

## ارائه الگوی بهینه حفاری و آتشیاری در معدن مس میدوک و مقایسه روشهای دستی و کامپیوتری

کاظم اورعی

استادیار بخش معدن - دانشکده فنی مهندسی - دانشگاه تربیت مدرس

روانبخش امیری

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد معدن - دانشکده فنی مهندسی - دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت ۸۰/۸/۵، تاریخ تصویب ۸۱/۴/۱)

### چکیده

در این مقاله ابتدا چگونگی فرآیند طراحی الگوی حفاری و آتشیاری بطور عام و برای معدن مس میدوک بطور خاص، بصورت خلاصه تشریح می‌گردد. سپس اطلاعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی منطقه همراه با شرایط محیط کار، مشخصات تجهیزات حفاری و خصوصیات مواد موجود، مورد بررسی قرار می‌گیرد. با استفاده از این اطلاعات و نتایج آزمایشهای انجام شده و همچنین بر اساس ضخامت بار سنگ که با روش میانگین‌گیری پیراسته<sup>۱</sup> محاسبه شده، الگوی حفاری و آتشیاری با روش دستی طراحی شده است. سپس یک برنامه کامپیوتری که در سال ۱۹۹۷ در کشور ترکیه تهیه شده است معرفی می‌گردد. با استفاده از این نرم‌افزار الگوهای مختلف برای شرایط گوناگون از جمله توزیع دانه‌بندی قطعات خرد شده و مشخصات مواد مورد استفاده مورد بحث قرار گرفته‌اند.

در خاتمه الگوهایی که با روشهای دستی و کامپیوتری تهیه شده‌اند مورد مقایسه قرار می‌گیرند. مدل‌های ارائه شده به همراه نرم‌افزار آن، می‌توانند برای معدن مس میدوک و عملیات باطله برداری و استخراج در کلیه معادن سطحی ابزاری مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی حفاری و آتشیاری، معدن مس میدوک، نرم‌افزار DelPat، مواد منفجره، چال، ضخامت بار سنگ، دانه‌بندی

## مقدمه

بنابراین طراحی الگوی بهینه حفاری و آتشیاری برای استخراج ماده معدنی در این گونه معادن باعث می‌شود که ماده معدنی با کمترین قیمت تمام شده استخراج شود.

## طراحی الگوی حفاری و آتشیاری در معادن روباز

بطور کلی طراحی الگوی حفاری و آتشیاری در معادن روباز با استفاده از تئوریه‌ها و فرمولهای موجود، با اطلاعاتی که از نتایج اکتشافی بدست آمده و تجربیات مشابه، به روش دستی و یا با استفاده از نرم‌افزارها بطریقه کامپیوتری انجام می‌گردد. بسیاری از عوامل و پارامترها نظیر شرایط ژئوتکنیکی ناحیه، خصوصیات مواد منفجره، مشخصات ماشین‌آلات حفاری، توزیع مورد لزوم اندازه قطعات سنگ پس از آتشیاری و غیره، بر روی طراحی مؤثر بوده و تغییر هرکدام از این عوامل باعث بوجود آمدن تغییرات عمده در الگوها خواهد شد. مهمترین پارامترهای طراحی

برخی شواهد بدست آمده توسط باستان‌شناسان نشان می‌دهد که فلز مس برای اولین بار در ایران شناخته شد و مورد استفاده قرار گرفت [۱]. در حال حاضر نیز مطالعات انجام شده و نتایج عملیات اکتشافی حاکی از این است که کشور ما از نظر میزان ذخایر مس دارای پتانسیل بالایی است.

کانسار مس میدوک در ۴۲ کیلومتری شمال شرق شهر بابک و ۱۳۲ کیلومتری شمال غرب معدن مس سرچشمه در استان کرمان واقع شده است که این کانسار با ذخیره‌ای در حدود ۱۴۴ میلیون تن و با میانگین عیار ۸۴۱٪ در صد از جمله ذخایر مس پورفیری محسوب شده و به روش روباز استخراج می‌شود [۱].

از آنجا که یکی از مهمترین و اصلی‌ترین فرآیندهای روش استخراج روباز، عملیات حفاری و آتشیاری می‌باشد،

سنگ، با استفاده از روشهایی که شرایط کاربرد و اطلاعات لازم برای آنها فراهم می‌باشد در قطرهای مختلف چالها محاسبه شده است که

نتایج آن در جدول (۲) مشاهده می‌شود [۲]. سپس برای کاهش میزان خطا در محاسبات، از مقادیر بدست آمده برای ضخامت بارسنگ، میانگین‌گیری پیراسته بعمل آمده که نتایج مربوط به محاسبات آماری تعیین ضخامت بارسنگ پیراسته<sup>۲</sup> برای توده سنگ معدن مس میدوک در جدول (۳) نشان داده شده است. در ادامه بر اساس فرمولها و روابط موجود، جدولها و تجربیات مشابه، پارامترهای دیگر طراحی الگوی حفاری و آتشیاری در حالت‌های مختلف بر اساس تغییر قطر چال و ارتفاع پله تعیین شده‌اند. نکته حائز اهمیت در محاسبات طراحی دستی الگوی حفاری و آتشیاری، برقراری ارتباط مناسب بین ضخامت بارسنگ پیراسته بدست آمده برای هر قطر چال و ارتفاع پله مناسب با آن می‌باشد که در این مورد از محاسبات آماری تعیین فاصله اطمینان حضور میانگین، جدولها و تجربیات مشابه استفاده شده است. در نتیجه ضخامت بارسنگ

الگوی حفاری و آتشیاری در معادن روباز که در این تحقیق نیز در نظر گرفته شده‌اند در جدول (۴) مشاهده می‌گردند.

### اطلاعات مورد نیاز طراحی

طراحی الگوی بهینه حفاری و آتشیاری برای معدن مس میدوک نیاز به اطلاعاتی دارد که این اطلاعات بوسیله مطالعات زمین شناسی، برداشت‌های صحرائی، درزه‌برداری، کارهای آزمایشگاهی نظیر آزمایش مقاومت بار نقطه‌ای، آزمایش برزیلین، آزمایش مقاومت فشاری تک محوری سنگ، تعیین خواص فیزیکی سنگ و غیره تهیه شده است. همچنین خصوصیات مواد منفجره و مشخصات ماشین‌آلات حفاری که برای چالزنی در این معدن مورد نیاز می‌باشند، جمع‌آوری شده‌اند. نتایج این تحقیقات، مطالعات و آزمایش‌ها بصورت خلاصه در جدول (۱) مشاهده می‌شود.

### طراحی دستی

در طراحی دستی ابتدا بحرانی‌ترین و مهمترین پارامتر طراحی یعنی ضخامت بار

خرج گذاری و آرایش چالها برای توده سنگ معدن مس میدوک در حالت های مختلف تکمیل گردیدند. این محاسبات بطور خلاصه در جدول (۴) گنجانده شده اند

پیراسته برای هر قطر چال به یک ارتفاع پله خاص نسبت داده میشود و سپس با استفاده از ضرایب تصحیح ضخامت بارسنگ بر اساس ارتفاع پله، ضخامت بارسنگ برای ارتفاع های دیگر پله، برای همان قطر چال محاسبه شده اند. سپس جداول الگوی

جدول ۱: خلاصه اطلاعات مورد نیاز برای طراحی الگوی حفاری و آتشیاری در معدن مس میدوک.

واحد	مقدار	پارامتر
MPa	۸۳	متوسط مقاومت فشاری تک محوری توده سنگ
MPa	۵/۸	متوسط مقاومت کششی توده سنگ
Kg/m <sup>3</sup>	.۴۵	خرج ویژه یا ثابت توده سنگ معدن مس میدوک
gr/cm <sup>3</sup>	۲/۵۱	متوسط چگالی توده سنگ معدن مس میدوک
Cm	۳۰-۸۰	متوسط فاصله بین درزه ها
عدد	۱۵/۵	متوسط تعداد درزه ها در یک متر مکعب توده سنگ باطله (Jv)
عدد	۳۷/۵	متوسط تعداد درزه ها در یک متر مکعب توده سنگ ماده معدنی (Jv)
mm	۱-۲	متوسط عرض درزه ها
عدد	۵/۲	تعداد ناپیوستگی در هر متر توده سنگ باطله (λ)
عدد	۱۲/۵	تعداد ناپیوستگی در هر متر توده سنگ باطله (λ)

جدول ۲: محاسبه ضخامت بار سنگ برای توده سنگ معدن مس میدوک با استفاده از فرمولها و روشهای مختلف.

ضخامت بار سنگ (B) بر حسب متر (m)													قطر چاه
براساس مقاومت فشاری تک محوری سنگ	بر اساس فشاری تک محوری سنگ	فرمول فولد سی	فرمول پیارز	فرمول آندر سن	فرمول یو کر	فرمول جیم نو	فرمول اولافسون	فرمول برتا	فرمول نیایا II	فرمول نیایا I	فرمول لانگ فورس	فرمول لاش	میلی متر
۳/۲۹	۳۴	۳۳	۵۰*	۵۰*	۹۰	-	۱۷۳	۴۲*	۳۲	۳۴	۱۹	۲۲*	۸۹
	۲	۳	۱/	۳/	۲/		۲	۳/	۲/	۲/	۳	۲/	
۴/۲۵	۱۰۳	۳۱	۱۱*	۳۵*	۷۱	-	۱۱۸	۴۲*	۹۹	۰۱	۱۸	۸۶*	۱۱
	۳	۴	۲/	۴/	۳/		۳	۴/	۲/	۳/	۴	۲/	۵
۵/۶۲	۱۰۰	۷۰*	۰۰*	۱۰۶	۷۳	-	۳۵	۸۵*	۹۸	۰۲	۶۸	۸۱*	۱۵
	۴	۵/	۳/	۵	۴/		۴	۵/	۳/	۴/	۵	۳/	۲
۶۰*	۲۶	۵۰*	۰۴*	۶۶	۲۳	۷۷	۷۵	۷۰*	۲۳	۲۷	۵۰	۱۰۰	۲۰
۴	۵	۷/	۴/	۶	۶/	۴/	۵	۷/	۵/	۵/	۷	۵	۰
۱۷۷*	۶۰	۴۱	۲۰*	۱۵۰	۵۳	۰۳	۳۶	۶۶*	۵۵	۶۱	۵۶*	۲۷	۲۵

۵	۶	۹	۵/	۷	۷/	۶/	۷	۹/	۶/	۶/	۹/	۶	۱
---	---	---	----	---	----	----	---	----	----	----	----	---	---

جدول ۳: نتایج محاسبات آماری تعیین ضخامت بار سنگ پیراسته (BT) برای توده سنگ معدن مس میدوک.

فاصله اطمینان ۹۵٪ حضور میانگین در آن فاصله	واریانس $S^2$	انحراف معیار S	ضخامت بار سنگ پیراسته (BT) بر حسب متر	قطر چال میلی متر
(۲/۵۰ و ۳/۱۰)	۰/۱۹۱	۰/۴۳۷	۲/۸۰	۸۹
(۳/۱۶ و ۳/۹۹)	۰/۳۵۶	۰/۵۹۶	۳/۶۰	۱۱۵
(۴/۱۸ و ۵/۱۷)	۰/۵۰۳	۰/۷۰۹	۴/۷۰	۱۵۲
(۵/۱۵ و ۶/۳۲)	۰/۷۹۸	۰/۸۹۳	۵/۷۵	۲۰۰
(۶/۴۲ و ۷/۷۶)	۱/۰۴۶	۱/۰۲۳	۷/۱۰	۲۵۱

### معرفی و تشریح نرم افزار DelPat نسخه شماره ۳

این برنامه کامپیوتری برای کنترل سازماندهی و تجزیه و تحلیل عملیات حفاری و آتشیاری معادن سطحی در سال ۱۹۹۷ در کشور ترکیه طراحی شده و قابل استفاده در معادن روباز برای ارائه الگوی کامل حفاری و آتشیاری می باشد [۳]. این نرم افزار بسیار ساده و قابل فهم بود و از نظر گرافیکی نیز دارای قابلیت های خاصی

در جدول (۲) مقادیر ستاره دار که دارای بیشترین و کمترین مقادیر هستند، در هنگام میانگین گیری پیراسته وارد محاسبات نشده اند. همچنین در جدول (۴) پرایمر دینامیت معمولی با قطر ۲۲ میلی متر و چگالی  $1/4 \text{ kg/dm}^3$ ، خرج اصلی یا خرج میان چال آنفو با چگالی  $0/85 \text{ kg/dm}^3$  می باشد.

خرد شده سنگ پس از انفجار و نمودارهای تغییرات هزینه‌های مختلف، بصورت تابعی از قطر چال موجود می‌باشد [۳].

### طراحی کامپیوتری

با استفاده از نرم‌افزاری که شرح داده شد و بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده و شرایط محیط کار، طراحی کامپیوتری الگوی حفاری و آتشباری برای معدن مس میدوک انجام شده است. با توجه به اینکه خروجی نرم‌افزار متنوع بوده و بر اساس تغییر هر یک از پارامترها، مانند ارتفاع پله و قطر چال، الگوهای متفاوتی ارائه خواهد شد بنابراین به منظور کاهش حجم عملیات و سادگی و قابلیت بیشتر کاربرد در عمل تعدادی الگوی خاص که بیشتر مورد نیاز می‌باشند، طراحی شده‌اند.

می‌باشد. منوی اصلی ورود اطلاعات نرم‌افزار DelPat نسخه شماره ۳ در شکل (۱) مشاهده می‌شود.

در منوی اصلی نرم‌افزار مورد نظر با توجه به اطلاعات

موجود و شرایط محیط کار پارامترها انتخاب و یا وارد

می‌شوند. پس از کامل شدن ورود

اطلاعات، منوی نتایج که شامل خروجی

مقادیر<sup>۲</sup>، هندسه الگوی حفاری<sup>۱</sup>، توزیع

اندازه قطعات سنگ<sup>۵</sup>، و ایجاد گزارش<sup>۶</sup>

است، فعال خواهد شد. در قسمت

خروجی، نتایج محاسبات برای یک یا چند

قطر چال و در بخش هندسه الگوی

حفاری، پلان حفاری، مقطع عرضی یک

چال و نمونه شبیدار چال مشاهده می‌شود.

همچنین در قسمت‌های توزیع اندازه

قطعات سنگ و ایجاد گزارش، نمودارهای

گرافیکی خاصی در مورد اندازه قطعات

جدول ۴: خلاصه محاسبات طراحی دستی الگوی حفاری و آتشباری برای توده سنگ

معدن مس میدوک .

مقادیر								واحد	علامت مشخصه	پارامتر طراحی	قطر چال
۱۵	۱۴	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۶	m	K	ارتفاع پله	۸۹ میلی متر شیب چال ۳ به ۱
/۶۵	/۷۰	/۷۵	/۸۰	/۸۵	/۸۰	/۷۵	/۶۰	m	B	ضخامت بارسنگ	
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲				
/۳۰	/۴۰	/۴۵	/۵۰	/۵۵	/۵۰	/۴۵	/۲۵	m	S	فاصله چالها در طول پله	
۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳				
/۸۰	/۸۰	/۸۵	/۸۵	/۸۵	/۸۵	/۸۵	/۸۰	m	U	اضافه حفاری	
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰				
/۶۵	/۷۰	/۷۵	/۸۰	/۸۵	/۸۰	/۷۵	/۶۰	m	St	ضخامت گل گذاری	
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲				
/۳۰	/۳۰	/۳۰	/۳۰	/۳۰	/۳۰	/۳۰	/۳۰	Kg	Qb1	وزن پرایمر برای هر چال	
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲				
/۲۸	/۴۷	/۳۸	/۵۷	/۷۶	/۴۸	/۲۰	/۶۴	Kg	Qc	وزن خرج اصلی	
۷۱	۶۵	۵۴	۴۸	۴۲	۳۷	۳۲	۲۱				
/۵۵	/۵۰	/۴۵	/۴۰	/۳۵	/۳۰	/۲۵	/۱۰	m	H	طول چال	
۱۶	۱۵	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۷				



/۵۳ ۰	/۵۰ ۰	/۴۷ ۰	/۴۵ ۰	/۴۲ ۰	/۴۳ ۰	/۴۳ ۰	/۴۵ ۰	Kg m <sup>3</sup>	q	خرج ویژه	
/۱۲ ۰	/۱۱ ۰	/۱۱ ۰	/۱۰ ۰	/۱۰ ۰	/۱۱ ۰	/۱۲ ۰	/۱۳ ۰	m/ m <sup>3</sup>	Spd	حفاری ویژه	
۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	m	K	ارتفاع پله	۱۱۵ میلی متر شیب چال ۱ به ۳
/۵۰ ۳	/۵۵ ۳	/۵۵ ۳	/۶۰ ۳	/۵۵ ۳	/۵۵ ۳	/۴۵ ۳	/۳۵ ۳	m	B	ضخامت بارسنگ	
/۴۰ ۴	/۴۵ ۴	/۴۵ ۴	/۵۰ ۴	/۴۵ ۴	/۴۵ ۴	/۳۰ ۴	/۲۰ ۴	m	S	فاصله چالها در طول پله	
/۱۰۵ ۱	/۱۰ ۱	/۱۰ ۱	/۱۰ ۱	/۱۰ ۱	/۱۰ ۱	/۱۰۵ ۱	/۱۰۰ ۱	m	U	اضافه حفاری	
/۸۰ ۱۶	/۸۰ ۱۵	/۷۵ ۱۴	/۷۰ ۱۳	/۶۵ ۱۲	/۶۰ ۱۱	/۵۰ ۱۰	/۴۰ ۹	m	H	طول چال	
/۵۰ ۳	/۵۵ ۳	/۵۵ ۳	/۶۰ ۳	/۵۵ ۳	/۵۵ ۳	/۴۵ ۳	/۳۵ ۳	m	St	ضخامت گل گذاری	
/۸۰ ۳	/۸۰ ۳	/۸۰ ۳	/۸۰ ۳	/۸۰ ۳	/۸۰ ۳	/۸۰ ۳	/۸۰ ۳	Kg	Qb1	وزن پرایمر برای هر چال	
/۶۵ ۱۱۳	/۴۰ ۱۰۴	/۱۴ ۹۵	/۴۵ ۸۵	/۶۴ ۷۶	/۴۰ ۶۷	/۵۸ ۵۸	/۷۷ ۴۹	kg	Qc	وزن خرج اصلی	

/۴۸ ۰	/۴۷ ۰	/۴۶ ۰	/۴۴ ۰	/۴۴ ۰	/۴۳ ۰	/۴۴ ۰	/۴۵ ۰	kg m <sup>3</sup>	q	خرج ویژه	
/۰۷ ۰	/۰۶ ۰	/۰۶ ۰	/۰۶ ۰	/۰۷ ۰	/۰۷ ۰	/۰۷ ۰	/۰۸ ۰	m/ m <sup>3</sup>	Spd	حفاری ویژه	
۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	m	K	ارتفاع پله	۱۵۲ میلی متر شیب چال ۳ به ۱
/۶۵ ۴	/۷۰ ۴	/۷۰ ۴	/۷۰ ۴	/۶۵ ۴	/۶۰ ۴	/۵۰ ۴	/۴۰ ۴	m	B	ضخامت بارسنگ	
/۸۰ ۵	/۹۰ ۵	/۹۰ ۵	/۹۰ ۵	/۸۰ ۵	/۷۵ ۵	/۶۵ ۵	/۵۰ ۵	m	S	فاصله چالها در طول پله	
/۴۰ ۱	/۴۰ ۱	/۴۰ ۱	/۴۰ ۱	/۴۰ ۱	/۴۰ ۱	/۳۵ ۱	/۳۰ ۱	m	U	اضافه حفاری	
/۱۵ ۱۷	/۱۰ ۱۶	/۰۵ ۱۵	/۰۰ ۱۴	/۹۵ ۱۲	/۹۰ ۱۱	/۸۰ ۱۰	/۷۰ ۹	m	H	طول چال	
/۶۵ ۴	/۷۰ ۴	/۷۰ ۴	/۷۰ ۴	/۶۵ ۴	/۶۰ ۴	/۵۰ ۴	/۴۰ ۴	m	St	ضخامت گل گذاری	
/۵۰ ۶	/۵۰ ۶	/۵۰ ۶	/۵۰ ۶	/۵۰ ۶	/۵۰ ۶	/۵۰ ۶	/۵۰ ۶	Kg	Qb1	وزن پرایمر برای هر چال	
/۳۴ ۱۸۶	/۴۰ ۱۶۹	/۲۳ ۱۵۳	/۰۶ ۱۳۷	/۶۶ ۱۲۱	/۲۶ ۱۰۶	/۸۶ ۹۰	/۴۶ ۷۵	kg	Qc	وزن خرج اصلی	

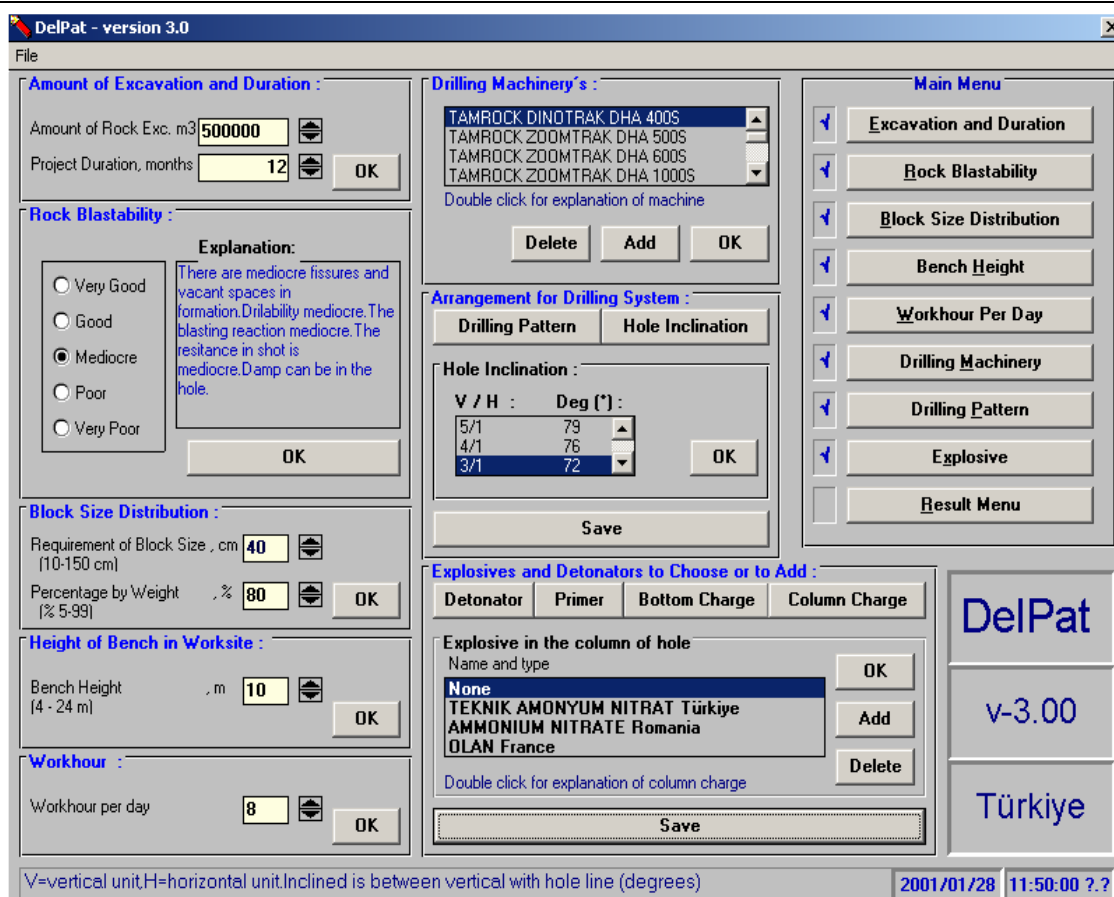
/۴۵ ۰	/۴۳ ۰	/۴۲ ۰	/۴۱ ۰	/۴۱ ۰	/۴۱ ۰	/۳۸ ۰	/۴۰ ۰	kg m <sup>3</sup>	q	خرج ویژه	
/۱۰۴ ۰	/۱۰۴ ۰	/۱۰۴ ۰	/۱۰۴ ۰	/۱۰۴ ۰	/۱۰۴ ۰	/۱۰۴ ۰	/۱۰۵ ۰	m/ m <sup>3</sup>	Spd	حفاری ویژه	
۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	m	K	ارتفاع پله	۲۰۰ میلی متر شیب چال ۳ به ۱
/۷۵ ۵	/۷۵ ۵	/۷۵ ۵	/۷۵ ۵	/۶۵ ۵	/۶۰ ۵	/۵۰ ۵	/۴۰ ۵	m	B	ضخامت بارسنگ	
/۲۰ ۷	/۲۰ ۷	/۲۰ ۷	/۲۰ ۷	/۱۰۵ ۷	/۱۰۰ ۷	/۹۰ ۶	/۷۵ ۶	m	S	فاصله چالها در طول پله	
/۷۵ ۱	/۷۵ ۱	/۷۵ ۱	/۷۵ ۱	/۷۰ ۱	/۷۰ ۱	/۶۵ ۱	/۶۰ ۱	m	U	اضافه حفاری	
/۵۰ ۱۷	/۴۵ ۱۶	/۴۰ ۱۵	/۳۵ ۱۴	/۲۵ ۱۳	/۲۰ ۱۲	/۱۰ ۱۱	/۱۰ ۱۰	m	H	طول چال	
/۷۵ ۵	/۷۵ ۵	/۷۵ ۵	/۷۵ ۵	/۶۵ ۵	/۶۰ ۵	/۵۰ ۵	/۴۰ ۵	m	St	ضخامت گل گذاری	
/۱۰۰ ۱۰	/۱۰۰ ۱۰	/۱۰۰ ۱۰	/۱۰۰ ۱۰	/۱۰۰ ۱۰	/۱۰۰ ۱۰	/۱۰۰ ۱۰	/۱۰۰ ۱۰	Kg	Qb1	وزن پرایمر برای هر چال	
/۹۲ ۳۰۳	/۹۳ ۲۷۵	/۹۳ ۲۴۷	/۹۴ ۲۱۹	/۲۸ ۱۹۳	/۶۲ ۱۶۶	/۹۶ ۱۳۹	/۳۰ ۱۱۳	kg	Qc	وزن خرج اصلی	

/۴۸	/۴۷	/۴۶	/۴۴	/۴۴	/۴۳	/۴۲	/۴۰	kg m <sup>3</sup>	q	خرج ویژه	
.	.	.	.	.	.	.	.				
/۰.۳	/۰.۳	/۰.۳	/۰.۳	/۰.۳	/۰.۳	/۰.۳	/۰.۳	m/ m <sup>3</sup>	Spd	حفاری ویژه	
.	.	.	.	.	.	.	.				
۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	/۱۰	۹	۸	m	K	ارتفاع پله	۲۵۱ میلی متر چال عمودی
/۰.۵	/۹۵	/۹۰	/۹۰	/۸۰	/۸۰	/۷۵	/۷۰	m	B	ضخامت بارسنگ	
۷	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶				
/۰.۵	/۹۵	/۹۰	/۹۰	/۸۰	/۸۰	/۷۵	/۷۰	m	S	فاصله چالها در طول پله	
۷	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶				
/۴۵	/۴۵	/۴۰	/۴۰	/۴۰	/۴۰	/۳۵	/۳۵	m	U	اضافه حفاری	
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲				
/۴۵	/۴۵	/۴۰	/۴۰	/۴۰	/۴۰	/۳۵	/۳۵	m	H	طول چال	
۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰				
/۰.۵	/۹۵	/۹۰	/۹۰	/۸۰	/۸۰	/۷۵	/۷۰	m	St	ضخامت گل گذاری	
۷	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶				
/۰.۰	/۰.۰	/۰.۰	/۰.۰	/۰.۰	/۰.۰	/۰.۰	/۰.۰	Kg	Qb1	وزن پرایمر برای هر چال	
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵				
/۱.۰	/۳.۰	/۳.۰	/۳.۰	/۵.۰	/۵.۰	/۵.۰	/۶.۰	kg	Qc	وزن خرج اصلی	
۴۲۲	۳۸۴	۳۴۲	۳۰۰	۲۶۲	۲۲۰	۱۷۸	۱۳۸				

/۵۹	/۵۹	/۵۸	/۵۵	/۵۵	/۵۱	/۴۷	/۴۳	kg m <sup>3</sup>	q	خرج ویژه
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰			
۲۳۰	۲۴۰	۰۲۵	۰۲۵	۰۲۶	۰۲۷	۰۲۸	۰۲۹	m/ m <sup>3</sup>	Spd	حفاری ویژه
۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/	۰/			

چال ۳ به ۱ یا ۱۸ درجه، پرایمر دینامیت معمولی با قطر ۲۲ میلی‌متر و چگالی  $1/4 \text{ kg/dm}^3$ ، تعداد ساعت کاری در روز ۱۲

در طراحی کامپیوتری تعدادی از پارامترها ثابت در نظر گرفته شده و طراحی بر اساس آنها انجام شده است. این پارامترها شامل حجم برداشت سالانه تقریباً ۲ میلیون متر مکعب، قابلیت انفجار سنگ متوسط، شیب



شکل ۱: منوی اصلی ورود اطلاعات نرم افزار DelPat نسخه شماره ۳.

معدن مس میدوک در شکل‌های (۲)، (۳) و همچنین جدول (۵) مشاهده می‌شود.

مقایسه روش‌های طراحی دستی و کامپیوتری

دقت و قابلیت انعطاف پذیری طراحی کامپیوتری نسبت به طراحی دستی

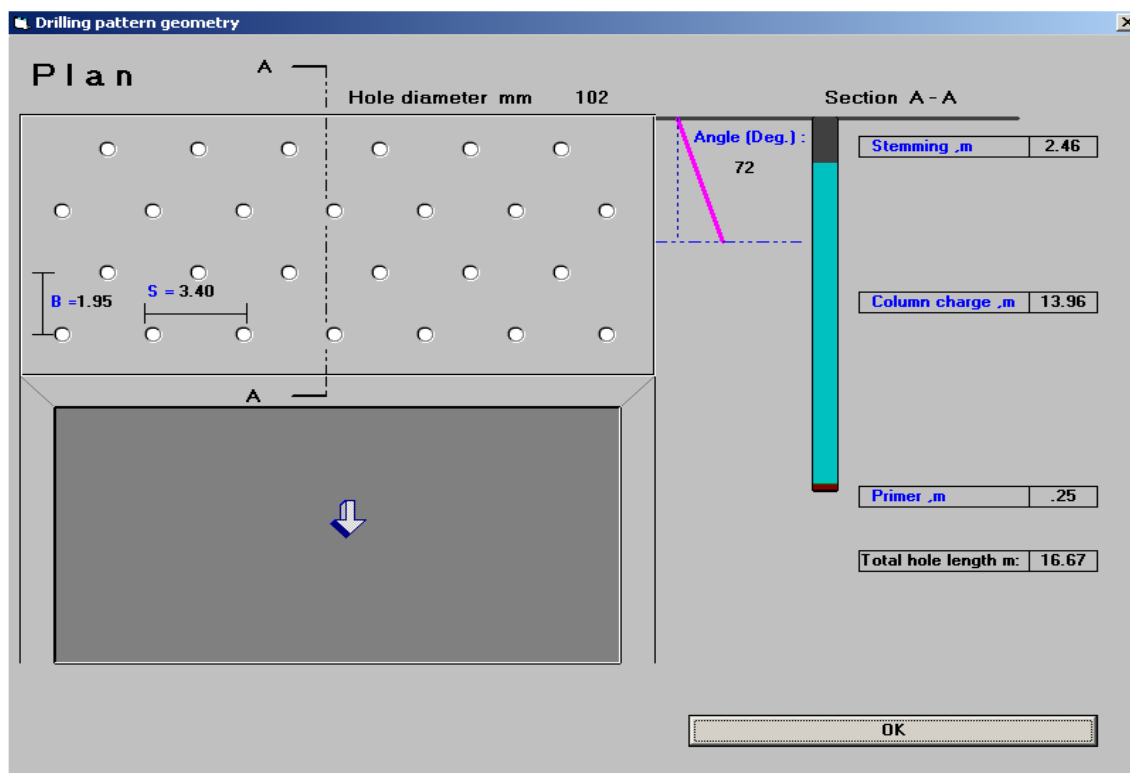
ساعت، نوع آرایش چالها زیگزاگی یا لوزی<sup>۷</sup>، نوعی چاشنی به کار رفته تأخیری ۰/۵ ثانیه و خرج ته چال چنانچه مورد نیاز باشد پودر آذر می‌باشد. سایر پارامترها متغیر بوده و بر اساس نیاز طراحی انتخاب شده‌اند. خلاصه نتایج مربوط به طراحی کامپیوتری الگوی حفاری و آتشباری در

طراحی کامپیوتری نسبت S/B با توجه به قطر چال و نحوه خردایش سنگ تعیین شده است.

آماده سازی اطلاعات مورد نیاز برای طراحی دستی مشکل تر، زمان لازم برای جمع آوری آنها به مراتب بیشتر و محاسبات آن پیچیده تر است. این مطلب به هنگام تعیین ضخامت بارسنگ با روشهای گوناگون بیشتر از هر زمان دیگر مشاهده می شود.

بالتر است و با توجه به این قابلیت انعطاف پذیری بالای نرم افزار است که می توان آنرا برای شرایط متغیر محیط کار به سادگی به کار گرفت. از طرف دیگر در طراحی کامپیوتری دانه بندی مواد و توزیع اندازه قطعات سنگ تولید شده نیز در نظر گرفته شده در صورتیکه در طراحی دستی به دلیل پیچیدگی و دشواری محاسبات مربوط به تئوریهای خردایش<sup>۸</sup>، این پارامتر مهم در محاسبات گنجانده نمی شود. در


Output of the Values				
Please choose one hole diameter				
Hole Diameter (mm)	76	89	102	115
Burden ,B (m)	2.03	1.99	1.95	2.05
Spacing ,S (m)	2.12	2.74	3.40	3.85
Subdrill (m)	0.68	0.83	1.00	1.11
Hole lenght (m)	16.48	16.60	16.67	16.75
Ratio of S/B	1.04	1.38	1.74	1.88
Specific drilling (drm/m3)	0.23	0.18	0.15	0.13
Yield per drm (m3/drm)	4.31	5.45	6.64	7.88
Yield per hole (m3/hole)	71.04	90.54	110.62	132.04
1. Productivity number of machine	1 (103 %)	1 (103 %)	1 (104 %)	1 (105 %)
2. Productivity number of machine	2 (51 %)	2 (51 %)	2 (52 %)	2 (52 %)
Drilling cost (\$/m3)	0.34	0.32	0.30	0.31
Stemming (m)	1.86	2.26	2.46	2.72
Height of emptiness (m/hole)	None	None	None	None
The Amount of primer (kg/hole)	3.00	3.00	3.00	3.00
Height of primer charge (m)	0.45	0.33	0.25	0.20
Bottom charge (kg/hole)	0.00	0.00	0.00	0.00
Height of bottom charge (m)	0.00	0.00	0.00	0.00
Column charge (kg/hole)	56.79	77.05	100.81	127.01
Height of column charge (m)	14.16	14.01	13.96	13.83
Total charge (kg/hole)	59.79	80.05	103.81	130.01
Specific charge (kg/m3)	0.59	0.62	0.66	0.69
Total column charge in this project (ton)	1,598,768	1,701,912	1,822,705	1,923,859
Total bottom charge in this project (ton)				
Total primer charge in this project (ton)	84,455	66,266	54,242	45,441
Blasting cost (\$/m3)	0.36	0.33	0.32	0.31
1. Productivity total cost (\$/m3)	0.62	0.58	0.55	0.54
2. Productivity total cost (\$/m3)	0.70	0.65	0.62	0.62
Block size distribution	80 %	40 cm		
Rock blastability	Mediocre			



شکل ۲: الگوی خرج گذاری و آرایش چالها در معدن مس میدوک، طراحی کامپیوتری، ارتفاع پله ۱۵ متر، پرایمر: دینامیت معمولی، خرج اصلی آنفو و بدون استفاده از خرج ته چال .



**Output of the Values**

Please choose one hole diameter 

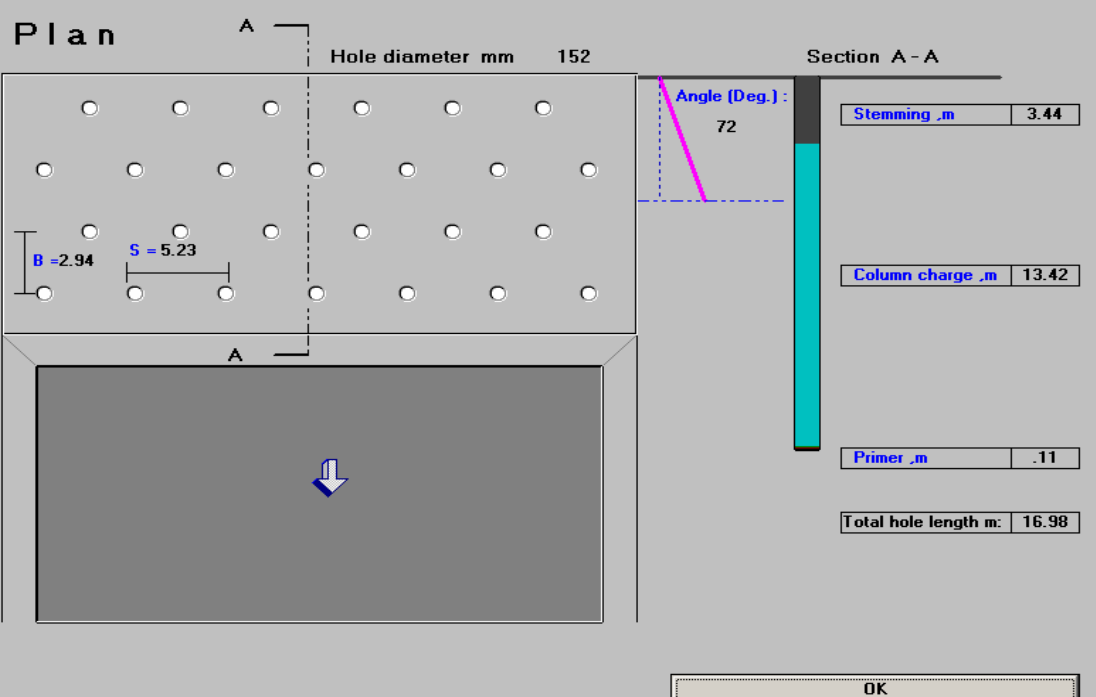
Hole Diameter (mm) .....	152
Burden ,B (m) .....	2.94
Spacing ,S (m) .....	5.23
Subdrill (m) .....	1.45
Hole length (m) .....	16.98
Ratio of S/B .....	1.78
Specific drilling (drm/m3) .....	0.07
Yield per drm (m3/drm) .....	15.34
Yield per hole (m3/hole) .....	260.50
1. Productivity number of machine .....	1 (69 %)
2. Productivity number of machine .....	2 (34 %)
Drilling cost (\$/m3) .....	0.28
Stemming (m) .....	3.44
Height of emptiness (m/hole) .....	None
The Amount of primer (kg/hole) .....	3.00
Height of primer charge (m) .....	0.11
Bottom charge (kg/hole) .....	0.00
Height of bottom charge (m) .....	0.00
Column charge (kg/hole) .....	215.32
Height of column charge (m) .....	13.42
Total charge (kg/hole) .....	218.32
Specific charge (kg/m3) .....	0.59
Total column charge in this project (ton) ..	1,653,117
Total bottom charge in this project (ton) ..	
Total primer charge in this project (ton) ...	23,032
Blasting cost (\$/m3) .....	0.23
1. Productivity total cost (\$/m3) .....	0.42
2. Productivity total cost (\$/m3) .....	0.51

**Block size distribution**      80 %      50 cm  
**Rock blastability**          Mediocre

**Drilling pattern geometry**

**Plan**      **Section A - A**

Hole diameter mm      152



Angle (Deg.) : 72

Stemming ,m	3.44
Column charge ,m	13.42
Primer ,m	.11
Total hole length m:	16.98

OK

شکل ۳: الگوی خرج گذاری و آرایش چالها در معدن مس میدوک، طراحی کامپیوتری، ارتفاع پله ۱۵ متر، پرایمر: دینامیت معمولی، خرج اصلی آنفو و بدون استفاده از خرج ته چال.

جدول ۵: خلاصه نتایج طراحی کامپیوتری الگوی حفاری و آتشیاری برای توده سنگ معدن مس میدوک، ارتفاع پله ۱۵ متر، پرایمر دینامیت معمولی، خرج اصلی آنفو و بدون استفاده از خرج ته چال.

قطر چال (mm)					واحد	علامت مشخصه	پارامتر طراحی
۱۵۲	۱۱۵	۱۰۲	۸۹	۷۶			
۲/۹۴	۲/۰۵	۱/۹۶	۱/۹۹	۲/۰۳	m	B	ضخامت بار سنگ
۵/۲۳	۳/۸۵	۳/۴۰	۲/۷۴	۲/۱۲	m	S	فاصله چالها در طول پله
۱/۴۵	۱/۱۱	۱/۰۰	۰/۸۳	۰/۶۸	m	U	اضافه حفاری
۱۶/۹۸	۱۶/۷۵	۱۶/۶۷	۱۶/۶۰	۱۶/۴۸	m	H	طول چال
۱/۷۸	۱/۸۸	۱/۷۴	۱/۳۸	۱/۰۴	-	S/B	نسبت S/B
۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲۳	m/m <sup>3</sup>	Spd	حفاری ویژه
۱۵/۳۴	۷/۸۸	۶/۶۴	۵/۴۵	۴/۳۱	m <sup>3</sup> / m	Y2	تسلیم شدگی سنگ در هر متر چال
۲۶۰/۵۰	۱۰۴ ۱۳۲	۱۶۲ ۱۱۰	۹۰/۵۴	۷۱/۰۴	m <sup>3</sup>	Y1	تسلیم شدگی سنگ در هر چال
۳/۴۴	۲/۷۲	۲/۴۶	۲/۲۶	۱/۸۶	m	St	ضخامت گل گذاری
۳	۳	۳	۳	۳	Kg	Qb1	وزن پرایمر در هر چال
۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۴۵	m	hb1	ارتفاع پرایمر در هر چال

۲۱۵/۳۲	/۰۱ ۱۲۷	/۸۱ ۱۰۰	۷۷/۰۵	۵۶/۷۹	Kg	Qc	وزن خرج اصلی در هر چال
۱۳/۴۲	۱۳/۸۳	۱۳/۹۶	۱۴/۰۱	۱۴/۱۶	m	Hc	ارتفاع خرج اصلی در هر چال
۲۱۸/۳۲	/۰۱ ۱۳۰	/۸۱ ۱۰۳	۸۰/۰۵	۵۹/۷۹	Kg	Qt	وزن کل خرج مصرفی در هر چال
۰/۵۹	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۲	۰/۵۹	Kg/m <sub>3</sub>	q	خرج ویژه
۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	Deg.	$\alpha$	شیب چال

در طراحی کامپیوتری قیمت مواد منفجره هم مد نظر قرار گرفته شده است. همچنین در طراحی کامپیوتری، مشخصات فنی بیشتری از ماشین‌آلات حفاری در محاسبات گنجانده شده است.

چنانچه اطلاعات و قیمت های واقعی در دسترس باشد، انجام مقایسه های اقتصادی توسط روش کامپیوتری امکان پذیر است.

### نتیجه گیری

در الگوها و مدل های ارائه شده برای معدن مس میدوک کلیه عوامل مهم که بر عملیات انفجار سطحی تأثیر می گذارند در

در هر دو روش طراحی میزان توجه به شرایط ژئوتکنیکی ناحیه و خواص ژئومکانیکی توده سنگ تقریباً یکسان است. در همین راستا در طراحی دستی، محاسبه ضخامت بارسنگ با استفاده از روش های گوناگون و تعیین خرج ویژه و در طراحی کامپیوتری انتخاب قابلیت انفجار سنگ، بر اساس شرایط ژئوتکنیکی انجام شده است. همچنین در طراحی کامپیوتری به مسئله مهم قابلیت انفجار سنگ توجه شده است که در طراحی دستی به آن اشاره نمی گردد.

خصوصیات فنی مواد منفجره در هر دو روش بطور یکسان در نظر گرفته شده اما

به روش دستی برتری داشته و در عمل قابل اطمینان می باشد.

از آنجا که شرایط ژئوتکنیکی ناحیه و بطور کلی خواص ژئومکانیکی توده سنگ تأثیر در زیادی بر طراحی الگوی حفاری و آتشباری دارند، با انجام مطالعات بیشتر و استفاده از علم آمار می توان ارتباط مناسبی بین خواص ژئومکانیکی و فیزیکی سنگ و پارامترهای طراحی عملیات انفجار معادن سطحی بدست آورد. تعیین ضخامت بار سنگ، مهمترین و حساسترین پارامتر طراحی الگوی حفاری و آتشباری بر اساس خواص ژئومکانیکی و فیزیکی توده سنگ و با استفاده از جدولها و محاسبات مشابه با طبقه بندی مهندسی سنگ، زمینه مناسبی برای انجام تحقیقات و مطالعات بیشتر می باشد.

### تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس ماشاءالله شریف مدیر عامل محترم شرکت معدنی ندای رهاوی به جهت فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام مطالعات و تحقیقات در معدن مس

نظر گرفته شده اند. این الگوها تا حد ممکن جامع و کامل بوده و چون از روشهای آماری خاصی برای کاهش میزان خطا در اطلاعات ورودی استفاده شده بنابراین از دقت بالایی برخوردار هستند. مدل‌های بدست آمده و نرم افزار معرفی شده، برای معدن مس میدوک و عملیات باطله برداری و استخراج در کلیه معادن سطحی ابزاری مفید می باشند.

نتایج بدست آمده نشان می دهند در مواقعی که اندازه قطعات سنگ تولید شده پس از انفجار اهمیت دارد، استفاده از الگوهای طراحی کامپیوتری مناسب تر است. در روش طراحی کامپیوتری اندازه قطعات سنگ تولید شده پس از انفجار بر حسب سانتی متر و درصد وزنی آنها براحتی بعنوان اطلاعات ورودی در سیستم طراحی گنجانده شده و بر اساس آنها طراحی انجام می شود.

بطور کلی باید اشاره شود که با توجه به قابلیت انعطاف پذیری بالای نرم افزار، در نظر گرفتن اکثر پارامترهای موثر در طراحی، توجه به خردایش سنگ، سرعت عمل بالا و سادگی کار با برنامه کامپیوتری مورد نظر، روش طراحی کامپیوتری نسبت

میدوک و کمک به توأم نمودن علم با عمل،  
تشکر و قدردانی می‌گردد.  
از اساتید گرامی آقایان مهندس  
رحمت‌الله استوار برای در اختیار گذاشتن  
منابع مناسب علمی و دکتر عبدالهادی  
قزوینیان به جهت ارائه خط‌مشی استفاده از  
علم مکانیک سنگ در طراحی عملیات  
انفجار معادن سطحی سپاسگزاری می‌شود.

## مراجع

۱- رمضانی، م. و مظهري، م. "مروری بر کانسار مس میدوک." کتابخانه مجتمع مس میدوک،  
۲۵۱، (۱۳۷۷).

2 - Jimeno, C. L., Jimeno, E. L. and Carcedo, F. J. A. (1995). *Drilling and Blasting of Rocks*, Balkema, P. 391.

3 - Celiksirt, M. C. and Erkan, V. (1997). "Possibility of organize and analyze drilling- blasting with a computer program (DelPat)." *Trasus junction – Mersin Motorway Construction*, P. 10.

4 - Hustrulid, W. (1999). *Blasting Principles for open pit mining*, Balkema, Vol. 1, P. 752.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 – Trimmedmean
- 2 - Trimmed burden
- 3 – Output of the Values
- 4 – Drilling Pattern Geometry
- 5 – Block Size Distribution
- 6 – Create Report

---

7 – Staggered Pattern

8 – Fragmentation