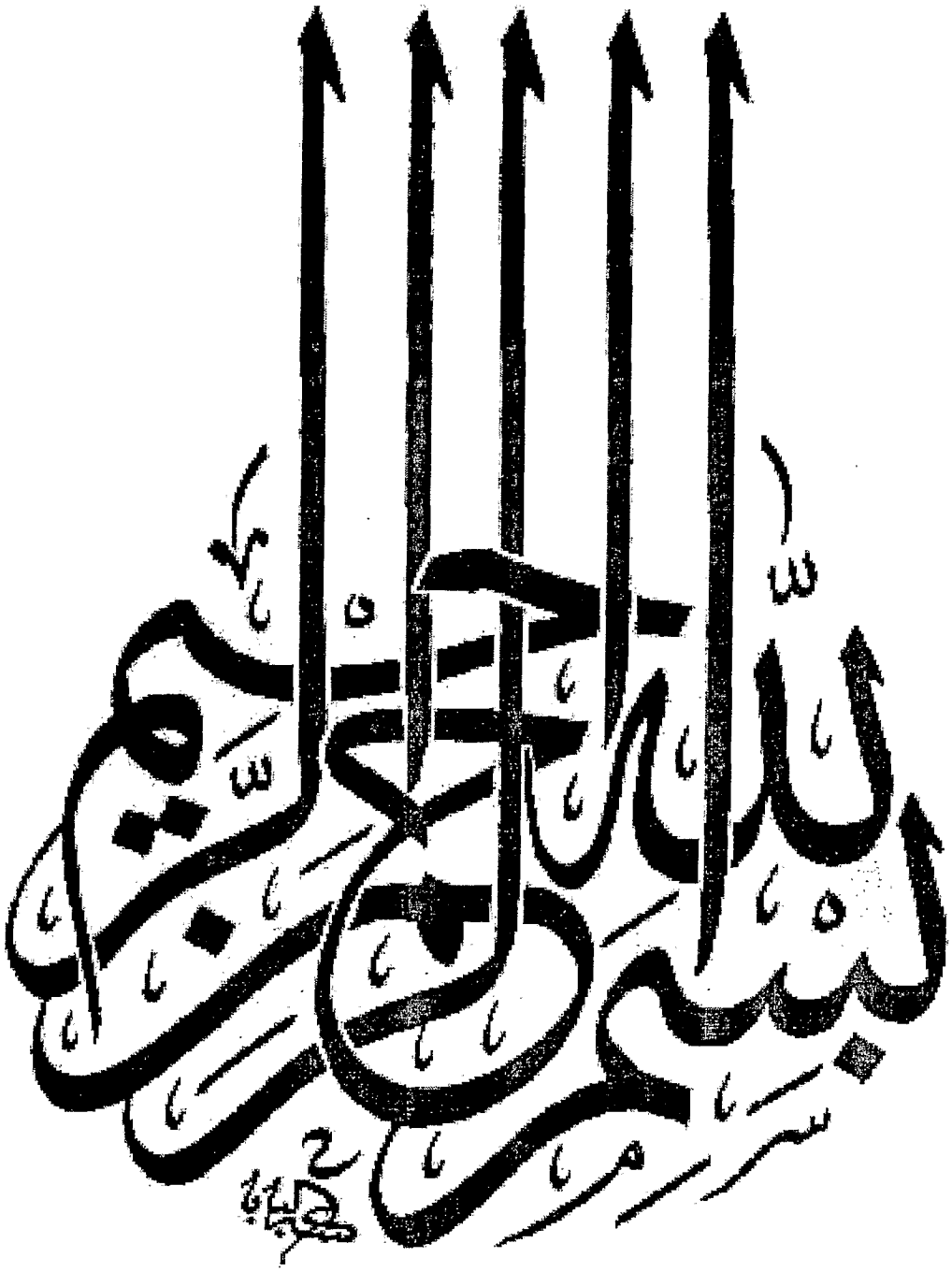
٢٩٦٤



٩٣٢٤٧

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی معدن- استخراج

طراحی الگوی آتشباری در معدن سنگ آهن گل گهر با استفاده از شبکه عصبی

حسام دهقانی

۱۳۸۷ /۲/ ۵

۱۳۸۷ /۲/ ۵

استاد راهنما:

دکتر مسعود منجزی

استاد مشاور:

دکتر کامران گشتاسبی

تابستان ۱۳۸۶

۹۲۲۳۷

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

آقای حسام دهقان جان آبادی پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان طراحی الگوی آتشباری در معدن سنگ آهن گل گهر با استفاده از شبکه های عصبی** در تاریخ ۱۳۸٦/٦/۱۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن - استخراج پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر مسعود منجزی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر کامران گشتاسبی گوهرریزی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر سیدرحمان ترابی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر کورش شهریار	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر سیدرحمان ترابی	دانشیار	

۹۳۲۳۷

دستور العمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه:با عنایت به سیاست های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت وکرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی ومعنوی دانشگاه و پژوهشگران لازم است اعضای هیات علمی دانشجویان دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح درمورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان نامه وساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است موارد ذیل را رعایت نمایید:

ماده۱: حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هر گونه بهره‌برداری ازآن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره های ملی، منطقه‌ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسید ه و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هر گونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

چکیده:

یکی از اساسی ترین مراحل استخراج در معادن روباز، عملیات چالزنی و آتشباری است. برای انجام یک انفجار مناسب، در مرحله اول باید عوامل تاثیر گذار نظیر خصوصیات سنگ، پارامترهای مربوط به ماده منفجره و مشخصات هندسی شبکه انفجار تعیین گردند و سپس الگوی آتشباری بهینه بر مبنای این عوامل محاسبه شود. روش متداول برای طراحی الگوی حفاری و آتشباری عمدتاً بوسیله روش‌های تجربی می‌باشد. با توجه به تعدد پارامترهای موثر در عملیات آتشباری، رویکرد جدید استفاده از متدهای نوین نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)، الگوریتم ژنتیک، روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال (MLC) و ... می‌باشد. این روش‌ها علاوه بر دقت لازم در طراحی، از سرعت بالا و سهولت کاربرد نیز برخوردار هستند.

در این تحقیق ابتدا با توجه به مزایای ذکر شده برای روش شبکه عصبی مصنوعی، مدلی مبتنی بر شبکه عصبی چند لایه پرسپترون برای شبیه سازی عملیات چالزنی و آتشباری در فاز روباره برداری معدن سنگ آهن گل گهر شماره ۳ و پیش بینی مناسب ترین الگوی آتشباری با توجه به شرایط محیطی ارائه شده است. متغیرهای ورودی در این بخش شامل ۷ پارامتر تاثیر گذار بر عملیات آتشباری می باشد. سپس با توجه به رفتار شبکه در آموزش، آزمون و مقدار خطا ها در تخمین میزان عقب زدگی، مقادیر بهینه‌ای برای تعداد لایه های میانی، تعداد نرون‌ها و توابع انتقال آنها به دست آمد. به این ترتیب شبکه بهینه با دو لایه میانی که به ترتیب دارای ۱۵ و ۲۵ نرون می‌باشند، تعیین شد. در ادامه به منظور آنالیز حساسیت، تغییرات عقب زدگی نسبت به پارامترهای ورودی تعیین و موثرترین پارامترها مشخص گردیدند. در بخش دوم تحقیق، الگوی آتشباری مناسب با استفاده از اطلاعات معدن شماره ۱ گل گهر با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال تعیین گردید و دو مدل برای پیش بینی عقب زدگی و خردایش ساخته شد.

آنالیز اطلاعات معدن شماره یک بیانگر اهمیت بالای پارامترهایی نظیر مقاومت فشاری، خرج ویژه، تعداد ردیف‌های انفجار، وضعیت شکستگی‌ها، میزان بار جلوی دیواره و نسبت خرج بر تاخیر در بین پارامترهای ورودی بر میزان خردایش بود. با تحلیل نتایج بدست آمده از معدن شماره سه می‌توان گفت که بعضی از پارامترها نظیر نسبت گل گذاری به بارسنگ، نسبت خرج ردیف آخر به خرج کل، خرج ویژه، تعداد ردیف‌های انفجار و نسبت خرج بر تاخیر سهم خاصی بر تغییرات عقب زدگی دارند. در نهایت الگوهای محاسبه شده در معادن شماره یک و سه مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج بدست آمده حاکی از کاهش چشمگیر عقب زدگی و بهبود خردایش در این معادن بود.

تقدیم به

آنکه حقیقت دینم شد و راه پیمودنم، فرشته فداکاری و دوست داشتن، مادرم

و دستان گرم پدر، تندیس استقامت و تکیه گاه برخاستنم

تشکر و سپاس

بدینوسیله از رهنمودهای جناب آقای دکتر منجزی و مشاوره های بی دریغ جناب آقای دکتر گشتاسبی که همواره مرا در مسیر این پایان نامه یاری نمودند کمال قدردانی را دارم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول – مقدمه	۱
فصل دوم – عوامل و پارامترهای موثر بر عملیات آتشباری	۵
۲-۱- مقدمه	٦
۲-۲– پارامترهای قابل کنترل آتشباری	٦
۲-۲-۱- قطرچال	۸
۲-۲-۲- ضخامت بارسنگ	۱۰
۲-۲-۳- فاصله ردیفی چال‌ها	۱۰
۲-۲-٤- ارتفاع پله	۱۱
۲-۲-۵- اضافه حفر چال	۱۲
۲-۲-٦-گل گذاری	۱۳
۲-۲-۷- شیب چال	۱۳
۲-۲-۸- تراکم خرج و میزان مواد ناریه وسط و ته چال	۱۵
۲-۲-۹- خرج ویژه	۱۵
۲-۲-۱۰- حفاری ویژه	۱۷
فصل سوم – روش‌های طراحی الگوی آتشباری	۱۹
۳-۱- مقدمه	۲۰
۳-۲- روش‌های تجربی	۲۰
۳-۳- روش شبکه عصبی مصنوعی	۳۷
۳-۳-۱-تاریخچه	۳۷
۳-۳-۱-۱- شبکه‌های عصبی بیولوژیکی	۳۸
۳-۳-۱-۲- اتصال بین نرون‌ها (سلول‌های عصبی)	٤۰
۳-۳-۱-۳- شبکه‌های عصبی مصنوعی	٤۲
۳-۳-۱-٤- اجزاء و ساختمان واحدهای مصنوعی	٤٦
۳-۳-۱-۵- پردازش اطلاعات در شبکه	٤۹
۳-۳-۱-٦- الگوریتم‌های یادگیری	۵۱
۳-۳-۲- انواع شبکه‌های عصبی	۵٤
۳-۳-۲-۱ شبکه‌های تک لایه	۵٤
۳-۳-۲-۲- شبکه‌های چند لایه	۵۵
۳-۳-۲-۳- شبکه‌های خود سازمانده	۵۹

۳-۳-۲-٤- شبکه هاپفیلد	٦۰
۳-۳-۳- کاربرد شبکه‌های عصبی	٦۰
۳-٤- روش طبقه بندی حداکثر احتمال	٦۲
فصل چهارم – معرفی معدن سنگ آهن گل گهر	٦٦
٤-۱- مقدمه	٦۷
٤-۲- موقعیت جغرافیایی معدن و راه‌های ارتباطی	٦۷
٤-۳- شرایط آب و هوایی	٦۹
٤-٤- توپوگرافی عمومی منطقه	۷۰
٤-۵- جایگاه ناحیه معدنی گل گهر در زمین ساخت ایران و چینه شناسی	۷۰
٤-٦- کانی شناسی کانسار گل گهر	۷۲
٤-٦-۱- کانی‌های فلزی	۷۲
٤-٦-۲- کانی‌های غیرفلزی	۷۲
٤-۷- مشخصات فنی معدن شماره یک گل گهر	۷۳
٤-۸- مشخصات فنی معدن شماره سه گل گهر	۷۳
فصل پنجم – محاسبه الگوی آتشباری مناسب برای معدن سنگ آهن گل گهر	۷٦
۵-۱- مقدمه	۷۷
۵-۲- محاسبه الگوی آتشباری در معدن شماره سه	۷۷
۵-۲-۱- محاسبه الگوی آتشباری با استفاده از روش تجربی	۷۷
۵-۲-۲- محاسبه الگوی آتشباری با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی	۸۵
۵-۲-۲-۱- تهیه اطلاعات جهت مدلسازی	۸٦
۵-۲-۲-۲- تهیه مدل	۸۸
۵-۲-۲-۳- انتخاب قانون یادگیری	۸۹
۵-۲-۲-٤- تعیین ساختار شبکه	۹۰
۵-۲-۲-۵- ارزیابی شبکه (مدل)	۹۱
۵-۲-۲-٦- تعیین شبکه بهینه	۹۲
۵-۲-۲-۷- آنالیز حساسیت	۹۳
۵-۲-۲-۸- تحلیل آماری داده‌های ورودی	۹۵
۵-۲-۳- مقایسه الگوهای بدست آمده از دو روش تجربی و شبکه عصبی	۹۹
۵-۳- محاسبه الگوی آتشباری در معدن شماره یک	۱۰۰
۵-۳-۱- محاسبه الگوی آتشباری با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال	۱۰۰
۵-۳-۱-۱- تهیه اطلاعات جهت مدلسازی	۱۰۱
۵-۳-۱-۲- تهیه مدل	۱۰٤

۵-۳-۱-۳- ارزیابی شبکه (مدل)	۱۰۵
۵-۳-۱-٤- آنالیز حساسیت مدلسازی عقب زدگی	۱۰۵
۵-۳-۱-۵- تحلیل آماری داده‌های ورودی مدلسازی عقب زدگی	۱۰٦
۵-۳-۱-٦- آنالیز حساسیت مدلسازی خردایش	۱۰۹
۵-۳-۱-۷- تحلیل آماری داده‌های ورودی مدلسازی خردایش	۱۱۰
نتایج و پیشنهادات	۱۱۲
منابع و مراجع	۱۱۷
پیوست الف – الگوی آتشباری در معدن شماره یک	----
پیوست ب - الگوی آتشباری در معدن شماره سه	----

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۲-۱- پارامترهای هندسی الگوی انفجار و علائم اختصاری آن‌ها	۷
جدول ۲-۲- ارتباط قطر چال با ارتفاع پله طبق نظر Gustaffson	۹
جدول ۲-۳- ارتباط مقاومت فشاری و میزان تولید با قطر چال	۹
جدول ۲-٤- ارتباط قطر چال با نوع وسیله بارگیری و ارتفاع پله	۹
جدول ۲-٥- رابطه طول چال با شیب چال	١٤
جدول ۲-٦- ارتباط خرج ویژه و نوع سنگ	١٦
جدول ۳-۱- K_B به عنوان تابعی از جنس سنگ و نوع ماده منفجره	٢٤
جدول ۳-۲- محاسبه فاکتور F_r جهت استفاده در فرمول هانسن	٢٧
جدول ۳-۳- روابط محاسبه فاصله ردیفی چال‌ها توسط کنیا	٢٨
جدول ۳-٤- فاکتور مربوط به انحراف چال	٣٤
جدول ۳-٥- فاکتور مربوط به تصحیح نوع سنگ	٣٤
جدول ۳-٦- محاسبه پارامترهای آتشباری با چال‌های کم قطر	٣٥
جدول ۳-۷- محاسبه پارامترهای آتشباری برای چال‌هایی با قطر زیاد	٣٥
جدول ۳-۸- تقسیم بندی میزان عقب زدگی معدن شماره یک	٦٢
جدول ۳-۹- تقسیم بندی میزان خردایش معدن شماره یک	٦٢
جدول ٤-۱- طول مسیر راه آهن در مسیرهای مختلف	٦٨
جدول ٤-۲ مختصات ناحیه معدنی شماره سه گل گهر	٦٨
جدول ٤-۳- میزان حفاری‌های انجام شده در گهرزمین	٧٤
جدول ٤-٤- ضخامت پوشش کانسار شماره سه بر حسب متر در بخش‌های مختلف ذخیره	٧٥
جدول ٥-۱- پارامترهای مربوط به ماده منفجره مورد استفاده در تعیین پارامترهای آتشباری معدن گل گهر۳	٧٨
جدول ٥-۲- پارامترهای مربوط به طراحی معدن مورد استفاده در تعیین پارامترهای آتشباری معدن گل گهر۳	٧٨
جدول ٥-۳- معرفی پارامترهای ورودی و پارامتر هدف در مدل سازی	٨٧
جدول ٥-٤- کمترین و بیشترین مقادیر پارامترهای ورودی	٨٨
جدول ٥-٥- نتایج حاصل از شبکه با توابع انتقال مختلف	٩٢
جدول ٥-٦- شبکه‌های با ساختار متفاوت و میزان خطای آزمون شبکه	٩٢
جدول ٥-۷- پارامترهای تشکیل دهنده مناطق ایجاد شده در اثر تغییرات نسبت خرج ردیف آخر به خرج کل	٩٨

جدول ۵-۸- پارامترهای تشکیل دهنده مناطق ایجاد شده در اثر تغییرات خرج ویژه	۹۸
جدول ۵-۹- پارامترهای آتشباری محاسبه شده توسط روش تجربی و شبکه عصبی در معدن گل گهر شماره سه	۹۹
جدول ۵-۱۰- معرفی پارامترهای ورودی و پارامتر هدف در مدل سازی عقب زدگی	۱۰۳
جدول ۵-۱۱- معرفی پارامترهای ورودی و پارامتر هدف در مدل سازی خردایش	۱۰۳
جدول ۵-۱۲- کمترین و بیشترین مقادیر پارامترهای ورودی در مدلسازی عقب زدگی	۱۰۴
جدول ۵-۱۳- کمترین و بیشترین مقادیر پارامترهای ورودی در مدلسازی خردایش	۱۰۵
جدول ۵-۱۴- پارامترهای آتشباری معدن گل گهر در فاز استخراج	۱۱۱

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- پدیده عقب زدگی در معدن شماره ۳ سنگ آهن گل گهر (حدود ۲۰ متر)	۳
شکل ۱-۲- عدم خردایش مناسب در معدن شماره ۳ سنگ آهن گل گهر	۳
شکل ۲-۱- پارامترهای هندسی الگوی انفجار	۷
شکل ۲-۲- نمایش تنش‌ها در هنگام شکستن بارسنگ	۱۱
شکل ۲-۳- شکسته شدن ستون سنگی جلو چال از یک طرف	۱۱
شکل ۲-٤- رابطه شیب چال و اضافه حفر چال	۱۲
شکل ۲-٥- عقب زدگی ناشی از گل گذاری با ارتفاع زیاد	۱۳
شکل ۲-٦- گل گذاری با ارتفاع مناسب	۱۳
شکل ۲-۷- تأثیر شیب چال بر روی پاشنه و اندازه مصالح	۱٤
شکل ۲-۸- رابطه بین خرج و هزینه کل	۱٦
شکل ۲-۹- ارتباط بین قطر ps برای سنگ‌های مختلف	۱۷
شکل ۳-۱- قسمت‌های اصلی ساختمان یک نرون	٤۱
شکل ۳-۲ اتصال یک سیناپس بین دو نرون	٤۱
شکل ۳-۳- ساختار یک نرون تک ورودی	٤۷
شکل ۳-٤- ساختار یک نرون R ورودی	٤۷
شکل ۳-٥- یک ساختار نمونه از شبکه عصبی مصنوعی	٤۸
شکل ۳-٦- نحوه اتصالات در شبکه‌های عصبی	٤۹
شکل ۳-۷- نمای کلی آموزش بدون سرپرست	٥۲
شکل ۳-۸- نمای کلی آموزش با سرپرست	٥۲
شکل ۳-۹ ساختار یک شبکه تک لایه	٥٤
شکل ۳-۱۰- ساختار یک شبکه چند لایه	٥٥
شکل ۳-۱۱- ساختار یک پرسپترون	٥٦
شکل ۳-۱۲- نمودار تابع سیگموئید	٥۷
شکل ۳-۱۳ نمودار تابع Hard-limit	٥۸
شکل ۳-۱٤ نمودار تابع تانژانت سیگموئید	٥۸
شکل ٤-۱- موقعیت جغرافیایی معدن سنگ آهن گل گهر و سایر معادن آهن ایران	٦۸
شکل ٤-۲ راه دسترسی به ذخایر سنگ آهن گل گهر	٦۹
شکل ٤-۳- موقعیت نسبی ذخایر شش گانه ناحیه گل گهر	۷۲

شکل ٤-٤- موقعیت و ابعاد ذخیره شماره سه گل گهر	٧٤
شکل ٤-٥- مدلسازی سه بعدی از ذخیره شماره سه گل گهر و توپوگرافی سطح زمین	٧٥
شکل ٥-١- مقادیر بارسنگ برای روابط مختلف تجربی	٨٣
شکل ٥-٢- مقادیر فاصله ردیفی چال‌ها برای روابط مختلف تجربی	٨٣
شکل ٥-٣- مقادیر گل گذاری برای روابط مختلف تجربی	٨٤
شکل ٥-٤- مقادیر اضافه حفاری برای روابط مختلف تجربی	٨٤
شکل ٥-٥- الگوریتم شبکه مورد استفاده جهت مدل سازی انفجار	٩٠
شکل ٥-٦- ارزیابی نتایج حاصل از شبکه عصبی و داده‌های حقیقی	٩٣
شکل ٥-٧- مقایسه خروجی شبکه‌های با ساختار مختلف	٩٣
شکل ٥-٨- آنالیز حساسیت پارامترهای ورودی بر تابع هدف	٩٤
شکل ٥-٩- تغییرات مقدار عقب زدگی نسبت به تغییرات نسبت خرج بر تاخیر	٩٥
شکل ٥-١٠- تغییرات مقدار عقب زدگی نسبت به تغییرات نسبت گل گذاری به بارسنگ	٩٦
شکل ٥-١١- مناطق ایجاد شده در اثر تغییرات نسبت خرج ردیف آخر به خرج کل	٩٧
شکل ٥-١٢- تغییرات مقدار عقب زدگی نسبت به تغییرات نسبت خرج ردیف آخر به خرج کل	٩٧
شکل ٥-١٣- مناطق ایجاد شده در اثر تغییرات مقدار خرج ویژه	٩٨
شکل ٥-١٤- تغییرات مقدار عقب زدگی نسبت به تغییرات خرج ویژه	٩٩
شکل ٥-١٥- کاهش مشکلات عقب زدگی و خردایش با اجرای الگوی محاسبه شده	١٠٠
شکل ٥-١٦- نمونه‌ای از عکس گرفته شده از بلوک آتشباری شده	١٠٢
شکل ٥-١٧- آنالیز عکس بوسیله نرم افزار Split-desktop	١٠٢
شکل ٥-١٨- نمودار دانه بندی شده بوسیله نرم افزار Split-desktop	١٠٢
شکل ٥-١٩- آنالیز حساسیت پارامترهای ورودی بر تابع هدف (عقب زدگی)	١٠٦
شکل ٥-٢٠- تغییرات مقدار عقب زدگی نسبت به تغییرات نسبت خرج بر تاخیر	١٠٧
شکل ٥-٢١- تغییرات مقدار عقب زدگی نسبت به تغییرات نسبت گل گذاری به بارسنگ	١٠٨
شکل ٥-٢٢- تغییرات مقدار عقب زدگی نسبت به تغییرات نسبت خرج ردیف آخر به خرج کل	١٠٨
شکل ٥-٢٣- آنالیز حساسیت پارامترهای ورودی بر تابع هدف (خردایش)	١٠٩
شکل ٥-٢٤- تغییرات خردایش نسبت به تغییرات مقاومت فشاری تک محوری (MPa)	١١٠
شکل ٥-٢٥- تغییرات خردایش نسبت به تغییرات خرج ویژه	١١٠

فصل اول

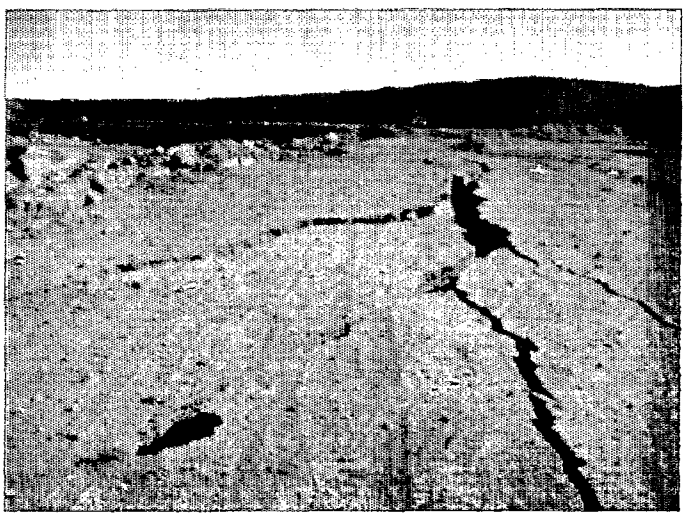
مقدمه

توجه به اولین مرحله از خردایش سنگ که توسط حفاری و انفجار صورت می‌پذیرد، یکی از اساسی ترین و حساس ترین پارامترهای موثر بر اقتصاد و حیات معدن به شمار می‌رود. انجام یک انفجار مطلوب، کاهش هزینه‌های کل خردایش سنگ، بهبود بازدهی عملیات حفاری، بارگیری، باربری و بهبود عملیات بعد از استخراج مواد معدنی که شامل ورود مواد به سنگ شکن‌های اولیه و ثانویه و غیره است، را به دنبال خواهد داشت. به منظور دستیابی به تمامی موارد ذکر شده لازم است تا با شناسایی عوامل تاثیر گذار بر فرایند چالزنی و آتشباری آنرا بهینه نمود. به طور کلی عوامل تاثیر گذار بر روی آتشباری را می‌توان به دو گروه عمده شامل، پارامترهای قابل کنترل (الگوی آتشباری) و پارامترهای غیر قابل کنترل (خصوصیات ژئومکانیکی توده سنگ) تقسیم بندی نمود. خرج ویژه، نحوه آرایش چال‌ها، تاخیر در شروع انفجار، قطر چال، ضخامت بار سنگ، فاصله ردیفی چال‌ها، طول گل گذاری، ضریب سفتی از جمله پارامترهای قابل کنترل و حفره‌های طبیعی و نواحی غیرمقاوم شامل سطوح لایه بندی، گسل‌ها و درزه‌ها جز پارامترهای غیر قابل کنترل محسوب می‌شوند.

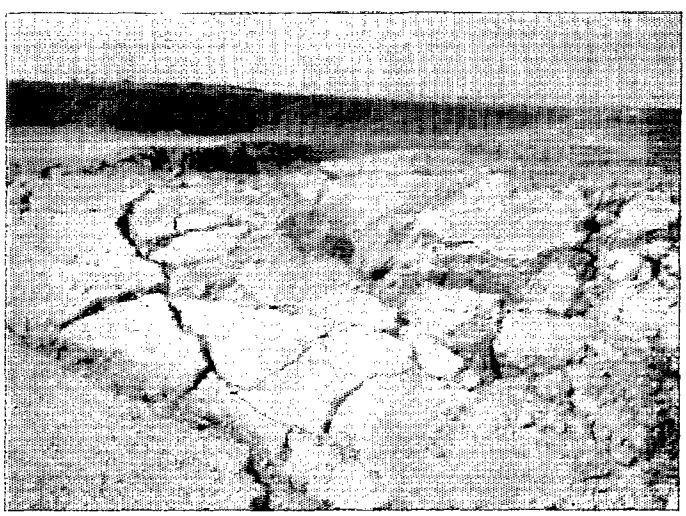
محققین زیادی نظیر Ash(1963)، Konya(1983)، Langefors(1963) و ... در گذشته روابطی را جهت تعیین الگوی آتشباری مناسب ارائه داده‌اند که با توجه به شرایط پیچیده حاکم بر عملیات آتشباری، نتایج حاصل شده، چندان مطلوب نبوده است [۱]. در سال‌های اخیر، به منظور مدلسازی محیط‌های ناهمگون و پیچیده، روش‌های نوینی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی گسترش زیادی پیدا کرده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل داشتن قابلیت یادگیری و تعمیم دهی، قادر به یادگیری هر نوع نگاشت و تابعی می‌باشند. پروژه حاضر به منظور طراحی الگوی آتشباری مناسب توسط روش‌های نوین نظیر شبکه‌های عصبی و با در نظر گرفتن حداقل عقب زدگی و خردایش

مطلوب در معدن سنگ آهن گل گهر انجام گرفته است. همانطور که در شکل ۱-۱ مشاهده می‌شود، پدیده عقب زدگی یکی از بزرگترین معضلات عملیات آتشباری در این معدن می‌باشد. این پدیده علاوه بر ایجاد خطراتی نظیر ریزش پله و یا بالا بردن احتمال سقوط ماشین‌آلات، باعث بروز مشکلاتی در سیکل بعدی آتشباری به دلیل فرار گازها از ترک‌های ایجاد شده و تولید قطعات بزرگ می‌گردد.

مشکل بعدی بزرگ بودن ابعاد سنگ‌های خرد شده پس از انجام عملیات آتشباری در این معدن است. تجمع این سنگ‌ها بیشتر در قسمت‌های بالای چال قرار دارد و احتمالاً به دلیل نامناسب بودن طول گل‌گذاری رخ می‌دهد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۱- پدیده عقب زدگی در معدن شماره ۳ سنگ آهن گل گهر (حدود ۲۰ متر)



شکل ۱-۲- عدم خردایش مناسب در معدن شماره ۳ سنگ آهن گل گهر

جهت تعیین الگوی آتشباری مناسب در دو فاز روباره برداری و استخراج معادن شماره سه و یک گل گهر، برداشت‌های حاصل از ۱۰۰ الگوی آتشباری از معدن شماره ۳ و در حدود ۹۰ الگوی دیگر از معدن شماره ۱، مد نظر قرار گرفته است. نتایج کار شامل طراحی الگوی انفجار با استفاده از مدل‌های تجربی، شبکه عصبی مصنوعی و روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال می‌باشد.

این پژوهش مشتمل بر ده فصل است:

فصل اول: اهداف تحقیق و مقدمه ای بر کارهای انجام شده را بیان می‌کند.

فصل دوم: در فصل دوم بررسی پارامترهای موثر در عملیات آتشباری و تاثیرات این پارامترها مد نظر قرار گرفته است.

فصل سوم: فصل سوم به معرفی روش‌های طراحی الگوی انفجار می‌پردازد.

فصل چهارم: این فصل به معرفی معدن گل گهر و تشریح نتایج حاصل از آتشباری‌های انجام شده در این معدن و مشکلات بوجود آمده می‌پردازد.

فصل پنجم: فصل پنجم به محاسبه الگوی آتشباری مناسب برای معدن سنگ آهن گل گهر می‌پردازد.

فصل ششم: مطالب این فصل شامل نتیجه گیری و ارائه پیشنهاداتی در ارتباط با پژوهش مذکور می‌باشد.

فصل دوم

عوامل و پارامترهای موثر بر عملیات آتشباری

۲-۱- مقدمه

توده سنگ‌ها، دارای خصوصیات فیزیکی و مکانیکی هستند که از خواص زمین شناسی آن‌ها نشات گرفته‌اند. این خواص شامل ناپیوستگی‌ها، مقاومت کششی و فشاری، لایه بندی، سطح ایستایی آب و درزه و شکاف‌های موجود در سنگ‌ها است. با تغییر این خصوصیات، نتایج حاصل از انفجار سنگ نیز تغییرات قابل ملاحظه ای می‌کند. در مقابل برای انجام انفجار سنگ، پارامترهایی وجود دارند که با تغییر آن‌ها می‌توان به نتایج مورد نظر، دست یافت. به این پارامترها اصطلاحاً پارامترهای قابل کنترل آتشباری می‌گویند و شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- هندسه انفجار (قطر چال، طول خرجگذاری، بارسنگ، فاصله ردیفی چال‌ها)

۲- نوع انفجار (قدرت ماده منفجره، انرژی و سیستم پرایمر)

۳- زمان (تاخیر زمانی و سیستم آتش)

در این فصل به بررسی تغییرات پارامترهای قابل کنترل بر نتایج انفجار سنگ پرداخته شده است.

۲-۲- پارامترهای قابل کنترل آتشباری

هدف از طراحی آتشباری در کارهای روباز استفاده معقول از حفر چال و مواد ناریه است تا با ایمنی بالا و عوارض مخرب کم بتوان اقدام به خرد کردن و شکستن سنگها نمود. برای بیان این مطلب لازم است تا اجزاء طراحی شناخته شود (شکل ۲-۱ و جدول ۲-۱).

بین اجزاء مربوطه می‌تواند روابطی منطقی وجود داشته باشد، اما این روابط تابع شرایطی از قبیل: هدف از آتشباری، نوع و ساختمان سنگ، نوع و کیفیت ماده منفجره و شرایط محیط کار هستند.