ارائه الگوی بهینهٔ حفاری و آتشباری 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 آتشباری 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[1] محاسبه شده، الگوی حفاری و آتشباری با روش دستی طراحی شده است. سپس یک برنامه کامپیوتری که در سال ۱۹۹۷ در کشور ترکیه تهیه شده است معرفی می گردد. 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 آتشباری، معدن مس میدوک، نرم‌افزار DelPat، مواد منفجره، چال، ضخامت بار سنگ، دانه‌بندی

مقدمه

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/. درصد 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 آتشباری می‌باشد، بنابراین طراحی الگوی بهینهٔ حفاری و آتشباری برای استخراج ماده معدنی در این گونه معادن باعث می‌شود که ماده معدنی با کمترین قیمت تمام شده استخراج شود.

طراحی الگوی حفاری و آتشباری در معادن روباز

بطور کلی طراحی الگوی حفاری و آتشباری در معادن روباز با استفاده از تئوریها وفرمولهای 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 آتشباری 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 الگوی حفاری و آتشباری در معادن روباز که در این تحقیق نیزدر نظر گرفته شده‌اند در جدول (۴) مشاهده می گردند.

اطلاعات مورد نیاز طراحی

طراحی الگوی بهینهٔ حفاری و آتشباری برای معدن مس میدوک نیاز به اطلاعاتی دارد که این اطلاعات بوسیله مطالعات زمین شناسی، برداشت‌های صحرایی، 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 بحرانی ترین و مهمترین پارامتر طراحی یعنی ضخامت بار سنگ، با استفاده از روشهایی که شرایط کاربرد و اطلاعات لازم برای آنها فراهم می‌باشـد در قطرهای مختلف چالها محاسبه شده است که نتایج آن درجدول (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[۲] 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 آتشباری در حالتهای مختلف بر اساس تغیر قطر چال و ارتفاع پله تعیین شده‌اند. نکته حائز اهمیت در محاسبات طراحی دستی الگوی حفاری و آتشباری، 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 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 ارتفاع‌های دیگر پله، برای همان قطر چال محاسبه شده‌اند. سپس جداول الگوی خرج‌گذاری و آرایش چالها برای توده سنگ معدن مس میدوک در حالتهای مختلف تکمیل گردیدند. این محاسبات بطور خلاصه در جدول (۴) گنجانده شده‌اند

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

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

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

قطر چال	ضخامت بار سنگ (B) بر حسب متر (m)												
میلی متر	فرمول اش	فرمول لانگ فورس	فرمول کونیا I	فرمول کونیا II	فرمول برتا	فرمول اولافسون	فرمول جیمنو	فرمول یوکر	فرمول آندرسن	فرمول پیارز	فرمول فولدسی	براساس قطر خرج	براساس مقاومت فشاری تک محوری سنگ
۸۹	۲/۲۲*	۳/۱۹	۲/۳۴	۲/۳۲	۳/۴۲*	۲/۷۳	-	۲/۹۰	۳/۵۰*	۱/۵۰*	۳/۳۳	۲/۳۴	۳/۲۹
۱۱۵	۲/۸۶*	۴/۱۸	۳/۰۱	۲/۹۹	۴/۴۲*	۳/۱۸	-	۳/۷۱	۴/۳۵*	۲/۱۱*	۴/۳۱	۳/۰۳	۴/۲۵
۱۵۲	۳/۸۱*	۵/۶۸	۴/۰۲	۳/۹۸	۵/۸۵*	۴/۳۵	-	۴/۷۳	۵/۰۶	۳/۰۰*	۵/۷۰*	۴/۰۰	۵/۶۲
۲۰۰	۵/۰۰	۷/۵۰	۵/۲۷	۵/۲۳	۷/۷۰*	۵/۷۵	۴/۷۷	۶/۲۳	۶/۶۶	۴/۰۴*	۷/۵۰*	۵/۲۶	۴/۶۰*
۲۵۱	۶/۲۷	۹/۵۶*	۶/۶۱	۶/۵۵	۹/۶۶*	۷/۳۶	۶/۰۳	۷/۵۳	۷/۵۰	۵/۲۰*	۹/۴۱	۶/۶۰	۵/۷۷*

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

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

در جدول (۲) مقادیر ستاره‌دار که دارای بیشترین و کمترین مقادیر هستند، درهنگام میانگین گیری پیراسته وارد محاسبات نشده‌اند. همچنین در جدول (۴) پرایمر دینامیت معمولی با قطر ۲۲ میلی‌متر و چگالی $4kg/dm^3$ /۱، خرج اصلی یا خرج میان چال آنفو با چگالی kg/dm^3 ۰/۸۵ می‌باشد.

معرفی و تشریح نرم‌افزار DelPat نسخه شماره ۳

این برنامه کامپیوتری برای کنترل سازماندهی و تجزیه و تحلیل عملیات حفاری و آتشباری معادن سطحی در سال ۱۹۹۷ در کشور ترکیه طراحی شده و قابل استفاده در معادن روباز برای ارائه الگوی کامل حفاری و آتشباری می‌باشد[۳]. این نرم‌افزار بسیار ساده و قابل فهم بود و از نظر گرافیکی نیز دارای قابلیت‌های خاصی می‌باشد. منوی اصلی ورود اطلاعات نرم‌افزار DelPat نسخه شماره ۳ در شکل (۱) مشاهده می‌شود.

در منوی اصلی نرم‌افزار مورد نظر با توجه به اطلاعـــــات موجود و شرایط محیط کار پارامترها انتخاب و یـــــا وارد می‌شوند. پس از کامل شدن ورود اطلاعات، منوی نتایج که شامل خروجی مقادیر[۳]، هندسه الگوی حفاری[۴]، توزیع اندازه قطعات سنگ[۵]، و ایجاد گزارش[۶] 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 شیبدار چال مشاهده می‌شود. همچنین در قسمت‌های توزیع اندازه قطعات سنگ و ایجاد گزارش، نمودارهای گرافیکی خاصی در مورد اندازه قطعات خرد شده سنگ پس از انفجار و نمودارهای تغیرات 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،

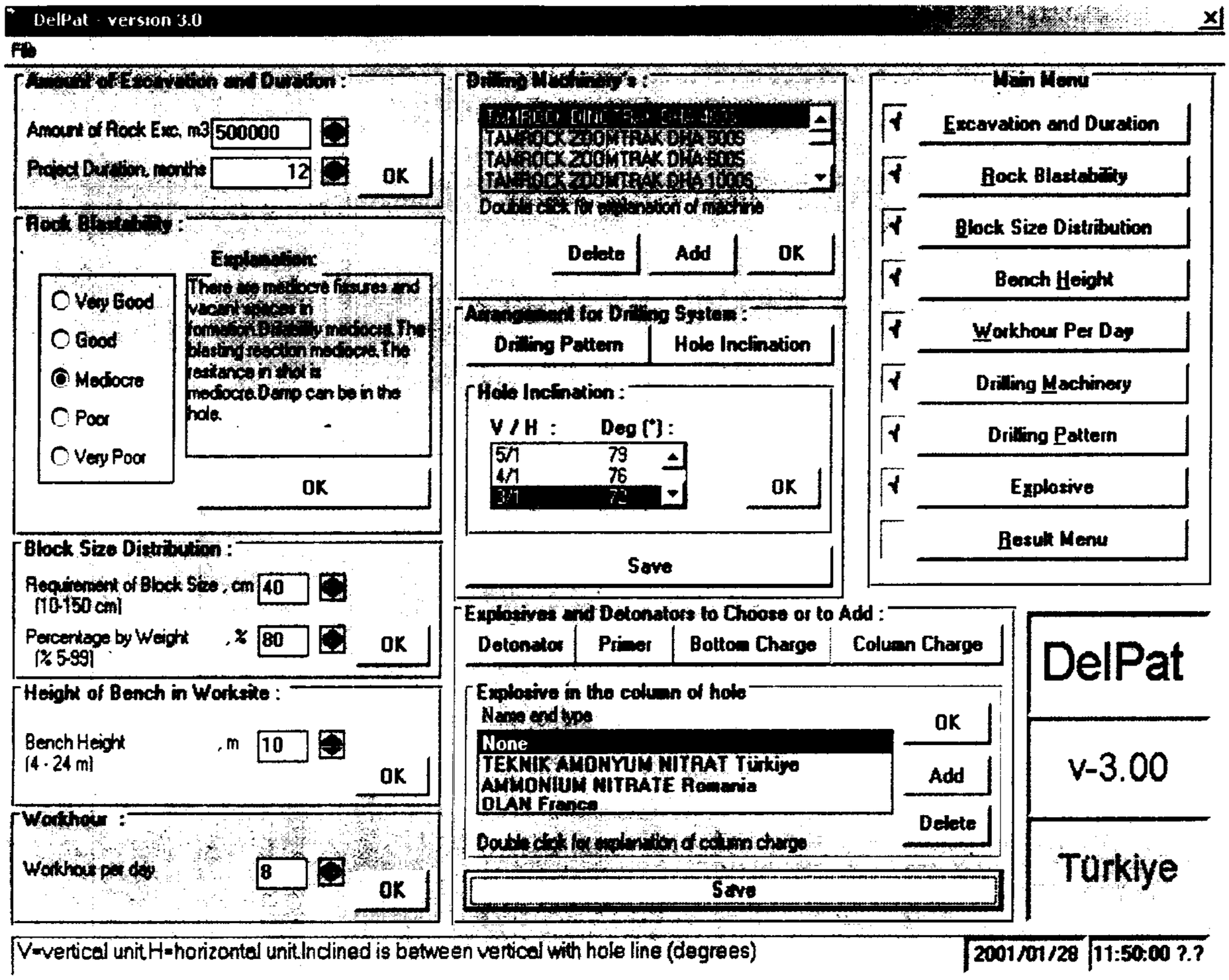
مانند ارتفاع پله و قطر چال، الگوهای متفاوتی ارائه خواهد شد بنابراین به منظور کاهش حجم عملیات و سادگی و قابلیت بیشتر کاربرد در عمل تعدادی الگوی خاص که بیشتر مورد نیاز می‌باشند، طراحی شده‌اند.

جدول ۴ : خلاصه محاسبات طراحی دستی الگوی حفاری و آتشباری برای توده سنگ معدن مس میدوک .

قطر چال	پارامتر طراحی	علامت مشخصه	واحد	مقادیر							
۸۹ میلی متر شیب چال ۳ به ۱	ارتفاع پله	K	m	۶	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۴	۱۵
	ضخامت بارسنگ	B	m	۲/۶۰	۲/۷۵	۲/۸۰	۲/۸۵	۲/۸۰	۲/۷۵	۲/۷۰	۲/۶۵
	فاصله چالها در طول پله	S	m	۳/۲۵	۳/۴۵	۳/۵۰	۳/۵۵	۳/۵۰	۳/۴۵	۳/۴۰	۳/۳۰
	اضافه حفاری	U	m	۰/۸۰	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۸۰
	ضخامت گل گذاری	St	m	۲/۶۰	۲/۷۵	۲/۸۰	۲/۸۵	۲/۸۰	۲/۷۵	۲/۷۰	۲/۶۵
	وزن پرایمر برای هر چال	Qb1	Kg	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۰
	وزن خرج اصلی	Qc	Kg	۲۱/۶۴	۳۲/۲۰	۳۷/۴۸	۴۲/۷۶	۴۸/۵۷	۵۴/۳۸	۶۵/۴۷	۷۱/۲۸
	طول چال	H	m	۷/۱۰	۹/۲۵	۱۰/۳۰	۱۱/۳۵	۱۲/۴۰	۱۳/۴۵	۱۵/۵۰	۱۶/۵۵
	خرج ویژه	q	Kgm^3	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۵۰	۰/۵۳
	حفاری ویژه	Spd	m/m^3	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲
۱۱۵ میلی متر شیب چال ۳به۱	ارتفاع پله	K	m	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
	ضخامت بارسنگ	B	m	۳/۳۵	۳/۴۵	۳/۵۵	۳/۵۵	۳/۶۰	۳/۵۵	۳/۵۵	۳/۵۰
	فاصله چالها در طول پله	S	m	۴/۲۰	۴/۳۰	۴/۴۵	۴/۴۵	۴/۵۰	۴/۴۵	۴/۴۵	۴/۴۰
	اضافه حفاری	U	m	۱/۰۰	۱/۰۵	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۵
	طول چال	H	m	۹/۴۰	۱۰/۵۰	۱۱/۶۰	۱۲/۶۵	۱۳/۷۰	۱۴/۷۵	۱۵/۸۰	۱۶/۸۰
	ضخامت گل گذاری	St	m	۳/۳۵	۳/۴۵	۳/۵۵	۳/۵۵	۳/۶۰	۳/۵۵	۳/۵۵	۳/۵۰
	وزن پرایمر برای هر چال	Qb1	Kg	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۸۰	۳/۸۰
	وزن خرج اصلی	Qc	kg	۴۹/۷۷	۵۸/۵۸	۶۷/۴۰	۷۶/۶۴	۸۵/۴۵	۹۵/۱۴	/۴۰ ۱۰۴	/۶۵ ۱۱۳
	خرج ویژه	q	kgm^3	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۸
	حفاری ویژه	Spd	m/m^3	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷
۱۵۲ میلی متر شیب چال ۳ به ۱	ارتفاع پله	K	m	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
	ضخامت بارسنگ	B	m	۴/۴۰	۴/۵۰	۴/۶۰	۴/۶۵	۴/۷۰	۴/۷۰	۴/۷۰	۴/۶۵
	فاصله چالها در طول پله	S	m	۵/۵۰	۵/۶۵	۵/۷۵	۵/۸۰	۵/۹۰	۵/۹۰	۵/۹۰	۵/۸۰
	اضافه حفاری	U	m	۱/۳۰	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰
	طول چال	H	m	۹/۷۰	۱۰/۸۰	۱۱/۹۰	۱۲/۹۵	۱۴/۰۰	۱۵/۰۵	۱۶/۱۰	۱۷/۱۵

	ضخامت گل گذاری	St	m	۴/۴۰	۴/۵۰	۴/۶۰	۴/۶۵	۴/۷۰	۴/۷۰	۴/۷۰	۴/۶۵
	وزن پرایمر برای هر چال	Qb1	Kg	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰	۶/۵۰
	وزن خرج اصلی	Qc	kg	۷۵/۴۶	۹۰/۸۶	/۲۶ ۱۰۶	/۶۶ ۱۲۱	/۰۶ ۱۳۷	/۲۳ ۱۵۳	/۴۰ ۱۶۹	/۳۴ ۱۸۶
	خرج ویژه	q	kgm^3	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۵
	حفاری ویژه	Spd	m/m^3	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
۲۰۰ میلی متر شیب چال ۳ به ۱	ارتفاع پله	K	m	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
	ضخامت بارسنگ	B	m	۵/۴۰	۵/۵۰	۵/۶۰	۵/۶۵	۵/۷۵	۵/۷۵	۵/۷۵	۵/۷۵
	فاصله چالها در طول پله	S	m	۶/۷۵	۶/۹۰	۷/۰۰	۷/۰۵	۷/۲۰	۷/۲۰	۷/۲۰	۷/۲۰
	اضافه حفاری	U	m	۱/۶۰	۱/۶۵	۱/۷۰	۱/۷۰	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵	۱/۷۵
	طول چال	H	m	۱۰/۰۰	۱۱/۱۰	۱۲/۲۰	۱۳/۲۵	۱۴/۳۵	۱۵/۴۰	۱۶/۴۵	۱۷/۵۰
	ضخامت گل گذاری	St	m	۵/۴۰	۵/۵۰	۵/۶۰	۵/۶۵	۵/۷۵	۵/۷۵	۵/۷۵	۵/۷۵
	وزن پرایمر برای هر چال	Qb1	Kg	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱۰/۰۰
	وزن خرج اصلی	Qc	kg	/۳۰ ۱۱۳	/۹۶ ۱۳۹	۱۶۶/۶۲	/۲۸ ۱۹۳	/۹۴ ۲۱۹	/۹۳ ۲۴۷	/۹۳ ۲۷۵	/۹۲ ۳۰۳
	خرج ویژه	q	kgm^3	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۸
	حفاری ویژه	Spd	m/m^3	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
۲۵۱ میلی متر چال عمودی	ارتفاع پله	K	m	۸	۹	/۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
	ضخامت بارسنگ	B	m	۶/۷۰	۶/۷۵	۶/۸۰	۶/۸۰	۶/۹۰	۶/۹۰	۶/۹۵	۷/۰۵
	فاصله چالها در طول پله	S	m	۶/۷۰	۶/۷۵	۶/۸۰	۶/۸۰	۶/۹۰	۶/۹۰	۶/۹۵	۷/۰۵
	اضافه حفاری	U	m	۲/۳۵	۲/۳۵	۲/۴۰	۲/۴۰	۲/۴۰	۲/۴۰	۲/۴۵	۲/۴۵
	طول چال	H	m	۱۰/۳۵	۱۱/۳۵	۱۲/۴۰	۱۳/۴۰	۱۴/۴۰	۱۵/۴۰	۱۶/۴۵	۱۷/۴۵
	ضخامت گل گذاری	St	m	۶/۷۰	۶/۷۵	۶/۸۰	۶/۸۰	۶/۹۰	۶/۹۰	۶/۹۵	۷/۰۵
	وزن پرایمر برای هر چال	Qb1	Kg	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰	۱۵/۰۰
	وزن خرج اصلی	Qc	kg	/۶۰ ۱۳۸	/۵۰ ۱۷۸	/۵۰ ۲۲۰	/۵۰ ۲۶۲	/۳۰ ۳۰۰	/۳۰ ۳۴۲	/۳۰ ۳۸۴	/۱۰ ۴۲۲
	خرج ویژه	q	kgm^3	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۵۹
	حفاری ویژه	Spd	m/m^3	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۶	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵	۰/۲۴۰	۰/۲۳۰

در طراحی کامپیوتری تعدادی از پارامترها ثابت در نظر گرفته شده و طراحی بر اساس آنها انجام شده است. این پارامترها شامل حجم برداشت سالیانه تقریباً ۲ میلیون متر مکعب، قابلیت انفجار سنگ متوسط ، شیب چال ۳ به ۱ یا ۱۸درجه، پرایمر دینامیت معمولی با قطر ۲۲ میلی‌متر و چگالی$1/4kg/dm^3$ ، تعداد ساعت کاری در روز ۱۲



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

ساعت، نوع آرایش چالها زیگزاگی یا لوزی[۷]، 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 انخاب شده‌اند. خلاصه نتایج مربوط به طراحی کامپیوتری الگوی حفاری و آتشباری در 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 بالاتر است و با توجه به این قابلیت انعطاف پذیری بالای نرم‌افزار است که می‌توان آنرا برای شرایط متغیر محیط کار به سادگی به کار گرفت. از طرف دیگر در طراحی کامپیوتری دانه‌بندی 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[۸]، این پارامتر مهم در محاسبات گنجانده نمی‌شود. در طراحی کامپیوتری نسبت S/Bبا توجه به قطر چال و نحوه خردایش سنگ تعیین شده است.

آماده سازی اطلاعات مورد نیاز برای طراحی دستی مشکل‌تر، زمان لازم بـــرای جمع‌آوری آنها به‌مراتب بیشتر و محاسبات آن پیچیده‌تر است. این مطلب به هنگام تعیین ضخامت بارسنگ با روشهای گوناگون بیشتر از هر زمان دیگر مشاهده می‌شود.

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 distibution 80 % 40 cm
Rock blastability Mediocre

Drilling pattern geometry

Plan

Hole diameter mm 102

B =1.95

S = 3.40

Section A - A

Angle (Deg.) : 72

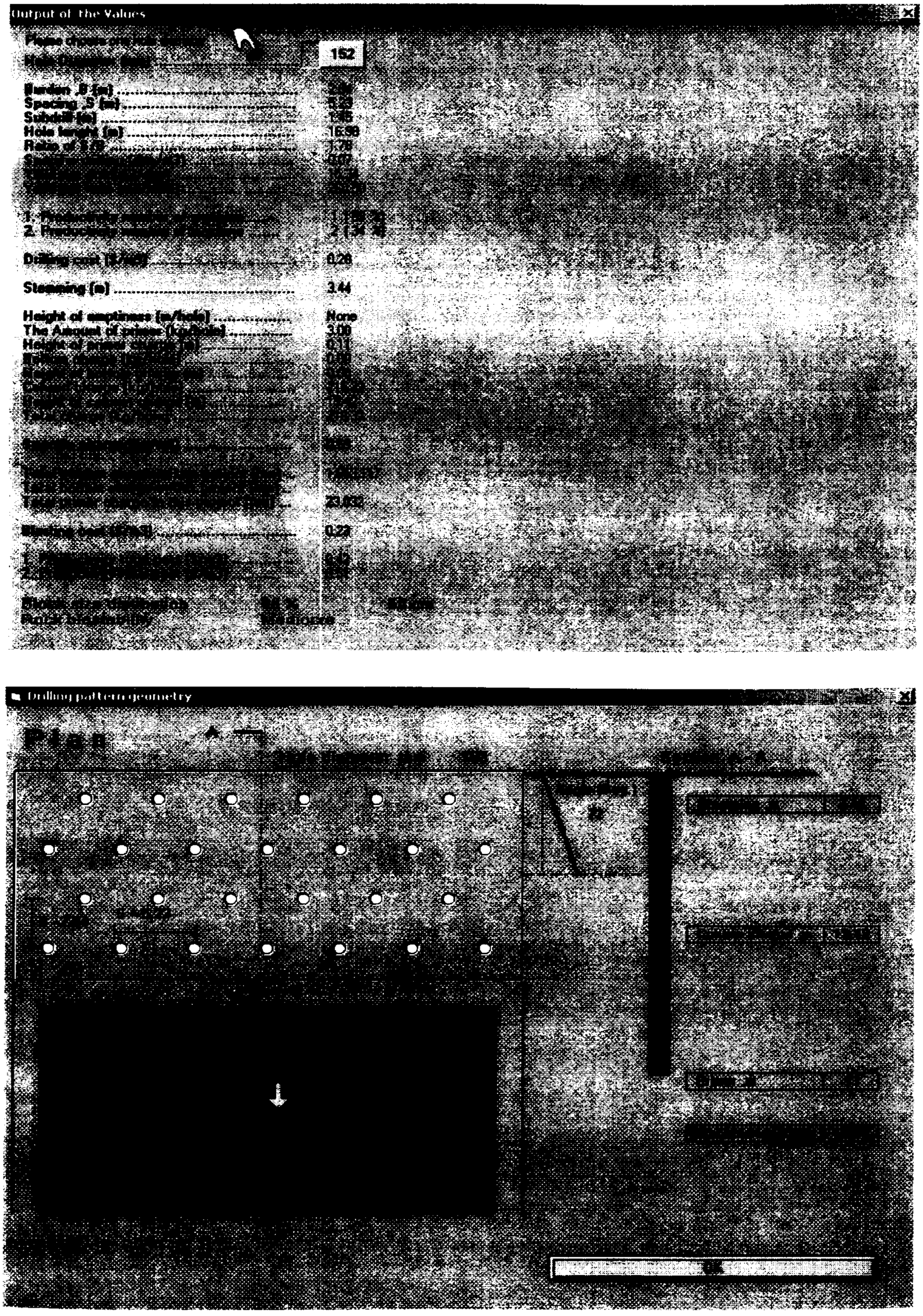
Stemming ,m 2.46

Column charge ,m 13.96

Total hole length m: 16.67

OK

شکل ۲: الگوی خرج‌گذاری 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 .



شکل ۳ : الگوی خرج‌گذاری 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 آتشباری برای توده سنگ معدن مس میدوک،ارتفاع پله ۱۵ متر، پرایمر دینامیت معمولی، خرج اصلی آنفو و بدون استفاده از خرج ته چال .

پارامتر طراحی	علامت مشخصه	واحد	قطر چال(mm)				
			۷۶	۸۹	۱۰۲	۱۱۵	۱۵۲
ضخامت بار سنگ	B	m	۲/۰۳	۱/۹۹	۱/۹۶	۲/۰۵	۲/۹۴
فاصله چالها در طول پله	S	m	۲/۱۲	۲/۷۴	۳/۴۰	۳/۸۵	۵/۲۳
اضافه حفاری	U	m	۰/۶۸	۰/۸۳	۱/۰۰	۱/۱۱	۱/۴۵
طول چال	H	m	۱۶/۴۸	۱۶/۶۰	۱۶/۶۷	۱۶/۷۵	۱۶/۹۸
نسبت S/B	S/B	-	۱/۰۴	۱/۳۸	۱/۷۴	۱/۸۸	۱/۷۸
حفاری ویژه	Spd	m/m^3	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۰۷
تسلیم شدگی سنگ در هر مترچال	Y2	m^3/m	۴/۳۱	۵/۴۵	۶/۶۴	۷/۸۸	۱۵/۳۴
تسلیم شدگی سنگ در هر چال	Y1	m^3	۷۱/۰۴	۹۰/۵۴	۱۱۰/۶۲	۱۳۲/۰۴	۲۶۰/۵۰
ضخامت گل گذاری	St	m	۱/۸۶	۲/۲۶	۲/۴۶	۲/۷۲	۳/۴۴
وزن پرایمر در هر چال	Qb1	Kg	۳	۳	۳	۳	۳
ارتفاع پرایمر در هر چال	hb1	m	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۱
وزن خرج اصلی در هر چال	Qc	Kg	۵۶/۷۹	۷۷/۰۵	۱۰۰/۸۱	۱۲۷/۰۱	۲۱۵/۳۲
ارتفاع خرج اصلی در هر چال	Hc	m	۱۴/۱۶	۱۴/۰۱	۱۳/۹۶	۱۳/۸۳	۱۳/۴۲
وزن کل خرج مصرفی در هر چال	Qt	Kg	۵۹/۷۹	۸۰/۰۵	۱۰۳/۸۱	۱۳۰/۰۱	۲۱۸/۳۲
خرج ویژه	q	Kg/m^3	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۵۹
شیب چال	α	Deg.	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲

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 روشهای 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 مسئلهٔ 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 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.

نتیجه‌گیری

در الگوها و مدلهای ارائه شده برای معدن مس میدوک کلیه عوامل مهم که بر عملیات انفجار سطحی تأثیر می‌گذارند در نظر گرفته شده‌اند. 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 نرم‌افزار معرفی شده، برای معدن مس میدوک و عملیات باطله برداری و استخراج در کلیه معادن سطحی ابزاری مفید می‌باشند.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهند در مواقعی که اندازه قطعات سنگ تولید شده پس از انفجار اهمیت دارد، استفاده از الگوهای طراحی کامپیوتری مناسب‌تر است. در روش طراحی کامپیوتری اندازه قطعات سنگ تولید شده پس از انفجار بر حسب سانتی‌متر و درصد وزنی آنها براحتی بعنوان اطلاعات ورودی در سیستم طراحی گنجانده شده و بر اساس آنها طراحی انجام می‌شود.

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 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 مطعالعات بیشتر و استفاده از علم آمار می‌توان 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 طبقه‌بندی مهندسی سنگ، زمینه مناسبی برای انجام تحقیقات و مطالعات بیشتر می‌باشد.

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 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 مظهری، 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 - Hústrulid , 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