

الله
الرحمن الرحيم



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد استخراج مواد معدنی

زون بندی معادن روباز بر اساس شاخص قابلیت انفجار و مقادیر خرج ویژه

مطالعه موردی: توده یک معدن سنگ مارن سیمان شرق

نگارنده: علیرضا جهانیان

اساتید راهنما

دکتر محمد عطایی

دکتر فرهنگ سرشکی

استاد مشاور

دکتر رضا خالوکاکائی

بهمن ۱۳۹۵

تقدیرم به

پدر و مادر عزیزم که نه می‌توانم گیسوانشان را که در راه عزت ما سفید
شد، سیاه کنم و نه برای دست‌های پینه‌بسته‌شان که ثمره تلاش برای

افتخار من است، مرهمی دارم.

و همسر مهربانم به پاس صبرها و مهربانی‌های بی‌دریغش

پروردگارا

پس تو خدایم ده که هر لحظه شکر گزارشان باشم و ثانیه‌های عمرم

را در عصبای دست بودنشان بگذرانم.

تشکر و قدردانی

تختین پاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریای بیکران اندیشه، قطره‌ای

ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه‌های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند. لذا اکنون که در سایه سار

بنده نوازی هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از

استادان عزیزم، جناب دکتر محمد عطایی و جناب دکتر فرزندک سرشکی و استاد مشاور گران قدرم دکتر رضا

خالوکا کالی که زحمات راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند، پاسگذاری نمایم.

در انتها از مهندس مصطفی آموزش و مهندس مصطفی علنیراده که مراد انجام این پایان نامه یاری نمودند،

تشکر می‌کنم.

تعهد نامه

اینجانب علیرضا جهانیان خیرآبادی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن (استخراج) دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه زون‌بندی معادن روباز بر اساس قابلیت انفجار و خرج ویژه – مطالعه موردی: معدن مارن ۱ شرکت سیمان مشهد تحت راهنمایی دکتر محمد عطایی و دکتر فرهنگ سرشکی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « *Shahrood University of Technology* » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌شود.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو

تاریخ: / /

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد.

چکیده

هدف از معدن‌کاری، استخراج ماده معدنی در یک برنامه زمانی از پیش تعیین شده با حداکثر میزان تولید مشخص شده و کم‌ترین هزینه‌ها و خطرات جانبی و دستیابی به یک خردایش مطلوب می‌باشد. برای دستیابی به خردایش مطلوب، محاسبه خرج ویژه و طراحی الگوی شبکه حفاری باید با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای تاثیرگذار در راندمان انفجار، انجام شود. مهم‌ترین هدف این پایان‌نامه اصلاح الگوی انفجار معدن مارن یک کارخانه سیمان مشهد می‌باشد. برای محاسبه خرج ویژه از روش‌های برآورد خرج ویژه مانند شاخص قابلیت انفجار و شاخص خردایش سنگ که تمامی خصوصیات زمین‌شناسی و مکانیک سنگی توده‌سنگ را شامل می‌شوند، استفاده شد. ابتدا پارامترهای آزمایشگاهی مانند سختی اشمیت، سختی موهس، وزن مخصوص و مقاومت فشاری تک‌محوره برای ۱۳ ناحیه معدن اندازه‌گیری شد. با توجه به این که تعداد ۱۳ داده برای استفاده از روش‌های تخمینی به منظور تخمین این پارامترها در سایر نقاط معدن کم بوده و محاسبه مقاومت فشاری تک‌محوره در آزمایشگاه کاری وقت‌گیر و پرهزینه بود، از روش تخمین مقاومت فشاری تک‌محوره به کمک مقدار سختی اشمیت استفاده شد. حال با افزایش تعداد داده‌ها امکان استفاده از روش‌های تخمینی مانند روش عکس توان فاصله برای تخمین پارامترهای سختی موهس، وزن مخصوص و مقاومت فشاری تک‌محوره میسر شد. هم‌زمان با تخمین این پارامترها، معدن به ۵۲ زون مساوی تقسیم شده و مطالعات صحرایی برای برداشت پارامترهایی مانند فاصله‌داری، جهت‌داری و وضعیت پرشدگی درزه‌ها و توصیف توده‌سنگ این زون‌ها انجام شد. سپس معدن بر اساس شاخص قابلیت انفجار و شاخص خردایش سنگ و مقادیر خرج ویژه مرتبط با آن‌ها زون‌بندی شد. در نهایت به کمک خرج ویژه محاسبه شده از روش شاخص قابلیت انفجار پارامترهای طراحی الگوی انفجار برای زون‌های معدن محاسبه شد.

کلمات کلیدی: خردایش، خرج ویژه، شاخص قابلیت انفجار، شاخص قابلیت خردایش

فهرست مطالب

۱	..... فصل اول: کلیات
۲	..... ۱-۱- مقدمه
۳	..... ۲-۱- بیان مسأله
۴	..... ۳-۱- اهمیت تحقیق
۴	..... ۴-۱- ضرورت انجام تحقیق
۵	..... ۵-۱- اهداف تحقیق
۵	..... ۶-۱- معرفی معدن مورد مطالعه
۶	..... ۷-۱- ساختار پایان نامه
۹	..... فصل دوم: پارامترهای مؤثر بر طراحی الگوی انفجار
۱۰	..... ۱-۲- مقدمه
۱۰	..... ۲-۲- پارامترهای قابل کنترل
۱۰	..... ۱-۲-۲- قطر چال
۱۲	..... ۲-۲-۲- بار سنگ
۱۳	..... ۳-۲-۲- فاصله ردیفی چال ها
۱۴	..... ۴-۲-۲- ارتفاع پله
۱۵	..... ۵-۲-۲- اضافه حفاری
۱۶	..... ۶-۲-۲- گل گذاری
۱۶	..... ۷-۲-۲- شیب چال
۱۷	..... ۸-۲-۲- خرج ویژه
۱۸	..... ۳-۲- پارامترهای غیر قابل کنترل
۱۸	..... ۱-۳-۲- مقاومت فشاری تک محوره
۱۹	..... ۲-۳-۲- تخلخل
۲۰	..... ۳-۳-۲- حفره ها
۲۰	..... ۴-۳-۲- چگالی
۲۲	..... ۵-۳-۲- سیستم درزه ها
۲۲	..... ۴-۲- جمع بندی
۲۳	..... فصل سوم: روش های برآورد خرج ویژه

۲۴	..... ۱-۳-۱ مقدمه
۲۴	..... ۲-۳-۲ روش‌های برآورد خرج ویژه
۲۴	..... ۳-۲-۱-۱ استفاده از جدول‌های تجربی
۲۴	..... ۳-۲-۱-۲-۱ کیفیت سنگ
۲۵	..... ۳-۲-۱-۲-۲ مقاومت فشاری تک‌محوره
۲۶	..... ۳-۲-۱-۳-۱ مشخصات کانسار
۲۶	..... ۳-۲-۲-۲ برآورد خرج ویژه به کمک مدل سوئدی
۲۷	..... ۳-۲-۳-۳ برآورد خرج ویژه به کمک اطلاعات حاصل از حفاری
۲۷	..... ۳-۲-۳-۱ برآورد خرج ویژه به کمک شاخص کیفیت سنگ
۲۹	..... ۳-۲-۳-۲ برآورد خرج ویژه به کمک شاخص نفوذپذیری
۳۰	..... ۳-۲-۴-۲ برآورد خرج ویژه به کمک شاخص خردایش سنگ
۳۲	..... ۳-۲-۵-۲ برآورد خرج ویژه به کمک سیستم طبقه‌بندی ژئومکانیکی سنگ
۳۳	..... ۳-۲-۶-۲ برآورد خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار
۳۴	..... ۳-۳-۳ جمع‌بندی
۳۵	..... فصل چهارم: معرفی معدن مارن یک سیمان شرق
۳۶	..... ۴-۱-۱ مقدمه
۳۶	..... ۴-۲-۲ موقعیت جغرافیایی و آب‌وهوایی منطقه
۳۷	..... ۴-۳-۳ زمین‌شناسی منطقه
۳۹	..... فصل پنجم: ارزیابی نتایج انفجارهای انجام شده در معدن
۴۰	..... ۵-۱-۱ مقدمه
۴۱	..... ۵-۲-۲ ارزیابی انفجارهای ثبت شده
۴۳	..... ۵-۲-۱-۱ ارزیابی خردایش
۴۳	..... ۵-۲-۱-۲-۱ تهیه عکس
۴۴	..... ۵-۲-۱-۲-۲ مرزیابی سنگ‌ها
۴۵	..... ۵-۲-۱-۳-۱ تحلیل دانه‌بندی
۴۷	..... ۵-۲-۲-۲ بازدهی خردایش
۴۸	..... ۵-۳-۳ جمع‌بندی
۴۹	..... فصل ششم: زون‌بندی خرج ویژه معدن مارن یک

۵۰	..... ۱-۶-۱ مقدمه
۵۱	..... ۲-۶-۲ مطالعات آزمایشگاهی
۵۱	..... ۱-۲-۶-۱ محاسبه مقاومت فشاری تک محوره
۵۴	..... ۲-۲-۶-۲ محاسبه سختی اشمیت
۵۶	..... ۳-۲-۶-۳ تخمین مقاومت فشاری تک محوره به کمک سختی اشمیت
۵۹	..... ۴-۲-۶-۴ محاسبه وزن مخصوص
۶۱	..... ۳-۶-۳ مطالعات صحرایی
۶۱	..... ۱-۳-۶-۱ محاسبه سختی موهس
۶۲	..... ۲-۳-۶-۲ محاسبه فاصله داری و بازشدگی درزه ها
۶۳	..... ۴-۶-۴ تخمین پارامترها
۶۴	..... ۱-۴-۶-۱ تخمین مقاومت فشاری تک محوری
۶۶	..... ۲-۴-۶-۲ تخمین سختی موهس
۶۷	..... ۳-۴-۶-۳ تخمین وزن مخصوص
۷۰	..... ۵-۶-۵ زون بندی معدن
۷۶	..... ۶-۶-۶ طراحی الگوی انفجار
۷۶	..... ۱-۵-۶-۱ محاسبه ضخامت بار سنگ
۷۷	..... ۲-۵-۶-۲ محاسبه فاصله داری
۷۸	..... ۳-۵-۶-۳ ضخامت گل گذاری
۷۸	..... ۴-۵-۶-۴ اضافه حفاری چال
۷۹	..... ۵-۵-۶-۵ وزن ستون ماده منفجره
۸۰	..... ۷-۶-۷ جمع بندی
۸۱	..... فصل هفتم
۸۴	..... ۱-۷-۱ مقدمه
۸۴	..... ۲-۷-۲ نتیجه گیری
۸۵	..... ۳-۷-۳ پیشنهادها
۸۷	..... منابع و مراجع
۹۱	..... پیوست ها
۹۲	..... پیوست ۱: نتایج دانه بندی ۱۳ انفجار انجام شده در نرم افزار <i>Gold size</i>

- پیوست ۲: گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی *RFI* و *BI* دیواره‌ها..... ۱۰۵
- پیوست ۳: مقادیر مقاومت فشاری تک‌محوری تخمینی به روش عکس فاصله از توان ۱ تا ۲۰ برای
- ۲۲ سینه کار ثبت شده ۱۲۳
- پیوست ۴: مقادیر سختی موهس تخمینی به روش عکس فاصله از توان ۱ تا ۲۰ برای ۲۲ سینه کار
- ثبت شده..... ۱۲۵
- پیوست ۵: مقادیر وزن مخصوص تخمینی به روش عکس فاصله از توان ۱ تا ۲۰ برای ۲۲ سینه کار
- ثبت شده..... ۱۲۷
- پیوست ۶: نمودارهای رسم شده بین مقاومت فشاری تخمینی - مقاومت فشاری آزمایشگاهی.. ۱۲۹
- پیوست ۷: نمودار وزن مخصوص آزمایشگاهی و وزن مخصوص تخمین‌زده شده و نمودار هیستوگرام
- تفاضل آن‌ها..... ۱۳۳
- پیوست ۸: مقادیر محاسبه شده خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار و خردایش سنگ.... ۱۴۰
- پیوست ۹: بارسنگ محاسبه شده به کمک خرج ویژه بدست آمده از روش *BI* ۱۴۲

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: راه‌های دسترسی به معدن مارن کارخانه سیمان شرق..... ۵
- شکل ۱-۲: رابطه بین قطر چال و ضخامت بارسنگ..... ۱۲
- شکل ۲-۲: رابطه بین خرج ویژه و هزینه‌های کلی حفاری تا سنگ‌شکنی..... ۱۸
- شکل ۱-۳: تعیین خرج ویژه به کمک روش *RQI*..... ۲۸
- شکل ۲-۳: محاسبه خرج ویژه به کمک روش *IP*..... ۳۰
- شکل ۱-۴: موقعیت جغرافیایی معدن..... ۳۶
- شکل ۱-۵: مختصات ۱۳ نقطه انفجار شده از معدن..... ۴۱
- شکل ۲-۵: تأثیر دسته‌درزه‌ها در ایجاد بولدرها..... ۴۳
- شکل ۳-۵: قرارگیری دو توپ به عنوان مقیاس در کپه انفجاری..... ۴۴
- شکل ۴-۵: مرزبایی سنگ‌ها در نرم‌افزار *Gold size*..... ۴۵
- شکل ۵-۵: نمایش توزیع ابعادی تجمعی قطعات سنگ انفجار شماره ۳ در نرم‌افزار *Gold size*..... ۴۵
- شکل ۶-۵: نمودار درصد فراوانی بازدهی خردایش..... ۴۸
- شکل ۱-۶: مراحل انجام مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی..... ۵۱
- شکل ۲-۶: مختصات ۱۳ نقطه نمونه برداری شده از معدن..... ۵۲
- شکل ۳-۶: دستگاه اندازه‌گیری مقاومت فشاری تک‌محوره..... ۵۳
- شکل ۴-۶: دستگاه تعیین سختی اشمیت..... ۵۵
- شکل ۵-۶: نمودار تغییرات مقاومت فشاری تک‌محوره بر اساس تغییرات سختی اشمیت..... ۵۶
- شکل ۶-۶: مختصات ۵۲ زون منطقه مورد مطالعه..... ۵۷
- شکل ۷-۶: موقعیت مکانی ۹ سینه کار جدید..... ۵۸
- شکل ۸-۶: مقاومت فشاری آزمایشگاهی و مقاومت فشاری تخمینی به روش عکس توان ۳ فاصله ۶۵
- شکل ۹-۶: نمودار بین وزن مخصوص آزمایشگاهی و تخمینی به کمک روش عکس توان ۲ فاصله ۷۰
- شکل ۱۰-۶: نمودار هیستوگرام اختلاف وزن مخصوص آزمایشگاهی با مقدار تخمینی..... ۷۰
- شکل ۱۱-۶: زون‌بندی معدن بر اساس مقدار قابلیت انفجار..... ۷۲
- شکل ۱۲-۶: زون‌بندی معدن بر اساس مقدار شاخص خردایش سنگ..... ۷۳
- شکل ۱۳-۶: زون‌بندی خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار..... ۷۴
- شکل ۱۴-۶: زون‌بندی خرج ویژه به کمک شاخص خردایش سنگ..... ۷۵

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲:	نسبت اضافه حفاری به بارسنگ برای سازندهای مختلف سنگ.....	۱۵
جدول ۲-۲:	خرج ویژه برای سنگ‌های توده‌ای تا درزه‌ای.....	۱۸
جدول ۱-۳:	برآورد خرج ویژه با توجه به کیفیت توده‌سنگ.....	۲۵
جدول ۲-۳:	برآورد خرج ویژه با توجه به مقاومت فشاری تک‌محوره سنگ.....	۲۵
جدول ۳-۳:	خرج ویژه توصیه شده توسط <i>CMRI</i> در کانسارهای سنگی مختلف.....	۲۶
جدول ۴-۳:	پارامترهای شاخص خردایش سنگ.....	۳۱
جدول ۵-۳:	پارامترها و امتیاز آن‌ها در سیستم طبقه‌بندی ژئومکانیکی.....	۳۲
جدول ۶-۳:	تصحیح و تعدیل امتیازات بدست آمده برای تعیین اندیس قابلیت انفجار.....	۳۲
جدول ۷-۳:	برآورد خرج ویژه به کمک اندیس قابلیت انفجار.....	۳۳
جدول ۸-۳:	پارامترهای مؤثر در شاخص قابلیت انفجار.....	۳۴
جدول ۱-۵:	مشخصات چال‌های انفجاری ثبت شده.....	۴۲
جدول ۲-۵:	رده‌بندی وضعیت خردشدگی.....	۴۷
جدول ۳-۵:	مشخصات دانه‌بندی و بازدهی خردایش.....	۴۷
جدول ۱-۶:	مقادیر محاسبه شده مقاومت فشاری تک‌محوره در آزمایشگاه.....	۵۴
جدول ۲-۶:	مقادیر سختی اشمیت اندازه‌گیری شده.....	۵۵
جدول ۳-۶:	مقادیر سختی اشمیت اندازه‌گیری شده در معدن.....	۵۸
جدول ۴-۶:	مقادیر تخمینی مقاومت فشاری به کمک سختی اشمیت.....	۵۹
جدول ۵-۶:	مقادیر وزن مخصوص اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه.....	۶۰
جدول ۶-۶:	گزارش برداشت پارامترهای شاخص خردایش سنگ و شاخص قابلیت انفجار.....	۶۱
جدول ۷-۶:	مقادیر اندازه‌گیری شده سختی موهس.....	۶۲
جدول ۸-۶:	مقادیر شاخص‌های ارزیابی برای مقاومت فشاری تخمین زده شده.....	۶۴
جدول ۹-۶:	مقاومت فشاری تخمینی به کمک روش عکس فاصله با توان ۳.....	۶۶
جدول ۱۰-۶:	مقادیر درصد صحیح سختی موهس تخمینی.....	۶۶
جدول ۱۱-۶:	نتایج تخمین سختی موهس به روش عکس فاصله با توان ۱۴.....	۶۷
جدول ۱۲-۶:	مقادیر شاخص‌های ارزیابی برای وزن مخصوص تخمین زده شده.....	۶۸
جدول ۱۳-۶:	مقادیر تخمینی وزن مخصوص به کمک روش عکس فاصله با توان ۲.....	۶۹
جدول ۱۴-۶:	ضخامت بارسنگ محاسبه شده با توجه به تغییرات <i>BI</i>	۷۷

- جدول ۶-۱۵: فاصله‌داری چال‌ها با توجه به تغییرات *BI* ۷۸
- جدول ۶-۱۶: طول گل‌گذاری محاسبه شده با توجه به تغییرات *BI* ۷۸
- جدول ۶-۱۷: اضافه‌حفری محاسبه شده با توجه به تغییرات *BI* ۷۹
- جدول ۶-۱۸: مقدار آنفو در چال با توجه به تغییرات *BI* ۸۰

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

حفاری و انفجار جز مراحل اصلی استخراج ماده معدنی بوده و شامل دو مرحله طراحی الگو انفجار و اجرای آن می‌باشد. به‌طور کلی هدف معدن‌کاری، استخراج در یک برنامه زمانی از پیش تعیین شده با حداکثر میزان تولید مشخص شده و کم‌ترین هزینه‌ها و خطرات جانبی آن نظیر سروصدا^۱، پرتاب سنگ^۲، نشست و کم‌ترین خسارت ممکن به دیواره نهایی معدن می‌باشد.

به‌طور کلی در طراحی الگوی انفجار دو عامل نقش دارند. پارامترهای قابل کنترل مانند قطر، عمق، و شیب چال، اضافه حفاری، طول و نوع مواد گل‌گذاری، الگو حفاری، ترتیب انفجار که مهندس طراح می‌تواند آن‌ها را تغییر دهد و همچنین پارامترهای غیرقابل کنترل مانند خصوصیات مکانیک سنگی و زمین‌شناسی منطقه مانند مقاومت سنگ، وجود دسته‌درزه، جهت و امتداد آن و شرایط هوازدگی سنگ که برای زون‌های مختلف متفاوت بوده و تحت کنترل طراح نمی‌باشد و نمی‌توان آن را تغییر داد.

طراحی الگوی انفجار، عامل اصلی مؤثر بر خردایش می‌باشد. خردایش خوب یک تعریف نسبی است و برای سنگ‌های معدنی با کاربردهای مختلف، متفاوت می‌باشد. همچنین اندازه خردایش به نوع و اندازه ماشین‌آلات بارگیری و باربری نیز وابسته است. ماکنزی^۳ در مطالعات خود در معدن کوبک کاردیر^۴ دریافت که راندمان همه سیستم‌های زبردست مانند فراوری و تولید به خردایش وابسته است. بنابراین خردایش مناسب مهم‌ترین عامل در افزایش تولید، کاهش هزینه‌های کلی و خطرات جانبی آن است.

در اکثر طراحی‌های الگوی انفجار در معادنی که برای استخراج ماده معدنی از انفجار استفاده می‌شود، فقط پارامترهای مربوط به سنگ بکر مانند سختی و مقاومت فشاری تک‌محوره آن لحاظ می‌شود و توجه خاصی به شرایط زمین‌شناسی منطقه مانند وجود دسته‌درزه‌ها نمی‌شود و بی‌توجهی به این خصوصیات باعث به وجود آمدن مشکلاتی مانند عدم خردایش مناسب و اثرات جانبی پس از انفجار می‌شود.

^۱ Air blast

^۲ Fly rock

^۳ Mckenzie

^۴ Quebec Cartier

۱-۲- بیان مسأله

خرج ویژه^۱ مصرف ماده منفجره برای واحد حجم یا وزن سنگ را در آشکاری نشان می‌دهد [۱]. خرج ویژه مهم‌ترین ابزار در طراحی‌های الگوی انفجار است که به‌طور مستقیم بر روی ابعاد خردایش تأثیر می‌گذارد. بنابراین به منظور دستیابی به یک انفجار و در نتیجه یک خردایش مناسب باید از خرج ویژه بهینه و متناسب با محیط انفجار استفاده کرد.

خرج ویژه را می‌توان با استفاده از جداول تجربی مختلفی که با توجه به کیفیت سنگ طبقه‌بندی شده‌اند، بدست آورد اما در این روش خصوصیات زمین‌شناسی منطقه مانند دسته‌درزه، جهت و امتداد آن و شرایط هوازدگی سنگ در محاسبه مقدار خرج ویژه دخالت داده نشده که در نهایت منجر به طراحی یک الگوی انفجار بهینه نمی‌شود. از جمله روش‌های بدست آوردن خرج ویژه که در آن خصوصیات زمین‌شناسی منطقه تأثیرگذار است، روش شاخص قابلیت انفجار می‌باشد که در سال ۱۹۸۱ توسط لیلی^۲ بیان شد.

هنگامی که در دو توده‌سنگ مختلف با هندسه انفجار و انرژی ماده منفجره مشابه، انفجار صورت می‌گیرد، ابعاد مختلفی از خردایش در آن‌ها ملاحظه می‌شود. علت این امر این است که توده‌سنگ‌ها به‌طور ذاتی مقاومت متفاوتی در برابر خرد شدن دارند. این خاصیت را قابلیت انفجار (BI^3) می‌نامند [۲]. برای تعیین خرج ویژه برای هر نقطه باید تمامی پارامترهای موجود در رابطه لیلی از جمله مقاومت فشاری تک‌محوره را برای همان نقطه محاسبه کرد که این کار وقت‌گیر و پرهزینه است. این مشکل را می‌توان با استفاده از روش تخمینی عکس توان فاصله حل کرد.

^۱ Specific charge

^۲ lily

^۳ Blast ability indext

۱-۳- اهمیت تحقیق

حفاری و انفجار از مراحل اصلی عملیات معدن کاری بوده و بایستی از حداقل هزینه و اثرات جانبی نظیر لرزش زمین، سروصدا، پرتاب سنگ و کمترین خسارت ممکن به دیواره نهایی معدن برخوردار باشد. معمولاً ۳۰ درصد هزینه مستقیم تولید به دلیل هزینه‌های حفاری و انفجار است [۳]. از آنجا که ۷۰ درصد انرژی مصرفی تولید صرف سنگ‌شکن‌ها می‌شود، هزینه‌های مربوط به سنگ‌شکن‌ها نیز بیش از ۵۰ درصد هزینه فرآوری را شامل می‌شود [۴]. بنابراین آنچه به صورت مستقیم بر این هزینه‌ها تأثیر می‌گذارد، خردایش می‌باشد.

۱-۴- ضرورت انجام تحقیق

از آنجا که در بسیاری از معادن خرج ویژه با استفاده از روش‌های تجربی و انجام الگوهای انفجار به صورت سعی و خطا تا رسیدن به یک الگوی مناسب بدست می‌آید، مسأله زمان امری ضروری در رسیدن به این الگوی مناسب می‌باشد. ممکن است سال‌ها این آزمون‌ها انجام گیرد و ضررهای زیادی مانند اعمال فشار زیاد به سنگ‌شکن‌ها و یا کاهش راندمان آن‌ها، استهلاک زودرس ماشین‌آلات و انجام حفاری‌ها و آتشکاری‌های ثانویه و در نهایت باعث ایجاد هزینه‌های سوء یا کاهش تولید معدن می‌شود که تمامی این موارد به دلیل محاسبه نادرست خرج ویژه به وجود می‌آیند.

خرج ویژه را می‌توان با استفاده از روش قابلیت انفجار برای یک زون با خصوصیات مشابه به صورت نزدیک به واقعیت بدست آورد ولی بازهم با تمام مزیت‌هایی که شاخص قابلیت انفجار و رابطه لیلی دارد، استفاده‌کنندگان را با یک مشکل اساسی روبرو کرده است و آن‌هم نیاز به برداشت‌های صحرائی مکرر و آزمون‌های آزمایشگاهی فراوان برای زون‌های مختلف با خصوصیات زمین‌شناسی مختلف می‌باشد. این عمل نیاز به صرف وقت و هزینه بسیاری دارد که خود مانع از استفاده آن‌ها به صورت عمومی در تمامی انفجارها می‌شود. بنابراین مسأله زمان برای کاهش این هزینه‌ها و خطرات بسیار مهم می‌باشد. یک روش برای حل این مشکل استفاده از روش‌های تخمینی است.

در این راستا ابتدا پارامترهای مؤثر بر رابطه قابلیت انفجار (BI) در معدن مارن برداشت شده و سپس با استفاده از یکی از روش‌های تخمین مانند عکس فاصله مورد بررسی قرار می‌گیرند. با این کار در وقت و هزینه‌های مربوط به عملیات آزمایشگاهی صرفه‌جویی خواهد شد.

۱-۵- اهداف تحقیق

مهم‌ترین اهداف این تحقیق عبارت‌اند از:

- زون بندی ناحیه استخراجی به کمک روش‌های تخمینی و مفهوم قابلیت انفجار
- پیشنهاد الگوی انفجار مناسب در زون‌های معدن مورد مطالعه

۱-۶- معرفی معدن مورد مطالعه

کارخانه سیمان شرق در فاصله ۲۸ کیلومتری مشهد قرار دارد. فاصله آن تا آزادراه کنار گذر شمالی مشهد ۴ کیلومتر، ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰۸۹ متر و مختصات آن $36,476438 N$ - $59,743692 E$ می‌باشد. شکل (۱-۱) راه‌های دسترسی به کارخانه سیمان مشهد را نشان داده است [۵].



شکل ۱-۱: راه‌های دسترسی به معدن مارن کارخانه سیمان شرق

به‌طور کلی ۹۶ درصد مواد اولیه سیمان از معادن آهک و مارن استخراج می‌شود. مجتمع سیمان شرق دارای سه معدن آهک چاه سلیمان، مارن یانبلاغ و پوزولان بش‌آقاج است. ظرفیت بهره‌برداری معدن پوزولان بش‌آقاج ۱۵۰ هزار تن در سال می‌باشد و روش استخراج آن پلکانی روباز است که با کمک ماشین‌آلات معدنی، بولدوزر و بیل‌مکانیکی انجام می‌شود. ذخیره معدن پوزولان بش‌آقاج ۲/۸ میلیون تن است که هم‌اکنون به خاطر عدم نیاز به پوزولان غیرفعال می‌باشد [۵].

ظرفیت استخراج سالانه معدن مارن یانبلاغ نیز ۱/۲ میلیون تن است که روش استخراج آن به‌صورت سیستماتیک پلکانی روباز با استفاده از مواد ناریه است و سابقه بهره‌برداری آن به سال ۱۳۳۲ می‌رسد. طی سال‌های اخیر شناسایی دقیق‌تری از ذخیره معدن مارن در منطقه‌ای به وسعت ۱۵۰ هکتار در قالب اکتشافات تفصیلی با ۴۷۴۰ متر حفاری و ۱۵۸۰ نمونه پودری انجام‌گرفته که در نتیجه آن ۱۰۸ میلیون تن ذخیره جدید شناسایی شده که ۹۰ سال پاسخ‌گوی نیاز فعلی مصرف برای تولید سیمان خواهد بود. معدن آهک چاه سلیمان دارای پروانه بهره‌برداری ۱/۵ میلیون تن در سال است. روش استخراجی این معدن نیز به‌صورت پلکانی روباز با استفاده از مواد ناریه و انفجار است و سابقه بهره‌برداری آن به سال ۱۳۳۲ می‌رسد. طی سال‌های اخیر در وسعت ۹۰ هکتار اکتشافات تفصیلی با ۱۰۸۹ متر حفاری و نمونه‌گیری پودری در معدن آهک چاه سلیمان انجام‌گرفته شده و بر اساس آن ۸۷ میلیون تن ذخیره جدید شناسایی شده است. چرخه استخراج در معدن مارن به‌صورت چالزنی، انفجار، بارگیری و باربری است. ماده منفجره مصرفی به عنوان خرج اصلی، آنفو بوده و برای انفجار از روش‌های فتیله انفجاری، چاشنی‌های الکتریکی و سیستم نائل استفاده می‌شود [۵].

۱-۷- ساختار پایان‌نامه

فصل اول: در این فصل به بیان کلیاتی در مورد آتشکاری، ضرورت خردایش مناسب، خرج ویژه، مفهوم قابلیت انفجار، ضرورت بهینه‌سازی و اصلاح الگوی انفجار و معرفی مختصر معدن پرداخته شده است.

فصل دوم: در این فصل پارامترهای مؤثر بر طراحی الگوی حفاری و آتشکاری در معادن روباز بیان

شده و رابطه آن‌ها با هم مورد بررسی قرار داده شده است.

فصل سوم: در این فصل انواع روش تخمین و برآورد خرج ویژه بیان شده و سپس با هم مقایسه شده و با توجه به فاکتورهای مورد نیاز در این روش‌ها، بهترین روش برای تخمین خرج ویژه انتخاب می‌شود.

فصل چهارم: این فصل شامل معرفی معدن مورد مطالعه می‌باشد.

فصل پنجم: در این فصل خردایش کپه‌های انفجاری شده به کمک نرم‌افزار *Gold size* ارزیابی شده تا در نهایت راندمان آتشفکری مشخص شود.

فصل ششم: نتایج برداشت‌های صحرایی، انجام آزمایش‌های مربوطه بر روی نمونه‌ها در آزمایشگاه، محاسبه خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار و شاخص خردایش سنگ و در نهایت زون‌بندی معدن به کمک نرم‌افزار *GIS* در این فصل انجام شده است.

فصل هفتم: این فصل شامل نتیجه‌گیری‌ها و پیشنهادها است.

فصل دوم

پارامترهای مؤثر بر طراحی الگوی انفجار

۲-۱- مقدمه

به‌طور کلی در طراحی الگوی انفجار دو دسته عوامل نقش دارند که این پارامترها عبارت‌اند از پارامترهای قابل کنترل مانند قطر چال، عمق چال، شیب چال، اضافه حفاری^۱، طول و نوع مواد گل‌گذاری، الگو حفاری و ترتیب انفجار که مهندس طراح می‌تواند آن‌ها را تغییر دهد و همچنین پارامترهای غیر قابل کنترل مانند خصوصیات مکانیک سنگی و زمین‌شناسی منطقه مانند مقاومت سنگ، وجود دسته‌درزه، جهت و امتداد آن و شرایط هوازدگی سنگ که برای زون‌های مختلف متفاوت بوده و تحت کنترل طراح نمی‌باشد و نمی‌توان آن‌ها را تغییر داد. در این فصل پارامترهای قابل کنترل و غیر قابل کنترل در طراحی الگوی حفاری و آتشکاری شرح داده شده است.

۲-۲- پارامترهای قابل کنترل

پارامترهای قابل کنترل عبارت‌اند از نوع و مقدار مواد منفجره مصرفی، روش خرج‌گذاری، سیستم انتقال انفجار و جهت آن، روش خرج‌گذاری، قطر و عمق چال، شیب چال، ارتفاع پله و اضافه حفاری، طول گل‌گذاری و نوع مواد مصرفی، طول بارسنگ و فاصله‌داری چال‌ها که در ادامه به تعدادی از این پارامترها که نقش اساسی در نتایج انفجار دارند، اشاره می‌شود.

۲-۲-۱- قطر چال

یکی از پارامترهای قابل کنترل آتشکاری، قطر چال است و انتخاب بهینه آن، مهم‌ترین فرآیند طراحی الگوی حفاری جهت دستیابی به خردایش مطلوب و کاهش هزینه‌ها می‌باشد. عوامل زیادی در انتخاب قطر چال تأثیر گذارند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از [۶]:

- هزینه‌های حفاری و آتشکاری
- ارتفاع پله و آرایش چال‌ها
- درجه خردشدگی مورد نیاز
- ظرفیت سنگ‌شکن

^۱ Subdrilling

- میزان تولید
- نوع ماده منفجره
- ظرفیت تجهیزات بارگیری

برای انتخاب قطر چال بهینه باید به تأثیر قطر چال بر سایر پارامترهای آتشکاری که در ادامه شرح داده می‌شود، توجه کرد [۷].

- ۱- با افزایش قطر چال سرعت حفاری کاهش می‌یابد.
- ۲- هزینه حفر یک چال با قطر بیشتر نسبت به هزینه حفر همان چال با قطر کوچکتر، بیشتر می‌باشد. اما به دلیل افزایش قطر چال تعداد کل چال‌های شبکه انفجار کمتر شده و در نهایت هزینه‌های حفر چال و مواد منفجره با افزایش قطر چال کاهش می‌یابد.
- ۳- با افزایش قطر چال فاصله بین چال‌ها زیادتر شده و باعث تشکیل قطعات درشت سنگ^۱ شده و سرانجام باعث افزایش هزینه بارگیری، حمل و سنگ‌شکنی می‌شود.
- ۴- به دلیل افزایش فاصله چال‌ها از هم به علت افزایش قطر چال، تمرکز ماده منفجره در بعضی از نقاط بیشتر شده و باعث ایجاد خردشدگی غیریکنواخت و پرتاب سنگ می‌شود.
- ۵- شرایط اقتصادی نیز به شیوه خود در انتخاب قطر چال تأثیرگذاراند زیرا حفر چال با قطر بزرگ نیاز به ماشین حفاری بزرگ و به عبارت دیگر نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر دارد.
- ۶- با افزایش قطر چال امکان مکانیزاسیون خرج‌گذاری بیشتر شده و در راندمان انفجار (مترمکعب سنگ آتشکاری شده به ازاء واحد حجم چال) بالاتر می‌رود.
- ۷- چال‌های قطور، باعث ایجاد ترک و شکاف در کف پله بعدی می‌شود.
- ۸- با کاهش قطر چال، ارتفاع پله کاهش می‌یابد. در شرایط معمول ارتفاع پله را باید حدود ۶۰ تا ۱۲۰ برابر اندازه قطر چال در نظر گرفت.

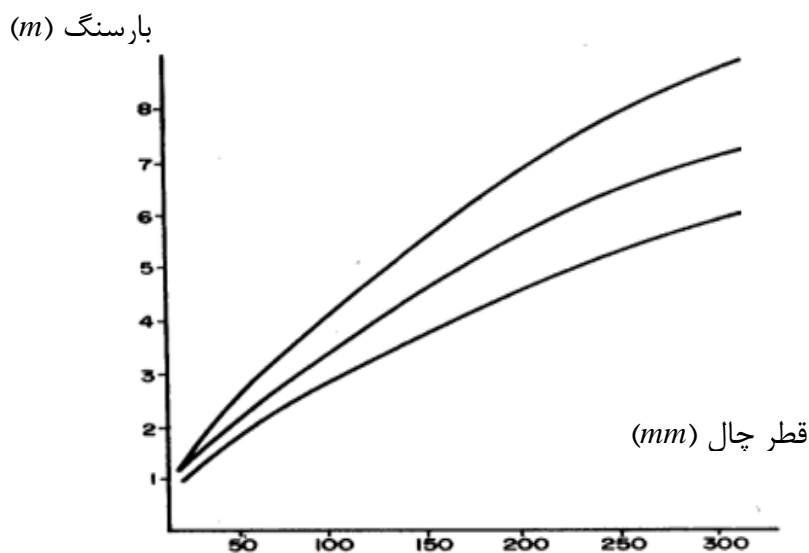
^۱ Bulder

۲-۲-۲- بارسنگ

فاصله عمودی بین سطح آزاد تا اولین ردیف چال‌های انفجاری را بارسنگ می‌گویند. تغییر در اندازه ضخامت بارسنگ، در نتیجه انفجار تأثیر زیادی می‌گذارد. بنابراین برای انتخاب آن باید به یک سری از شرایط زیر توجه کرد [۶].

۱- با کاهش ضخامت بارسنگ، میزان خردایش، پرتاب سنگ و لرزش هوا بیشتر شده و بخش مهمی از انرژی ماده منفجره هدر می‌رود.

۲- مطابق شکل (۱-۲) با افزایش بارسنگ، قطر چال افزایش یافته و باعث کاهش هزینه‌های کلی ماده منفجره و حفاری می‌شود. به طور معمول اندازه بارسنگ را حدود ۲۵ تا ۴۰ برابر قطر چال در نظر می‌گیرند.



شکل ۱-۲: رابطه بین قطر چال و ضخامت بارسنگ [۶]

۳- اگر اندازه بارسنگ خیلی بزرگ باشد، باعث ایجاد عقب‌زدگی در شبکه انفجاری می‌شود. زیرا در این شرایط میزان حبس گازهای حاصل از انفجار زیاد شده و همین امر باعث فشار آوردن فشار به پشت چال می‌شود.

۴- اگر اندازه بارسنگ خیلی بزرگ باشد، توده سنگ جلو چال حرکت نمی‌کند و با کپه‌ای از سنگ خرد شده مواجه می‌شویم که در مراحل بعد، حفاری در آن سخت و یا غیرممکن می‌شود.

۲-۲-۳- فاصله ردیفی چال‌ها

فاصله بین چال‌ها در جهت عمود بر بارسنگ را فاصله ردیفی چال‌ها می‌گویند. تغییر در اندازه بارسنگ به طور مستقیم بر میزان فاصله ردیفی چال‌ها تأثیر می‌گذارد. معمولاً اندازه فاصله ردیفی چال‌ها حدوداً ۱ تا ۲ برابر اندازه بارسنگ در نظر می‌گیرند که هر چه ضریب سفتی پله (نسبت ارتفاع پله به ضخامت بارسنگ) بیشتر باشد، مقدار این ضریب نیز بیشتر می‌شود. برای محاسبه فاصله‌داری چال‌ها باید به نکات زیر توجه کرد [۷].

۱- اگر اندازه فاصله ردیفی چال‌ها بیش از میزان معمول باشد، محل شکستن سنگ ناهموار شده و به صورت دندان‌ه‌ای می‌شود. در این شرایط سنگ‌های اطراف چال خرد شده و بین چال‌ها سنگ درشت باقی می‌ماند.

۲- چنانچه مقدار نسبت ارتفاع پله به بارسنگ کوچکتر از ۴ بوده و انفجار به صورت فوری باشد، می‌توان فاصله افقی چال‌ها را به کمک رابطه (۱-۲) محاسبه کرد. در این شرایط اگر انفجار تاخیری باشد برای محاسبه فاصله افقی چال‌ها می‌توان از رابطه (۲-۲) استفاده کرد.

$$S = 0.333(K + 2B) \quad (1-2)$$

$$S = 0.125(K + 7B) \quad (2-2)$$

در این رابطه:

B : ضخامت بارسنگ (m)

K : ضریب سفتی پله

۳- اگر فاصله ردیفی چال‌ها خیلی کمتر از حد مورد نیاز باشد، پس از انفجار قطعات درشت سنگ حاصل شده و رخساره پله خرد می‌شود. در این شرایط به علت نزدیکی چال‌ها به هم گازهای انفجار به سرعت در هوا پخش شده و موجب لرزش هوا می‌شود.

۴- چنانچه مقدار نسبت ارتفاع پله به بارسنگ بزرگتر از ۴ باشد، برای محاسبه فاصله افقی چال‌ها در زمان انفجار فوری از رابطه (۲-۳) و در زمان انفجار تاخیری از رابطه (۲-۴) می‌توان استفاده کرد.

$$S = 2B \quad (3-2)$$

$$S = 1.4B \quad (4-2)$$

در این رابطه:

B : ضخامت بارسنگ (m)

S : فاصله افقی چال‌ها (m)

۲-۲-۴- ارتفاع پله

مهم‌ترین عوامل تعیین کننده ارتفاع پله عبارت‌اند از:

- میزان استخراج ماده معدنی
- مقاومت سنگ
- ارتفاع دسترسی ماشین‌آلات بارگیری

ارتفاع پله با سایر عوامل طراحی الگوی انفجار طبق موارد زیر ارتباط دارد [۶].

۱- اگر نسبت ارتفاع پله به بارسنگ (H/B) بزرگ باشد، جابه‌جایی و تغییر شکل سنگ‌ها به ویژه در مرکز پله ساده‌تر خواهد بود. *Ash* در سال ۱۹۷۷ مقدار بهینه آن را به صورت $H/B > 3$ بیان نموده است. اگر $H/B = 1$ باشد اندازه قطعات حاصله بزرگ شده و موجب تشکیل پاشنه می‌شود. باید در این شرایط در کف پله حتماً از چاشنی استفاده شود. در حالت $H/B = 2$ این مشکلات تا حدودی حل شده و در حالت $H/B > 3$ کاملاً برطرف می‌شود.

۲- هرچه ضریب سفتی پله بزرگ‌تر باشد ارتفاع پله بیشتر بوده و با افزایش ارتفاع پله، ستون سنگی مقابل آن ضعیف‌تر می‌شود.

۳- افزایش طول پله باعث افزایش طول چال شده که این عمل باعث ایجاد مشکلاتی مانند کندی سرعت حفر چال در عمق زیاد و انحراف چال می‌شود.

۴- از آنجا که هزینه حفر چال، ضخامت بارسنگ و ارتفاع پله با قطر چال رابطه مستقیم دارند و نسبت K/B باید بیشتر از ۲ باشد تا نتایج انفجار مطلوب شود، طبیعی است که برای قطر چال باید یک حداقل ارتفاع پله معادل ۶۰ برابر اندازه قطر چال در نظر گرفته شود.

۲-۲-۵- اضافه حفاری

اضافه حفاری طولی از چال است که پایین تر از تراز پله حفر می شود. در انفجار چال ها محدوده ای وجود دارد که بالاتر از کف پله بوده و ماکزیمم تنش های ناشی از انفجار در آن محدوده رخ می دهد. در اثر آتشکاری در این نقطه کف پله ناصاف شده و قوزک به وجود می آید. با حفر اضافه حفاری این محدوده به کف پله نزدیک تر شده و از ایجاد قوزک جلوگیری می شود [۷].

در انتخاب اندازه اضافه حفاری باید به نکات زیر توجه کرد [۶].

۱- در طراحی های شبکه انفجاری طول اضافه حفاری را معادل $0/2$ تا $0/5$ ضخامت بارسنگ در نظر می گیرند. جدول (۲-۱) نسبت اضافه حفاری به بارسنگ برای بعضی از سازندهای سنگی مختلف را نشان می دهد.

جدول ۲-۱: نسبت مقدار اضافه حفاری به بارسنگ برای سازندهای مختلف سنگ [۶]

J/B	سازندهای سنگی مختلف
۰	لایه بندی شده با لایه های باز در پای پله
$0/2 - 0/1$	سنگ های نرم و پاشنه ضعیف
$0/3$	پاشنه معمولی و سنگ نسبتاً سخت
$0/5 - 0/4$	پاشنه محکم و سنگ های سخت

۲- اضافه حفاری بیش از حد باعث به وجود آوردن مشکلاتی نظیر بالا رفتن هزینه های حفاری و آتشکاری، لرزش زیاد زمین، ایجاد مشکل چال زنی در پله پایینی و خردشدگی بیش از حد بر روی پله پایینی می شود.

۳- در صورت کم بودن اضافه حفاری مشکلاتی مانند ایجاد پاشنه در کف پله و عدم دسترسی خوب ماشین آلات بارگیری و باربری به نزدیکی پله ایجاد می شود.

۴- اگر شروع آتش چال از کف پله به بالا باشد، می توان طول اضافه حفاری را کمی کاهش داد.

۲-۲-۶- گل گذاری

معمولاً برای متراکم کردن فشار گاز حاصل از انفجار مقداری از فضای چال را با مواد گلی یا خورده سنگ‌ها پر می‌کنند تا هم انرژی فشاری گاز بیشتر شده و هم خطر پرتاب سنگ و لرزش هوا کم شود. به این عمل گل گذاری می‌گویند و معمولاً مقدار آن را $0/7$ تا $1/3$ ضخامت بارسنگ در نظر می‌گیرند. اندازه طول گل گذاری باید با در نظر گرفتن شرایط زیر محاسبه شود [۶].

۱- کافی نبودن طول گل گذاری باعث خروج گازهای حاصل از انفجار قبل از کامل شدن از چال شده و باعث ایجاد لرزش هوا و پرتاب سنگ می‌شود.

۲- با افزایش بیش از حد مقدار گل گذاری سنگ‌های درشتی در قسمت‌های بالای پله تولید خواهد شد و تورم کپه کم و لرزش زمین زیاد می‌شود.

۳- بهتر است از مواد درشت زاویه‌دار با اندازه $0/40$ تا $0/58$ اندازه قطر چال استفاده شود.

۴- با کاهش کیفیت سنگ‌های استفاده شده، طول گل گذاری نیز افزایش یافته و معمولاً مقدار آن را 20 تا 60 برابر قطر چال در نظر می‌گیرند و تا حد امکان باید اندازه طول آن بیشتر از 25 برابر قطر چال باشد تا مشکلاتی نظیر پرتاب سنگ و لرزش هوا اتفاق نیفتد.

۵- هنگامی که پرایمر در بالای چال باشد ممکن است در اثر انفجار فیتیله، گل گذاری خراب شده و مسیری برای خروج گازها ایجاد شود.

۶- چنانچه سرعت سیر امواج صوتی در سنگ بیشتر از سرعت ماده منفجره بوده و سنگ به شدت ترک خورده باشد می‌توان طول گل گذاری را کاهش داد.

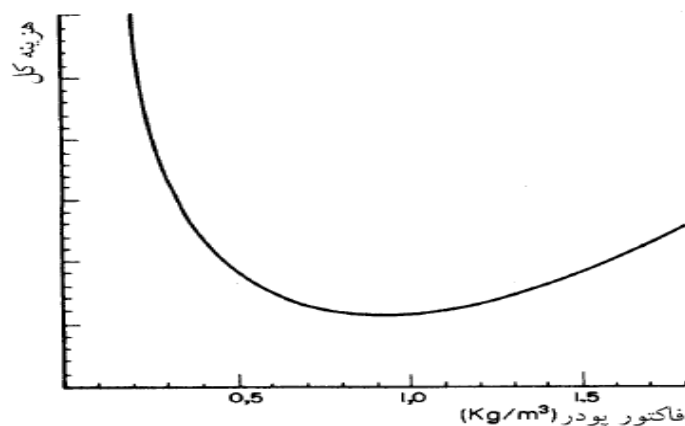
۲-۲-۷- شیب چال

استفاده از چال‌های شیب‌دار در آتشکاری پله‌ای دارای مزایای و معایب خاصی می‌باشد. معمولاً در حفاری با دستگاه‌های ضربه‌ای - چرخشی از چال شیب‌دار و هنگام حفاری با دستگاه‌های چرخشی از چال‌های قائم استفاده می‌شود. نکاتی که در مورد انتخاب شیب چال باید در نظر گرفت به شرح زیر است [۷].

- ۱- در صورت استفاده از چال شیب‌دار نتایج خردشدگی، جابجایی و تورم کپه بهتری حاصل می‌شود.
- ۲- در چال‌های مایل عقب‌زدگی کمتری اتفاق می‌افتد.
- ۳- در چال‌های مایل اضافه حفاری کمتری لازم بوده و سطوح پله نسبت به چال‌های قائم در این شرایط صاف‌تر می‌شود.
- ۴- به دلیل تورم بیشتر و ارتفاع کمتر کپه در بلوک‌های منفجر شده با چال شیب‌دار، راندمان کار لودر افزایش می‌یابد.
- ۵- با حفر چال‌های شیب‌دار شکل نهایی پله شیب‌دار شده و از لحاظ ایمنی نسبت به زمانی که پله قائم باشد، ایمن‌تر می‌باشد.
- ۶- حفظ امتداد در حفر چال‌های عمودی نسبت به چال‌های افقی راحت‌تر بوده و میزان انحراف آن کمتر شده اما امکان خرد نشدن سنگ ته چال بیش از چاه مایل است.
- ۷- با حفر چال‌های مایل طول حفاری بیشتر می‌شود و به دلیل افزایش اصطکاک عمل بیرون کشیدن خرده‌های حفاری ضعیف‌تر انجام می‌شود.
- ۸- در چال‌های شیب‌دار سرعت نفوذ سرمه کم شده و میزان ساینده‌گی سرمه و لوله‌های حفاری بیشتر می‌شود.

۲-۲-۸- خرج ویژه

- مقدار ماده منفجره لازم برای شکستن یک متر مکعب را خرج ویژه یا فاکتور پودر می‌گویند. مقدار خرج ویژه تابع نوع ماده منفجره، وزن مخصوص سنگ و زمین‌شناسی منطقه می‌باشد.
- رابطه بین سایر پارامترهای الگوی انفجاری و خرج ویژه به شرح زیر است [۶].
- ۱- با افزایش خرج ویژه، قطر چال، درجه خردشدگی، مقاومت سنگ، جابجایی افزایش می‌یابد.
 - ۲- با افزایش خرج ویژه علاوه بر ایجاد نتایج خوب در اندازه خردشدگی، تورم و جابجایی، مطابق شکل (۲-۲) باعث کاهش هزینه‌های حفاری، آتشکاری، باربری و سنگ‌شکنی می‌شود.
 - ۳- جدول (۲-۲) مقدار خرج ویژه برای آتشکاری در سنگ‌های مختلف را نشان داده است.



شکل ۲-۲: رابطه بین خرج ویژه و هزینه‌های کلی حفاری تا سنگ‌شکنی [۶]

جدول ۲-۲: خرج ویژه برای سنگ‌های توده‌ای تا درزه‌ای [۶]

خرج ویژه (kg/m^3)	نوع سنگ
۰/۶ - ۱/۵	سنگ‌های توده‌ای با مقاومت بالا
۰/۱۳ - ۰/۱۶	سنگ‌های با مقاومت متوسط
۰/۱ - ۰/۱۳	سنگ‌های بسیار درزه‌دار، هوازده یا نرم

۴- با افزایش تعداد سطح آزاد و کاهش درزه در سنگ‌های متراکم، خرج ویژه کاهش می‌یابد.

۵- اگر تعداد درزه و شکاف در سنگ به نحوی باشد که باعث اتلاف گازهای انفجار شود، خرج

ویژه بیشتری در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳- پارامترهای غیرقابل کنترل

پارامترهایی که در طراحی الگوی انفجار غیر قابل تغییراند شامل شرایط زمین‌شناسی، مقاومت سنگ می‌باشد که در ادامه تأثیر آن‌ها بر شبکه انفجاری بیان می‌شود.

۲-۳-۱- مقاومت فشاری تک‌محوره

میزان پایداری سنگ در مقابل تنش‌های فشاری، کششی، خمشی و برشی را مقاومت سنگ می‌گویند. مقاومت فشاری و کششی سنگ‌ها اولین پارامترهای نشان‌دهنده مناسب بودن سنگ برای آتشکاری است. *Hino* در سال ۱۹۵۹ قابلیت آتشکاری را به صورت نسبت مقاومت فشاری تک‌محوره به مقاومت

کششی بیان کرد که هر چه این نسبت بیشتر باشد سنگ راحت تر خرد می شود [۶]. در عملیات های انفجار مقاومت فشاری و کششی نقش مهمی در نتیجه انفجارها دارند ولی در عملیات های حفاری مقاومت برشی نقش اساسی را ایفا می کند. به طور کلی اندازه مقاومت برشی یک سنگ حدود ۱۰ درصد مقاومت فشاری آن است [۶].

هنگامی که میزان تنش موج فشاری تشکیل شده بیش از مقاومت فشاری دینامیکی سنگ باشد، سنگ در اثر فروپاشی ساختار میان کانی های آن خرد می شود [۶]. عواملی همچون کانی های تشکیل دهنده سنگ، میزان هوازدگی آن و وجود ترک^۱ و شکاف^۲ تأثیر زیادی در مقاومت سنگ بکر دارند. چنانچه در سنگ سخت خرج گذاری بسیار بیشتر از مقدار مورد نیاز باشد پرتاب سنگ و لرزش هوا شدید می شود و چنانچه در سنگ سخت خرج گذاری کمتر از میزان مورد نیاز باشد، سنگ خورد شده اما جابجا نمی شود. پس در این شرایط با یک کپه خرد شده مواجه شده که حفاری در آن بسیار مشکل یا غیر ممکن خواهد بود [۷].

۲-۳-۲- تخلخل

تخلخل عبارت است از نسبت بین حجم کل منافذ نمونه سنگ به حجم کل همان نمونه که مقدار این پارامتر در سنگ های مختلف از ۰ تا ۵۵ درصد متغیر است. همواره با افزایش عمق به دلیل افزایش فشار میزان تخلخل سنگ کاهش می یابد.

به طور کلی با افزایش تخلخل قابلیت خرد شوندگی سنگ افزایش می یابد. برای انفجار در سنگ های متخلخل بهتر است از مواد منفجره ای استفاده شود که انرژی فشاری آن بیشتر از انرژی موجی باشد زیرا انرژی موجی به دلیل برخورد با محیطی با امپدانس کمتر از محیط اول منعکس شده و این اتفاق در سنگ تکرار شده و باعث اتلاف انرژی موجی سنگ می شود ولی گاز منبسط شده در داخل منافذ نفوذ کرده و باعث خرد شدن سنگ می شود.

^۱ Crack

^۲ Fissure

۲-۳-۳- حفره‌ها

به دلیل انحلال سنگ‌ها در آب مانند غارهای آهکی و تأثیرگسل‌ها معمولاً در زیر زمین حفره‌ها و نواحی خالی یا سست شده ایجاد می‌شود که این نواحی باعث ایجاد مشکلات زیر می‌شوند [۷].

۱- در هنگام حفر چال در این نواحی هوای فشرده یا آب که برای سرد کردن سرمرته و خارج کردن خرده سنگ‌های حفاری استفاده می‌شوند، به هدر رفته و باعث فشارآمدن و داغ شدن سرمرته حفاری شده و موجب اصطکاک زودرس می‌شود.

۲- در نواحی سست پس از حفر چال ممکن است دیواره آن ریزش کرده و قسمتی از چال را مسدود کند و همواره قسمتی از چال خرج گذاری نشود و تولید سنگ‌هایی با ابعاد بزرگ کند. برای مقابله با این مشکل کافی است بلافاصله پس از حفر چال لوله مقوایی در داخل آن جای داد.

۳- در نواحی معدن که دارای مجموعه‌ای از لایه‌های مقاوم و غیرمقاوم بوده و پس از آتشکاری قطعات درشت سنگ تولید می‌شود، افزایش خرج ویژه این مشکل را به ندرت حل می‌کند. کافی است در این شرایط از چال‌های با ارتفاع کمتر استفاده کرد.

۴- ممکن است در این حفره‌ها و درزه‌ها آب جمع شود و باعث عمل نکردن تعدادی از چال‌ها شده و یا در این نواحی خرده سنگ جمع شده و پس از انفجار باعث پرتاب سنگ شود.

۵- در هنگام خرج گذاری در چال‌ها ممکن است مواد منفجره در این نواحی جمع شده و باعث تمرکز انرژی و نهایتاً لرزش زمین، هوا و پرتاب سنگ شود.

۶- هنگام برخورد انرژی موجی به نواحی سست و حفره‌ها، به دلیل ایجاد اختلاف در امپدانس دو محیط انرژی موجی کاهش می‌یابد.

۷- تکرار لایه‌های مقاوم و غیر مقاوم باعث ایجاد کپه انفجاری غیریکنواخت متشکل از سنگ‌های ریز و درشت می‌شود.

۲-۳-۴- چگالی سنگ

مقدار جرم در واحد حجم را چگالی گویند که یکی از پارامترهای اصلی برای طراحی الگوی حفاری بوده و بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب بیان می‌شود. چگالی با مقاومت سنگ رابطه مستقیم داشته به طوری

که مقدار ماده منفجره برای جابجا کردن سنگ به چگالی آن بستگی دارد. عموماً سنگ‌های با چگالی پایین راحت‌تر خرد شده در حالی که سنگ‌های با چگالی بالا برای رسیدن به یک خردشدگی و تورم قابل قبول نیاز به ماده منفجره بیشتری دارند [۶]. انتقال انرژی انفجار به سنگ تابع عوامل زیر است [۷]:

- کیفیت ماده منفجره و سنگ (ضریب امیدانس)
- کیفیت خرج‌گذاری (ضریب جفت‌شدگی)

به کمک رابطه (۵-۲) می‌توان مقدار امیدانس ماده منفجره را محاسبه کرد.

$$I_e = D_e \times V_e \quad (۵-۲)$$

در این رابطه:

I_e : امیدانس ماده منفجره (kg/m^2sec)

D_e : چگالی ماده منفجره (kg/m^3)

V_e : سرعت انفجار ماده منفجره (m/sec)

همچنین با توجه به رابطه (۶-۲) امیدانس سنگ برابر است با حاصل ضرب دو پارامتر سرعت امواج

الاستیک در سنگ و چگالی سنگ.

$$I_r = D_r \times V \quad (۶-۲)$$

در این رابطه:

I_r : امیدانس سنگ (kg/m^2sec)

D_r : چگالی سنگ (kg/m^3)

V : سرعت امواج الاستیک در سنگ (m/sec)

با توجه به رابطه (۷-۲) مقدار ضریب انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ برابر است با

$$\eta_1 = 1 - ((I_r - I_e)^2 / (I_r + I_e)^2) \quad (۷-۲)$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود هر چه قدر امیدانس سنگ به امیدانس ماده منفجره نزدیک‌تر باشد، میزان بیشتری از انرژی ماده منفجره به سنگ منتقل می‌شود. یعنی برای انفجار در هر سنگی باید از ماده منفجره ای استفاده کرد که امیدانس آن نزدیک به امیدانس سنگ بوده تا عمل خردایش حداکثر شود و درصد اتلاف انرژی ماده منفجره به حداقل برسد [۷].

۲-۳-۵- سیستم درزه‌ها

به شکستگی‌های موجود در سنگ درزه گفته می‌شود و تفاوت آن با گسل این است که بر خلاف گسل‌ها در سیستم درزه‌ها حرکت نسبی به موازات صفحه شکستگی وجود ندارد. فرنی^۱ در سال ۱۹۸۳ با انجام تحقیقات نشان داد که میزان اندازه ذرات خردشدگی انفجار در بلوک‌های دارای درزه و شکاف به اندازه ۱/۵ برابر اندازه خردشدگی در بلوک‌های نسبتاً سالم کاهش می‌یابد [۶].

۲-۴ جمع‌بندی

به طور کل پارامترهای تأثیرگذار در طراحی شبکه انفجاری را می‌توان به دو دسته پارامتر قابل کنترل و غیرقابل کنترل تقسیم کرد. پارامترهای قابل کنترل شامل قطر چال، شیب و طول آن، ارتفاع پله، ضخامت بارسنگ، طول گل‌گذاری، طول اضافه حفاری، نوع ماده منفجره مصرفی و مقدار آن، نحوه انفجار و غیره می‌باشد. منظور از پارامترهای غیرقابل کنترل یعنی پارامترهایی که مربوط به مشخصات توده سنگ و زمین‌شناسی منطقه می‌باشند، مانند مقاومت سنگ، سختی و تخلخل آن، درزه‌های موجود در سنگ و فاصله‌داری آن‌ها، جهت‌داری درزه‌ها، وضعیت لایه‌بندی منطقه و آب‌های زیرزمینی که غیر قابل تغییراند و طراح نمی‌تواند آن‌ها را تغییر دهد. بنابراین طراح باید با در نظر گرفتن مشخصات پارامترهای غیر قابل کنترل پارامترهای قابل کنترل را تغییر داده و طراحی کند.

^۱ Ferny

فصل سوم

روش‌های برآورد خرج ویژه و پیشینه تحقیق

۳-۱- مقدمه

خردایش تأثیرگذارترین پارامتر بر هزینه‌های تولید ماده معدنی مانند حفاری، انفجار، بارگیری، باربری و سنگ‌شکنی بوده و خرج ویژه نیز مهم‌ترین عامل در میزان خردایش سنگ می‌باشد. افزایش خردشدگی منجر به بالا رفتن هزینه‌های حفاری و انفجار شده ولی از طرفی باعث سهولت عملیات بارگیری و باربری، کاهش مصرف انرژی در مرحله اولیه سنگ شکنی و عدم نیاز به انفجار ثانویه می‌شود. خردشدگی بیش از حد، باعث هدر شدن انرژی سنگ‌شکن شده و باعث بروز خطراتی مانند پرتاب سنگ، لرزش زمین و هوا می‌شود. در این فصل به بیان انواع روش تخمین خرج ویژه به همراه توضیح کامل پارامترها، مزایا و معایب آن‌ها پرداخته و در انتها یک روش مناسب دربرگیرنده تمامی پارامترهای تأثیرگذار در طراحی الگوی انفجار، پیشنهاد می‌شود.

۳-۲- روش‌های برآورد خرج ویژه

یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که به‌طور مستقیم بر میزان خردایش و هزینه‌های انفجار و در کل هزینه‌های تولید ماده معدنی تأثیر می‌گذارد، خرج ویژه است. برای تخمین خرج ویژه روش‌های مختلفی مانند نسبت بارسنگ به قطر چال، اطلاعات حاصل از حفاری، تئوری انتقال انرژی، معادله‌های تجربی و روش‌های مبتنی بر ویژگی‌های توده‌سنگ همچون شاخص خردایش و قابلیت انفجار، وجود دارد [۸]. از آن‌جا که ویژگی‌های توده‌سنگ و شرایط زمین‌شناسی تأثیر زیادی در نتایج انفجار دارند، لذا برآورد خرج ویژه با استفاده از روش‌های مبتنی بر ساختار زمین‌شناسی و ژئومکانیکی سنگ اهمیت زیادی دارند.

۳-۲-۱- استفاده از روش‌های تجربی

در این روش براساس نوع سنگ، کیفیت سنگ و مقاومت فشاری تک‌محوری جدول‌هایی ارائه شده است که در برآورد خرج ویژه به کمک هریک از این روش‌ها شرح داده می‌شود.

۳-۲-۱-۱- برآورد خرج ویژه بر اساس کیفیت سنگ

خرج ویژه را می‌توان به کمک جدول (۳-۱) برای سنگ‌هایی با کیفیت‌های مختلف تخمین زد. اما تخمین

خرج ویژه به کمک کیفیت سنگ بیشتر برای یک دید کلی کاربرد دارد و از آن نمی توان برای طراحی الگوی انفجار بهینه استفاده کرد.

جدول ۳-۱: برآورد خرج ویژه با توجه به کیفیت توده سنگ [۱]

کیفیت سنگ	خرج ویژه (kg/m^3)
کم مقاومت در برابر شکسته شدن	۰/۲۵ - ۰/۱۵
مقاومت متوسط در برابر شکسته شدن	۰/۴۵ - ۰/۲۵
سنگ با مقاومت زیاد در برابر شکسته شدن	۰/۷۵ - ۰/۴۵
سنگ با مقاومت خیلی زیاد در برابر شکسته شدن	۱/۵ - ۰/۷۵
سنگ خیلی ترک خورده	۰/۶۰
سنگ ترک دار	۰/۵۵
سنگ معمولی با ترک های مویی	۰/۵۰
سنگ نسبتاً همگن	۰/۴۵

۳-۲-۱-۲- مقاومت فشاری تک محوره

تخمین خرج ویژه به کمک مقاومت فشاری سنگ نسبت به کیفیت سنگ کمی دقیق تر بوده، اما باز هم به عنوان روش قابل اعتمادی برای طراحی الگوی انفجار کاربرد ندارد. جدول (۳-۲) نشان دهنده خرج ویژه برای سنگ هایی با مقاومت فشاری تک محوره مختلف می باشد.

جدول ۳-۲: برآورد خرج ویژه به کمک مقاومت فشاری تک محوره سنگ [۱]

نوع سنگ	مقاومت فشاری سنگ (Mpa)	خرج ویژه (kg/m^3)
آندزیت، دلوریت، گرانیت، سنگ آهن	سنگ سخت (>۲۰۰)	۰/۷
دولومیت، هورونفلس، کوارتزیت، شیبست	سنگ متوسط (۲۰۰-۱۰۰)	۰/۴۵
ماسه سنگ، آهک، شیل	سنگ نرم (۱۰۰-۵۰)	۰/۳
زغال سنگ	خیلی نرم (<۵۰)	۰/۲۵ - ۰/۱۵

۳-۲-۱-۳- مشخصات کانسار

مؤسسه CMRI در سال ۲۰۰۲ جدول (۳-۳) را با توجه به نوع کانسار و سنگ منتشر کرد که خرج ویژه را می‌توان به کمک آن تخمین کرد.

جدول ۳-۳: خرج ویژه توصیه شده توسط CMRI در کانسارهای سنگی مختلف [۸]

خرج ویژه (kg/m^3)	نوع توده سنگ
۰/۵۵ - ۰/۴۰	ماسه سنگ، آبرفت
۰/۴۰	دولومیت و سنگ آهک دگررسوبی
۰/۶۵ - ۰/۵۰	رگه‌های بزرگ شیل ماسه‌ای سخت و ماسه سنگ درشت‌دانه
۰/۷۵ - ۰/۷۰	کانسارهای لایه‌ای، کانسارهای آهن لیمونیتی و کانسارهای لاتریتی
۰/۳۰ - ۰/۲۵	گنایس، شیست و انواع آن
۰/۳۵ - ۰/۳۰	ماسه سنگ توده‌ای بامیان لایه‌های شیل ماسه‌ای یا لایه‌های شیل
۰/۶۰	لاتریت‌های آهن دار توده‌ای
۰/۳۰	ماسه سنگ هوازده توده‌ای
۰/۳۵	ماسه سنگ لایه‌ای متراکم
۰/۳۵ - ۰/۳۳	سنگ آهک لایه‌ای ضخیم، سخت و متراکم
۰/۴۴ - ۰/۴۰	ماسه سنگ متراکم سخت متأثر از انفجار
۰/۴۰ - ۰/۳۵	سنگ آهک بلوکی رسوبی
۰/۴۴	کانسار آهن سنگ نرم

۳-۲-۲-۳- برآورد خرج ویژه به کمک مدل سوئدی

این مدل در سال ۱۹۸۱ توسط لاندبورگ ارائه شد و برای انواع توده سنگ قابل استفاده است [۹]. برای محاسبه خرج ویژه به کمک رابطه (۳-۱) نیاز به پارامترهای قطرچال و حداکثر پرتاب سنگ‌ها می‌باشد.

$$SC = (L/(143d)) + 0.2 \quad (۳-۱)$$

در این رابطه:

d : قطر چال به اینچ

L : حداکثر پرتاب سنگ‌ها به متر

SC : خرج ویژه بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب

^۱ Lundborg

۳-۲-۳- برآورد خرج ویژه به کمک اطلاعات حاصل از حفاری

ماشین‌های حفاری پیشرفته امروزی اغلب به سیستم‌هایی مجهز می‌باشند که می‌توانند اطلاعات مختلفی از جمله میزان نفوذ سرمته در سنگ، فشار پشت سرمته و سرعت چرخش آن را هنگام حفاری ثبت نمایند. به این سیستم جمع‌آوری اطلاعات، برداشت اطلاعات در حین حفاری (MWD^1) می‌گویند [۱۰]. در این روش به کمک دو پارامتر شاخص نفوذپذیری سنگ (IP^2) و شاخص کیفیت سنگ (RQI^3) می‌توان مقاومت سنگ و خرج ویژه را تخمین زد.

۳-۲-۳-۱- برآورد خرج ویژه به کمک شاخص کیفیت سنگ

این روش در سال ۱۹۷۵ توسط ماتیوس^۴ ارائه شد. پارامترهای مؤثر در این روش طول چال و زمان حفاری آن بوده و برای انواع توده‌سنگ‌ها کاربرد دارد. افزایش شاخص کیفیت سنگ معرف افزایش مقاومت توده‌سنگ یا به عبارت دیگر معرف قابلیت حفاری سنگ می‌باشد. مقدار شاخص کیفیت سنگ از رابطه (۲-۳) محاسبه می‌شود [۱۰].

$$RQI = (P_d \times T) / L \quad (2-3)$$

در این رابطه:

P_d : فشار هیدرولیکی پشت سرمته (کیلوپاسکال)

T : زمان حفاری (دقیقه)

L : طول چال انفجاری (متر)

RQI : شاخص کیفیت سنگ (کیلوپاسکال دقیقه بر متر)

لیگهون^۵ در سال ۱۹۸۴ برای مشخص کردن شاخص کیفیت سنگ در اغلب معادن کانادا که در آن‌ها از دستگاه حفار چرخشی $B.E.40.R$ با قطر ۲۲۹ میلی‌متر استفاده می‌شد، مطالعاتی انجام داد و در

^۱ Measure While Drilling

^۲ Index Of Penetration

^۳ Rock Quality Index

^۴ Matios

^۵ Leighon

نهایت رابطه‌ای بین شاخص کیفیت سنگ و خرج ویژه ارائه کرد که به شکل رابطه (۳-۳) نشان داده شده است [۱۰].

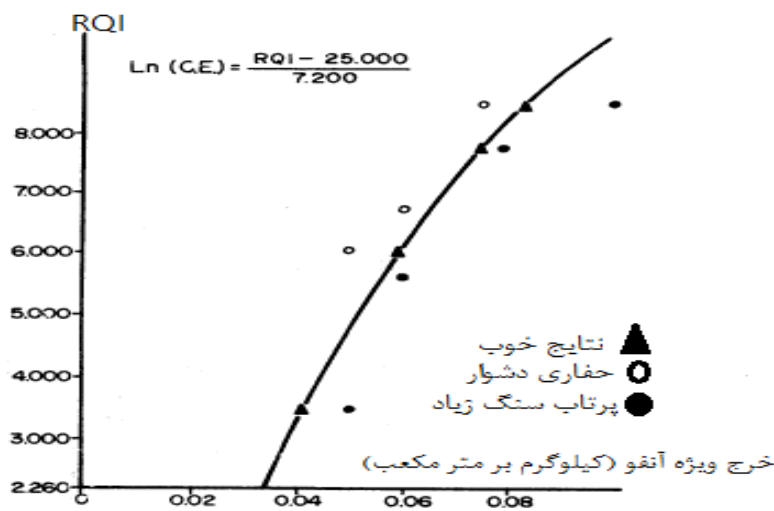
$$\ln(sc) = (RQI - 25000) / 7200 \quad (3-3)$$

در این رابطه:

SC : خرج ویژه (کیلوگرم بر متر مکعب)

RQI : شاخص کیفیت سنگ

برای محاسبه خرج ویژه با استفاده از این روش ابتدا باید مقدار شاخص کیفیت سنگ را به کمک رابطه (۲-۳) محاسبه کرده و سپس با قرار دادن مقدار آن در رابطه (۳-۳) مقدار خرج ویژه را بدست آورد. از مزیت‌های این روش می‌توان به پیش‌بینی خرج ویژه بر اساس پارامترهای حفاری قبل از انفجار نام برد [۱۰]. همچنین با داشتن مقدار شاخص کیفیت توده سنگ می‌توان از شکل (۱-۳) برای محاسبه خرج ویژه استفاده کرد [۱۰].



شکل ۱-۳: تعیین خرج ویژه به کمک RQI [۱۰]

با این حال استفاده از روش شاخص کیفیت سنگ شامل محدودیت‌های زیر می‌باشد:

- دستگاه حفرکننده چرخشی باید مدل $B.E.40.R$ با قطر ۲۲۹ میلی‌متر باشد.
- تأثیر قطر حفاری و سرعت چرخش مته در روابط مشاهده نمی‌شود.

۲-۳-۲-۳- برآورد خرج ویژه به کمک شاخص نفوذپذیری

جیمنو^۱ در سال ۱۹۸۴ برای توصیف مقاومت سنگ شاخصی به نام شاخص نفوذ سرمته در سنگ را معرفی کرد. این شاخص با مقاومت سنگ رابطه عکس دارد و همانند شاخص RQI می‌توان از آن برای سنجش مقاومت سنگ در طول حفر چال انفجاری استفاده نمود [۱۲]. شاخص نفوذپذیری سنگ را می‌توان از رابطه (۳-۴) محاسبه کرد [۱۰].

$$IP = \frac{V_p}{(E \cdot N_r) / D^2} \quad (۳-۴)$$

در این رابطه:

V_p : سرعت نفوذ سرمته (متر بر ساعت)

N_r : سرعت چرخش سرمته (دور بر دقیقه)

E : نیروی وزن پشت سرمته (هزار پوند)

D : قطر چال (اینچ)

برای محاسبه این اندیس نکات زیر باید در نظر گرفته شود [۱۲].

- نوع سرمته سه مخروطی و مناسب با تشکیلات سنگی مورد مطالعه باشد.
- زمان‌های تعویض محل دستگاه حفاری و تعویض راد نباید در محاسبات وارد شوند و تنها نرخ نفوذ خالص باید در نظر گرفته شود.

جیمنو با توجه به محدودیت‌های استفاده از شاخص RQI رابطه (۳-۵) را برای محاسبه خرج ویژه

به کمک شاخص IP و انجام ارزیابی‌های رگرسیونی روی داده‌های تعدادی از معادن ارائه کرد.

$$CE = 1.124e^{-0.5727IP} \quad (۳-۵)$$

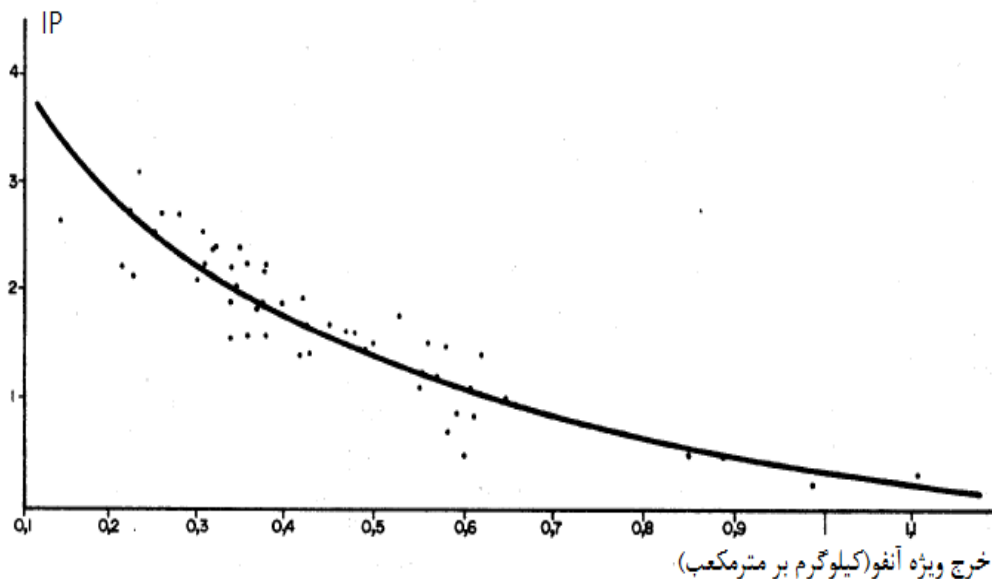
در این رابطه:

CE : خرج ویژه آنفو (کیلوگرم بر مترمکعب)

IP : شاخص نفوذپذیری

^۱ jimeno

از جمله معایب این روش می‌توان به عدم پیش‌بینی انفجار از لحاظ خردشدگی و نیاز به دقت زیاد در اندازه‌گیری پارامترها به خصوص هنگامی که خصوصیات زمین‌شناسی تغییر می‌کند، نام برد. محدوده سنگ‌های آزمایشی در این روش دامنه وسیعی داشته و شامل سنگ‌های نرم تا سخت می‌باشد. نمودار رابطه (۳-۵) به صورت شکل (۳-۲) می‌باشد [۱۰].



شکل ۳-۲: محاسبه خرج ویژه به کمک IP [۱۰]

۳-۲-۴- برآورد خرج ویژه به کمک شاخص خردایش سنگ (RFI^1)

مومیوند در سال ۱۳۸۴ شاخص جدید به نام شاخص خردایش سنگ معرفی کرد که شامل پارامترهای شرح توده‌سنگ (RMD^2)، جهت‌یافتگی درزه‌ها (DPO^3)، فاصله‌داری درزه‌ها (DPS^4)، بازشدگی درزه‌ها (DPA^5) و مقاومت فشاری تک‌محوره (UCS^6) می‌باشد. حداقل و حداکثر مقدار شاخص خردایش سنگ به ترتیب ۱۶ و ۴۲ می‌باشد. برای تعیین امتیازهای پارامترهای شاخص خردایش سنگ می‌توان از جدول (۳-۴) استفاده کرد.

¹ Rock Fragmentation Index

² Rock Mass Description

³ Discontinuity Plane Orientation

⁴ Discontinuity Plane Spacing

⁵ Discontinuity Plane Aperture

⁶ Uniaxial Compressive Strength

جدول ۳-۴: پارامترهای شاخص خردایش سنگ [۲]

امتیاز	پارامتر و دامنه تغییرات آن
۸	خیلی کم، کوچکتر از ۱
۷	کم، بین ۱ تا ۵
۶	متوسط و پرشده، بین ۵ تا ۵۰
۵	متوسط و بدون پرشدگی، بین ۵ تا ۵۰
۴	زیاد و پرشده، بزرگتر از ۵۰
۳	زیاد و بدون پرشدگی، بزرگتر از ۵۰
۱۲	نزدیک (کمتر از ۱۰)
۷	متوسط (۱-۱۰۰)
۴	عریض (بزرگتر از ۱۰۰)
۶	افقی
۵	شیب به سمت خارج جبهه کار
۴	امتداد عمود بر جبهه کار
۳	شیب به سمت داخل جبهه کار
۱۰	پودری
۶	بلوکی
۴	کاملاً یکنواخت
۶	مقاومت خیلی کم، کمتر از ۲۵
۵	مقاومت کم، بین ۲۵ تا ۵۰
۴	مقاومت متوسط بین ۵۰ تا ۱۰۰
۳	مقاومت زیاد بین ۱۰۰ تا ۲۰۰
۲	مقاومت خیلی زیاد بزرگتر از ۲۰۰

برای محاسبه مقدار شاخص خردایش سنگ می‌توان از رابطه (۳-۶) استفاده کرد [۲].

$$RFI = DPA + DPS + DPO + RMD + UCS \quad (۳-۶)$$

پس از تعیین پارامترهای شاخص خردایش سنگ مقدار خرج ویژه از رابطه (۳-۷) بدست می‌آید [۲].

$$Q = 312.12 \times RFI^{-2.082} \quad (۳-۷)$$

در این رابطه:

Q : خرج ویژه (کیلوگرم بر تن)

RFI : شاخص خردایش سنگ

۳-۲-۵- برآورد خرج ویژه به کمک سیستم طبقه‌بندی ژئومکانیکی سنگ

در این روش برای هر یک از خواص توده‌سنگ، با توجه به محدوده تغییرات کمیت آن، امتیاز خاصی

داده می‌شود. این امتیازات در جدول (۳-۵) نشان داده شده است [۱۱].

جدول ۳-۵: پارامترها و امتیاز آن‌ها در سیستم طبقه‌بندی ژئومکانیکی [۱۱]

محدوده مقادیر					پارامتر
>۲/۵	۲/۵-۲/۳	۳/۲-۲	۲-۱/۶	۱/۶-۱/۳	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۶	۱۲	۱۵	۲۰	امتیاز
>۲	۲-۰/۶	۰/۶-۰/۴	۰/۴-۰/۲	<۰/۲	فاصله ناپیوستگی
۸	۱۲	۲۰	۲۵	۲۵	امتیاز
>۶	۶-۴	۴-۲	۲-۱	<۱	اندیس مقاومت بارنقطه‌ای (مگاپاسکال)
۵	۸	۱۵	۲۰	۲۵	امتیاز
افقی	خارج جبهه‌کار	عمود بر جبهه‌کار	زاویه حاده نسبت به جبهه‌کار	داخل جبهه‌کار	جهت صفحه‌درزه
۶	۱۰	۱۲	۱۵	۲۰	امتیاز

سپس امتیازات مربوط به هر پارامتر با هم جمع شده برای تطابق با شرایط محیطی که در آن عملیات

انفجار انجام می‌شود، با توجه به جدول (۳-۶) تصحیح و تعدیل خواهند شد و در نهایت با استفاده از

جدول (۳-۷) مقدار خرج ویژه بدست می‌آید.

جدول ۳-۶: تصحیح و تعدیل امتیازات بدست آمده برای تعیین اندیس قابلیت انفجار [۱۱]

مقادیر	شرایط	فاکتورهای تعدیل
۵	بسیار محدود	درجه محدودیت
۰	آزاد	
۰	نسبت (H/B) بزرگ‌تر از ۲	ضریب سفتی پله
-۵	نسبت (H/B) کوچک‌تر از ۱/۵	
-۲	نسبت (H/B) بین ۱/۵ تا ۲	

جدول ۳-۷: پیش‌بینی خرج ویژه به کمک اندیس قابلیت انفجار [۱۱]

اندیس قابلیت انفجار	خرج ویژه آنفو (kg/m ³)
۸۵-۸۰	۰/۳-۰/۲
۷۰-۶۰	۰/۵-۰/۳
۶۰-۵۰	۰/۶-۰/۵
۵۰-۴۰	۰/۷-۰/۶

۳-۲-۶- برآورد خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار

در سال ۱۹۸۶ لیلی روشی مبتنی بر مشخصات زمین‌شناسی توده‌سنگ برجا ارائه نمود که به کمک آن می‌توان خرج ویژه را برای معادن روباز محاسبه کرد. از آن‌جا که در معادله لیلی خصوصیات زمین‌شناسی منطقه مانند پارامترهای شرح توده‌سنگ (RMD)، فاصله‌داری درزه‌ها (JPS)، جهت‌داری درزه‌ها (JPO)، شاخص وزن مخصوص (SGI^1) و سختی سنگ (H^2) مورد توجه قرار گرفته است، مقدار خرج ویژه برآورد شده از این روش به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد.

برای برآورد خرج ویژه کافی است ابتدا پارامترهای موجود در رابطه (۳-۸) را محاسبه کرده و سپس مقدار آن را در رابطه (۳-۹) قرار داد [۲].

$$BI=0.5 \times (RMD + JPO + JPS + SGI + H) \quad (۳-۸)$$

$$Q=0.004 \times BI \quad (۳-۹)$$

در این رابطه:

BI : شاخص قابلیت انفجار

Q : خرج ویژه (کیلوگرم بر تن)

برای امتیازدهی به پارامترهای لیلی می‌توان از جدول (۳-۸) استفاده کرد.

^۱ Index Specific Gravity

^۲ Hardness

جدول ۳-۸: پارامترهای مؤثر در شاخص قابلیت انفجار [۲]

پارامتر	وضعیت	امتیاز
توصیف توده سنگ (RMD)	سنگ ترد و شکننده	۱۰
	بلوکی	۲۰
	توده‌ای	۵۰
فاصله صفحه درزه‌ها (JPS)	بسته (کمتر از ۱۰ cm)	۱۰
	متوسط (بین ۱۰ تا ۱۰۰ cm)	۲۰
	باز (بیشتر از ۱۰۰ cm)	۵۰
جهت صفحه درزه‌ها (JPO)	افقی	۱۰
	شیب به سمت خارج جبهه کار	۲۰
	امتداد عمود بر جبهه کار	۳۰
	شیب به سمت داخل جبهه کار	۴۰
تأثیر وزن مخصوص (SGI)	SG: وزن مخصوص (ton/m ³)	SGI=25SG-50
سختی سنگ (HD) در مقیاس موهس		۱۰-۱

۳-۳- جمع بندی

از آنجا که خواص فیزیکی و ژئومکانیکی توده سنگ نشان دهنده وضعیت و رفتار سنگ می باشد، در نظر گرفتن این خواص موجب تاثیر قرار دادن شرایط طبیعی تودسنگ در طراحی ها می باشد. بنابراین مهم ترین پارامترهای مؤثر بر نتایج انفجار، خواص ماده سنگ و ساختار ناپیوستگی، است. تاکنون روش های زیادی برای ارزیابی قابلیت انفجار توده سنگ و تعیین خرج ویژه انجام شده است و وجود این طبقه بندی ها انتخاب را برای طراحان انفجار در معادن دشوار کرده است. اما آنچه مهم است باید این الگوها مطابق با ساختار زمین شناسی منطقه طراحی و با دقت کامل اجرا شوند چراکه هدف کلی دستیابی به تولید بالا با کمترین هزینه و خطرات می باشد. در این فصل روش های گوناگون برآورد خرج ویژه توضیح داده شد و سپس از بین این روش ها روش شاخص قابلیت انفجار که دارای بیشترین پارامتر تأثیرگذار در طراحی الگوی حفاری بوده، انتخاب شد.

فصل چهارم

معرفی معدن مارن یک کارخانه سیمان مشهد

۴-۱- مقدمه

نیم قرن پیش کارخانه سیمان مشهد توسط مهندس علی زاهدی تجربی تاسیس شد. در سال ۱۳۷۲ طرح توسعه این کارخانه به اجرا درآمد و تلاش‌های همه جانبه صنعت‌گران داخلی و نیروهای متخصص موجود در شرکت منجر به بهره‌برداری واحد ۳۰۰۰ تنی در بهمن ماه ۱۳۷۷ گردید. هم‌اکنون این کارخانه دارای دو معدن مارن و یک معدن آهک می‌باشد. در این فصل به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی منطقه اشاره شده است [۵].

۴-۲- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی منطقه

محدوده مورد مطالعه در شمال-شمال شرق مشهد واقع شده است. در شکل (۴-۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. طول مسیر از مشهد تا کارخانه ۲۸ کیلومتر می‌باشد و از روستاهای قرقی سفلی و فارمد می‌گذرد [۵].



شکل ۴-۱: موقعیت جغرافیایی معدن

به دلیل نزدیکی این محدوده به شهر مشهد، شرایط و مشخصات اقلیمی و آب و هوایی آن را می‌توان مشابه این شهر در نظر گرفت [۵].

۴-۳- زمین‌شناسی منطقه

محدوده‌ی معادن کارخانه سیمان شرق در پهنه‌بندی زمین‌شناسی ایران جز پهنه‌ی ساختاری کپه‌داغ و حاشیه شمال-شمال‌شرق دشت مشهد قرار دارد. کپه‌داغ در ایران منطقه‌ای کوهستانی است که دو رشته‌کوه با روندی موازی بیشتر سطح آن را پوشانده است. رشته‌شمالی را کوه‌های کپه‌داغ و هزار مسجد و رشته‌جنوبی را کوه‌های گلستان، آلا‌داغ و بینالود تشکیل می‌دهند. بین این دو رشته‌دشت‌های مشهد، قوچان، شیروان، بجنورد و گرماب قرار دارند که در غرب منطقه این دو رشته به هم می‌پیوندند.

بخش ایرانی حوضه کپه‌داغ بین طول‌های ۵۴ درجه شرقی تا ۶۱ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی قرار دارد و وسعتی معادل ۵۵ هزار کیلومتر مربع یعنی تقریباً ۳/۳ درصد مساحت کشور را شامل می‌شود. محدوده معادن کارخانه سیمان در شمال ورقه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مشهد قرار می‌گیرد. حوضه رسوبی کپه‌داغ علاوه بر شمال شرق ایران، بخش وسیعی از ترکمنستان و شمال افغانستان را هم شامل می‌شود [۵].

از دید زمین‌شناسی ردیف سنگ‌های رخنمون یافته در محدوده اکتشافی معدن مارن عمدتاً مربوط به بخش فوقانی سازند مزدوران^۱ با زمانی معادل ژوراسیک فوقانی (آکسفوردین-کیمریجین) و بنابر نتایج برخی تحقیقات تا تئوکومین (کرتاسه زیرین) می‌باشند. در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰,۰۰۰ مشهد (تهیه‌شده توسط سازمان زمین‌شناسی) سنگ‌های رخنمون یافته در محدوده مورد مطالعه تحت عنوان *Jmz2* یعنی بالاترین بخش سازند مزدوران نمایش داده شده‌اند که با ناپیوستگی در زیر سازند شورپیجه قرار گرفته‌اند [۵].

بخشی که تحت عنوان ذخایر مارن کارخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند و در حال اکتشاف هستند در اصل تناوب یا تکراری از طبقات آهک مارنی، مارن، آهک‌های رسی و آهک‌های شیلی با میان لایه‌هایی از آهک آلیتی و ماسه‌ای هستند که معمولاً با ساختاری تک‌شیب و با ساختمانی غالباً سالم و بدون خردشدگی‌های ناشی از پیامد عملکرد گسل‌های بزرگ، به طور ریتمیک بر روی هم قرار گرفته‌اند [۵].

^۱ *Mozduran Formation*

فصل پنجم

ارزیابی نتایج انفجارهای معدن مارن یک کارخانه سیمان مشهد

۵-۱- مقدمه

طراحی الگوی انفجار و اجرای صحیح آن، عامل اصلی مؤثر بر خردایش می‌باشد. خردایش خوب یک تعریف نسبی است و برای سنگ‌های معدنی با کاربردهای مختلف، متفاوت می‌باشد. اندازه خردایش به نوع و اندازه ماشین‌آلات بارگیری و باربری نیز وابسته است. ماکنزی در مطالعات خود در معدن کوچک کاردیبر دریافت که راندمان همه سیستم‌های زبردست مانند فراوری و تولید به خردایش وابسته است. بنابراین خردایش مناسب مهم‌ترین عامل در افزایش تولید، کاهش هزینه‌های کلی و خطرات جانبی آن است.

معمولاً ۳۰ درصد هزینه مستقیم تولید شامل هزینه‌های حفاری و انفجار است [۵]. ۷۰ درصد انرژی مصرفی تولید صرف سنگ‌شکن‌ها شده و هزینه‌های مربوط به سنگ‌شکن‌ها بیش از ۵۰ درصد هزینه فراوری را شامل می‌شود [۶]. بنابراین آنچه به‌طور مستقیم بر این هزینه‌ها تأثیر می‌گذارد، خردایش می‌باشد. پس هدف کلی انجام یک انفجار، خردایش مناسب با توجه به کاربرد ماده معدنی، کاهش هزینه‌ها و خطرات انفجار می‌باشد.

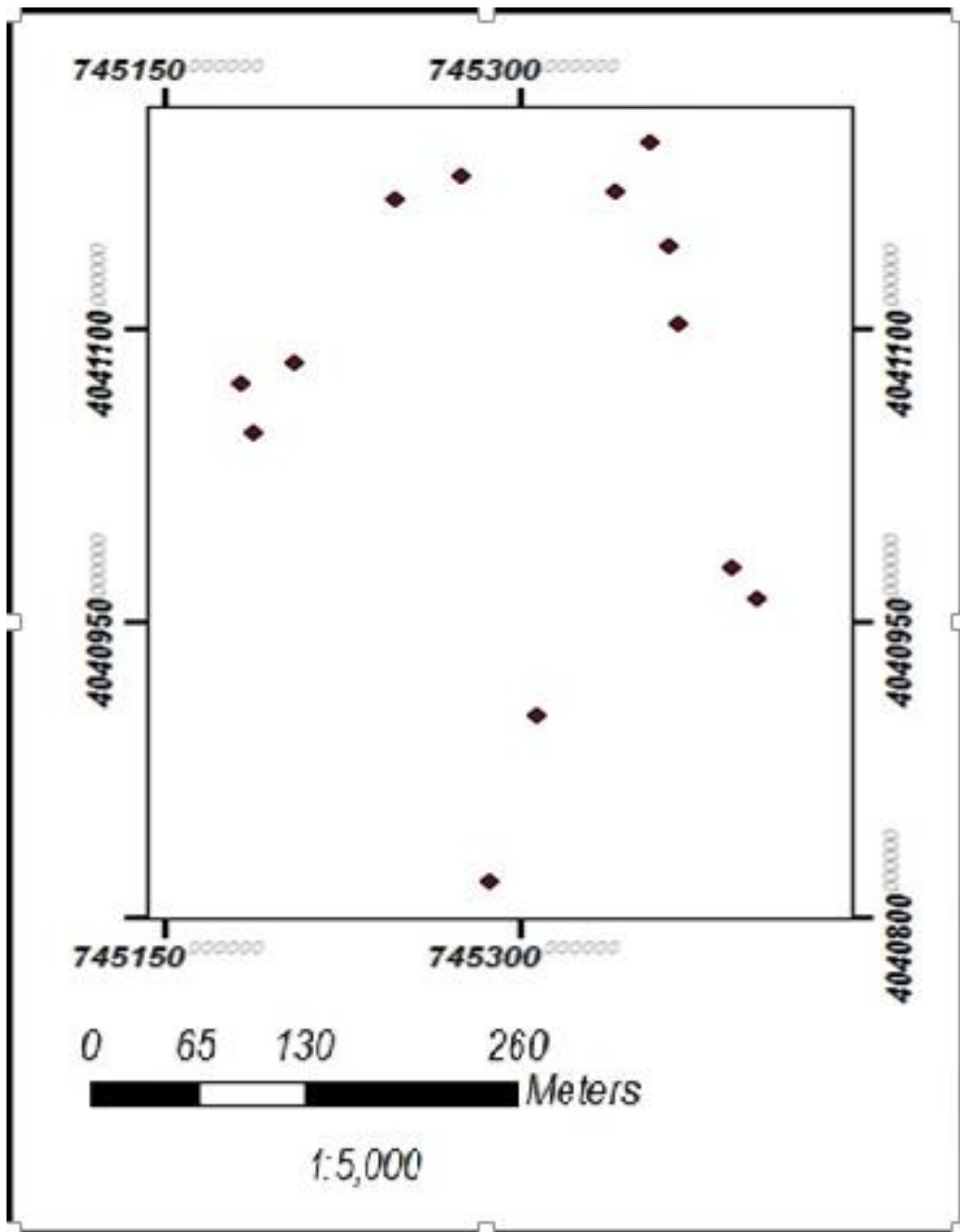
به طور کلی می‌توان از دو روش به منظور ارزیابی کیفیت خردایش انفجار استفاده کرد.

- روش مستقیم
- روش غیرمستقیم

از جمله روش‌های مستقیم می‌توان به روش ارزیابی سرنندی اشاره کرد که این روش بهترین روش برای ارزیابی خردایش دپو می‌باشد. اما به دلیل پرهزینه و زمان‌بر بودن این روش می‌توان از روش‌های غیرمستقیم که شامل کنترل عملکرد سنگ‌شکن، کنترل هزینه‌های انفجار ثانویه، کنترل عملکرد ماشین‌آلات بارگیری و روش عکس‌برداری می‌شوند، برای بررسی کیفیت خردایش انفجار استفاده کرد. در این فصل به کمک نرم‌افزار *Gold size* کیفیت خردایش ۱۳ انفجار انجام شده در معدن مارن یک کارخانه سیمان شرق مشهد مورد آنالیز قرار گرفته شده و راندمان کیفیت خردایش محاسبه می‌شود.

۵-۲- ارزیابی انفجارهای ثبت شده

برای مطالعه بر روی کیفیت خردایش انفجارها در معدن مارن ۱۳ انفجار به همراه مشخصات دقیق چالزنی آنها ثبت شده است که موقیت مکانی آنها در شکل (۵-۱) و اطلاعات شبکه انفجاری آنها در جدول (۵-۱) نشان داده شده است.



شکل ۵-۱: مختصات ۱۳ نقطه انفجار شده در معدن

جدول ۵-۱: مشخصات چال‌های انفجاری ثبت‌شده

کد انفجار	x(m)	y(m)	قطر چال (mm)	ابعاد شبکه (m^2)	طول چال (m)	تعداد چال	متراژ کل حفاری (m)	خرج ویژه (gr/ton)
۱	۷۴۵۳۶۲	۴۰۴۱۱۴۳	۷۶	۳×۲/۵	۳	۵۵	۱۶۴	۱۵۰
۲	۷۴۵۲۰۴	۴۰۴۱۰۸۳	۷۶	۳×۲/۵	۱-۱۲	۸۲	۷۷۵	۱۷۵
۳	۷۴۵۳۰۶	۴۰۴۰۹۰۳	۷۶	۳×۲/۵	۳-۹-۱۲	۹۹	۷۸۲	۱۷۰
۴	۷۴۵۱۸۲	۴۰۴۱۰۷۳	۷۶	۳×۲/۵	۳-۶-۹-۱۲	۸۸	۹۷۴	۱۸۰
۵	۷۴۵۳۳۹	۴۰۴۱۱۷۱	۷۶	۳×۲/۵	۲-۳-۹-۱۲	۱۳۹	۹۵۸	۱۸۰
۶	۷۴۵۲۷۵	۴۰۴۱۱۷۹	۷۶	۳×۲/۵	۳-۱۲	۷۵	۸۴۶	۱۸۰
۷	۷۴۵۳۶۶	۴۰۴۱۱۰۳	۷۶	۳×۲/۵	۱۲	۹۵	۱۱۴۰	۱۷۵
۸	۷۴۵۱۸۷	۴۰۴۱۰۴۸	۷۶	۳×۲/۵	۱۵	۵۰	۷۵۰	۱۷۵
۹	۷۴۵۳۸۹	۴۰۴۰۹۷۸	۷۶	۳×۲/۵	۳-۶-۹-۱۲	۱۲۰	۱۱۱۵	۱۸۰
۱۰	۷۴۵۳۵۴	۴۰۴۱۱۹۵	۷۶	۳×۲/۵	۱۲-۱۵	۱۰۳	۱۲۷۵	۱۷۵
۱۱	۷۴۵۳۹۹	۴۰۴۰۹۶۳	۷۶	۳×۲/۵	۱۱-۱۲	۸۸	۱۰۴۶	۱۷۵
۱۲	۷۴۵۲۴۷	۴۰۴۱۱۶۶	۷۶	۳×۲/۵	۱۲	۹۸	۱۱۷۶	۱۷۵
۱۳	۷۴۵۲۸۹	۴۰۴۰۸۱۹	۷۶	۳×۲/۵	۶-۹	۸۱	۶۷۵	۱۵۵

اندازه قطر چال در این انفجارها ۷۶ میلی‌متر و طول اضافه حفاری را ۰/۱ طول چال در نظر گرفته‌اند. مقدار گل‌گذاری برابر ۰/۳ طول چال می‌باشد. آنچه که در این انفجارها می‌توان مشاهده کرد وجود قطعات خرد شده غیریکنواخت در کنار هم می‌باشد که از عوامل شکل‌گیری آن می‌توان به وجود دسته‌درزه‌ها و لحاظ نکردن آن در محاسبات شبکه انفجاری، توزیع نامناسب مواد منفجره در چال، انتخاب بار سنگ نامناسب و غیره اشاره کرد. شکل (۵-۲) نشان‌دهنده خردایش غیریکنواخت سنگ‌ها در انفجار می‌باشد.



شکل ۵-۲: تأثیر دسته‌درزه‌ها در ایجاد بولدرها

۵-۲-۱- ارزیابی خردایش

به منظور ارزیابی خردایش ۱۳ انفجار ثبت شده در معدن مارن از یکی از روش‌های غیرمستقیم یعنی روش عکس‌برداری و ارزیابی به کمک نرم‌افزار *Gold size* استفاده شده است. ارزیابی تصویری به کمک این نرم‌افزار شامل دو مرحله‌ی تهیه عکس از دیو انفجاری و انجام محاسبات نرم‌افزاری می‌باشد.

۵-۲-۱-۱- تهیه عکس

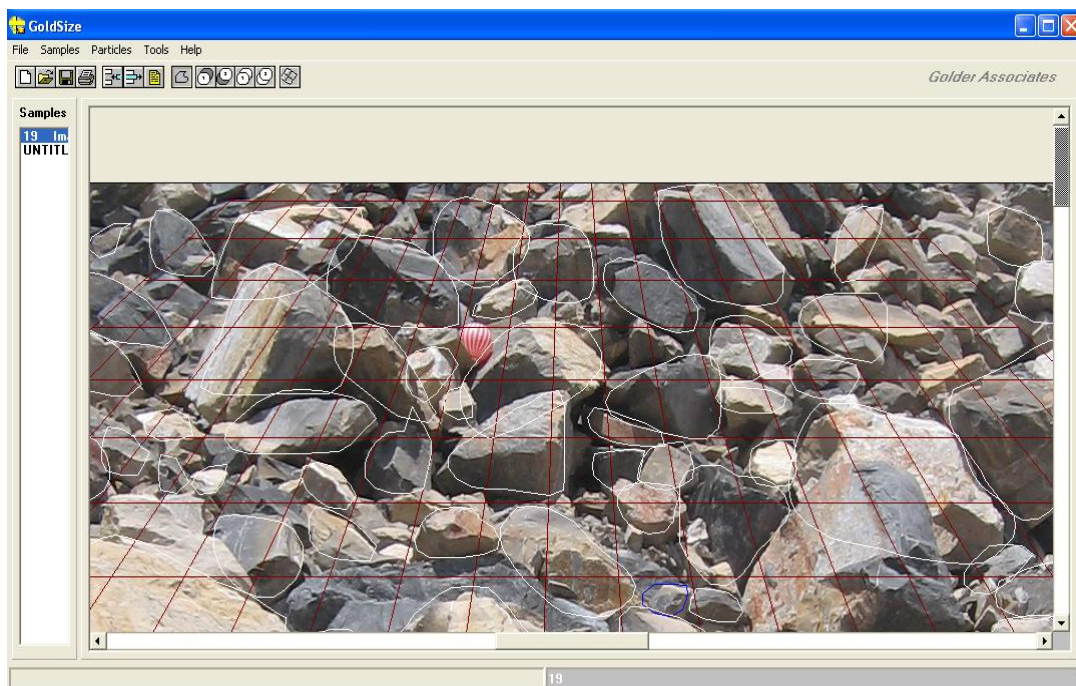
برداشت عکس‌ها باید به گونه‌ای باشد که هر عکس حدود ۳ تا ۶ مترمربع از کپه را پوشش دهند. به منظور نشان دادن مقیاس سنگ‌های آتشفشانی شده در نرم‌افزار ابتدا دو عدد توپ هم‌اندازه با قطر مشخص تهیه کرده و از هر کپه انفجاری حداقل ۲۰ عکس به شکل زیر تهیه می‌شود. بدین منظور مانند شکل (۵-۳) توپ‌ها طوری بر روی کپه قرار داده می‌شود که یک توپ در بالای کادر عکس و توپ دیگر در پایین کادر عکس قرار گیرد. ابتدا از کل کپه انفجاری و نماهای مختلف آن ۵ عکس گرفته شد. پس از بارگیری ۲۵ درصد از حجم کپه، دوباره ۵ عکس دیگر از باقی‌مانده کپه گرفته و در مرحله بعد پس از برداشتن نیمی از کپه ۵ عکس دیگر و در انتها پس از برداشتن ۷۵ درصد از حجم کپه ۵ عکس دیگر گرفته شده است.



شکل ۵-۳: قرارگیری دو توپ به عنوان مقیاس در کپه انفجاری

۵-۲-۱-۲-۵- مرزیابی

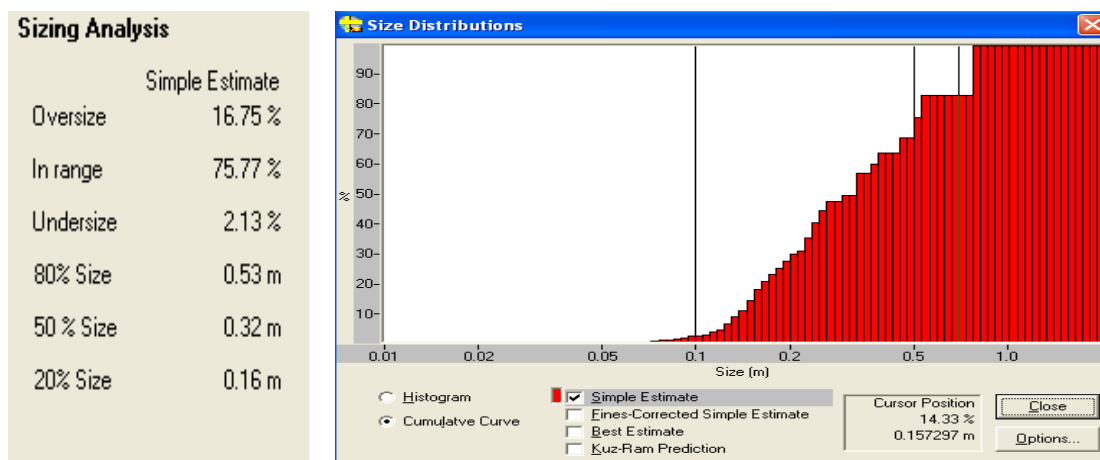
برای قابل فهم بودن عکس‌ها در این نرم‌افزار ابتدا باید عکس‌ها را به پسوند *BMP* تبدیل کرد. سپس هر عکس به طور جداگانه انتخاب شده و مانند شکل (۵-۴) به کمک موس دور سنگ‌ها خط کشیده می‌شود. باید دقت شود که دور سنگ‌هایی که کامل در کادر عکس قرار نگرفته‌اند را نباید خط کشید. زیرا نرم‌افزار قادر به مشخص کردن نیمه دیگر آن نیست و این کار باعث ایجاد خطا در این روش می‌شود. پس از مرزیابی سنگ‌ها یک فایل جدید با پسوند *DIG* و با همان نام ذخیره می‌شود. در مرحله بعد فایل‌های دیجیتالی شده با هم ترکیب می‌شوند که خروجی نرم‌افزار می‌باشند. در این تحقیق از توزیع ابعادی درصد تجمعی عبور کرده از سرند استفاده شده است.



شکل ۵-۴: مرزبایی سنگ‌ها در نرم‌افزار Gold size

۵-۲-۱-۳- تحلیل دانه‌بندی

فایل‌های دیجیتالی شده در یک مرحله ترکیب شده و بسته به انتخاب کاربر، چهار یا شش توزیع ابعادی ارائه می‌کند. برای هر سه عکس از کپه انفجاری هر یک از مراحل بالا انجام شده که به عنوان نمونه نتایج ارزیابی برای یک عکس از سه عکس کپه انفجار شده در محل نمونه ۳ با مختصات $x=745306 (m)$ و $y=404903 (m)$ در شکل (۵-۵) نشان داده شده است.



شکل ۵-۵: نمایش توزیع ابعادی تجمعی قطعات سنگ حاصل از انفجار شماره ۳ در نرم‌افزار Gold size

روند تهیه عکس، مرزیابی و تحلیل دانه‌بندی برای هر انفجار انجام شده که نتایج آن‌ها در پیوست ۱ نشان داده شده است. با توجه شکل (۵-۵) می‌توان دریافت که فراوانی نمای d_{20} (اندازه دهانه سرندي که ۲۰ درصد مواد از آن عبور می‌کنند) برابر ۱۶ سانتی‌متر، d_{50} (اندازه دهانه سرندي که ۵۰ درصد مواد از آن عبور می‌کنند) برابر ۳۲ سانتی‌متر و d_{80} (اندازه دهانه سرندي که ۸۰ درصد مواد از آن عبور می‌کنند) برابر با ۵۳ سانتی‌متر می‌باشد. ۲/۱۳ درصد از سنگ‌های موجود در عکس نرمه بوده که این تعریف برای معادن با سنگ‌شکن‌های مختلف متفاوت می‌باشد. در معدن مارن یک کارخانه سیمان مورد مطالعه سنگ‌ها توسط سنگ‌شکن چکشی با خروجی حدود ۹ سانتی‌متر خرد می‌شوند پس سنگ‌های با قطر کمتر از ۱۰ سانتی‌متر نرمه بوده که در قسمت *Under size* نرم‌افزار باید عدد ۰/۱ متر قرار داد. هرچه مقدار نرمه بیشتر شود هزینه مواد ناریه به کاررفته بالاتر بوده و از طرفی باعث هدر رفتن انرژی سنگ‌شکن می‌شود.

مقدار ۱۶/۷۵ درصد از سنگ‌های موجود در عکس قطعات درشت بوده که این تعریف نیز مانند نرمه برای معادن مختلف متفاوت می‌باشد. از آنجا که در این معدن ورودی سنگ‌شکن سنگ‌هایی با قطر کمتر از ۷۰ سانتی‌متر می‌باشد، پس در قسمت *Over size* نرم‌افزار عدد ۰/۷ متر درج می‌شود. این بدان معناست که ۱۶/۷۵ درصد از سنگ‌های موجود در تصویر گرفته شده نمی‌توانند به سنگ‌شکن وارد شوند و ایجاد گرفتگی می‌کنند. در این شرایط مشکلات بارگیری، گیرکردن سنگ‌شکن و آتشکاری ثانویه وجود دارد که باعث هدر رفتن وقت و سرمایه می‌شود.

مقدار ۷۵/۷۷ درصد از سنگ‌های موجود در عکس دارای قطر بهینه هستند که اندازه قطر بهینه برای معادن مختلف با شبکه انفجاری، بارگیری، و باربری مختلف، متفاوت می‌باشد.

بنابراین در قسمت *Optimam size* نرم‌افزار باید قطر بهینه که در معدن مورد مطالعه در بدترین

شرایط ۵۰ سانتی‌متر است، وارد شود.

۵-۲-۲- بازدهی خردایش

برای ارزیابی نتایج خردایش حاصل از انفجارهای انجام شده، می‌توان به کمک جدول (۵-۲) از پارامتر بازدهی خردایش استفاده کرد.

بازدهی خردایش = *in rang - under size*

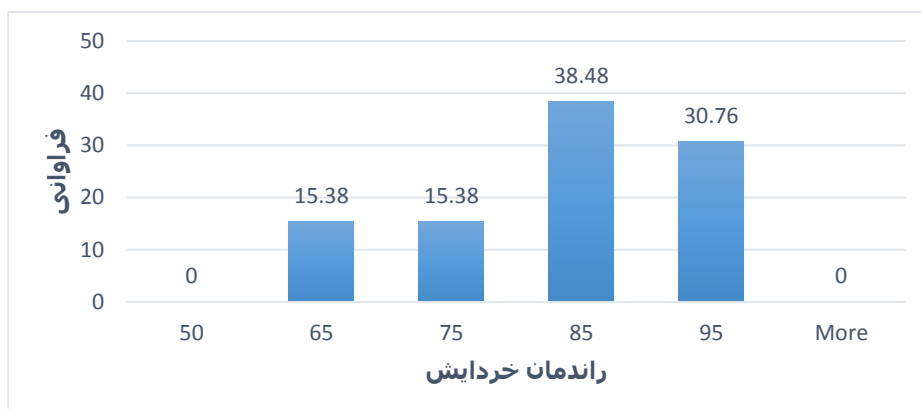
جدول ۵-۲: رده‌بندی وضعیت خردشدگی [۱۲]

رده	۱	۲	۳	۴	۵	۶
بازدهی خردشدگی (%)	>۹۵	۹۵-۸۵	۸۵-۷۵	۷۵-۶۵	۶۵-۵۰	<۵۰
کیفیت	عالی	خیلی خوب	خوب	متوسط	نامناسب	خیلی ضعیف

اندازه مشخصات دانه‌بندی و بازدهی خردایش برای ۱۳ انفجار در جدول (۵-۳) نشان شده است.

جدول ۵-۳: مشخصات دانه‌بندی و بازدهی خردایش

کد انفجار	(cm)d ₂₀	(cm)d ₅₀	(cm)d ₈₀	بیش خردایش	قطعات درشت	بازدهی خردایش
۱	۲۱/۳۳	۳۹	۶۰/۳۳	۳/۸۳	۵/۵۸	۶۹/۷۱
۲	۱۲/۶۶	۱۹/۳۳	۲۹/۳۳	۳۴/۳۵	۰	۶۱/۶۳
۳	۱۸/۶۶	۳۲/۶۶	۴۹/۳۳	۳/۱۲	۰	۸۳/۳۶
۴	۱۲/۶۶	۲۰/۶۶	۲۹/۳۳	۱۰/۹	۰	۸۹/۱
۵	۱۸/۶۶	۳۰/۶۶	۵۳	۱۰/۵۲	۰	۷۹/۱۶
۶	۱۱/۶۶	۱۶/۶۶	۲۳	۲۸/۰۷	۰	۷۱/۹۳
۷	۲۱/۳۳	۳/۳۳	۵۱/۶۶	۳/۷۷	۷/۱۳	۷۷/۵
۸	۱۵	۱۸	۴۵/۶۶	۷/۹۱	۰	۸۸/۹۷
۹	۱۲/۳۳	۱۸	۲۹/۳۳	۱۱/۷۷	۰	۸۸/۲۳
۱۰	۱۵/۳۳	۲۴/۳۳	۳۸/۳۳	۱۰/۰۸	۰	۸۶/۰۵
۱۱	۱۴	۲۴/۶۶	۵۵/۳۳	۷/۸۸	۷/۳	۸۴/۸۱
۱۲	۱۴/۶	۲۹	۴۳/۶۶	۷/۱۷	۵/۵۸	۸۴/۷۵
۱۳	۲۰/۶۶	۳۸	۴۹/۶۶	۷/۲	۸/۴۲	۵۹/۲۵



شکل ۵-۶: نمودار فراوانی انفجارات و بازدهی خردایش آن‌ها

با توجه به شکل (۵-۶) نمودار فراوانی می‌توان مشاهده کرد که ۳۸ درصد از ۱۳ انفجار انجام شده در معدن دارای بازدهی خردایش در بین بازه ۷۵ تا ۸۵ درصد بوده که با توجه به جدول (۵-۲) در کلاس بازدهی خوب قرار می‌گیرند. ۳۲ درصد انفجارات انجام شده دارای بازدهی خردایش بین ۸۵ تا ۹۵ قرار می‌گیرند که در کلاس خیلی خوب جای می‌گیرند. ۱۵ درصد از انفجارات دارای بازدهی خردایش متوسط و ۱۵ درصد دیگر دارای بازدهی خردایش ضعیف می‌باشند.

۵-۳- جمع‌بندی

خردایش خوب و مورد انتظار یکی از مهم‌ترین اهداف انفجار در معادن می‌باشد. بدین منظور طراحی الگوی انفجار بایستی با دقت کامل و در نظر گرفتن تمامی پارامترهای تاثیر گذار بر آن انجام شود تا بهترین خردایش حاصل شود. برای ارزیابی خردایش انفجارهای معدن روش‌های گوناگونی وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به دو دسته مستقیم و غیر مستقیم تقسیم کرد که در بین این روش‌ها، روش ارزیابی سرندی دقیق‌ترین روش برای ارزیابی خردایش انفجار می‌باشد. اما به دلیل پرهزینه بودن و زمان‌بر بودن این روش نمی‌توان همواره از آن استفاده کرد. یک روش خوب برای ارزیابی خردایش انفجار، روش عکس‌برداری می‌باشد. در این روش از کپه انفجاری در زمان‌ها و دفعات متعدد عکس گرفته و به کمک نرم‌افزار *Gold size* این عکس‌ها ارزیابی می‌شوند. در این فصل ۱۳ انفجار مورد بررسی ارزیابی خردایش قرار گرفته شد. با توجه به داده‌های خروجی نرم‌افزار *goldsize* و شکل (۶-۵) مشاهده می‌شود که ۳۸ درصد انفجارها خوب و ۳۲ درصد آن‌ها در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرند.

فصل ششم

زون بندی خرج ویژه معدن مارن یک

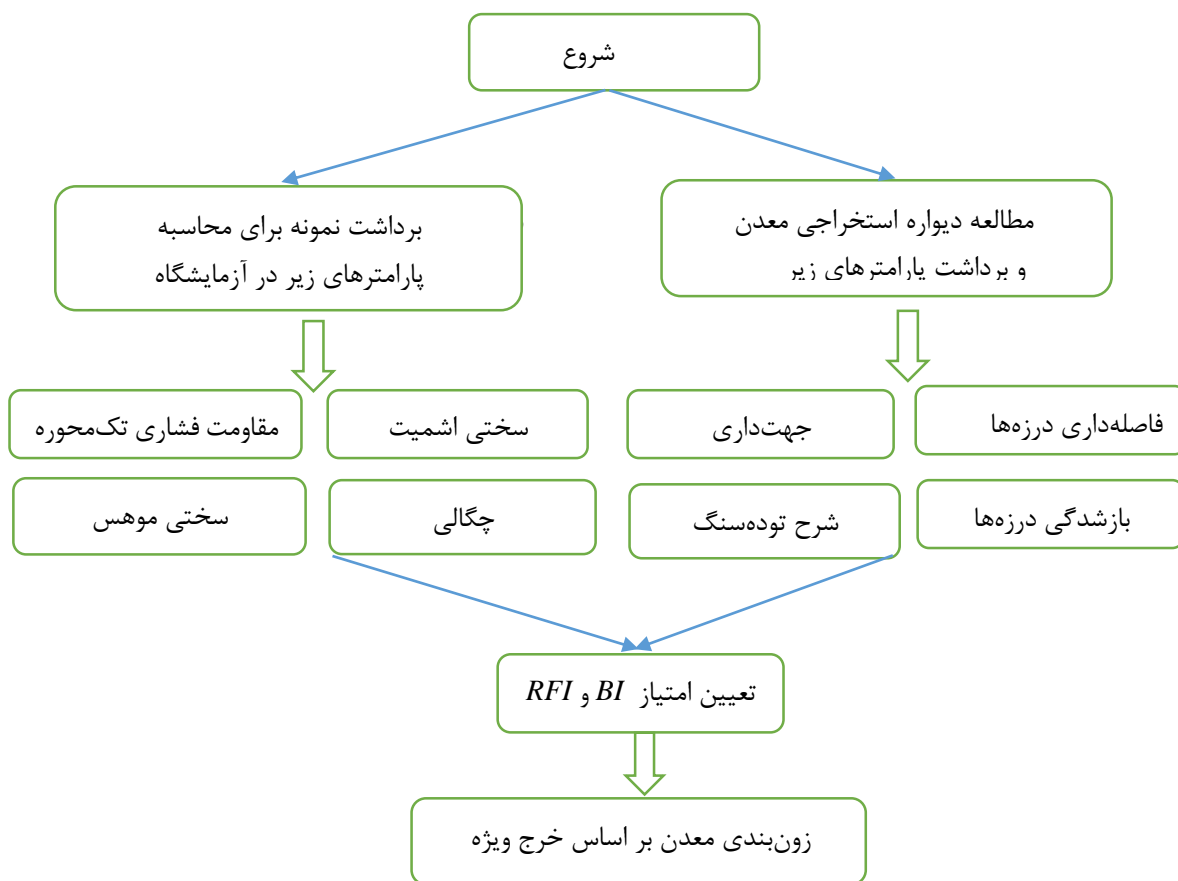
۶-۱- مقدمه

در اکثر طراحی‌های الگوی انفجار در معادنی که برای استخراج ماده معدنی از عملیات انفجار استفاده می‌شود، فقط پارامترهای مربوط به سنگ بکر مانند سختی و مقاومت فشاری تک‌محوره آن لحاظ می‌شود و توجه خاصی به شرایط زمین‌شناسی منطقه مانند وجود دسته‌درزه‌ها نمی‌شود که بی‌توجهی به این خصوصیات باعث به وجود آمدن مشکلاتی مانند عدم خردایش مناسب و اثرات جانبی پس از انفجار می‌شود.

با توجه به میزان تأثیر خردایش بر راندمان آتشکاری و هزینه‌های بعدی مانند هزینه‌های خردایش ثانویه در صورت ایجاد بولدر، شناخت توده‌سنگ یکی از اساسی‌ترین کارهایی است که باید قبل از طراحی معدن بدان توجه شود. از آنجا که خصوصیات مربوط به ناپیوستگی‌های توده‌سنگ مانند فاصله‌داری، بازشدگی، پرشدگی، شیب درزه‌ها و امتداد درزه‌ها در نتایج خردایش نقش اساسی دارند، لذا با توجه به کیفیت خردایش سنگ در معدن لزوم استفاده از روش شاخص قابلیت انفجار و شاخص خردایش سنگ به دلیل در نظر گرفتن این پارامترها در این معدن احساس می‌شود.

به منظور مطالعات آزمایشگاهی از ۱۳ نقطه از معدن نمونه‌هایی برداشت شده و با انتقال آن در آزمایشگاه مقاومت فشاری، چگالی، تخلخل، سختی موهس و سختی اشمیت آن‌ها اندازه گرفته شده است. سپس معدن به ۵۲ زون مساوی تقسیم شده و پارامترهایی مانند فاصله‌داری درزه‌ها و جهت‌داری آن‌ها و وضعیت توده‌سنگ برداشت شده و هم‌زمان پارامترهای که قابل تخمین اند را با استفاده از معادله‌ها و روش نزدیک‌ترین نقاط برای ۳۹ نقطه دیگر تخمین زده و در نهایت با محاسبه خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار و شاخص خردایش سنگ برای این ۵۲ نقطه، معدن را از لحاظ شاخص قابلیت انفجار و شاخص خردایش سنگ و خرج ویژه متناظر با آن‌ها زون‌بندی شد.

شکل (۶-۱) مراحل زون‌بندی معدن را نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱: مراحل انجام مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

۶-۲- مطالعات آزمایشگاهی

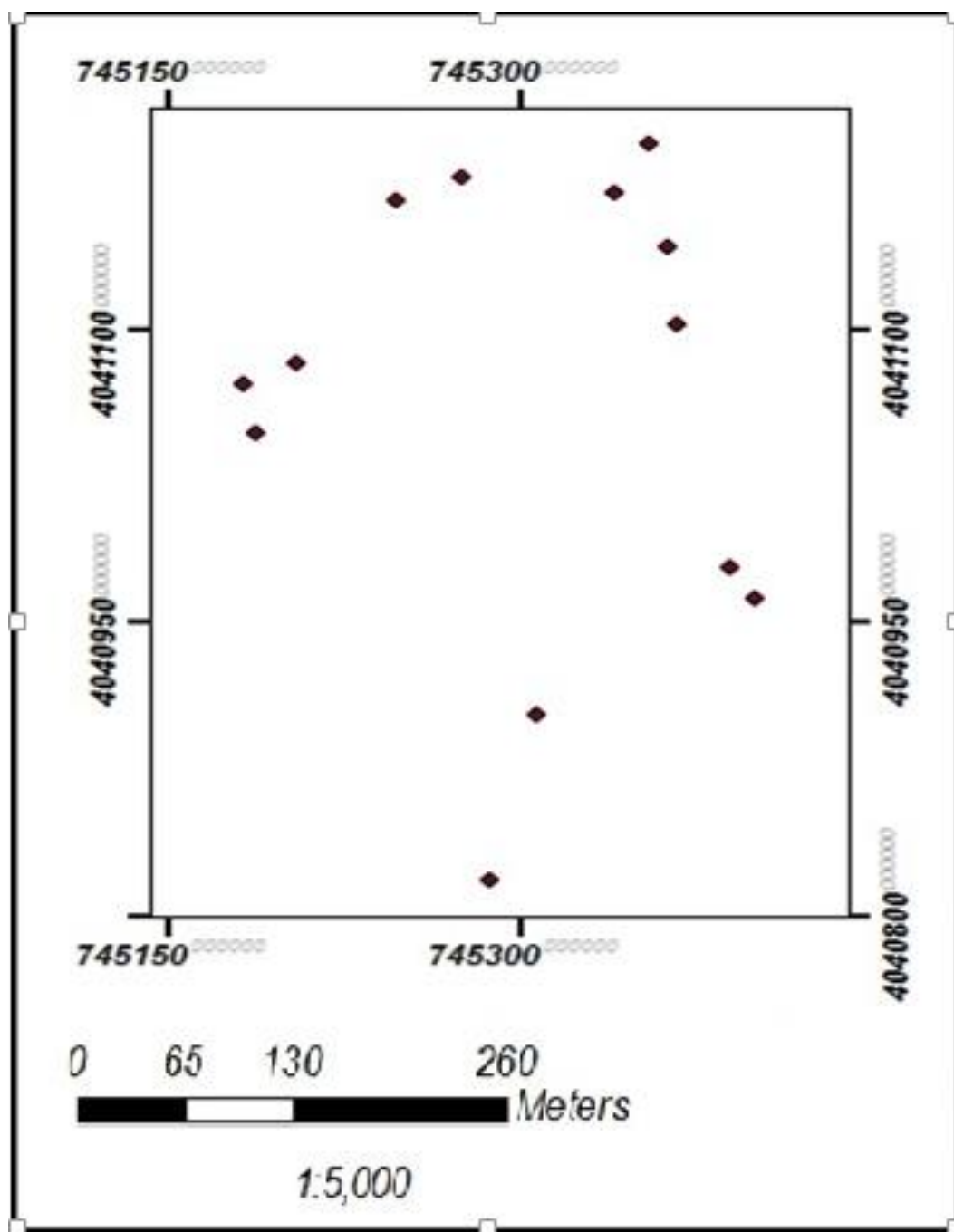
برای انجام صحیح مطالعات آزمایشگاهی باید به یک سری از شرایط جهت جمع‌آوری نمونه دقت شود. مانند این که نمونه نباید از سطح درزه‌دار ناشی از انفجارات قبلی یا گسل‌ها برداشت شود. به عبارت دیگر یک سنگ فاقد درزه و شکاف باشد تا معرف خوبی از مقاومت سنگ معدن باشد.

۶-۲-۱- محاسبه مقاومت فشاری تک‌محوره

مقاومت فشاری تک‌محوره سنگ‌ها در کلیه پروژه‌های مهندسی سنگ اهمیت ویژه‌ای دارد. پایداری دیواره‌ها در سازه‌های زیرزمینی، مقاومت پی‌های سنگی در سدها، ایمنی پله‌ها در معادن سطحی و بسیاری دیگر از عملیات مهندسی سنگ به عنوان معیاری تعیین‌کننده در ارزیابی استحکامات کاربرد دارد [۱۳]. رایج‌ترین و دقیق‌ترین آزمون آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری سنگ، ثابت‌های ارتجاعی یعنی مدول یانگ و ضریب پواسون، آزمایش UCS (آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوره)

می‌باشد. به طور کلی با افزایش تخلخل، درزه، هوازدگی و مقاومت فشاری تک‌محوره سنگ کاهش می‌یابد.

روش نمونه‌برداری به این شکل بوده است که ابتدا از ۱۳ زون نشان داده شده در شکل (۲-۶) از معدن مارن یک، چهار الی پنج عدد سنگ با ابعاد استاندارد $30 \times 20 \times 30$ متر مکعب تهیه شده است.

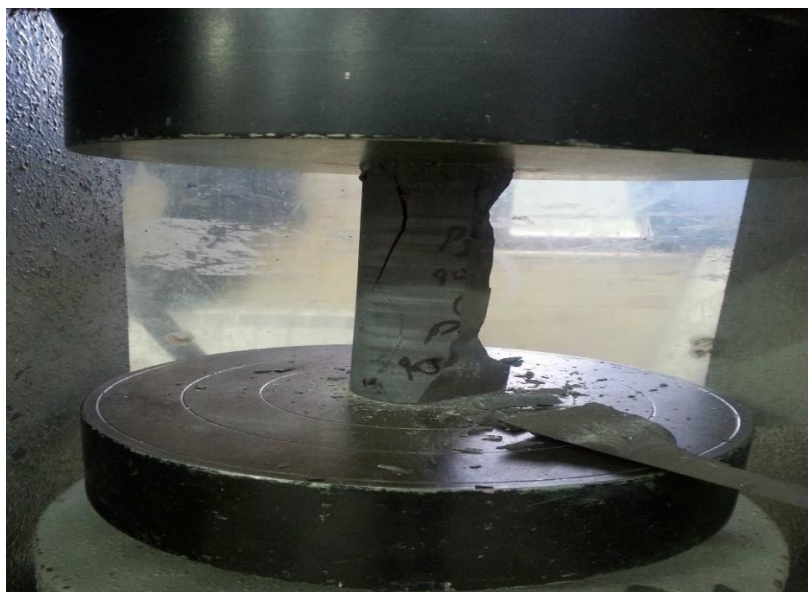


شکل ۲-۶: مختصات ۱۳ نقطه نمونه برداری شده از معدن

سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و از هر نمونه سنگی بسته به سالم بودن آن ۳ تا ۴ مغزه تهیه شد. قطر مغزه‌ها ۵۴ میلی‌متر با نسبت طول به قطر ۲/۵ به ۱ بوده است. دو قاعده نمونه استوانه‌ای باید صاف باشند و حداکثر ۰/۰۲ میلی‌متر ناصافی خطای قابل قبول است.

پس از آماده‌سازی مغزه‌های تهیه شده، آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوره بر اساس استاندارد *ISRM* بر روی این مغزه‌ها انجام شد. برای آزمایش نمونه‌ها تحت بارگذاری ۰/۵ تا ۱ مگا پاسکال بر ثانیه، در زمان ۵ تا ۱۰ دقیقه شکست شده‌اند. شکل (۳-۶) نمایی از این دستگاه و جدول (۶-۱) نتایج آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوره را نشان می‌دهد.

اما به دلیل زمان‌بر و پرهزینه بودن این آزمایش، امکان اندازه‌گیری مقاومت سنگ با این روش برای بیشتر از ۱۳ نقطه از معدن میسر نبوده و با توجه به اینکه برای تخمین این شاخص برای سایر نقاط از معدن به کمک روش نزدیک‌ترین نقاط نتایج این ۱۳ آزمایش نیز کم می‌باشد، نیاز به یک روش غیرمستقیم و دقیق برای تخمین مقاومت فشاری تک‌محوره در چند زون دیگر از معدن احساس شد. بدین منظور برای هر یک از نقاط نمونه‌برداری آزمایش چکش اشmitt انجام شده تا به کمک این پارامتر مقدار مقاومت فشاری را برای چند زون دیگر از معدن تخمین زده شود.



شکل ۳-۶: دستگاه اندازه‌گیری مقاومت فشاری تک‌محوره

جدول ۶-۱: مقادیر محاسبه شده مقاومت فشاری تک محوره در آزمایشگاه

مقاومت فشاری تک محوره (MPa)	مختصات محل نمونه برداری		شماره الگو
	Y(m)	X(m)	
۱۰۰/۹۵	۴۰۴۱۱۴۳	۷۴۵۳۶۲	۱
۱۵۴/۵۶	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۰۴	۲
۱۱۱/۳۵	۴۰۴۰۹۰۳	۷۴۵۳۰۶	۳
۱۲۴/۰۵	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۱۸۲	۴
۹۸/۹۴	۴۰۴۱۱۷۱	۷۴۵۳۳۹	۵
۱۲۹/۵۹	۴۰۴۱۱۷۹	۷۴۵۲۷۵	۶
۱۱۵/۶۱	۴۰۴۱۱۰۳	۷۴۵۳۶۶	۷
۱۳۴/۵۸	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۱۸۷	۸
۵۶/۵۰	۴۰۴۰۹۷۸	۷۴۵۳۸۹	۹
۱۰۲/۴۹	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۳۵۴	۱۰
۶۱/۱۵	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۹۹	۱۱
۱۴۵/۱۸	۴۰۴۱۱۶۶	۷۴۵۲۴۷	۱۲
۹۶/۲۱	۴۰۴۰۸۱۹	۷۴۵۲۸۹	۱۳

۶-۲-۲- محاسبه سختی اشمیت

از جمله آزمایش‌هایی که هم می‌تواند به صورت آزمایشگاهی و هم به صورت میدانی انجام شود، چکش اشمیت می‌باشد که به ویژه در برداشتهای صحرایی می‌تواند برآورد اولیه خوبی از مقاومت سنگ نشان دهد [۱۳]. برای محاسبه مقدار سختی اشمیت، چکش اشمیت را بر روی هر چهار سنگ از این نقاط ۲۰ بار آزمایش کرده سپس ۱۰ عدد که دارای کمترین مقدار بوده به عنوان خطا حذف کرده و از ۱۰ نقطه دیگر متوسط گرفته و مقادیر آن ثبت می‌شود. شکل (۶-۴) نمایی از وسیله اندازه‌گیری سختی اشمیت و جدول (۶-۲) مقادیر سختی اشمیت برای این ۱۳ زون از معدن را نشان می‌دهد.



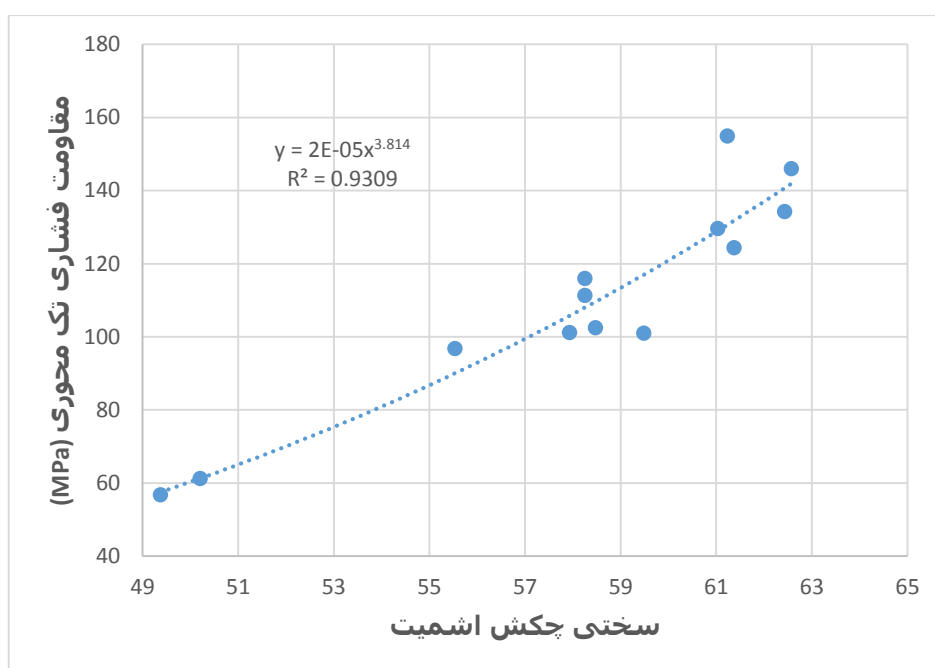
شکل ۶-۴: دستگاه تعیین سختی چکش اشمیت

جدول ۶-۲: مقادیر سختی اشمیت اندازه‌گیری شده

سختی اشمیت	مختصات محل نمونه برداری		شماره الگو
	$Y(m)$	$X(m)$	
۵۹/۴۸	۴۰۴۱۱۴۳	۷۴۵۳۶۲	۱
۶۱/۲۳	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۰۴	۲
۵۸/۲۵	۴۰۴۰۹۰۳	۷۴۵۳۰۶	۳
۶۱/۳۷	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۱۸۲	۴
۵۷/۹۳	۴۰۴۱۱۷۱	۷۴۵۳۳۹	۵
۶۱/۰۳	۴۰۴۱۱۷۹	۷۴۵۲۷۵	۶
۵۸/۲۵	۴۰۴۱۱۰۳	۷۴۵۳۶۶	۷
۶۲/۴۳	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۱۸۷	۸
۴۹/۳۷	۴۰۴۰۹۷۸	۷۴۵۳۸۹	۹
۵۸/۴۷	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۳۵۴	۱۰
۵۰/۲۰	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۹۹	۱۱
۶۲/۵۷	۴۰۴۱۱۶۶	۷۴۵۲۴۷	۱۲
۵۵/۵۳	۴۰۴۰۸۱۹	۷۴۵۲۸۹	۱۳

۳-۲-۶- تخمین مقاومت فشاری تک‌محوره به کمک سختی اشمیت

برای تخمین مقاومت فشاری تک‌محوری ابتدا نمودار تغییرات مقاومت فشاری تک‌محوره و سختی اشمیت نشان داده شده در شکل (۵-۶) رسم شد. این نمودار یک رابطه مستقیم بین سختی اشمیت با مقاومت فشاری تک‌محوره را نشان می‌دهد. بنابراین بهترین خط را بر این نمودار برازش کرده که دارای بالاترین مقدار ضریب تعیین باشد. سپس از معادله این رابطه می‌توان به عنوان یک روش غیرمستقیم برای تخمین مقدار مقاومت فشاری تک‌محوره چند زون دیگر از معدن استفاده کرد.



شکل ۵-۶: نمودار تغییرات مقاومت فشاری تک‌محوره بر اساس تغییرات سختی اشمیت

بر اساس شکل (۵-۶) رابطه‌ی نمایی با ضریب تعیین ۹۳ درصد بین مقاومت فشاری و سختی اشمیت

وجود دارد که به شکل رابطه (۱-۶) می‌باشد.

$$y = 2e - 05x^{3.814} \quad (۱-۶)$$

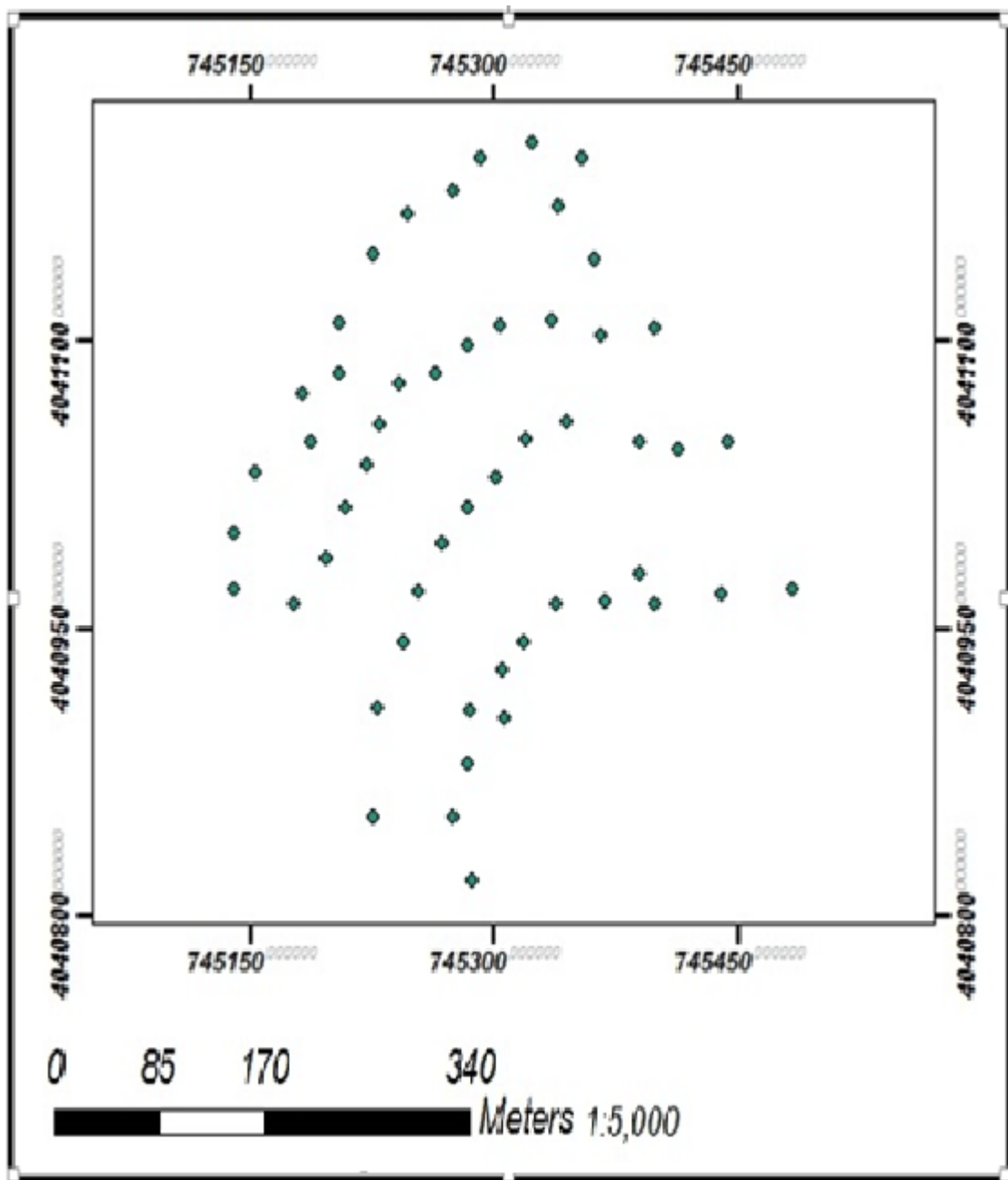
در این رابطه:

e : عدد نپر

x : سختی اشمیت

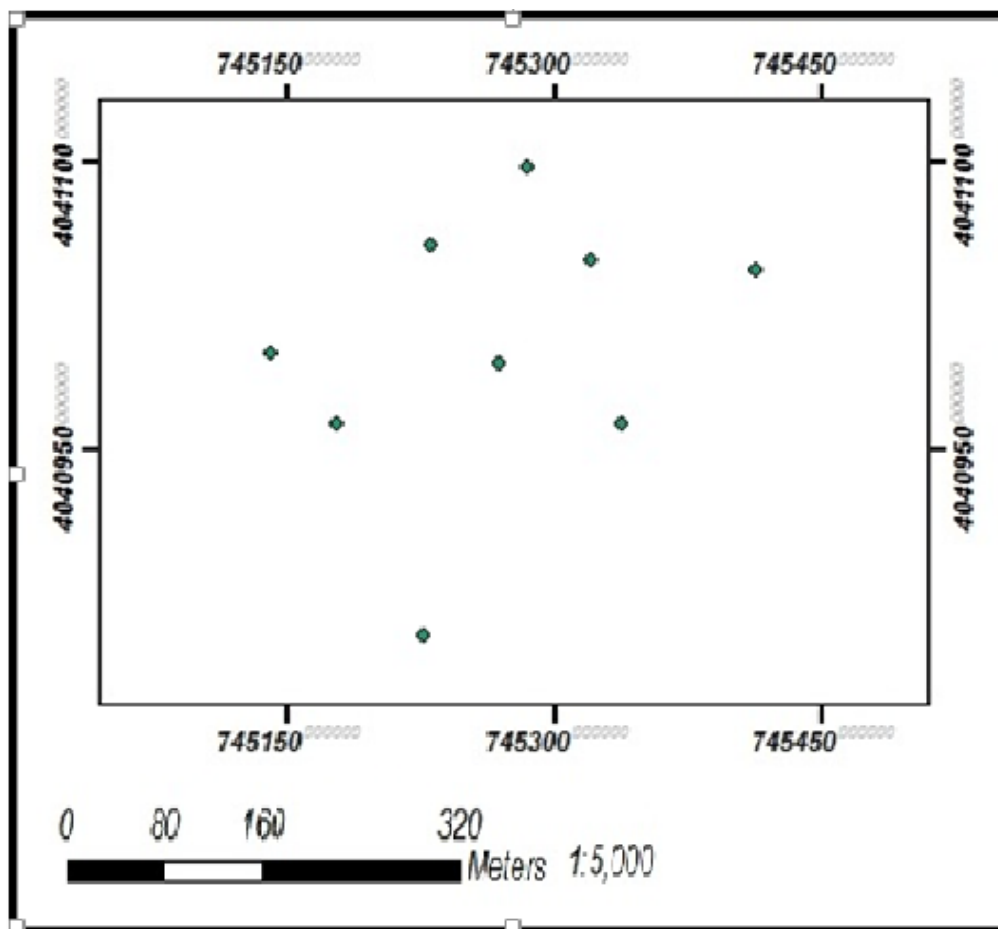
y : مقاومت فشاری تک‌محوره (MPa)

بنابراین برای تخمین مقاومت فشاری برای زون‌های دیگر ابتدا لازم است مقدار سختی چکش اشمیت برای این زون‌ها اندازه‌گیری شود. بر این اساس معدن به ۵۲ زون مساوی تقسیم کرده که مختصات مکانی آن‌ها در شکل (۶-۶) نشان داده شده است.



شکل ۶-۶: مختصات ۵۲ زون منطقه مورد مطالعه

آزمایش چکش اشمیت در محل معدن برای ۹ زون دیگر نشان داده شده در شکل (۶-۷) انجام گرفته و مقدار آن‌ها در جدول (۶-۳) آورده شده است.



شکل ۶-۷- موقعیت مکانی ۹ سینه کار جدید

جدول ۶-۳: مقادیر سختی اشمیت اندازه گیری شده در معدن

سختی اشمیت	مختصات محل نمونه برداری		شماره آزمایش
	$Y(m)$	$X(m)$	
۵۷/۴	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۳۸	۱۴
۵۵/۵	۴۰۴۱۰۴۳	۷۴۵۴۱۳	۱۵
۶۰/۷	۴۰۴۱۰۴۹	۷۴۵۳۲۰	۱۶
۶۲/۸	۴۰۴۰۹۹۴	۷۴۵۲۶۸	۱۷
۵۹/۴	۴۰۴۰۸۵۱	۷۴۵۲۲۶	۱۸
۶۱/۵	۴۰۴۱۰۹۸	۷۴۵۲۸۴	۱۹
۶۴/۸	۴۰۴۱۰۵۷	۷۴۵۲۳۰	۲۰
۶۰/۹	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۱۷۷	۲۱
۵۹/۸	۴۰۴۱۰۰۰	۷۴۵۱۴۰	۲۲

حال مقدار مقاومت فشاری تک‌محوره را با استفاده از معادله (۶-۱) برای این ۹ زون محاسبه کرده تا تعداد زون‌های اندازه‌گیری شده افزایش یافته و بتوان برای تخمین مقاومت فشاری تک‌محوره برای سایر زون‌های معدن از روش عکس توان فاصله استفاده کرد. زیرا در صورت کم بودن داده‌ها تخمین به کمک این روش با خطا صورت می‌گیرد. نتایج مقاومت فشاری تک‌محوره تخمین زده‌شده به کمک رابطه (۶-۱) در جدول (۶-۴) نشان داده شده است.

جدول ۶-۴: مقادیر تخمینی مقاومت فشاری به کمک سختی اشmitt

مقاومت فشاری تک‌محوره (MPa)	مختصات محل نمونه‌برداری		شماره الگو
	Y(m)	X(m)	
۱۰۲/۷۰	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۳۸	۱۴
۸۹/۸۲	۴۰۴۱۰۴۳	۷۴۵۴۱۳	۱۵
۱۲۶/۱۹	۴۰۴۱۰۴۹	۷۴۵۳۲۰	۱۶
۱۴۴/۴۰	۴۰۴۰۹۹۴	۷۴۵۲۶۸	۱۷
۱۱۶/۶۸	۴۰۴۰۸۵۱	۷۴۵۲۲۶	۱۸
۱۳۲/۷۹	۴۰۴۱۰۹۸	۷۴۵۲۸۴	۱۹
۱۶۲/۷۷	۴۰۴۱۰۵۷	۷۴۵۲۳۰	۲۰
۱۲۸/۶۳	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۱۷۷	۲۱
۱۱۹/۳۰	۴۰۴۱۰۰۰	۷۴۵۱۴۰	۲۲

۶-۲-۴- محاسبه وزن مخصوص

در حالت کلی می‌توان گفت چگالی سنگ نشان‌دهنده سهولت یا سختی سنگ می‌باشد. معمولاً سنگ‌هایی با چگالی پایین‌تر، تغییر شکل‌ها را بهتر تحمل می‌کنند و نسبتاً به انرژی کمتری برای خردایش نیاز دارند. اما به علت وجود خلل و فرج، خردکردن آن‌ها مشکل‌تر می‌باشد.

چگالی سنگ تابع منافذ، درزه‌ها و شکاف‌ها می‌باشد. اختلاف در چگالی سنگ‌ها بیشتر مربوط به تخلخل آن‌ها است. توزیع ابعاد دانه‌ها، استحکام، درجه تراکم و سیمان‌شدگی دانه‌ها، تخلخل سنگ را تغییر می‌دهد. تعیین چگالی و تخلخل با استفاده از روش اشباع و غوطه‌ورسازی و طبق استاندارد *ISRM* برای ۲۲ نمونه انجام شده و نتایج آزمایش‌های چگالی و تخلخل در جدول (۶-۵) آورده شده است.

جدول ۶-۵: مقادیر وزن مخصوص اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه

وزن مخصوص (gr/cm^3)	مختصات محل نمونه‌برداری		شماره
	$Y(m)$	$X(m)$	الگو
۲/۶۲	۴۰۴۱۱۴۳	۷۴۵۳۶۲	۱
۲/۵۱	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۰۴	۲
۲/۵۰	۴۰۴۰۹۰۳	۷۴۵۳۰۶	۳
۲/۵۷	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۱۸۲	۴
۲/۶۰	۴۰۴۱۱۷۱	۷۴۵۳۳۹	۵
۲/۵۷	۴۰۴۱۱۷۹	۷۴۵۲۷۵	۶
۲/۶۱	۴۰۴۱۱۰۳	۷۴۵۳۶۶	۷
۲/۵۴	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۱۸۷	۸
۲/۳۱	۴۰۴۰۹۷۸	۷۴۵۳۸۹	۹
۲/۵۸	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۳۵۴	۱۰
۲/۴۱	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۹۹	۱۱
۲/۴۶	۴۰۴۱۱۶۶	۷۴۵۲۴۷	۱۲
۲/۳۷	۴۰۴۰۸۱۹	۷۴۵۲۸۹	۱۳
۲/۶۱	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۳۸	۱۴
۲/۵۰	۴۰۴۱۰۴۳	۷۴۵۴۱۳	۱۵
۲/۴۹	۴۰۴۱۰۴۹	۷۴۵۳۲۰	۱۶
۲/۵۷	۴۰۴۰۹۹۴	۷۴۵۲۶۸	۱۷
۲/۵۷	۴۰۴۰۸۵۱	۷۴۵۲۲۶	۱۸
۲/۶۱	۴۰۴۱۰۹۸	۷۴۵۲۸۴	۱۹
۲/۶۲	۴۰۴۱۰۵۷	۷۴۵۲۳۰	۲۰
۲/۵۵	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۱۷۷	۲۱
۲/۳۲	۴۰۴۱۰۰۰	۷۴۵۱۴۰	۲۲

۳-۶- مطالعات صحرایی و برداشت ناپیوستگی‌ها

به منظور زون‌بندی خرج ویژه معدن به کمک شاخص خردایش سنگ و شاخص قابلیت انفجار نیاز به برداشت پارامترهای این روش‌ها می‌باشد. بنابراین برای هر ۵۲ زون نشان داده شده در شکل (۶-۶) از معدن با مختصات معلوم تمامی پارامترهای شرح توده‌سنگ، فاصله‌داری درزه‌ها، جهت‌یافتگی درزه‌ها و جدایش دهانه درزه‌ها که با روش نزدیک‌ترین نقاط قابل تخمین نیستند، برداشت کرده و برای هر نقطه یک فرم برداشت تهیه کرده و کیفیت و کمیت این پارامترها را در آن‌ها یادداشت شده است. نمونه‌ای از این فرم در جدول (۶-۶) آورده شده است. سایر فرم‌ها برای نقاط دیگر در پیوست ۲ آمده است.

جدول ۶-۶: گزارش برداشت پارامترهای شاخص خردایش سنگ و شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱			Y: ۴۰۴۱۱۴۳	X: ۷۴۵۳۶۲	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	۲۵۵/۵	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	۲۵۵/۵	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پر شده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۹/۴۸	سختی اشمیت	----	۲/۶۲	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۰۰/۹۵	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۳/۷۸	----	شاخص قابلیت انفجار

۳-۶-۱- محاسبه سختی موهس

برای تعیین سختی موهس کانی‌ها با استفاده از جدول سختی موهس برخی از اشیا همچون ناخن، سنجاق، شیشه و ... سختی موهس منطقه مورد مطالعه برداشت شد و نتایج آن در جدول (۶-۷) نشان داده شده است.

جدول ۶-۷: مقادیر اندازه‌گیری سختی موهس

سختی موهس	مختصات نمونه برداری		شماره آزمایش
	$Y(m)$	$X(m)$	
۲	۴۰۴۱۱۴۳	۷۴۵۳۶۲	۱
۳	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۰۴	۲
۲	۴۰۴۰۹۰۳	۷۴۵۳۰۶	۳
۳	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۱۸۲	۴
۲	۴۰۴۱۱۷۱	۷۴۵۳۳۹	۵
۲	۴۰۴۱۱۷۹	۷۴۵۲۷۵	۶
۲	۴۰۴۱۱۰۳	۷۴۵۳۶۶	۷
۳	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۱۸۷	۸
۲	۴۰۴۰۹۷۸	۷۴۵۳۸۹	۹
۲	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۳۵۴	۱۰
۲	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۹۹	۱۱
۲	۴۰۴۱۱۶۶	۷۴۵۲۴۷	۱۲
۲	۴۰۴۰۸۱۹	۷۴۵۲۸۹	۱۳
۲	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۳۸	۱۴
۲	۴۰۴۱۰۴۳	۷۴۵۴۱۳	۱۵
۲	۴۰۴۱۰۴۹	۷۴۵۳۲۰	۱۶
۳	۴۰۴۰۹۹۴	۷۴۵۲۶۸	۱۷
۲	۴۰۴۰۸۵۱	۷۴۵۲۲۶	۱۸
۲	۴۰۴۱۰۹۸	۷۴۵۲۸۴	۱۹
۳	۴۰۴۱۰۵۷	۷۴۵۲۳۰	۲۰
۲	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۱۷۷	۲۱
۲	۴۰۴۱۰۰۰	۷۴۵۱۴۰	۲۲

۶-۳-۲- محاسبه فاصله‌داری و بازشدگی درزه‌ها

فاصله عمودی میان دو ناپیوستگی مجاور فاصله‌داری می‌باشد. در برداشت صحرایی توده‌سنگ‌های مورد مطالعه فاصله‌داری، بازشدگی به روش خط برداشت^۱ اندازه‌گیری شده و سپس بسته به تعداد آن‌ها در میانگین‌گیری کرده و نتایج آن در فرم برداشت‌ها در پیوست ۲ آورده شده است.

^۱ SCANLINE

۴-۶- تخمین پارامترها

برای تخمین چگالی، مقاومت فشاری و سختی موس از روش عکس توان فاصله استفاده شده است. اما اندازه توان عددی بین ۱ تا ۲۰ می‌باشد که در اینجا سعی شده است برای هر پارامتر از توان ۱ تا توان ۲۰ تخمین زده و سپس هر یک از داده‌های خروجی را اعتبار سنجی کرده و توانی که دارای بهترین تخمین باشد انتخاب شود. به منظور انتخاب مناسب‌ترین توان تخمینی می‌توان از ۴ رابطه ضریب تعیین (R^2)، جذر میانگین مربعات^۱ ($RMSE$)، شاخص عملکرد^۲ (VAF) و میانگین درصد خطای مطلق^۳ ($MAPE$) استفاده کرد. هرچه شاخص عملکرد و ضریب تعیین بزرگ‌تر و میانگین درصد خطای مطلق و جذر میانگین مربعات کوچکتر باشد، توان مورد استفاده شده مناسب‌تر می‌باشد.

نحوه محاسبه این شاخص‌ها در روابط (۲-۶) تا (۵-۶) نشان داده شده است [۱۴].

$$R^2 = 100 \left[\frac{(\sum_{i=1}^N (y_{mean} - \bar{y}_{mean})(y_{pred} - \bar{y}_{pred}))^2}{\sum_{i=1}^N (y_{mean} - \bar{y}_{mean})^2 \sum_{i=1}^N (y_{pred} - \bar{y}_{pred})^2} \right] \quad (۲-۶)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{mean} - y_{pred})^2} \quad (۳-۶)$$

$$VAF = 100 \left[1 - \frac{Var(y_{mean} - y_{pred})}{Var(y_{mean})} \right] \quad (۴-۶)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{(y_{mean} - y_{pred})}{(y_{mean})} \right| * 100 \quad (۵-۶)$$

در این رابطه‌ها:

y_{pred} : مقادیر تخمین زده شده

y_{mean} : مقادیر واقعی

\bar{y}_{mean} : میانگین مقادیر واقعی

\bar{y}_{pred} : میانگین مقادیر تخمین زده شده

^۱ Root Mean Square Error

^۲ Variance Account For

^۳ Mean Absolute percentage error

۶-۴-۱- تخمین مقاومت فشاری تک‌محوری

مقاومت فشاری تک‌محوری را به کمک نرم افزار *GIS* برای توان‌های ۱ تا ۲۰ تخمین زده و مقادیر آن‌ها در پیوست ۳ آورده شده است. برای هر یک از مقاومت‌ها با توان مشخص چهار معیار اعتبارسنجی را محاسبه کرده و در جدول (۶-۸) نشان داده است.

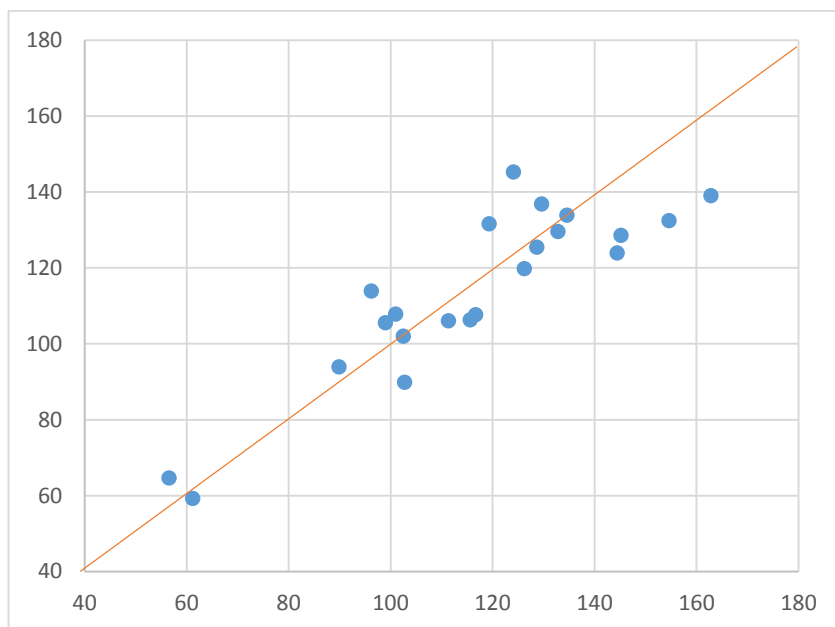
جدول ۶-۸: مقادیر شاخص‌های ارزیابی برای مقاومت فشاری تخمین زده شده

<i>MAPE</i>	<i>VAF</i>	<i>RMSE</i>	R^2	توان تخمینی
۱۶/۳	۴۰/۱	۲۰/۲	۰/۷۰	۱
۱۰	۷۳	۱۳/۶	۰/۷۷	۲
۸/۴	۷۸/۷	۱۲/۳	۰/۷۹	۳
۸/۸	۷۷/۸	۱۲/۷	۰/۷۸	۴
۹/۵	۷۵/۶	۱۳/۴	۰/۷۶	۵
۱۰	۷۳/۴	۱۴/۱	۰/۷۵	۶
۱۰/۴	۷۱/۴	۱۴/۷	۰/۷۴	۷
۱۰/۷	۶۹/۷	۱۵/۱	۰/۷۳	۸
۱۰/۹	۶۸/۴	۱۵/۵	۰/۷۲	۹
۱۱	۶۷/۲	۱۵/۸	۰/۷۱	۱۰
۱۱/۱	۶۶/۲	۱۶	۰/۷۱	۱۱
۱۱/۲	۶۵/۴	۱۶/۲	۰/۷۱	۱۲
۱۱/۳	۶۴/۸	۱۶/۴	۰/۷۰	۱۳
۱۱/۳	۶۴/۲	۱۶/۵	۰/۷۰	۱۴
۱۱/۴	۶۳/۶	۱۶/۶	۰/۷۰	۱۵
۱۱/۵	۶۳/۲	۱۶/۷	۰/۷۰	۱۶
۱۱/۵	۶۲/۸	۱۶/۸	۰/۷۰	۱۷
۱۱/۶	۶۲/۴	۱۶/۹	۰/۷۰	۱۸
۱۱/۶	۶۲	۱۷	۰/۶۹	۱۹
۱۱/۷	۶۱/۷	۱۷/۱	۰/۶۹	۲۰

با توجه به جدول (۸-۶) مشاهده می‌شود که در توان ۳ مقادیر R^2 و VAF بالاترین و $RMSE$ و $MAPE$ پایین‌ترین مقدار را بین ۲۰ توان دارند. پس می‌توان بیان کرد که مقادیر مقاومت‌های فشاری تک‌محوره تخمین زده شده به روش عکس فاصله با توان ۳ بهترین نتیجه ممکن از بین ۲۰ توان می‌باشد.

روش دیگر برای اعتبار سنجی مقادیر تخمینی مقاومت فشاری رسم شکل بین مقاومت فشاری آزمایشگاهی با مقاومت فشاری تخمینی می‌باشد. یعنی هرچه قدر مقادیر مقاومت آزمایشگاهی و مقادیر تخمین زده شده به خط $Y=X$ نزدیک‌تر باشند، آن تخمین مناسب‌تر است.

به عنوان نمونه شکل (۸-۶) که نمایان‌گر نمودار مقادیر مقاومت فشاری آزمایشگاهی در مقابل مقاومت فشاری تخمین زده شده به روش عکس فاصله با توان ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود داده‌ها به خط $Y=X$ نزدیک بوده و نشان‌دهنده اعتبار بالای توان ۳ برای تخمین می‌باشد. اما استفاده از ۴ آزمون اعتبارسنجی رایج‌تر است.



شکل ۸-۶: نمودار مقاومت فشاری آزمایشگاهی - مقاومت فشاری تخمینی به روش عکس توان ۳ فاصله

در نهایت مقادیر تخمین زده شده به کمک روش عکس فاصله با توان ۳ برای ۳۰ زون دیگر از معدن در جدول (۹-۶) آورده شده است. سایر نمودارها در پیوست ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶-۹: مقاومت فشاری تخمینی به کمک روش عکس فاصله با توان ۳

شماره الگو	$x(m)$	$Y(m)$	مقاومت فشاری (MPa)	ردیف	$x(m)$	$Y(m)$	مقاومت فشاری (MPa)
۲۳	۷۴۵۴۸۳	۴۰۴۰۹۷۱	۵۸/۳۱	۳۸	۷۴۵۲۲۸	۴۰۴۰۹۰۸	۱۱۹/۴۱۴
۲۴	۷۴۵۴۴۰	۴۰۴۰۹۶۸	۶۰/۰۱	۳۹	۷۴۵۳۹۹	۴۰۴۰۹۰۷	۱۱۱/۱۱۴
۲۵	۷۴۵۳۶۸	۴۰۴۰۹۶۴	۷۶/۰۶۹	۴۰	۷۴۵۳۳۵	۴۰۴۱۱۱۱	۱۱۲/۰۴۰
۲۶	۷۴۵۳۱۸	۴۰۴۰۹۴۳	۱۰۴/۷۴۳	۴۱	۷۴۵۳۰۴	۴۰۴۱۱۰۸	۱۳۰/۶۶۷
۲۷	۷۴۵۳۰۵	۴۰۴۰۹۲۸	۱۱۰/۶۹۰	۴۲	۷۴۵۲۶۴	۴۰۴۱۰۸۳	۱۳۷/۴۹۴
۲۸	۷۴۵۲۸۵	۴۰۴۰۹۰۷	۱۱۱/۲۸۷	۴۳	۷۴۵۲۴۲	۴۰۴۱۰۷۳	۱۵۵/۵۵۰
۲۹	۷۴۵۲۸۴	۴۰۴۰۸۸۰	۱۱۰/۱۸۳	۴۴	۷۴۵۲۲۱	۴۰۴۱۰۳۵	۱۴۵/۹۳۷
۳۰	۷۴۵۲۷۴	۴۰۴۰۸۵۲	۱۰۲/۲۳۸	۴۵	۷۴۵۲۰۸	۴۰۴۱۰۱۳	۱۴۱/۴۵۹
۳۱	۷۴۵۴۴۴	۴۰۴۱۰۴۸	۹۱/۰۲۰	۴۶	۷۴۵۱۹۶	۴۰۴۰۹۸۶	۱۳۰/۶۱۴
۳۲	۷۴۵۳۹۰	۴۰۴۱۰۴۸	۹۰/۳۵۳	۴۷	۷۴۵۱۴۰	۴۰۴۰۹۷۱	۱۲۳/۶۵۴
۳۳	۷۴۵۳۴۴	۴۰۴۱۰۵۸	۱۱۸/۳۷۲	۴۸	۷۴۵۱۵۳	۴۰۴۱۰۳۱	۱۲۸/۰۰۹
۳۴	۷۴۵۳۰۱	۴۰۴۱۰۲۹	۱۲۶/۵۲۲	۴۹	۷۴۵۲۰۵	۴۰۴۱۱۰۹	۱۴۸/۵۰۷
۳۵	۷۴۵۲۸۴	۴۰۴۱۰۱۳	۱۳۶/۸۱۵	۵۰	۷۴۵۲۲۵	۴۰۴۱۱۴۵	۱۴۲/۸۷۱
۳۶	۷۴۵۲۵۳	۴۰۴۰۹۶۹	۱۴۰/۵۸۳	۵۱	۷۴۵۲۹۲	۴۰۴۱۱۹۵	۱۲۷/۹۳۲
۳۷	۷۴۵۲۴۴	۴۰۴۰۹۴۳	۱۲۶/۰۱۹	۵۲	۷۴۵۳۲۴	۴۰۴۱۲۰۳	۱۰۵/۹۴۴

۶-۴-۲- تخمین سختی موهس

با توجه به مقادیر سختی موس تخمین زده شده به کمک نرم افزار *Surfer* نمی توان تراکم نقاط را حول محور $Y=X$ بررسی کرد. از این رو روش مقایسه درصد صحیح تخمین بین مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده برای هر یک از توان های ۱ تا ۲۰ استفاده شده است و مقادیر آنها در پیوست ۴ آمده است. در جدول (۶-۱۰) درصد تخمین صحیح سختی موس با توان های مختلف آورده شده است.

جدول ۶-۱۰: مقادیر درصد صحیح بودن مقدار سختی موهس تخمینی

توان تخمین	درصد تخمین صحیح	توان تخمین	درصد تخمین صحیح	توان تخمین	درصد تخمین صحیح	توان تخمین	درصد تخمین صحیح
۱	۰	۶	۶۸/۲	۱۱	۸۱/۸	۱۶	۹۰/۹
۲	۹/۱	۷	۷۲/۷	۱۲	۸۱/۸	۱۷	۹۰/۹
۳	۳۶/۴	۸	۸۱/۸	۱۳	۸۶/۴	۱۸	۹۰/۹
۴	۵۹/۱	۹	۸۱/۸	۱۴	۹۰/۹	۱۹	۹۰/۹
۵	۶۸/۲	۱۰	۸۱/۸	۱۵	۹۰/۹	۲۰	۹۰/۹

همان‌طور که در جدول (۶-۱۰) مشاهده می‌شود توان ۱۴ دارای بیش‌ترین مقدار درصد تخمین صحیح در بین سایر توان‌ها می‌باشد. بنابراین برای تخمین مقدار سختی موهس برای ۳۰ زون باقی مانده از معدن به روش عکس فاصله با توان ۱۴ استفاده کرده و مقادیر آن در جدول (۶-۱۱) آورده شده است.

جدول ۶-۱۱: نتایج تخمین سختی موهس به روش عکس فاصله با توان ۱۴

شماره الگو	$x(m)$	$Y(m)$	سختی موهس	شماره الگو	$x(m)$	$Y(m)$	سختی موهس
۲۳	۷۴۵۴۸۳	۴۰۴۰۹۷۱	۲	۳۸	۷۴۵۲۲۸	۴۰۴۰۹۰۸	۲/۱
۲۴	۷۴۵۴۴۰	۴۰۴۰۹۶۸	۲	۳۹	۷۴۵۳۹۹	۴۰۴۰۹۰۷	۲
۲۵	۷۴۵۳۶۸	۴۰۴۰۹۶۴	۲	۴۰	۷۴۵۳۳۵	۴۰۴۱۱۱۱	۲
۲۶	۷۴۵۳۱۸	۴۰۴۰۹۴۳	۲	۴۱	۷۴۵۳۰۴	۴۰۴۱۱۰۸	۲
۲۷	۷۴۵۳۰۵	۴۰۴۰۹۲۸	۲	۴۲	۷۴۵۲۶۴	۴۰۴۱۰۸۳	۲/۲
۲۸	۷۴۵۲۸۵	۴۰۴۰۹۰۷	۲	۴۳	۷۴۵۲۴۲	۴۰۴۱۰۷۳	۲/۹
۲۹	۷۴۵۲۸۴	۴۰۴۰۸۸۰	۲	۴۴	۷۴۵۲۲۱	۴۰۴۱۰۳۵	۲/۹
۳۰	۷۴۵۲۷۴	۴۰۴۰۸۵۲	۲	۴۵	۷۴۵۲۰۸	۴۰۴۱۰۱۳	۲/۸
۳۱	۷۴۵۴۴۴	۴۰۴۱۰۴۸	۲	۴۶	۷۴۵۱۹۶	۴۰۴۰۹۸۶	۲/۲
۳۲	۷۴۵۳۹۰	۴۰۴۱۰۴۸	۲	۴۷	۷۴۵۱۴۰	۴۰۴۰۹۷۱	۲/۱
۳۳	۷۴۵۳۴۴	۴۰۴۱۰۵۸	۲	۴۸	۷۴۵۱۵۳	۴۰۴۱۰۳۱	۲/۵
۳۴	۷۴۵۳۰۱	۴۰۴۱۰۲۹	۲/۱	۴۹	۷۴۵۲۰۵	۴۰۴۱۱۰۹	۲/۹
۳۵	۷۴۵۲۸۴	۴۰۴۱۰۱۳	۲/۷	۵۰	۷۴۵۲۲۵	۴۰۴۱۱۴۵	۲/۱
۳۶	۷۴۵۲۵۳	۴۰۴۰۹۶۹	۲/۸	۵۱	۷۴۵۲۹۲	۴۰۴۱۱۹۵	۲
۳۷	۷۴۵۲۴۴	۴۰۴۰۹۴۳	۲/۴	۵۲	۷۴۵۳۲۴	۴۰۴۱۲۰۳	۲

۶-۴-۳- تخمین وزن مخصوص

برای تخمین وزن مخصوص ابتدا به کمک نرم افزار GIS از توان ۱ تا ۲۰ به کمک روش عکس مجذور فاصله تخمین زده شد که مقادیر آن‌ها در پیوست ۵ آورده شده است. سپس برای انتخاب یکی از این توان‌ها آزمون‌های آماری جذر میانگین مربعات، شاخص عملکرد میانگین و درصد خطای مطلق بر روی آن‌ها انجام شده و نتایج آن در جدول (۶-۱۲) نشان داده شده است.

جدول ۶-۱۲: مقادیر شاخص‌های ارزیابی برای وزن مخصوص تخمین زده شده

توان تخمینی	RMSE	VAF	MAPE
۱	۰/۰۹۷	۴/۲۵	۲/۹۱
۲	۰/۰۹	۶/۷۱	۲/۷۹
۳	۰/۰۹	-۸/۸۸	۰/۰۹
۴	۰/۱۰	-۲۷/۱۳	۳/۳۴
۵	۰/۱۱	-۴۳/۰۸	۳/۵۳
۶	۰/۱۱	-۵۵/۶۹	۳/۶۹
۷	۰/۱۲	-۶۵/۴۲	۳/۸۱
۸	۰/۱۲	-۷۳/۵۶	۳/۹۱
۹	۰/۱۲	-۷۹/۱۱	۳/۹۹
۱۰	۰/۱۲	-۸۴/۰۸	۴/۰۶
۱۱	۰/۱۲	-۸۸/۲۰	۴/۱۱
۱۲	۰/۱۲	-۹۱/۶۸	۴/۱۶
۱۳	۰/۱۳	-۹۴/۶۴	۴/۱۹
۱۴	۰/۱۳	-۹۷/۱۸	۴/۲۳
۱۵	۰/۱۳	-۹۹/۳۹	۴/۲۵
۱۶	۰/۱۳	-۱۰۱/۳۱	۴/۲۸
۱۷	۰/۱۳	۱۰۳/۰۱	۴/۳۰
۱۸	۰/۱۳	-۱۰۴/۵۱	۴/۳۲
۱۹	۰/۱۳	-۱۰۵/۸۴	۴/۳۳
۲۰	۰/۱۳	-۱۰۷/۰۳	۴/۳۵

همان‌طور که مشخص است نتایج تخمین زده شده با توان ۲ به مقادیر واقعی نزدیک‌تراند زیرا به ترتیب مقادیر جذر میانگین مربعات و درصد خطای مطلق توان ۲ دارای کم‌ترین مقدار و شاخص عملکرد میانگین توان ۲ بیش‌ترین مقدار بین توان‌های دیگر دارد.

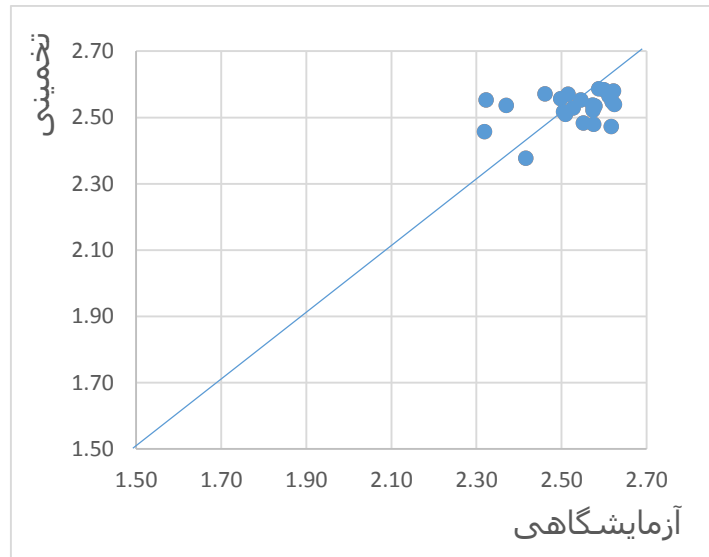
در آزمون‌های اعتبارسنجی از ضریب تعیین استفاده نشد زیرا داده‌ها با هم هیچ‌گونه وابستگی نداشته و مقدار آن در همه توان‌ها کوچک می‌شد. نتایج آزمون‌های آماری انجام شده بر روی پارامترهای تخمین زده شده به کمک روش مجذور عکس فاصله با توان ۲ در جدول (۶-۱۲) نشان داده شده است. بنابراین برای ۳۰ زون دیگر از معدن وزن مخصوص به کمک روش عکس مجذور فاصله با توان ۲ تخمین زده شده است.

جدول ۶-۱۳: مقادیر تخمین زده شده وزن مخصوص به کمک روش عکس فاصله با توان ۲

شماره الگو	$x(m)$	$Y(m)$	وزن مخصوص	شماره الگو	$x(m)$	$Y(m)$	وزن مخصوص
۲۳	۷۴۵۴۸۳	۴۰۴۰۹۷۱	۲/۳۹۷	۳۸	۷۴۵۲۲۸	۴۰۴۰۹۰۸	۲/۵۴۱
۲۴	۷۴۵۴۴۰	۴۰۴۰۹۶۸	۲/۳۹۸	۳۹	۷۴۵۳۹۹	۴۰۴۰۹۰۷	۲/۶۰۱
۲۵	۷۴۵۳۶۸	۴۰۴۰۹۶۴	۲/۴۹۲	۴۰	۷۴۵۳۳۵	۴۰۴۱۱۱۱	۲/۰۲
۲۶	۷۴۵۳۱۸	۴۰۴۰۹۴۳	۲/۵۴۴	۴۱	۷۴۵۳۰۴	۴۰۴۱۱۰۸	۲/۶۰۳
۲۷	۷۴۵۳۰۵	۴۰۴۰۹۲۸	۲/۵۰۹	۴۲	۷۴۵۲۶۴	۴۰۴۱۰۸۳	۲/۶۰۲
۲۸	۷۴۵۲۸۵	۴۰۴۰۹۰۷	۲/۵۰۵	۴۳	۷۴۵۲۴۲	۴۰۴۱۰۷۳	۲/۶۰۴
۲۹	۷۴۵۲۸۴	۴۰۴۰۸۸۰	۲/۵۰۵	۴۴	۷۴۵۲۲۱	۴۰۴۱۰۳۵	۲/۶۰۹
۳۰	۷۴۵۲۷۴	۴۰۴۰۸۵۲	۲/۴۴۱	۴۵	۷۴۵۲۰۸	۴۰۴۱۰۱۳	۲/۵۴۵
۳۱	۷۴۵۴۴۴	۴۰۴۱۰۴۸	۲/۵۱	۴۶	۷۴۵۱۹۶	۴۰۴۰۹۸۶	۲/۵۲۸
۳۲	۷۴۵۳۹۰	۴۰۴۱۰۴۸	۲/۵۰۸	۴۷	۷۴۵۱۴۰	۴۰۴۰۹۷۱	۲/۴
۳۳	۷۴۵۳۴۴	۴۰۴۱۰۵۸	۲/۵۱۶	۴۸	۷۴۵۱۵۳	۴۰۴۱۰۳۱	۲/۴۲۳
۳۴	۷۴۵۳۰۱	۴۰۴۱۰۲۹	۲/۵۴۵	۴۹	۷۴۵۲۰۵	۴۰۴۱۱۰۹	۲/۵۳۳
۳۵	۷۴۵۲۸۴	۴۰۴۱۰۱۳	۲/۵۷۳	۵۰	۷۴۵۲۲۵	۴۰۴۱۱۴۵	۲/۵۰۳
۳۶	۷۴۵۲۵۳	۴۰۴۰۹۶۹	۲/۵۷۱	۵۱	۷۴۵۲۹۲	۴۰۴۱۱۹۵	۲/۵۷۱
۳۷	۷۴۵۲۴۴	۴۰۴۰۹۴۳	۲/۵۴۳	۵۲	۷۴۵۳۲۴	۴۰۴۱۲۰۳	۲/۵۹۳

شکل (۶-۹) نمودار بین وزن مخصوص آزمایشگاهی با وزن مخصوص تخمینی را نشان می‌دهد.

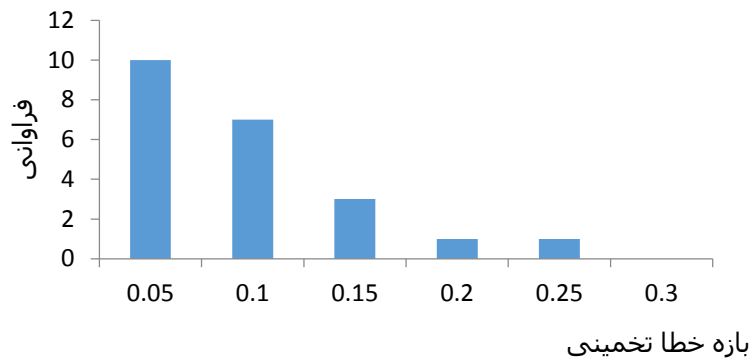
سایر نمودارها برای توان‌های مختلف در پیوست ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶-۹: نمودار بین وزن مخصوص آزمایشگاهی و تخمینی به کمک روش عکس توان ۲ فاصله

همچنین می‌توان از نمودار (۶-۱۰) که نمودار هیستوگرام اختلاف بین وزن مخصوص اندازه‌گیری

شده در آزمایشگاه با مقادیر تخمین زده شده است برای بیان دقت تخمین استفاده کرد.



شکل ۶-۱۰: نمودار هیستوگرام اختلاف وزن مخصوص آزمایشگاهی با مقدار تخمینی

همان طور که در شکل (۶-۱۰) مشخص است ۷۷ درصد مقادیر تخمینی دارای اختلافی کمتر از

۰/۱ با واقعی دارند که دلیل بر دقت تخمین دارد. همچنین میانگین درصد خطای نسبی برای داده‌های

تخمینی برابر با ۰/۰۰۲- درصد می‌باشد.

۶-۵- زون بندی معدن

با تخمین سختی موهس، وزن مخصوص و مقاومت فشاری تک‌محوره به کمک نرم‌افزار GIS برای ۳۰

زون از معدن و برداشت‌های صحرایی فاصله‌داری، جهت‌داری و بازشدگی درزه‌ها و شرح توده‌سنگ برای این نقاط، ابتدا شاخص‌های قابلیت انفجار و خردایش سنگ را برای ۵۲ زون معدن محاسبه کرده و سپس خرج ویژه به کمک معادلات (۶-۶) و (۷-۶) محاسبه کرده که نتایج آن در پیوست ۸ نشان داده شده است. در نهایت به کمک نرم‌افزار *GIS* معدن بر اساس مقادیر شاخص خردایش سنگ و شاخص قابلیت انفجار و خرج ویژه محاسبه شده به کمک دو شاخص زون‌بندی شده است.

$$Q = 312.12 \times RFI^{-2.082} \quad (۶-۶)$$

$$Q = 0.004 \times BI \quad (۷-۶)$$

در این رابطه:

BI: شاخص قابلیت انفجار

RFI: شاخص خردایش سنگ

Q: خرج ویژه (کیلوگرم بر تن)

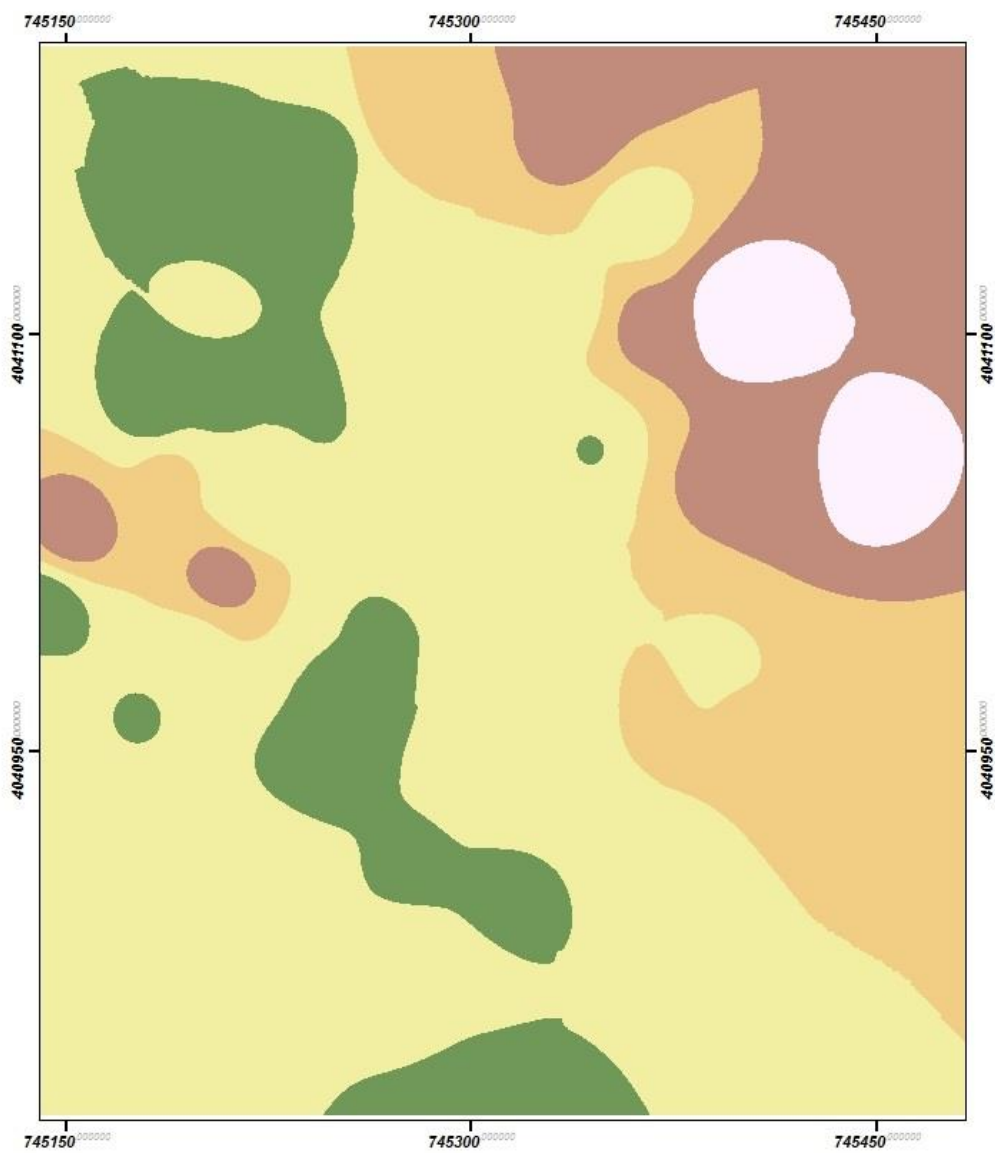
شکل (۱۱-۶) نشان دهنده ناحیه زون‌بندی شده شاخص قابلیت انفجار و شکل (۱۲-۶) نشان

دهنده ناحیه زون‌بندی شده شاخص خردایش سنگ می‌باشد.

شکل (۱۳-۶) نشان دهنده ناحیه زون‌بندی شده خرج ویژه‌ای که به کمک شاخص قابلیت انفجار

محاسبه شده است و شکل (۱۴-۶) ناحیه زون‌بندی شده خرج ویژه‌ای که به کمک شاخص خردایش

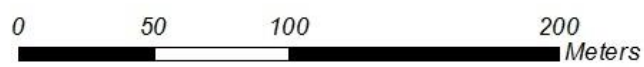
سنگ محاسبه شده است را نشان می‌دهد.



Legend

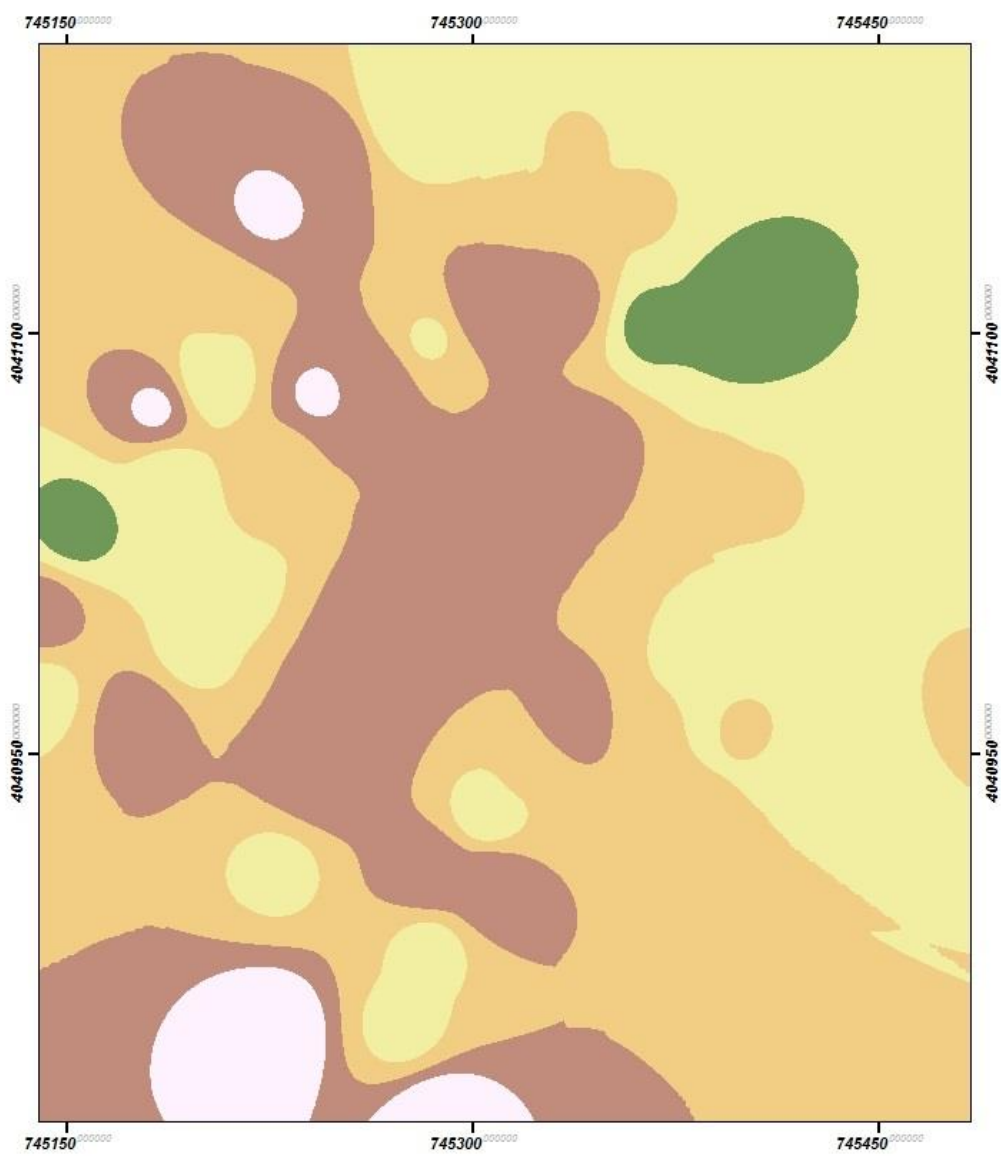
<VALUE>

	49.13 - 52.5
	52.51 - 55.88
	55.89 - 59.26
	59.27 - 62.64
	62.65 - 66.01






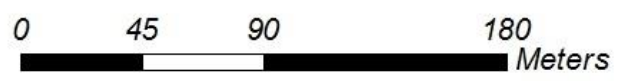
1:2,000

شکل ۶-۱۱: زون بندی معدن بر اساس مقدار شاخص قابلیت انفجار



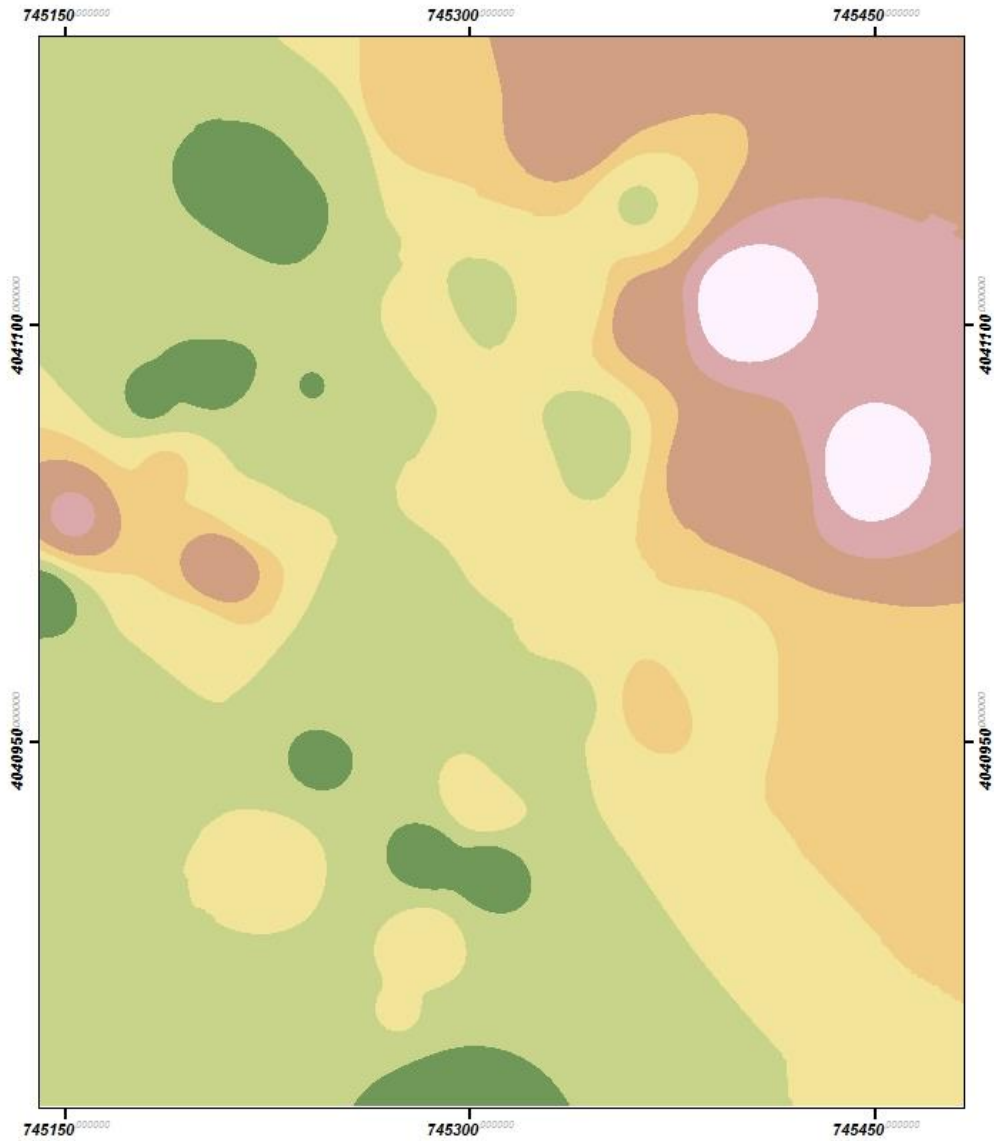
Legend

<VALUE>	
	22 - 22.96
	22.97 - 23.92
	23.93 - 24.88
	24.89 - 25.84
	25.85 - 26.8










1:2,000

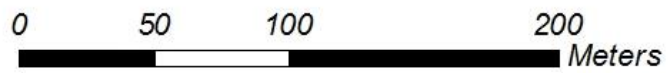
شکل ۶-۱۲: زون بندی معدن براساس مقدار شاخص خردایش سنگ



Legend

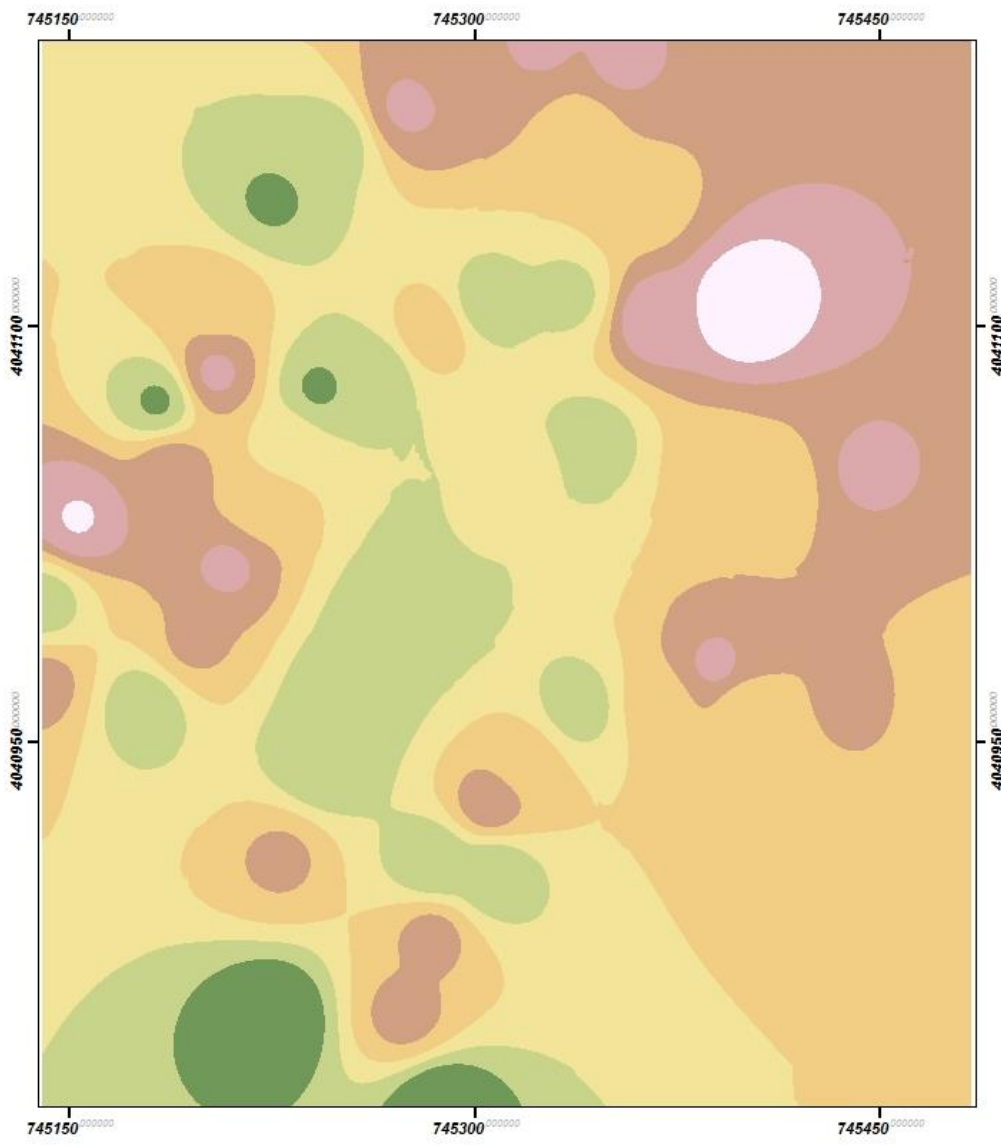
<VALUE>

	0.197 - 0.206
	0.207 - 0.216
	0.217 - 0.225
	0.226 - 0.235
	0.236 - 0.245
	0.246 - 0.254
	0.255 - 0.264



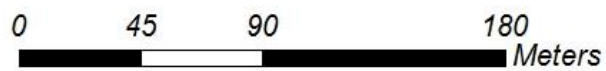
1:2,000

شکل ۶-۱۳: زون بندی خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار



Legend

<VALUE>	Color
0.332 - 0.356	Dark Green
0.357 - 0.38	Light Green
0.381 - 0.404	Yellow
0.405 - 0.428	Orange
0.429 - 0.452	Brown
0.453 - 0.476	Pink
0.477 - 0.5	White



1:2,000

شکل ۶-۱۴: زون بندی خرج ویژه به کمک شاخص خردایش سنگ

۶-۵- طراحی الگوی انفجار

با توجه به مقادیر خرج ویژه بدست آمده از طریق روش شاخص قابلیت انفجار و روش شاخص خردایش سنگ در تمامی ۵۲ زون ثبت شده می‌توان دریافت که این مقدار از میزان خرج ویژه به کار گرفته شده در معدن بیشتر می‌باشد. به دلیل اختلاف زیاد خرج ویژه محاسبه شده به کمک روش شاخص خردایش سنگ با خرج ویژه به کارگیری در معدن، برای طراحی الگوی انفجار از خرج ویژه محاسبه شده توسط روش BI استفاده می‌شود.

۶-۵-۱- محاسبه ضخامت بارسنگ

برای محاسبه مقدار بارسنگ مبتنی بر شاخص قابلیت انفجار از معادله انتقال انرژی (رابطه ۶-۸)) استفاده شده است [۷].

$$\frac{B}{\phi_c} = \sqrt{\frac{\pi v_e}{4q}} \quad (۶-۸)$$

در این رابطه:

B: بارسنگ (متر)

ϕ_c : قطر خرج (متر)

v_e : وزن مخصوص ماده منفجره (کیلوگرم بر مترمکعب)

q: خرج ویژه محاسبه شده به کمک روش شاخص قابلیت انفجار

نتایج محاسبه شده بارسنگ ۵۲ زون معدن به کمک معادله انتقال انرژی در پیوست ۹ آورده شده است. با توجه به این که مقدار شاخص قابلیت انفجار در معدن متفاوت بوده و اندازه بارسنگ‌های متفاوتی بدست می‌آید، معدن را براساس مقدار BI به ۵ منطقه نشان داده شده در جدول (۶-۱۴) تقسیم کرده و ضخامت بارسنگ را برای این ۵ منطقه محاسبه کرده و برای هر بازه سایر پارامترهای الگوی آتشکاری جداگانه محاسبه می‌شود.

جدول ۶-۱۴: بارسنگ محاسبه شده با توجه به تغییرات BI

پارامتر	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵
مقدار BI	۵۲/۵-۴۹/۱۳	۵۵/۸۸-۵۲/۵۱	۵۹/۲۶-۵۵/۸۹	۶۲/۶۴-۵۹/۲۷	۶۶/۰۱-۵۲/۶۵
ضخامت بارسنگ (m)	۲/۶۸	۲/۶	۲/۵۲	۲/۴۵	۲/۳۸

۶-۵-۲- محاسبه فاصله داری

به طور کلی برای محاسبه فاصله افقی چال‌ها می‌توان از رابطه (۶-۹) استفاده کرد اما مقدار ضریبی که بارسنگ در آن ضرب می‌شود به ضریب سفتی پله نشان داده شده در رابطه (۶-۱۰) بستگی دارد.

$$S = (1 - 2)B \quad (۶-۹)$$

$$\text{ضریب سفتی} = \frac{K}{B} \quad (۶-۱۰)$$

در این رابطه:

B: ضخامت بارسنگ (m)

S: فاصله افقی چال‌ها (m)

K: ارتفاع پله (m)

با توجه به این که ارتفاع پله‌ها در معدن ۱۲ متر و ضخامت بارسنگ از ۲/۳۸ تا ۲/۶۸ متر متغیر بوده، به کمک رابطه (۶-۱۰) مقدار ضریب سفتی پله نیز از ۴/۴۷ تا ۵/۰۴ متغیر می‌باشد. در هر صورت مقدار ضریب سفتی پله بزرگتر از ۴ بوده و با توجه به این که در معدن انفجار به صورت تاخیری انجام می‌شود، برای محاسبه فاصله افقی چال‌ها باید از رابطه (۶-۱۱) استفاده کرد.

$$S = 1.4B \quad (۶-۱۱)$$

در این رابطه:

B: ضخامت بارسنگ (m)

S: فاصله افقی چال‌ها (m)

مقادیر محاسبه شده فاصله افقی چال‌ها با توجه به زون‌بندی انجام شده بر اساس مقادیر BI در جدول (۶-۱۵) نشان داده شده است.

جدول ۶-۱۵: فاصله افقی چال‌ها محاسبه شده با توجه به تغییرات BI

پارامتر	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵
مقدار BI	۵۲/۵-۴۹/۱۳	۵۵/۸۸-۵۲/۵۱	۵۹/۲۶-۵۵/۸۹	۶۲/۶۴-۵۹/۲۷	۶۶/۰۱-۵۲/۶۵
فاصله افقی چال‌ها (m)	۳/۷۵	۳/۶۴	۳/۵۲	۳/۴۳	۳/۳۳

۶-۵-۳- طول گل‌گذاری

برای محاسبه طول گل‌گذاری می‌توان از رابطه کلی (۶-۱۲) استفاده کرد.

$$S_T = (0.7 - 1.3)B \quad (۶-۱۲)$$

در این رابطه:

B : ضخامت بارسنگ (m)

S_T : طول گل‌گذاری (m)

طول گل‌گذاری با ضخامت بارسنگ رابطه مستقیم دارند یعنی با افزایش ضخامت بارسنگ باید

ضریب بزرگتری در رابطه آن قرار داد. مقادیر محاسبه شده طول گل‌گذاری به کمک رابطه (۶-۱۲) و

ضریب ۱/۳ در جدول (۶-۱۶) نشان داده شده است.

جدول ۶-۱۶: طول گل‌گذاری محاسبه شده با توجه به تغییرات BI

پارامتر	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵
مقدار BI	۵۲/۵-۴۹/۱۳	۵۵/۸۸-۵۲/۵۱	۵۹/۲۶-۵۵/۸۹	۶۲/۶۴-۵۹/۲۷	۶۶/۰۱-۵۲/۶۵
طول گل‌گذاری (m)	۳/۴۸	۳/۳۸	۳/۲۷	۳/۱۸	۳/۰۹

۶-۵-۴- اضافه حفاری چال

برای محاسبه اضافه حفر چال می‌توان از رابطه کلی (۶-۱۳) استفاده کرد.

$$U = (0.2 - 0.5)B \quad (۶-۱۳)$$

اگر پای پله به راحتی خرد شود، عدد کوچکتری باید در رابطه (۶-۱۳) به عنوان ضریب استفاده

کرد. اما به دلیل این که در معدن مورد مطالعه در اغلب انفجارات در پای پله قوزک ایجاد می‌شود، از

ضریب بزرگتری مانند ۰/۴ برای محاسبه طول اضافه حفاری استفاده شده است.

جدول (۶-۱۷) نشان دهنده مقادیر محاسبه شده طول اضافه حفاری در معدن با توجه به تغییرات BI را نشان می‌دهد.

جدول ۶-۱۷: طول اضافه حفاری محاسبه شده با توجه به تغییرات BI

پارامتر	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵
مقدار BI	۵۲/۵-۴۹/۱۳	۵۵/۸۸-۵۲/۵۱	۵۹/۲۶-۵۵/۸۹	۶۲/۶۴-۵۹/۲۷	۶۶/۰۱-۵۲/۶۵
طول اضافه حفاری (m)	۱/۰۷	۱/۰۴	۱	۰/۹۸	۰/۹۵

۶-۵-۵- وزن ستون ماده منفجره

به کمک رابطه (۶-۱۴) می‌توان مقدار ماده منفجره در هر چال را محاسبه کرد.

$$Q = 0.25 * \pi(\rho_h)^2 L_e D_e \quad (۶-۱۴)$$

$$L_e = K + U - S_T \quad (۶-۱۵)$$

در این رابطه:

D_e : چگالی خرج ($\frac{gr}{cm^3}$)

L_e : طول قسمتی از چال که خرج گذاری می‌شود (cm)

ρ_h : قطر چال (cm)

Q : مقدار خرج موجود در چال (cm)

S_T : طول گل گذاری (cm)

K : ارتفاع پله (cm)

U : اضافه حفاری (cm)

با توجه به رابطه (۶-۱۴) مقدار خرج لازم در هر چال برای ماده منفجره آنفو با وزن مخصوص ۰/۸۱

گرم بر سانتی‌متر مکعب برای مقادیر قابلیت انفجار محاسبه شده و در جدول (۶-۱۸) نشان داده شده است.

جدول ۶-۱۸: مقدار آنفو در هرچال با توجه به تغییرات BI

منطقه ۵	منطقه ۴	منطقه ۳	منطقه ۲	منطقه ۱	پارامتر
۶۶/۰۱-۵۲/۶۵	۶۲/۶۴-۵۹/۲۷	۵۹/۲۶-۵۵/۸۹	۵۵/۸۸-۵۲/۵۱	۵۲/۵-۴۹/۱۳	مقدار BI
۳۴/۴۵	۳۴/۱۰	۳۳/۷۸	۳۳/۳۴	۳۲/۹۴	مقدار آنفو (Kg)

۶-۶- جمع بندی

هدف کلی این فصل زون بندی معدن براساس خرج ویژه به کمک روش شاخص قابلیت انفجار و شاخص خردایش سنگ می باشد. بدین منظور باید پارامترهای موجود در این روش ها اندازه گیری می شد. ابتدا پارامترها به دو دسته صحرایی و آزمایشگاهی تقسیم گردید. سپس برای اندازه گیری پارامترهای آزمایشگاهی شامل سختی اشمیت، سختی موهس، چگالی و مقاومت فشاری تک محوره تعدادی ۱۳ نمونه به آزمایشگاه انتقال یافته و آزمایش های مربوطه بر روی آنها انجام شد. سختی اشمیت و مقاومت فشاری برای این نمونه ها اندازه گیری شده و ثبت گردید.

با توجه به این که امکان استفاده از چکش اشمیت در صحرا وجود دارد ولی انجام آزمایش فشاری تک محوره در آزمایشگاه پرهزینه و زمان بر بوده و این امکان برای بدست آوردن مقاومت فشاری برای تمام زون های معدن امکان پذیر نبود بنابراین از روش تخمینی عکس توان فاصله برای بدست آوردن مقاومت فشاری در سایر زون های معدن استفاده شد. اما محدودیت استفاده از روش تخمینی عکس توان فاصله تعداد کم داده بود که برای حل این مشکل رابطه ای بین تغییرات مقدار سختی اشمیت و مقاومت فشاری پیدا کرده و برای ۹ زون معدن سختی اشمیت را محاسبه کرده و با جای گذاری آنها در معادله مربوطه مقدار مقاومت فشاری برای آن زون ها بدست آمد.

حال با داشتن اندازه مقاومت فشاری و سختی موهس برای ۲۲ زون از معدن امکان استفاده از روش عکس توان فاصله برای تخمین این پارامترها برای ۳۰ زون دیگر از معدن امکان پذیر شد. اما سوال اصلی این بود که از چه توانی انتخاب شود. بدین منظور برای هر یک از پارامترهای سختی موهس و مقاومت فشاری تک محوری تعداد ۲۰ تخمین به کمک روش عکس توان فاصله از توان ۱ تا توان ۲۰ تخمین زده

شد و نتایج ثبت گردید.

حال باید از بین این توان‌ها یکی که دارای بهترین تخمین بود، انتخاب می‌شد که این کار به وسیله ۴ شاخص آماری شامل شاخص ضریب تعیین، شاخص جذر میانگین مربعات، شاخص عملکرد و شاخص میانگین درصد خطای مطلق انجام پذیر بود.

با بررسی شاخص‌های آماری بر روی هر یک از این مقادیر توان‌های تخمینی مشخص گردید که تخمین سختی موهس به کمک روش عکس فاصله با توان ۱۴ بهترین تخمین و برای مقاومت فشاری نیز روش عکس فاصله با توان ۳ بهترین تخمین بود. از این‌رو از این توان‌ها برای تخمین ۳۰ زون دیگر از معدن برای هر یک از پارامترها استفاده گردید.

هم‌زمان با انجام مطالعات آزمایشگاهی و آماری شروع به برداشت پارامترهای صحرایی برای ۵۲ زون از معدن مانند فاصله‌داری و پرتشدگی درزه‌ها، جهت یافتگی و پارامتر شرح توده‌سنگ شد.

پس از برداشت تمامی پارامترهای کیفی و کمی مؤثر در شاخص‌های قابلیت انفجار و خردایش سنگ، مقادیر این شاخص‌ها و خرج ویژه مرتبط با آن برای ۵۲ زون از معدن محاسبه شد. سپس محدوده معدن بر اساس مقادیر شاخص قابلیت انفجار و خردایش سنگ و خرج ویژه‌های بدست آمده از این روش‌ها به کمک نرم‌افزار *GIS* زون‌بندی شد.

به دلیل نزدیک بودن خرج ویژه تخمین زده شده به کمک روش شاخص قابلیت انفجار به خرج ویژه استفاده شده در معدن، از روش *BI* برای محاسبه تخمین خرج ویژه و محاسبه فاکتورهای طراحی الگوی انفجار استفاده شد. سپس معدن را به ۵ منطقه با مقادیر *BI* مختلف تقسیم کرده و برای هر قسمت و ضخامت بارسنگ محاسبه گردید. حال با داشتن اندازه بارسنگ برای هر بازه *BI* پارامترهای فاصله افقی چال‌ها، ضخامت گل‌گذاری، طول اضافه حفاری و مقدار ماده منفجره برای هر چال محاسبه شد.

فصل ہفتم

نتیجہ گیری و پیشہادہا

۷-۱- مقدمه

با توجه به این که هدف اصلی از انجام این پژوهش زون‌بندی معدن مارن یک سیمان شرق و اصلاح الگوی انفجار آن به کمک روش‌های دربرگیرنده خصوصیات زمین‌شناسی منطقه مانند روش شاخص قابلیت انفجار و روش شاخص خردایش سنگ بوده، لذا ابتدا لازم بود تا انفجارهای معدن مورد بررسی قرار گرفته تا به مشکلات موجود در معدن پی برده و الگوی انفجار مناسبی پیشنهاد شود.

بدین منظور از بین انواع روش‌های برآورد خرج ویژه، روش شاخص خردایش سنگ و شاخص قابلیت انفجار به دلیل در نظر گرفتن پارامترهای زمین‌شناسی در طراحی الگوی انفجار، انتخاب شد. نتایج خردایش ۱۳ انفجار انجام شده تا حدودی قابل قبول مشاهده شد. مقادیر شاخص خردایش سنگ و قابلیت انفجار محاسبه شد و به کمک آن‌ها خرج ویژه محاسبه گردید و در نهایت معدن توسط مقادیر RFI و BI و خرج ویژه متناظر با آن‌ها زون‌بندی شد. در نهایت پارامترهای الگوی آتشکاری برای زون‌های مختلف معدن پیشنهاد شد.

۷-۲- نتیجه‌گیری

خردایش مورد انتظار یکی از مهمترین اهداف در معدن کاری بوده و خرج ویژه مهم‌ترین عامل در طراحی الگوی آتشکاری به منظور دستیابی به خردایش مناسب می‌باشد. به منظور برآورد خرج ویژه در معادن روش‌های مختلفی وجود دارد که استفاده از روش‌های مبتنی بر خصوصیات مکانیک‌سنگی و زمین‌شناسی منطقه مانند روش RFI و BI برای پیش بینی خرج ویژه مناسب‌تر است.

آنچه که در کپه‌های انفجاری به طور معمول مشاهده می‌شود، سنگ‌هایی با اندازه خردایش غیریکنواخت است که از جمله دلایل پیدایش آن‌ها می‌توان به وجود درزه‌های قالب در معدن اشاره کرد. نتایج خردایش انفجارها در معدن نشان می‌دهد که بیشتر انفجارها باعث تشکیل سنگ‌هایی با قطر حدود ۵۰ سانتی‌متر می‌شوند که اگر کمی بزرگتر باشند، تبدیل به بولدر شده و نیاز به آتشکاری

ثانویه دارند. ۳۸ درصد انفجارهای ثبت شده دارای راندمان ۷۵ تا ۸۵ درصد بوده و راندمان ۳۲ درصد این انفجارها در بازه ۸۵ تا ۹۵ درصد قرار می‌گیرند. در کل راندمان آتشکاری‌ها مورد قبول بوده ولی بازهم می‌توان آن‌ها را بهینه‌تر کرد.

در هنگام حفر چال‌های انفجاری طول ضخامت بارسنگ و فاصله‌داری افقی چال‌ها توسط حفار به طور دقیق انتخاب نشده و شبکه انفجاری بی‌نظمی حفر می‌شد.

پس از محاسبه خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار اندازه ضخامت بارسنگ برای تمامی ۵۲ زون از معدن محاسبه شده و از مقدار میانگین بارسنگ جهت محاسبه پارامترهای طراحی الگوی انفجار استفاده شد و نتایج ثبت گردید.

ضخامت بارسنگ مورد استفاده در معدن ۲/۵ متر می‌باشد که اندازه این پارامتر در محاسبات انجام شده در زون‌های مختلف از ۲/۳۸ تا ۲/۶۸ متر بدست آمد. فاصله‌داری افقی چال‌ها از یکدیگر در شبکه‌های حفاری معدن ۳ متر در نظر گرفته می‌شود که این مقدار در محاسبات به دلیل بالا بودن ضریب سفتی پله و استفاده از چاشنی تاخیری، در زون‌های مختلف از ۳/۳۳ تا ۳/۷۵ متر محاسبه گردید. طول گل‌گذاری چال‌ها برابر ۰/۳ طول چال در نظر گرفته می‌شود که اندازه آن در چال‌های ۱۲ متری برابر ۳/۶ متر محاسبه شد. اندازه طول گل‌گذاری چال‌ها در شبکه طراحی پیشنهادی بسته به زون‌بندی منطقه از ۳/۰۹ تا ۳/۴ متر محاسبه شد. طول اضافه حفاری معدن برابر ۱/۲ متر بوده اما در محاسبات این مقدار از ۰/۹۵ تا ۱/۰۷ متر محاسبه شد.

۳-۷- پیشنهادها

پس از هر انفجار و بارگیری، دیواره پله کاملاً تمیز و لقی‌گیری شود و از باقی گذاشتن دیو در کف پله انفجاری خودداری شود.

در نواحی از معدن که تعداد دسته درزه‌ها در آنجا بیشتر است می‌توان از مقدار ماده منفجره کمتری استفاده کرد. البته این روش زمانی باید اجرا شود که بازشدگی درزه‌ها به قدری زیاد نباشد که موجب هدر رفتن انرژی موجی ماده منفجره شود.

با توجه به این که خرج ویژه به کارگیری معدن به صورت سعی و خطا و تجربی بدست آمده است. پیشنهاد می‌شود که یک تحقیقات مفصل‌تری تحت عنوان تحقیقاتی اکتشافی در معدن برای بدست آوردن خرج ویژه بهینه انجام شود و در صورت اجرا شدن از روش شاخص قابلیت انفجار استفاده شود چرا که این روش پارامترهای زمین‌شناسی تأثیرگذار در نتایج انفجار مانند درزه‌ها و فاصله‌داری آن‌ها را در خود جای داده است. به دلیل نزدیکی خرج ویژه تخمین زده شده به کمک روش شاخص قابلیت انفجار به خرج ویژه استفاده شده، بهتر است از این روش برای محاسبه خرج ویژه و سایر پارامترهای الگوی حفاری استفاده شود.

با توجه به مقادیر محاسبه شده پارامترهای طراحی الگوی انفجار پیشنهاد می‌شود شبکه حفاری بازتر شده و میزان گل‌گذاری به اندازه ۲۰ سانتی‌متر کاهش یابد. بهتر است برای آتشکاری هر زون از الگوی حفاری طراحی شده متناظر با همان زون استفاده شود.

با توجه به حفاری شبکه‌های انفجاری بی‌نظم توسط پیمان‌کاران پیشنهاد می‌شود آتشبار در هنگام حفر چال‌ها در بازه زمانی مختلف حضور داشته باشد تا شبکه کاملاً شبیه به آنچه که طراحی شده حفر شود.

پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از ایجاد پاشنه در کف پله از بوستر در ته چال استفاده شود.

منابع و مراجع

منابع و مراجع

- [۱] ر.ا. استوار, آتشکاری در معادن, جلد اول, جهاد دانشگاهی امیر کبیر ۱۳۸۰
- [۲] س. بهادری فرد, م. عطایی و ف. سرشکی, "ارزیابی و مقایسه روش‌های اراعه شده برای ارزیابی قابلیت انفجار توده‌سنگ", هشتمین اجلاس مهندسی معدن ۱۳۹۰.
- [۳] *A.dey, R.gupta and A. Ghose. "Fragmentation Prediction And assessment In Opencast Blasting-Acase Study." Journal of mines, metals and fuels, pp. 300-311, 1996*
- [۴] ا. اکبری نسب, ع. سام و ص. بنیسی, "بررسی تاثیر خوراک بر توان مصرفی آسیاهای خودشکن در مدار خردایش کارخانه فرآوری سنگ آهن گل گهر", اجلاس مهندسی معدن, ۱۳۸۳.
- [۵] "گزارش نهایی اکتشافات تفضیلی معدن مارن کارخانه سیمان مشهد", ۱۳۸۷.
- [۶] *l.Jemino and Carlos, drilling and Blasting Of rocks, 1995.*
- [۷] ر.ا. استوار, آتشکاری در معادن, جلد دوم, جهاد دانشگاهی امیرکبیر, ۱۳۸۰.
- [۸] د.تقی زاده, زون‌بندی خرج ویژه مبتنی بر روش‌های توده‌سنگ برجا در کارگاه‌های فعال معدن سنگ آهن کارخانه سیمان ارومیه, پایان‌نامه کارشناسی ارشد, دانشگاه ارومیه, ۱۳۹۱.
- [۹] ج.غضنفرنیا و ا. هوشنگی, "روش‌های پیش‌بینی خرج ویژه در انفجار معادن روباز", ۱۳۹۰.
- [۱۰] ع. شیوایی و ر. امیری, "پیش‌بینی خرج ویژه و عملیات معادن سطحی بر اساس خواص فیزیکی و- ژئومکانیکی توده‌سنگ", سومین اجلاس مهندسی معدن ۱۳۸۱.
- [۱۱] *p.Lilly, "An Empirical Method of Assessing rock Mass Blastability," in Larg Open pit Mining Conference, 1986*
- [۱۳] ر. ترابی, مقدمه‌ای بر مکانیک سنگ, چاپ سوم, انتشارات دانشگاه شاهرود, ۱۳۹۱.
- [۱۴] *Gokveoglu, C, "A fuzzy triangular chart to predict the uniaxial*

compressive strength of the Ankara agglomerates from their petrographic composition,
“ *Engineering Geology, vol. 66, pp. 39-51, 2002*”

[۱۵] ح. مدنی, مبانی زمین‌آمار, دانشگاه صنعتی امیرکبیر, ۱۳۷۳.

[۱۶] ح. مومیوند, "پیشنهاد روشی جدید برای طراحی الگوی چال‌های انفجار در معادن

سطحی", نشریه دانشکده فنی, جلد ۴۱, ۱۳۸۴

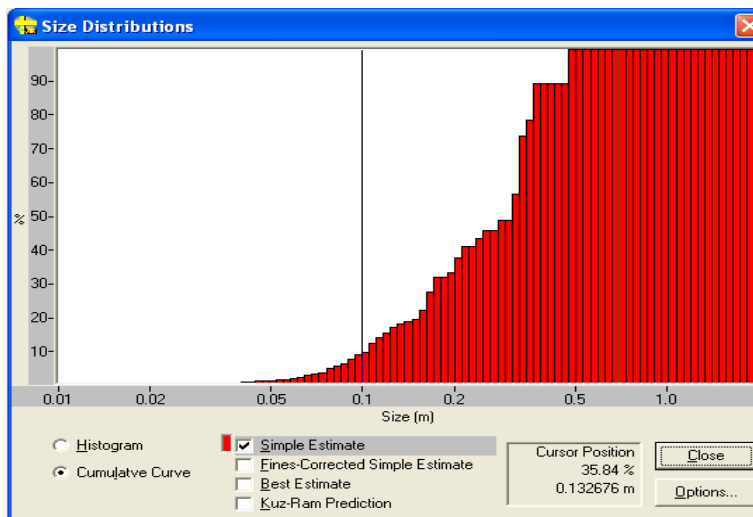
[۱۷] ف. اسدالهی, ح. منصور و م.ع. ابراهیمی فرسنگی, "تخمین پارامترهای موثر بر

قابلیت انفجار به روش زمین‌آمار در معدن شماره یک سنگ آهن گل‌گهر", پنجمین

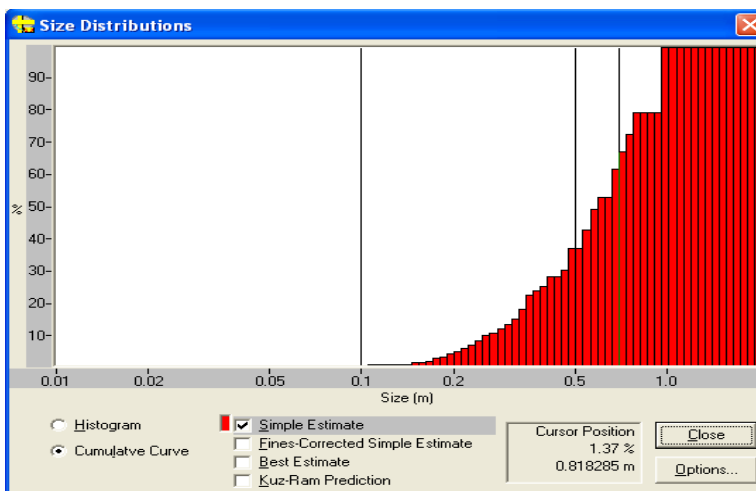
اجلاس مهندسی معدن ۱۳۹۳.

پوستها

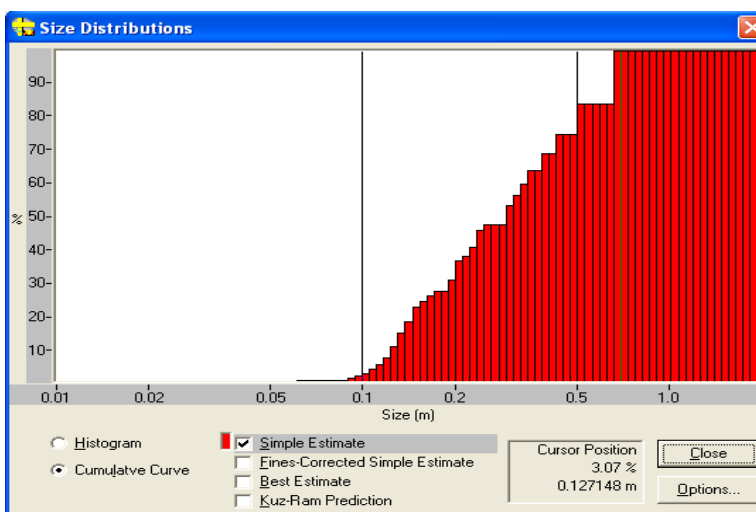
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	9.05 %
80% Size	0.36 m
50 % Size	0.30 m
20% Size	0.15 m



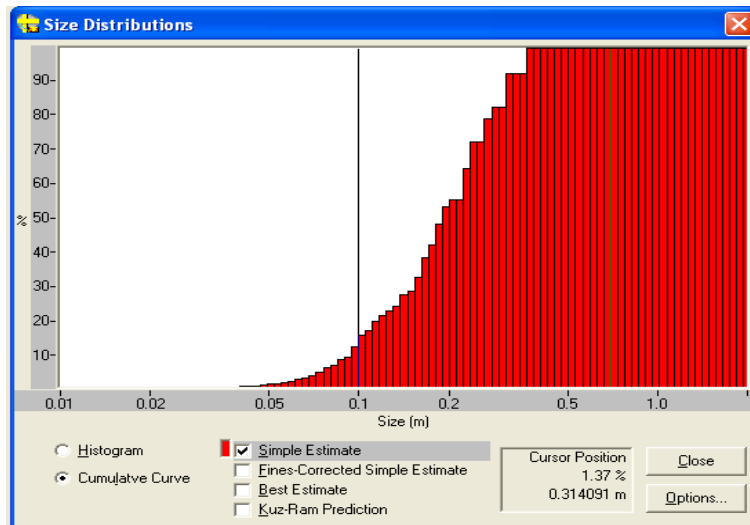
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	32.88 %
In range	36.70 %
Undersize	0.15 %
80% Size	0.94 m
50 % Size	0.58 m
20% Size	0.35 m



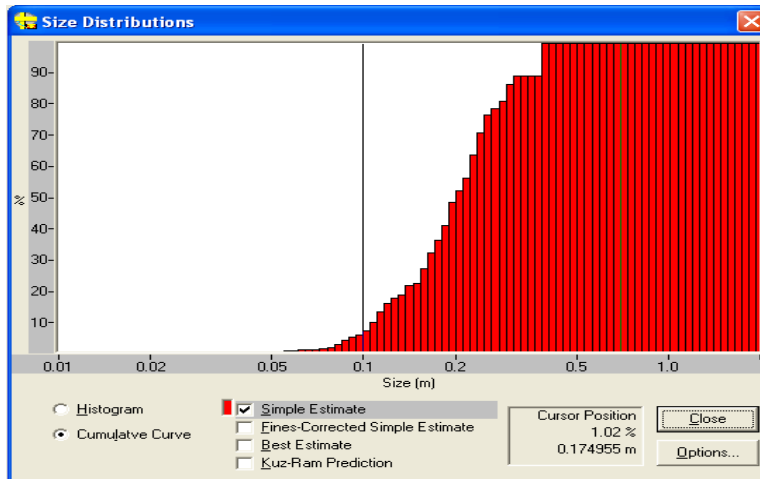
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	83.93 %
Undersize	2.29 %
80% Size	0.51 m
50 % Size	0.29 m
20% Size	0.14 m



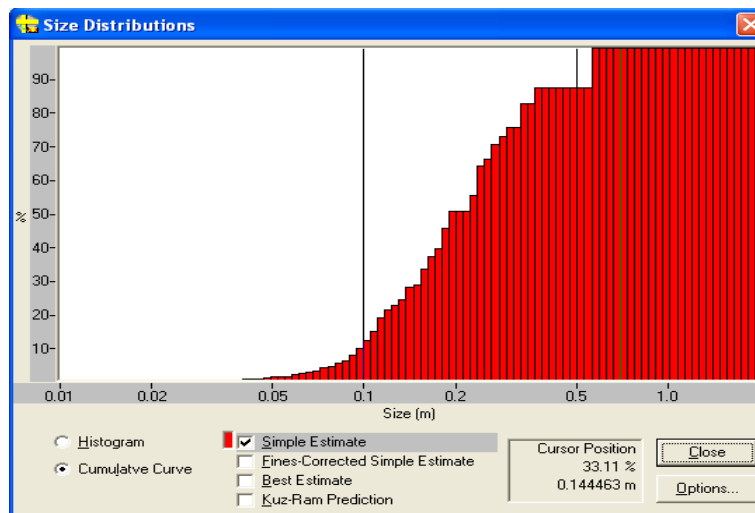
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	15.50 %
80% Size	0.27 m
50 % Size	0.19 m
20% Size	0.12 m



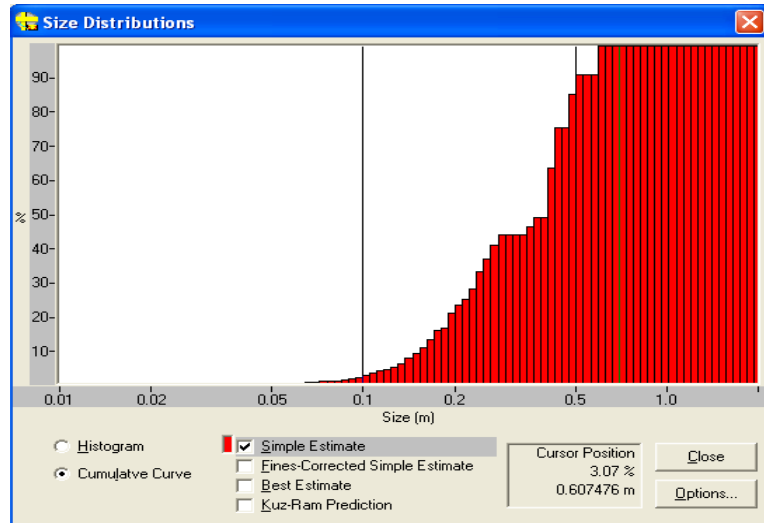
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	6.76 %
80% Size	0.28 m
50 % Size	0.20 m
20% Size	0.14 m



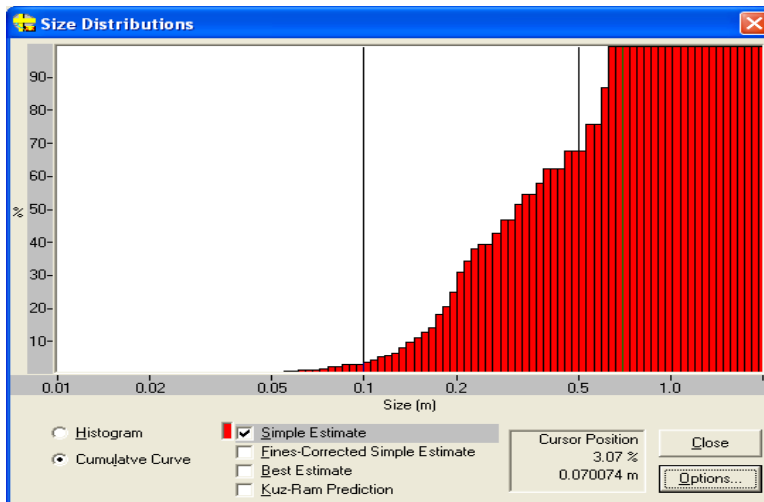
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	87.94 %
Undersize	12.09 %
80% Size	0.33 m
50 % Size	0.19 m
20% Size	0.12 m



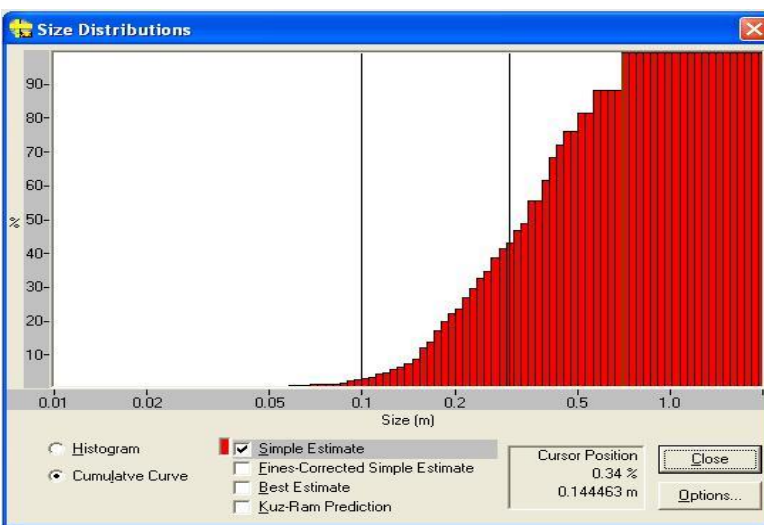
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	91.47 %
Undersize	2.45 %
80% Size	0.48 m
50 % Size	0.40 m
20% Size	0.19 m



Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	68.01 %
Undersize	3.17 %
80% Size	0.59 m
50 % Size	0.31 m
20% Size	0.19 m

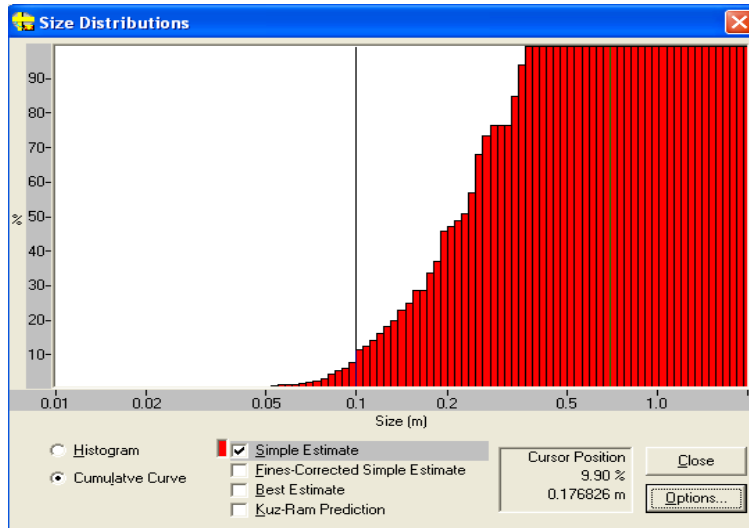


Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	3.75 %
80% Size	0.41 m
50 % Size	0.27 m
20% Size	0.18 m



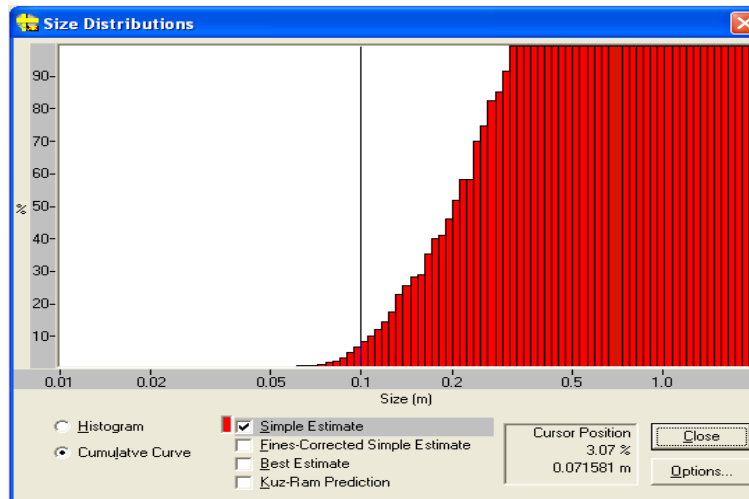
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	10.81 %
80% Size	0.33 m
50 % Size	0.23 m
20% Size	0.14 m



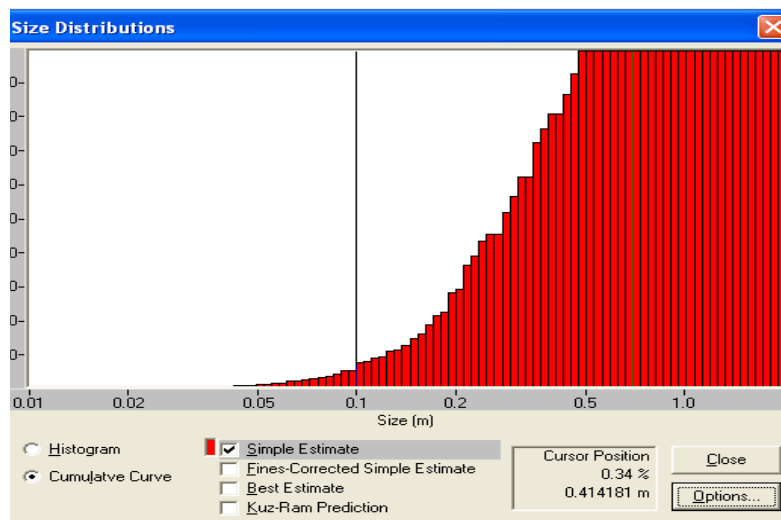
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	7.80 %
80% Size	0.27 m
50 % Size	0.20 m
20% Size	0.13 m

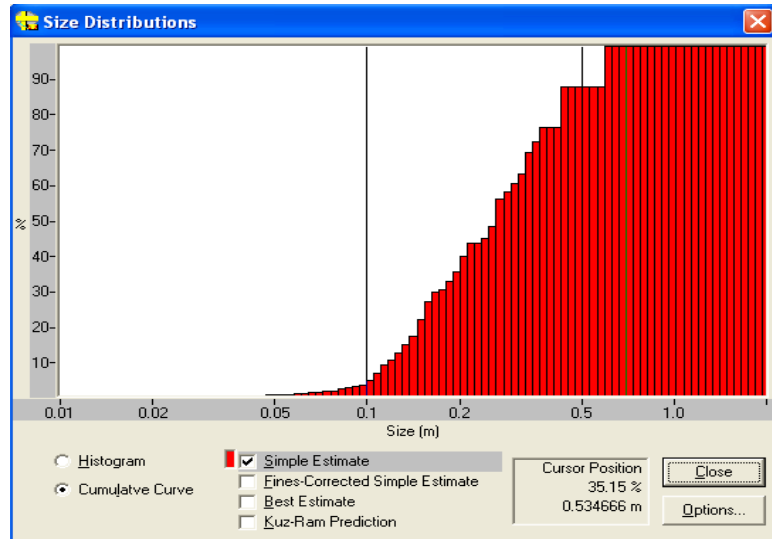


Sizing Analysis

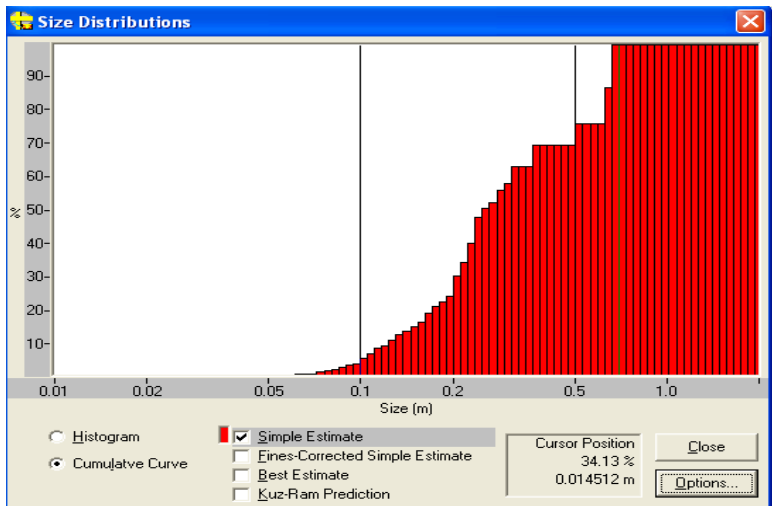
	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	7.00 %
80% Size	0.39 m
50 % Size	0.28 m
20% Size	0.17 m



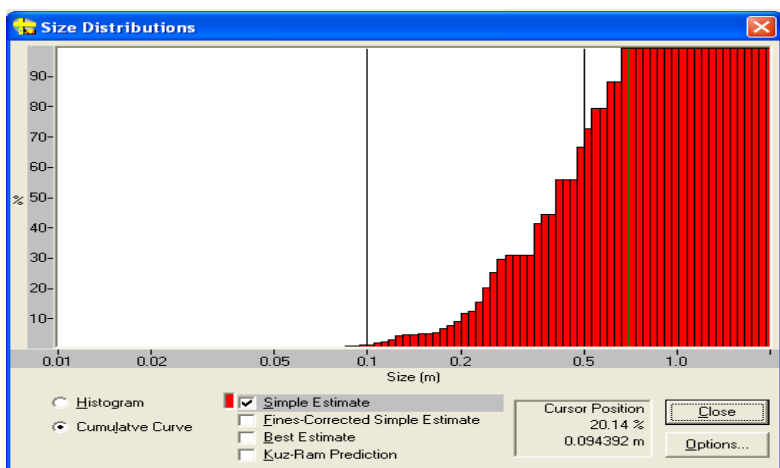
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	88.28 %
Undersize	4.52 %
80% Size	0.42 m
50 % Size	0.26 m
20% Size	0.15 m



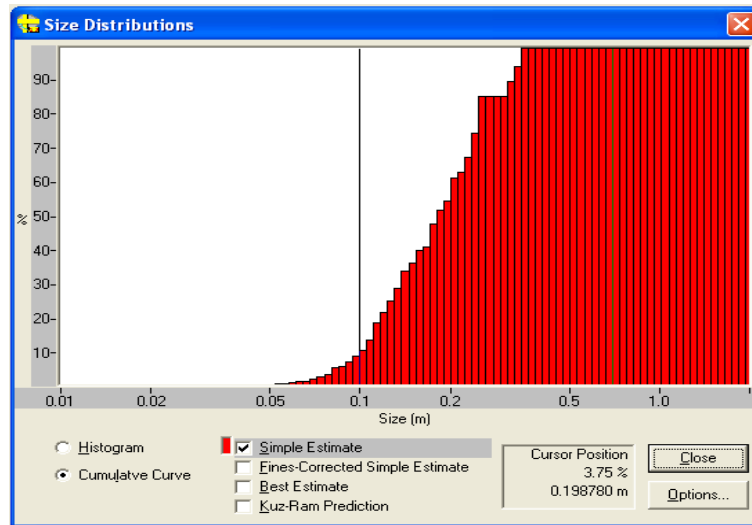
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	76.12 %
Undersize	5.27 %
80% Size	0.62 m
50 % Size	0.25 m
20% Size	0.17 m



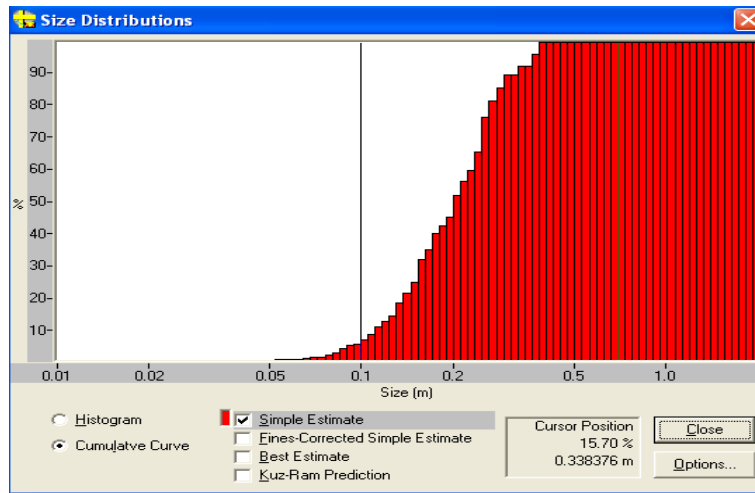
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	73.09 %
Undersize	0.73 %
80% Size	0.55 m
50 % Size	0.41 m
20% Size	0.24 m



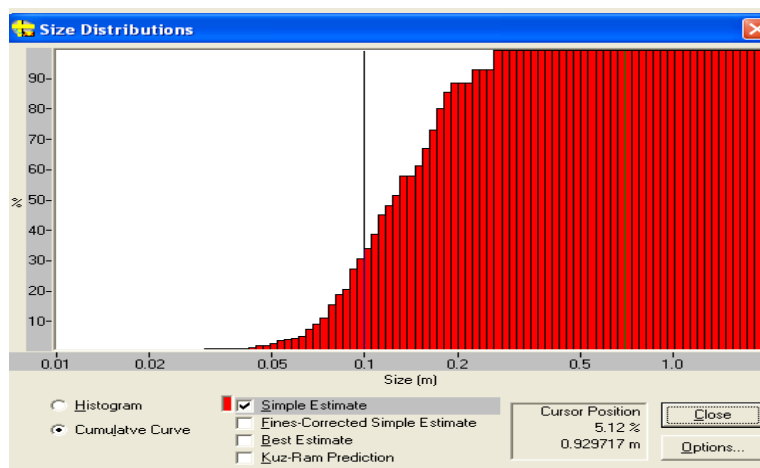
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	10.28 %
80% Size	0.25 m
50 % Size	0.18 m
20% Size	0.12 m



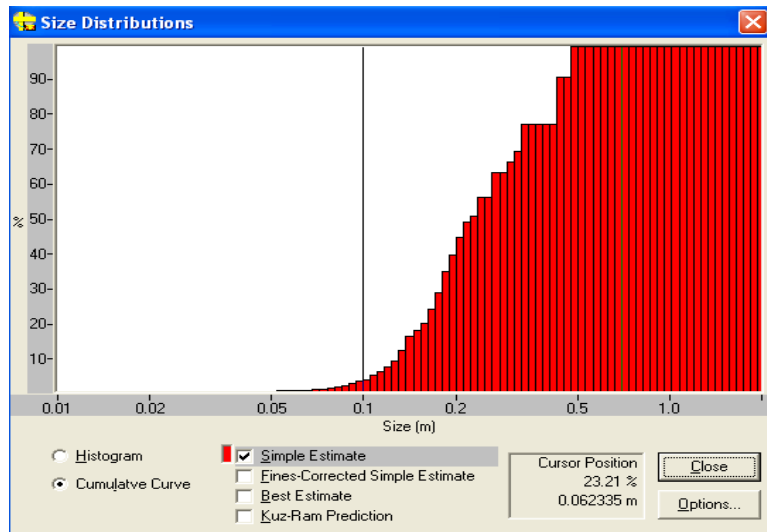
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	6.53 %
80% Size	0.27 m
50 % Size	0.20 m
20% Size	0.14 m



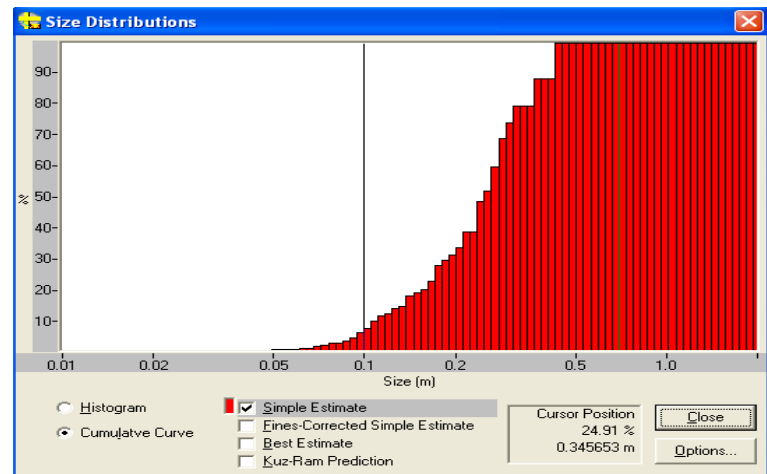
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	33.79 %
80% Size	0.17 m
50 % Size	0.12 m
20% Size	0.09 m



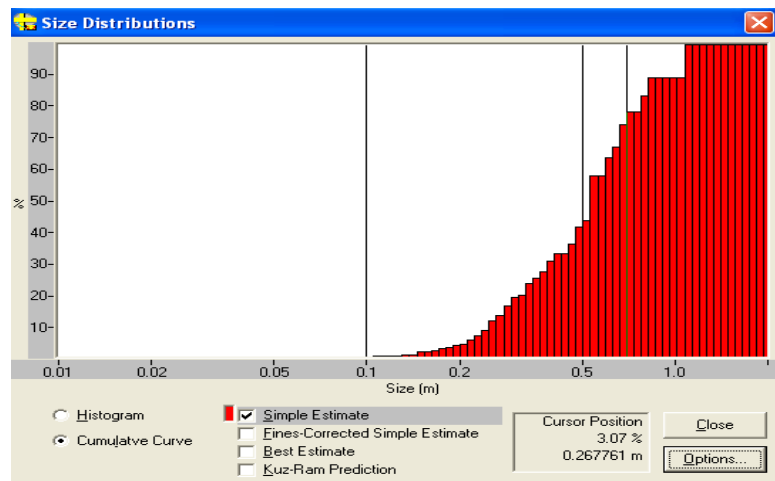
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	3.55 %
80% Size	0.42 m
50 % Size	0.22 m
20% Size	0.16 m



Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	7.27 %
80% Size	0.36 m
50 % Size	0.25 m
20% Size	0.16 m

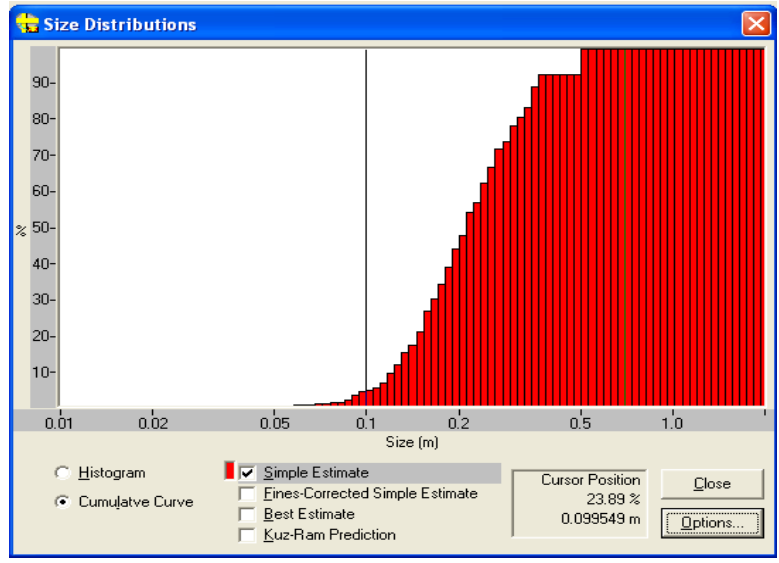


Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	21.41 %
In range	43.81 %
Undersize	0.07 %
80% Size	0.77 m
50 % Size	0.53 m
20% Size	0.32 m



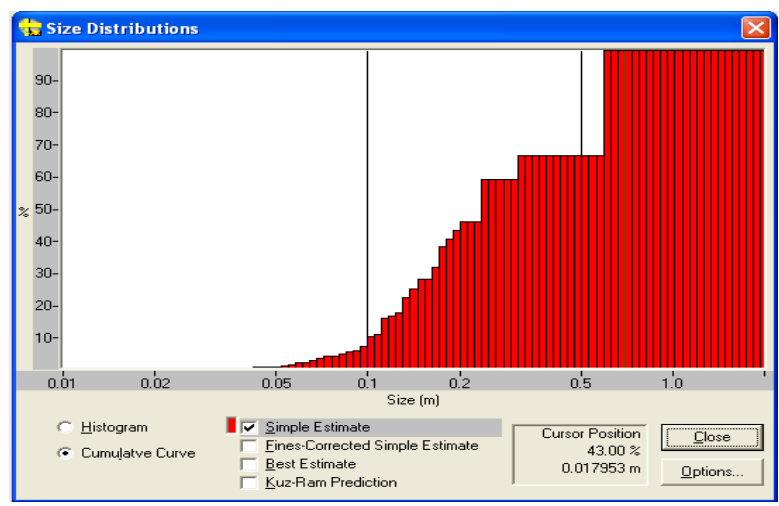
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	4.54 %
80% Size	0.31 m
50 % Size	0.21 m
20% Size	0.15 m



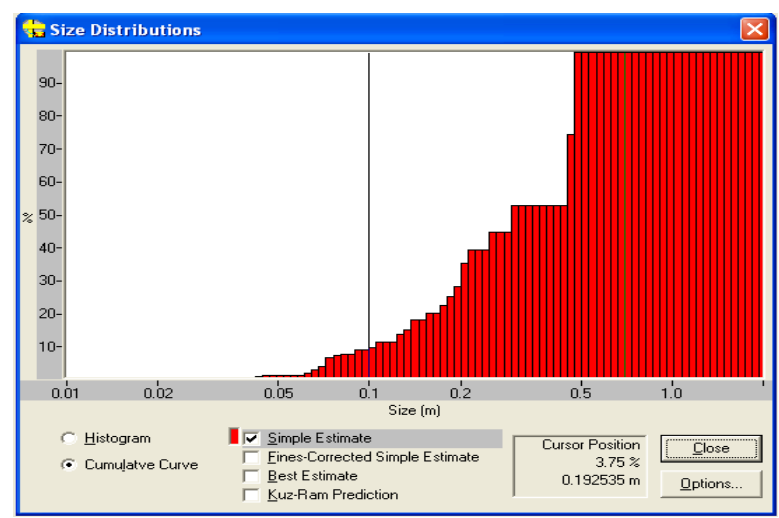
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	66.93 %
Undersize	9.94 %
80% Size	0.59 m
50 % Size	0.23 m
20% Size	0.13 m



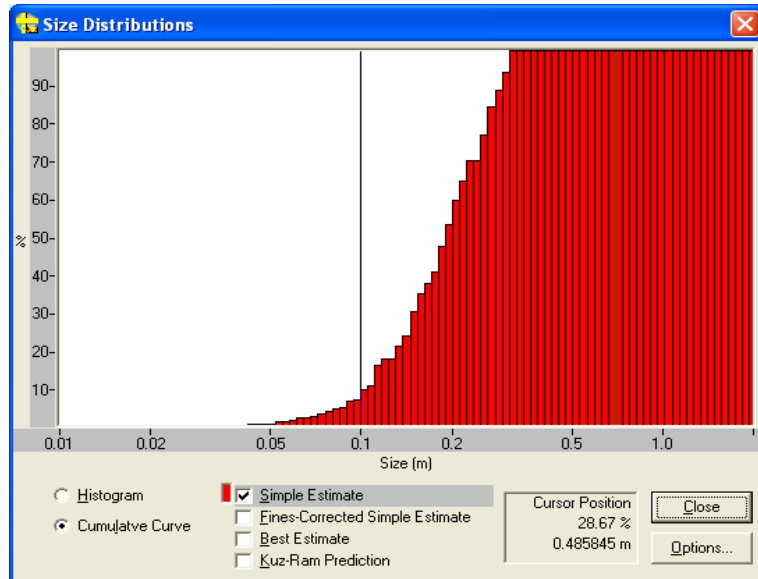
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	9.27 %
80% Size	0.47 m
50 % Size	0.30 m
20% Size	0.17 m



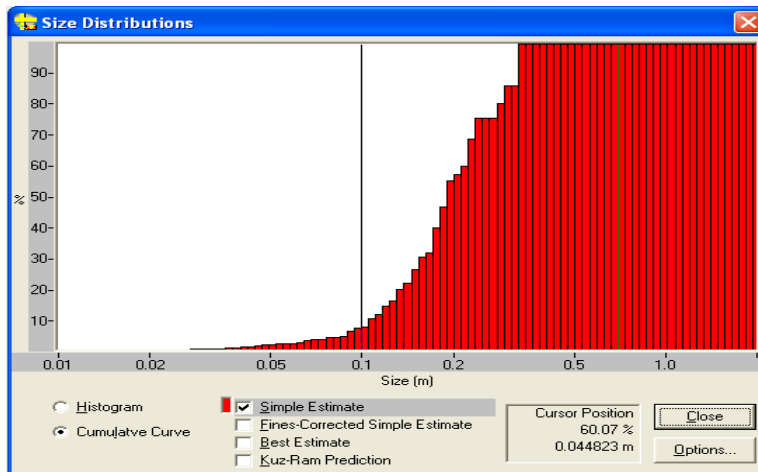
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	9.49 %
80% Size	0.26 m
50 % Size	0.19 m
20% Size	0.13 m



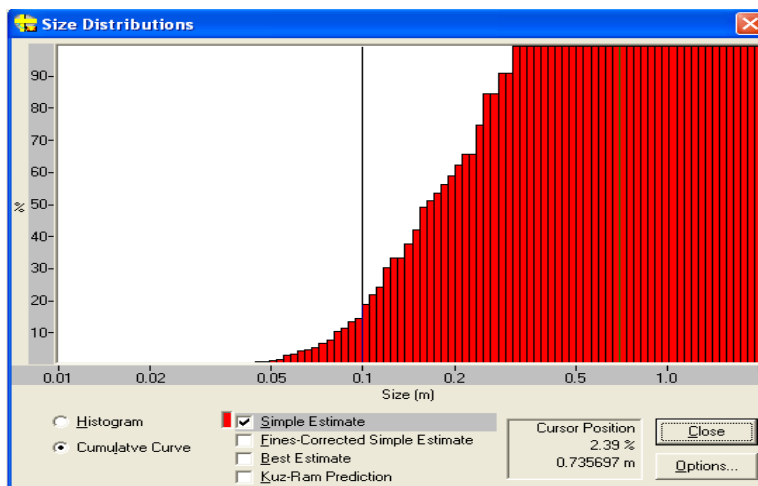
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	7.53 %
80% Size	0.28 m
50 % Size	0.19 m
20% Size	0.13 m

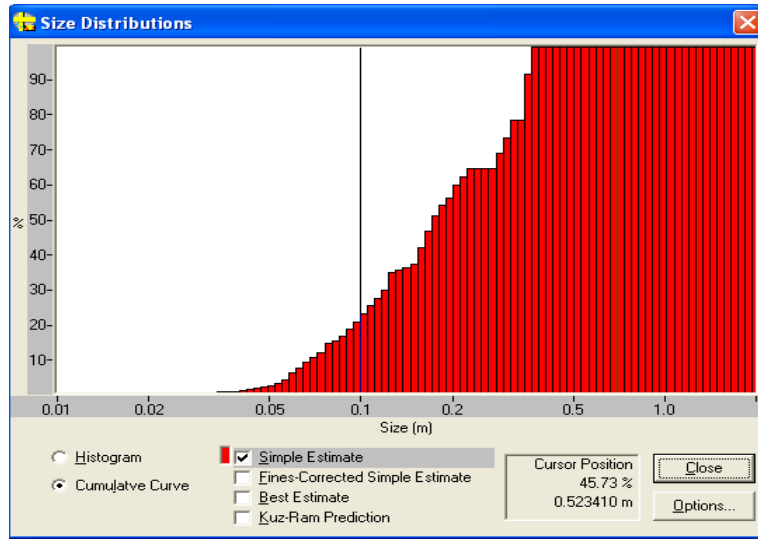


Sizing Analysis

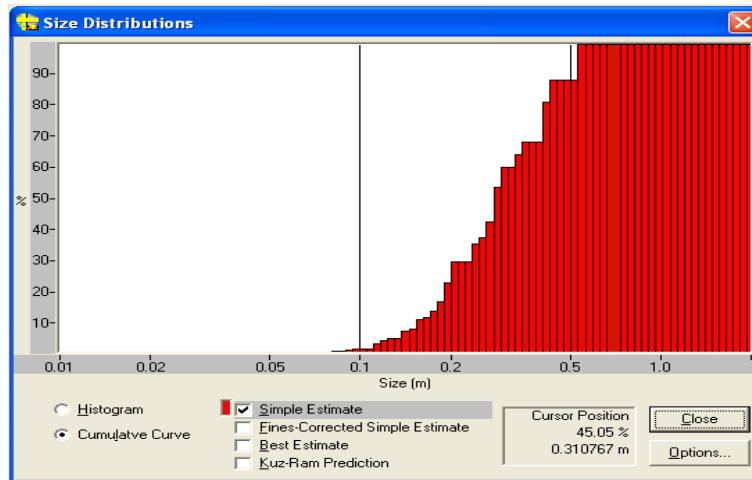
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	18.29 %
80% Size	0.25 m
50 % Size	0.16 m
20% Size	0.11 m



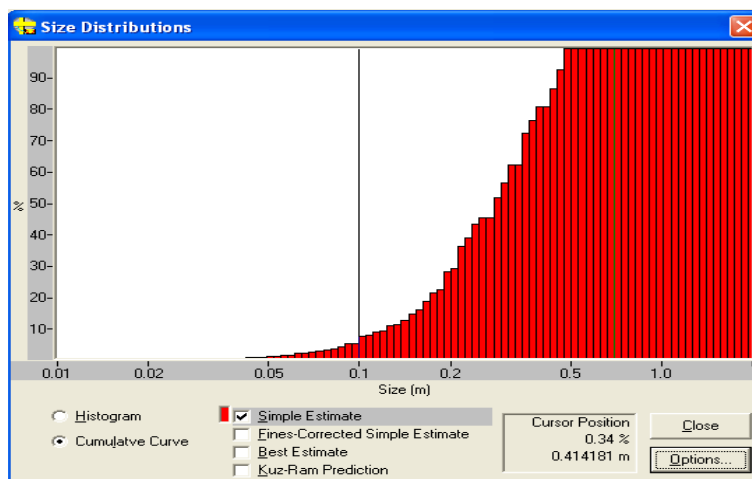
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	22.77 %
80% Size	0.34 m
50 % Size	0.17 m
20% Size	0.10 m



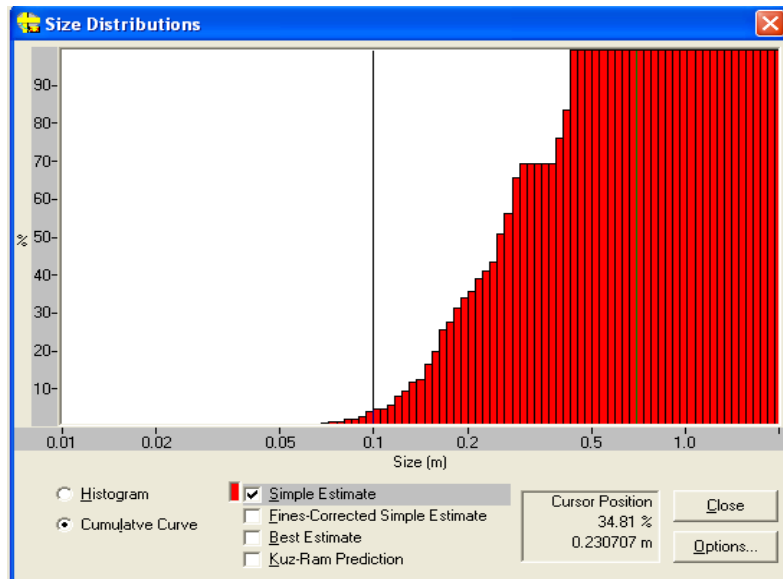
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	88.39 %
Undersize	1.09 %
80% Size	0.42 m
50 % Size	0.28 m
20% Size	0.19 m



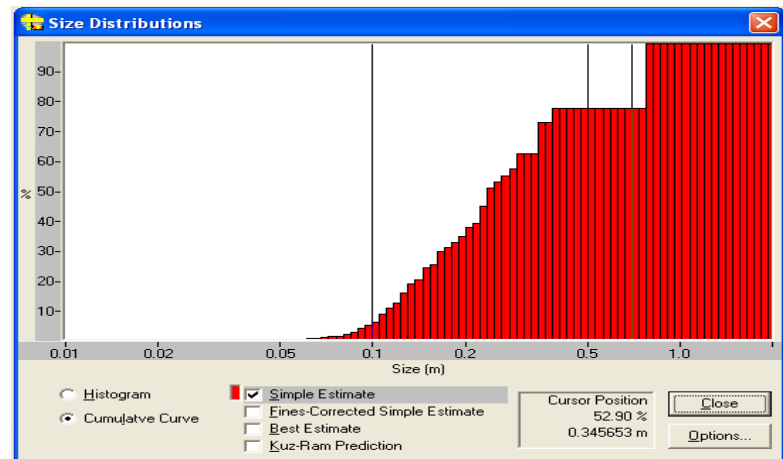
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Overflow	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	7.00 %
80% Size	0.39 m
50 % Size	0.28 m
20% Size	0.17 m



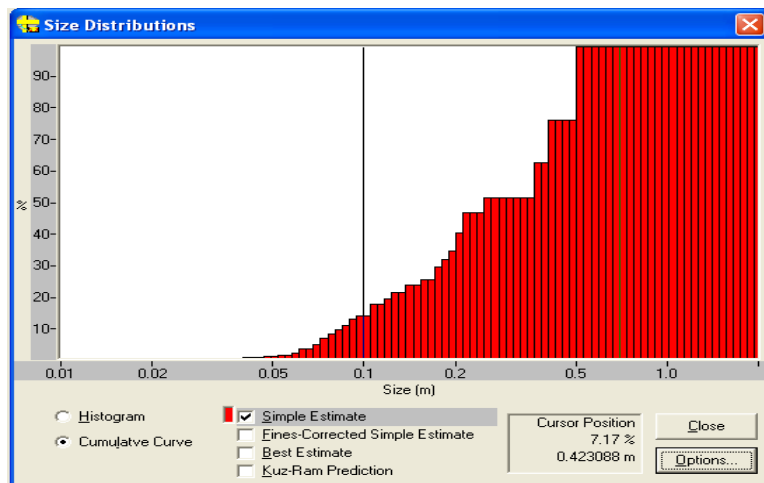
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	9.49 %
80% Size	0.26 m
50 % Size	0.19 m
20% Size	0.13 m



Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	7.53 %
80% Size	0.28 m
50 % Size	0.19 m
20% Size	0.13 m

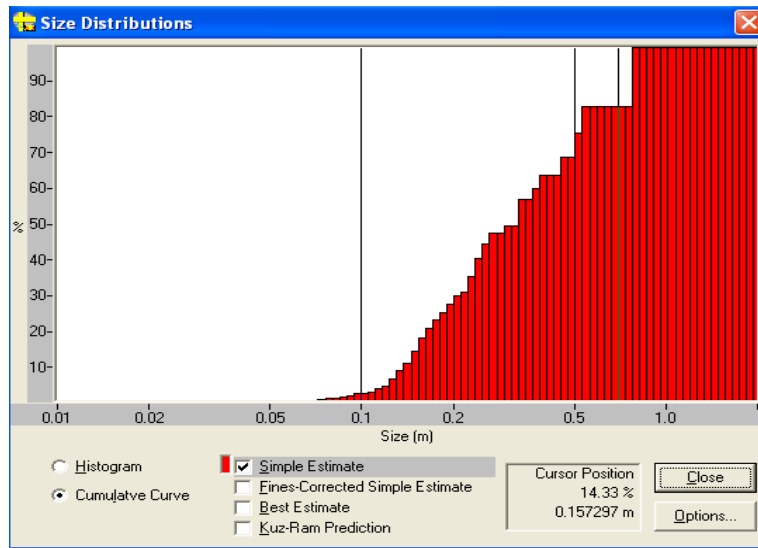


Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	18.29 %
80% Size	0.25 m
50 % Size	0.16 m
20% Size	0.11 m



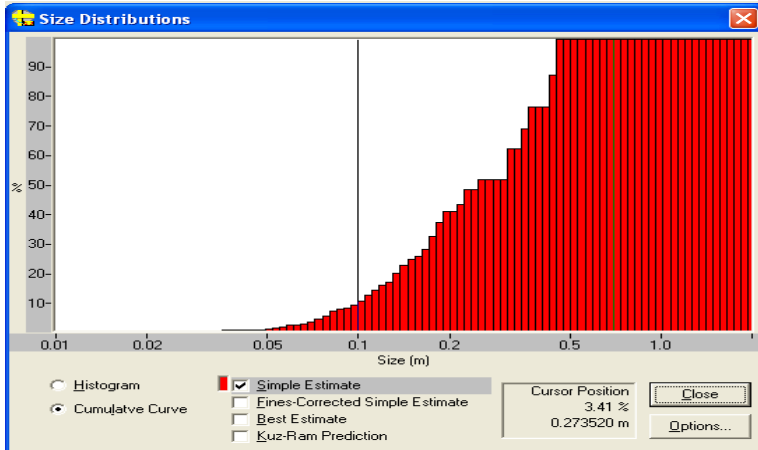
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Oversize	16.75 %
In range	75.77 %
Undersize	2.13 %
80% Size	0.53 m
50 % Size	0.32 m
20% Size	0.16 m



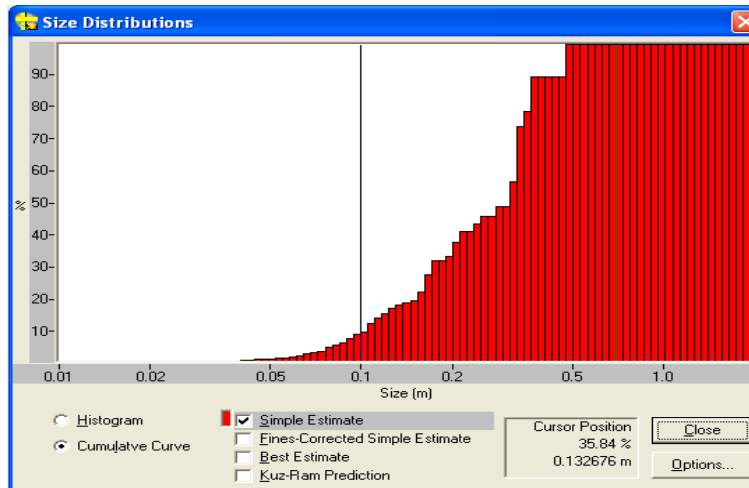
Sizing Analysis

	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	10.35 %
80% Size	0.42 m
50 % Size	0.25 m
20% Size	0.13 m

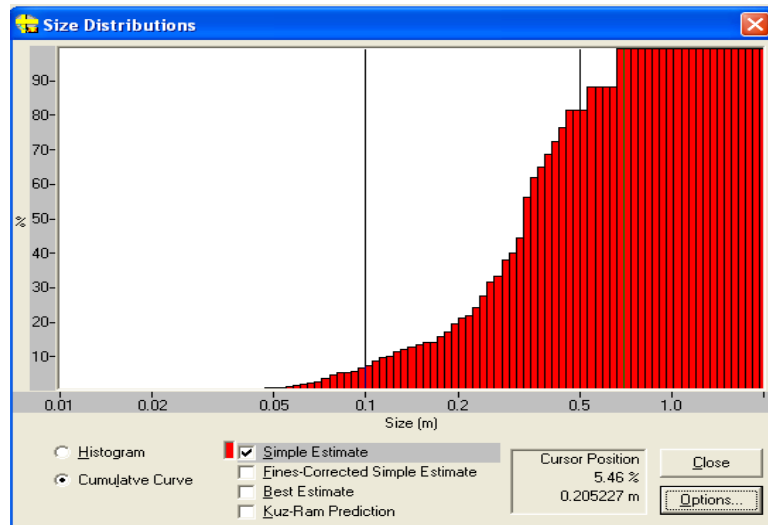


Sizing Analysis

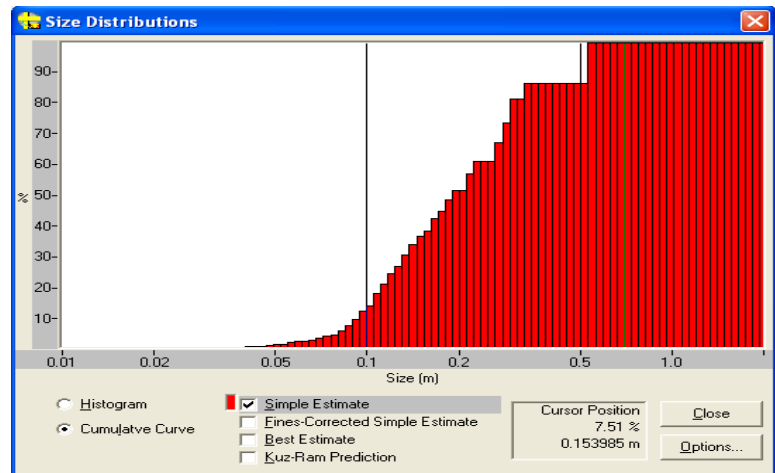
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	100.00 %
Undersize	9.05 %
80% Size	0.36 m
50 % Size	0.30 m
20% Size	0.15 m



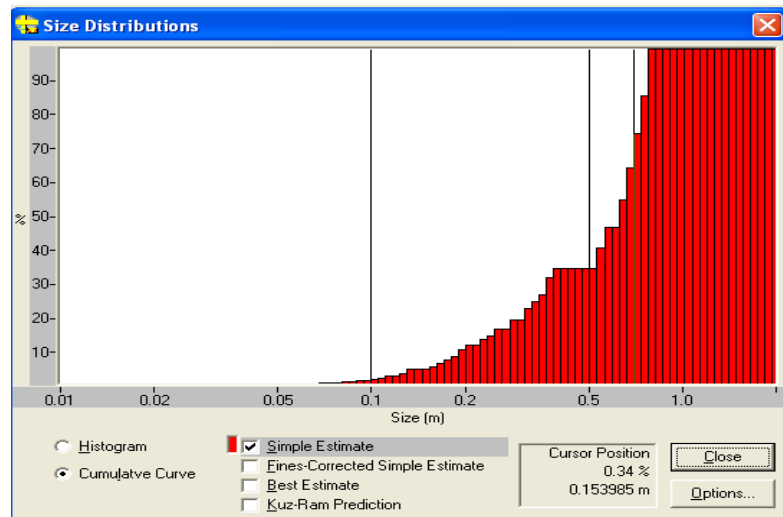
Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	81.88 %
Undersize	6.82 %
80% Size	0.46 m
50 % Size	0.33 m
20% Size	0.20 m



Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	0.00 %
In range	86.53 %
Undersize	13.62 %
80% Size	0.30 m
50 % Size	0.19 m
20% Size	0.11 m



Sizing Analysis	
	Simple Estimate
Oversize	25.27 %
In range	34.60 %
Undersize	1.45 %
80% Size	0.73 m
50 % Size	0.62 m
20% Size	0.31 m



گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی RFI و BI دیواره‌ها

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱		Y: ۴۰۴۱۱۴۳		X: ۷۴۵۳۶۲	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
نام پارامتر	توضیحات	امتیاز	نام پارامتر	توضیحات	امتیاز
شرح توده سنگ	بلوکی	۲۰	شرح توده سنگ	بلوکی	۲۰
فاصله داری درزه‌ها (cm)	۲۵۵/۵	۵۰	فاصله داری درزه‌ها	عریض ($>1m$)	۴
جهت یافتگی درزه‌ها	به بیرون	۲۰	جهت یافتگی درزه‌ها	به بیرون	۵
سختی موهس	۲	۲	جدایش درزه‌ها	متوسط و پرشده	۶
وزن مخصوص (gr/cm^3)	۲/۶۲	----	سختی اشمیت	۵۹/۴۸	----
تأثیر وزن مخصوص	----	۱۵/۶	مقاومت فشاری (MPa)	۱۰۰/۹۵	۳
شاخص قابلیت انفجار	----	۵۳/۷۸	شاخص خردایش سنگ	----	۲۳

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲		Y: ۴۰۴۱۰۸۳		X: ۷۴۵۲۰۴	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
نام پارامتر	توضیحات	امتیاز	نام پارامتر	توضیحات	امتیاز
شرح توده سنگ	پودری تا بلوکی	۱۵	شرح توده سنگ	پودری تا بلوکی	۸
فاصله داری درزه‌ها (cm)	عریض ($>1m$)	۵۰	فاصله داری درزه‌ها	عریض ($>1m$)	۴
جهت یافتگی درزه‌ها	به بیرون	۲۰	جهت یافتگی درزه‌ها	به بیرون	۵
سختی موهس	۲	۲	جدایش درزه‌ها	متوسط و پرشده	۶
وزن مخصوص (gr/cm^3)	۲/۵۱۵	----	سختی اشمیت	۵۹/۴۸	----
تأثیر وزن مخصوص	----	۱۲/۹	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵۴/۵۶	۳
شاخص قابلیت انفجار	----	۵۰/۴۴	شاخص خردایش سنگ	----	۲۶

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳		Y: ۴۰۴۰۹۰۳		X: ۷۴۵۳۰۶	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
نام پارامتر	توضیحات	امتیاز	نام پارامتر	توضیحات	امتیاز
شرح توده سنگ	پودری تا بلوکی	۱۵	شرح توده سنگ	پودری تا بلوکی	۸
فاصله داری درزه‌ها (cm)	عریض ($>1m$)	۵۰	فاصله داری درزه‌ها	عریض ($>1m$)	۴
جهت یافتگی درزه‌ها	بیرون، داخل، افقی	۲۱/۶۶	جهت یافتگی درزه‌ها	بیرون، داخل، افقی	۴/۸۳
سختی موهس	۲	۲	جدایش درزه‌ها	متوسط و پرشده	۶
وزن مخصوص (gr/cm^3)	۲/۵	----	سختی اشمیت	۵۸/۲۵	----
تأثیر وزن مخصوص	----	۱۲/۶	مقاومت فشاری (MPa)	۱۱۱/۳۵	۳
شاخص قابلیت انفجار	----	۵۰/۶۴	شاخص خردایش سنگ	----	۲۵/۸۳

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴		Y: ۴۰۴۱۰۷۳		X: ۷۴۵۱۸۲	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۳	۳	سختی موهس
----	۶۱/۳۷	سختی اشمیت	----	۲/۵۷	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۳۴/۰۵	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴/۵	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۶	----	شاخص خردایش سنگ	۵۱/۲۳	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۵		Y: ۴۰۴۱۱۷۱		X: ۷۴۵۳۳۹	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۷/۹۳	سختی اشمیت	----	۲/۶	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۹۸/۹۴	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴	----	شاخص خردایش سنگ	۶۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۶		Y: ۴۰۴۱۱۷۹		X: ۷۴۵۲۷۵	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴	بیرون، داخل	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۳۰	بیرون، داخل	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۶۱/۰۳	سختی اشمیت	----	۲/۵۷	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۲۹/۵۹	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴/۴	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۸/۱۷	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۷		Y: ۴۰۴۱۱۰۳		X: ۷۴۵۳۶۶	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۳/۶۶	داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۳۳/۳۳	داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پر شده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۸/۲۵	سختی اشمیت	----	۲/۶۱	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۵/۶۱	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۳	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۲/۶۶	----	شاخص خردایش سنگ	۶۰/۳۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۸		Y: ۴۰۴۱۰۴۸		X: ۷۴۵۱۸۷	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۴/۳۳	داخل	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۶/۶۶	بیرون، داخل	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پر شده	جدایش درزه‌ها	۳	۳	سختی موهس
----	۶۲/۴۳	سختی اشمیت	----	۲/۵۴	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۳۴/۵۸	مقاومت فشاری (MPa)	۱۳/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳/۳۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۵/۶۵	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۹		Y: ۴۰۴۰۹۷۸		X: ۷۴۵۳۸۹	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	۲۰	بلوکی	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده سنگ	۵۰	عریض (>1m)	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۲۶/۶۶	بیرون، داخل	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۴/۳۳	داخل	جهت یافتگی درزه‌ها	۲	۲	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پر شده	جدایش درزه‌ها	----	۲/۳۱	سختی موهس
----	۴۹/۳۷	سختی اشمیت	۸	----	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۳۴/۵۸	مقاومت فشاری (MPa)	۵۶/۶۵	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳/۳۳	----	شاخص خردایش سنگ	۲۰	بلوکی	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۰		Y: ۴۰۴۰۹۷۸		X: ۷۴۵۳۸۹	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	۳۵	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده سنگ	۵۰	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۲۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۸/۴۷	سختی اشمیت	۱۴/۷	۲/۵۸	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۰۲/۴۹	مقاومت فشاری (MPa)	۶۰/۸۲	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳	----	شاخص خردایش سنگ	۳۵	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۱		Y: ۴۰۴۰۹۶۳		X: ۷۴۵۳۹۹	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۴	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۳۰	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۰/۲	سختی اشمیت	---	۲/۴۱	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۶۱/۱۵	مقاومت فشاری (MPa)	۱۰/۴	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴	----	شاخص خردایش سنگ	۵۶/۲	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۲		Y: ۴۰۴۰۹۶۳		X: ۷۴۵۳۹۹	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۴	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۳۰	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۰/۲	سختی اشمیت	---	۲/۴۱	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۶۱/۱۵	مقاومت فشاری (MPa)	۱۰/۴	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴	----	شاخص خردایش سنگ	۵۶/۲	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۳			Y: ۴۰۴۰۸۱۹		X: ۷۴۵۲۸۷
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۸	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۲	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۵/۵۳	سختی اشمیت		۲/۵	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۹۶/۲۱	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۷	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۶/۸	----	شاخص خردایش سنگ	۴۹/۱۲	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۴			Y: ۴۰۴۰۸۱۹		X: ۷۴۵۳۳۸
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۷/۴	سختی اشمیت		۲/۶۱	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۰۲/۷	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۴	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۳/۷۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۵			Y: ۴۰۴۱۰۴۳		X: ۷۴۵۴۱۳
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۵/۵	سختی اشمیت		۲/۳۷	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۸۹/۸۲	مقاومت فشاری (MPa)	۹/۳	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴	----	شاخص خردایش سنگ	۵۹/۸۷	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۶		Y:۴۰۴۱۰۴۹		X:۷۴۵۳۲۰	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۴	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۳۰	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۶۰/۷	سختی اشमित		۲/۴۹	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۲۶/۱۹	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۵	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۴/۷۲	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۷		Y:۴۰۴۰۹۹۴		X:۷۴۵۲۶۸	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۴/۸	داخل، بیرون، افقی	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۲	داخل، بیرون، افقی	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۳	۳	سختی موهس
----	۶۲/۸	سختی اشमित		۲/۵۷	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۴۴/۴	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴/۳	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۸	----	شاخص خردایش سنگ	۵۲/۱۷	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۸		Y:۴۰۴۰۸۵۱		X:۷۴۵۲۲۶	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۵/۸	داخل، بیرون، افقی	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۶	داخل، بیرون، افقی	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۹/۴	سختی اشमित		۲/۵۷	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۶/۶۸	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴/۴	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۶/۸	----	شاخص خردایش سنگ	۵۳/۷	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۱۹		Y: ۴۰۴۱۰۹۰		X: ۷۴۵۲۸۴	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۸	داخل، بیرون، افقی	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۲	داخل، بیرون، افقی	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۶۱/۵	سختی اشمیت		۲/۶۱	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۳۲/۷۹	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۵	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳/۸	----	شاخص خردایش سنگ	۵۴/۷۴	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۰		Y: ۴۰۴۱۰۵۷		X: ۷۴۵۲۳۰	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۳/۶۶	داخل، بیرون، افقی	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۱/۶۶	داخل، بیرون، افقی	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۳	۳	سختی موهس
----	۶۴/۸	سختی اشمیت		۲/۶۲	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۶۲/۷۷	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴/۶۶	----	شاخص خردایش سنگ	۵۲/۶۳	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۱		Y: ۴۰۴۰۹۶۳		X: ۷۴۵۱۷۷	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۶	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۴	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۶۰/۹	سختی اشمیت		۲/۵۵	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۲۸/۶۳	مقاومت فشاری (MPa)	۱۳/۸	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۶	----	شاخص خردایش سنگ	۵۲/۳۹	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۲		Y:۴۰۴۱۰۰۰		X:۷۴۵۱۴۰	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پر شده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	۵۹/۸	سختی اشمیت		۲/۳۲	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۹/۳	مقاومت فشاری (MPa)	۸/۱	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۰/۰۳	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۳		Y:۴۰۴۰۹۷۱		X:۷۴۵۴۸۳	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پر شده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۱	۲/۰۱	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۳۹	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۵۸/۳۱	مقاومت فشاری (MPa)	۱۰	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۸/۴۸	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۴		Y:۴۰۴۰۹۶۸		X:۷۴۵۴۸۳	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۴/۸۳	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۱/۶۶	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پر شده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۱	۲/۰۱	سختی موهس
----		سختی اشمیت		۲/۳۹	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۱/۲۹	مقاومت فشاری (MPa)	۱۰	----	تأثیر وزن مخصوص
	----	شاخص خردایش سنگ		----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۵		Y: ۴۰۴۰۹۶۴		X: ۷۴۵۳۶۸	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۳۰	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۱	۲/۰۱	سختی موهس
----		سختی اشمیت		۲/۴۹	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۷۶/۰۷	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۳	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴	----	شاخص خردایش سنگ	۵۷/۱۵	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۶		Y: ۴۰۴۰۹۴۳		X: ۷۴۵۳۱۸	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۴	۲/۰۴	سختی موهس
----		سختی اشمیت		۲/۵۴	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۰۴/۷۴	مقاومت فشاری (MPa)	۱۳/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴	----	شاخص خردایش سنگ	۵۲/۸۲	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۷		Y: ۴۰۴۰۹۲۸		X: ۷۴۵۳۰۵	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۳۳	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۶/۶۶	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۲	۲/۰۲	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۰/۶۹	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۷	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳/۳۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۵/۷	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۸			Y:۴۰۴۰۹۰۷		X:۷۴۵۲۸۵
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۸۳	داخل، بیرون، افقی	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۱/۶۶	داخل، بیرون، افقی	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۱	۲/۰۱	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۱/۲۹	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۸۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۰/۶۵	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۲۹			Y:۴۰۴۰۸۸۰		X:۷۴۵۲۸۴
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۲	۲/۰۲	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۰/۱۸	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۴/۸۲	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۰			Y:۴۰۴۰۸۵۲		X:۷۴۵۲۷۴
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۱	۲/۰۱	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۴۴	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۰۲/۲۴	مقاومت فشاری (MPa)	۱۱	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۴/۰۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۱			Y:۴۰۴۱۰۴۸		X:۷۴۵۴۴۴
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۳۰	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۱	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۹۱/۰۲	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۸	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳	----	شاخص خردایش سنگ	۶۴/۸۷	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۲			Y:۴۰۴۱۰۴۸		X:۷۴۵۳۹۰
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۴	۹۰/۳۵	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۷	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴	----	شاخص خردایش سنگ	۵۹/۸۵	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۳			Y:۴۰۴۰۱۰۵۸		X:۷۴۵۳۴۴
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۳	۲/۰۳	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۸/۳۷	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲/۹	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۲/۴۶	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۴		Y:۴۰۴۱۰۲۹		X:۷۴۵۳۰۱	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۳۰	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۱۳	۲/۱۳	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۴	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۲۶/۵۲	مقاومت فشاری (MPa)	۱۳/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۵/۳۷	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۵		Y:۴۰۴۱۰۱۳		X:۷۴۵۲۸۴	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۷۱	۲/۷۱	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۷	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۳۶/۸۱	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴/۳	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۳/۵۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۶		Y:۴۰۴۰۹۶۹		X:۷۴۵۲۵۳	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۸۳	داخل، بیرون، افقی	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۱/۶۶	داخل، بیرون، افقی	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۷۸	۲/۷۸	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۷	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۴۰/۵۸	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴/۳	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۸۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۱/۸۶	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۷		Y: ۴۰۴۰۹۴۳		X: ۷۴۵۲۴۴	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۸۳	داخل، بیرون، افقی	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۱/۶۶	داخل، بیرون، افقی	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۳۹	۲/۳۹	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۴	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۲۶/۰۲	مقاومت فشاری (MPa)	۱۳/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵/۸۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۱/۳۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۸		Y: ۴۰۴۰۹۰۸		X: ۷۴۵۲۲۸	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۶	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۲۴	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۱۵	۲/۱۵	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۴	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۹/۴۱	مقاومت فشاری (MPa)	۱۳/۵	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۲/۶	----	شاخص خردایش سنگ	۵۴/۸۳	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۳۹		Y: ۴۰۴۱۱۰۷		X: ۷۴۵۳۹۹	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها	۳۰	به داخل، بیرون	جهت‌یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲	۲	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۶	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۱/۱۱	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۱	----	شاخص خردایش سنگ	۶۶/۰۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۰		Y:۴۰۴۴۱۱۱		X:۷۴۵۳۳۵	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۳۳	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۶/۶۶	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۲	۲/۰۲	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۹	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۱۲/۰۴	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴/۹	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴/۳۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۴/۳	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۱		Y:۴۰۴۱۱۰۸		X:۷۴۵۳۰۴	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۳	۲/۰۳	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۶	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۳۰/۶۷	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۱	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۳/۵۵	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۲		Y:۴۰۴۱۰۸۳		X:۷۴۵۲۶۴	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۳	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۲۵	۲/۲۵	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۶	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۳۷/۴۹	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۱	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۴/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۳/۶۴	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۳		Y: ۴۰۴۱۰۷۸		X: ۷۴۵۲۴۲	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۸	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ	۱۵	پودری تا بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	داخل، بیرون، افقی	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۰	داخل، بیرون، افقی	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۸۷	۲/۸۷	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۶	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۵۵/۵۵	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۱	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۱/۴۸	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۴		Y: ۴۰۴۱۰۳۵		X: ۷۴۵۲۲۱	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده‌سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۹۱	۲/۹۱	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۶	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۴۵/۹۴	مقاومت فشاری (MPa)	۱۵/۲	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۳	----	شاخص خردایش سنگ	۵۴/۰۶	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۵		Y: ۴۰۴۰۹۶۴		X: ۷۴۵۳۶۸	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده‌سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۵	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۰	به بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۸	۲/۸	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۴	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۴۱/۴۶	مقاومت فشاری (MPa)	۱۳/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۲	----	شاخص خردایش سنگ	۶۰/۷۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۶		Y:۴۰۴۰۹۸۶		X:۷۴۵۱۹۶	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۶	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۴	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۲۲	۲/۲۲	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۲	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۳۰/۶۱	مقاومت فشاری (MPa)	۱۳/۲	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۲/۶	----	شاخص خردایش سنگ	۵۴/۷۱	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۷		Y:۴۰۴۰۹۷۱		X:۷۴۵۱۴۰	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۶	بلوکی	شرح توده سنگ	۲۰	بلوکی	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۶	۲/۰۶	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۴	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۲۳/۶۵	مقاومت فشاری (MPa)	۱۰	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۲/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۵۳/۵۲	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۴۸		Y:۴۰۴۱۰۳۱		X:۷۴۵۱۵۴	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله‌داری درزه‌ها (cm)
۴/۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۵	به داخل، بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۴۹	۲/۴۹	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۴۲	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۲۸/۰۱	مقاومت فشاری (MPa)	۱۰/۶	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۱/۵	----	شاخص خردایش سنگ	۶۱/۵۳	----	شاخص قابلیت انفجار

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
		نمونه ۴۹		X:۷۴۵۲۰۵	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
نام پارامتر	توضیحات	امتیاز	نام پارامتر	توضیحات	امتیاز
شرح توده‌سنگ	بلوکی	۲۰	شرح توده‌سنگ	بلوکی	۲۰
فاصله‌داری درزه‌ها (cm)	عریض (>1m)	۵۰	فاصله‌داری درزه‌ها	عریض (>1m)	۴
جهت یافتگی درزه‌ها	به بیرون	۲۰	جهت یافتگی درزه‌ها	به بیرون	۵
سختی موهس	۲/۹۶	۲/۹۶	جدایش درزه‌ها	متوسط و پرشده	۶
وزن مخصوص (gr/cm^3)	۲/۵۳	----	سختی اشمیت	----	----
تأثیر وزن مخصوص	----	۱۳/۳	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴۸/۵۱	۳
شاخص قابلیت انفجار	----	۵۳/۱۴	شاخص خردایش سنگ	----	۲۳

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
		نمونه ۵۰		X:۷۴۵۲۲۵	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
نام پارامتر	توضیحات	امتیاز	نام پارامتر	توضیحات	امتیاز
شرح توده‌سنگ	پودری تا بلوکی	۱۵	شرح توده‌سنگ	پودری تا بلوکی	۸
فاصله‌داری درزه‌ها (cm)	عریض (>1m)	۵۰	فاصله‌داری درزه‌ها	عریض (>1m)	۴
جهت یافتگی درزه‌ها	به بیرون	۲۰	جهت یافتگی درزه‌ها	به بیرون	۵
سختی موهس	۲/۰۷	۲/۰۷	جدایش درزه‌ها	متوسط و پرشده	۶
وزن مخصوص (gr/cm^3)	۲/۵	----	سختی اشمیت	----	----
تأثیر وزن مخصوص	----	۱۲/۶	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴۲/۸۷	۳
شاخص قابلیت انفجار	----	۴۹/۸۲	شاخص خردایش سنگ	----	۲۵

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
		نمونه ۵۱		X:۷۴۵۲۹۲	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
نام پارامتر	توضیحات	امتیاز	نام پارامتر	توضیحات	امتیاز
شرح توده‌سنگ	بلوکی	۲۰	شرح توده‌سنگ	بلوکی	۶
فاصله‌داری درزه‌ها (cm)	عریض (>1m)	۵۰	فاصله‌داری درزه‌ها	عریض (>1m)	۴
جهت یافتگی درزه‌ها	به داخل، بیرون	۲۶/۶۶	جهت یافتگی درزه‌ها	به داخل، بیرون	۴/۳۳
سختی موهس	۲/۰۱	۲/۰۱	جدایش درزه‌ها	متوسط و پرشده	۶
وزن مخصوص (gr/cm^3)	۲/۵۷	----	سختی اشمیت	----	----
تأثیر وزن مخصوص	----	۱۴/۳	مقاومت فشاری (MPa)	۱۲۷/۹۳	۳
شاخص قابلیت انفجار	----	۵۶/۴۷	شاخص خردایش سنگ	----	۲۲/۳۳

گزارش برداشت پارامترهای ژئومکانیکی قابلیت انفجار دیواره‌ها					
نمونه ۵۲		Y:۴۰۴۱۲۰۳		X:۷۴۵۳۲۴	
پارامترهای مربوط به شاخص خردایش سنگ (RFI)			پارامترهای مربوط به شاخص قابلیت انفجار (BI)		
امتیاز	توضیحات	نام پارامتر	امتیاز	توضیحات	نام پارامتر
۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده سنگ	۳۵	بلوکی تا یکپارچه	شرح توده سنگ
۴	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها	۵۰	عریض (>1m)	فاصله داری درزه‌ها (cm)
۵	بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها	۲۰	بیرون	جهت یافتگی درزه‌ها
۶	متوسط و پرشده	جدایش درزه‌ها	۲/۰۱	۲/۰۱	سختی موهس
----	----	سختی اشمیت	----	۲/۵۹	وزن مخصوص (gr/cm^3)
۳	۱۰۵/۹۴	مقاومت فشاری (MPa)	۱۴/۸	----	تأثیر وزن مخصوص
۲۲	----	شاخص خردایش سنگ	۶۰/۹۱	----	شاخص قابلیت انفجار

مقادیر مقاومت فشاری تک‌محوری تخمینی به روش عکس فاصله از توان ۱ تا ۲۰ برای ۲۲ سینه کار برداشت شده

پله	توان ۱	توان ۲	توان ۳	توان ۴	توان ۵	توان ۶	توان ۷	توان ۸	توان ۹	توان ۱۰
۱	۱۱۴/۸	۱۱۱	۱۰۷/۹	۱۰۶/۲	۱۰۵/۳	۱۰۴/۸	۱۰۴/۳	۱۰۴	۱۰۳/۶	۱۰۳/۳
۲	۱۲۵/۸	۱۳۲/۴	۱۳۲/۵	۱۳۰/۶	۱۲۸/۸	۱۲۷/۳	۱۲۶/۳	۱۲۵/۵	۱۲۵	۱۲۴/۷
۳	۱۱۲/۷	۱۰۸/۹	۱۰۶/۱	۱۰۴/۵	۱۰۳/۸	۱۰۳/۴	۱۰۳/۳	۱۰۳/۱	۱۰۳	۱۰۲/۹
۴	۱۳۱/۱	۱۴۲/۳	۱۴۵/۴	۱۴۵/۹	۱۴۶/۱	۱۴۶/۳	۱۴۶/۵	۱۴۶/۷	۱۴۶/۹	۱۴۷/۲
۵	۱۱۵/۶	۱۱۰	۱۰۵/۶	۱۰۳/۶	۱۰۲/۸	۱۰۲/۵	۱۰۲/۴	۱۰۲/۳	۱۰۲/۴	۱۰۲/۴
۶	۱۲۱/۷	۱۲۹/۶	۱۳۶/۹	۱۴۱/۳	۱۴۳/۴	۱۴۴/۴	۱۴۴/۸	۱۴۵	۱۴۵/۱	۱۴۵/۱
۷	۱۱۳/۳	۱۰۹/۶	۱۰۶/۴	۱۰۴/۱	۱۰۲/۷	۱۰۱/۹	۱۰۱/۵	۱۰۱/۲	۱۰۱/۱	۱۰۱
۸	۱۲۷/۳	۱۳۴/۲	۱۳۴	۱۳۱/۵	۱۲۹/۲	۱۲۷/۵	۱۲۶/۳	۱۲۵/۵	۱۲۵	۱۲۴/۷
۹	۱۰۱/۵	۷۵/۶	۶۴/۷	۶۲	۶۱/۴	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲
۱۰	۱۱۴/۳	۱۰۷/۲	۱۰۲/۱	۱۰۰	۹۹/۳	۹۹/۱	۹۹	۹۹	۹۸/۹	۹۸/۹
۱۱	۹۹/۱	۷۰/۱	۵۹/۳	۵۷/۱	۵۶/۶	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵
۱۲	۱۲۱/۱	۱۲۶/۲	۱۲۸/۷	۱۲۹/۴	۱۲۹/۵	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶
۱۳	۱۱۵/۳	۱۱۴/۱	۱۱۴	۱۱۴/۵	۱۱۵	۱۱۵/۴	۱۱۵/۷	۱۱۵/۹	۱۱۶	۱۱۶/۲
۱۴	۱۰۹/۵	۹۹/۶	۸۹/۹	۸۲/۳	۷۶/۶	۷۲/۳	۶۹	۶۶/۵	۶۴/۴	۶۲/۸
۱۵	۱۱۰/۱	۱۰۱/۶	۹۴	۸۸/۲	۸۴	۸۰/۹	۷۸/۶	۷۶/۶	۷۵	۷۳/۵
۱۶	۱۱۶/۵	۱۱۷/۹	۱۱۹/۹	۱۲۲	۱۲۴/۱	۱۲۵/۹	۱۲۷/۳	۱۲۸/۴	۱۲۹/۳	۱۲۹/۹
۱۷	۱۱۷/۸	۱۲۱	۱۲۴	۱۲۶/۵	۱۲۸/۶	۱۳۰/۲	۱۳۱/۴	۱۳۲/۴	۱۳۳/۲	۱۳۳/۹
۱۸	۱۱۴/۹	۱۱۱/۸	۱۰۷/۷	۱۰۴	۱۰۱/۳	۹۹/۵	۹۸/۴	۹۷/۷	۹۷/۲	۹۹/۹
۱۹	۱۲۱/۱	۱۲۶	۱۲۹/۷	۱۳۲/۲	۱۳۳/۸	۱۳۴/۸	۱۳۴/۳	۱۳۵/۴	۱۳۵/۲	۱۳۴/۹
۲۰	۱۲۴	۱۳۳/۲	۱۳۹/۱	۱۴۲/۶	۱۴۴/۹	۱۴۴/۵	۱۴۷/۹	۱۴۹	۱۴۹/۹	۱۵۰/۷
۲۱	۱۲۱	۱۲۴/۸	۱۲۵/۵	۱۲۴/۲	۱۲۲/۶	۱۲۱/۳	۱۲۰/۴	۱۱۹/۹	۱۱۹/۷	۱۱۹/۵
۲۲	۱۲۴	۱۲۹/۷	۱۳۱/۶	۱۳۱/۴	۱۳۰/۷	۱۳۰/۱	۱۲۹/۷	۱۲۹/۴	۱۲۹/۲	۱۲۹/۱

مقادیر مقاومت فشاری تک‌محوری تخمینی به روش عکس توان فاصله از توان ۱۱ تا ۲۰ برای ۲۲ سینه کار برداشت شده

پله	توان ۱۱	توان ۱۲	توان ۱۳	توان ۱۴	توان ۱۵	توان ۱۶	توان ۱۷	توان ۱۸	توان ۱۹	توان ۲۰
۱	۱۰۳	۱۰۲/۷	۱۰۲/۴	۱۰۲/۱	۱۰۱/۸	۱۰۱/۶	۱۰۱/۴	۱۰۱/۲	۱۰۱	۱۰۰/۸
۲	۱۲۴/۵	۱۲۴/۳	۱۲۴/۲	۱۲۴/۲	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱
۳	۱۰۲/۹	۱۰۲/۸	۱۰۲/۸	۱۰۲/۷	۱۰۲/۷	۱۰۲/۷	۱۰۲/۷	۱۰۲/۷	۱۰۲/۷	۱۰۲/۷
۴	۱۴۷/۴	۱۴۷/۷	۱۴۷/۹	۱۴۸/۱	۱۴۸/۴	۱۴۸/۶	۱۴۸/۸	۱۴۹	۱۴۹/۳	۱۴۹/۵
۵	۱۰۲/۴	۱۰۲/۴	۱۰۲/۴	۱۰۲/۴	۱۰۲/۵	۱۰۲/۵	۱۰۲/۵	۱۰۲/۵	۱۰۲/۵	۱۰۲/۵
۶	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲	۱۴۵/۲
۷	۱۰۱	۱۰۱	۱۰۱	۱۰۱	۱۰۰/۹	۱۰۰/۹	۱۰۰/۹	۱۰۰/۹	۱۰۰/۹	۱۰۰/۹
۸	۱۲۴/۴	۱۲۴/۳	۱۲۴/۲	۱۲۴/۲	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱	۱۲۴/۱
۹	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲	۶۱/۲
۱۰	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹	۹۸/۹
۱۱	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵	۵۶/۵
۱۲	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶	۱۲۹/۶
۱۳	۱۱۶/۳	۱۱۶/۳	۱۱۶/۴	۱۱۶/۵	۱۱۶/۵	۱۱۶/۵	۱۱۶/۶	۱۱۶/۶	۱۱۶/۶	۱۱۶/۶
۱۴	۶۱/۵	۶۰/۵	۵۹/۷	۵۹	۵۸/۵	۵۸/۱	۵۷/۸	۵۷/۶	۵۷/۴	۵۷/۲
۱۵	۷۲/۲	۷۱	۷۰	۶۸/۹	۶۸	۶۷/۱	۶۶/۳	۶۵/۶	۶۴/۹	۶۴/۲
۱۶	۱۳۰/۴	۱۳۰/۸	۱۳۱/۱	۱۳۱/۳	۱۳۱/۵	۱۳۱/۷	۱۳۱/۸	۱۳۲	۱۳۲/۱	۱۳۲/۲
۱۷	۱۳۴/۵	۱۳۵/۱	۱۳۵/۷	۱۳۶/۲	۱۳۶/۷	۱۳۷/۲	۱۳۷/۶	۱۳۸/۱	۱۳۸/۵	۱۳۹
۱۸	۹۶/۷	۵۶/۵	۹۶/۴	۹۶/۴	۹۶/۳	۹۶/۳	۹۶/۳	۹۶/۳	۹۶/۲	۹۶/۲
۱۹	۱۳۴/۵	۱۳۴	۱۳۳/۵	۱۳۲/۹	۱۳۲/۴	۱۳۱/۸	۱۳۱/۳	۱۳۰/۹	۱۳۰/۴	۱۳۰
۲۰	۱۵۱/۴	۱۵۱/۹	۱۵۲/۴	۱۵۲/۷	۱۵۳	۱۵۳/۳	۱۵۳/۵	۱۵۳/۷	۱۵۳/۸	۱۵۴
۲۱	۱۱۹/۴	۱۱۹/۴	۱۱۹/۳	۱۱۹/۳	۱۱۹/۳	۱۱۹/۳	۱۱۹/۳	۱۱۹/۳	۱۱۹/۳	۱۱۹/۳
۲۲	۱۲۹	۱۲۸/۹	۱۲۸/۸	۱۲۸/۸	۱۲۸/۸	۱۲۸/۷	۱۲۸/۷	۱۲۸/۷	۱۲۸/۷	۱۲۸/۷

جدول مقادیر سختی موهس تخمینی به روش عکس فاصله از توان ۱ تا ۲۰ برای ۲۲ سینه کار برداشت شده

پله	توان ۱	توان ۲	توان ۳	توان ۴	توان ۵	توان ۶	توان ۷	توان ۸	توان ۹	توان ۱۰
۱	۲/۲	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۲	۲/۵	۲/۸	۲/۹	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۳	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲	۲	۲
۴	۲/۵	۲/۸	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۵	۲/۲	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۶	۲/۲	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۷	۲/۲	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۸	۲/۵	۲/۸	۲/۹	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۹	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۰	۲/۲	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۱	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۲	۲/۳	۲/۲	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۳	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۴	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲	۲	۲
۱۵	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۶	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲/۱
۱۷	۲/۲	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۴
۱۸	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۹	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۲
۲۰	۲/۴	۲/۶	۲/۸	۲/۹	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۲۱	۲/۳	۲/۴	۲/۳	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲	۲	۲
۲۲	۲/۴	۲/۵	۲/۵	۲/۴	۲/۳	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲/۱

مقادیر سختی موهس تخمینی به روش عکس فاصله از توان ۱۱ تا ۲۰ برای ۲۲ سینه کار برداشت شده

پله	توان ۱۱	توان ۱۲	توان ۱۳	توان ۱۴	توان ۱۵	توان ۱۶	توان ۱۷	توان ۱۸	توان ۱۹	توان ۲۰
۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۵	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۶	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۷	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۸	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۹	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۰	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۴	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۵	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۶	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۷	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۱۸	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۱۹	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۲/۱	۲/۱	۲/۱
۲۰	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۲۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
۲۲	۲/۱	۲/۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲

پوست: ۵

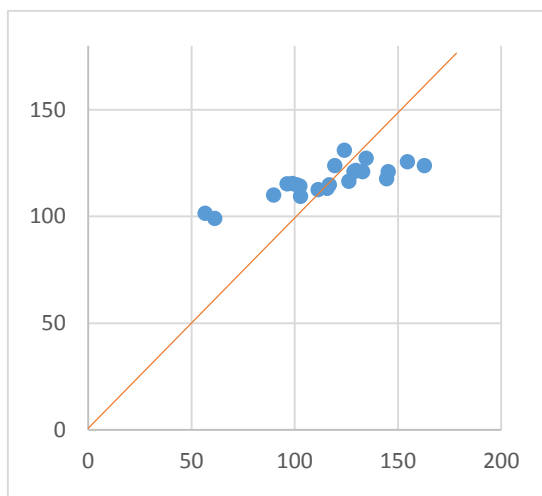
جدول مقادیر وزن مخصوص تخمینی به روش عکس فاصله از توان ۱ تا ۲۰ برای ۲۲ سینه کار برداشت شده

پله	توان ۱	توان ۲	توان ۳	توان ۴	توان ۵	توان ۶	توان ۷	توان ۸	توان ۹	توان ۱۰
۱	۲/۵۵	۲/۵۸	۲/۵۹	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰
۲	۲/۵۵	۲/۵۷	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸
۳	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۳	۲/۵۴	۲/۵۶	۲/۵۷	۲/۵۸	۲/۵۹	۲/۵۹
۴	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳
۵	۲/۵۶	۲/۵۸	۲/۵۹	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰
۶	۲/۵۴	۲/۵۲	۲/۵۰	۲/۴۸	۲/۴۷	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶
۷	۲/۵۴	۲/۵۶	۲/۵۸	۲/۶۰	۲/۶۱	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲
۸	۲/۵۴	۲/۵۵	۲/۵۶	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸
۹	۲/۵۱	۲/۴۶	۲/۴۳	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲
۱۰	۲/۵۶	۲/۵۹	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰
۱۱	۲/۴۸	۲/۴۸	۲/۴۳	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲
۱۲	۲/۵۵	۲/۵۷	۲/۵۸	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷
۱۳	۲/۵۳	۲/۵۴	۲/۵۴	۲/۵۵	۲/۵۶	۲/۵۶	۲/۵۶	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷
۱۴	۲/۵۰	۲/۴۷	۲/۴۴	۲/۴۲	۲/۴۰	۲/۳۹	۲/۳۸	۲/۳۷	۲/۳۶	۲/۳۵
۱۵	۲/۵۲	۲/۵۱	۲/۴۹	۲/۴۷	۲/۴۶	۲/۴۴	۲/۴۳	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۱
۱۶	۲/۵۴	۲/۵۶	۲/۵۷	۲/۵۸	۲/۵۹	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۱	۲/۶۱	۲/۶۱
۱۷	۲/۵۳	۲/۵۴	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۶	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۸	۲/۵۸
۱۸	۲/۵۱	۲/۴۸	۲/۴۵	۲/۴۲	۲/۴۱	۲/۳۹	۲/۳۹	۲/۳۸	۲/۳۸	۲/۳۸
۱۹	۲/۵۴	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۴	۲/۵۴	۲/۵۳	۲/۵۳
۲۰	۲/۵۳	۲/۵۴	۲/۵۴	۲/۵۴	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۲	۲/۵۲
۲۱	۲/۵۱	۲/۴۸	۲/۴۴	۲/۴۰	۲/۳۷	۲/۳۵	۲/۳۴	۲/۳۳	۲/۳۳	۲/۳۳
۲۲	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵

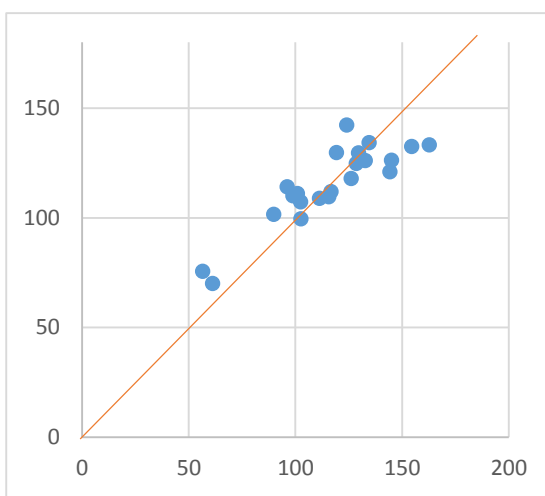
جدول مقادیر وزن مخصوص تخمینی به روش عکس فاصله از توان ۱۱ تا ۲۰ برای ۲۲ سینه کار برداشت شده

پله	توان ۱۱	توان ۱۲	توان ۱۳	توان ۱۴	توان ۱۵	توان ۱۶	توان ۱۷	توان ۱۸	توان ۱۹	توان ۲۰
۱	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰
۲	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸
۳	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۱	۲/۶۱	۲/۶۱	۲/۶۱	۲/۶۱	۲/۶۱	۲/۶۱
۴	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲
۵	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹
۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶	۲/۴۶
۷	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲
۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸
۹	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲	۲/۴۲
۱۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۰
۱۱	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲
۱۲	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷
۱۳	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۷
۱۴	۲/۳۵	۲/۳۴	۲/۳۵	۲/۳۴	۲/۳۴	۲/۳۳	۲/۳۳	۲/۳۳	۲/۳۳	۲/۳۳
۱۵	۲/۴۰	۲/۴۰	۲/۴۰	۲/۳۸	۲/۳۸	۲/۳۸	۲/۳۷	۲/۳۶	۲/۳۶	۲/۳۶
۱۶	۲/۶۱	۲/۶۱	۲/۶۱	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲	۲/۶۲
۱۷	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹	۲/۵۹
۱۸	۲/۳۷	۲/۳۷	۲/۳۷	۲/۳۷	۲/۳۷	۲/۳۷	۲/۳۷	۲/۳۷	۲/۳۷	۲/۳۷
۱۹	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۳	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۱	۲/۵۱	۲/۵۱	۲/۵۱
۲۰	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲	۲/۵۲
۲۱	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲	۲/۳۲
۲۲	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵	۲/۵۵

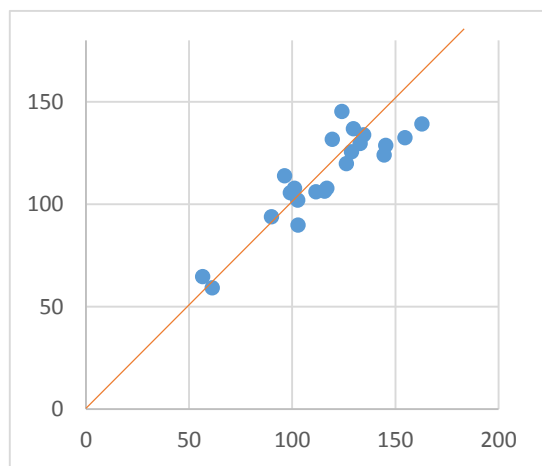
نمودارهای رسم شده بین مقاومت فشاری تخمینی - مقاومت فشاری آزمایشگاهی



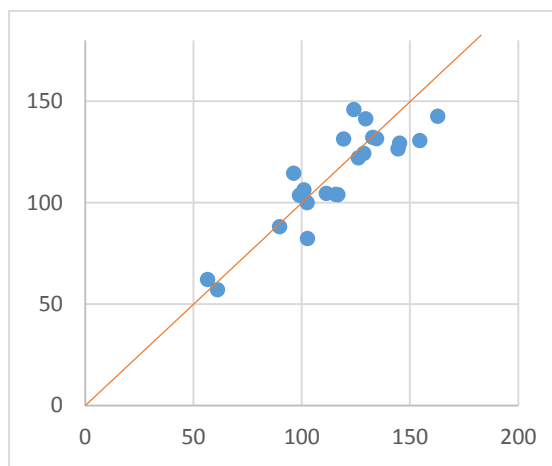
تخمین به روش عکس توان ۱ فاصله



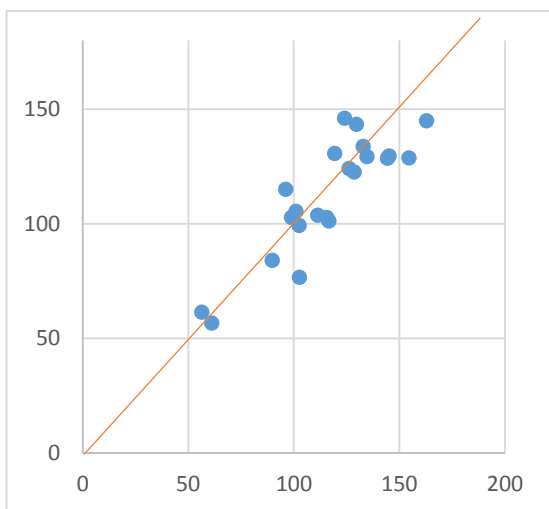
تخمین به روش عکس توان ۲ فاصله



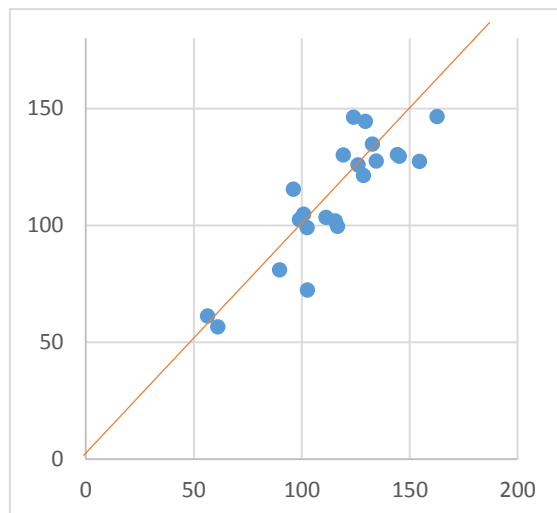
تخمین به روش عکس توان ۳ فاصله



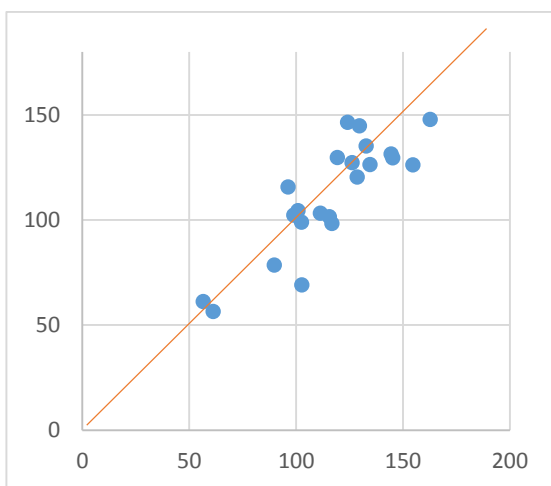
تخمین به روش عکس توان ۴ فاصله



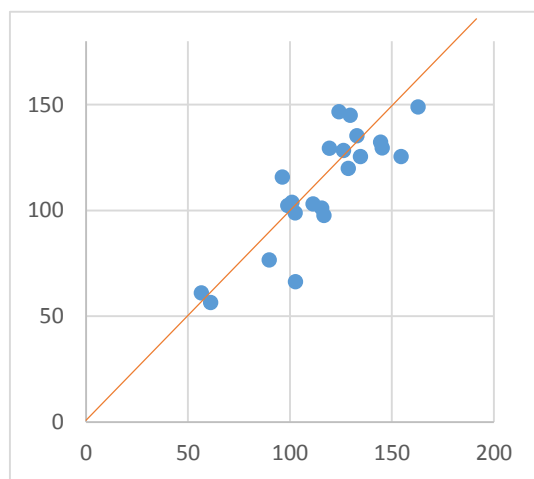
تخمین به روش عکس توان ۵ فاصله



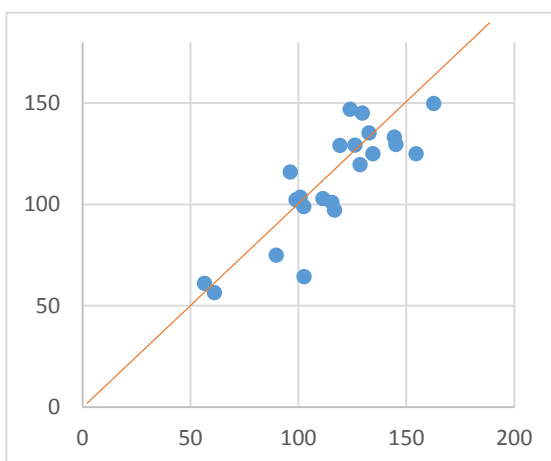
تخمین به روش عکس توان ۶ فاصله



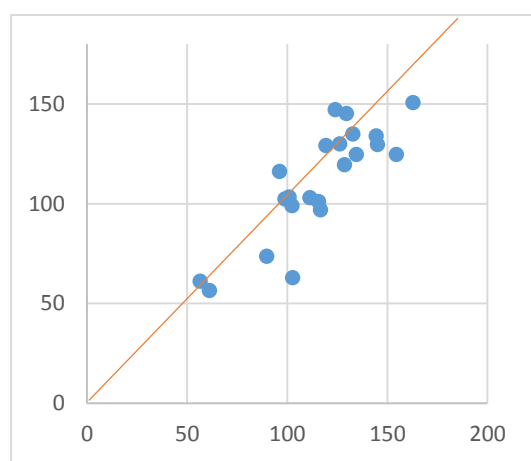
تخمین به روش عکس توان ۷ فاصله



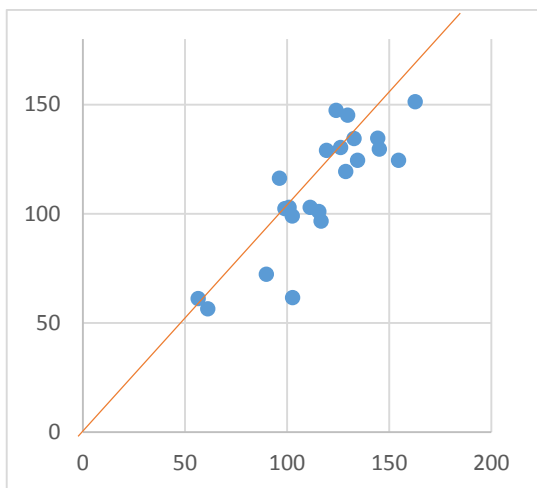
تخمین به روش عکس توان ۸ فاصله



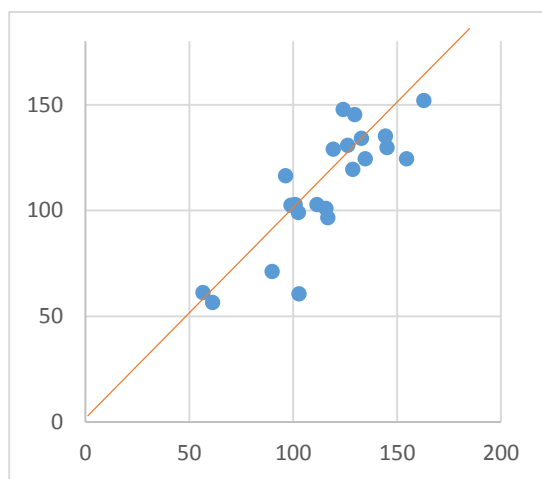
تخمین به روش عکس توان ۹ فاصله



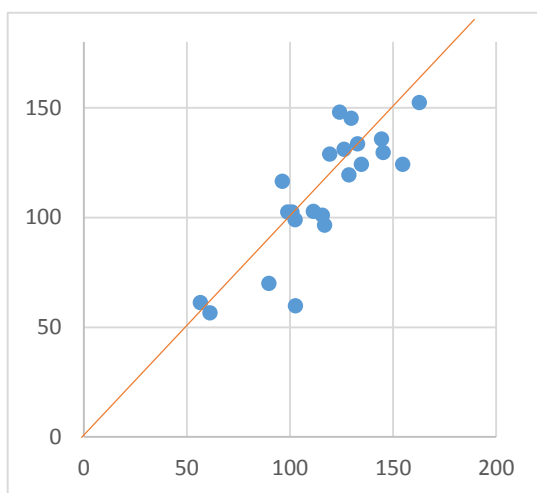
تخمین به روش عکس توان ۱۰ فاصله



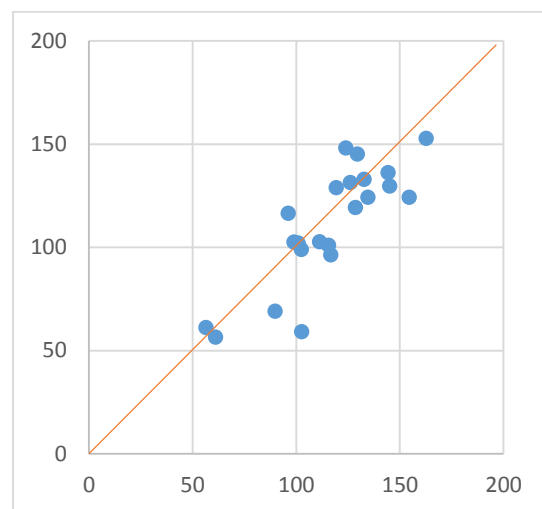
تخمین به روش عکس توان ۱۱ فاصله



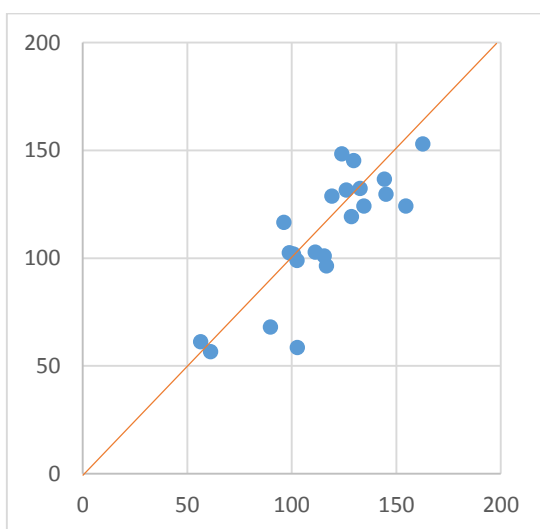
تخمین به روش عکس توان ۱۲ فاصله



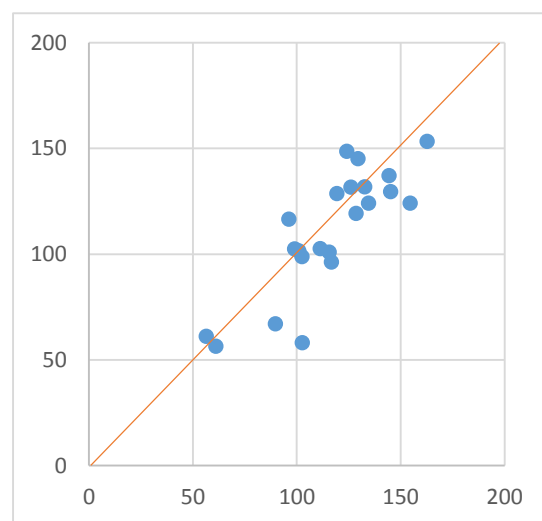
تخمین به روش عکس توان ۱۳ فاصله



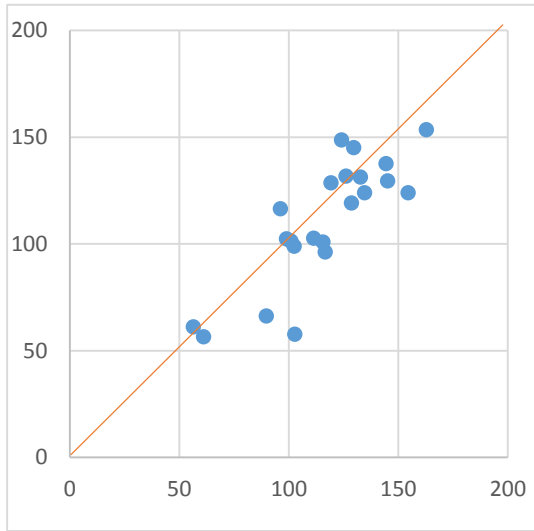
تخمین به روش عکس توان ۱۴ فاصله



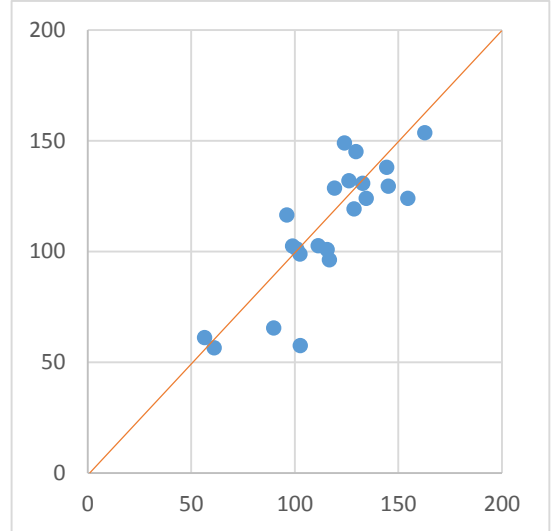
تخمین به روش عکس توان ۱۵ فاصله



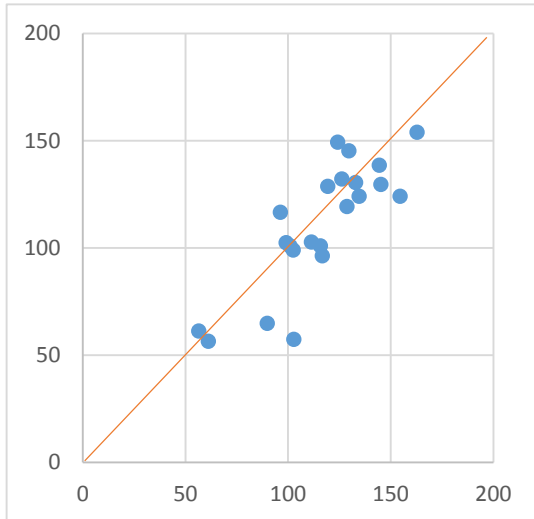
تخمین به روش عکس توان ۱۶ فاصله



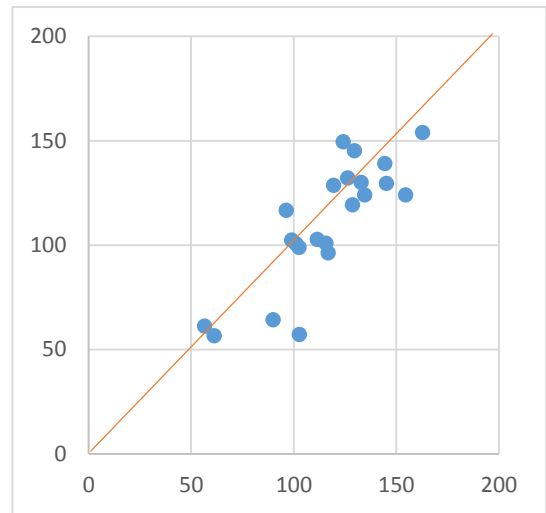
تخمین به روش عکس توان ۱۷ فاصله



تخمین به روش عکس توان ۱۸ فاصله



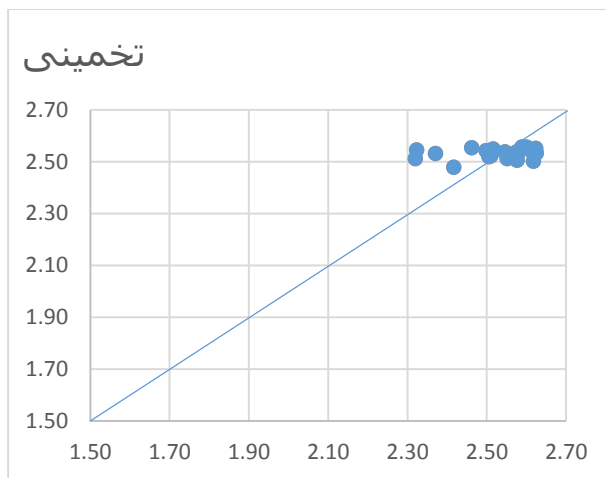
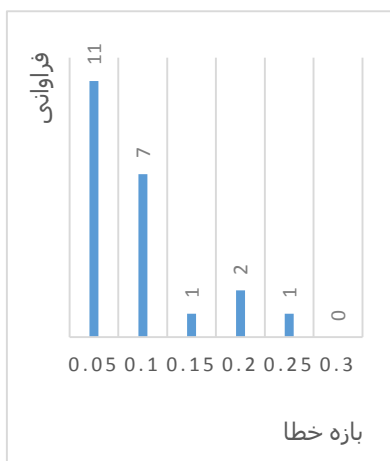
تخمین به روش عکس توان ۱۹ فاصله



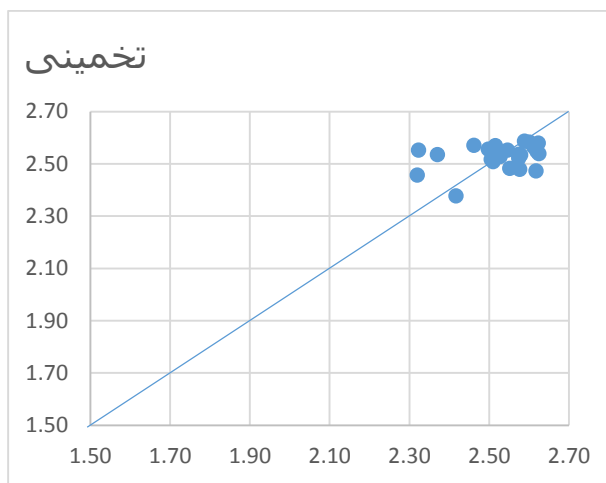
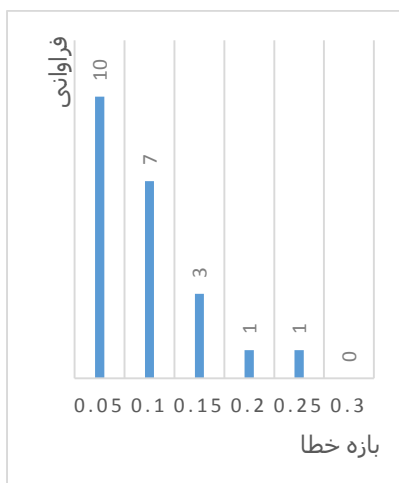
تخمین به روش عکس توان ۲۰ فاصله

پوست ۷:

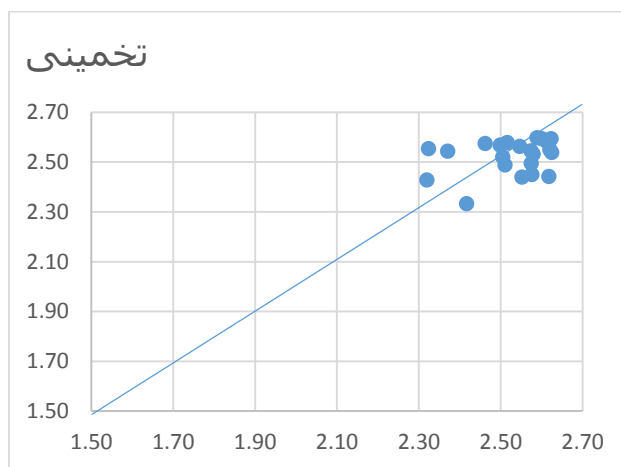
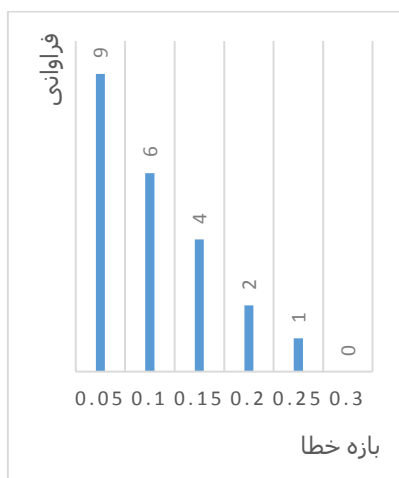
نمودار بین وزن مخصوص آزمایشگاهی و وزن مخصوص تخمین زده شده و نمودار هیستوگرام تفاضل آن‌ها



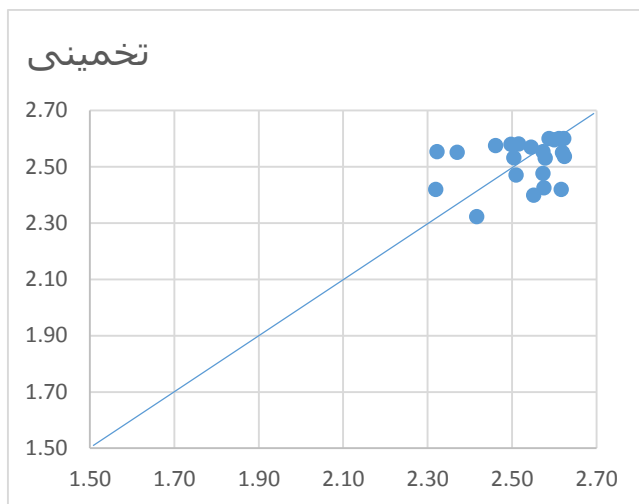
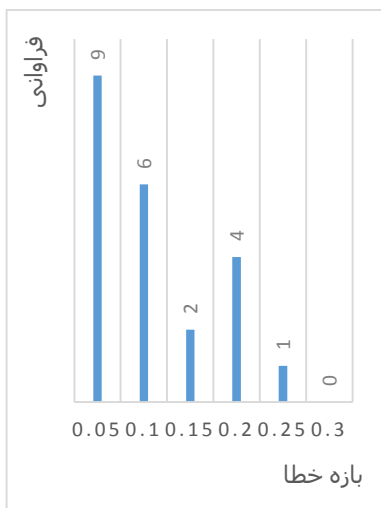
تخمین خرج ویژه با توان ۱



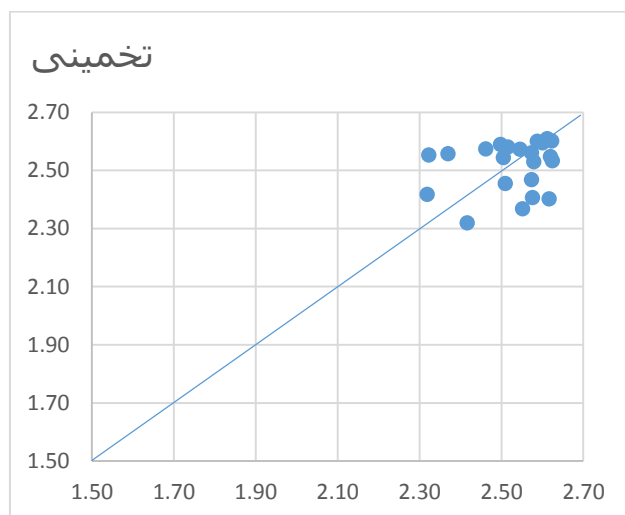
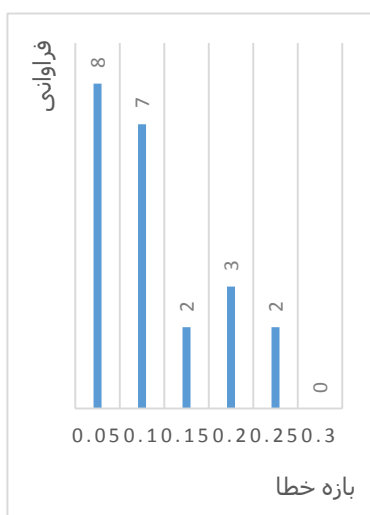
تخمین با خرج ویژه با توان ۲



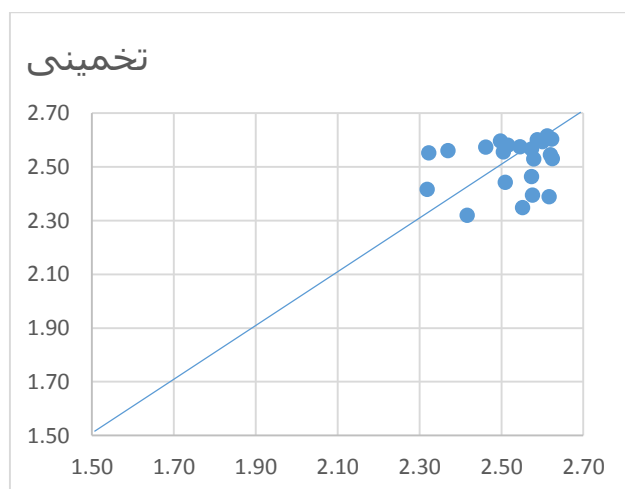
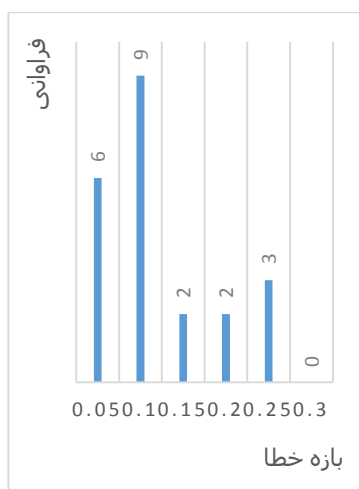
تخمین با خرج ویژه با توان ۳



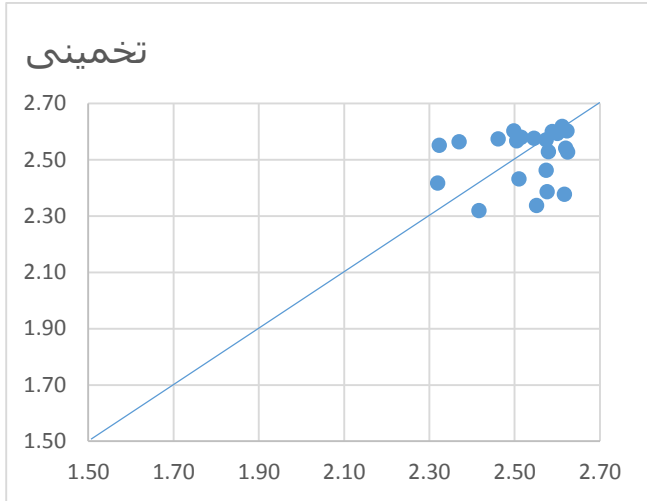
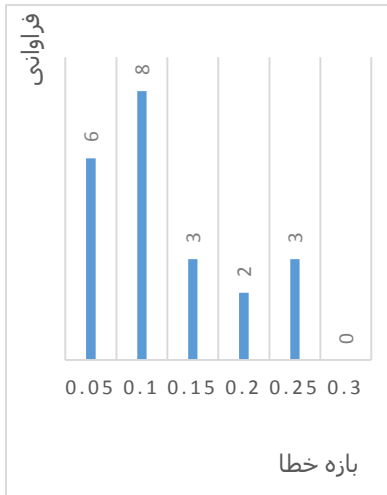
تخمین با خرج ویژه با توان ۴



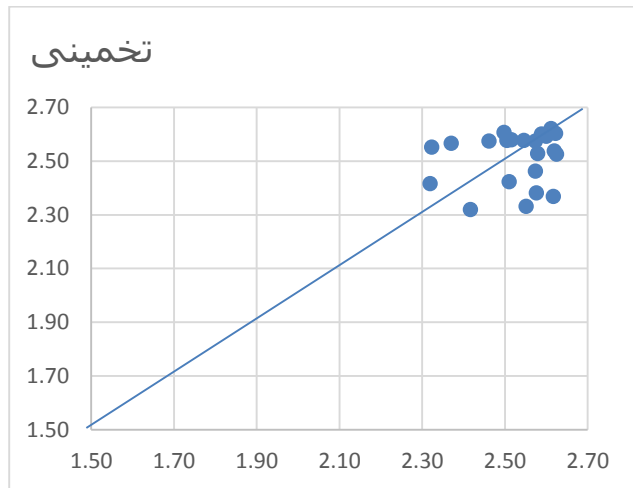
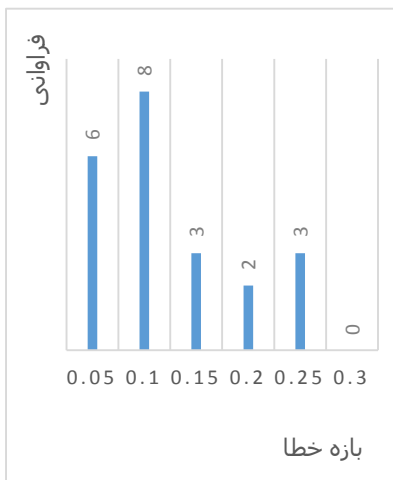
تخمین با خرج ویژه با توان ۵



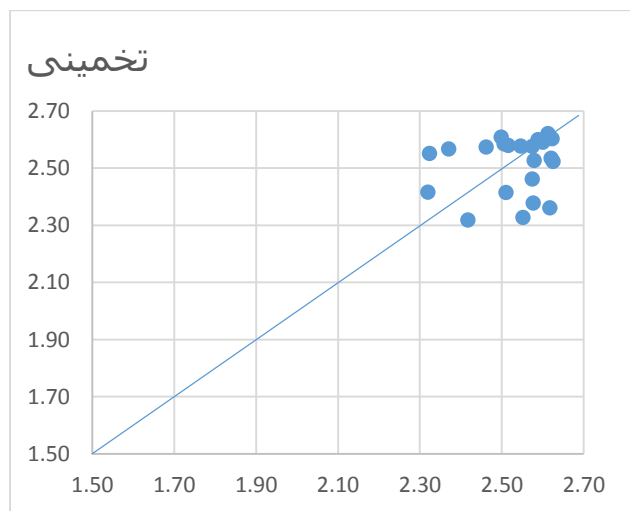
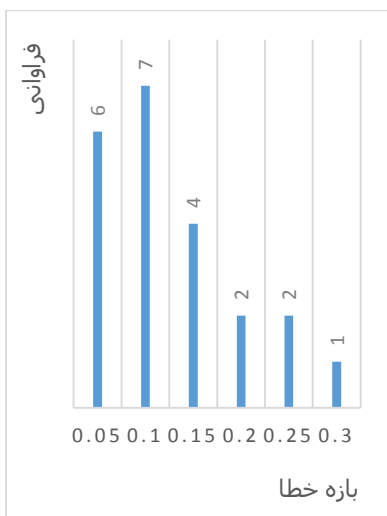
تخمین با خرج ویژه با توان ۶



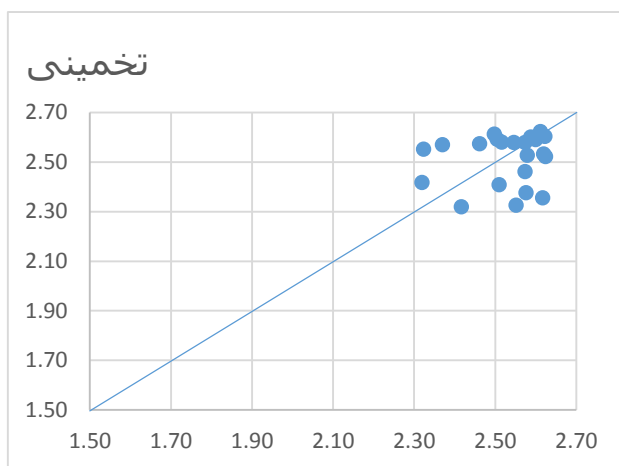
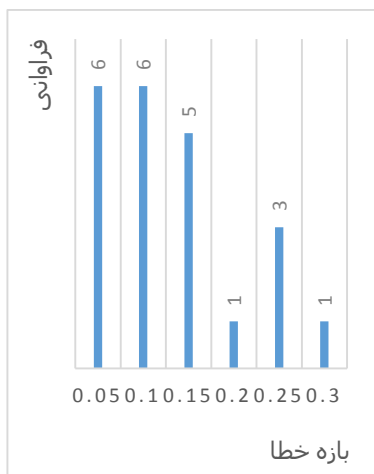
تخمین با خرج ویژه با توان ۷



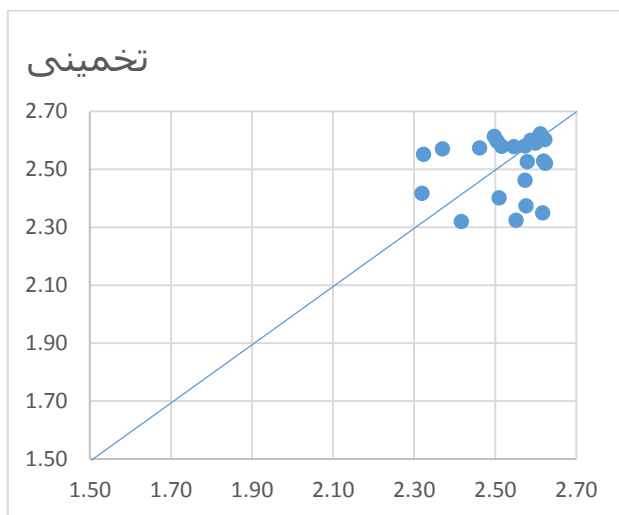
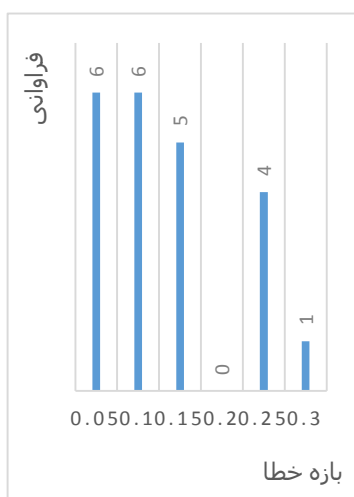
تخمین با خرج ویژه با توان ۸



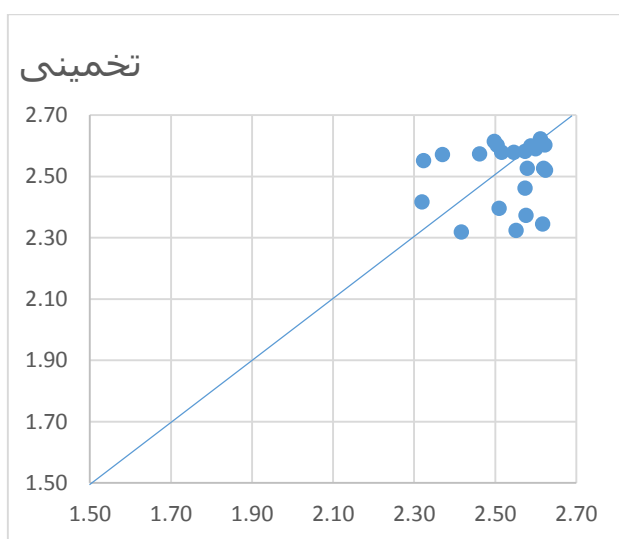
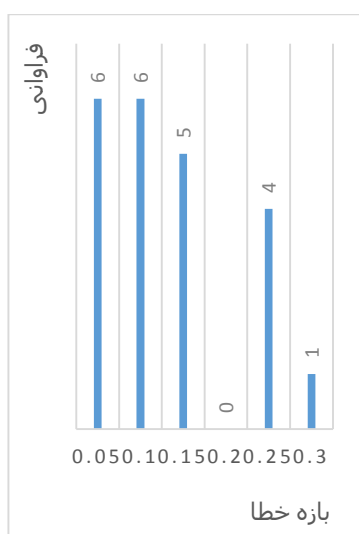
تخمین با خرج ویژه با توان ۹



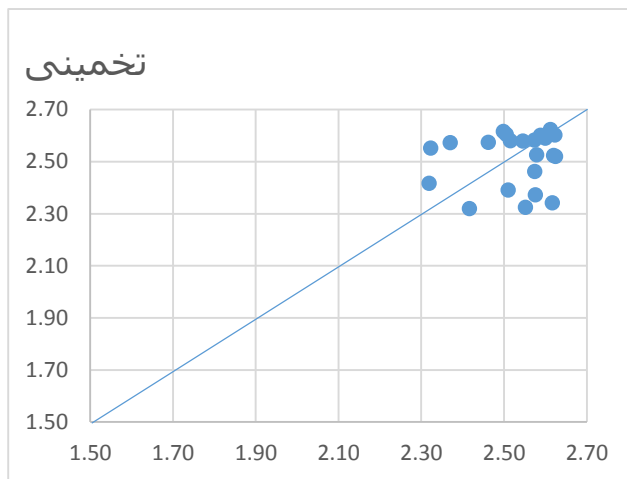
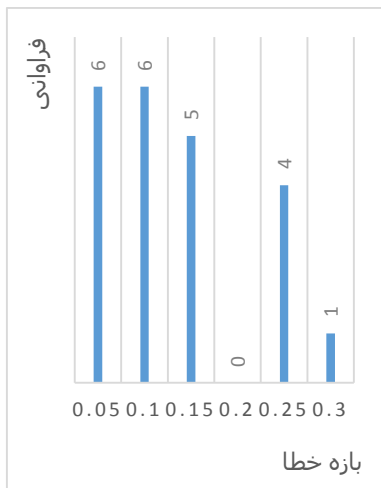
تخمین با خرج ویژه با توان ۱۰



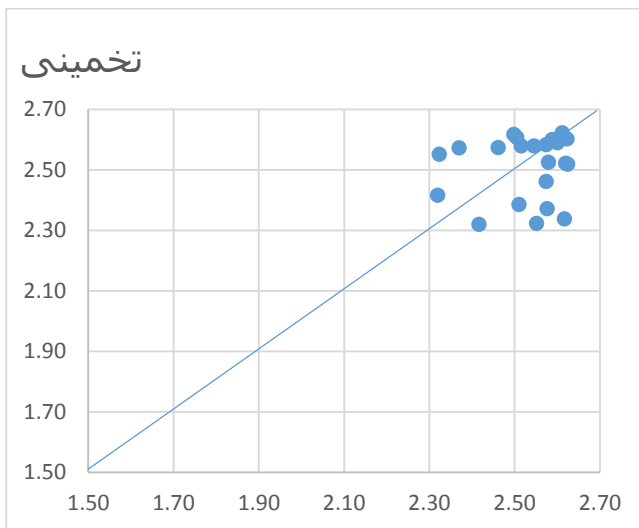
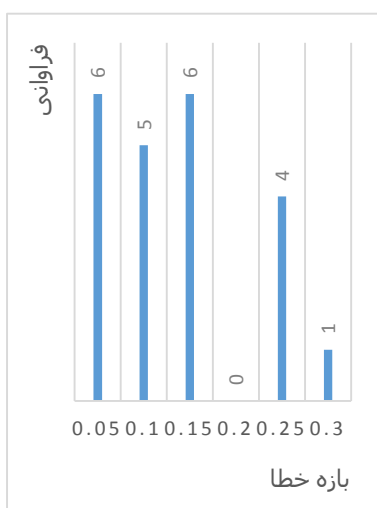
تخمین با خرج ویژه با توان ۱۱



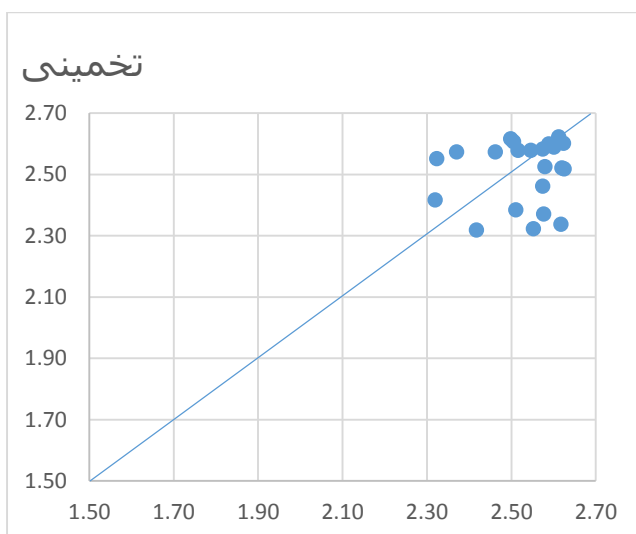
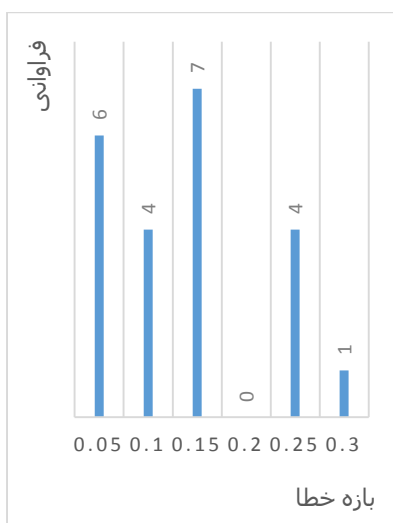
تخمین با خرج ویژه با توان ۱۲



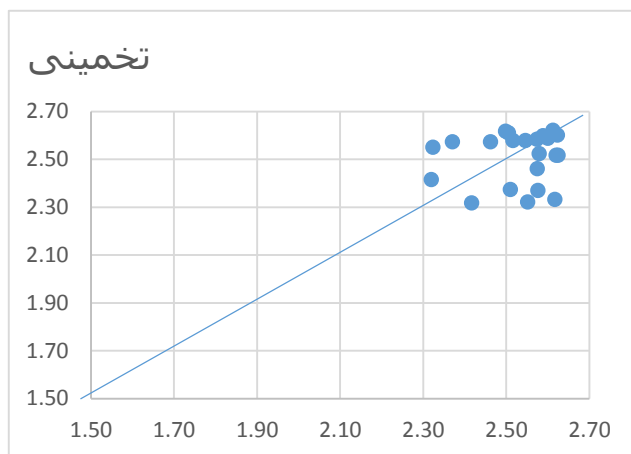
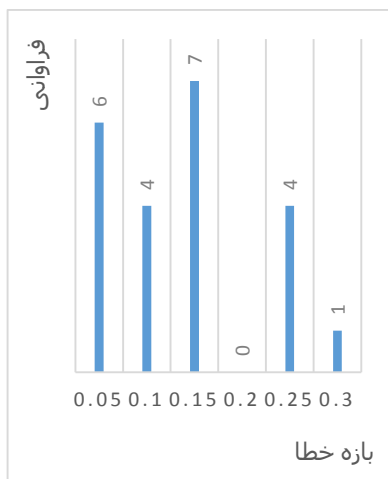
تخمین با خرج ویژه با توان ۱۳



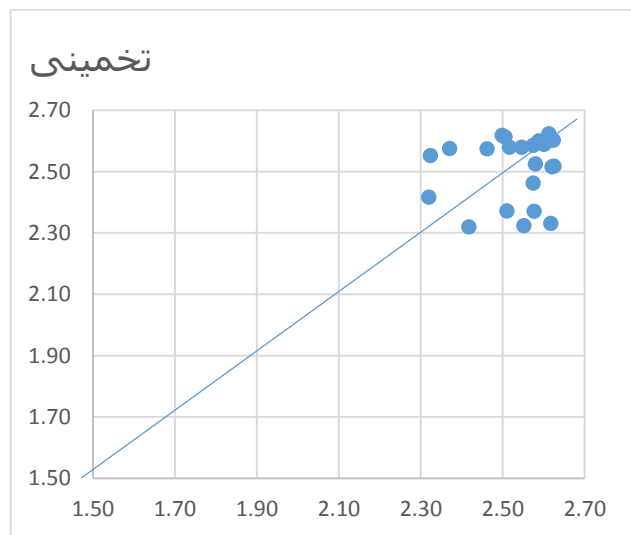
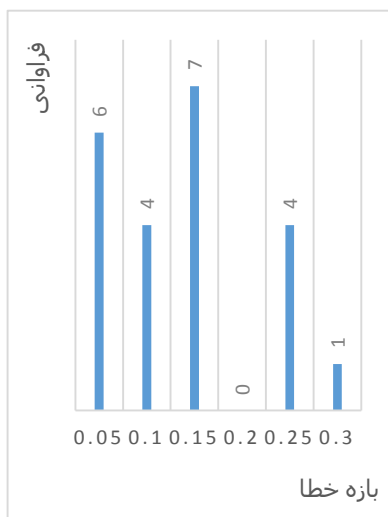
تخمین با خرج ویژه با توان ۱۴



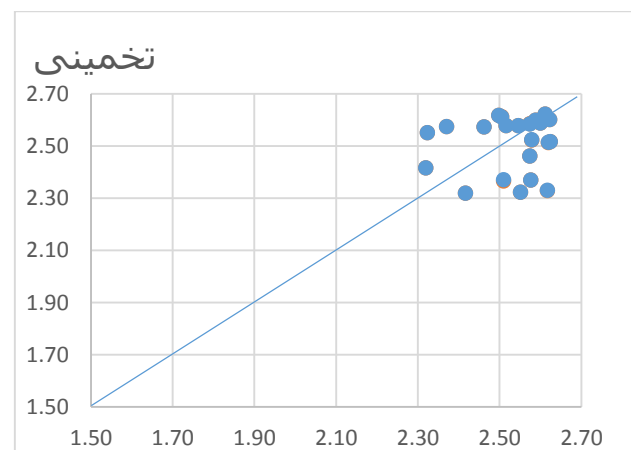
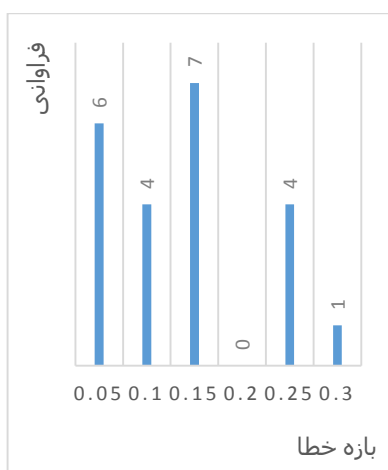
تخمین با خرج ویژه با توان ۱۵



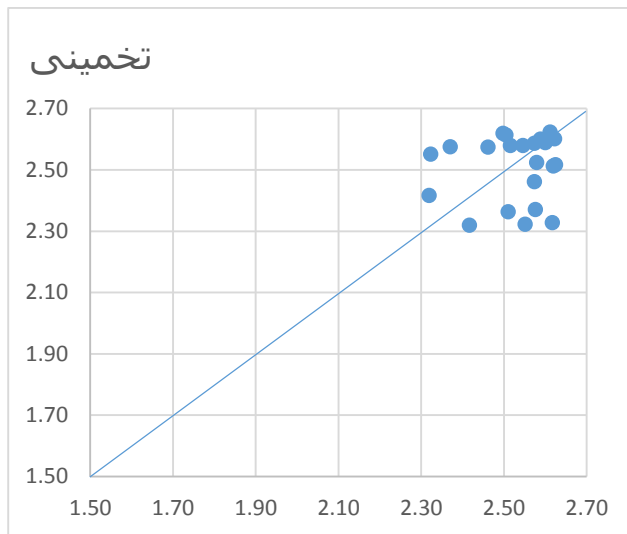
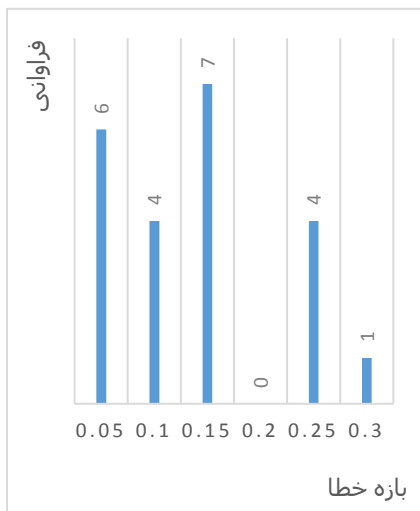
تخمین با خرج ویژه با توان ۱۶



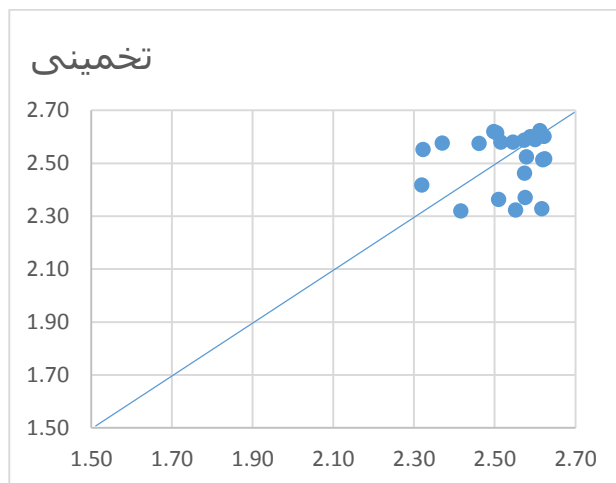
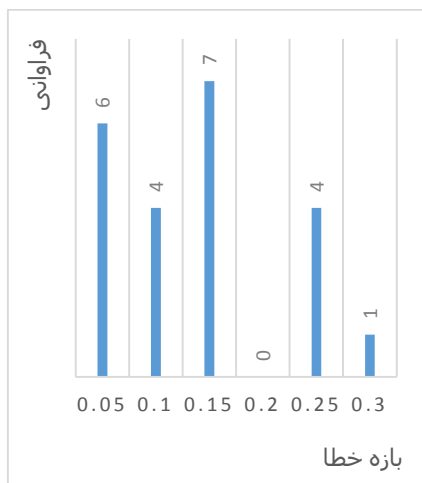
تخمین با خرج ویژه با توان ۱۷



تخمین با خرج ویژه با توان ۱۸



تخمین با خرج ویژه با توان ۱۹



تخمین با خرج ویژه با توان ۲۰

مقادیر محاسبه شده خرج ویژه به کمک شاخص قابلیت انفجار و خردایش سنگ

خرج ویژه (kg/m^3) به کمک روش BI	$Y(m)$	$x(m)$	ردیف	خرج ویژه (kg/m^3) به کمک روش BI	$Y(m)$	$x(m)$	ردیف
۰/۲۲۲	۴۰۴۰۹۲۸	۷۴۵۳۰۵	۲۷	۰/۲۱۵	۴۰۴۱۱۴۳	۷۴۵۳۶۲	۱
۰/۲۰۲	۴۰۴۰۹۰۷	۷۴۵۲۸۵	۲۸	۰/۲۰۱	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۰۴	۲
۰/۲۱۹	۴۰۴۰۸۸۰	۷۴۵۲۸۴	۲۹	۰/۲۰۲	۴۰۴۰۹۰۳	۷۴۵۳۰۶	۳
۰/۲۱۶	۴۰۴۰۸۵۲	۷۴۵۲۷۴	۳۰	۰/۲۰۴	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۱۸۲	۴
۰/۲۵۹	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۴۴۴	۳۱	۰/۲۴۴	۴۰۴۱۱۷۱	۷۴۵۳۳۹	۵
۰/۲۳۹	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۳۹۰	۳۲	۰/۲۳۲	۴۰۴۱۱۷۹	۷۴۵۲۷۵	۶
۰/۲۰۹	۴۰۴۱۰۵۸	۷۴۵۳۴۴	۳۳	۰/۲۴۱	۴۰۴۱۱۰۳	۷۴۵۳۶۶	۷
۰/۲۲۱	۴۰۴۱۰۲۹	۷۴۵۳۰۱	۳۴	۰/۲۲۶	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۱۸۷	۸
۰/۲۱۴	۴۰۴۱۰۱۳	۷۴۵۲۸۴	۳۵	۰/۲۱۹	۴۰۴۰۹۷۸	۷۴۵۳۸۹	۹
۰/۲۰۷	۴۰۴۰۹۶۹	۷۴۵۲۵۳	۳۶	۰/۲۴۳	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۳۵۴	۱۰
۰/۲۰۵	۴۰۴۰۹۴۳	۷۴۵۲۴۴	۳۷	۰/۲۲۴	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۹۹	۱۱
۰/۲۱۹	۴۰۴۰۹۰۸	۷۴۵۲۲۸	۳۸	۰/۲۰۷	۴۰۴۱۱۶۶	۷۴۵۲۴۷	۱۲
۰/۲۶۴	۴۰۴۰۹۰۷	۷۴۵۳۹۹	۳۹	۰/۱۹۶	۴۰۴۰۸۱۹	۷۴۵۲۸۹	۱۳
۰/۲۱۷	۴۰۴۱۱۱۱	۷۴۵۳۳۵	۴۰	۰/۲۱۴	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۳۸	۱۴
۰/۲۱۴	۴۰۴۱۱۰۸	۷۴۵۳۰۴	۴۱	۰/۲۳۹	۴۰۴۱۰۴۳	۷۴۵۴۱۳	۱۵
۰/۲۱۴	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۶۴	۴۲	۰/۲۱۸	۴۰۴۱۰۴۹	۷۴۵۳۲۰	۱۶
۰/۲۰۵	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۲۴۲	۴۳	۰/۲۰۸	۴۰۴۰۹۹۴	۷۴۵۲۶۸	۱۷
۰/۲۱۶	۴۰۴۱۰۳۵	۷۴۵۲۲۱	۴۴	۰/۲۱۴	۴۰۴۰۸۵۱	۷۴۵۲۲۶	۱۸
۰/۲۴۲	۴۰۴۱۰۱۳	۷۴۵۲۰۸	۴۵	۰/۲۱۸	۴۰۴۱۰۹۸	۷۴۵۲۸۴	۱۹
۰/۲۱۸	۴۰۴۰۹۸۶	۷۴۵۱۹۶	۴۶	۰/۲۱۰	۴۰۴۱۰۵۷	۷۴۵۲۳۰	۲۰
۰/۲۱۴	۴۰۴۰۹۷۱	۷۴۵۱۴۰	۴۷	۰/۲۰۹	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۱۷۷	۲۱
۰/۲۴۶	۴۰۴۱۰۳۱	۷۴۵۱۵۳	۴۸	۰/۲۰۰	۴۰۴۱۰۰۰	۷۴۵۱۴۰	۲۲
۰/۲۱۲	۴۰۴۱۱۰۹	۷۴۵۲۰۵	۴۹	۰/۲۳۳	۴۰۴۰۹۷۱	۷۴۵۴۸۳	۲۳
۰/۱۹۹	۴۰۴۱۱۴۵	۷۴۵۲۲۵	۵۰	۰/۲۳۰	۴۰۴۰۹۶۸	۷۴۵۴۴۰	۲۴
۰/۲۲۵	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۲۹۲	۵۱	۰/۲۲۸	۴۰۴۰۹۶۴	۷۴۵۳۶۸	۲۵
۰/۲۴۳	۴۰۴۱۲۰۳	۷۴۵۳۲۴۱	۵۲	۰/۲۱۱	۴۰۴۰۹۴۳	۷۴۵۳۱۸	۲۶

خرج ویژه (kg/m^3) به کمک روش RFI	$Y(m)$	$x(m)$	ردیف	خرج ویژه (kg/m^3) به کمک روش RFI	$Y(m)$	$x(m)$	ردیف
۰/۴۴۲	۴۰۴۰۹۲۸	۷۴۵۳۰۵	۲۷	۰/۴۱۷	۴۰۴۱۱۴۳	۷۴۵۳۶۲	۱
۰/۳۵۸	۴۰۴۰۹۰۷	۷۴۵۲۸۵	۲۸	۰/۴۵۶	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۰۴	۲
۰/۴۳۶	۴۰۴۰۸۸۰	۷۴۵۲۸۴	۲۹	۰/۳۵۸	۴۰۴۰۹۰۳	۷۴۵۳۰۶	۳
۰/۴۳۶	۴۰۴۰۸۵۲	۷۴۵۲۷۴	۳۰	۰/۳۵۳	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۱۸۲	۴
۰/۴۵۶	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۴۴۴	۳۱	۰/۴۱۷	۴۰۴۱۱۷۱	۷۴۵۳۳۹	۵
۰/۴۱۷	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۳۹۰	۳۲	۰/۴۵۶	۴۰۴۱۱۷۹	۷۴۵۲۷۵	۶
۰/۳۶۸	۴۰۴۱۰۵۸	۷۴۵۳۴۴	۳۳	۰/۴۷۰	۴۰۴۱۱۰۳	۷۴۵۳۶۶	۷
۰/۳۸۳	۴۰۴۱۰۲۹	۷۴۵۳۰۱	۳۴	۰/۴۴۲	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۱۸۷	۸
۰/۳۶۸	۴۰۴۱۰۱۳	۷۴۵۲۸۴	۳۵	۰/۴۵۶	۴۰۴۰۹۷۸	۷۴۵۳۸۹	۹
۰/۳۵۸	۴۰۴۰۹۶۹	۷۴۵۲۵۳	۳۶	۰/۴۵۶	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۳۵۴	۱۰
۰/۳۵۸	۴۰۴۰۹۴۳	۷۴۵۲۴۴	۳۷	۰/۴۱۷	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۹۹	۱۱
۰/۴۳۲	۴۰۴۰۹۰۸	۷۴۵۲۲۸	۳۸	۰/۳۶۸	۴۰۴۱۱۶۶	۷۴۵۲۴۷	۱۲
۰/۵۰۰	۴۰۴۰۹۰۷	۷۴۵۳۹۹	۳۹	۰/۳۳۱	۴۰۴۰۸۱۹	۷۴۵۲۸۹	۱۳
۰/۳۷۳	۴۰۴۱۱۱۱	۷۴۵۳۳۵	۴۰	۰/۳۶۸	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۳۸	۱۴
۰/۳۶۸	۴۰۴۱۱۰۸	۷۴۵۳۰۴	۴۱	۰/۴۱۷	۴۰۴۱۰۴۳	۷۴۵۴۱۳	۱۵
۰/۳۶۸	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۶۴	۴۲	۰/۳۸۳	۴۰۴۱۰۴۹	۷۴۵۳۲۰	۱۶
۰/۳۵۳	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۲۴۲	۴۳	۰/۳۵۹	۴۰۴۰۹۹۴	۷۴۵۲۶۸	۱۷
۰/۴۱۷	۴۰۴۱۰۳۵	۷۴۵۲۲۱	۴۴	۰/۳۳۱	۴۰۴۰۸۵۱	۷۴۵۲۲۶	۱۸
۰/۴۵۶	۴۰۴۱۰۱۳	۷۴۵۲۰۸	۴۵	۰/۴۲۴	۴۰۴۱۰۹۸	۷۴۵۲۸۴	۱۹
۰/۴۳۲	۴۰۴۰۹۸۶	۷۴۵۱۹۶	۴۶	۰/۳۹۴	۴۰۴۱۰۵۷	۷۴۵۲۳۰	۲۰
۰/۴۳۶	۴۰۴۰۹۷۱	۷۴۵۱۴۰	۴۷	۰/۳۶۵	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۱۷۷	۲۱
۰/۴۷۷	۴۰۴۱۰۳۱	۷۴۵۱۵۳	۴۸	۰/۳۶۸	۴۰۴۱۰۰۰	۷۴۵۱۴۰	۲۲
۰/۴۱۷	۴۰۴۱۱۰۹	۷۴۵۲۰۵	۴۹	۰/۴۱۷	۴۰۴۰۹۷۱	۷۴۵۴۸۳	۲۳
۰/۳۵۳	۴۰۴۱۱۴۵	۷۴۵۲۲۵	۵۰	۰/۴۲۹	۴۰۴۰۹۶۸	۷۴۵۴۴۰	۲۴
۰/۴۴۲	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۲۹۲	۵۱	۰/۴۱۷	۴۰۴۰۹۶۴	۷۴۵۳۶۸	۲۵
۰/۴۵۶	۴۰۴۱۲۰۳	۷۴۵۳۲۴۱	۵۲	۰/۴۱۷	۴۰۴۰۹۴۳	۷۴۵۳۱۸	۲۶

پوست:

بارسنگ محاسبه شده به کمک خرج ویژه بدست آمده از روش BI

بارسنگ(متر)	$Y(m)$	$x(m)$	ردیف	بارسنگ(متر)	$Y(m)$	$x(m)$	ردیف
۲/۶۲	۴۰۴۰۹۲۸	۷۴۵۳۰۵	۲۷	۲/۶۱	۴۰۴۱۱۴۳	۷۴۵۳۶۲	۱
۲/۷۵	۴۰۴۰۹۰۷	۷۴۵۲۸۵	۲۸	۲/۷۵	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۰۴	۲
۲/۶۴	۴۰۴۰۸۸۰	۷۴۵۲۸۴	۲۹	۲/۷۵	۴۰۴۰۹۰۳	۷۴۵۳۰۶	۳
۲/۷۰	۴۰۴۰۸۵۲	۷۴۵۲۷۴	۳۰	۲/۷۰	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۱۸۲	۴
۲/۴۳	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۴۴۴	۳۱	۲/۴۶	۴۰۴۱۱۷۱	۷۴۵۳۳۹	۵
۲/۵۳	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۳۹۰	۳۲	۲/۵۳	۴۰۴۱۱۷۹	۷۴۵۲۷۵	۶
۲/۷۰	۴۰۴۱۰۵۸	۷۴۵۳۴۴	۳۳	۲/۴۷	۴۰۴۱۱۰۳	۷۴۵۳۶۶	۷
۲/۶۱	۴۰۴۱۰۲۹	۷۴۵۳۰۱	۳۴	۲/۵۸	۴۰۴۱۰۴۸	۷۴۵۱۸۷	۸
۲/۶۴	۴۰۴۱۰۱۳	۷۴۵۲۸۴	۳۵	۲/۷۴	۴۰۴۰۹۷۸	۷۴۵۳۸۹	۹
۲/۶۸	۴۰۴۰۹۶۹	۷۴۵۲۵۳	۳۶	۲/۴۷	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۳۵۴	۱۰
۲/۷۱	۴۰۴۰۹۴۳	۷۴۵۲۴۴	۳۷	۲/۶۶	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۹۹	۱۱
۲/۶۲	۴۰۴۰۹۰۸	۷۴۵۲۲۸	۳۸	۲/۷۴	۴۰۴۱۱۶۶	۷۴۵۲۴۷	۱۲
۲/۳۶	۴۰۴۰۹۰۷	۷۴۵۳۹۹	۳۹	۲/۸۷	۴۰۴۰۸۱۹	۷۴۵۲۸۹	۱۳
۲/۶۱	۴۰۴۱۱۱۱	۷۴۵۳۳۵	۴۰	۲/۶۱	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۳۳۸	۱۴
۲/۶۲	۴۰۴۱۱۰۸	۷۴۵۳۰۴	۴۱	۲/۵۳	۴۰۴۱۰۴۳	۷۴۵۴۱۳	۱۵
۲/۶۲	۴۰۴۱۰۸۳	۷۴۵۲۶۴	۴۲	۲/۶۵	۴۰۴۱۰۴۹	۷۴۵۳۲۰	۱۶
۲/۶۸	۴۰۴۱۰۷۳	۷۴۵۲۴۲	۴۳	۲/۶۷	۴۰۴۰۹۹۴	۷۴۵۲۶۸	۱۷
۲/۶۱	۴۰۴۱۰۳۵	۷۴۵۲۲۱	۴۴	۲/۶۳	۴۰۴۰۸۵۱	۷۴۵۲۲۶	۱۸
۲/۴۹	۴۰۴۱۰۱۳	۷۴۵۲۰۸	۴۵	۲/۵۹	۴۰۴۱۰۹۸	۷۴۵۲۸۴	۱۹
۲/۶۳	۴۰۴۰۹۸۶	۷۴۵۱۹۶	۴۶	۲/۶۴	۴۰۴۱۰۵۷	۷۴۵۲۳۰	۲۰
۲/۷۳	۴۰۴۰۹۷۱	۷۴۵۱۴۰	۴۷	۲/۶۸	۴۰۴۰۹۶۳	۷۴۵۱۷۷	۲۱
۲/۵۴	۴۰۴۱۰۳۱	۷۴۵۱۵۳	۴۸	۲/۸۷	۴۰۴۱۰۰۰	۷۴۵۱۴۰	۲۲
۲/۶۷	۴۰۴۱۱۰۹	۷۴۵۲۰۵	۴۹	۲/۶۲	۴۰۴۰۹۷۱	۷۴۵۴۸۳	۲۳
۲/۷۷	۴۰۴۱۱۴۵	۷۴۵۲۲۵	۵۰	۲/۶۴	۴۰۴۰۹۶۸	۷۴۵۴۴۰	۲۴
۲/۵۷	۴۰۴۱۱۹۵	۷۴۵۲۹۲	۵۱	۲/۶۰	۴۰۴۰۹۶۴	۷۴۵۳۶۸	۲۵
۲/۴۶	۴۰۴۱۲۰۳	۷۴۵۳۲۴۱	۵۲	۲/۶۷	۴۰۴۰۹۴۳	۷۴۵۳۱۸	۲۶

Abstract

The purpose of mining is extraction of minerals in preset schedule with the maximum specified production rate and minimum costs and associated risks. A good fragmentation is one of the most important aims of mineral production and for achieving a good fragmentation, blasting pattern must be designed by considering all effective parameters on fragmentation efficiency. The most important target of this study is correction of mine blasting pattern of marl one in Mashhad cement factory. For this purpose, estimation methods of powder factor like Blast ability index and Rock fragmentation index was used for calculation of powder factor that including all massif geology and rock mechanics. At first, laboratory parameters of these methods like "Mohs Hardness", "Shmidt Hardness", "Specific Gravity" and "Uniaxial Compressive Strength" was measured for 13 mine zones. Considering that even 13 objects is not enough number for Estimation Methods, to estimate these parameters in different parts in the mine and calculating Uniaxial Compressive Strength in laboratory is time-exhausting, tedious and expensive, instead we used the "Estimated Uniaxial Compressive Strength" method. Now by increasing the number of objects (data) it is possible to use estimation methods such as "Distance to Power" method to estimate "Mohs Hardness" parameters, "Specific Gravity" and "Uniaxial Compressive Strength.". Then quantitative parameters that were estimable were estimated and simultaneously the field studies for obtaining the qualitative parameters like joint plan spacing, joint plane orientation, joint plane aperture and rock mass description were done for 52 zones of mine. Finally, the mine was be zoned based on blast ability and rock fragmentation indexes and powder factor measures. Eventually with calculated powder factor by blast ability index method, the thickness of the stone amount for different zones was calculated and therewith the parameters of blasting pattern for these zones were calculated.

Key words: *Fragmentation, Powder Factor, Blast Ability Index, Rock Fragmentation Index,.*



Faculty of mining, Petroleum and Geophysics Engineering

MSc Thesis in Mineral Excavation

***Open pit mine zoning according to Blast Ability Index and
powder factor - case study: Mashhad east cement company***

By:

Alireza jahanian

Supervisor:

Prof. Mohamad Ataie

Dr. Farhang Sereshki

Advisor:

Prof. Reza Khaloukakaie

January 2017