

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تحلیل منحنی‌های دانه‌بندی توده‌سنگ خردشده توسط نرم‌افزارهای

آنالیز تصویری و مقایسه آن با شرایط واقعی

ارائه‌دهنده:

اسعد محمودنژاد

اساتید راهنما :

دکتر فرهنگ سرشکی

دکتر محمد عطایی

استاد مشاور:

مهندس سید هادی حسینی

تیر ۱۳۸۹

## تقدیم به

آن که حقیقت دینم شد و راه پیمودنم، فرشته فداکاری و دوست داشتن؛ **مادرم**

و دستان گرم **پدر**؛ تندیس استقامت و تکیه گاه برخاستنم.

و حضور سبز برادران و خواهران عزیزم...

## تشکر و قدردانی

یگانه پروردگار هستی را سپاس می‌گوییم که مرا توفیق عطا فرمود تا این پایان‌نامه را تقدیم نمایم.

لازم می‌دانم بدین وسیله از همیاری و همکاری اساتید محترم و عزیزانی که انجام و تحقق این پژوهش بدون یاری آنها غیر ممکن می‌نمود، کمال تشکر و قدردانی را ابراز دارم؛ بزرگوارانی همچون اساتید محترم دکتر فرهنگ سرشکی و دکتر محمد عطایی (اساتید راهنما) که راهنمایی‌های ارزنده آنها در تدوین این پژوهش مساعدتی بس بزرگ بود، آقای مهندس سید هادی حسینی (مشاور محترم) که پیشبرد این پروژه مدیون همکاری این عزیز بود، آقایان دکتر رضا کاکایی و دکتر محمد کارآموزیان (داوران محترم) که به حق، قضاوت درست و صادقانه‌ای بر صحت این اثر داشتند، آقای دکتر محمد کنشلو که بی‌دریغ مرا در انجام این پروژه یاری نمودند، دوستان عزیزم آقایان رضا افروغ، محمد قدیری، حمید روشنی، بهزاد سعیدی و.....

با تشکر و سپاس فراوان

## چکیده

خردشدگی مطلوب و مناسب، فاکتوری مهم در موفقیت یک عملیات انفجاری بوده و می‌تواند هزینه کلی تولید یک معدن را به حداقل ممکن تنزل دهد. امروزه آنالیز تصویری به دلیل صرف زمان و هزینه عملیاتی کم، مرسوم‌ترین روش برای ارزیابی خردایش و تعیین الگوهای آتشیاری بهینه می‌باشد. کارهای متعددی در نقاط مختلف به منظور تعیین دانه‌بندی توده‌سنگ خردشده با استفاده از نرم‌افزارهای آنالیز تصویری، انجام شده است، اما به دلیل هزینه‌های سنگین و غیر عملیاتی بودن فرایند آنالیز سرنندی، در اکثر موارد نتایج حاصله از این نرم‌افزارها بدون بررسی و اعتبارسنجی، مورد استفاده قرار گرفته است. در بحث آنالیز تصویری، به منظور بررسی میزان خردایش، فاکتورهای مختلفی تأثیرگذار می‌باشند، از آن جمله می‌توان به زاویه عکس‌برداری، تعداد عکس‌های مورد نیاز، شکل توده، دانه‌بندی و نحوه توزیع ذرات خرد شده، نرم‌افزار مورد استفاده و ... اشاره کرد. هدف از این تحقیق، تأثیر فاکتورهای ذکر شده در نتایج آنالیز تصویری دو نرم‌افزار Goldsize و Split و همچنین ارزیابی نتایج دو نرم‌افزار و مقایسه آنها می‌باشد.

در این تحقیق یک نمونه توده‌سنگ خرد شده، به آزمایشگاه حمل شده، ابتدا توده آنالیز سرنندی شده است و منحنی دانه‌بندی مربوط به آن رسم شده است. در ادامه، توده‌سنگ در سه حالت گسترده، پله‌ای و کپه‌ای عکس‌برداری شده است. سپس در حالت پله‌ای تأثیر تغییر زاویه در نتایج آنالیز تصویری، با تغییر زاویه عکس‌برداری در زوایای مختلف، مورد بررسی قرار گرفته است. عکس‌های گرفته شده، به وسیله نرم‌افزارهای Goldsize و Split آنالیز شده است. از آزمایشات انجام شده و تحلیل منحنی‌های دانه‌بندی، مشاهده شد که، شکل گسترده توده‌سنگ، مطلوب‌ترین منحنی دانه‌بندی را ارائه می‌دهد و شکل پله‌ای نسبت به شکل کپه‌ای توده‌سنگ، نتایج بهتر و نزدیک‌تری به واقعیت را ارائه می‌دهد. تغییر زاویه عکس‌برداری از توده‌سنگ، تأثیر چندانی بر روی نتایج دانه‌بندی آنالیز تصویری ندارد. در مقایسه نرم‌افزارها بررسی‌ها نشان داد که، نرم‌افزار Goldsize دانه‌بندی را

درشت‌تر از حالت واقعی (آنالیز سرندی) نشان می‌دهد و نرم‌افزار Split دانه‌بندی را ریزتر از آنالیز سرندی نشان می‌دهد و در آنالیز مواد دانه‌ریز، میزان خطای این نرم‌افزار بسیار بیشتر از سایر بخش‌های دانه‌بندی است، به طوری که نتایج آن در بخش دانه‌ریز، قابل قبول نمی‌باشد. میزان خطای نرم‌افزار Goldsize کمتر بوده و دقیق‌تر از نرم‌افزار Split می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** منحنی دانه‌بندی، آنالیز سرندی، آنالیز تصویری، نرم‌افزار Goldsize، نرم‌افزار Split.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مقدمه و کلیات

۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- ضرورت و هدف از انجام تحقیق
۴	۳-۱- سوابق و کارهای انجام شده
۷	۴-۱- روش انجام تحقیق
۷	۵-۱- ساختار پایان نامه

### فصل دوم: روش‌های ارزیابی خردایش توده سنگ

۹	۱-۲- مقدمه
۱۰	۲-۲- تعاریف
۱۰	۱-۲-۲- دانه بندی
۱۱	۲-۲-۲- تعریف اندازه ذره
۱۲	۳-۲- روش‌های دانه بندی سنگ پس از انفجار
۱۲	۱-۳-۲- آنالیزهای مشاهده‌ای کیفی
۱۴	۲-۳-۲- روش عکاسی
۱۶	۳-۳-۲- روش فتوگرامتری
۱۶	۴-۳-۲- تصویربرداری با سرعت بالا
۱۷	۵-۳-۲- بررسی قابلیت تولید تجهیزات بارگیری
۱۷	۶-۳-۲- شمارش قطعات درشت و انفجار ثانویه
۱۸	۷-۳-۲- بررسی عملیات سنگ شکن
۱۸	۸-۳-۲- روش سرند کردن
۱۹	۹-۳-۲- آنالیز تصویری دیجیتال
۱۹	۴-۲- مراحل توسعه آنالیز تصویری
۲۱	۵-۲- دیجیتالیز نمودن تصاویر

صفحه	عنوان
۲۴	۱-۶-۲- نمونه‌گیری
۲۵	۲-۶-۲- استراتژی نمونه‌گیری
۲۶	۳-۶-۲- گرفتن تصاویر
۲۷	۱-۳-۶-۲- کیفیت عکس
۳۰	۲-۳-۶-۲- مقیاس تصاویر
۳۲	۲-۴-۶-۲- فرآیند آنالیز تصویری
۳۳	۲-۵-۶-۲- خطای پرسپکتیو
۳۴	۲-۶-۶-۲- خطای تفکیک و خطای ترکیب در تصاویر
۳۶	۲-۷-۷-۲- روش‌های محاسبه حجم بلوک در روش آنالیز تصویری
۳۶	۲-۱-۷-۲- روش قطر
۳۷	۲-۲-۷-۲- روش اندیس شکل
۳۹	۲-۳-۷-۲- آنالیز تصویری بر اساس شکل ذره‌ها
۳۹	۲-۸-۸-۲- معرفی برنامه‌های محاسبه حجم بلوک
۳۹	۲-۱-۸-۲- معرفی برنامه SCANROCK
۴۰	۲-۲-۸-۲- معرفی برنامه DIAMETER
۴۰	۲-۹-۹-۲- مقایسه روش‌های آنالیز تصویری و آنالیز سرندي
۴۱	۲-۱۰-۹-۲- تفاوت‌های روش آنالیز تصویری و آنالیز سرندي
۴۳	۲-۱۱-۹-۲- مزایای روش آنالیز تصویری نسبت به آنالیز سرندي
۴۴	۲-۱۲-۹-۲- معایب روش آنالیز تصویری

### فصل سوم: معرفی نرم‌افزارهای آنالیز تصویری

۴۶	۳-۱-۱- مقدمه
۴۷	۳-۲-۲- نرم‌افزار Goldsize
۴۸	۳-۱-۲-۳- روش کار نرم افزار GoldSize
۵۲	۳-۲-۲-۳- مزایای نرم‌افزار GoldSize
۵۳	۳-۲-۲-۳- معایب نرم‌افزار GoldSize
۵۳	۳-۳-۳- نرم افزار Split-Desktop®
۵۴	۳-۱-۳-۳- مراحل کار با Split Desktop



۵۴	۳-۱-۳-۱- گرفتن عکس و مقیاس‌بندی
۵۵	۳-۱-۳-۲- مرزبندی خرده‌سنگ‌ها
۵۸	۳-۱-۳-۳- تصحیح و ویرایش عکس‌های باینری
۵۹	۳-۱-۳-۴- محاسبه و برآورد توزیع دانه‌بندی
۵۹	۳-۱-۳-۵- ارایه نتایج توزیع دانه‌بندی
۶۰	۳-۳-۲- دقت نرم‌افزار Split
۶۱	۳-۳-۴- مزایای نرم‌افزار Split
۶۱	۳-۳-۵- معایب نرم‌افزار Split

### فصل چهارم: تحلیل منحنی‌های دانه‌بندی نرم‌افزارهای Goldsize و Split

۶۳	۴-۱- مقدمه
۶۴	۴-۲- مراحل انجام آنالیز سرندی در آزمایشگاه
۶۴	۴-۲-۱- تهیه نمونه
۶۴	۴-۲-۲- اندازه‌گیری واقعی قطعات سنگ نمونه
۶۵	۴-۲-۲-۱- آنالیز سرندی
۶۵	۴-۲-۲-۲- تعیین قطر معادل
۶۶	۴-۲-۳- ارائه نتایج آنالیز سرندی
۶۹	۴-۳- آنالیز تصویری به وسیله دو نرم‌افزار Goldsize و Split
۶۹	۴-۳-۱- حالت گسترده
۷۱	۴-۳-۱-۱- نتایج نرم‌افزار Goldsize، در حالت گسترده
۷۳	۴-۳-۱-۲- نتایج نرم‌افزار Split در حالت گسترده
۷۵	۴-۳-۱-۳- مقایسه نتایج نرم‌افزارهای Goldsize و Split در حالت گسترده
۷۶	۴-۳-۱-۴- نتایج کلی آنالیز تصویری در حالت گسترده توده‌سنگ
۷۹	۴-۳-۲- حالت کپه‌ای
۸۰	۴-۳-۲-۱- نتایج آنالیز نرم‌افزار Goldsize در حالت کپه‌ای
۸۳	۴-۳-۲-۲- نتایج آنالیز نرم‌افزار Split در حالت کپه‌ای
۸۶	۴-۳-۳- تاثیر تغییر زاویه عکس‌برداری در نتایج آنالیز تصویری در حالت پله‌ای

صفحه	عنوان
۹۰	۴-۳-۴- تعیین دانه‌بندی پله آتشباری شده
۹۶	۴-۴- مقایسه و تحلیل منحنی‌های دانه‌بندی
۹۶	۱-۴-۴- تاثیر تغییر شکل توده در نتایج دانه‌بندی حاصل از آنالیز تصویری نرم‌افزار Goldsize
۹۹	۲-۴-۴- تاثیر تغییر شکل توده در نتایج دانه‌بندی حاصل از آنالیز تصویری نرم‌افزار Split
۱۰۱	۳-۴-۴- مقایسه منحنی‌های دانه‌بندی نرم‌افزارهای Goldsize و Split

### فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

۱۰۴	۱-۵- نتایج
۱۰۵	۲-۵- پیشنهادات
۱۰۶	منابع

## فهرست شکل‌ها

صفحه

۱۱	شکل ۱-۲ قطرهای بزرگ و کوچک
۱۵	شکل ۲-۲ روش شبکه‌ای ارزیابی خردایش در آزمایشگاه
۲۱	شکل ۳-۲ دیجیتالیز کردن یک تصویر
۲۲	شکل ۴-۲ یک تصویر فیزیکی و تصویر دیجیتال آن
۲۴	شکل ۵-۲ شمایی از مراحل آنالیز تصویری
۲۹	شکل ۶-۲ الف- نمونه بدون گرد و غبار؛ ب- نمونه حاود گرد و غبار
۳۵	شکل ۷-۲ خطای تفکیک
۳۵	شکل ۸-۲ خطای ترکیب
۳۸	شکل ۹-۲ محاسبه اندیس شکل
۳۸	شکل ۱۰-۲ تغییرات اندیس شکل برحسب مدل‌های مختلف
۴۱	شکل ۱۱-۲ موقعیت (جهت) ذرات در آنالیز تصویر و سرندي
۴۲	شکل ۱۲-۲ ذره‌ای با شکل مثلث یا مستطیل
۴۸	شکل ۱-۳ عکس آماده شده برای آنالیز تصویری
۴۹	شکل ۲-۳ مقیاس‌بندی در نرم‌افزار GoldSize
۵۰	شکل ۳-۳ مرزیابی دستی در نرم‌افزار GoldSize
۵۰	شکل ۴-۳ تصویر دیجیتالیز شده توسط نرم‌افزار GoldSize
۵۱	شکل ۵-۳ منحنی دانه‌بندی خروجی نرم‌افزار GoldSize
۵۲	شکل ۶-۳ جدول توزیع ابعادی خروجی نرم‌افزار GoldSize
۵۴	شکل ۷-۳ کاربرد آنالیز تصویری در خط تولید به کمک نرم‌افزار Split
۵۵	شکل ۸-۳ مقیاس‌گذاری صحیح
۵۷	شکل ۹-۳ مرزبندی اتوماتیک نرم‌افزار split
۵۹	شکل ۱۰-۳ قابلیت ویرایش دستی مرزبندی نرم‌افزار split
۶۰	شکل ۱۱-۳ نمودار توزیع دانه‌بندی ارایه شده از نرم‌افزار split
۶۸	شکل ۱-۴ درصد تجمعی عددی مواد عبور کرده از سرندي با دهانه مشخص
۶۸	شکل ۲-۴ نمودار دانه بندی آنالیز سرندي
۷۱	شکل ۳-۴ عکس برداری حالت گسترده توده‌سنگ

- شکل ۴-۴ دانه‌بندی در حالت گسترده خروجی نرم‌افزار Goldsize ۷۲
- شکل ۴-۵ دانه‌بندی در حالت گسترده خروجی نرم‌افزار Split ۷۴
- شکل ۴-۶ درصد اختلاف ابعاد Goldsize و Split در حالت گسترده ۷۵
- شکل ۴-۷ توزیع ابعادی (عددی) در حالت گسترده خروجی نرم‌افزار Goldsize ۷۷
- شکل ۴-۸ دانه‌بندی در حالت گسترده توسط نرم‌افزار Goldsize ۷۸
- شکل ۴-۹ طرح عکس‌برداری در حالت کپه‌ای ۷۹
- شکل ۴-۱۰ عکس‌های گرفته شده در حالت کپه‌ای ۸۰
- شکل ۴-۱۱ نتایج دانه‌بندی در حالت کپه‌ای توسط نرم‌افزار Goldsize و مقایسه با آنالیز سرنندی ۸۲
- شکل ۴-۱۲ دانه بندی توده‌سنگ در حالت کپه‌ای طبق نتایج آنالیز نرم‌افزار Goldsize ۸۳
- شکل ۴-۱۳ نتایج دانه‌بندی در حالت کپه‌ای توسط نرم‌افزار Split و مقایسه با آنالیز سرنندی ۸۴
- شکل ۴-۱۴ دانه بندی توده‌سنگ در حالت کپه‌ای طبق نتایج آنالیز نرم‌افزار Split ۸۵
- شکل ۴-۱۵ طرح نحوه عکس‌برداری برای تعیین تاثیر تغییر زاویه در نتایج آنالیز تصویری ۸۶
- شکل ۴-۱۶ عکس‌های گرفته شده برای تعیین تاثیر تغییر زاویه در نتایج آنالیز تصویری ۸۷
- شکل ۴-۱۷ تاثیر تغییر زاویه در نمودار دانه‌بندی حالت پله‌ای Goldsize ۸۸
- شکل ۴-۱۸ طرح نحوه عکس‌برداری از توده‌سنگ انفجاری ۹۰
- شکل ۴-۱۹ عکس‌های گرفته شده (توده‌سنگ انفجاری) الف- کل توده‌سنگ، ب-  $\frac{2}{3}$  توده‌سنگ، ج-  $\frac{1}{3}$  توده‌سنگ ۹۱
- شکل ۴-۲۰ منحنی‌های دانه‌بندی پله بدست آمده از نرم‌افزار Goldsize ۹۲
- شکل ۴-۲۱ منحنی دانه‌بندی توده‌سنگ در حالت پله‌ای به دست آمده از نرم‌افزار Goldsize ۹۳
- شکل ۴-۲۲ منحنی‌های دانه‌بندی پله به دست آمده از نرم‌افزار Split ۹۴
- شکل ۴-۲۳ منحنی دانه‌بندی توده‌سنگ در حالت پله‌ای به دست آمده از نرم‌افزار Split ۹۵
- شکل ۴-۲۴ مقایسه منحنی‌های دانه‌بندی نرم‌افزار Goldsize با آنالیز سرنندی ۹۷
- شکل ۴-۲۵ درصد اختلاف در بعد حالت‌های مختلف توده سنگ ۹۸
- شکل ۴-۲۶ مقایسه منحنی‌های دانه‌بندی نرم‌افزار Split با آنالیز سرنندی ۱۰۰
- شکل ۴-۲۷ درصد اختلاف در بعد حالت‌های کپه‌ای و پله‌ای توده‌سنگ ۱۰۰
- شکل ۴-۲۸ مقایسه منحنی‌های دانه‌بندی Goldsize و Split با آنالیز سرنندی ۱۰۱
- شکل ۴-۲۹ درصد اختلاف در بعد منحنی‌های Goldsize و Split ۱۰۲

## فهرست جداول

صفحه

۵	جدول ۱-۱ تحقیقات انجام شده در زمینه آنالیز تصویری
۶۷	جدول ۱-۴ توزیع ابعادی عددی آنالیز سرنندی
۶۷	جدول ۲-۴ جدول دانه‌بندی آنالیز سرنندی
۷۲	جدول ۳-۴ نتایج دانه‌بندی در حالت گسترده توسط نرم‌افزار Goldsize
۷۳	جدول ۴-۴ نتایج دانه‌بندی در حالت گسترده توسط نرم‌افزار Split
۷۵	جدول ۵-۴ درصد اختلاف ابعاد Goldsize و Split در حالت گسترده
۷۷	جدول ۶-۴ توزیع ابعادی (عددی) در حالت گسترده توسط نرم‌افزار Goldsize
۷۸	جدول ۷-۴ دانه‌بندی در حالت گسترده توسط نرم‌افزار Goldsize
۸۱	جدول ۸-۴ نتایج دانه‌بندی در حالت کپهای توسط نرم‌افزار Goldsize
۸۲	جدول ۹-۴ دانه بندی توده‌سنگ در حالت کپهای طبق نتایج آنالیز نرم‌افزار Goldsize
۸۴	جدول ۱۰-۴ نتایج دانه‌بندی در حالت کپهای توسط نرم‌افزار Split
۸۵	جدول ۱۱-۴ دانه بندی توده‌سنگ در حالت کپهای طبق نتایج آنالیز نرم‌افزار Split
۸۸	جدول ۱۲-۴ تاثیر تغییر زاویه در نمودار دانه‌بندی حالت پله‌ای Goldsize
۸۹	جدول ۱۳-۴ ضریب همبستگی بین منحنی‌های دانه‌بندی
۹۲	جدول ۱۴-۴ نتایج آنالیز عکس‌های توده‌سنگ بوسیله نرم‌افزار Goldsize
۹۳	جدول ۱۵-۴ توزیع دانه‌بندی توده‌سنگ در حالت پله‌ای بدست آمده از نرم‌افزار Goldsize
۹۴	جدول ۱۶-۴ نتایج آنالیز عکس‌های توده‌سنگ بوسیله نرم‌افزار Split
۹۵	جدول ۱۷-۴ توزیع دانه‌بندی توده‌سنگ در حالت پله‌ای بدست آمده از نرم‌افزار Split

فصل اول

مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

دانش بر توزیع ابعادی سنگ معدن در مراحل مختلف معدن‌کاری و کانه‌آرایی، از جمله اطلاعات پایه‌ای است که در ارزیابی طراحی سنگ‌شکن و نوارنقاله، 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، دمپ باطله، دیواره پیت و توده لیچینگ و بهینه‌سازی مدار خردایش، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای انجام یک انفجار مناسب، به گونه‌ای که خردایش مطلوبی ارائه دهد، عوامل متعددی از جمله خصوصیات سنگ، پارامترهای مربوط به ماده منفجره و مشخصات هندسی الگوی انفجار دخیل بوده و لازم است به دقت بررسی و در صورت امکان، به بهترین وجه ممکن انتخاب شوند.

هزینه‌های حفاری و انفجار، با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده از تعدادی از معادن روباز، حدود ۳۰ درصد از کل هزینه مستقیم تولید را تشکیل می‌دهد، که با افزایش قطعات بزرگ و نیاز به آتشیاری ثانویه تا ۵۰ درصد نیز افزایش می‌یابد. خردشدگی نامطلوب سنگ توسط انفجار سبب بالا رفتن هزینه‌های حفاری و انفجار می‌شود. بنابراین عامل اساسی برای موفقیت انفجار در یک جبهه کار، خردشدگی خوب می‌باشد، که در به حداقل رساندن هزینه‌های معدنکاری، نقش بنیادین دارد (دهقان بنادکی، ۱۳۸۰).

با توجه به مطالب بیان شده، تعیین دانه‌بندی سنگ حاصل از انفجار، برای بهینه‌سازی توزیع ابعادی سنگ، ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که روش‌های متعددی برای تعیین خردشدگی وجود دارد، لازم است تا روش بهینه از بین روش‌های موجود انتخاب شود. برای انتخاب روش بهینه از بین روش‌های موجود، لازم است این روش‌ها به دقت مورد بررسی قرار گیرند، و سپس معایب و مزایای آنها نسبت به یکدیگر مقایسه شوند.

روش‌های تعیین توزیع ابعادی قطعات، بر طبق ارتباط بین اندازه‌گیری و آزمایش، به دو گروه روش‌های مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند. آنالیز سرندي قطعات خرد شده، تنها روش مستقیم بوده و در میان سایر روش‌ها دقیق‌ترین و قابل اعتمادترین روش می‌باشد. در این روش باید هزینه و زمان بسیار زیادی صرف کرد تا منحنی توزیع دانه‌بندی را به دست آورد. این روش به طور جزئی و در بعضی از انفجارهای آزمایشی با حجم کم قابل کاربرد است. آنالیز تصاویر دیجیتالی توده‌سنگ خردشده، یکی از مهم‌ترین روش‌های غیرمستقیم تعیین توزیع دانه‌بندی است که به دلیل صرف هزینه و زمان کم، در زمینه ارزیابی خردایش، بسیار مورد توجه واقع شده است. در این تحقیق به طور مفصل به معرفی روش آنالیز تصویری پرداخته شده و میزان اعتبار آن با ارزیابی نتایج دو نرم‌افزار Split و Goldsize، بیان شده است.

## ۱-۲- ضرورت و هدف از انجام تحقیق

کارهای متعددی در نقاط مختلف به منظور تعیین دانه‌بندی توده‌سنگ خردشده با استفاده از نرم‌افزارهای آنالیز تصویری، انجام شده است، اما به دلیل هزینه‌های سنگین و غیر عملیاتی بودن فرایند آنالیز سرندي، در اکثر موارد نتایج حاصله از این نرم‌افزارها بدون بررسی و اعتبارسنجی، مورد استفاده قرار گرفته است.



در واقع در بحث آنالیز تصویری، به منظور بررسی میزان خردایش، فاکتورهای مختلفی تأثیرگذار می‌باشند، از آن جمله می‌توان به زاویه عکس‌برداری، تعداد عکس‌های مورد نیاز، شکل توده، دانه‌بندی و نحوه توزیع ذرات خرد شده، نرم‌افزار مورد استفاده و ... اشاره کرد. تاکنون کار جامعی که بتواند تأثیر این پارامترها را در بحث آنالیز تصویری به طور واضح و مشخص بیان کند، انجام نگرفته است.

هدف این تحقیق آن است که یک سری توده‌سنگ خرد شده، به آزمایشگاه حمل شده، ابتدا توده آنالیز سرنندی شود، سپس عملیات عکس‌برداری از آنها با تغییر پارامترهای موثر ذکر شده، به عنوان مثال؛ تغییر زاویه عکس‌برداری، تغییر شکل توده‌سنگ به طور منظم و هدفدار، انجام گیرد. در نهایت عکس‌های حاصله با دو نرم‌افزار Goldsize و Split آنالیز می‌شوند. نتایج حاصله از این نرم‌افزارها در ابتدا با هم مقایسه شده و در نهایت توسط نتایج واقعی حاصل از آنالیز سرنندی اعتبارسنجی می‌شوند و اثرات هر کدام از پارامترهای مؤثر مشخص می‌شود، تا به عنوان ضرایب اصلاحی در کارهای آتی استفاده شود.

تاکنون در کشورمان مطالعات صحرایی بر روی این موضوع انجام شده، ولی هیچ‌گاه مطالعه دقیق و بررسی آزمایشگاهی بر روی این موضوع انجام نشده است. لذا با توجه به ضرورت تعیین منابع خطا و نیز شدت و میزان خطاهای ایجاد شده در آنالیز تصویری، انجام چنین تحقیق آزمایشگاهی و دقیقی را ضروری می‌نماید.

### ۱-۳- سوابق و کارهای انجام شده

با پیشرفت روش‌های کامپیوتری و دیجیتالی در کارهای صنعتی و معدنی، آنالیز تصویری نیز توانسته به عنوان یک روش قابل اعتماد، در تعیین توزیع دانه‌بندی توده انفجاری، برای ارائه الگوهای آتشفشانی بهینه و رسیدن به خردایش مناسب، مورد توجه واقع شود. امروزه، به دلیل ساده بودن کاربرد

آنالیز تصویری و همچنین صرف زمان کمتر مورد نیاز برای آنالیز، این روش توانسته جایگزین مناسبی برای روش‌های تجربی و آنالیز سرنندی باشد. کاربرد زیاد این روش، سبب شده تا تحقیقات زیادی نیز در مورد آن، در نقاط مختلف انجام شود.

تحقیقات انجام شده توانسته‌اند، نکات مهم و پارامترهای مؤثر در انجام آنالیز تصویری را تعیین کنند، که در این تحقیق مورد بحث قرار گرفته‌اند. به دلیل این که اولاً این تحقیقات در شرایط متفاوت و برای اهداف متفاوت انجام شده‌اند و ثانیاً پارامترهای زیادی در انجام آنالیز تصویری مؤثرند، هنوز نتوانسته‌اند میزان خطای نتایج این روش را با واقعیت، به صورت کمی بیان کنند.

بیشتر تحقیقات انجام شده در مورد آنالیز تصویری، مربوط به یک دهه قبل می‌باشند که در جدول ۱-۱ می‌توان شرحی از این تحقیقات را مشاهده کرد. در سال‌های اخیر از نتایج به دست آمده از این تحقیقات، برای کاربرد بهتر آنالیز تصویری در ارزیابی خردایش توده‌سنگ، استفاده شده است.

جدول ۱-۱ تحقیقات انجام شده در زمینه آنالیز تصویری

ردیف	موضوع	ارائه دهنده و سال ارائه
۱	بررسی سنگ‌های بسیار درشت از طریق عکس‌برداری	Maclachlan & Singh, 1989
۲	بررسی خردایش سنگ با استفاده از آنالیز تصویری	Kemeny et al, 1993
۳	ارزیابی توزیع دانه‌بندی توده‌سنگ کواری به وسیله عکس‌برداری	Rhol et all, 1993
۴	تخمین میزان خردایش آتشیاری	John & Takis, 1993
۵	تکنیک‌های تحلیلی ارزیابی خردایش بر اساس روش‌های کامپیوتری آنالیز تصویری	Montoro & Gonzalez, 1993
۶	ارائه یک تکنیک عملی برای تعیین توزیع دانه‌بندی پله‌های آتشیاری شده، دمپ باطله.....	Kemeny, 1994
۷	روش Zoom-Merge برای ترکیب عکس‌ها در مقیاس‌های مختلف	Santamarina et al, 1995
۸	مروری بر ارزیابی روش‌های خردایش سنگ	Franklin et al, 1996
۹	استفاده از نرم‌افزار Split برای تعیین دانه‌بندی سنگ خردشده	Girdner et al, 1996
۱۰	مقایسه نرم‌افزارها - ارزیابی WipFrag, Fragscan و Split	Liu & Tran, 1996
۱۱	ملزومات و روش‌های تصویربرداری برای انجام آنالیز تصاویر اتوماتیک خردایش سنگ	Maerz, 1996
۱۲	خطای تفکیک و ترکیب	Eden & Franklin, 1996
۱۳	اهمیت کیفیت تصویر و عکس در آنالیز خردایش بوسیله WipFrag	Palangio, 1996
۱۴	کاربردهای صنعتی آنالیز تصویری - سیستم IPACS	Dahlhielm, 1996
۱۵	تخمین خردایش بصورت آنلاین با استفاده از سیستم CIAS	Downs & Kettunen, 1996

## ادامه جدول ۱-۱

ارائه دهنده و سال ارائه	موضوع	ردیف
<i>Havermann &amp; Vogt, 1996</i>	TUCIPS - سیستمی برای ارزیابی خردایش پس از انفجار	۱۶
<i>Kleine &amp; Cameron, 1996</i>	توزیع دانه‌بندی به وسیله Goldsize	۱۷
<i>Schleifer &amp; Tessier, 1996</i>	FRAGSCAN - نرم‌افزاری برای اندازه‌گیری خردایش توده‌سنگ آتشفشانی شده	۱۸
<i>Franklin &amp; Katsabanis 1996</i>	اندازه‌گیری خردایش پس از آتشفشانی	۱۹
<i>Palangio &amp; Franklin, 1996</i>	نکات کاربردی در نورپردازی و عکاسی	۲۰
<i>Maerz, 1998</i>	تعیین شکل و اندازه خرده سنگ با استفاده از آنالیز تصویری	۲۱
<i>Rustan, 1998</i>	بررسی تصاویر دیجیتالی سیستم‌ها، از طریق سنجش خردایش سنگ و ارائه رهنمودهای جدید برای اعتبارسنجی این سیستم‌ها	۲۲
<i>Kemeny et al, 1999</i>	پیشرفت در تخمین میزان خردایش با استفاده از آنالیز تصویری با ارزیابی دقیق ذرات	۲۳
<i>Higgins et al, 1999</i>	نرم‌افزارهای جامع ابزار و روشی برای بهینه‌سازی خردایش	۲۴
<i>Kemeny et al, 1999</i>	پیشرفت‌های جدید در نرم‌افزارهای آنالیز تصویری برای تعیین توزیع دانه‌بندی توده‌سنگ خردشده	۲۵
<i>Barkley &amp; Russell, 1999</i>	سنجش روشهای اندازه‌گیری اپتیکال	۲۶
<i>Maerz &amp; Zhou, 1999</i>	منابع اصلی خطا در سیستم‌های ارزیابی خردایش دیجیتالی (FRAGBLAST)	۲۷
<i>Chung &amp; Katsabanis, 2000</i>	پیش‌بینی خردایش با استفاده از فرمول‌های مهندسی اصلاح شده	۲۸
<i>Esen et al, 2000</i>	تأثیر نوع مواد منفجره روی خردایش	۲۹
<i>Maerz &amp; Zhou, 1999</i>	بهینه کردن سیستم‌های اندازه‌گیری دیجیتالی خردایش ناشی از انفجار	۳۰
<i>Kemeny, 2001</i>	بهبود مدل‌های خردایش با استفاده از آنالیز تصویری	۳۱
<i>Lowery et al, 2001</i>	پیشرفت روش‌های آتشفشانی از طریق اندازه‌گیری دقیق خردایش سنگ	۳۲
<i>La Rosa, 2001</i>	کاربردهای جدید سیستم آنالیز تصویری Split-Online	۳۳
<i>BoBo, 2001</i>	نرم‌افزار آنالیز تصویری جدید Split چه نرم‌افزاری است؟	۳۴
<i>Kemeny et al, 2001</i>	پیش‌بینی خردایش آتشفشانی به وسیله آنالیز تصویری و داده‌های حفاری	۳۵
<i>Raina et al, 2002</i>	Fragalyst - یک سیستم آنالیز تصویری دیجیتال برای تعیین توزیع ابعادی سنگ در معادن	۳۶
<i>Ozdemir et al, 2003</i>	ارزیابی خردایش و کنترل بهره‌وری از سیستم Split برای آنالیز تصاویر دیجیتالی	۳۷
<i>Maerz et al, 2005</i>	بررسی و اندازه‌گیری خردایش توسط وسایل عکس‌برداری اوتوماتیک پیشرفته	۳۸
<i>Sudhakar et al, 2005</i>	مقایسه اندازه‌گیری خردایش به وسیله تکنیک‌های آنالیز تصویری و عکاسی	۳۹
<i>Oraee &amp; Asi, 2006</i>	ارزیابی خردایش سنگ در معادن روباز بوسیله شبکه عصبی (کاربرد آنالیز تصویری)	۴۰

## ۴-۱- روش انجام تحقیق

در این تحقیق در ابتدا نمونه جمع‌آوری شده، آنالیز سرنندی شده است و منحنی دانه‌بندی مربوط به آن رسم شده است. در ادامه، توده‌سنگ در سه حالت گسترده، پله‌ای و کپه‌ای (برای بررسی تأثیر تغییر شکل توده در نتایج آنالیز تصویری) عکس‌برداری شده است. در حالت پله‌ای تأثیر تغییر زاویه در نتایج آنالیز تصویری، با تغییر زاویه عکس‌برداری در زوایای مختلف، مورد بررسی قرار گرفته است.

عکس‌های گرفته شده، به وسیله نرم‌افزارهای Goldsize و Split آنالیز شده و منحنی دانه‌بندی هر حالت به طور مجزا، از نتایج به دست آمده از دو نرم‌افزار، رسم شده است. در مرحله بعد منحنی دانه‌بندی این دو نرم‌افزار در حالت‌های ذکر شده، با منحنی آنالیز سرنندی مقایسه شده است. در پایان منحنی‌های دانه‌بندی، مورد تحلیل قرار گرفته است.

## ۵-۱- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه شامل ۵ فصل به شرح زیر می‌باشد:

فصل اول (فصل حاضر)، شامل کلیات تحقیق، ضرورت و هدف از انجام تحقیق و کارهای انجام شده در ارتباط با موضوع تحقیق، می‌باشد.

در فصل دوم، روش‌های ارزیابی خریدایش توده‌سنگ معرفی شده و در ادامه روش آنالیز تصویری به طور کامل تشریح و نکات مربوط به آن بیان شده است.

در فصل سوم، دو نرم‌افزار Goldsize و Split که در این تحقیق استفاده شده‌اند معرفی شده‌اند.

در فصل چهارم، نتایج حاصل از دو نرم‌افزار Goldsize و Split به شکل منحنی‌های دانه‌بندی

ارائه شده است و با منحنی دانه‌بندی آنالیز سرنندی مقایسه شده‌اند.

فصل پنجم، شامل نتیجه‌گیری کلی از تحقیق انجام شده و پیشنهادات ارائه شده می‌باشد.