

*

(/ / / /)

برای بهینه سازی عملیات چالزنی و آتشیاری، بهینه سازی خرج ویژه و نسبت بار سنگ (B) به قطر چال (ϕ_h) در فرآیند خردایش ماده معدنی از چالزنی تا سنگ شکنی با حداقل نمودن قیمت تمام شده حاصل از کلیه هزینه‌های مربوطه طی انجام مراحل متعدد چالزنی و آتشیاری در معادن مختلف بررسی شده است. هزینه های حفاری، مواد منفجره، دستمزد آتشیاری، کار اضافی لودر و گاهاً بولدوزر به علت وجود قطعات بزرگ سنگ (ماده معدنی) آتشیاری شده که قبل از ورود به سنگ شکن نیاز به شکستن دارند و خردایش ثانویه به صورت دقیق و به روز به شیوه ای واقعی و امکان پذیر در عمل برای هر یک از معادن برآورد شده اند. در بررسی انجام شده برای یک نوع ماده معدنی در دو شرایط مختلف از نظر ویژگی های توده سنگ، دارای خرج ویژه مختلف و قیمت تمام شده مختلف است. به طوری که خرج ویژه و قیمت

تمام شده در یک شرایط حدود دو برابر دیگری است. در این تحقیق با استفاده از نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ بهینه حاصل از نتیجه بر رسی فرآیند چالزنی و

آتشیاری تا سنگ شکنی به طور عملی در معادن مختلف، برداشت ویژگی های توده سنگ و یافتن عامل جدید مؤثر در نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ به نام

اندازه دهانه ناپیوستگی ها، روش جدیدی تحت عنوان شاخص خردایش سنگ¹ (RFI) ارائه گردیده است. این روش تجربی ارائه شده نه تنها تأثیر ویژگی های متعدد پیچیده تود سنگ را به طور کامل تر نشان می دهد بلکه مجموع امتیازات مربوط به تأثیر کمی پارامتر های توده

سنگ را به شیوه ای ساده برابر نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ خلاصه می نماید.

- - - - - :

خردایش ثانویه دارد، خردایش ثانویه، کلیه هزینه‌های مربوط به فرآیند خردایش طی انجام مراحل مختلف عملیات چالزنی و آتشیاری برای هر یک از معادن مورد تحقیق به منظور بهینه سازی خرج ویژه بررسی شده اند. در نتیجه خرج ویژه بهینه و نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ بهینه، با دخالت دادن عوامل متعدد در فرآیند خردایش ماده معدنی از چالزنی تا سنگ شکنی بر آورد شده اند.

توده سنگ (ماده معدنی) ناهمگن و ناهمسانگرد بوده و دارای انواع ناپیوستگی ها است و عوامل پیچیده برجا در خردایش سنگ در انفجار مؤثر هستند. این باعث شده است که ارائه یک روش کارآمد برای طراحی چالزنی و آتشیاری موضوع مشکلی باشد. بررسی های متعددی توسط محققان مختلف جهت استفاده از روش های مبتنی بر ویژگی های توده سنگ به عمل آمده است [۲،۱]. در

دو پارامتر خرج ویژه و نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ نقش مهمی در طراحی آتشیاری دارا می باشند. این دو پارامتر روی یکدیگر تأثیر مستقیم داشته یا به عبارت دیگر گویای یک واقعیت هستند. چنانچه دیگر پارامترهای چالزنی و آتشیاری بخوبی طراحی شوند، خرج ویژه متأثر از ویژگی های توده سنگ، نوع ماده منفجره و میزان خردایش مورد نظر سنگ می باشد. ابتدا روش های مختلف برآورد خرج ویژه و نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ مورد بررسی قرار گرفته اند. سپس روش برآورد خرج ویژه و نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ به کار گرفت شده در این تحقیق شرح داده شده است.

نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ ، در صدی از ماده معدنی که نیاز به

بررسی های انجام شده تعداد اندکی از ویژگی های توده سنگ به کار گرفته شده است [۱] و یا تنها اشاراتی به استفاده از طبقه بندی های توده سنگ شده است [۲]. طبقه بندی شاخص قابلیت انفجار BI (لیلی [۳] دارای تعداد قابل ملاحظه ای پارامتر های توده سنگ که به منظور آتشباری تدوین شده اند، می باشد. در این تحقیق یک طبقه بندی کامل تر و به سبک جدید مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از نتایج حاصل از انجام عملیات چالزنی و آتشباری بهینه در معادن مختلف و برداشت ویژگی های توده سنگ، روش جدیدی به عنوان شاخص خردایش سنگ (RFI) برای استفاده از آنفو به عنوان خرج اصلی ارائه شده است که در آن پارامتر جدیدی به نام اندازه دهانه ناپیوستگی ها لحاظ شده است.

$$\frac{B}{\phi_h}$$

با داشتن خرج ویژه می توان مقدار بار سنگ (B) را بعنوان تابعی از قطر چال (ϕ_h) بدست آورد. خرج ویژه را از طرق مختلف شامل: استفاده از جداول تجربی برای بعضی از سنگ ها [۴]، استفاده از فرمول های انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ و مقدار انرژی جهت خردایش سنگ، استفاده از روش مبتنی بر ویژگی های توده سنگ همچون روش شاخص قابلیت انفجار (BI) لیلی [۳] و به صورت تجربی طی انجام عملیات چالزنی و آتشباری، می توان بر آورد نمود.

جداول خرج ویژه بر اساس نوع سنگ یا مقاومت فشاری یک محوری برای راهنمایی و مقایسه و در ابتدای کار ممکن است استفاده شوند. بیشتر پارامترهای فرمول های انتقال انرژی از ماده منفجره به سنگ و مقدار انرژی جهت خردایش سنگ با استفاده از جداولی تخمین زده می شود که در آن جداول برای هر نوع سنگ خواص مکانیکی مثل سرعت عبور امواج تنها با یک عدد ذکر شده است. حتی برای یک نوع سنگ همچون سنگ گچ ویژگی های بر جای آن کاملاً متغیر می باشد. خواص مکانیکی یک نوع سنگ تحت تأثیر تنش های دینامیکی می تواند متغیر باشد. مقدار خرج ویژه استفاده شده از طریق این جداول بسیار دور از واقعیت بوده، حتی در مراحل اولیه آتشباری می تواند باعث خسارت مالی گردد.

برآورد خرج ویژه با استفاده از روش مبتنی بر ویژگی های توده سنگ همچون روش شاخص قابلیت انفجار (BI) به علت در نظر گرفتن پارامتر های بیشتر نسبت به روش های دیگر، بهتر بیان گر ویژگی های توده سنگ می باشد. با توجه به وجود ویژگی های متعدد و پیچیده توده سنگ، روش شاخص قابلیت انفجار (BI) برای یک نوع خرج ماده منفجره (آنفو) مستدل تر می باشد. به علت اهمیت ویژگی های توده سنگ و وجود پارامتر های بیشتر توده سنگ در شاخص قابلیت انفجار (BI)، کونینگهام مدل پیشین خود را [۵] با به کار گیری این شاخص، تحت عنوان "مدل اصلاح شده کاز - رام [۶]" به شرح زیر تغییر داد.

$$X = 0.06BI \left(\frac{V}{Q} \right)^{0.8} Q^{0.167} \left(\frac{115}{S_{ANFO}} \right)^{0.633} \quad (1)$$

که در آن

X = متوسط ابعاد قطعات خرد شده به سانتیمتر

BI = شاخص قابلیت انفجار

S_{ANFO} = قدرت وزنی ماده منفجره نسبت به آنفو

(برای آنفو ۱۰۰ و برای تی. ان. تی ۱۱۵ است.)

V = حجم سنگ به ازای هر چال به متر مکعب

Q = وزن خرج هر چال به کیلو گرم

همچنین نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ از طریق فرمول های تجربی

همچون فرمول های ارائه شده توسط آش [۷، ۸، ۹]، کونیا [۱۰]، لانگ فرس [۱۱]، آندرسن [۱۲، ۱۳] و غیره بر آورد

می شود. در فرمول لانگ فرس [۱۱] که کامل تر و پیچیده تر از سایر فرمول های تجربی می باشد، برای

استفاده یک نوع ماده منفجره خاص، خرج ویژه نیز لازم است. اگر خرج ویژه تعیین گردد، مشکل حل شده است

و دیگر نیازی به فرمول نمی باشد. ورای مسئله بهینه سازی، چنانچه خرج ویژه در یک معدن کمتر از مقدار مورد

نیاز آن برآورد شود و یا نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ از حد خاص آن بیشتر

شود، ممکن است سنگ ها از جا کنده نشده و یا بلوک های بزرگ حاصل گردد. این باعث خسارت جبران ناپذیری

خواهد شد. به این علت مهندسان مجرب که با توده سنگ آشناتر هستند کمتر از فرمول هائی نظیر فرمول آش، کونیا،

آندرسن، لانگ فرس و غیره استفاده می کنند.

هر چند دینامیت قوی تر از آنفو است، اما به علت اختلاف زیاد قیمت، معمولاً از دینامیت بعنوان خرج پرایمر (اولیه) در معادن استفاده می شود. در معادن مورد تحقیق خرج اصلی آنفو می باشد. همچنین خرج ته چال دینامیت و به عنوان پرایمر استفاده شد. عملیات چالزنی، و آتشباری در بعضی از معادن تا بیش از ۱۰ مرحله انجام شد. با حداقل نمودن قیمت تمام شده هزینه های فرآیند خردایش سنگ طی کاری طولانی، نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ بهینه و خرج ویژه بهینه حاصل شدند.

بار سنگ (B)، فاصله چال ها (S)، قطر چال ها (ϕ_h)، نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ ، خرج ویژه بهینه، هزینه چالزنی و آتشباری، هزینه مربوط خردایش ثانویه و قیمت تمام شده در معادن مختلف در جدول (۱) خلاصه شده اند.

در اجرای عملیات آتشباری برای یک نوع ماده معدنی (مثلاً سنگ گچ) در دو شرایط متفاوت از نظر ویژگی های توده سنگ، نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ بهینه در یکی $\frac{34}{6}$ و در دیگری $\frac{23}{6}$ می باشد (جدول ۱). خرج ویژه در یکی $0/2$ کیلوگرم بر تن و در دیگری $0/45$ کیلوگرم بر تن می باشد. قیمت تمام شده در حالت بهینه در یکی حدود دو برابر دیگری است. چنانچه خرج ویژه از مقدار بهینه آن کمتر استفاده شود، هزینه های انفجار ثانویه به صورتی افزایش می یابند که در نهایت قیمت تمام شده چالزنی، آتشباری و خردایش ثانویه افزایش می یابد، چون هزینه مربوط به کار ماشین آلات جهت جابجا نمودن قطعات بزرگ سنگ در هنگام بارگیری و هزینه خردایش ثانویه برای یک تن ماده معدنی در معادن مختلف بیشتر از هزینه چالزنی و آتشباری می باشد (جدول ۱).

به روش تجربی در هر انفجار نتیجه خردایش سنگ معلوم می شود (درصدی از ماده معدنی که نیاز به خردایش ثانویه دارد در عمل می توان تفکیک نمود). در مرحله ای از عملیات چالزنی و آتشباری که با محاسبه واقعی کلیه هزینه های فرآیند خردایش، قیمت تمام شده حداقل گردد، در آن مرحله می توان شبکه چال های به کار گرفته شده و خرج ویژه را بهینه تلقی نمود.

قطر چال و بارسنگ را به صورت تجربی می توان طوری تغییر داد که با لحاظ نمودن موضوع اقتصادی و ایمنی، خردایش مناسب حاصل شود. عملیات آتشباری در معادن به کرات انجام می شود و از این طریق می توان خرج ویژه مناسب را به صورت تجربی بدست آورد.

$$\frac{B}{\phi_h}$$

خرج ویژه و نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ تأثیر مهمی در هزینه

چالزنی، هزینه آتشباری، هزینه کار ماشین آلات جهت جابجا نمودن قطعات بزرگ سنگ در هنگام بارگیری و هزینه خردایش ثانویه دارد. در این تحقیق خرج ویژه بهینه در فرآیند خردایش ماده معدنی از چالزنی تا سنگ شکنی با حداقل نمودن قیمت تمام شده شامل: هزینه حفاری، هزینه مواد منفجره، هزینه دستمزد آتشباری، هزینه کار اضافی لودر و گاهاً بولدوزر به علت وجود قطعات بزرگ سنگ آتشباری شده که نیاز به شکستن دارند و هزینه خردایش ثانویه در صدی از ماده معدنی که پس از آتشباری (خردایش اولیه) نیاز به شکستن دارند طی انجام عملیات مورد بررسی قرار گرفته و برآورد شد. برآورد هزینه ها به طور دقیق در این تحقیق کاری دشوار بود، چون برآورد هزینه ها در داخل کشور با توجه به عدم امکان محاسبه دقیق استهلاک ماشین آلات مربوطه، تورم و غیره به سادگی میسر نیست. در بعضی از معادن مورد تحقیق، عملیات چالزنی به صورت پیمان کاری است. هزینه حفر یک متر چال با قطر خاصی دارای نرخ مشخصی است که عملاً به پیمان کار پرداخت می شود. با توجه به مشکلاتی که ذکر گردید، روش پرداخت هزینه به پیمان کار دقیق ترین روش برآورد هزینه چالزنی می باشد. هزینه ساعت کار لودر (گاهاً بولدوزر) نیز مشخص می باشد. هزینه مواد منفجره، آتشباری و خردایش ثانویه و سایر هزینه ها به طریقی واقعی که عملاً در معادن در سال ۱۳۸۲ پرداخت شدند، برآورد شدند. براساس قیمت خرید مواد منفجره به نرخ سال ۱۳۸۲، یک کیلوگرم دینامیت ۱۵۴۰۰ ریال و یک کیلوگرم آنفو ۱۸۰۴ ریال می باشد. یعنی قیمت یک کیلوگرم آنفو برابر $0/12$ قیمت یک کیلوگرم دینامیت است.

$$\frac{B}{\phi_h} \quad (\phi_h) \quad (S) \quad (B) \quad :$$

نام معدن	B (S) به سانتیمتر	$\frac{B}{\phi_h}$ به سانتیمتر	خرج ویژه بهینه به کیلوگرم بر متر مکعب (کیلوگرم بر تن)	هزینه چالزنی و آتشیاری به ریال بر متر مکعب (ریال بر تن)	هزینه مربوط به خردایش ثانویه به ریال بر متر مکعب (ریال بر تن)	در صدی از ماده معدنی که نیاز به خردایش ثانویه دارد	قیمت تمام شده در فرآیند خردایش به ریال بر متر مکعب (ریال بر تن)
سنگ گچ کوره بلاغ	۲۲۰ (۲۲۰)	۳۴/۶ (۶/۳۵)	۰/۴۸۷ (۰/۲۰۰)	۶۶۸۹/۲ (۲۹۰۸/۳)	۱۵۷۵۰ (۶۸۴۷/۸)	٪۱۲	۸۵۷۹/۲ (۳۷۳۰/۰)
سنگ آهک عسگر آباد شماره ۱	۲۷۴ (۲۷۴)	۲۷/۰ (۱۰/۱۶)	۰/۷۷۸ (۰/۲۸۹)	۷۲۶۴/۸ (۲۶۹۰/۷)	۱۴۴۵۰ (۵۳۵۱/۹)	٪۱۴	۹۲۸۷/۸ (۳۴۴۰/۰)
سنگ گچ شیرکی	۲۳۲ (۲۳۲)	۳۰/۵ (۷/۶۲)	۰/۶۲ (۰/۲۷)	۶۳۹۸/۸ (۲۷۸۲/۱)	۱۳۵۴۵ (۵۸۸۷/۰)	٪۳۰	۱۰۶۴۰/۸ (۴۵۴۸/۲)
سنگ گچ قهرمانلو	۲۸۵ (۲۸۵)	۳۲/۱ (۸/۸۹)	۰/۴۹ (۰/۲۱۳)	۴۱۸۹/۰ (۱۸۲۱/۰)	۱۴۵۰۰ (۶۳۰۴/۳)	٪۱۲	۵۹۲۹/۰ (۲۵۷۸/۰)
سنگ گچ ایواغلی	۱۵۰ ۱۵۰	۲۳/۶ (۶/۴)	۱/۰۳ (۰/۴۵)	۱۴۱۵۵/۰ (۶۱۵۵/۰)	۱۶۵۰۰ (۷۱۷۳/۹)	٪۱۰	۱۵۸۰۵/۰ (۶۸۷۲/۴)
سنگ آهک رشکان	۳۷۵ (۳۵۰)	۳۴/۱ (۱۱/۰)	۰/۵۱ (۰/۲۰۴)	۳۹۳۶/۰ (۱۵۷۵/۰)	۶۳۵۶/۰ (۲۵۰۲/۴)	٪۲	۴۰۶۳/۰ (۱۶۲۵/۰)

قابلیت انفجار (BI) می باشد. بنابراین در نظر گرفتن مقاومت فشاری یک محوری می تواند در یک سیستم طبقه بندی مفید باشد. پارامترهای مؤثر در خردایش سنگ در اثر انفجار به شرح زیر می باشند.

- ۱- جدایش دهانه ناپیوستگی ها
- ۲- فاصله ناپیوستگی ها
- ۳- جهت یافتگی ناپیوستگی ها
- ۴- شرح توده سنگ

۵- مقاومت فشاری یک محوری ماده سنگ

با استفاده از نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ بهینه و برداشت ویژگی های توده سنگ در معادن مختلف، روش جدیدی به عنوان شاخص خردایش سنگ (RFI) ارائه شد. پارامترهای شاخص خردایش سنگ مطابق جدول (۲) می باشند. در مورد سه پارامتر فاصله ناپیوستگی ها، جهت یافتگی ناپیوستگی ها و شرح توده سنگ و همچنین تغییرات هر یک از آنها از همان عناوین داده شده توسط لیلی [۳] استفاده شده است. در

$$\frac{B}{\phi_h}$$

به علاوه پارامترهای ارائه شده توسط لیلی [۳] در شاخص قابلیت انفجار (BI)، اندازه جدایش دهانه ناپیوستگی ها به عنوان پارامتری جدید تأثیر مهمی در خرج ویژه و نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ دارد. طبقه بندی انفصال های زمین شناسی^۳ توسط وتوکوری و کاتسویاما [۱۴] که بیشتر بر اساس اندازه دهانه آنها است، راهنمای خوبی برای مشخص نمودن ناپیوستگی ها به عنوان شکستگی های بزرگ می باشد. هرچه اندازه دهانه ناپیوستگی ها بیشتر باشد، انرژی ماده منفجره درحین انفجار بیشتر تلف شده و مقدار کمتری صرف خردایش سنگ می شود. مقاومت فشاری یک محوری نمایانگر ویژگی های ماده سنگ همچون وزن مخصوص و تخلخل و غیره می باشد. وزن مخصوص نیز یکی از پارامترهای طبقه بندی شاخص

(RFI)

عدد معرف	پارامترهای شاخص خردایش سنگ (RFI)
DPA	۱-حدایش دهانه ناپیوستگی ها ^۴
۸	۱-۱ خیلی کم (بسته)، میلیمتر < ۱
۷	۲-۱ کم، میلیمتر ۱-۵
۶	۳-۱ متوسط و پر شده، میلیمتر ۵-۵۰
۵	۴-۱ متوسط و بدون پرشدگی، میلیمتر ۵-۵۰
۴	۵-۱ زیاد و پر شده، میلیمتر > ۵۰
۳	۶-۱ زیاد و بدون پرشدگی، میلیمتر > ۵۰
DPS	۲-فاصله ناپیوستگی ها ^۵
۱۲	۱-۲ نزدیک متر ۰/۱ <
۷	۲-۲ متوسط متر ۰/۱-۱
۴	۳-۲ عرض متر > ۱
DPO	۳-جهت یافتگی ناپیوستگی ها ^۶
۶	۱-۳ افقی
۵	۲-۳ شیب به طرف بیرون سینه کار
۴	۳-۳ امتداد عمود بر سینه کار
۳	۴-۳ شیب به طرف داخل سینه کار
RMD	۴-شرح توده سنگ ^۷
۱۰	۱-۴ پودری (خرد شده)
۶	۲-۴ بلوکی
۴	۳-۴ کاملا یکپارچه
UCS	۵-مقاومت فشاری یک محوری ماده سنگ ^۷
۶	۱-۵ مقاومت خیلی کم، MPa < ۲۵
۵	۲-۵ مقاومت کم، MPa ۲۵-۵۰
۴	۳-۵ مقاومت متوسط، MPa ۵۰-۱۰۰
۳	۴-۵ مقاومت زیاد، MPa ۱۰۰-۲۰۰
۲	۵-۵ مقاومت خیلی زیاد، MPa > ۲۰۰
RFI = DPA + DPS + DPO + RMD + UCS	

(RFI)

نام معدن	RFI	به کیلوگرم بر متر مکعب (کیلوگرم بر تن)	قیمت تمام شده به ریال بر متر مکعب (ریال بر تن)
/	/	/	/
(/)	(/)	(/)	(/)
/	/	/	/
(/)	(/)	(/)	(/)
/	/	/	/
(/)	(/)	(/)	(/)
/	/	/	/
(/)	(/)	(/)	(/)
/	/	/	/
(/)	(/)	(/)	(/)

این شاخص برای پارامتر مقاومت فشاری یک محوری ماده سنگ (سنگ بکر) از طبق بندی دیر و میلر [۱۵] استفاده شده است که در آن سنگ ها به ۵ طبقه تقسیم می شوند. امتیاز مربوط به هر پارامتر با یک عدد معرف مطابق جدول (۲) نشان داده شد است. مجموع اعداد معرف به عنوان شاخص خردایش سنگ (RFI) طوری تعیین شده اند که برابر عدد نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ بهینه برای خرج مصرفی آنفو باشد. مجموع اعداد معرف (RFI) در جدول (۲)، حداکثر ۴۲ و حداقل ۱۶ می باشد. بیشترین تأثیر (۶۰٪) ویژگی های توده سنگ در عملکرد چالزنی و آتشیاری مربوط به ناپیوستگی های موجود در آن می باشد. در ارائه شاخص خردایش سنگ (جدول ۲) از تجربیات گذشته نیز استفاده شده است. از تأثیر وزنی سه پارامتر فاصله ناپیوستگی ها، جهت یافتگی ناپیوستگی ها و شرح توده سنگ در خرج ویژه و نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ که توسط لیلی [۳] در شاخص قابلیت انفجار (BI) ارائه شده نیز استفاده شده است. همچنین در تعیین حدود تغییرات RFI از نتایج جمع اوری شده توسط آش [۷] که حدود تغییرات نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ بین ۱۴ تا ۴۹ برای معادن مختلف گزارش شده و تجربیات حاصل از کار در معادن مختلف نیز استفاده شده است.

شاخص خردایش سنگ (RFI)،

و قیمت تمام شده در کل فرآیند خردایش (چالزنی، آتشیاری و خردایش ثانویه) برای معادن مختلف در جدول (۳) نشان داده شده است.

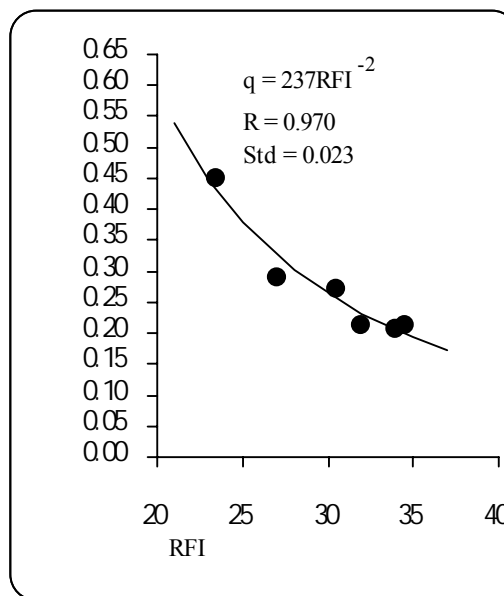
و شاخص خردایش سنگ (RFI) در شکل (۱) نشان داده شده است. رابطه بین قیمت تمام شده در کل فرآیند خردایش و شاخص خردایش سنگ در شکل (۲) نشان داده شده است. قیمت تمام شده با افزایش شاخص خردایش سنگ در معادن مورد تحقیق به طور عمومی کاهش می یابد (شکل ۱ و ۲). با مشخص شدن شاخص خردایش سنگ (RFI) و با استفاده از رابطه داده شده در شکل (۲) می توان قیمت تمام شده در کل فرآیند خردایش ماده معدنی را برآورد نمود. چون قیمت تمام شده در رابطه داده شده در شکل (۲) مربوط به سال ۱۳۸۲ می باشد، با به روز آن می توان قیمت تمام شده فعلی را برآورد نمود.

۱ - در اجرای عملیات چالزنی و آتشیاری در این تحقیق برای یک نوع ماده معدنی (مثلاً سنگ گچ) در دو شرایط متفاوت از نظر ویژگی‌های توده سنگ، نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ بهینه در یکی $\frac{۳۴}{۶}$ و در دیگری $\frac{۲۳}{۶}$ می‌باشد. خرج ویژه در یکی $۰/۲$ کیلوگرم بر تن و در دیگری $۰/۴۵$ کیلوگرم بر تن می‌باشد. قیمت تمام شده در حالت بهینه در یکی حدود دو برابر دیگری است..

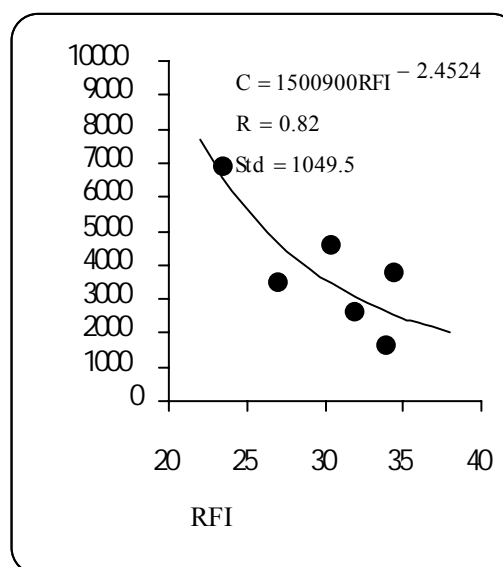
۲ - روش ارائه شده (RFI) دارای پارامترهای متعددی است و در آن پارامتر جدید مؤثر در نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ به نام اندازه دهانه ناپیوستگی‌ها به کار گرفته شده است. همچنین روش ارائه شده تأثیر ویژگی‌های پیچیده ذاتی توده سنگ را در نسبت $\frac{B}{\phi_h}$ به طور ساده نشان می‌دهد.

۳ - بیشترین تأثیر ویژگی‌های توده سنگ در عملکرد چالزنی و آتشیاری مربوط به ناپیوستگی‌های موجود در آن می‌باشد. براساس امتیازگذاری انجام شده در عمل حدود ۶۰ درصد وزن امتیازات جدول RFI مربوط به تأثیر ناپیوستگی‌های توده سنگ می‌باشد.

۴ - هرچه شاخص خردایش سنگ (RFI) افزایش یابد، خرج ویژه و قیمت تمام شده یک مترمکعب (تن) سنگ کاهش می‌یابد. با مشخص شدن RFI و با استفاده از رابطه داده شده در شکل (۲) می‌توان قیمت تمام شده فرآیند خردایش ماده معدنی را برآورد نمود.



(q) :
.(RFI)



(C) :
.(RFI)

- 1 - Ahmadi, A., Ostowar, R. and Sadeghi, A. (2001). "The effect of rock mass geomechanical properties on rock fragmentation due to blasting in Chadermalue iron open pit mine." *First Iranian Open Pit Mine Conference, Sarcheshmeh Copper Complex, Kerman, Iran*, ed. by S. H. Khoshrou, PP. 222 – 229.
- 2 - Brun, K. (2000). "Optimal blasting parameters predicted by rock mass properties – Engineering geological approach." *Proceeding of the 1st World Conference on Explosives and Blasting Technique, Munich, Germany*, ed. by Roger Homlberg, PP. 307 – 311.

-
- 3 - Lily, P. A. (1986). "An empirical method of assessing rock mass blastability." *Proceeding Large Open Pit Mining Conference*, ed. by Davidson, J. R., The Australian Institute of Mining and Metallurgy, Parkville, Victoria, October, PP. 89-92.
- 4 - Sen, G. C. (1993). *Blasting Technology for Mining and Civil Engineering*, University of New South Wales Press, LTD, Sydney, Australia, 143 p.
- 5 - Cunningham, C. V. B. (1983). "The Kuz – Ram model for prediction of fragmentation from blasting." *The 1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Vol. 2, Lulea, Sweden, PP. 439 – 453.
- 6 - Cunningham, C. V. B. (1987). "Fragmentation estimation and the Kuz – Ram model." *The 2nd International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Keystone Colorado, PP. 475 – 487.
- 7 - Ash, R. L. (1963). "The mechanics of rock breakage (Part 2) – Standards for blasting design." *Pit and Quarry* Vol. 56 No. 3, PP. 126-131.
- 8 - Lopez Jimeno, C., Lopez Jimeno, F. and Ayala Carcedo, F. J. (1995). "Drilling and blasting of rock." *Translated by Visser De Ramivo, Y., A.A. Balkema*, PP.387.
- 9 - Hustrulid, W. (1999). *Blasting Principles for Open Pit Mining, Volume 1- General design concepts* A. A. Balkema, PP.382.
- 10 - Konya, C. J. (1983). *Blasting design, surface mining environmental monitoring and reclamation handbook*.
- 11 -Langfors, U. and Kihlstrom, B. (1978). *The modern technique of rock blasting*, John Wiley and Sons, Inc. New York, PP.405.
- 12 - Anderson, O. (1952). *Blast hole burden design - introducing a new formula*, Australian Institute of Mining and Metallurgy, No. 166 – 167, PP. 115 – 1130.
- 13 - Ostowar, R. (1998). *Blasting in mines*, Amirkabir University Press, Vol. 2, PP.288.
- 14 - Vutukuri, V. S. and Katsuyama, K. (1997). "Introduction to rock mechanics." *Industrial Publishing and Consultring, Inc. Tokyo, Japan*, PP.275.
- 15 - Deer, D. U. and Miller R. P. (1966). "Engineering classification and index properties for intact rock." *Tech. Report, No. AFNI, TR-65 – 116*, Air Force Weapons Laboratory, New Mexico.

1 - Rock Fragmentation Index
3 - Geological Separations
5 - Discontinuity Plane Spacing
7 - Rock Mass Description

2 - Blastability Index
4 - Discontinuity Plane Aperture
6 - Discontinuity Plane Orientation
8 - Unconfined Compressive Strength
