. برای تطابق این دو روش هیچ راهی وجود ندارد، مگر اینکه حجم زیادی از اطلاعات لازم در دسترس باشد اما یک استثناء در این مورد، حالتی است که رابطه ای بین یک بعد قطع با دو بعد دیگر آن وجود داشته باشد (برای مثال قطعات دارای ابعاد مساوی باشند).

همان گونه که در قسمتهای قبلی بطور کامل تر توضیح داده شد، در آنالیز سرندی از یک شبکه سرندی متشکل از چند سرنده که به شکل پیوسته به یکدیگر مرتبط هستند استفاده می شود. بخش کوچک با مقدار مشخص، از یک توده خرد شده سنگ به عنوان نمونه جهت انجام آزمایش و آنالیز انتخاب می شود. نمونه ها بر روی شبکه سرنده ها ریخته شده و قطعات کوچکتر از دهانه سرنده ها از هر یک از سرندها خارج می شود و

مابقی بر روی سرند باقی می ماند. با اندازه گیری از قطعات باقی مانده بر روی سرند و قطعات عبوری از هر سرند، چگونگی خردشدگی قطعات مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

۲-۱۲-۱- تفاوتهای روش آنالیز تصویری و آنالیز سرندي

قطعه ای با بعد ماکزیمم a ، عرض b و بعد مینیمم c در نظر بگیرید (شکل ۲-۲۶)



شکل ۲-۲۶ - موقعیت (جهت) ذرات در آنالیز تصویری و سرندي (حکمت، ۱۳۸۲)

این قطعه در یک صفحه به گونه ای می ایستد که اضلاع a و b قابل اندازه گیری می باشند. چنانچه این قطعه سرند شود، مشاهده می شود اندازه دهانه ای که قطعه از آن عبور می کند، به اندازه ضلع b و نیز شکل قطعه بستگی دارد. به عبارتی دیگر می توان گفت که یک قطعه در توده به گونه ای قرار می گیرد که مرکز ثقل آن در ماکزیمم پایداری باشد و به این ترتیب فرض می شود که بعد مینیمم قطعه در تصویر دیده نمی شود.

Nakajima در سال ۱۹۷۸ نشان داد در یک سرند با دهانه مستطیلی به ابعاد $D_1 \times D_2$ یک ذره با مقطع عرضی بیضوی شکل و محورهای b و c وقتی از دهانه عبور می نماید که (حکمت، ۱۳۸۲):

$$(2b)^2 + (2c)^2 \leq D_1^2 + D_2^2 \quad (1-2)$$

در مورد یک سرند با دهانه مربعی به ابعاد D ، معادله (۱-۲) به صورت زیر در می آید:

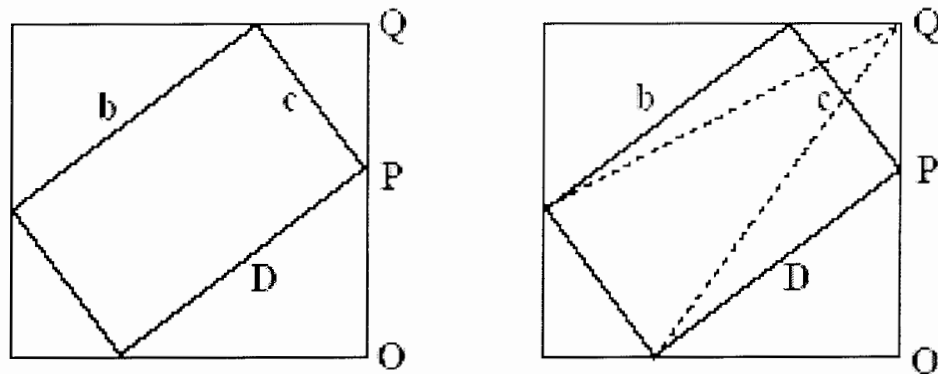
$$D \geq [2b^2 + 2c^2]^{0.5} \quad (2-2)$$

در صنایع معدنی، شکل قطعات سنگ تقریباً دوزنقه بوده و بین مثلث تا لوزی تغییر می کند. در نتیجه برای تعریف شکل و ابعاد قطعه، بهتر است مستطیلی به آن محیط کرد. چنانچه ذرات مستطیلی شکل با ضلع بزرگ b روی سرند مربعی به ابعاد D قرار گیرند (شکل ۲-۲۷)، به گونه ای که $b > D$ باشد، طبق شکل رابطه $D = OP + PQ$ برقرار بوده و برای اینکه ذره از سرند عبور نمایند، ماکزیمم اندازه سرند برابر است با:

$$D \geq (a + b) / 2 \quad (3-2)$$

برای عبور ذرات مثلثی یا دوزنقه ای نیز فرمول مشابهی تعریف می شود.

همانطور که ملاحظه می شود، روش سرند کردن بر خلاف آنالیز تصویری، دو بعد کوچکتر قطعه را مشخص می کند. زمانی که شکل دهانه، مربعی بوده و اندازه دهانه D باشد، اندازه سرندي قطعه بین D تا $2D$ بسته به عرض ماکزیمم در قطعات و شکل آنها تغییر می کند.



شکل ۲-۲۷ - ذره ای با شکل مثلث یا مستطیل (حکمت، ۱۳۸۲)

۲-۱۲-۲- مزایای روش آنالیز تصویری نسبت به آنالیز سرندي

سیستم های آنالیز تصویری دیجیتال نه تنها در تحقیقات، بلکه در صنعت نیز از رشد روز افزونی برخوردارند. امروزه با ظهور کامپیوترهای سریع و کم هزینه، الگوریتم ها و تکنیک های فرآیند تصویری پیشرفته و دوربین های ویدویی حساس به نور، ارزان و سبک، دانه بندی مواد بسیار راحت شده است.

مزایای روش عکس برداری (نسبت به روش سرندي) را می توان به صورت زیر بر شمرد (حکمت، ۱۳۸۲):

- استفاده از آن آسان است.
- اندازه گیری ها در فیلد سریع بوده و می توان چندین عکس را در مدتی کوتاه تهیه و آنالیز کرد.
- آنالیز تصویری به علت سرعتی که دارد، تولید را مختل نمی کند.
- قیمت تجهیزات مربوط مناسب است.
- عکس های تهیه شده، ثبت شده و سابقه مناسبی از انفجار فراهم می آورد.
- از آنجا که روش آنالیز تصویری سریع و کم هزینه است، می توان نمونه های زیادی را تحلیل کرد و بنابراین خطای نمونه گیری کاهش می یابد.
- روش سرندي با افزایش ابعاد و در نتیجه حجم نمونه غیر عملی می شود، اما این محدودیت در آنالیز تصویری وجود ندارد.
- آنالیز تصویری روشی غیر مخرب بوده و بنابراین برای اندازه گیری سنگ ها و کانی های ضعیف از قبیل زغال و ژئیس، که در هنگام سرندي خرد می شوند، بسیار مناسب است.

۲-۱۲-۳- معایب روش آنالیز تصویری

در روش تحلیل خردایش به کمک تصاویر مشکلات خاصی دارد؛ اولاً تصاویر تنها اطلاعاتی از سطح توده را ثبت کرده و آن را تحلیل می کنند. چنانچه سطح توده معرفی از کل آن نباشد، نتایج تحلیل شده همراه با خطای زیادی خواهد بود. جهت کاهش خطای فوق، علاوه بر عکس برداری از سطح توده انفجار، می توان در هنگام بارگیری نیز عکس هایی تهیه و در نهایت تمامی عکس ها با هم تحلیل و آنالیز کرد.

از دیگر معایب روش آنالیز تصویری، استخراج اطلاعات صحیح سه بعدی از تصاویر دو بعدی است. باید فرضیاتی از بعد سوم قطعات نیز در نظر گرفت. به علاوه قطعات سنگ در تصویر همپوشانی داشته و باید ابعاد قطعات را با توجه به این موضوع نیز تصحیح کرد.

همچنین در این روش لازم است محیط قطعات را در تصویر مشخص کرد. مشکلاتی از قبیل عدم روشنایی یکنواخت، وجود سایه، شلوغی^۱ تصویر و محدوده بزرگ ابعاد قطعات، ترسیم محیط قطعات را با روش های استاندارد تشخیص محیط غیر ممکن می سازد. در نرم افزار Goldsize تعیین محیط قطعات به صورت دستی انجام می گیرد. هر چند این کار نیازمند وقت و حوصله فراوانی است، اما امکان استفاده از عکس ها با کیفیت پایین نیز وجود دارد.

مشکل دیگر لزوم استفاده از مقیاس های مختلف جهت بررسی کامل بخش های ریز و درشت توده، برای بدست آوردن منحنی توزیع ابعادی نهایی است. امروزه با پیشرفت نرم افزارهای آنالیز تصویری این خطاها تا حد زیادی قابل تصحیح می باشد(حکمت، ۱۳۸۲).

فصل سوّم

مدلهای ریاضی پیش بینی ابعاد
قطعات خرد شده حاصل از انفجار

فصل سوم: مدل‌های ریاضی پیش بینی خرد شدگی حاصل از انفجار

۱-۳- مقدمه

مطالعات و تحقیقات جدی در این مورد از سال ۱۹۷۰ میلادی شروع شده است اما به دلیل پیچیدگی مکانیزم خرد شدگی تا کنون مدل کاملی که تمام شرایط معدن و ساختار زمین شناسی را در بر داشته باشد، ارائه نشده است؛ ولی به هر حال این مدلها و روشها برای انتخاب اولیه پارامترهای طراحی آتشکاری به کار می روند. اگر چه این مدلها دانه بندی مواد خرد شده در اثر انفجار را به طور تقریبی پیش بینی می کنند ولی سودمند ترین و سریعترین روش رسیدن به خرد شدگی مناسب می باشند. در این میان مدل‌های ارائه شده در سالهای اخیر پارامترهای بیشتری را در نظر می گیرند لذا از دقت بیشتری برخوردارند. محققین زیادی سعی کرده اند تا مدل‌های عمومی پذیرفته شده را به صورت اقتصادی ارائه و توسعه دهند.

۲-۳- مدل دنیس و گاما^۱

این مدل در سال ۱۹۷۰ توسط دنیس و گاما به صورت زیر ارائه شده است:

$$R(X) = a.W^b \left[\frac{X}{B} \right]^c \quad (1)$$

که در آن:

$R(X)$: درصد تجمعی قطعات کوچکتر از دهانه سرند X

X : اندازه دهانه سرند به سانتیمتر

W : انرژی لازم برای خرد شدگی بر حسب کیلو وات ساعت بر تن

B : ضخامت بار سنگ به متر

a, b, c : ثابت هایی هستند که به خصوصیات سنگ و مواد منفجره بستگی دارند.

مقدار W از رابطه زیر بدست می آید:

$$W = 10 \frac{W_i}{\sqrt{d_{80}}} \quad (2)$$

که در این رابطه:

W_i : اندیس باند سنگ

d_{80} : دهانه سرندي است که ۸۰ درصد قطعات از آن عبور می کنند.

معایب این روش عبارتند از (بخشنده، ۱۳۷۷):

- ۱- احتیاج به آزمایش عملی در صحرا به منظور بدست آوردن ضرایب پارامترهای موثر در فرمول دارد.
 - ۲- از میان پارامترهای موثر و متعدد طراحی تنها از ضخامت بار سنگ در فرمول برای پیش بینی خردشدگی استفاده شده است.
 - ۳- وابسته به اندیس باند ماده معدنی مورد نظر است.
 - ۴- تخمین و پیش بینی توزیع ابعاد مواد خرد شده چندان دقیق نیست.
- مزایای این روش عبارتند از (بخشنده، ۱۳۷۷):
- ۱- جزء اولین مدل‌های ارائه شده در این زمینه است.
 - ۲- یک تخمین اولیه از وضعیت خردشدگی به ما ارائه می‌کند.

۳-۳-۳ مدل لارسون^۱

این مدل در سال ۱۹۷۳ میلادی توسط لارسون برای تعیین d_{50} یا دهانه سرنندی که ۵۰ درصد قطعات از آن عبور می‌کنند ارائه شد و به صورت ذیل می‌باشد:

$$d_{50} = C_h \cdot e^{\left(0.58 \ln B - 0.145 \ln \left(\frac{S}{B}\right) - 1.18 \ln \left(\frac{q}{C}\right) - 0.82\right)} \quad (3)$$

که در آن:

- C: ثابت سنگ که معادل خرج ویژه دینامیت ژلاتینی لازم برای خرد کردن سنگ بوده و معمولاً بین ۰/۳ تا ۰/۵ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر گرفته می‌شود.
- q: خرج ویژه به کیلوگرم بر متر مکعب
- (S/B): نسبت فاصله داری چالها در ردیف به ضخامت بار سنگ
- B: ضخامت بار سنگ به متر
- S: فاصله چالها در یک ردیف به متر
- C_h : ثابت قابلیت انفجار پذیری^۲ که این فاکتور به درزه و شکاف موجود در توده سنگ و یا به ساختار توده سنگ بستگی دارد و مقدار آن از جدول (۱-۳) بدست می‌آید.

جدول ۱-۳ - ثابت قابلیت انفجار پذیری برای سنگ های مختلف (عطانی، ۱۳۸۴)

وضعیت توده سنگ	قابلیت انفجار پذیری
دارای درزه و شکاف خیلی زیاد	۰/۶
دارای درزه و شکاف نسبتاً زیاد	۰/۵۵
توده معمولی و دارای ترکهای ریز	۰/۵
نسبتاً همگن	۰/۴۵
همگن	۰/۴

1- Larson

2 - Blastability constant

معایب این روش عبارتند از (بخشنامه، ۱۳۷۷):

- ۱- تاثیر پارامترهای انفجار از جمله ارتفاع پله و طول انسداد در مدل مد نظر قرار نگرفته است.
 - ۲- عدم پیش‌بینی وضعیت انفجار مثل یکنواختی و عدم یکنواختی قطعات خرد شده
- مزایای این روش عبارتند از (بخشنامه، ۱۳۷۷):

- ۱- نسبت به فرمول دنیس و گاما، پارامترهای انفجاری بیشتری را مد نظر قرار داده است.
- ۲- ارائه فرمولی برای بدست آوردن d_{50} که در مرحله قبل به صورت تجربی بدست می‌آمد.

۳-۴- مدل سوئدیفو^۱

فرمولی که توسط آقای لارسون در سال ۱۹۷۳ بیان شد تاثیر ارتفاع پله و طول انسداد را در نظر نگرفت اما کو^۲ و روستن^۳ از موسسه تحقیقات آتشکاری سوئد در سال ۱۹۹۳ با اضافه کردن آنها معادله نهایی را به صورت زیر ارائه کردند:

$$d_{50} = C_d \left(1 + 4.67 \left(\frac{T}{L} \right)^{2.5} \right) \times e^{0.29 \ln B \left(\frac{2.5 \sqrt{X} - 1.18 L \sqrt{Q}}{c} \right)^{-0.82}} \quad (۴)$$

که در آن:

C: ثابت سنگ که معادل خرج ویژه دینامیت ژلاتینی لازم برای خرد کردن سنگ

q: خرج ویژه به کیلوگرم بر متر مکعب

B: ضخامت بار سنگ به متر

S: فاصله چالها در یک ردیف به متر

C_d : ثابت قابلیت انفجار که مقادیر این فاکتور همان گونه که گفته شد از جدول ۱-۳ بدست می‌آید.

T: طول گل گذاری به متر

L: عمق چال انفجاری به متر

در این مدل $R(X)$ یا درصد وزنی تجمعی قطعات خرد شده با ابعاد مورد نظر X از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$R(X) = 1 - e^{-\left(0.76 \frac{X}{d_{50}} \right)^{1.35}} \quad (۵)$$

منحنی ها و گرافهایی را که در آن با داشتن میزان d_{50} و یا سایر داده های بالا، می توان اندازه و ابعاد بلوکهای استخراجی را برآورد کرد، در شکلهای ۱-۱ تا ۱-۳ نشان داده شده است.

معایب این روش عبارتند از (بخشنامه، ۱۳۷۷):

۱- پارامترهای سنگ به صورت تقریبی در فرمول دخالت داده می شود.

۲- در بیشتر موارد، متوسط ابعاد قطعات خرد شده پیش بینی شده کمتر از مقدار واقعی است.

مزایای این روش عبارتند از (بخشنامه، ۱۳۷۷):

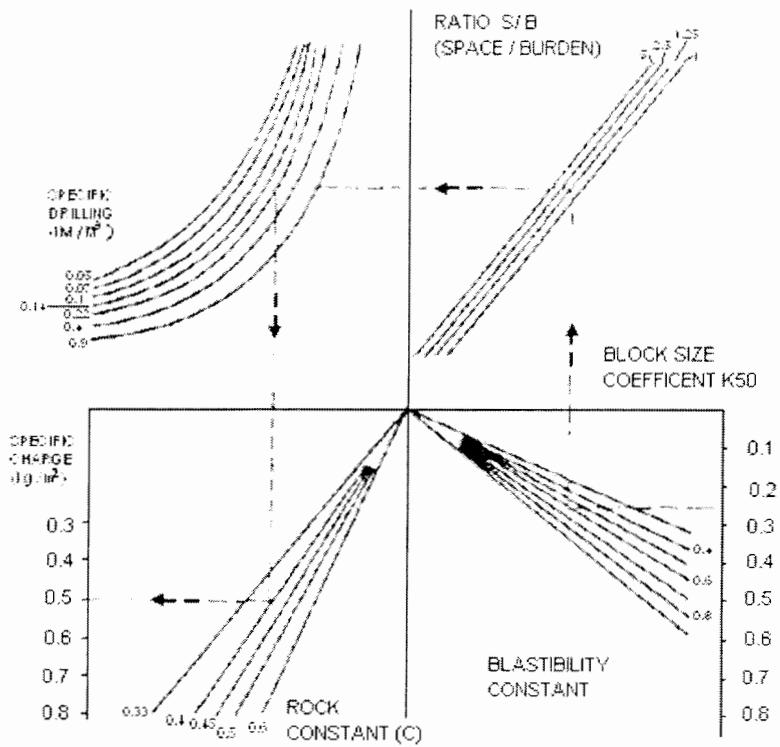
۱- بر خلاف معادله لارسون، طول میله گذاری و ارتفاع پله به طور مستقیم در مدل دخالت داده شده است.

۲- این مدل تعمیم یافته مدل لارسون است و دقت پیش بینی خردشدگی نیز بالاتر از آن می باشد.

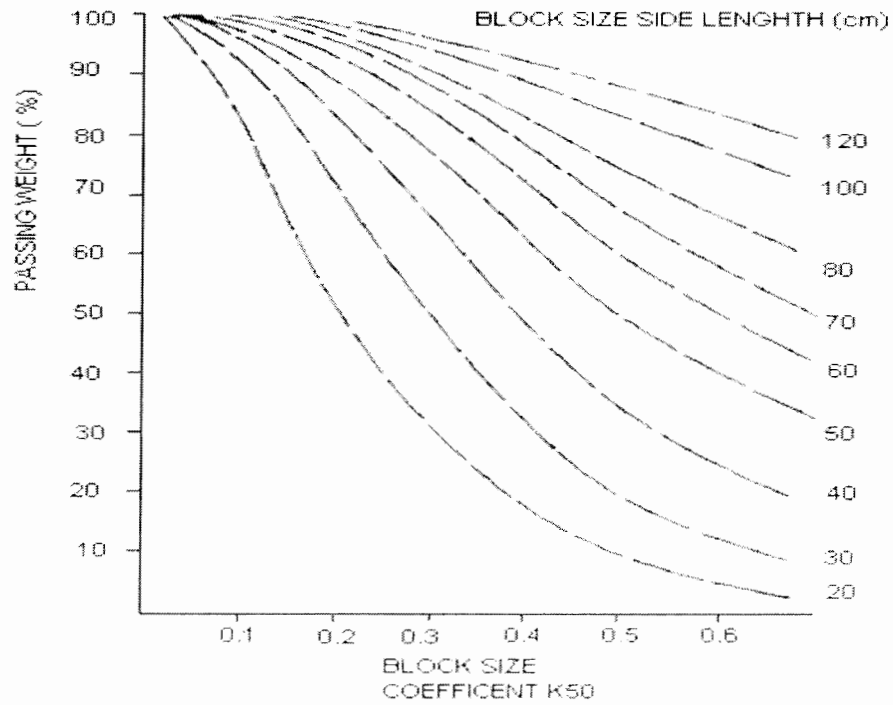
1 - SVEDEFO (Swedish Detonic Research Foundation)

2 - Kou

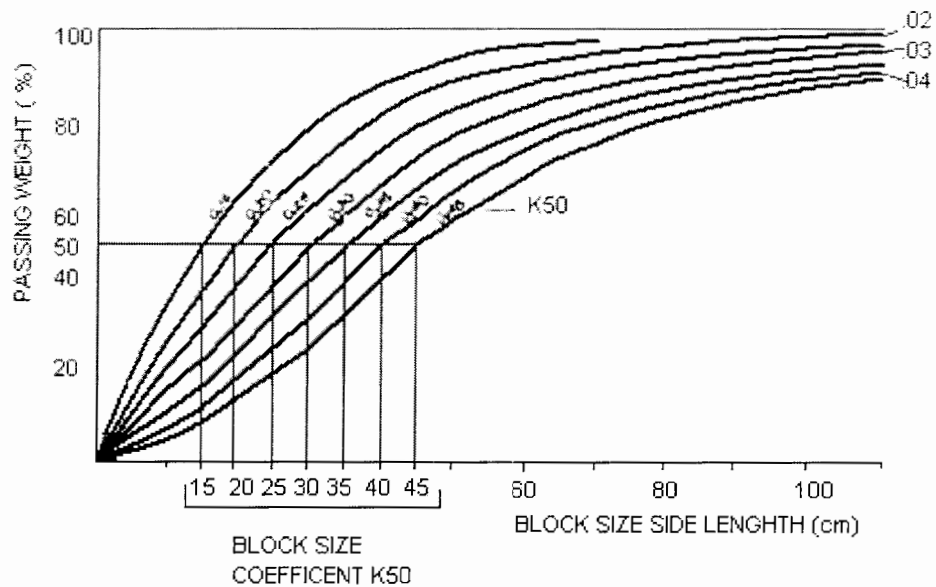
3 - Rustan



شکل ۳-۱- تاثیر میزان نسبت (S/B) و خرج ویژه بر تعیین ابعاد بلوک (JIMINO, ۱۹۹۵)



شکل ۳-۲- نمودار تعیین ابعاد بلوک بر حسب درصد بار خروجی از سرنند و ضریب d_{50} در اندازه بلوک (JIMINO, ۱۹۹۵)



شکل ۳-۳ - تاثیر درصد بار خروجی از دهانه سرند های مختلف بر اندازه ابعاد بلوک (JIMINO, ۱۹۹۵)

۵-۳ - مدل کاز-رام^۱

این مدل در سال ۱۹۸۳ میلادی توسط کونینگهام^۲ ارائه شده است که پایه و اساس آن معادلات تجربی کازنتسوف^۳ برای پیش‌بینی ابعاد سنگ‌های خرد شده پس از آتشکاری و منحنی توزیع رزین - راملر^۴ می‌باشد.

۵-۳-۱ - معادله کازنتسوف

کازنتسوف برای پیش‌بینی ابعاد متوسط سنگ‌های خرد شده پس از آتشکاری رابطه زیر را ارائه داده است:

$$\bar{X} = A \left(\frac{V}{Q_{TNT}} \right)^{0.8} \cdot Q_{TNT}^{0.167} \quad (6)$$

که در این رابطه:

\bar{X} : متوسط ابعاد قطعات خرد شده به سانتیمتر

A: شاخص قابلیت انفجار یا فاکتور سنگ که به ساختار توده سنگ بستگی دارد و از جدول ۲-۳ بدست می‌آید

V: حجم سنگ خرد شده در اثر انفجار هر چال به متر مکعب

Q_{TNT} : مقدار TNT به کیلوگرم که از نظر انرژی معادل انرژی ماده منفجره داخل هر چال است.

1 - Kuz - Ram

2 - Cunningham

3 - Kuznetsov

4 - Rosion and Rammler

جدول ۳-۲ - مقادیر فاکتور سنگ با توجه به ساختار توده سنگ (عطائی، ۱۳۸۴)

فاکتور سنگ	ضریب پرتو دیاکونف	وضعیت توده سنگ
۳	۳-۵	سنگ خیلی نرم
۵	۵-۸	سنگ نرم
۷	۸-۱۰	سنگ متوسط
۱۰	۱۰-۱۴	سنگ سخت و درزه دار
۱۳	۱۲-۱۶	سنگ سخت و همگن

از طرفی دیگر داریم:

$$Q \times E = Q_{TNT} \times 115 \quad (7)$$

که در آن:

Q : وزن ماده منفجره داخل چال به کیلو گرم

E : قدرت وزنی ماده منفجره نسبت به آنفو (قدرت وزنی آنفو و TNT به ترتیب ۱۰۰ و ۱۱۵ است)

با محاسبه مقدار Q از معادله ۷ و جایگزینی آن در معادله ۶، متوسط ابعاد قطعات خرد شده از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$\bar{X} = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0.8} \cdot Q^{0.167} \left(\frac{115}{E} \right)^{0.633} \quad (8)$$

خرج ویژه (وزن ماده منفجره برای خرد کردن یک متر مکعب سنگ) بر حسب کیلو گرم بر متر مکعب که برای محاسبه آن از فرمول زیر استفاده می شود:

$$q = \frac{Q}{V} \quad (9)$$

از تلفیق رابطه ۸ و ۹، رابطه زیر بدست می آید که متوسط ابعاد قطعات خرد شده قابل محاسبه خواهد بود:

$$\bar{X} = A \cdot q^{-0.8} \cdot Q^{0.167} \left(\frac{115}{E} \right)^{0.633} \quad (10)$$

معایب این روش عبارتند از (بخشنده، ۱۳۷۷):

- ۱- عدم وارد کردن قدرت مواد منفجره مختلف در محاسبه میزان خرد شدگی.
 - ۲- عدم پیش بینی وضعیت انفجار.
 - ۳- با توجه به تفاوت قدرت مواد منفجره مختلف تنها قدرت TNT را مد نظر قرار داده و قدرت بقیه مواد نسبت به آن به طور نسبی سنجیده می شود.
- مزایای این روش عبارتند از (بخشنده، ۱۳۷۷):
- ۱- پیش بینی تقریبی متوسط ابعاد قطعات خرد شده.
 - ۲- دخالت دادن قدرت مواد منفجره (فقط TNT) در تعیین d_{50} .

۳-۵-۲ - منحنی رزین - راملر

رزین - راملر تابع نمایی زیر را برای تخمین توزیع ابعاد قطعات خرد شده ارائه داده اند:

$$R(X) = 1 - e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n} \quad (11)$$

که در این رابطه:

$R(X)$: نسبت قطعات عبور کرده از سرنده به ابعاد X

X : ابعاد سرنده مورد نظر به سانتیمتر

X_c : اندازه مشخصه^۱ سرنده

n : شاخص یکنواختی^۲ است.

از آنجا که معادله کازنتسوف مقدار متوسط \bar{X} را محاسبه می کند، بنابراین $R(X)$ مساوی 0.5 خواهد بود. از آنجایی که معادله کازنتسوف مقدار متوسط \bar{X} محاسبه می شود در نتیجه $R(X) = 0.5$ در نظر گرفته می شود و داریم:

$$0.5 = 1 - e^{-\left(\frac{\bar{X}}{X_c}\right)^n} \quad (12)$$

$$X_c = \frac{\bar{X}}{(0.693)^{\frac{1}{n}}} \quad (13)$$

۳-۵-۳ - تاثیر طرح آتشکاری بر شاخص یکنواختی (n)

شاخص یکنواختی نشان دهنده یکنواختی توزیع ابعاد قطعات خرد شده می باشد و مقدار آن معمولاً بین 0.8 تا $2/2$ است. این شاخص به پارامترهای مختلف طرح آتشکاری همچون قطر چال، بار سنگ، فاصله چالها در یک ردیف، طول خرج، دقت چالزنی و ارتفاع پله بستگی دارد. کونینگهام برای محاسبه n در توزیع رزین و راملر در سال ۱۹۸۷ رابطه زیر را ارائه داده است:

$$n = \left(2.2 - 14 \frac{B}{D}\right) \left(\sqrt{\frac{1+S/B}{2}}\right) \left(1 - \frac{W}{B}\right) \left(0.1 + \frac{Abs(L_b - L_c)}{L}\right)^{0.1} \cdot \frac{L}{H} \cdot P \quad (14)$$

که در آن:

D : قطر چال به میلیمتر

L : طول کل خرج به متر

L_b : طول خرج تحتانی به متر

L_c : طول خرج میانی چال به متر

H : ارتفاع پله به متر

W : انحراف چال به متر

1 - Characteristic size

2 - Index of uniformity

S : فاصله چالها در یک ردیف به متر

B : ضخامت بار سنگ به متر

P : فاکتور آرایش چال می باشد که در صورت آرایش لوزی $P = 1/1$ و برای آرایش مربعی $P = 1$ در نظر گرفته می شود.

همان گونه که ملاحظه می شود این رابطه توزیع خرد شدگی سنگ را به صورت تابعی از پارامترهای طرح آتشکاری، سختی سنگ، فراوانی درزه ها و جهت آنها ارائه داده است. اثر پارامترهای متفاوت طراحی بر روی n در جدول (۳-۳) آورده شده است.

جدول ۳-۳- اثر پارامترهای متفاوت طراحی بر روی n- شاخص یکنواختی (عطائی، ۱۳۸۴)

پارامتر	افزایش پارامتر U
B / D	کاهش
L / H	افزایش
S / B	افزایش
الگوی حفری نامنظم	افزایش
دقت چالزنی	افزایش

۳-۵-۴ - محدودیت مدل کاز - رام

نکات مهمی در مورد این مدل باید مورد توجه قرار گیرد که از آن موارد عبارتند از:

۱- از نسبت S / B در مورد الگوی چالزنی استفاده می شود نه برای زمان بندی انفجار و آن هم نباید از ۲ بیشتر باشد.

۲- ترتیب زمانی انفجار باید طوری تعیین شود که خرد کردن به صورت مناسب انجام گیرد.

۳- انرژی ایجاد شده از ماده منفجره در انفجار باید با انرژی مورد انتظار در محاسبات یکی باشد.

۴- درزه داری و همگن یا ناهمگن بودن سنگ به خصوص در مواقعی که فاصله بین درزه ها از فاصله بین چالها کمتر باشد، باید مورد بررسی دقیق تر قرار گیرد.

با توجه به تمامی نکات بیان شده در مورد مدل کاز - رام، یک منحنی برای پیش بینی توزیع دانه بندی برحسب d_{80} در سنگهای آتشکاری شده تهیه شده که نمودار آن در شکل (۳-۴) آورده شده است.

در تابع رزین - راملر توزیع ابعادی قطعات خیلی شبیه به معادلاتی است که بیانگر طول بلوکهای یکپارچه در توده سنگ می باشد.

طول احتمالی سنگ یکپارچه کمتر از یک اندازه به خصوص توسط معادله زیر بدست می آید (بخشنامه ، ۱۳۷۷):

$$F(X) = 1 - e^{-(aX)} \quad (15)$$

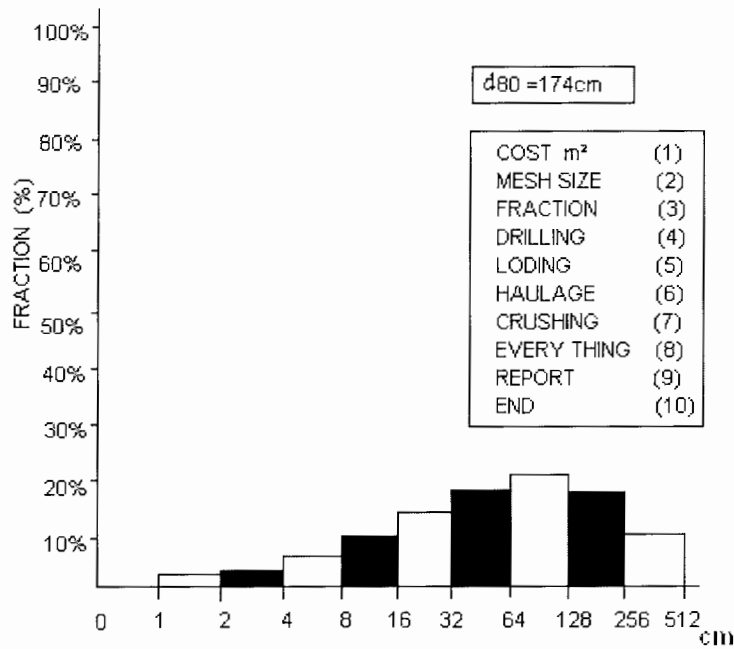
a: چگالی متوسط سنگ شکسته

X: فاصله بین ترکها (متر)

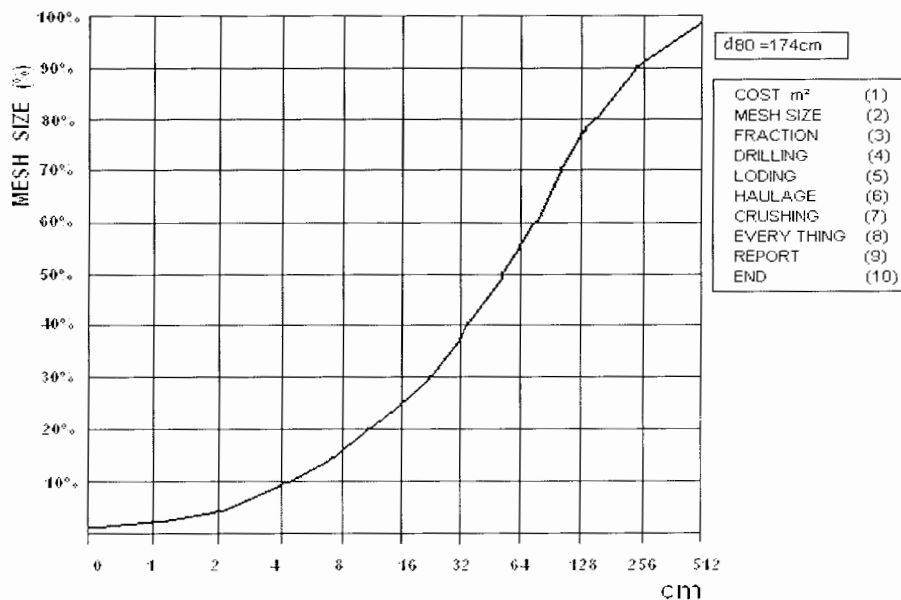
این معادله دلالت بر آن دارد که شکل منحنی توزیع خرد شدگی کاز - رام توسط توزیع شکستگی ها و ناپیوستگی ها قبلی درون توده سنگ کنترل می شود. از این رو مکانیزم اساسی خرد شدگی فرض شده در

این مدل در واقع از گسترش و به هم پیوستن شکستگی های قبلی درون سنگ به علت میدان تنش کششی بوجود آمده دورتر از چال انفجاری است.

(الف)



(ب)



شکل ۳-۴- منحنی پیش بینی توزیع دانه بندی بر حسب d_{80} در سنگهای آتشفشانی شده با مدل کار-رام (JIMINO, ۱۹۹۵)

این مدل مکانیزم خردشدگی را به علت شکست فشاری برشی سنگ در مجاورت چال انفجاری در نظر نگرفته که این خود دلیل اولیه ای مبنی بر تخمین کم قطعات خرد شده ریز (کمتر از ۱۰ تا ۲۰ میلی متر) تولید شده در اثر انفجار می باشد. البته برای سنگهای نسبتاً سخت این شکل کمتر وجود دارد. زیرا زون واقعی سنگ تحت فشار در حین عملیات انفجار نسبتاً کم بوده (برابر یا کمتر از قطر چال انفجاری)، بنابراین برای سنگهای سخت، این مدل مناسب می باشد. اما برای سنگهای نرم که مقدار زون فشاری اطراف چال انفجاری

بزرگتر است، هنگام تفسیر تخمین های خرد شدگی، لازم است محتاطانه عمل کرده و مدل‌های جداگانه ای برای پیش بینی قطعات ریز ارائه شود. اساساً مواد خرد و پودر شده نزدیک چالهای انفجاری به دلیل تأثیرات امواج تنشی منتشر شده درون توده سنگ، تولید می شود. این بدین معنی است که شکل منحنی توزیع دانه ریز، الزاماً به صورت ریاضی بوسیله یک تابع نمایی توصیف و بیان نمی شود (بخشنامه، ۱۳۷۷).

معایب این روش عبارتند از:

- ۱- برای بدست آوردن ابعاد قطعات مورد نظر (هدف) بایستی از یک روش صحیح و خطای نسبتاً طولانی استفاده کرد.
- ۲- بستگی مستقیم به نحوه اجرای عملیات انفجاری دارد.
- ۳- در بیشتر موارد، مقدار پیش بینی شده متوسط ابعاد قطعات (d_{50}) کوچکتر از مقدار واقعی است.
- ۴- اگر مکانیزم خردشدگی بر اثر شکست فشاری برشی سنگ در مجاورت چال انفجاری باشد، قطعات خرد شده ریز را کمتر از اندازه واقعی پیش بینی می کند.
- ۵- با توجه به نقش بالای خصوصیات توده سنگ در خردشدگی، به طور کامل تأثیر آن در مدل بررسی نشده است.

مزایای این روش عبارتند از:

- ۱- ارائه معیاری به نام شاخص خردشدگی برای تعیین خردشدگی وضعیت توده سنگ منفجر شده.
- ۲- تأثیر اکثر پارامترهای انفجاری از جمله پارامترهای مواد منفجره و خصوصیات توده سنگ در مدل.
- ۳- ارائه رابطه ای برای محاسبه و پیش بینی میزان درصد عبوری از سرنده با ابعاد مورد نظر.
- ۴- ترکیبی از دو فرمول کازنتسوف و رزین - راملر برای بالابردن دقت پیش بینی.
- ۵- وارد کردن قدرت وزنی نسبی مواد منفجره مختلف در محاسبه میزان خردشدگی.

۳-۶- مدل اصلاح شده کاز - رام

به دلیل تأثیر فراوان پارامترهای توده سنگ در خرد شدگی، کونینگهام در سال ۱۹۸۷ مدل قبلی خود را تکمیل و به صورت زیر ارائه کرد:

$$\bar{X} = 0.06BI \left(\frac{V}{Q} \right)^{0.8} \cdot Q^{0.167} \left(\frac{115}{E} \right)^{0.633} \quad (16)$$

که در این رابطه BI شاخص قابلیت انفجار پذیری است که در سال ۱۹۹۲ میلادی توسط لایلی^۱ برای کاربرد در مهندسی انفجار به صورت رابطه زیر ارائه شده است:

$$BI = RMD + JPS + JPO + RDI + HF \quad (17)$$

که در این رابطه:

RMD: شاخص توصیف توده سنگ^۲

JPS: فاکتور فاصله داری درزه ها^۳

JPO: فاکتور جهت یافتگی درزه ها^۴

1 - Lilly

2 - Rock mass description

3 - Joint plane spacing

4 - Joint plane orientation

RDI: شاخص چگالی سنگ^۱

HF: فاکتور سختی^۲

در جدول (۳-۴) مقادیر پارامترهای موثر در BI آورده شده است.

جدول ۳-۴ - مقادیر پارامترهای موثر در BI (Lilly, 1986)

امتیاز	پارامترهای ژئومکانیکی
RMD	شاخص توصیف توده سنگ
۱۰	ترد و خیلی خرد شده
۲۰	سنگ بلوکی
۵۰	سنگ توده ای
JPS	فاصله داری ناپیوستگی
۱۰	کمتر از ۰/۱ متر
۲۰	بین ۱ - ۰/۱ متر
۵۰	بزرگتر از ۱ متر
JPO	جهت یافتگی ناپیوستگی
۱۰	به صورت افقی
۲۰	شیب ناپیوستگی به طرف بیرون
۳۰	امتداد ناپیوستگی عمود بر سطح آزاد
۴۰	شیب ناپیوستگی به طرف داخل دامنه
RDI	شاخص تاثیر چگالی سنگ
۲۵۷ - ۵۰	۷: وزن مخصوص (تن بر متر مکعب)
HF	فاکتور سختی
یک سوم مدول یانگ (GPa)	مدول یانگ کمتر از ۵۰ گیگا پاسکال
یک پنجم مقاومت فشاری تک محوری سنگ (Mpa)	مدول یانگ بیش از ۵۰ گیگا پاسکال

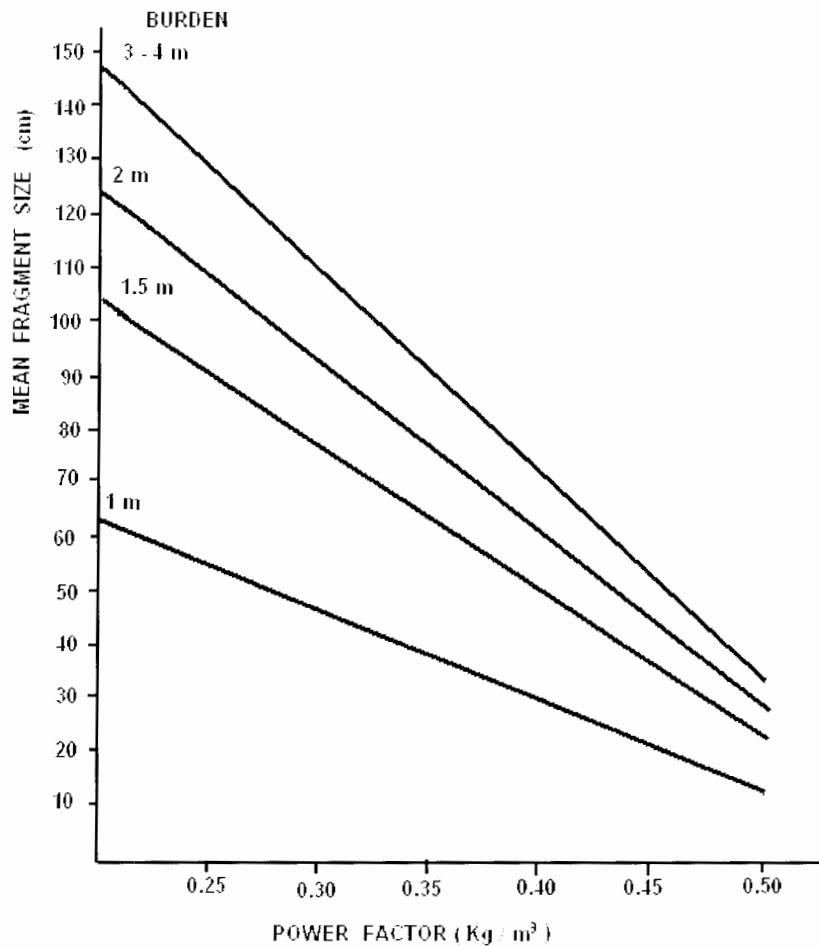
۳-۷- مدل نمودار گوتافسون^۳

گوتافسون نموداری را برای چالهای با قطر کم ارائه کرده است که در آن می توان با داشتن ضخامت بار سنگ و خرج ویژه، متوسط ابعاد خرد شدن سنگ را تخمین زد. نمودار مورد نظر در شکل (۳-۵) آورده شده است.

1 - Rock density index

2 -Hardness factor

3 - Gutafsson



شکل ۳-۵- تعیین متوسط ابعاد مواد خرد شده با استفاده از ضخامت بار سنگ و خرج ویژه برای چالهای با قطر کم (۱۹۹۵)، JIMINO

۳-۸- مدل توزیع احتمال وایبل^۱

وایبل یک تابع توزیع تجمعی برای خردشدگی فراهم هموده است که به صورت سه پارامتری بوده و دامنه وسیعی از حالت‌های مختلف را پوشش می‌دهد. تابع توزیع تجمعی آن به صورت زیر می‌باشد (دهقان، بنادکی، ۱۳۸۰):

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases} \quad (18)$$

که در این رابطه:

$F(x)$: درصد تجمعی عبوری از دهانه (بعد) کمتر از X یا مساوی آن

X_0 : بعد مشخصه یا پارامتر مقیاس بر حسب سانتی متر، این پارامتر به صورت دهانه سرنندی که ۶۳/۲۱ درصد مواد از آن عبور می‌کنند تعریف می‌شود.

k : موقعیت بر حسب سانتی متر.

n: شاخص یکنواختی یا پارامتر شکل قطعات.

۹-۳ - مدل کامپیوتری Bi - dimensional

این روش بر اساس هندسه چالها و ترکهای شعاعی اطراف هر یک از چالها ایجاد شده است که بر روی یک plan نشان داده شده است (JIMINO, ۱۹۹۵).
هریس در سال ۱۹۷۳ بر همین اساس رابطه زیر را ارائه کرده است.

$$N_0 = \frac{\sigma_b}{RT'} \quad (۱۹)$$

که در این رابطه:

N_0 : تعداد ترکهای اطراف چال

σ_b : میزان تغییر شکل در دیواره چال

RT' : مقاومت کششی دیواره سنگ

در یک فاصله معین (ds) از دیواره چال، تعداد ترکها تغییر کرده و برابر N عدد ترک خواهد شد و داریم:

$$N = \frac{N_0}{\frac{ds}{b}} \times e^{-\alpha \times \frac{ds}{b}} \quad (۲۰)$$

که در آن:

b: شعاع چال

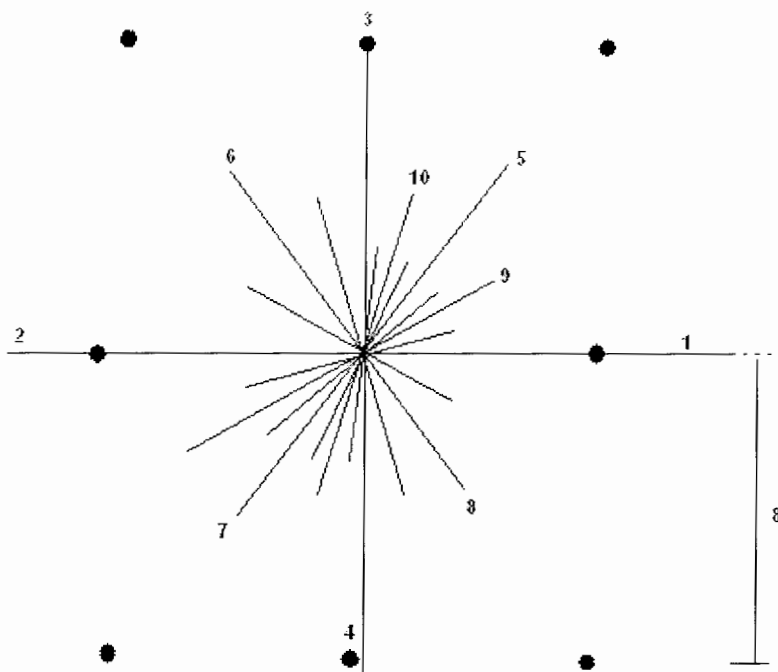
α : ضریب جذب که معمولاً بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۸ است.

یک شبکه مربعی آتشکاری ($B = S$) در شکل (۳-۶) آورده شده است.

برخی پارامترهای ژئومکانیکی سنگ از جمله چگالی، مدول یانگ، نسبت پواسون، مقاومت فشاری، مقاومت کششی و تخلخل در این مدل سازی کاربرد دارند.

مهمترین فاکتور در مورد مواد منفجره، میزان جابجایی ایجاد شده در دیواره چال است که آن هم تابع چگالی مواد منفجره، سرعت انفجار و میزان جفت شدگی خرج در چال می باشد.

جهت یابی ترکهای هر چال به روش تصادفی و فرضی انجام می گیرد و گسترش و بازشدگی آنها توسط انبساط گازهای حاصل از انفجار (فشار گاز داخل چال) بوده و وقتی به یک سطح آزاد و یا با ضخامت بار سنگ بیش از حد برخورد کنند به اتمام می رسد. همچنین در آتشکاری های تاخیری نیز این گسترش و بازشدگی ترکها برای چالهای مجاور هم در لحظه رسیدن ترکهای حاصل از این چالها به یکدیگر، خاتمه می پذیرد.



شکل ۳-۶ - نحوه ایجاد ترک و آرایش آن در یک سنگ همگن بر اساس یک آرایش مربعی (JIMINO, ۱۹۹۵)

در این روش ابتدا تاثیر الگوهای آتشکاری مشابه در زمانهای متفاوت مورد مطالعه قرار گرفته و سپس با ایجاد یک الگوی واحد از مطالعات انجام شده برای هر چال، یک ارزیابی خرد شونده‌گی به روش مونت کارلو^۱ صورت می‌گیرد که در این روش نیز از انتخاب نقاط تصادفی و قرار دادن آن بر روی نقشه بهره می‌برند. سپس با در نظر گرفتن هر یک از این نقاط و ترکهای شعاعی اطراف آن، اندازه بلوک‌ها را تعیین می‌کنند. با تکرار این فرآیند به راحتی منحنی توزیع اندازه ابعاد بلوک فراهم می‌شود. این مدل کاربردهای فراوانی دارد که برخی از کاربردهای آن عبارتند از:

- تاثیر مواد منفجره متفاوت بر الگوی چال زنی مشابه
- اثر زمان تخریب انفجار بر خرد شونده‌گی
- تاثیرات و عوارض ممکن در اثر یک انفجار ناقص
- بررسی خطاهای تلاقی دهانه چال‌های انفجار
- تاثیر الگوهای متفاوت آتشکاری با میزان خرج مصرفی یکسان
- تاثیر ساختار توده سنگ بر نتایج آتشکاری

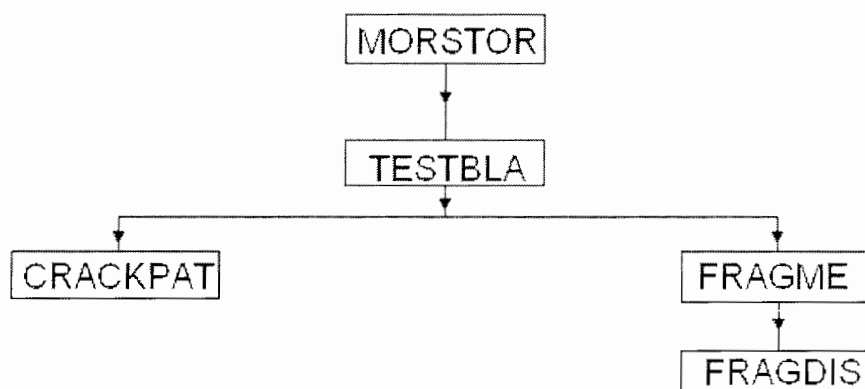
پس از انجام مراحل مطالعاتی و آنالیز، فرآیند با یک مدلسازی برای یک توده سنگ ناپیوسته آغاز می‌شود.

در طراحی الگوی چالزنی باید به فاصله داری درزه‌ها در توده سنگ توجه ای ویژه شود زیرا اگر بلوک مورد نظر در الگوی چالزنی نسبت به فاصله داری طبیعی درزه‌ها در توده سنگ بزرگتر باشد، بلوک‌های تولیدی این الگو تحت تاثیر درزه و شکافهای قبلی سنگ قرار گرفته و ممکن است ابعاد و اندازه بلوک مطابق با الگوی چالزنی و انفجار نباشد. در چنین مواقعی باید قبل از انجام عمل انفجار، اثر این سطوح درزه به وسیله انواع مختلف پرکننده‌ها و به دنبال آن ضریب انتقال امواج آنها مورد بررسی قرار گیرد.

۱۰-۳- مدل دوبعدی کامپیوتری BLASFRAG

این مدل در سال ۱۹۸۹ توسط آقایان زو^۱ و هایکوس^۲ ارائه شد که بر اساس تئوری شکست الاستیک خطی (LEEM)^۳ و معادله کازنتسوف در نظر گرفته شده است و می تواند متوسط ابعاد خرد شده (d_{50}) را بر اساس انرژی انفجاری، طول چال و خصوصیات توده سنگ و با شبیه سازی الگوی ترکهای شعاعی، پیش بینی کند (بخشده، ۱۳۷۷).

این مدل در واقع از یک برنامه کامپیوتری شبیه سازی و یک مدل ریاضی پیش بینی خردشدگی توده سنگ هموزن یا دارای ناپیوستگی تشکیل شده است. اساس این مدل بر مبنای معادله هریس^۴ (سال ۱۹۷۳) می باشد. در این مدل، تعداد سطوح آزاد نزدیک یک چال و روش انفجار در نظر گرفته می شود. ساختار کلی این مدل در شکل (۷-۳) نشان داده شده است. همان گونه که در شکل (۷-۳) آورده شده، این مدل از چند برنامه تشکیل شده است.



شکل ۷-۳ - نمودار کلی مدل شبیه سازی BLASFRAG (بخشده، ۱۳۷۷)

این مدل، برای آزمایش انواع الگوهای آشکاری، پیش بینی و بررسی تاثیر چندین متغیر دخیل در یک طرح انفجاری از قبیل خرج ویژه، قطر چال و عدم دقت چالزنی روی نتایج خردشدگی و توزیع ابعاد قطعات خرد شده ارائه شده است.

برنامه MORSTOR

این برنامه، برنامه اصلی TESTBLA را کنترل می کند و خصوصیات فیزیکی مکانیکی توده سنگ از قبیل مقاومت سنگ، خصوصیات هندسی ناپیوستگی های درون سنگ، گسترش و انتشار ترکها، سرعت امواج طولی و حالت های احتمالی بین ترک ها را توصیف کرده و شرایط لازم برای شبیه سازی طرح های انفجاری را فراهم می کند.

برنامه TESTBLA

یک برنامه اصلی بوده و هر انفجار را بوسیله رسم ترکهای ناشی از هر چال، روی یک مقطع افقی شبیه سازی کرده و در نهایت گسترش ترکهای شعاعی را شبیه سازی می کند.

1 -Zhou

2 - Haycocks

3 -Elastic Fracture Mechanics Theory

4 -Herries

CRACKPAT برنامه

این برنامه تصویر نهایی الگوی ترکهای ایجاد شده را در پایان مرحله انفجار رسم می کند.

FRAGME برنامه

خردشدگی توده سنگ در اثر انفجار را ارزیابی می کند.

FRAGDIS برنامه

این برنامه توزیع ابعاد قطعات خردشده را محاسبه کرده و بدین ترتیب X_C یا دهانه سرنندی که ۶۳/۹ درصد قطعات مجزا که توسط ترکهای شعاعی ایجاد شده را در یک فایل نگهداشته و پس از آن به برنامه فوق فرستاده و توزیع ابعاد را پیش بینی می کنند.

BLASFRAG مدل الگوریتم

در اثر انفجار ستونی از ماده منفجره، تنشهایی اطراف چال بوجود می آید و باعث تولید ترکهای شعاعی می شود. از طرفی ترکهای اولیه درون توده سنگ حائز اهمیت بوده چرا که تراکم و توزیع این شکستگیها روی خردشدگی تاثیر مهمی می گذارد. در این مدل برای توصیف الگوی ترکهای شعاعی تولید شده بوسیله انفجار از معادله هریس (سال ۱۹۷۳) استفاده شده است. طبق این معادله، N تعداد ترکها در یک فاصله R از یک چال انفجاری به شعاع b برابر است با:

$$N = \frac{K}{T\left(\frac{R}{b}\right)} \quad (20)$$

که در آن:

T : کرنش شکست در کشش دینامیکی (کرنش نهایی)

K : کرنش در دیواره چال انفجاری که از رابطه زیر بدست می آید:

$$K = \frac{(1-\nu)P_c}{2(1-\nu)\rho V_p^2 + 3(1-\nu)\gamma P_c} \quad (22)$$

P_c : فشار انفجار

ν : نسبت پواسون

γ : توان آدیاباتیک ماده منفجره

ρ : چگالی سنگ

V_p : سرعت امواج طولی در توده سنگ

بهترین توصیف برای کرنش نهایی، مقاومت کششی سنگ می باشد، بنابراین در صورت مشخص شدن

پارامترهای $\left(\frac{K}{T}\right)$ و شعاع چال (b)، تعداد ترکهای شعاعی در یک فاصله R از چال بدست می آید.

طول ترک با توجه به زمان انفجار و سرعت رشد ترک بدست می آید که از تابع توزیع لاگ نرمال تبعیت می کند. مرحله بعدی در شبیه سازی کامپیوتری، گسترش بیشتر ترکهای سطح آزاد به وسیله فشار انفجار گاز زیاد داخل آنها می باشد.

در این مدل انتشار ترکها به طول ترکهای اصلی، تعداد سطوح آزاد نزدیک یک چال انفجاری و نحوه انفجار بستگی دارد.

تعداد سطوح آزاد نزدیک چالهای انفجاری به طور موثری بر روی چگالی تنش فعال ترکها اثر می گذارد. جدول (۳-۵) اثر تعداد سطوح آزاد نزدیک چال انفجاری بر روی گسترش ترکها بعلا فشار گاز را نشان می دهد.

جدول ۳-۵- اثر گذاری تعداد سطح آزاد بر روی گسترش ترکها بعلا فشار گاز (بخشده، ۱۳۷۷)

تعداد سطوح	روش آشکازی	گسترش ترک
۱	تاخیری	۱/۷
۱	فوری	۱/۵
۲ یا ۳	فوری	۲
۲ یا ۳	تاخیری	۲/۵

در مرحله بعد توسط برنامه FRAGME، این شکستگیها و خردشدگی ها ارزیابی می شود و تصویر مقطع رسم شده و با بزرگ کردن آن نقاط مورد نظر انتخاب می شود. از هر نقطه دوخط، یکی افقی و دیگری عمودی رسم می شود تا به نزدیکترین شکستگی اطراف این نقطه برسد. X_C یا $d_{63.9\%}$ قطعات در واقع کوتاهترین طول دو خط است. محاسبات مربوط به ابعاد، توزیع و وزن قطعات در برنامه FRAGDIS صورت می گیرد.

برنامه FRAGDIS یک مدل ریاضی است که متوسط ابعاد قطعات را به انرژی انفجاری، طول چال و خصوصیات توده سنگ ارتباط می دهد. الگوریتم این مدل به صورت زیر است:

۱. به کمک منحنی Rosin - Rammler توصیف خوبی از خردشدگی بدست می آید. بنابراین برای پیش بینی کامل توزیع ابعاد خردشدگی، X_C و شاخص خردشدگی پیدا می شود.

۲. متوسط ابعاد قطعات خردشده از طریق رابطه زیر بدست می آید:

$$\bar{x} = \frac{A(f)}{100} L^{0.8} Q^{-0.633} B^{1.6} \left(\frac{S}{B}\right)^{0.8} \quad (23)$$

که در این رابطه:

\bar{x} : متوسط ابعاد قطعات خرد شده (متر)

L: طول چال (متر)

Q: وزن TNT بر حسب کیلوگرم که معادل انرژی خرج در یک چال می باشد.

B: فاصله چال از اولین سطح آزاد- ضخامت بارسنگ (متر)

S: فاصله بین ردیف ها

A(f): فاکتور سنگ که به مقاومت بکر و تراکم ناپیوستگیهای موجود در توده سنگ f (m^2/m^3) بستگی دارد.

معادله فوق در واقع رابطه کارنتسوف بوده با این تفاوت که پارامتر A، به تراکم ناپیوستگیهای درون توده سنگ بستگی دارد.

توان n از رابطه زیر بدست می آید:

$$\mu\left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{K_r \cdot S}{K_s \cdot V_0} \bar{X} \quad (24)$$

که $\mu\left(1 - \frac{1}{n}\right)$ همان تابع گاما است.

K_V و K_S ثابت تشابه هندسی در ارتباط با حجم و مساحتی که قطعه با خصوصیات ابعادی مورد نظر می باشد.

S : مساحت کل قطعات خردشده بعد از انفجار (m^3)

V_0 : حجم سنگ شکسته شده (m^3) به ازای هر چال

X_c را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$X_c = \frac{\bar{X}}{0.693^{\frac{1}{n}}} \quad (25)$$

۳-۱۱- مدل مرکب روستن

این مدل توسط آقای روستن^۱ در سال ۱۹۹۲ ارائه شده است. این فرمول یک d_{50} دقیق با اختلاف $\pm 15\%$ برای همه نوع سنگ از جمله سنگهای با امپدانس کم، متوسط و زیاد می دهد (بخشده، ۱۳۷۷):

$$d_{50} = K \frac{RQD}{Jn} \times \frac{(C_p \cdot \rho_r)^{0.6} (B_h \cdot S_h)^{0.5}}{l C_r^{0.7} Q_c^{0.4} q^{1.2} C_d} \quad (26)$$

که:

K : مقدار ثابت و به ساختمان سنگ، موقعیت و جهت چالهای انفجار بستگ دارد.

RQD : شاخص کیفیت سنگ

C_p : سرعت امواج سولی در سنگ (m/s)

Jn : تعداد درزه ها

C_d : سرعت انفجار ماده منفجره (m/s)

Q_c : انرژی حرارتی ماده منفجره (kJ/kg)

q : خرج ویژه (kg/m^3)

ρ_r : چگالی سنگ

$l C_r$: (l/l) وقتی که $l - l_c > B$ در غیر اینصورت معادل ۱ است.

البته این فرمول برای بدست آوردن d_{50} مناسب نبود. بنابر این توسط آقای کو^۲ تغییر کرد و شکل جدید آن به صورت زیر در آمد:

$$d_{50} = 0.01 B_h^{-0.8} \frac{(C_p \cdot \rho_r)^{0.6} (B_h \cdot S_h)^{0.5}}{l C_r^{0.7} C_d^{0.4} q} \quad (27)$$

1 -Rustan

2 -Kou

معایب این روش عبارتند از:

- ۱- احتیاج به اندازه گیری پارامترهای سنگ مانند RQD، تعداد دسته درزه ها و سرعت امواج طولی در سنگ است، به طوری که اندازه گیری دقیق پارامترهای فوق الذکر مشکل و نیاز به دستگاههای ابزار دقیق دارد که خود وقت گیر و هزینه بر است.
- ۲- در بیشتر موارد، مقدار پیش بینی شده متوسط ابعاد قطعات (d_{50}) کوچکتر از مقدار واقعی است. مزایای این روش عبارتند از:
 - ۱- در این مدل از پارامترهای سنگ مانند RQD و خصوصیات ناپیوستگی های آن استفاده شده است.
 - ۲- از سرعت انفجار و سرعت امواج طولی در سنگ به جای قدرت وزنی نسبی ماده منفجره استفاده شده است.
 - ۳- این مدل مستقل از سایر مدل‌های قبلی است.

۱۲-۳- مدل کامپیوتری SAROBLAST

در طراحی عملیات انفجاری دو نکته حائز اهمیت است. یکی تعیین فاصله تا اولین سطح آزاد(ضخامت بارسنگ) به ازای یک قطر چال معین و دوم پیش بینی نتایج انفجار از قبیل توزیع ابعاد قطعات خردشده و پروفیل توده خردشده برای یک الگوی انفجاری ارائه شده می باشد. رایج ترین فرمولهای مورد استفاده برای محاسبه ضخامت بارسنگ برای یک چال انفجاری، خطی می باشد، مانند فرمول لانگرفورس و روستن (سال ۱۹۷۸) و یا فرمول اش^۱ در سال ۱۹۶۸.

آقای روستن در سال ۱۹۹۰ بواسطه آنالیزهای رگرسیون داده های واقعی از حدود ۱۰۰ معدن زیرزمینی و روباز به این نتیجه رسید که روابط بین این دو پارامتر غیر خطی است و برای معادن روباز و زیرزمینی نیز متفاوت است. در سال ۱۹۹۲ آقایان کو و روستن یک رابطه غیر خطی بین ضخامت بارسنگ و قطر چال انفجاری از طریق آنالیز علمی ثابت کرده اند (بخشنده، ۱۳۷۷):

$$\left(\frac{d}{B}\right)^2 = \frac{\varphi \sigma_c^2 \operatorname{tg}(\theta/2)}{2K_n \theta_c \rho_c E} + \frac{\operatorname{tg}(\theta/2) \alpha \rho_r}{K_n Q_c \rho_c} B \quad (28)$$

که در این رابطه:

B: فاصله چال تا اولین سطح آزاد (ضخامت بارسنگ)

σ_c ، ρ_r و E به ترتیب چگالی، مقاومت فشاری تک محوری سنگ و مدول یانگ سنگ شکسته نشده می باشد.

Q_c : انرژی حرارتی ناشی از انفجار و:

$$K_n = \frac{\pi \eta R_{|1}^2}{4} \quad (29)$$

که:

$R_{|1}$: نسبت قطر خرج به قطر چال انفجاری می باشد.

۱۷: بازدهی انرژی تغییرشکل ماده ناریه به سنگ که در برنامه SAROBLAST معادل ۰/۲ می باشد.

θ_e : زاویه شکست سنگ

φ : نسبت بین انرژی شکست و ماکزیمم انرژی کرنش فشاری در واحد حجم سنگ است. در این برنامه مقدار φ در بیشتر حالات برابر یک است.

α : فاکتور مربوط به مقیاس عملیات انفجاری در ارتباط با جهت پرتاب سنگ است.

در برنامه SAROBLAST، از سه مدل کاز - رام، سوئدیفو و فرمول مرکب برای پیش بینی توزیع ابعادی متوسط قطعات (d_{50}) استفاده شده است. در این مدل با توجه به آزمایشاتی که روی ۶ نوع ماده ناریه امولسیون در چالهای به قطر ۲۲ mm در بتن صورت گرفت، اولاً تغییرات d_{50} فقط $\pm 5\%$ بود. ثانیاً از آنجایی که مکانیزم خردشدگی سنگ بیشتر به سرعت انفجار وابسته است تا به انرژی حرارتی انفجار، بنابراین در فرمول مرکب جدید از تاثیر φ_e چشم پوشی شده است.

از معایب این روش در حال حاضر تنها می توان به وابستگی برنامه به قطر چال انفجاری نام برد.

مزایای این روش عبارتند از:

- ۱- ساختار کلی برنامه به گونه ای است که در صورت تکمیل شدن نتایج برنامه در آینده، نیازی به تغییر کل ساختار برنامه نیست.
- ۲- داشتن قابلیت استفاده آسان از برنامه وجود دارد.
- ۳- برای محاسبه ضخامت بارسنگ، برخلاف مدل‌های قبلی، از یک رابطه غیر خطی و دقیق استفاده شده است.
- ۴- استفاده از سه مدل کاز - رام ، سوئدیفو و مرکب که برای پیش بینی توزیع ابعاد قطعات خردشده.

با توجه به بررسی های انجام شده، خلاصه مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی و کاربردهای آنها در جدول ۳-۶ آورده شده است.

جدول ۳-۶ - خلاصه ای از مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی و کاربردهای آنها

سال	موارد کاربرد	فرمول	نام مدل	ردیف
۱۹۷۰	برای انواع مختلف توده سنگ به شرط انجام آزمایشات عملی جهت تعیین ضرایب پارامترهای مؤثر	$R(X) = a.W^b \cdot \left[\frac{X}{B} \right]^c$ $R(X) = a.W^b \cdot \left[\frac{X}{B} \right]^c$	دنیس و گاما	۱
۱۹۷۳	برای انواع مختلف توده سنگ با ساختار زمین شناسی مختلف	$d_{50} = C_p \cdot e^{\left(\frac{0.581 \ln B - 0.145 \ln \left(\frac{S}{B} \right) - 1.181 \ln \left(\frac{q}{C} \right) - 0.82}{C_p} \right)}$	لارسون	۲
۱۹۹۳	برای انواع مختلف توده سنگ با ساختار زمین شناسی مختلف	$d_{50} = C_d \left(1 + 4.67 \left(\frac{T}{L} \right)^{2.5} \right) \times e^{0.29 \ln B \sqrt[3]{\frac{S}{B}} + 1.48 \ln \left(\frac{q}{C} \right) - 0.82}$ $R(X) = 1 - e^{-\left(\frac{X}{d_{50}} \right)^{2.5}}$	سوئدیفو	۳

ادامه جدول ۳-۶ - خلاصه ای از مدل‌های مختلف پیش بینی خردشدگی و کاربردهای آنها

سال	موارد کاربرد	فرمول	نام مدل	ردیف
۱۹۸۳	برای انواع مختلف توده سنگ‌های سخت مناسب بوده اما برای سنگ‌های نرم کمی باید دقت بیشتری نمود.	$\bar{X} = Aq^{-0.8} \cdot Q^{0.167} \cdot \left(\frac{115}{E}\right)^{0.633}$ $R(X) = 1 - e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$ $X_c = \frac{\bar{X}}{(0.693)^{\frac{1}{n}}}$	کاز-رام	۴
۱۹۸۷	برای انواع مختلف توده سنگ با ساختار زمین شناسی مختلف	$\bar{X} = 0.06BI \cdot \left(\frac{V}{Q}\right)^{0.8} \cdot Q^{0.167} \cdot \left(\frac{115}{E}\right)^{0.633}$ $BI = RMD + JPS + JPO + RDI + HF$ $R(X) = 1 - e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$	اصلاح شده کاز-رام	۵
—	برای انواع مختلف توده سنگ با ساختار زمین شناسی مختلف برای چالهای با قطر کم	—	گوتافسون	۶
۱۹۷۳	برای انواع مختلف توده سنگ با ساختار زمین شناسی مختلف	$N = \frac{No}{(ds/b)} \times e^{-\alpha \times \frac{ds}{b}}$	Bi-dimensional	۷
۱۹۸۹	برای انواع مختلف توده سنگ و شرایط تکنیکی و دارای ناپیوستگی	$N = \frac{K}{T(R/b)}$ $K = \frac{(1 - \theta) \rho_c}{2(1 - \theta) \rho V_p^2 + 3(1 - \theta) \gamma \rho_c}$ $\bar{X} = \frac{A(f)}{100} L^{0.8} Q^{0.633} B^{1.6} R^{0.8}$	بلاسراگ	۸
—	برای انواع مختلف توده سنگ با ساختار زمین شناسی مختلف	—	تابع احتمال وایبل	۹
۱۹۹۲	برای انواع مختلف توده سنگ با با امپدانس‌های مختلف	$d_{50} = K \frac{RQD}{Jn} \times \frac{(C_r \rho_r)^{0.6} (B_b \cdot S_b)^{0.5}}{\rho_r^{0.7} Q_c^{0.4} q^{1.2} C_d}$ $d_{50} = 0.01 B_b^{-0.08} \frac{(C_r \rho_r)^{0.6} (B_b \cdot S_b)^{0.5}}{\rho_r^{0.7} C_d^{0.4} q}$	روستن	۱۰
۱۹۹۲	برای انواع مختلف توده سنگ با شرایط تکنیکی متفاوت که وابسته به قطر چال انفجاری است.	$\left(\frac{d}{B}\right)^2 = \frac{\varphi \sigma_c^2 \lg(\theta/2)}{2 K_n \theta_c \rho_c E} + \frac{\lg(\theta/2) \alpha \rho_r}{K_n Q_c \rho_c} B$	سارویلاست	۱۱

فصل چہارم

مطالعات موردی

فصل چهارم: مطالعات موردی

در این فصل از اطلاعات و نتایج انفجارات در چند معدن مختلف در نقاط مختلف در داخل و خارج کشور استفاده شده است.

۴-۱- معدن سنگ آهن سنگان خواف

معدن سنگ آهن سنگان خواف در استان خراسان و در ۲۸۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان مشهد، ۵۸ کیلومتری جنوب تایباد و ۴۰ کیلومتری شرق خواف قرار دارد. بر اساس اطلاعات موجود ذخیره زمین شناسی این معدن ۵۴۱ میلیون تن با متوسط عیار آهن ۴۲/۳ درصد و گوگرد ۰/۷۵ درصد و ذخیره قطعی آن ۳۲۲ میلیون تن با متوسط عیار ۴۴/۴ درصد و گوگرد ۰/۵۹ درصد می باشد (عطایی، ۱۳۸۴).

برای پیش بینی توزیع خرد شدگی سنگها در این معدن امکان استفاده از مدل ریاضی دنیس و گاما نبوده است زیرا برای بدست آوردن ضرایب ثابت مدل نیاز به آزمایشهای عملی در صحرا داشته که امکان انجام این آزمایشها در معدن وجود نداشت. از طرفی بسیاری از پارامترهای مدل اصلاح شده کاز-رام نیز در معدن قابل برداشت نبود. لذا از بین مدل‌های ریاضی ارائه شده در فصل قبل با توجه به اطلاعات قابل برداشت دو مدل کاز-رام و سوئدیفو به منظور پیش بینی توزیع خردشدگی سنگها در معدن سنگ آهن خواف انتخاب شد و با توجه به مشخصات پنج انفجار مذکور (جدول ۴-۱) توزیع دانه بندی سنگها پیش بینی و در جدول ۴-۲ درج شده است.

برای پنج انفجار برداشت شده در معدن سنگ آهن سنگان خواف، نتایج مدل‌های ریاضی با روش مشاهده ای مطابق شکل‌های (۴-۱) تا (۴-۵) مورد مقایسه قرار گرفته است. همان گونه که در این شکلها مشاهده می شود مدل کاز-رام نسبت به مدل سوئدیفو سازگاری بیشتری با روش مشاهده ای داشته است (عطایی، ۱۳۸۴).

جدول ۴-۱ - مشخصات چالزنی وانفجار (عطایی، ۱۳۸۴)

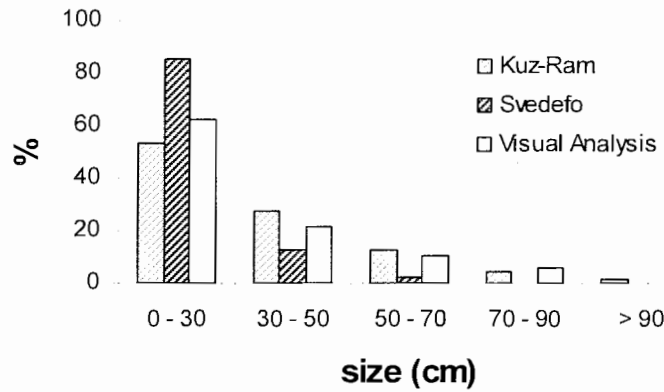
شماره انفجار					پارامتر
۵	۴	۳	۲	۱	
۷۶ و ۱۱۵	۱۱۵	۷۶	۷۶	۷۶	قطر چال (میلیمتر)
۵۰ و ۲۳	۳۱	۴۵	۲۹	۶۷	تعداد چالها
$۲ \times ۲/۵$ و $۳ \times ۴/۵$	۳×۴	$۲/۵ \times ۳$	۱×۱	$۱/۵ \times ۲$	الگوی چالزنی (متر)
$۱۱/۴$ و $۸/۷$	$۳/۱۶$	$۸/۴۲$	$۱/۷$	$۱۱/۸$	عمق چالها (متر)
۱۰ و ۸	۳	۷	$۱/۲$	۱۱	ارتفاع پله (متر)
لوزی	لوزی	لوزی	لوزی	لوزی	آرایش چالها
۱۲	۴	۷	۲	۵	تعداد ردیف
۶ و $۴/۵$	$۱/۸$	$۴/۵$	$۰/۹$	$۷/۵$	طول خرگنداری (متر)
۷۵ و ۲۵	۱۶	۲۹	$۱/۸$	$۲۸/۵$	متوسط خرج هر چال (کیلوگرم)
-	-	۱۶	$۲/۵$	۶	پهنای سینه کار (متر)
-	-	۲۶	۱۵	۳۲	طول سینه کار (متر)
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	قدرت وزنی ماده منفجره نسبت به آنفو
۲۷۶۰	$۵۱۸/۴$	۱۳۰۰	۶۰	۱۹۲۰	میزان آنفو (کیلوگرم)
۱۲۵۰	۵۰۰	۷۵۰	۱۲۰	۱۰۴۵	مصرف فتیله انفجاری (متر)
۴	۴	۴	۴	۴	مصرف فتیله معمولی (متر)
۲	۲	۲	۲	۲	تعداد چاشنی معمولی مصرف شده
۳۲	۳	۱۲	۴	۱۰	تعداد چاشنی تاخیری مصرف شده
۲۱	۶	۱۲	$۴/۲$	۱۹	مصرف دینامیت (کیلوگرم)
$۵۳۸۸/۴$	۸۶۴	۲۶۱۲	$۶۳/۷۵$	۲۲۶۵	حجم سنگ (متر مکعب)
$۲۱۵۵۳/۶$	۳۴۵۶	۱۰۴۴۸	$۲۶۷/۵$	۹۵۱۳۰	تناژ سنگ (تن)
	۱۳	$۴۷/۵$	۷	۱۰۰	مدت زمان چالزنی (ساعت)
۵۷۰ و ۲۰۱	۹۸	۳۷۹	۵۱	۷۹۳	متر از چالزنی

جدول ۴-۲ - پیش بینی توزیع خرد شدگی پس از انفجار در انفجارهای برداشت شده در معدن سنگ آهن سنگان با استفاده از

مدلهای ریاضی (عطایی، ۱۳۸۴)

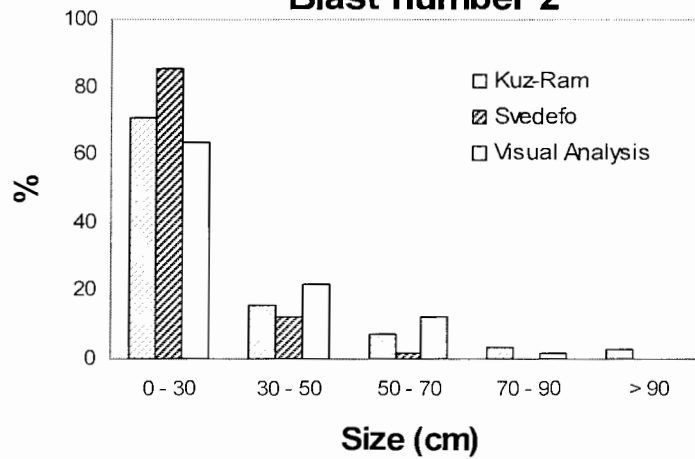
انفجار شماره ۵		انفجار شماره ۴		انفجار شماره ۳		انفجار شماره ۲		انفجار شماره ۱		محدوده انبعاث (سانتیمتر)
میل سوئدنیو	میل کاز-رام	میل سوئدنیو	میل کاز-رام	میل سوئدنیو	میل کاز-رام	میل سوئدنیو	میل کاز-رام	میل سوئدنیو	میل کاز-رام	
۸۴۱	۵۰۷۱	۵۶۷۲	۵۶۴۷	۷۹۴۵	۳۵۰۱	۸۵۵۱	۷۱	۸۵۵۱	۵۳۲۵	۰ - ۳۰
۱۳۳۲	۲۳۵۴	۲۴۸۸	۲۳۸۲	۱۶۲۸	۲۱۵۲	۱۲۳۶	۱۵۸۱	۱۲۳۶	۲۷۶	۳۰ - ۵۰
۲۲۶	۱۳۳۸	۱۱۱۸	۱۱۶۹	۳۵۷	۱۵۸۳	۱۸۹	۷۱۴	۱۸۹	۱۲۸	۵۰ - ۷۰
۰۲۸	۶۷	۴۷۳	۵۰۲	۰۶	۱۰۷۴	۰۲۱	۳۲۳	۰۲۱	۴۵۸	۷۰ - ۹۰
۰۰۴	۵۶۷	۲۴۹	۳	۰۱	۱۶۹	۰۰۳	۲۸۲	۰۰۳	۱۷۷	> ۹۰

Blast number 1



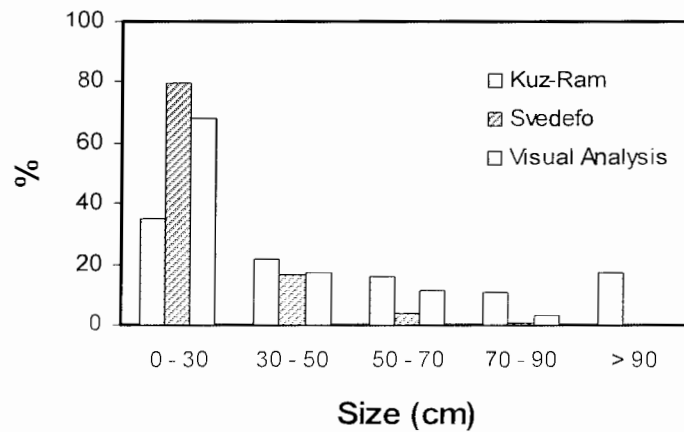
شکل ۴-۱- مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۱ (عطایی، ۱۳۸۴)

Blast number 2



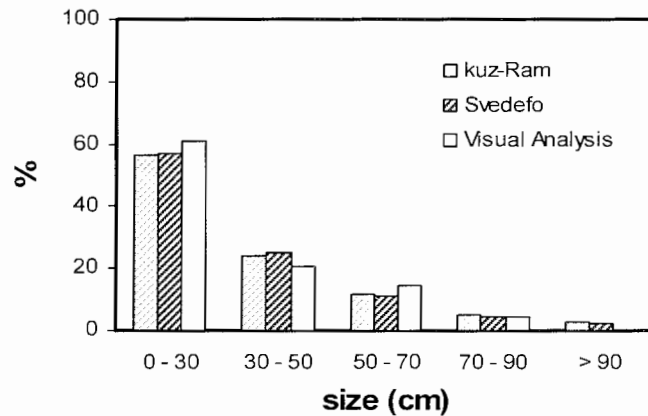
شکل ۴-۲- مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۲ (عطایی، ۱۳۸۴)

Blast number 3



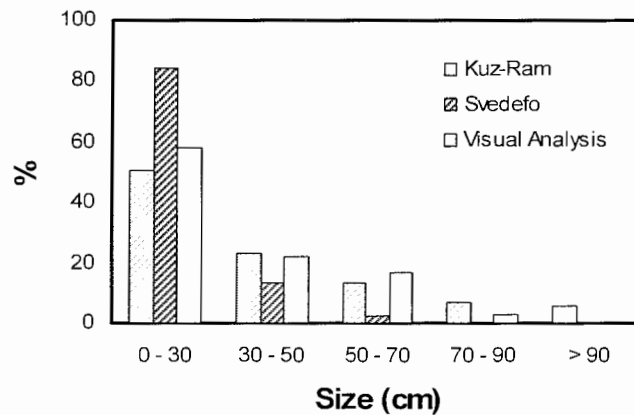
شکل ۴-۳- مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۳ (عطایی، ۱۳۸۴)

Blast number 4



شکل ۴-۴- مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۴ (عطایی، ۱۳۸۴)

Blast number 5



شکل ۴-۵- مقایسه مدل‌های ریاضی و روش مشاهده ای در انفجار ۵ (عطایی، ۱۳۸۴)

۲-۴- معدن زغال سنگ واقع در هندوستان (استخراج به روش روباز)

مطالعات فنی و اقتصادی در این معدن زغال سنگ واقع در هندوستان، استخراج آن به روش روباز را مناسب دانسته است. بدین ترتیب عملیات معدنکاری از حدود سال ۱۹۸۶ آغاز شده و فعالیت‌های استخراجی در دو قسمت شرقی و غربی معدن متمرکز شده است. به دلیل داشتن محدودیت از دو دستگاه چالزنی چرخشی اینگرسولرند با مته های ۲۵۰ و ۱۵۰ میلی متری برای حفر چالهای انفجاری استفاده شده است. سایر اطلاعات و جزئیات طرح عملیات انفجاری در معدن مورد نظر در جدول (۳-۴) آورده شده است. خلاصه نتایج عملیات انفجاری بر اساس مدل کاز - رم در جدول (۴-۴) آورده شده است. می توان توزیع ابعاد را برای مراحل انفجاری بدست آورد که نتایج آن به طور خلاصه در جدول (۵-۴) آمده است.

جدول ۴-۳- جزئیات طرح عملیات انفجاری (بخشده، ۱۳۷۷)

شماره انفجار								پارامترها
۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۸۰/۲۶۵	۷۶/۱۸۵	۷۶/۲۲	۷۸/۱۷۲	۸۲/۲۸	۷۵/۲۸۳	۷۸/۲۸۵	۷۵/۲۷	شیب دامنه/ امتداد درجه
۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	قطر چال (mm)
۹	۱۵	۱۷	۲۲	۲۰	۳۶	۲۰	۱۱	تعداد چال
لوزی	لوزی	مستطیل	مستطیل	لوزی	لوزی	لوزی	لوزی	الگوی چالزنی
۲/۵	۴	۴	۴	۳/۵	۵	۳	۵	متوسط بردن ظاهری (m)
۳	۵	۵	۵	۴/۵	۵/۵	۴	۵/۵	متوسط فاصله ظاهری چالها در ردیف (m)
۶	۱۳	۱۳/۵	۱۳/۵	۱۴/۳	۱۴	۱۳/۵	۱۳/۵	ارتفاع پله
۶	۱۳	۱۳/۵	۱۳/۵	۱۴/۳	۱۴	۱۳/۵	۱۴	عمق چال
۵	۱۶	۱۳	۲۰	—	۱۳	۹	۱۷/۵	پهنای سینه کار
۹/۲	۲۲۸	۳۳	۲۴	—	۷۵	۳۳	۱۹	طول سینه کار
امولسیون	SMS	SMS	SMS	SMS	SMS	SMS	امولسیون	نوع ماده منفجره
۸۳	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۸۳	قطر خرج (mm)
۵۰۰۰	۴۵۰۰	۴۵۰۰	۴۵۰۰	۴۵۰۰	۴۵۰۰	۴۵۰۰	۵۰۰۰	سرعت انفجار (m/s)
۱۲۰	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۹۷	۱۲۰	قدرت وزنی نسبی (آنفو برابر صد)
۶۲	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۷۰	متوسط خرج هر چال (kg)
۳/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۶/۸	۴/۵	۶	طول خرج (m)
—	۷	۲	۵	۸	۱۹	۱۲	۴	تعداد قطعات بزرگ
—	۲/۷۵	۰/۱۵	۲	۳	۵	۳	۰/۵	مقدار مواد منفجره انفجار ثانویه (kg)

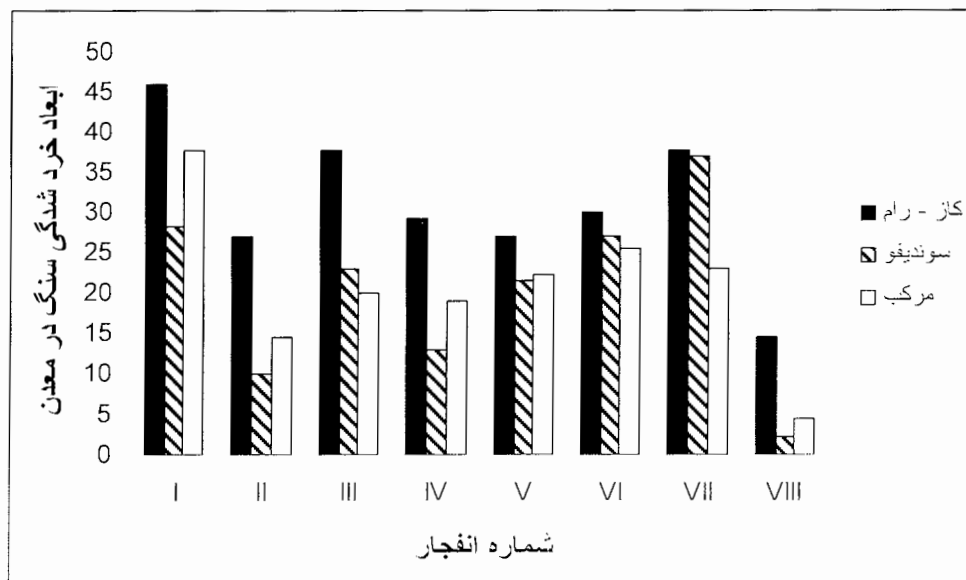
جدول ۴-۴- خلاصه نتایج عملیات انفجاری بر اساس مدل کاز - رام (بخشده، ۱۳۷۷)

شماره انفجار								پارامترها
۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۲۸۵	۶۲۷۲	۶۰۰۶	۶۷۲۰	۴۴۱۰	۱۳۶۵۰	۴۰۰۹	۴۴۸۹	حجم عملیات آتشباری (m ³)
۱/۹۶	۰/۴۸۲	۰/۱۵۶۶	۰/۶۵۵	۰/۹۰۷	۰/۷۲	۰/۹۹۸	۰/۴۱۷	خرج ویژه (kg / m ³)
۱۴/۶۹	۳۳/۸	۲۹/۷۲	۲۶/۴۴	۲۹/۱۱	۳۷/۴۶	۲۶/۹۷	۴۶/۱۱	متوسط ابعاد قطعات (cm)
۱/۳۴	۰/۸۵	۰/۷۴۱	۰/۷۴۱	۰/۸۱	۱/۰۸	۰/۸۷	۰/۹۹	شاخص خردشدگی
۱۹/۳۱	۵۲/۰۳	۴۸/۷۵	۴۳/۳۷	۴۵/۶۲	۵۲/۶۲	۴۱/۱۱	۶۶/۷۸	d _{۵۰} (cm)

جدول ۴-۵ - پیش بینی درصد وزنی ابعاد قطعات خرد شده، مدل کاز -رام (بخشنده، ۱۳۷۷)

شماره انفجار								
۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	ابعاد سرنند (mm)
۳۳/۹	۲۱/۸۲	۲۶/۵۹	۲۸/۶۲	۲۵/۳۶	۱۵/۳۳	۲۵/۳۵	۱۴/۱۵	۱۰۰
۶۴/۹۴	۳۵/۸۳	۴۰/۳۵	۴۳/۰۸	۴۰/۱۲	۲۹/۶۶	۴۱/۳۹	۲۶/۱۵	۲۰۰
۵۵/۰۵	۵۷/۸۴	۶۱	۵۹/۳	۵۲/۴۷	۹۸/۶۱	۶۲/۳۴	۴۵/۲۳	۴۰۰
۹۸/۹۶	۶۷/۶۶	۶۸/۸۵	۷۸/۹۸	۷۱/۳۱	۶۸/۴۲	۵۷/۰۸	۵۹/۳۲	۶۰۰
۹۹/۸۸	۷۶/۳۴	۷۶/۳۹	۷۸/۲۸	۷۹/۳۲	۷۹/۲۵	۸۳/۲۱	۶۹/۷۵	۸۰۰
۱۰۰	۸۲/۴۹	۸۱/۷۹	۸۴/۳۹	۸۴/۸۷	۸۶/۴۸	۹۱/۲۲	۷۷/۴۹	۱۰۰۰
۱۰۰	۸۶/۹۳	۸۵/۷۶	۸۸/۰۶	۸۸/۸	۹۱/۲۵	۹۲/۱۱	۸۳/۳۲	۱۲۰۰
۱۰۰	۹۰/۱۷	۸۸/۷۵	۹۰/۷۷	۹۱/۶۳	۹۴/۳۷	۹۴/۵۲	۸۷/۷۵	۱۴۰۰
۱۰۰	۹۲/۵۶	۹۱/۴	۹۲/۸	۹۳/۶۹	۹۶/۴	۹۶/۱۷	۹۰/۷	۱۶۰۰
۱۰۰	۹۴/۳۴	۹۲/۸۱	۹۴/۳۳	۹۵/۲۲	۹۷/۷۱	۹۷/۳	۹۳/۰۷	۱۸۰۰
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	بیشتر از ۱۸۰۰

در همین معدن پیش بینی ابعاد قطعات خرد شده به روشهای سوندیفو و مرکب نیز صورت گرفته که نتایج آن به طور خلاصه در دیاگرام میله ای شکل (۴-۶) آمده است. همان گونه که در نمودار مشاهده می شود نتایج حاصل از دو شیوه سوندیفو و مرکب بسیار به یکدیگر نزدیک می باشد و احتمال درست تر بودن این دو روش در مورد این معدن بیشتر به نظر می رسد، هر چند که روش کاز - رام در سایر معادن یک روش دقیق تر و بهتری نشان داده است.



شکل ۴-۶ - دیاگرام میله ای متوسط ابعاد (بخشنده، ۱۳۷۷)

۴-۳- معدن مس سرچشمه

ذخیره کل کانسار مس سرچشمه بر اساس آخرین محاسبه ذخیره در سال ۱۳۶۴ به میزان ۱/۲ میلیارد تن سنگ سولفور با عیار متوسط ۰/۶۹٪ و عیار حد ۰/۲۵٪ تخمین زده شده است. تا چندی پیش عملیات استخراج ماده معدنی در محدوده طرح بیست ساله استخراج قرار می گرفت. در طرح بیست ساله تنها ۳۰٪ از ذخیره مذکور قابل استخراج بود و ۷۰٪ از سنگ سولفور باقی می ماند و چنانچه برای توسعه و افزایش عمر طول معدن اقدام نمی شد، پس از اتمام محدوده طرح بیست ساله، تولید مس می شد و شروع مجدد تولید مستلزم صرف زمان و هزینه زیادی بود. از این رو طرح توسعه معدن پیشنهاد شد و عملیات استخراج در مس سرچشمه در حال گذار از طرح بیست ساله به طرح توسعه می باشد.

بر طبق طرح جدید بالاترین پله معدن در ارتفاع ۲۹۱۲/۵ متر و پایین ترین آن در ارتفاع ۲۰۶۵/۵ متر خواهد بود. با توجه به اینکه در طرح توسعه معدن متوسط فاصله باربری تا سنگ شکن حدود ۳ کیلومتر و متوسط فاصله باربری کلی حدود ۴/۵ کیلومتر بوده و میزان استخراج روزانه نیز تا ۲۰۰ هزار تن پیش بینی شده است، لازم است سیستم مناسبی برای باربری طراحی شود، به گونه ای که با حداقل هزینه بتوان تولید روزانه معدن را جابجا کرد. در غیر این صورت برای اجرای طرح توسعه ده ها دستگاه شاول و کامیون مورد نیاز خواهد بود که از نظر اقتصادی هزینه های بسیار بالایی را تحمل می کند.

در واقع تعیین دانه بندی انواع سنگ معدن مس سرچشمه پس از انفجار مقدمه ای بر پروژه بررسی امکان نصب گریزلی و بونکر در داخل پیت و حمل با نوار نقاله در فاصله معدن تا سنگ شکن اولیه و حذف مسیر حمل و نقل با کامیون در مسیر فوق می باشد (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴).

۴-۳-۱- تجهیزات مورد استفاده

در این تحقیق برای تعیین دانه بندی سنگ معدن پس از انفجار از نرم افزار آنالیز تصویری Goldsize استفاده شد. برای تهیه تصاویر نیز از یک دوربین فیلمبرداری دیجیتالی سونی مدل DCR-PC110E استفاده شد. این دوربین دارای یک حافظه ۴ مگابایتی برای ذخیره ۲۰ عدد تصویر با قدرت تفکیک ۴۸۰×۶۴۰ بود. همچنین با استفاده از یک حلقه فیلم MDV، تصاویر توسط خود دوربین به عکس تبدیل و به نرم افزار منتقل شد. برای تعیین مقیاس تصاویر نیز از دو عدد توپ بسکتبال به قطر ۲۴ سانتی متر استفاده شد.

۴-۳-۲- انتخاب محل نمونه گیری

به منظور تعیین دانه بندی سنگ معدن ارسالی به سنگ شکن اولیه از سه نوع عمده سنگ معدن موجود در معدن سرچشمه (سرچشمه پورفیری^۱، آندزیت^۲ و لیت فاین پورفیری^۳) برای نمونه گیری و انجام آنالیز دانه بندی انتخاب شد.

۴-۳-۳- ارائه یافته ها

پس از تصویر برداری، تعیین مقیاس، تعیین مرز قطعات سنگ به طور دستی (به کمک اشاره گر) و مراحل بعدی آنالیز تصویری بر روی نمونه های گرفته شده انجام گرفت. در ادامه از نمودارهای دانه بندی

1 -Sarcheshmeh porphyry

2 -Andesite

3 -Late fine porphyry

خروجی نرم افزار برای تعیین وضعیت دانه بندی انواع سنگ معدن استفاده شد. جدول (۴-۶) خلاصه نتایج نهایی را در سنگ سرچشمه پورفیری نشان می دهد.

جدول ۴-۶- خلاصه نتایج نهایی را در سنگ سرچشمه پورفیری (پورمحمدحسینی، ۱۳۸۴)

Project no.	Image count	Particles count	Min size (cm)	max size (cm)	80% pass (cm)	50% pass (cm)	20% pass (cm)
۱	۹	۴۸۵۶	۱	۲۷	۱۲	۸	۶
۲	۱۰	۴۰۲۱	۱	۷۰	۲۷	۱۴	۹
۳	۱۴	۵۳۷۶	۱	۳۶	۱۰	۶	۴
۴	۱۰	۳۵۳۰	۱	۳۰	۱۲	۸	۵
۵	۹	۱۸۱۲	۱	۷۲	۳۸	۱۸	۱۰
۶	۱۲	۵۱۲۶	۱	۲۰	۹	۶	۴
۷	۱۰	۳۴۸۱	۱	۲۶	۱۱	۹	۵
۸	۱۱	۲۲۶۳	۱	۳۴	۱۷	۱۲	۸
۹	۹	۱۳۷۲	۱	۴۱	۲۳	۱۴	۹
۱۰	۸	۲۰۱۵	۱	۳۴	۱۳	۹	۶
۱۱	۸	۹۵۹	۱	۸۳	۴۴	۲۴	۱۲

ستون اول جدول شماره پروژه است. هر پروژه شامل تعدادی از مجموعه تصاویر مربوط به یک جبهه کار دسته بندی شده با توجه به میزان خردایش آن می باشد. در ستون دوم تعداد تصاویر مربوطه به آن پروژه و در ستون سوم تعداد کل ذرات مشخص در این تصاویر که مرزیابی شده اند، درج شده است. ستون چهارم حداقل اندازه مرزیابی شده را نشان می دهد که برای همه نمونه مقدار یک سانتی متر انتخاب شده، اما ذرات کوچکتر از این مقدار نیز تقریباً در همه تصاویر وجود داشت. ستون پنجم اندازه بزرگترین قطعه موجود در هر پروژه را نشان می دهد. که نرم افزار Goldsize این مقدار و نیز مقدار حداقل را برای هر تصویر و برای کل تصاویر یک پروژه محاسبه می نماید. ستون های ششم، هفتم و هشتم نیز مقادیر ۸۰، ۵۰ و ۲۰ درصد عبوری را در هر پروژه نشان می دهد. این مقادیر نیز توسط ابزار تخمین ساده نرم افزار محاسبه می شود.

در جدول (۴-۷) نیز محدوده ماکزیمم و مقادیر ۸۰، ۵۰ و ۲۰ درصد عبوری در کل تصاویر سنگ سرچشمه پورفیری مشخص شده است. لازم به ذکر است که تعداد قطعات بزرگ بالای ۲۰ سانتی متر بسیار کم بوده است.

برای دو نوع سنگ آندزیت و لیت فاین پورفیری نیز این مراحل آنالیز تصویری انجام و نتایج آن در جداول (۴-۸) الی (۴-۱۱) درج شده است.

لازم به ذکر است که برای سنگ لیت فاین پورفیری با توجه به کمتر بودن حجم آن نسبت به دو نوع سنگ معدن دیگر و نیز کم اهمیت بودن آن از نظر میزان استخراج عیار (این سنگ کم عیار بوده و حتی در برخی مناطق باطله می باشد و به سنگ شکن ارسال نمی شود)، نمونه کمتری تهیه شد.

شکل (۴-۷) نمودار مقایسه وضعیت دانه بندی سه نوع سنگ معدن را نشان می دهد. نمودار مقایسه دانه بندی انواع سنگ معدن با طراحی اولیه حاصل مطالعات شرکت آناکاندا برای خوراک سنگ شکن در شکل (۴-۸) نشان داده شده است (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴).

جدول ۴-۷- محدوده ابعادی پارامترهای سرچشمه پورفیری (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴)

پارامتر	اندازه (cm)	میانگین (cm)
بزرگترین سایز	۲۰ تا ۸۳	—
۸۰ درصد	۹ تا ۴۴	۲۰
۵۰ درصد	۶ تا ۲۴	۱۲
۲۰ درصد	۴ تا ۱۲	۷

جدول ۴-۸- خلاصه نتایج نهایی را در سنگ آندزیت (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴)

Project no	Image count	Particles count	Min size (cm)	max size (cm)	80% pass (cm)	50% pass (cm)	20% pass (cm)
۱	۱۰	۲۹۵۴	۱	۳۹	۱۳	۸	۵
۲	۱۰	۳۲۲۸	۱	۲۸	۱۱	۸	۵
۳	۱۱	۴۲۲۹	۱	۴۰	۱۶	۸	۵
۴	۱۲	۵۵۳۷	۱	۲۳	۹	۶	۴
۵	۱۱	۴۴۹۲	۱	۳۱	۱۲	۷	۴
۶	۱۳	۲۳۲۸	۱	۷۷	۳۴	۱۹	۱۰
۷	۱۲	۴۳۴۳	۱	۴۰	۱۳	۶	۴
۸	۱۱	۳۳۴۳	۱	۲۳	۱۰	۶	۳

جدول ۴-۹- محدوده ابعادی پارامترهای آندزیت (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴)

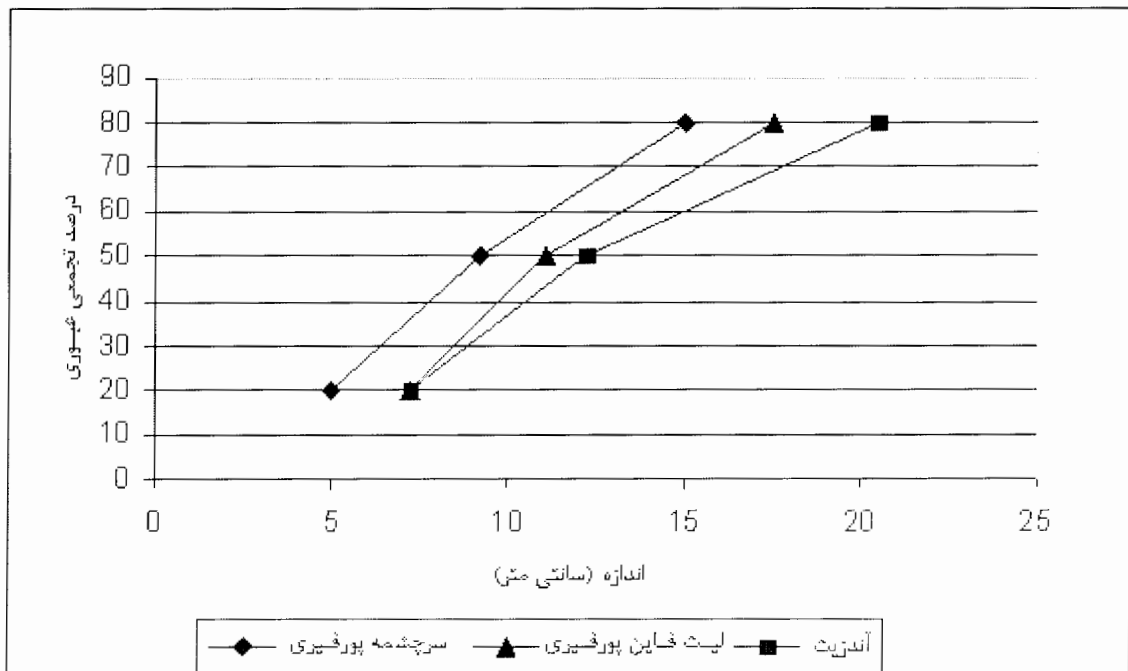
پارامتر	اندازه (cm)	میانگین (cm)
بزرگترین سایز	۲۳ تا ۷۷	—
۸۰ درصد	۹ تا ۳۴	۱۵
۵۰ درصد	۶ تا ۱۹	۹
۲۰ درصد	۳ تا ۱۰	۵

جدول ۴-۱۰- خلاصه نتایج نهایی را در سنگ لیت فانن پورفیری (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴)

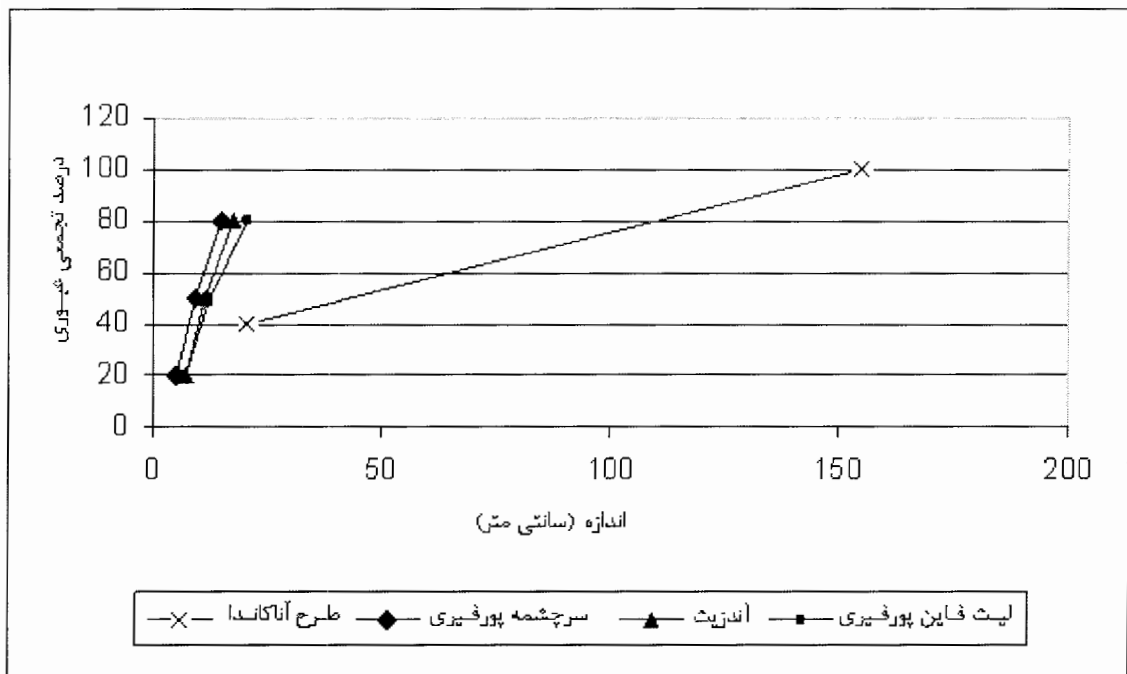
Project no	Image count	Particles count	Min size (cm)	max size (cm)	80% pass (cm)	50% pass (cm)	20% pass (cm)
۱	۷	۱۱۹۸	۱	۳۵	۲۱	۱۴	۹
۲	۷	۱۳۳۳	۱	۳۵	۲۰	۱۳	۸
۳	۷	۲۲۳۱	۱	۳۲	۱۴	۹	۶
۴	۶	۱۸۳۵	۱	۲۷	۱۷	۱۰	۶
۵	۷	۲۶۳۳	۱	۲۴	۱۰	۷	۵
۶	۸	۱۵۲۳	۱	۴۲	۱۸	۱۱	۷
۷	۸	۱۷۸۲	۱	۴۶	۲۱	۱۲	۷

جدول ۴-۱۱- محدوده ابعادی پارامترهای لیت فانن پورفیری (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴)

پارامتر	اندازه (cm)	میانگین (cm)
بزرگترین سایز	۲۴ تا ۴۶	—
۸۰ درصد	۲۱ تا ۱۰	۱۷
۵۰ درصد	۱۴ تا ۷	۱۱
۲۰ درصد	۹ تا ۵	۷



شکل ۴-۷- منحنی توزیع ابعادی انواع سنگ معدن مس سرخساره پس از انفجار (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴)



شکل ۴-۸ - منحنی توزیع ابعادی انواع سنگ معدن مس سرچشمه پس از انفجار در مقایسه با طرح آناکاندا (پور محمد حسینی، ۱۳۸۴)

نتایج آنالیز تصویری نشان می دهد که در هر سه نوع سنگ معدن، هشتاد درصد قطعات سنگ پس از انفجار دارای ابعاد کوچکتر از پانزده الی بیست سانتی متر بوده و تنها بیست درصد از قطعات سنگ دارای ابعاد بزرگتر از بیست سانتی متر می باشد. به نظر می رسد که در مقایسه با طرح اولیه (حاصل مطالعات شرکت آناکاندا) که مقدار تقریبی $d_{80} = 108 \text{ cm}$ را برای سنگ معدن در نظر گرفته بوده است، دانه بندی فعلی سنگ معدن ریزدانه تر بوده و دارای $d_{80} = 15 - 20 \text{ cm}$ می باشد.

مطالعات انجام شده نشان می دهد که بدون در نظر گیری دلیل خردایش بسیار زیادی ناشی از انفجار*، حدود ۸۰٪ تولید سنگ معدن روزانه نیاز به سنگ شکنی نداشته و در صورت جدایش توسط سرنده به طور مستقیم قابل حمل به انبار سنگ درشت کارخانه تغلیظ می باشد و بیست درصد باقی مانده که دارای ابعاد بیش از بیست سانتی متر است می تواند خوراک سنگ شکن داخل معدن یا سنگ شکن اولیه فعلی باشد. بدین وسیله با نصب یک سیستم سرنده کنی و نوار نقاله مناسب می توان میزان قابل ملاحظه ای از هزینه های سنگ شکنی را کاهش داد. در ضمن با مشخص شدن وضعیت دانه بندی سنگ معدن و رابطه بعد d_{80} آن با عرض نوار، تعیین اندازه نوار با توجه به ظرفیت مورد نیاز و نوارهای موجود در بازار به سادگی قابل انجام خواهد بود.

۴-۴- بررسی میزان خردشدگی سنگ در معدن سنگ آهن گل گهر

در بررسی میزان خردشدگی این معدن به طور خلاصه در ابتدا پارامترهای طراحی معدن و سپس پارامترهای انفجار را بیان کرد و در گام بعدی نتایج حاصل از دانه بندی در جبهه کارهای مختلف نشان داده شده است. در ادامه نیز به مقایسه نتایج حاصل از روشهای آنالیز تصویری و روش کاز - رام و کوزنتسوف پرداخته شده است.

* طراحی انفجارات فوی در معدن به دلیل تماس به کاهش استفاده تجهیزات معدنی انتخاب شده است.

در جدول (۴-۱۲) پارامترهای طراحی معدن و در جدول (۴-۱۳) پارامترهای چالزنی و آتشفکری و همچنین در جدول (۴-۱۴) نتایج حاصل از دانه بندی سنگ در جبهه کارهای مختلف در معدن گل گهر قابل مشاهده است.

جدول ۴-۱۲- پارامترهای طراحی معدن (حکمت، ۱۳۸۲)

عمق معدن	۲۲۰ متر
شیب نهایی معدن	در ماده معدنی ۴۴ تا ۴۸ درجه در باطله ۳۰ تا ۳۵ درجه
شیب پله	در سنگ ۶۰ درجه در روباره ۴۵ درجه
شیب رمپ	۸٪
ارتفاع پله	در پله استخراجی ۱۵ متر در محدوده نهایی معدن ۳۰ متر
عرض پله ایمنی	برای دیواره واقع در باطله ۵،۵ متر برای دیواره واقع در ماده معدنی ۷ متر
عرض جاده باربری	۲۵ متر
عرض پله کاری	در باطله ۶۱ تا ۶۵ متر در ماده معدنی ۶۳ متر
حداقل عرض کاواک در کف پیت	۵۰ متر

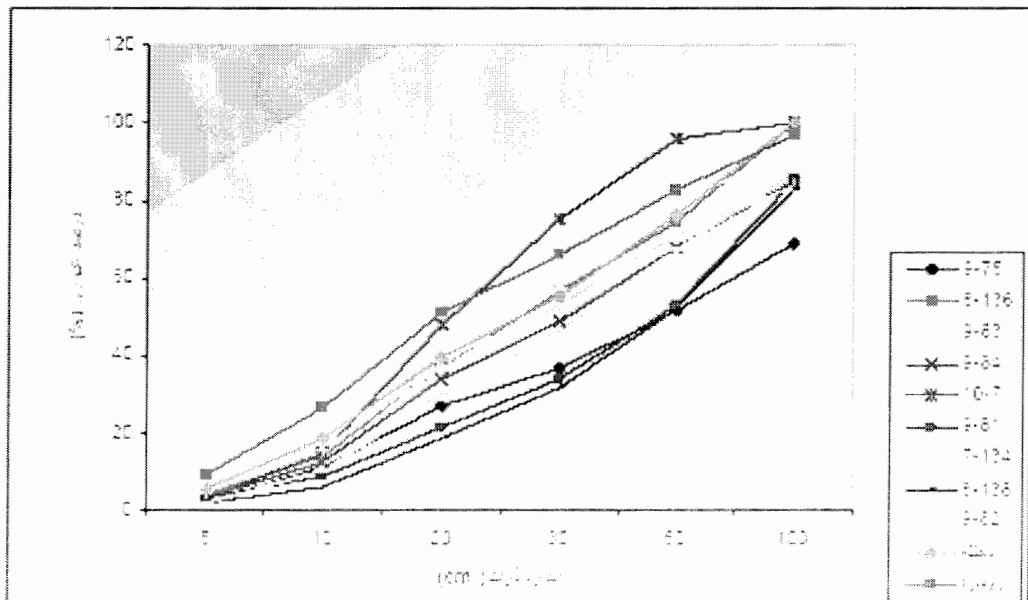
جدول ۴-۱۳- پارامترهای حفاری و آتشفکری در معدن گل گهر (حکمت، ۱۳۸۲)

جزئیات	مگنتیت بالایی	سنگ آهن اکسیدی	مگنتیت پائینی
وزن مخصوص (ton/m ²)	۴،۳۷	۳،۹۲	۴،۱۵
قطر چال (mm)	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
بردن (m)	۵	۷	۷
فاصله چالها در یک ردیف (m)	۶	۷	۷
ارتفاع پله (m)	۱۵	۱۵	۱۵
اضافه حفاری (m)	۲،۵	۲،۵	۲،۵
طول چال (m)	۱۷،۵	۱۷،۵	۱۷،۵
گل گذاری (m)	۶	۷،۵	۶،۵
وزن خرج در یک چال (kg)	۵۰۷،۱۵	۴۴۱	۴۸۵
خرج ویژه (kg / m ³)	۱،۱۲	۰،۶	۰،۶۵
حفاری ویژه (m / m ³)	۰،۰۳۸	۰،۰۳	۰،۰۳۲

جدول ۴-۱۴- نتایج حاصل از دانه بندی سنگ در جبهه کارهای مختلف

شماره انفجار	نوع سنگ	d _{63.2} (cm)	d ₅₀ (cm)	d ₈₀ (cm)	ضریب یکنواختی
۹-۷۵	اکسید	۷۶	۴۸	۱۵۶	۰.۸۰
۹-۸۱	مگنتیت بالایی	۶۳	۴۴	۷۴	۱.۰۲
۹-۸۴	اکسید	۴۴	۳۱	۷۷	۱.۰۵
۷-۱۳۴	اکسید	۳۸	۲۷	۷۸	۱.۰۷
۸-۱۳۷	روباره	۲۸	۲۰	۶۰	۱.۰۹
۹-۸۲	مگنتیت بالایی	۴۵	۳۳	۴۵	۱.۱۸
۸-۱۳۶	اکسید	۳۵	۲۶	۹۸	۱.۲۳
۸-۱۳۸	اکسید	۶۳	۴۸	۸۹	۱.۳۵
۹-۸۳	اکسید	۳۳	۲۶	۵۲	۱.۵۴
۹-۸۲	سنگ باطله	۳۳	۲۷	۵۴	۱.۸۳
۱۰-۷	مگنتیت پائینی	۲۵	۲۱	۳۴	۲.۱۰

همانگونه که در جدول (۴-۱۴) ملاحظه می شود، انفجار ۹-۷۵ که بزرگ ترین ابعاد سنگ را تولید کرد، کمترین ضریب یکنواختی را دارد و در مقابل انفجار ۱۰-۷ دارای بیشترین ضریب یکنواختی است. به عبارت دیگر دانه بندی سنگ در انفجار ۱۰-۷ یکنواخت تر و در محدوده کمتری تغییر می کند. در صورتی که تغییرات دانه بندی در انفجار ۹-۷۵ بسیار وسیع است. در شکل (۴-۹) منحنی توزیع ابعادی ۱۰ جبهه کار مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۴-۹- منحنی های تجربی توزیع ابعادی جبهه کارهای مورد مطالعه (حکمت، ۱۳۸۲)

۴-۴-۱- مقایسه مدل کاز - رام و نتایج آنالیز تصویری

در این معدن علاوه بر استفاده از روش آنالیز تصویری، با استفاده از معادلات پیش بینی خردایش کوزنتسوف و کاز-رام نیز منحنی توزیع ابعادی سنگ در جبهه کارهای مورد مطالعه، رسم شد. انطباق منحنی بدست آمده از روش کاز-رام و نتایج آنالیز تصویری در بسیاری از موارد نشان می دهد که مدل پیش بینی خردایش کاز-رام را (با کمی تصحیح) می توان در شرایط معدن گل گهر به کار برد. در جدول (۴-۱۵) مدل‌های پیش بینی خردایش کوزنتسوف و کاز-رام با نتایج بدست آمده از نرم افزار آنالیز تصویری Goldsize مقایسه شده است.

جدول ۴-۱۵- مقایسه نتایج بدست آمده از نرم افزار آنالیز تصویری و مدل های دیگر (حکمت، ۱۳۸۲)

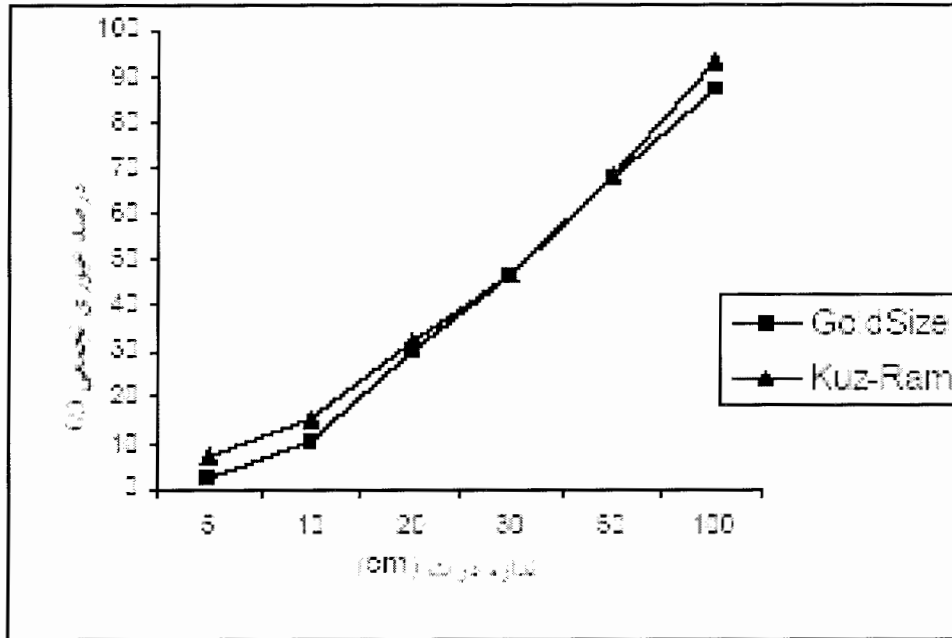
شماره انفجار	الگوی حفاری	نوع ماده منفجره	حجم انفجار شده (m ³)	متوسط ابعاد ^۱ (کاز - رام)	متوسط ابعاد ^۲ (کوزنتسوف)	متوسط ابعاد ^۳ (Goldsize)	انحراف استاندارد ^۴
۹-۸۳	۵،۵ × ۶،۵	اسلاری	۵۸۰،۶۶	۵۱،۸	۳۶،۵۶	۲۶	۶،۶۸
۱۰-۷	۵،۵ × ۶،۵	آنفو+اسلاری	۵۴۴،۱۲	۲۲،۲۹	۴۹،۶۲	۲۱	۱۷،۹۴
۹-۷۵	۵،۵ × ۷	آنفو	۶۱۲،۱۵	۵۷،۰۷	۴۳،۰۳	۴۸	۸،۸۸
۸-۱۳۶	۵،۵ × ۷	آنفو	۶۳۴	۴۷،۸۸	۳۹،۱۵	۲۶	۱۳،۹۹
۸-۱۳۸	۵،۵ × ۶،۵	آنفو	۵۷۹،۸۶	۴۶،۶۰	۳۵،۲۲	۴۸	۱۰،۷۷
۷-۱۳۴	۵،۵ × ۷	آنفو	۴۷۳،۹۴	۴۶،۷۲	۳۵،۷۶	۲۷	۹،۰۶
۸-۱۳۷	۵،۵ × ۶،۵	آنفو	۵۶۹،۳۱	۳۲،۹۱	۲۴،۹۸	۲۰	۷،۰۱
۹-۸۴	۵،۵ × ۶،۵	آنفو	۵۶۳،۷۸	۴۷،۶۸	۳۵،۹۶	۳۱	۹،۵۱
۹-۸۱	۵،۵ × ۷	آنفو+اسلاری	۶۴۳،۶۵	۴۶،۷۲	۳۴،۸۴	۴۴	۹،۱۶
۹-۸۲	۵،۵ × ۷	آنفو+اسلاری	۶۶۴،۴	۴۴،۶۵	۳۲،۹۳	۳۳	۴،۱۹

× متوسط ابعاد بر حسب سانتی متر می باشد.

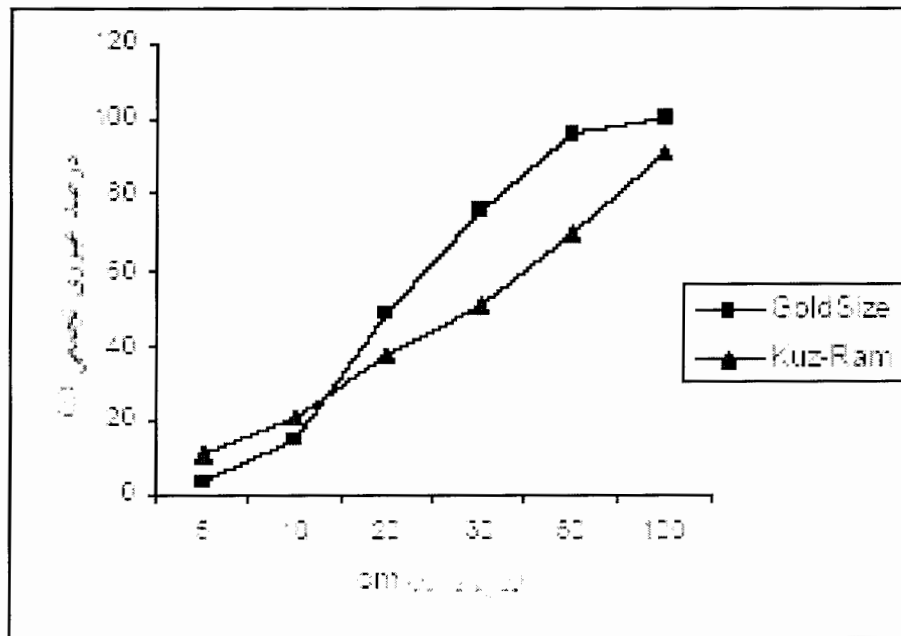
×× انحراف استاندارد، بیانگر میزان انحراف منحنی های بدست آمده از روش کاز - رام با نتایج آنالیز تصویری است.

همانگونه که ملاحظه می شود، انفجار ۹ - ۸۲ دارای کمترین انحراف معیار است و نتایج بدست آمده از روش کاز - رام و آنالیز تصویری تقریباً یکسان است (شکل ۴-۱۰). از طرف دیگر نتایج معادله کاز - رام در انفجار ۷ - ۱۰ کاملاً متفاوت با روش آنالیز تصویری می باشد (شکل ۴-۱۱).

یکی از دلایل این امر می توان متفاوت بودن نوع سنگ در مگنتیت پائینی باشد. هرچند وزن مخصوص این سنگ بسیار بالاست اما بافت سنگ به گونه ای است که به راحتی خرد می شود. نمودار شکل (۴-۱۱) نشان می دهد که هر چند مدل کاز - رام بهترین مدل پیش بینی خردایش است اما از آنجا که تاثیر خصوصیات توده سنگ به طور کامل بررسی نشده، نمی تواند در همه شرایط قابل اعتماد باشد.



شکل ۴-۱۰- مقایسه نمودار حاصل از نرم افزار آنالیز تصویری و مدل کاز-رام در انفجار ۸۲-۹ (حکمت، ۱۳۸۲)



شکل ۴-۱۱- مقایسه نمودار حاصل از نرم افزار آنالیز تصویری و مدل کاز-رام در انفجار ۷-۱۰ (حکمت، ۱۳۸۲)

پیوست

راهنمای استفاده از

نرم افزار GoldSize

پیوست

۱- آشنایی

تصاویر تنها قادر هستند تخمینی سریع از ابعاد در سطح به دست آورند. با این حال با تهیه تعداد زیادی تصویر به منظور کاهش خطای نمونه‌گیری، فرضیات مناسب برای شکل سه بعدی قطعات و نیز دقت در تهیه تصاویر می‌توان یک اندازه‌گیری دقیق به دست آورد. برنامه GoldSize ابزاری برای تخمین توزیع ابعادی قطعات در تصاویر است. تصاویر در فایل‌هایی روی حافظه کامپیوتر ذخیره می‌شوند. سپس این تصاویر مقیاس گذاری شده و پس از تعیین مرز قطعات در هر تصویر، هر ذره پس از دیجیتایز شدن به توزیع ابعادی نهایی اضافه شده و نتایج به صورت گراف‌هایی ارائه می‌شود. کاربرد عمده این نرم افزار در تخمین توزیع ابعادی خردایش حاصل از انفجار است. برخی موارد تکمیلی از جمله تصحیح میزان ذرات ریز به منظور تخمین مقدار موادی که بسیار ریزتر از حد مشاهده توسط چشم هستند، نیز در آنالیز خردایش گنجانده شده است. همچنین برای سازگاری با نتایج حاصل از سرندکردن، می‌توان ضریبی را به صورت تجربی در پیش فرض نرم افزار وارد کرد. فرآیند دانه‌بندی به سه مرحله تقسیم می‌شود:

- دیجیتایز کردن قطعات؛ که اساسی‌ترین جزء هر برنامه دانه‌بندی بوده و طی آن مرز قطعات به طور دستی و با ماوس رسم می‌شود.
 - مقیاس گذاری؛ که با فرض قرار گیری قطعات روی یک سطح صاف، بالا و پایین تصویر را به پشت و جلوی مجموعه قطعات در تصویر مرتبط می‌کند.
 - ابعاد برابر با عرض قطعات در نظر گرفته می‌شود، چرا که عرض قطعات به رفتار سرندی نزدیک‌تر است (به این معنی که قطعات معمولاً از سرندی عبور می‌کنند که دهانه آن برابر با عرض قطعه باشد).
- با ترسیم مرز قطعات یک فایل دیجیتال ایجاد می‌شود که حاوی اطلاعات مقیاس و محیط ذرات مرزیابی شده است. می‌توان مقیاس یک تصویر را در هر مرحله از فرآیند تعیین کرد. فایل تصویری می‌تواند بعد از مرزیابی پاک شود، اما بهتر است این کار را پس از مقیاس گذاری تصویر انجام داد. در GoldSize دو نوع لیست فایل‌های تصویری و فایل‌های دیجیتایز ذخیره می‌شود. هر فایل تصویری^۱ و فایل دیجیتایز^۲ مربوطه‌اش را یک نمونه^۳ می‌نامند.
- هر کدام از این لیستها در یک فایل خانواده^۴ جداگانه ذخیره می‌شود تا دسته تصویرهای متعدد که شرایط خردایش متفاوتی را نشان می‌دهند، از هم تشخیص داده شوند. نتایج تعیین ابعاد نیز در یک فایل دانه‌بندی^۵

1-Image file
3-Sample
5-Sizing file

2-Digitized file
4-Family file
6-Project

ذخیره می‌گردد. هر فایل خانواده تنها شامل یک فایل دانه بندی بوده و مجموع این دو فایل یک پروژه^۶ GoldSize تشکیل می‌دهد.

رابطه بین این چهار فایل امکان ایجاد یک نتیجه گیری کلی از نمونه‌های متعدد موجود را به کاربر می‌دهد. هر نمونه دارای یک شکل خام (تصویر) و یک شکل تحلیل شده (دیجیتایز) بوده و آنالیزهای انجام شده توسط پروژه که لیستی از نمونه‌ها (خانواده) را نگهداری کرده و یک نتیجه مربوط به آن خانواده ارائه می‌دهد، کنترل می‌شود.

۲- نصب نرم افزار و اصول آن

GoldSize یک برنامه تحت ویندوز است که در نسخه‌های ۱۶ و ۳۲ بیتی موجود می‌باشد. تمام این نسخه‌ها در CD قرار دارند که هر کدام جداگانه بسته به انتخاب کاربر نصب می‌گردند. نسخه ۱۶ بیتی برای ویندوز 3.1 و نسخه ۳۲ بیتی برای ویندوز ۹۵ و ویندوز NT 4.0 طراحی شده است. در هر حالت، عمل نصب تنها شامل باز نمودن و کپی فایل‌های لازم می‌باشد.

لازم به ذکر است که:

- هیچ تغییری در فایل‌های AUTOEXEC.BAT یا CONFIG.SYS ایجاد نمی‌شود.
- هیچ تغییری در WIN.INI یا SYSTEM.INI ایجاد نمی‌شود.
- هیچ فایل‌ی پاک نمی‌شود و نیز فایل‌ی که جدیدتر از فایل معادل خود در GoldSize باشد، جایگزین نمی‌گردد.
- نسخه‌های مختلف در CD بر روی شاخه‌های متفاوت به ترتیب زیر قرار دارند:

Directory	Version
\SETUP\WIN31	Windows 3.1
\SETUP\WIN95	Windows 95
\SETUP\WINNT	Windows NT 4.0

۲-۱- روش حذف برنامه (un-installing)

در حین نصب فایل‌ی به نام DEISLx.LOG در شاخه برنامه همراه با فایل اجرایی GoldSize ایجاد می‌شود. این فایل برای تشخیص اجزایی است که هنگام حذف برنامه بایستی پاک گردند. برنامه UNINST.EXE که در هنگام نصب در شاخه اصلی ویندوز قرار گرفته، عملیات حذف برنامه GoldSize را انجام می‌دهد.

در ویندوز 3.1 عملیات حذف با دو بار کلیک بر روی گزینه Uninstall در شاخه GoldSize انجام می‌گیرد. این گزینه در هنگام نصب به طور اتوماتیک ایجاد می‌شود.

در ویندوز ۹۵ یا ویندوز NT 4.0 باید از گزینه Add/Remove Programs در منوی کنترل پانل استفاده نموده و با انتخاب نام GoldSize، دکمه Add/Remove... را فشار داد.

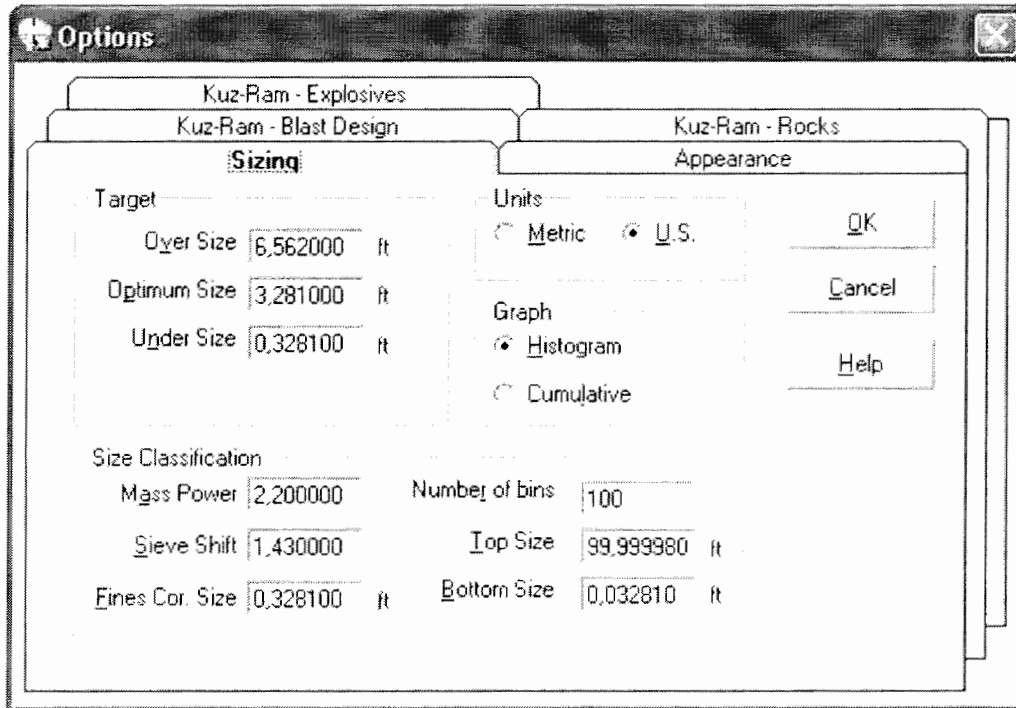
۲-۲- اجرای برنامه

GoldSize مانند دیگر برنامه‌های تحت ویندوز قابل اجرا می‌باشد. در شروع برنامه اطلاعات گواهینامه برنامه نمایش داده می‌شود. این اطلاعات در انتخاب گزینه about... در منوی راهنما (help) نیز قابل نمایش است.

۲-۳- اصول استفاده از GoldSize

انتخاب گزینه Option از منوی tools امکان تغییر ترکیبات برنامه را فراهم می‌آورد. در این گزینه پنج قسمت وجود دارد (شکل ۱):

بخش دانه‌بندی^۱، برای تعریف اندازه ذره
بخش وضوح نمایش^۲، برای کنترل رنگ ها و ضخامت خطوط



شکل ۱- نمایشی از پنجره Option

بخش طرح انفجاری، برای وارد کردن یک طرح انفجار

بخش سنگها، برای مشخص کردن شرایط زمین.

بخش مواد منفجره، برای مشخص کردن خصوصیات مواد منفجره.

علاوه بر این می‌توان برای ویرایش این اطلاعات مستقیماً از فایل GoldSize به نام GOLDSIZE.INI استفاده کرد. چنانچه ایجاد تغییر در این فایل مشکلی باشد با پاک کردن این فایل، خود برنامه به طور پیش فرض فایل جدیدی می‌سازد.

۳- استفاده از GoldSize

این فصل راهنمای قدم به قدم استفاده از Goldsize بوده و بخش های متوالی انجام برنامه از تهیه تصاویر تا ایجاد گراف نهایی توزیع ابعادی را شرح می‌دهد.

۳-۱- استفاده از منوی راهنما (Help)

Goldsize یک سیستم راهنما دارد که در منوی اصلی مشخص است. چنانچه کاربر با سیستم راهنما آشنایی نداشته باشد، با انتخاب گزینه help on help پنجره توضیحات ویندوز در رابطه با سیستم راهنما نمایش داده می‌شود.

1 - Sizing

2 - Appearance

۳-۲- توضیحات کلی

Goldsize برای تشخیص بین ذرات و رسم محیط آنها از توانایی کاربر استفاده می کند. هر چند این روش بسیار وقت گیر است (حدود ده دقیقه به ازای هر تصویر)، از بیشترین دقت در رسم مرز قطعات برخوردار می باشد.

۳-۳- میله ابزار (Tool Bar)

Goldsize نیز مانند اکثر برنامه های تحت ویندوز از یک ردیف دکمه برای دسترسی راحتتر به توابع با کاربرد بیشتر استفاده می کند. این ردیف دکمه های کاربردی در شکل ۲ دیده می شود.



شکل ۲- میله ابزار GoldSize

۳-۴- تصاویر دیجیتال (Digital images)

هر تصویر باید به یک فایل بیت مپ ویندوز (BMP File) تبدیل شود. این تبدیل را باید با نرم افزارهای تهیه و تحلیل تصویر انجام داد. از آنجا که این نرم افزار در GoldSize وجود ندارد، لازم است از نرم افزار مناسب دیگری استفاده کرد. بهتر است همه تصاویر را قبل از تحلیل داخل یک شاخه قرار داد. در GoldSize هر تصویر، یک نمونه به حساب می آید و یک پروژه حاوی تمام نمونه های لازم برای آنالیز می باشد.

هر چند در GoldSize این امکان وجود دارد که آنالیز را روی تصاویر متعدد از زیر شاخه های جداگانه انجام داد، توصیه می شود تمام تصاویر مربوط به یک پروژه در داخل یک شاخه مجزا قرار گیرند.

۳-۵- مقیاس گذاری تصاویر (Image Scaling)

دومین قدم در یافتن توزیع ابعادی قطعات، مقیاس گذاری هر تصویر است. هر تصویر به ترتیب انتخاب و مقیاس گذاری می شود. بهتر است تصویر را قبل از دیجیتایز کردن (مرزیابی) مقیاس گذاری کرد. چرا که هر چند می توان مقیاس هر تصویر را در هر مرحله ای از عملیات تعیین کرد، بدون وجود فایل بیت مپ به عنوان مرجع این امر بسیار مشکل خواهد بود. لازم به ذکر است که فایل های بیت مپ بعد از مرزیابی قطعات برای صرفه جویی در فضای دیسک پاک می شوند.

در هر تصویر حداقل یک شیء با ابعاد مشخص (مقیاس) مرزیابی شده و ماکزیمم اندازه آن وارد می شود. چنانچه تصویر دارای مقیاس های مختلف باشد، (ممکن است پایین یا جلوی تصویر به دوربین نزدیکتر باشد تا بالا یا پشت آن) مقیاس دیگری نیز در تصویر مشخص و اندازه آن وارد می گردد. این عملیات (مرزیابی قطعات و تعیین مقیاس) یک فایل دیگر به نام فایل دیجیتایز (DIG File) برای هر تصویر ایجاد می کند.

۳-۶- مرزیابی (Tracing)

سومین قدم، رسم مرز ذرات قابل مشاهده در تصویر است. هر تصویر به نوبت انتخاب و تمام ذرات با ماوس مرزیابی می شوند. پس از مرزیابی قطعات در تصویر اولیه (BMP)، یک فایل جدید دیجیتایز با همان نام و با پسوند DIG ذخیره می گردد. برای مثال در دو فایل تصویری به نام های photol.bmp و photo2.bmp پس از رسم مرز قطعات فایل های دیجیتایز photol.dig و photo2.dig ایجاد می شود. مختصات ذره، بدون مقیاس ذخیره شده تا در صورت اصلاح مقیاس، نیاز به مرزیابی مجدد قطعات نباشد. پس از دیجیتایز شدن، ممکن است برای صرفه جویی در فضای دیسک، فایل های بیت مپ پاک شوند.

فایل‌های دیجیتالی حاوی پلیگونیهای (مرز) قطعات و اطلاعات مقیاس نمونه هستند. از اطلاعات مقیاسی در حین فرآیند محاسبه توزیع اندازه، جهت تبدیل مختصات تصویری به مختصات واقعی استفاده می‌شود. مختصات تصویری در گوشه چپ بالای تصویر در نقطه (0, 0) آغاز و در گوشه راست پایین تصویر در نقطه (1, 1) پایان می‌یابد.

۷-۳- تحلیل دانه بندی (Size Analysis)

مجموعه فایل‌های دیجیتالی که یک فایل خانواده نامیده می‌شود، در یک مرحله ترکیب شده و بسته به انتخاب کاربر، چهار یا شش توزیع ابعادی ارائه می‌کند:

- توزیع ابعادی فوری
- توزیع ابعادی تجمعی
- توزیع ابعادی فوری با تصحیح ذرات ریز
- توزیع ابعادی تجمعی با تصحیح ذرات ریز
- توزیع ابعادی فوری فیت شده با مدل
- توزیع ابعادی تجمعی فیت شده با مدل

با انتخاب گزینه‌های Simple Estimate... یا Best Estimate... از منوی Tools می‌توان توزیع ابعادی نمونه‌ها را محاسبه کرد. اولین گزینه تنها چهار توزیع اول و گزینه دوم هر شش نوع توزیع را محاسبه می‌کند.

۸-۳- تهیه تصاویر

۸-۳-۱- گرفتن عکسها

تصاویر را می‌توان با یک دوربین فیلم‌برداری یا یک دوربین عکاسی تهیه کرد. برای دستیابی به نتایج دقیق تر باید کجی ناشی از دوربین را تصحیح، و برای کاهش خطا تعداد زیادی عکس گرفت. انحراف ناشی از لنز دوربین و زاویه نسبی محور دوربین و سطح توده انباشته^۱ تا حدودی توسط خود نرم افزار تصحیح می‌شود. برای کاهش انحراف تصویر لازم است موارد زیر در نظر گرفته شود:

- دوربین را در مرکز توده انباشته متمرکز کرد.
 - محور تصویر برداری دوربین تا حد امکان بر سطح توده عمود باشد.
 - تصاویر رنگی و با کانتراست بالا تهیه شود. کانتراست بالا توانایی اپراتور را در تشخیص ذرات از هم افزایش داده و تصاویر رنگی نیز در کامپیوترهای با توانایی مقیاس خاکستری محدود بهتر نمایش داده می‌شود. (تصاویر رنگی در صورت لزوم می‌توانند به طور دیجیتالی پروسس شوند تا مقیاس خاکستری مناسب را فراهم آورند، این تصاویر کاملاً به رنگ اولیه بر نمی‌گردند).
 - تعداد تصاویر کافی باشد. به این ترتیب اندازه ذره معرف، در حداقل دقت ۳۰ الی ۵۰ بار به دست می‌آید.
 - تصاویر را از قسمت معرف توده انتخاب کنید. چنانچه توده بارگیری می‌شود، بهتر است از عمل تخلیه عکس برداری کرد تا یک نمونه معرف از تمام توده به دست آید.
- همچنین در تخمین ساده باید به خاطر داشت که:
- برای تمامی عکسها، فاصله دوربین از سطح توده ثابت باشد تا از انحراف اندازه تغییر پذیر از یک تصویر تا تصویر دیگر اجتناب شود. عملیات تخمین ساده، این خطا را تصحیح نمی‌کند.

۳-۸-۲- تحلیل تصاویر

هر تصویر باید به یک فایل بیت مپ ویندوز تبدیل گردد. برای این تبدیل چندین روش وجود دارد. برای مثال می توان تصاویر چاپ شده را اسکن کرد یا با استفاده از فریم گراپر تصاویر دوربین ویدئویی یا سیگنال های ویدئویی دیجیتالی را به صورت بیت مپ در کامپیوتر بارگذاری نمود. هر چند می توان از تصاویر با مقیاس خاکستری نیز در GoldSize استفاده کرد. اندازه تصاویر بیت مپ می توانند بزرگتر از رزولوشن صفحه نمایش باشد. اندازه ماکزیمم تصاویر به میزان حافظه ای که بیت مپ نیاز دارد، بستگی خواهد داشت. در مجموع

- باید از فایل های بیت مپ استاندارد ویندوز استفاده کرد.
- استفاده از تصاویر رنگی بهتر است.
- در تصاویر با کانتراست بالا تحلیل دقیق تری انجام می گیرد.
- حافظه مورد استفاده توسط بیت مپ از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$M = \frac{(W.H.Ln(C))}{Ln2} \times 8 \times 1024 \times 1024 \quad (1)$$

M: حافظه بیت مپ بر حسب مگابایت

W: عرض بیت مپ بر حسب پیکسل

H: ارتفاع بیت مپ بر حسب پیکسل

C: عمق رنگ بیت مپ

برای مثال، یک بیت مپ ۲۵۶ رنگ با رزولوشن ۶۴۰×۴۸۰ پیکسل (C=۲۵۶ و H=۴۸۰ و W=۶۴۰) به ۰/۲۹۳ مگابایت حافظه نیاز دارد.


۳-۹- شروع یک پروژه

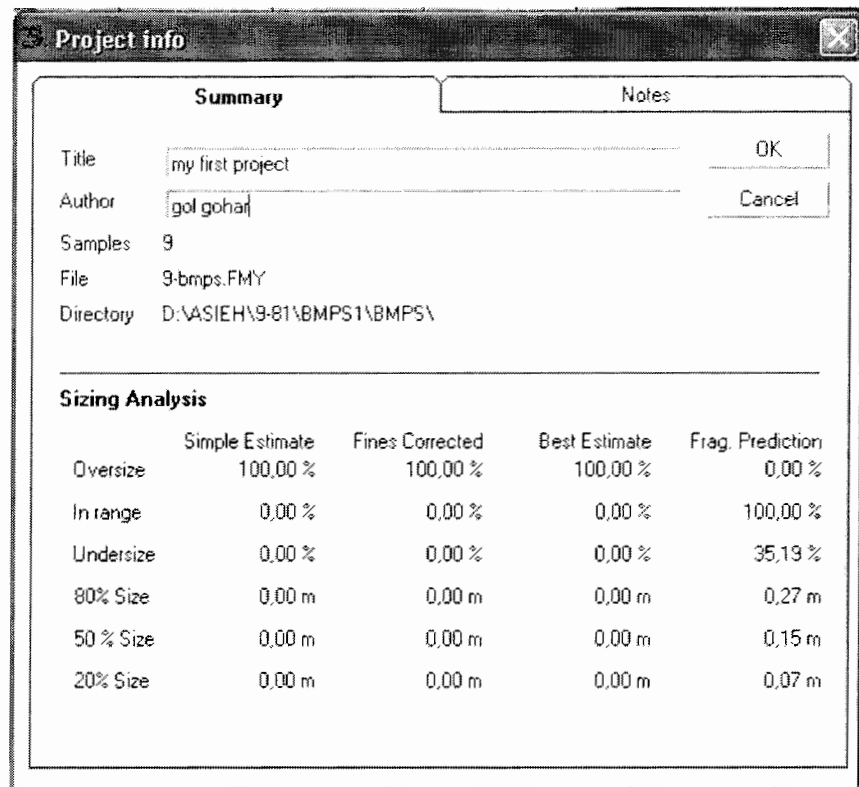
شاخه ها و فایلها

اولین قدم در شروع یک پروژه ایجاد یک شاخه و زیر شاخه برای آنالیز فایل ها است. برای مثال ساخت مسیرهای زیر و کپی نمودن فایل های بیت مپ به زیر شاخه های مناسب:

C:\GOLDSIZE\WORK\PRJ1 & C:\GOLDSIZE\WORK\PRJ2


پروژه


پس از قراردادن فایل های بیت مپ مربوط به یک پروژه در یک زیر شاخه مجزا، GoldSize را اجرا و گزینه New را از منوی File انتخاب کنید. می توان دکمه  در میله ابزار را نیز کلیک کرد. چنانچه پروژه باز شده، قبلا ذخیره نشده باشد، پیامی مبنی بر ذخیره آن دریافت خواهید کرد. پنجره یک پروژه جدید در اولین مرحله شامل هیچ نمونه ای نیست. اما می توان نت ها و اطلاعات پروژه را وارد نمود. برای ویرایش اطلاعات پروژه از گزینه Project Info... در منوی File استفاده می شود (شکل ۳).




شکل ۳- پنجره اطلاعات پروژه در GoldSize


نمونه‌ها

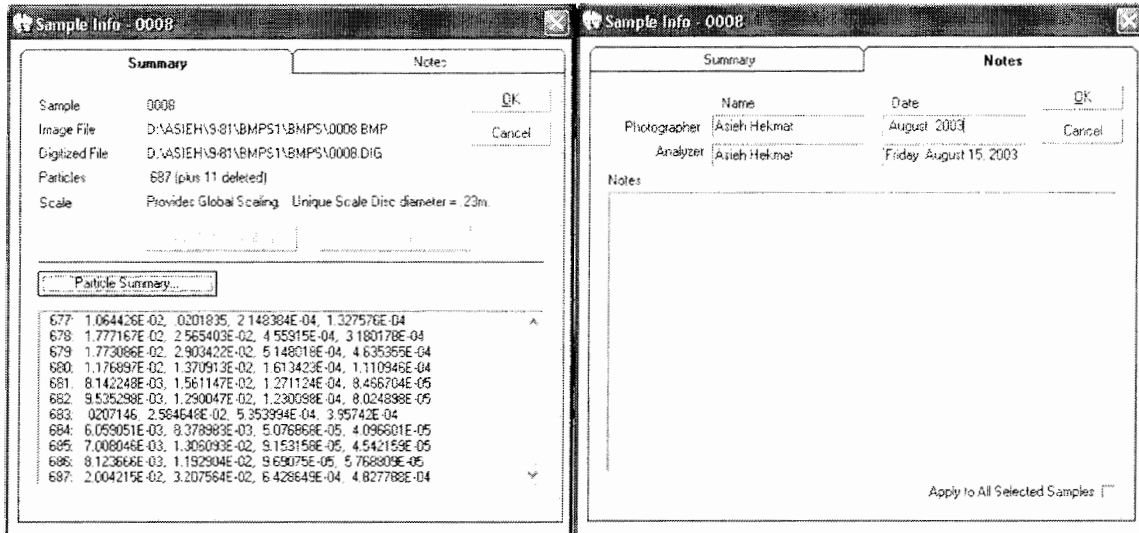
با انتخاب گزینه **Add Samples...** از منوی **Samples** یا دکمه  در میله ابزار پنجره‌ای باز می‌شود که می‌توان از آن برای انتخاب یک یا چند فایل بیت مپ یا دیجیتایز استفاده کرد. یک نمونه شامل یک بیت مپ و فایل دیجیتایز مربوط به آن می‌باشد.

با انتخاب یک یا چند نمونه به وسیله ماوس می‌توان اطلاعات آنها را مشاهده یا ویرایش کرد. برای ویرایش اطلاعات نمونه مورد نظر باید گزینه **Sample Info..** از منوی **Samples** را انتخاب یا از دکمه  در میله ابزار استفاده کرد (شکل ۴).

گزینه **Remove Samples** در منوی **Samples** نیز به منظور حذف یک یا چند نمونه از پروژه طراحی شده است. ابتدا نمونه‌های مورد نظر انتخاب و سپس با این گزینه حذف می‌گردند. برای دسترسی راحت‌تر به گزینه حذف می‌توان از دکمه  در میله ابزار استفاده کرد.

۳-۹-۱- مرزیابی ذرات (Tracing Particles)

رسم محیط ذرات تنها وقتی ممکن است که فایل تصویری نمونه موجود باشد. ابتدا با کلیک بر روی نام نمونه در لیست نمونه‌های یک پروژه، تصویر مورد نظر انتخاب می‌شود. برای مرزیابی ذرات گزینه **Trace Edges** از منوی **Particles** انتخاب شده یا روی دکمه  کلیک می‌شود. این عمل مرزیابی را برای نمونه انتخاب شده میسر می‌سازد. محیط هر ذره مرزیابی شده با رنگ دیگری مشخص می‌شود.



شکل ۴- پنجره اطلاعات نمونه در GoldSize

اضافه نمودن ذرات

با کلیک کردن ماوس روی محیط یک ذره و پایین نگه داشتن دکمه ماوس و سپس رسم مرز ذره، خطی حول مرز مشخص می‌شود. وقتی نشانه گر ماوس به نقطه شروع می‌رسد، ذره به طور اتوماتیک کامل می‌شود. ذره مرزیابی شده نیز به طور اتوماتیک در فایل دیجیتایز مربوط به نمونه ذخیره می‌گردد.

حذف ذرات

در صورت لزوم حذف یک ذره مرزیابی شده، باید نشانه گر ماوس را نزدیک مرز آن ذره برده و کلیک کرد. به این ترتیب نزدیکترین ذره انتخاب شده و می‌توان با گزینه Delete از منوی Particles یا کلید Delete روی صفحه کلید، آن ذره را حذف نمود. با بزرگ تر شدن فایل دیجیتایز نمونه، پاک نمودن یک ذره نیز وقت بیشتری می‌گیرد.

۳-۹-۲- تعیین مقیاس نمونه‌ها

هر نمونه می‌تواند مقیاس مربوط به خود را داشته باشد، اما اگر مقیاسی برای نمونه انتخاب نشد، از مقیاس نهایی^۱ پروژه برای آن نمونه استفاده می‌شود. از پنجره اطلاعات نمونه می‌توان برای تعریف موارد زیر استفاده کرد:

- تعیین مقیاس یکی از نمونه‌ها به عنوان مقیاس نهایی پروژه
- اختصاص مقیاس نهایی به یک نمونه


تعیین مقیاس نمونه تنها در صورتی ممکن است که فایل تصویری (BMP) نمونه موجود باشد، چرا که تنها این فایل تصویری قابل مقیاس گذاری است. تعریف مقیاس در یک نمونه با استفاده از دو دیسک موجود در تصویر انجام می‌گیرد. با تعیین موقعیت و اندازه هر دیسک می‌توان مقیاس کل تصویر را تعریف کرد. تغییر مقیاس

^۱-global scaling


با انتخاب گزینه Define Scaling از منوی Samples یا استفاده از دکمه‌هایی روی میله ابزار می‌توان مقایسه یک یا چند نمونه را تعیین کرد. در صورتی که یک نمونه انتخاب شود، دکمه‌های زیر در میله ابزار قابل استفاده هستند.

▪ دیسک شماره یک 


موقعیت، اندازه ظاهری و اندازه واقعی اولین دیسک مقیاس را تعیین می‌کند.

▪ دیسک شماره دو 

موقعیت، اندازه ظاهری و اندازه واقعی دومین دیسک مقیاس را تعیین می‌کند.

▪ ایجاد یکنواختی با دیسک مقیاس شماره یک 

بر اساس دیسک شماره یک، مقیاس یکنواختی در کل تصویر ایجاد می‌کند.


▪ ایجاد یکنواختی با دیسک شماره دو 

بر اساس دیسک شماره دو، مقیاس یکنواختی در کل تصویر ایجاد می‌کند.

برای تعریف مقیاس باید موقعیت و اندازه ظاهری دیسک را با دیجیتایز کردن آن (رسم خطی حول مرز آن) مشخص کرد.

چنانچه مقیاس یکنواختی در کل تصویر به کار رود، اندازه دیسک مقیاس دوم (که تعریف نشده است) برای انطباق با دیسک مقیاس انتخاب شده، اصلاح می‌شود (اما موقعیت آن تغییر نمی‌کند). دیسک‌های مقیاس به صورت زوایای کج رسم می‌گردند تا اطلاعاتی از میزان انحراف زاویه تصویر فراهم آورند. هر چه میزان کجی دیسک‌های مقیاس بیشتر باشد، کجی صفحه توده نسبت به صفحه دوربین بیشتر خواهد بود.

تست مقیاس

می‌توان مقیاس را با استفاده از گزینه Test Scaling در منوی Samples یا دکمه  در میله ابزار تست کرد. در این حالت نمونه انتخاب شده، به صورت مخروطی که بر حسب مقیاس مورد استفاده در محاسبات رسم می‌گردد، نمایش داده می‌شود. در این حالت خود تصویر نمایان نیست. برای برگشت به نمای معمولی همان گزینه انتخاب می‌شود.

۳-۹-۳- دانه‌بندی

بهتر است قبل از محاسبه توزیع ابعادی، مقیاس را تست و در صورت لزوم اصلاح کرد. پس از آن می‌توان فایل‌های تصویری یا بیت مپ را برای باز شدن فضای حافظه پاک نمود.

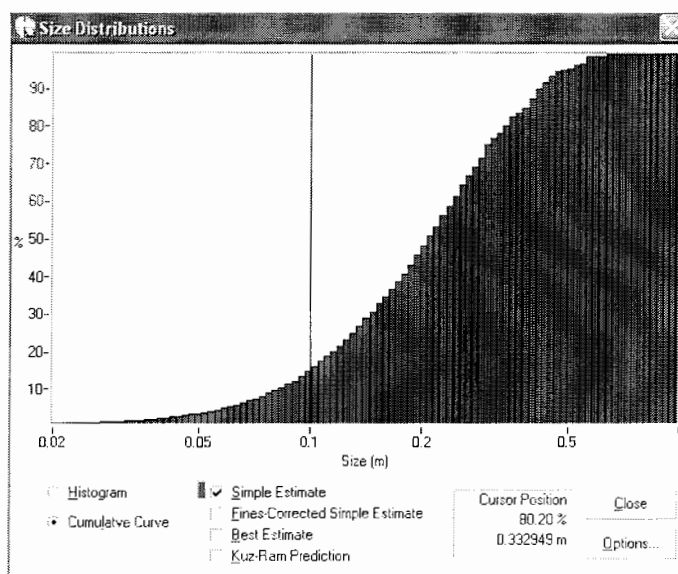
محاسبه دانه بندی

برای محاسبه توزیع ابعادی گزینه Simple Estimate... یا Best Estimate... انتخاب می‌شود. در محاسبه ابعادی ساده هر ذره با توجه به عرض اندازه گیری شده خود در بین^۱ مربوط به خود قرار می‌گیرد. اما روش تخمین بهینه، با استفاده از فیت نمودن یک مدل، توزیع رزین-راملری را که به بهترین وجه اندازه ذرات نمایان در تصویر را تعیین می‌کند، می‌یابد. در نهایت توزیع ابعادی به صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود.

در تخمین ساده ابتدا توزیع ابعادی روی صفر تنظیم و سپس مقیاس هر تصویر انتخاب شده، تعیین و ذرات آن اندازه گیری می‌شود. در مرحله آخر، این نتیجه به توزیع ابعادی کلی اضافه می‌گردد. پس از آن که همه ابعاد حساب شد، گراف نتایج به دست می‌آید. در هنگام ذخیره پروژه، نتایج حاصله نیز در یک فایل

دانه بندی (SIZ) در شاخه پروژه ذخیره می شوند. در واقع با ذخیره پروژه هم فایل های خانواده و هم فایل های دانه بندی (نتایج) به طور اتوماتیک ذخیره می شوند.

روش تخمین بهینه ابتدا یک تخمین ساده روی داده ها انجام داده و سپس اندازه مشخصه^۱ و اندیس یکنواختی^۲ توزیع رزین- راملر را با استفاده از یک آلوگوریتم ساده به دست می آورد. در هنگام تحلیل یک نمونه، ناحیه نمایش و مخروط نمایشی نیز در صفحه با مختصات واقعی رسم می شوند. مخروط نمایشی معمولاً به شکل یک دوزنقه معکوس است. این حالت وقتی ایجاد می شود که ذرات بالای تصویر، نسبت به ذرات پایین تصویر، دورتر از دوربین واقع هستند و در نتیجه مساحت تحت پوشش بالای تصویر، وسیع تر از منطقه پایین تصویر خواهد بود. لبه های دارای انحنا، میزان کجی تصویر را نشان می دهند که ناشی از ضعف مقیاس گذاری است. هر ذره پس از تعیین مقیاس درون مخروط رسم می شود. پس از رسم مستطیل محیط به ذره، عرض هر مستطیل محاسبه و برابر با عرض ذره در نظر گرفته می شود. پس از پایان مراحل فوق می توان توزیع ابعادی خام و تصحیح ذرات ریز را به شکل های تجمعی^۳ و یا هیستوگرام (فوری^۴) با انتخاب گزینه های مناسب در پنجره نتایج مشاهده کرد. (شکل ۵) در قسمت Sizing در منوی Options... مقدار ذرات ریز تعیین می شود. این مقدار برای تعیین اندازه تصحیح ذرات ریز (اندازه ای که تخمین میزان ذرات ریز تنها در زیر آن اندازه مشخص می شود)، کاربرد دارد.



شکل ۵- پنجره توزیع ابعادی

۳-۱۰- پیش بینی خردایش

پیش بینی خردایش مستقیماً از منوی Tools یا به طور غیر مستقیم از پنجره گرافها قابل دسترسی است. در پنجره گرافها، مربع با عنوان پیش بینی کاز-رام (Kuz - Ram prediction) را انتخاب کنید. پیش بینی بر اساس مدل کاز-رام انجام می شود. به علاوه می توان با انتخاب گزینه Options... هر یک از

- 1- Characteristic Size
- 2 - Uniformity Parameter
- 3 - Cumulative
- 4 - Instaneous

پارامترهای مدل را نیز تعیین کرد. از طریق پنجره توزیع ابعادی نیز می‌توان به گزینه Options دسترسی یافت.

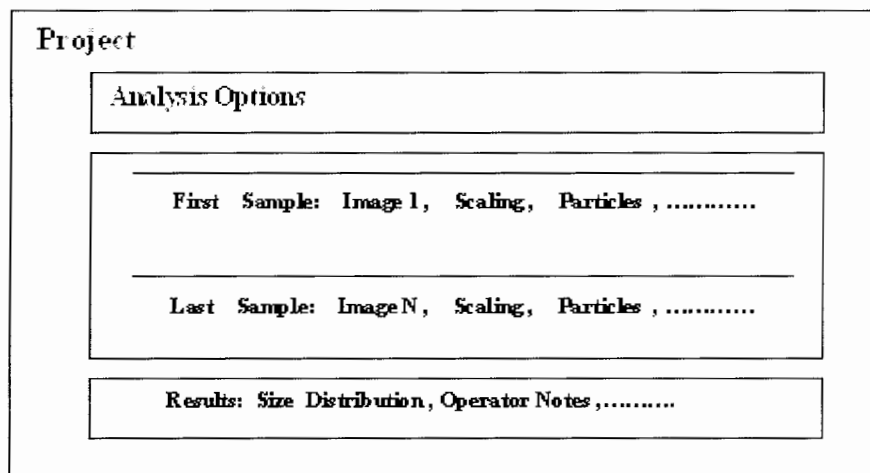
قسمت های *Kuz-Ram Rocks* و *Kuz-Ram Blast Design* و *Kuz-Ram Explosives* در گزینه Options... کاربر را قادر می‌سازد تا طرح انفجاری، خصوصیات سنگ و خصوصیات مواد منفجره را تعریف کند. پیش بینی خردایش همیشه جدید بوده و با تنظیمات کاربر منطبق است. (در پیش بینی خردایش دکمه محاسباتی وجود ندارد).

۴- اجزاء GoldSize

در این قسمت هر یک از اجزای GoldSize به طور جامع توصیف می‌شود.

۴-۱- یک پروژه GoldSize

برای ترکیب اطلاعات چندین تصویر و اخذ یک نتیجه کلی، برنامه GoldSize اطلاعات مختلف را به صورت پروژه هایی دسته بندی می‌کند که هر پروژه شامل آنالیز تعدادی عکس مربوط به هم یا به یک طرح انفجاری است (شکل ۶). به علاوه برای مدیریت تعداد زیادی تصویر که ممکن است نیاز به تعیین اندازه دقیق داشته باشند، GoldSize از یک سری اقلام کنترل پروژه استفاده می‌کند.



شکل ۶- سازماندهی داده های پروژه

هر تصویر بخشی از یک نمونه منحصر به فرد است.

از آنجا که هر تصویر خردایش، یک نمونه از خردایش نهایی توده را مشخص می‌کند، چنانچه تعداد تصاویر کم باشد، نمونه های کمی نیز موجود خواهد بود. بر عکس تعداد زیادی تصویر، تعداد زیادی نمونه فراهم می‌آورد که از مجموع آنها می‌توان آنالیز دقیقی انجام داد.

۴-۲- جزئیات پروژه

هر پروژه مجموعه‌ای از نمونه‌ها، گزینه‌های آنالیز و نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها می‌باشد. یک پروژه شامل موارد زیر است:

- نام پروژه
- عنوان کوتاهی برای پروژه جهت یک معرفی مختصر
- یادداشت ها (تا ۳۲۰۰۰ کاراکتر)
- نام تحلیل کننده نمونه‌ها

- لیست نمونه‌ها

- نتایج

- تاریخ و ساعت آنالیز

یک پروژه به صورت دو فایل خانواده^۱ و دانه بندی^۲ ذخیره می‌شود. یک فایل خانواده مجموعه‌ای از نمونه‌هایی است که به صورت یک توزیع ابعادی واحد ترکیب و تحلیل شده‌اند. وقتی یک فایل خانواده باز می‌شود، هر نمونه چک شده و چنانچه فایل تصویری یا فایل دیجیتالی یک نمونه یافت نشود، پیامی به کاربر داده می‌شود.

هر فایل اندازه، شامل تخمین ساده خردایش، تصحیح میزان ذرات ریز، تخمین بهینه ابعادی کاز-رام به دو صورت تجمعی و فوری و به علاوه اندازه تصحیح ذرات ریز، ماکزیمم گراف فوری (هیستوگرام) و اندازه میانگین چهار توزیع می‌باشد.

تعریف نمونه‌ها

هر نمونه GoldSize شامل موارد زیر می‌باشد:

- نام نمونه

- تصویر دیجیتال

- تاریخ و ساعت گرفتن عکس

- نام عکس بردار

- اطلاعات مقیاس تصویر دیجیتال

- نام اپراتوری که تصویر دیجیتال را آنالیز نموده است

- ذرات دیجیتالی شده توسط کاربر

- تاریخ و ساعت آنالیز تصویر دیجیتال

یک نمونه به صورت دو فایل جداگانه روی دیسک ذخیره می‌گردد:

- فایل تصویری ذخیره شده به صورت بیت مپ تحت ویندوز

- فایل دیجیتالی ذخیره شده

فایل‌های تصویری جهت تحلیل باید به GoldSize وارد شوند. برنامه تنها فایل‌های با پسوند BMP را می‌پذیرد. چنانچه نمونه‌ای فایل دیجیتال را نداشته باشد، این فایل پس از آن که نمونه‌ای برای اولین بار مقیاس گذاری یا یک ذره مرزیابی شود، به طور اتوماتیک ایجاد می‌گردد.

یک فایل دیجیتالی حاوی اطلاعات مقیاس، برای فایل تصویری اصلی و مختصات بدون مقیاس برای تصاویر مرزیابی شده، است.

نتایج

نتایج در بخشی از پروژه مربوطه ذخیره می‌شوند. نتایج نهایی شامل موارد زیر هستند:

- توزیع ابعادی؛ که نتیجه اصلی خواهد بود. داده‌های تجمعی، به صورت درصد عبوری هر اندازه و داده‌های فوری، به صورت درصد مواد در هر محدوده ابعادی بیان می‌شوند.

- پارامترهای آماری

پارامترهای ساده عبارتند از:

- اندازه میانگین
- درصد بزرگتر از قطعات ماکزیمم اندازه^۱
- درصد کمتر از قطعات مینیمم اندازه^۲
- پارامترهای آماری نمونه

اطلاعات مربوط به نمونه‌ها عبارتند از:

- تعداد نمونه‌ها
- تعداد ذرات

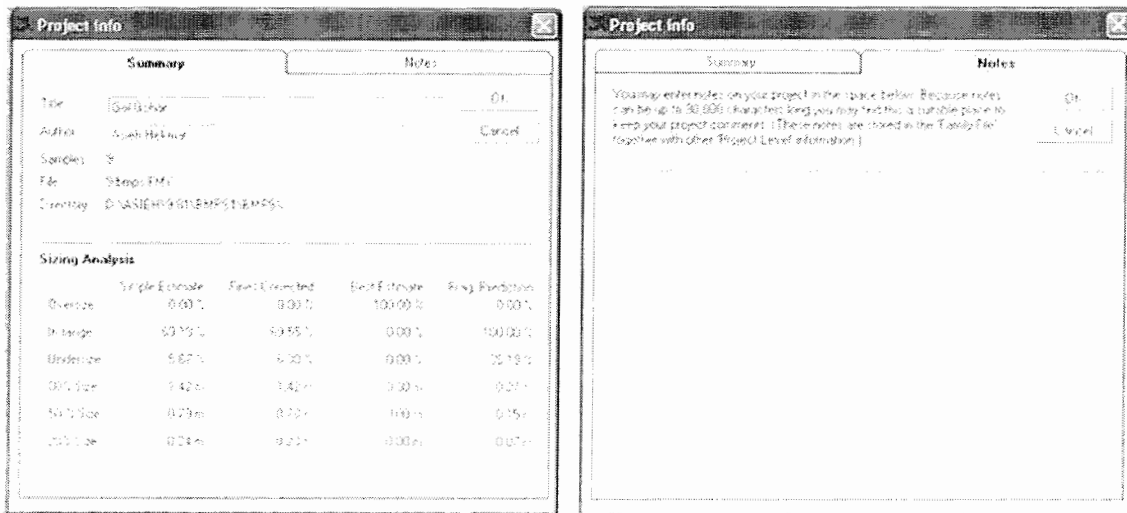
۳-۴- پنجره های GoldSize

۱-۳-۴- خلاصه اطلاعات پروژه

با انتخاب گزینه **Project Info** از منوی **File** می‌توان مشخصات پروژه را مشاهده و ویرایش کرد (شکل ۷). ذخیره مشخصات فایل و پروژه تنها با استفاده از گزینه **Save Project ...** یا **Save Project ...** در منوی **File** امکان پذیر است. در زمان کار روی یک پروژه جدید با صرف ۶۰ ثانیه وقت می‌توان مشخصات پروژه را وارد کرد.

۲-۳-۴- خلاصه مشخصات نمونه

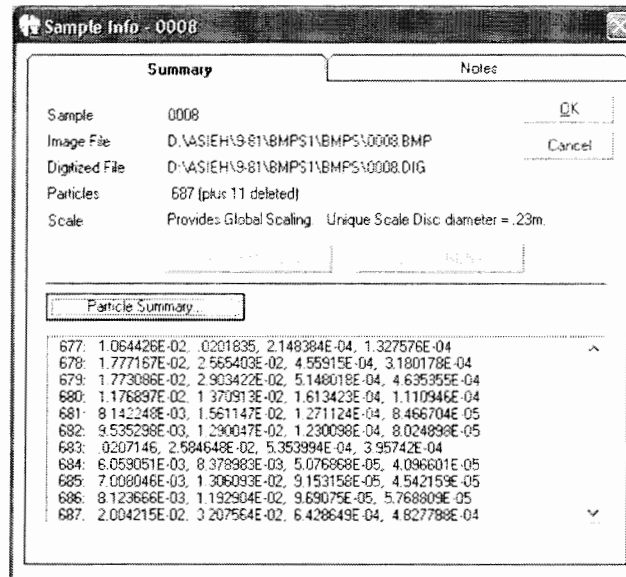
با انتخاب گزینه **Sample** از منوی **Samples** می‌توان مشخصات هر نمونه مورد نظر را مشاهده یا ویرایش کرد (شکل ۸). اطلاعات مربوط به فایل و شاخه، موقعیت فایل تصویری و فایل ذرات را نشان می‌دهد. برای نمونه‌هایی با خصوصیات مشترک می‌توان یک مجموعه اطلاعات مشترک را با انتخاب گزینه **Apply to All Samples**، به همه نمونه‌ها اختصاص داد.



شکل ۷- پنجره مشخصات پروژه

1 - Oversize

2 - Undersize



شکل ۸- پنجره مشخصات پروژه

در این پنجره اطلاعات مربوط به مقیاس به روش های زیر قابل اعمال است: استفاده از مقیاس نهایی (Uses Global Scaling): به این معنی که نمونه با مقیاس نهایی پروژه مقیاس گذاری می شود.

استفاده از مقیاس ویژه (Uses Unique Scaling): به این معنی که نمونه دارای یک مقیاس جداگانه برای محاسبه ابعاد ذرات است.

تعریف مقیاس نهایی (Provides Global Scaling): به این معنی که نمونه، مقیاس پیش فرض یا نهایی را برای کل پروژه تعریف کند.

در پنجره مشخصات نمونه برای تعیین مقیاس نهایی یا مقیاس ویژه دو دکمه در زیر عبارت مقیاس وجود دارد.

۴-۳-۳- پنجره گراف/ توزیع ابعادی

برای مشاهده منحنی نتایج، از گزینه Graphing در منوی Tools استفاده می شود (شکل ۹). هر یک از انواع چهار توزیع می تواند به صورت مجزا یا ترکیبی با بقیه انتخاب گردد. به علاوه می توان نتایج را به صورت تجمعی یا هیستوگرام مشاهده کرد. دکمه Options... در این پنجره، برای دسترسی به پنجره Option تهیه شده است.

پنجره Options

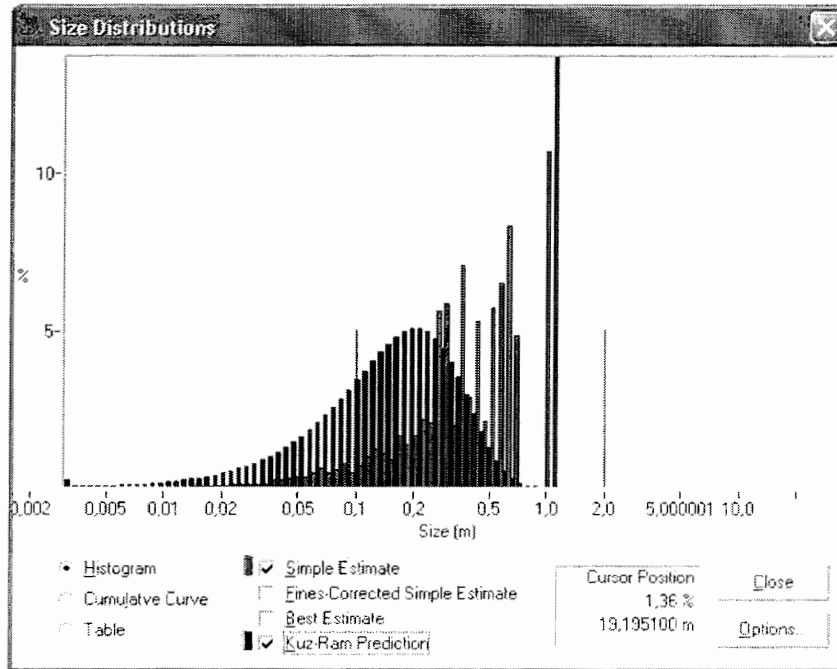
با استفاده از پنجره Options... از منوی Tools یا از طریق پنجره توزیع ابعادی می توان تنظیمات متعددی را که جهت کنترل GoldSize تعریف شده اند، مشاهده و ویرایش کرد.

پنجره Options به پنج قسمت تقسیم می شود:

- دانه بندی Sizing
- وضوح نمایش Appearance
- طرح انفجاری کاز-رام Kuz-Ram-Blast Design
- سنگ کاز-رام Kuz-Ram-Rocks
- مواد منفجره کاز-رام Kuz-Ram-Explosives

بخش دانه بندی

بخش دانه بندی، داده‌های توزیع ابعادی را کنترل می‌کند (شکل ۱۰). این داده‌ها شامل تعریف کاربر برای اندازه بزرگتر از ماکزیمم (Oversize)، اندازه کوچکتر از مینیمم (Undersize)، اندازه بهینه ذره، واحدهای اندازه گیری (متری یا امپریال) نوع منحنی (هیستوگرام یا تجعی) و روش مورد استفاده GoldSize در طبقه‌بندی ذرات می‌باشند. چهار مورد اول تنها بر نحوه نمایش داده‌های دانه‌بندی تاثیر داشته و در نتایج نهایی تاثیر نمی‌گذارد. با این حال انتخاب مقادیر مناسب جهت ارزش طبقه‌بندی ابعادی از اهمیت خاصی برخوردار است. پارامترهای بخش دانه‌بندی در جدول خلاصه شده‌اند.



شکل ۹- پنجره توزیع ابعادی

شکل ۱۰- بخش دانه بندی در پنجره Options

جدول ۱- پارامتر های بخش دانه بندی

پارامتر	معادل انگلیسی	تعریف
توان حجمی	Mass Power	توان تبدیل طول به حجم
شیفت سرندی	Sieve Shift	فاکتور تبدیل طول به اندازه سرندی
اندازه تصحیح ابعاد ریز	Size Fines Cor.	اندازه‌ای که کمتر از آن، مواد ریز محسوب می شوند
تعداد صندوق ها	Number of bins	تعداد اندازه های مجزا در توزیع
اندازه ماکزیمم	Top Size	اندازه ماکزیمم توزیع
اندازه مینیمم	Bottom Size	اندازه مینیمم توزیع

بخش وضوح نمایش (Appearance Tab):

این بخش تصاویر و صداها را ایجاد شده در GoldSize را کنترل می کند (شکل ۱). در ذیل گزینه‌های این بخش به ترتیب تشریح می شود.

میله ابزار^۱ را می توان با استفاده از گزینه میله ابزار در این بخش یا با انتخاب میله ابزار در منوی Tools آشکار یا پنهان کرد. میله ابزار مجموعه‌ای از دکمه‌های کوچکی است که زیر میله منو در صفحه GoldSize قرار دارد. دکمه‌های میله ابزار جهت دسترسی راحت تر به برخی توابع GoldSize طراحی شده‌اند. انتخاب گزینه Audible closure هنگام تکمیل رسم مرز یک ذره در حین مرزیابی، صدای بوقی ایجاد می کند.

سیاه و سفید گزینه‌ای است که برای کامپیوترهای لب تاپ با محدودیت نمایش رنگ یا بدون قابلیت نمایش رنگ طراحی شده است.

انتخاب این گزینه بر تمام تنظیمات رنگی تاثیر گذاشته و برای بررسی هر گزینه، ترکیبی از پیش تعیین شده از مقیاس‌های خاکستری را انتخاب می کند.

ضخامت خطوط ترسیمی در GoldSize برای ایجاد حداکثر دقت برابر یک پیکسل است. اما در صفحه‌های با رزولوشن خیلی بالا یا برای تأمین اهداف نمایشی، گاهی استفاده از یک خط ضخیم‌تر لازم می شود.

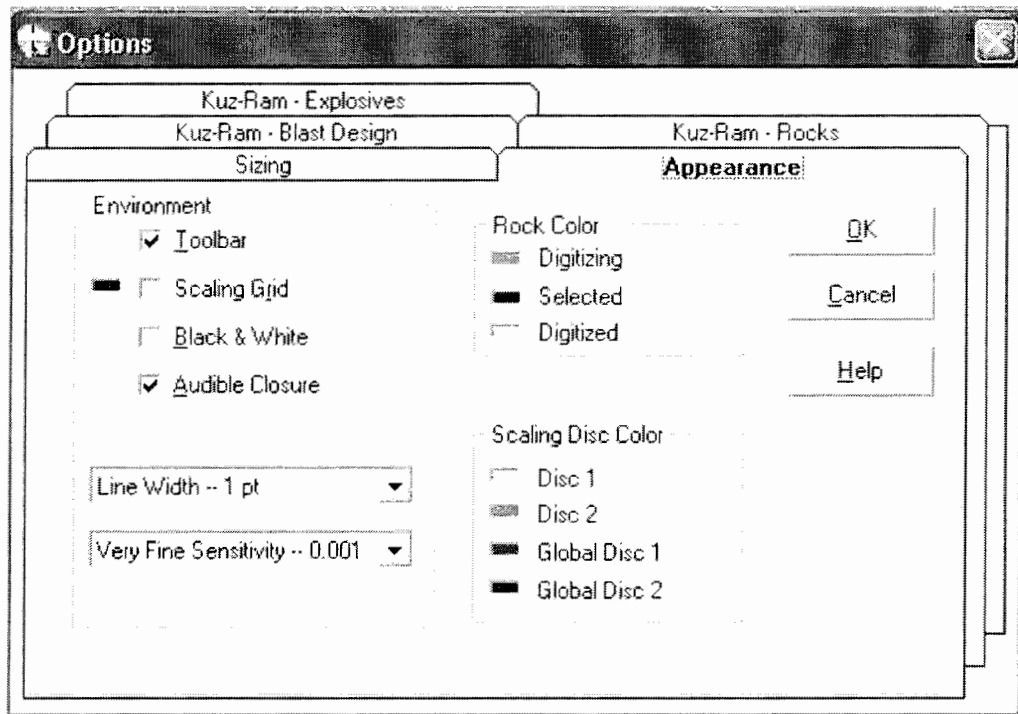
حساسیت دیجیتایز، رزولوشنی را که ذرات هنگام مرزیابی با ماوس با آن دیجیتایز می شوند، کنترل می کند. برای مثال حساسیت متوسط در هر یک درصد از تصویر یک رأس^۲ ایجاد می نماید. توصیه می شود برای ذرات ریز، حساسیت افزایش یابد تا این ذرات با دقت بیشتری مرزیابی گردند.

مستطیل های رنگی کنار هر گزینه جهت تغییر رنگ خطوط ترسیمی مربوط به آن گزینه در GoldSize استفاده می گردد. توصیه می شود برای تشخیص بین ذراتی که مرزیابی شده‌اند، ذراتی که در حال مرزیابی هستند و ذرات انتخابی، از رنگ های مناسب استفاده کنید.

برای تشخیص مقیاس ها از یکدیگر نیز می توان از رنگ های مجزا در دو مقیاس استفاده کرد. به علاوه بهتر است بین دیسک های یک نمونه که به عنوان مقیاس نهایی استفاده می شوند و دیسکهای دیگر نمونه‌ها رنگ‌های متفاوتی استفاده کرد تا ریسک تغییر مقیاس نهایی نمونه ها به طور سهوی، کاهش یابد.

1 - Tool Bar

2 - Vertex



شکل ۱۱- بخش وضوح نمایش در پنجره Options

طرح انفجاری کاز-رام:

برای پیش بینی خردایش در GoldSize از مدل کاز-رام استفاده می‌شود. می‌توان پارامترهای طرح انفجاری را در بخش طرح انفجاری کاز-رام تغییر داد (شکل ۱۲).

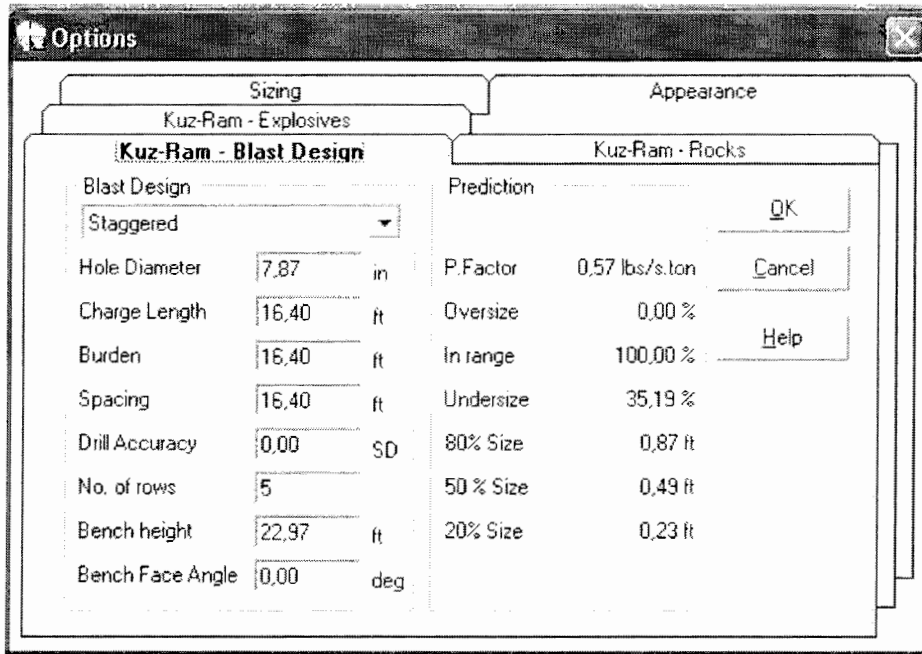
اخطار: بسیار مهم است که حدود مدل خردایش کاز-رام را قبل از به کار بردن آن درک نمود. به ویژه باید توجه داشت که کدام پارامترها مجاز به تغییر نیستند (مانند پارامترهای زمانی). هر گاه پارامترهای خارج از قابلیت مدل تغییر کنند، لازم است مدل را برای این وضعیت جدید مجدداً کالیبره نمود.

سنگ‌های کاز-رام

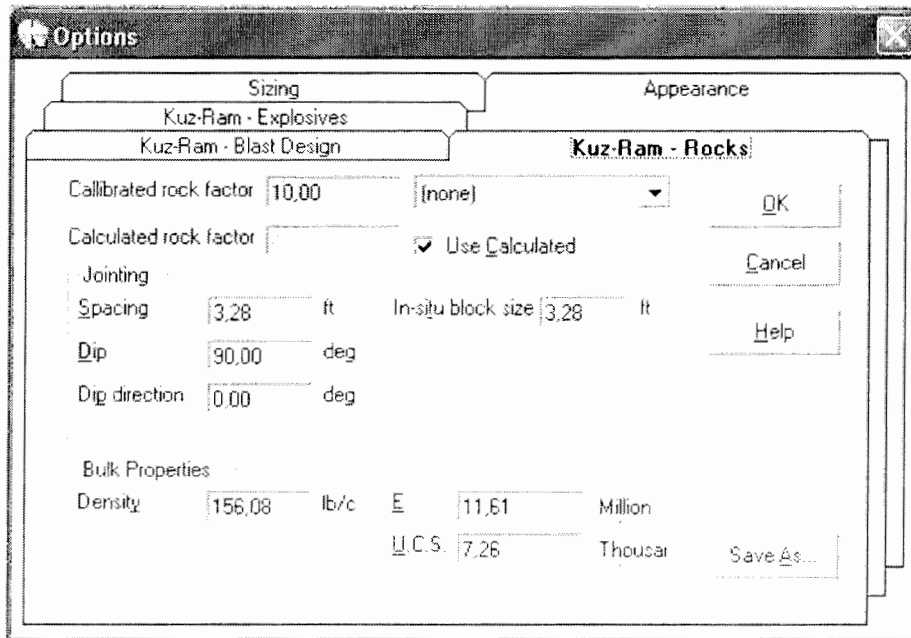
مدل کاز-رام برای تأثیر دادن نوع سنگ در خردایش از دو روش استفاده می‌کند (شکل ۱۳).

به این منظور می‌توان فاکتور سنگ را بر اساس خصوصیات توده‌ای و درزه‌ای سنگ توسط خود مدل محاسبه نمود و یا می‌توان فاکتور دلخواه را از لیست موجود انتخاب کرد. فاکتور سنگ به خوبی روابط پیچیده بین متغیرهای متعدد سنگ و مکانیزم انفجار را خلاصه می‌کند.

چنانچه نوع سنگ با توجه به خردایش اندازه گیری شده و خصوصیات طرح انفجار کالیبره شده باشد، گزینه فاکتور سنگ محاسبه شده دقیق‌ترین انتخاب خواهد بود. برای کالیبره نمودن مدل می‌توان مقداری را به طور دستی وارد کرد و یا اجازه داد که GoldSize آن را به طور اتوماتیک انجام دهد. به این منظور باید گزینه GoldSize از منوی Tools انتخاب شود. در هر صورت می‌توان کالیبراسیون را با استفاده از گزینه Save as... در بخش سنگ کاز-رام ذخیره کرد. کالیبراسیون ذخیره شده به لیست فاکتورهای سنگ اضافه می‌شود.



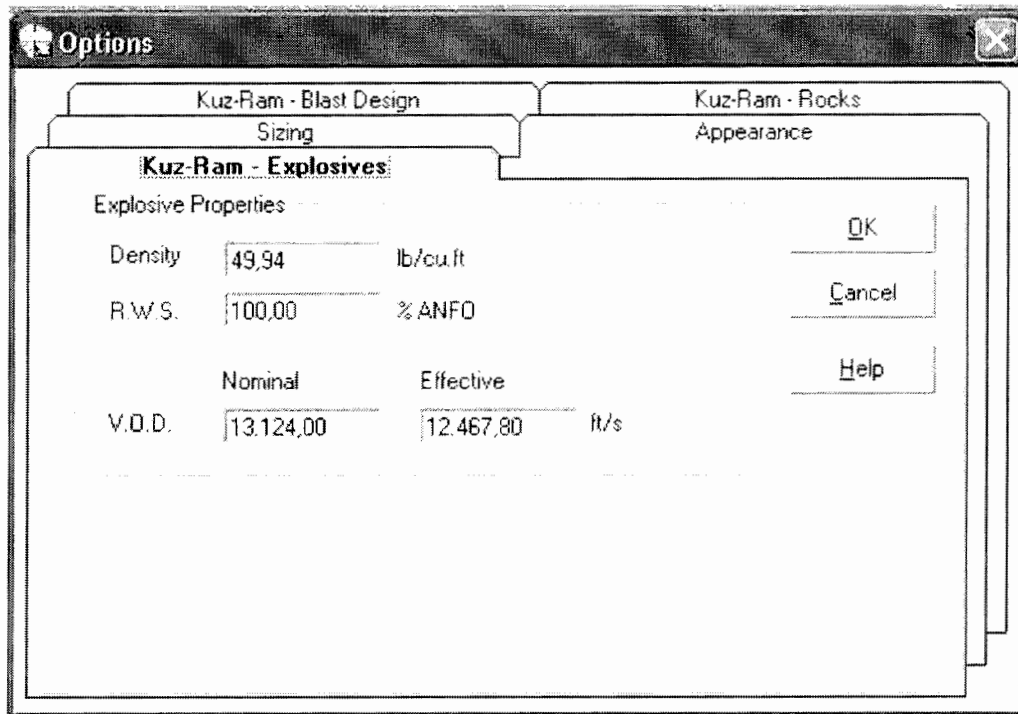
شکل ۱۲- بخش طرح انفجاری در پنجره Options



شکل ۱۳- بخش سنگ کاز-رام در پنجره Options

مواد منفجره کاز-رام:

مشخصات مواد منفجره را می توان با استفاده از بخش مواد منفجره کاز-رام وارد کرد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- بخش مواد منفجره کاز- رام در پنجره Options

۴-۴- تماس با شرکت Golder

با انتخاب گزینه Contacts از منوی Help پنجره‌ای باز می‌شود که اطلاعات لازم برای تماس با نمایندگان شرکت در نقاط مختلف دنیا را ارائه می‌دهد. اطلاعات مربوط به گواهینامه برای مشاهده اطلاعات گواهی‌نامه GoldSize از گزینه About... در منوی Help استفاده کنید.

۵- جزئیات فنی

این بخش حاوی اطلاعات فنی جزئی بوده و فرضیات و معادلات مورد استفاده در GoldSize را تشریح می‌کند.

۱-۵- بررسی نمونه‌ها

GoldSize جهت تعیین توزیع ابعادی نمونه‌ها از مراحل می‌گذرد، استفاده می‌کند.

مرزیابی (Edge Detection)

GoldSize برای رسم مرز هر ذره در یک تصویر از روش دستی استفاده می‌کند. هرچند این روش بسیار مشکل است، لیکن دقیق‌ترین روش تشخیص محیط در عکس‌هایی با شرایط نامشخص و متغیر نوری می‌باشد.

مقیاس گذاری (Scaling)

جهت تعیین اندازه سنگ لازم است سیستم مختصات تصویر به سیستم مختصات واقعی تبدیل گردد. در عمل از مختصات تصویر برای تعیین مرز ذرات و از مختصات واقعی در حین فرآیند دانه بندی استفاده می‌گردد.

دانه بندی (Sizing)

برای اندازه گیری ابعاد قطعات، ابتدا باید تعریف کاربردی از اندازه قطعه ارائه کرد. GoldSize به منظور انطباق بیشتر با روش سرندي، اندازه قطعه را برابر با عرض قطعه تعريف می‌کند.

طبقه بندی اندازه (Size Classification)

برای بررسی آماری مجموعه‌ای از قطعات سنگ، هر دسته از سنگ ها با توجه به محدوده ابعادی خود در یک صندوق^۱ وارد می‌شوند. برای انجام طبقه بندی، لازم است مقدار بالایی و پایینی هر صندوق و نیز مقدار صندوق های مربوط به ابعاد Oversize و Undersize به درستی تعیین شوند.

۲-۵- تخمین توزیع ابعادی

مواد لازم در تخمین توزیع ابعادی عبارتند از:

تکنیک جستجو:

برای کاهش خطای کلی همه نمونه‌ها، از یک تکنیک مینیمم سازی خطا استفاده می‌شود.

شکل توزیع جمعیت:

GoldSize شکل اصلی توزیع ابعادی را به صورت توزیع رزین- راملر (وایبل) در نظر می‌گیرد. این

توزیع شامل دو پارامتر اصلی X_c ، اندازه مشخصه و n ، ضریب یکنواختی است.

توزیع شبیه‌سازی شده:

تکنیک‌های تصویری تنها اطلاعاتی را که از هر نمونه به دست می‌آید، تحلیل می‌کنند. واضح است که یک عکس به تنهایی نمی‌تواند اطلاعات زیادی در مورد سنگ‌هایی که بزرگتر از مساحت عکس هستند، ارائه دهد. به علاوه تصاویر چندان قادر به تحلیل سنگ‌هایی که خیلی ریز هستند و به راحتی دیده نمی‌شوند، نخواهد بود. خطایی که این موارد در توزیع اندازه‌گیری شده ایجاد می‌کند، با کاهش شمارش قطعات بزرگ و کوچکی که برای هر تصویر شبیه‌سازی شده‌اند، اصلاح می‌گردد.

ترکیب نمونه‌های چندگانه:

در زمان تحلیل باید از تمام اطلاعات موجود استفاده کرد. اما در عین حال باید از ایجاد خطای ناشی از استفاده از یک یا چند نمونه خاص بیشتر از دیگر نمونه‌ها اجتناب ورزید. برای مثال چنانچه در بین ۵۰ عکس کلوز- آپ، تنها یک تصویر با دورنمای بالا (برای نمونه‌گیری از قطعات بزرگ) موجود باشد، مسلم است که به این تصویر باید بیشتر اهمیت داده شود. تکنیک جستجو، از ناحیه موثر هر تصویر برای اختصاص اهمیتی نسبی به آن استفاده می‌کند.

۳-۵- سخت افزار و نرم افزار مورد استفاده

مجموعه سخت افزار برای یک سیستم آنالیز ابعادی کامل شامل موارد زیر است:

- سیستم IBM 486 یا بالاتر
- ویندوز 3.1 به بالا
- حافظه RAM حد اقل ۸ مگابایت
- حد اقل ۲۰ مگابایت حافظه در دیسک سخت
- سیستم آنالیز تصویری

سیستم‌های مناسب عبارتند از: دوربین ویدئویی و فریم گرایر، عکس چاپ شده و اسکنر، دوربین دیجیتال. به علاوه لازم نیست سیستم تصویری دیجیتال قادر به تحلیل تصاویر باشد و صرفاً ایجاد تصویر کفایت می‌کند.

منابع

منابع فارسی

- استوار، رحمت ا...، ۱۳۷۵، آتشیاری در معادن، جلد دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی امیر کبیر.
- اصانلو مرتضی، ۱۳۷۴، طراحی برنامه ریزی و روش های استخراج معادن سطحی، انتشارات لادن.
- بخشنده امینه، حسن، ۱۳۷۷، مقایسه مدل‌های ریاضی جهت پیش بینی ابعاد سنگ های خرد شده از انفجار معادن روباز، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه امیر کبیر.
- پور محمد حسینی، زهرا، خوشرو، سید حسن، شفاهی، سید ضیاءالدین، کاشی تراش، سعید و امیر رحمت، محسن، ۱۳۸۴، تعیین دانه‌بندی انواع سنگ معدن مس سرچشمه پس از انفجار به روش آنالیز تصویری، مجموعه مقالات دومین کنفرانس معادن روباز ایران، دانشگاه باهنر کرمان.
- حکمت، آسیه، ۱۳۸۲، پیش‌بینی بازدهی سیستم بارگیری (شاول) بر مبنای سنگ‌های منفجر شده بزرگ مقیاس در معدن سنگ آهن گل‌گهر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امیر کبیر.
- دهقان بنادکی، محمد، مجدی، عباس و رئیس گهروئی، داراب، ۱۳۸۰، تعیین خردشدگی سنگ در اثر انفجار با استفاده از روش عکس‌برداری، مجموعه مقالات اولین کنفرانس معادن روباز ایران، دانشگاه باهنر کرمان.

شرکت مهندسی سپاسد ، ۱۳۸۱، گزارش انفجارات آزمایشی در محدوده سرریز سد، کارگاه سد گتوند.

عطائی محمد و زیاری، نادر، ۱۳۸۴، بررسی توزیع خردشدگی سنگ‌ها در اثر انفجار در معدن سنگ آهن سنگان، مجموعه مقالات دومین کنفرانس معادن روباز ایران، دانشگاه باهنر کرمان.

نعمت‌اللهی، حسین، ۱۳۷۵، کانه آرائی، جلد اول، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

ویجیندرا، ه.گ، ۱۳۷۸، کانه آرائی، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه صنعتی سهند، ترجمه آقابابایی، حمید و خداپرست، اکبر.

منابع خارجی

Heinio, M, "Principles of Rock Excavation Technologies", Rock Excavation Handbook

<http://www.golder.com>

Lilly, P.A., 1986. "An empirical method of assessing rock mass blastability", in. Davidson, J.R. (editor) Proceedings AusIMM/I.E.Australia Newman Combined Group Large Open Pit Mining Conference, 89- 92.

Lopez jimeno, C, Lopez jimeno, E, Ayala Carcedo, F.J, 1995 , " Drilling And Blasting Of Rocks", A.A.Balkema, Rotterdam, BrookField

Maerz, N.H, 1999, "Online fragmentation analysis: Achievements in the mining industry", Center For Aggregates Research (ICAR) Seventh Annual Symposium Proceedings, Austiu Texas, PPC1-1-1 to B1-1-10