بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای ذبیح اله احمدی پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان پیش بینی الگوی آتشباری معدن سنگ آهن چادر ملو با استفاده از شبکه های عصبی** در تاریخ ۱۳۸۹/۱۱/۱۱ 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	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر علی یزدیان ورجانی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد حسین بصیری	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد عطایی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمد حسین بصیری	استادیار	

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

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

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

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ٥- این آیین‌نامه در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب ذبیح‌الله احمدی دانشجوی رشته عمران مقطع کارشناسی ورودی سال تحصیلی ۱۳۸۷ دانشکده فنی و مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا: ذبیح‌الله احمدی

تاریخ: ۸۹/۱۲/۲۶

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته است که در سال

در دانشکده دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار

خانم/جناب آقای دکتر ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر

و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب ذبیح اله احمدی دانشجوی رشته مهندسی معدن مقطع ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: ذبیح اله احمدی

تاریخ و امضا: ۸۹/۱۲/۱

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی معدن - استخراج

پیش بینی الگوی آتشباری معدن سنگ آهن چادرملو با استفاده از شبکه های عصبی

ذبیح‌اله احمدی

استاد راهنما:

دکتر مسعود منجزی

استاد مشاور:

دکتر علی یزدیان ورجانی

بهمن 1389

تشکر و قدردانی

با سپاس از خداوند متعال که توفیق انجام این پایان نامه را به من ارزانی داشتند، مراتب قدردانی خود را نسبت به عزیزانی که مرا در انجام آن یاری نموده‌اند، مخصوصاً استاد ارجمند جناب آقای دکتر مسعود منجزی به واسطه راهنماییها و مساعدت های بی دریغ ایشان، اعلام می‌دارم.

ذبیح اله احمدی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن،

دانشگاه تربیت مدرّس،

بهمن‌ماه 1389.

چکیده

پیش بینی نتایج حاصل از آتشباری به منظور رسیدن به یک عملیات آتشباری قابل قبول امری ضروری می‌باشد. تا کنون فرمول‌ها و روابط تجربی زیادی جهت پیش بینی این نتایج ارائه شده است که بخاطر پیچیدگی روابط حاکم بر عملیات آتشباری و ناهمگنی توده سنگ، میزان دقت و توانایی این مدل ها چندان مناسب نمی‌باشد. به همین دلیل استفاده از روش‌های نوین از جمله شبکه‌های عصبی مصنوعی کاربرد گسترده‌ای جهت پیش بینی نتایج حاصل از آتشباری یافته است. در این تحقیق نیز میزان خردایش و عقب زدگی ناشی از عملیات آتشباری معدن سنگ آهن چادرملو بوسیله‌ی شبکه عصبی مصنوعی تخمین زده شده است. به منظور ساخت مدل شبکه عصبی اطلاعات مربوط به 87 سری بلوک انفجاری مورد استفاده قرار گرفت. میزان خردایش بلوک‌های آتشباری شده، توسط روش آنالیز تصویری و به کمک نرم افزار Split-Desktop بدست آورده شده است. خروجی این نرم افزار نمودار توزیع اندازه ذرات حاصله می‌باشد. در این تحقیق مقدار x_{50} بدست آمده از نمودار به عنوان میزان خردایش در نظر گرفته شد. سپس تعداد 10 پارامتر به عنوان ورودی شبکه و میزان خردایش و عقب زدگی به عنوان خروجی‌های آن انتخاب شد. به منظور تعیین میزان عملکرد مدل‌های ساخته شده از سه ضریب آماری R^2, RMSE, VAF استفاده شد. مقادیر این ضرایب برای مدل ساخته شده جهت پیش بینی عقب زدگی به ترتیب 93 % ، 0/85، 0/951 و برای مدل خردایش به ترتیب 93 % ، 2/84 ، 0/929 بدست آمد که نشان دهنده‌ی کارایی بالای مدل‌های ساخته شده است. علاوه بر این، مقادیر این ضرایب برای مدل‌های رگرسیونی میزان عقب زدگی و خردایش نیز بدست آورده شد. برای مدل رگرسیون چند متغیره مربوط به عقب زدگی این ضرایب به ترتیب 63 % ، 1/39 ، 0/647 و برای مدل رگرسیون خردایش 52 % ، 6/84 ، 0/539 بدست آمد. مقادیر بدست آمده نشان می‌دهد که مدل‌های شبکه عصبی نسبت به رگرسیون ارجحیت دارند. به منظور تعیین میزان حساسیت پارامترهای خروجی مدل‌های ساخته شده نسبت به پارامترهای ورودی از روش میدان کسینوسی استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که مقدار بارسنگ،

فاصله جناحی چال‌ها، قطر چال، ارتفاع پله و طول گل‌گذاری بیشترین تأثیر را بر روی میزان عقب زدگی و خردایش دارند.

به منظور شناخت تأثیر نوع پارامترهای ورودی بر روی مدل‌های شبکه عصبی، برخی از پارامترها به صورت نسبت بکار برده شد. مثلاً بجای استفاده از بارسنگ و فاصله جناحی به صورت جداگانه، نسبت آنها به عنوان پارامتر ورودی در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این مدل‌ها نشان داد که مقادیر ضرایب آماری تعریف شده نسبت به مدل‌های قبلی کمتر است ولی در مقایسه با مدل‌های رگرسیونی همچنان کارایی بالاتری دارند.

کلمات کلیدی: شبکه‌های عصبی مصنوعی، آتشباری، معدن سنگ آهن چادرملو، رگرسیون چند متغیره

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... ه

فهرست شکل‌ها ..... ز

فصل 1- مقدمه 2

1-1- پیشگفتار 2

1-2- هدف از این تحقیق 3

فصل 2- طراحی الگوی آتشباری 6

2-1- مقدمه 6

2-2- پارامترهای طراحی آتشباری 6

2-2-1- قطر چال 7

2-2-2- بارسنگ و فاصله ردیفی چال‌ها 8

2-2-3- ارتفاع پله 9

2-2-4- طول گل گذاری 10

2-2-5- زمان تأخیر 10

2-3- پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ 12

2-3-1- مقاومت سنگ 12

2-3-2- ناپیوستگی‌ها 13

2-3-3- اثر آب 16

2-3-4- مدول های الاستیسیته استاتیکی و دینامیکی 16

2-4- روابط ارائه شده در طراحی آتشباری معادن روباز 17
2-4-1- فرمول آندرسون 17
2-4-2- فرمول فرانکیل 18
2-4-3- فرمول پیرس 18
2-4-4- فرمول اش 19
2-4-5- فرمول کنیا 19
2-4-6- فرمول فولدسی 20
2-4-7- آتشباری با قطر کم 22
2-4-8- آتشباری با قطر زیاد 23
2-5- بررسی نتایج آتشباری 24
2-5-1- آنالیز تصویری 26
2-5-1-1- مراحل انجام آنالیز تصویری 27
2-5-1-2- نمونه گیری 27
2-5-1-3- گرفتن تصاویر 28
2-5-1-4- فرآیند آنالیز تصویری 28
فصل 3- شبکه عصبی مصنوعی 31
3-1- مقدمه 31
3-2- ساختار شبکه های عصبی 31
3-3- توابع فعالیت 35
3-3-1- مهمترین توابع فعالیت 35
3-3-1-1- تابع فعالیت خطی 35
3-3-1-2- توابع فعالیت آستانه‌ای دو مقداره حدی 36
3-3-1-3- تابع فعالیت زیگموئید 37

3-4- ساختار شبکه های عصبی 38
3-4-1- شبکه‌های پرسپترون 38
3-4-2- پرسپترون چند لایه 39
3-5- طراحی یک شبکه عصبی 40
3-5-1- تعداد لایه ها و نرون های میانی 41
3-5-2- آموزش توسط روش پس انتشار 42
3-6- فرآیند یادگیری 44
3-7- اعتبارسنجی 45
فصل 4- مدل‌های تجربی پیش بینی خردایش ناشی از آتشباری 48
4-1- مقدمه 48
4-1-1- مدل لارسون 48
4-1-2- مدل SVEDEFO (مؤسسه تحقیقات آتشباری سوئد) 49
4-1-3- مدل کوز-رام 50
4-1-4- مدل JKMRC یا JK 53
4-1-4-1- مدل زون خرد شده 54
4-1-4-2- مدل دو مؤلفه‌ای 56
4-1-5- مدل KCO 57
فصل 5- مدلسازی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی 60
5-1- مقدمه 60
5-2- معرفی معدن 60
5-2-1- ذخیره 61
5-2-2- زمین شناسی و ویژگیهای کانسار چادرملو 61

5-2-3- کانی های اصلی ماده معدنی چادرملو 63
5-2-4- مشخصات عملیات آتشباری معدن 64
5-3- مدلسازی با استفاده از شبکه‌های عصبی 68
5-3-1- ساخت مدل پیش بینی عقب زدگی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در حالت اول 72
5-3-1-1- طراحی ساختار شبکه بهینه 73
5-3-2- ساخت مدل پیش بینی عقب زدگی با استفاده از شبکه‌های عصبی در حالت دوم 75
5-3-2-1- روش رگرسیون چند متغیره جهت پیش‌بینی میزان عقب زدگی 76
5-3-2-2- ارزیابی مدل‌های رگرسیون و شبکه عصبی در پیش بینی میزان عقب زدگی 77
5-3-3- پیش بینی میزان خردایش حاصل از آتشباری با استفاده از شبکه‌های عصبی 81
5-3-3-1- نرم افزار Split-Desktop 82
5-3-4- ساخت مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی میزان خردایش 85
5-3-5- ارزیابی مدل‌های رگرسیون و شبکه عصبی در پیش بینی میزان خردایش 89
5-3-6- ساخت مدل پیش بینی همزمان میزان عقب زدگی و خردایش با استفاده از شبکه عصبی 93
5-3-6-1- ساخت مدل پیش بینی همزمان میزان عقب زدگی و خردایش در حالت اول 93
5-3-6-2- ارزیابی میزان کارایی مدل دو خروجی شبکه عصبی و رگرسیون 96
5-3-6-3- ساخت مدل پیش بینی همزمان میزان عقب زدگی و خردایش در حالت دوم 97
5-3-7- آنالیز حساسیت 101
5-3-8- آنالیز حساسیت مدل دو خروجی شبکه عصبی 104
فصل 6- نتیجه‌گیری و پیشنهادات 107
6-1- نتیجه‌گیری 107
6-2- پیشنهادات 109
فهرست مراجع 111

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول 2-1: تعیین ضریب K_B با توجه به نوع ماده منفجره و نوع سنگ [3] 19

جدول 2-2: رابطه‌ی بین مقاومت فشاری سنگ و متوسط تولید با قطر چال [3] 22

جدول 2-3: ارتباط قطر چال با نوع وسیله‌ی بارگیری و ارتفاع پله [3] 22

جدول 2-4: رابطه‌ی بین پارامترهای طراحی آتشباری و مقاومت فشاری [3] 22

جدول 2-5: رابطه‌ی بین طول خرج ته چال و مقاومت فشاری [3] 23

جدول 2-6: رابطه‌ی بین مقاومت فشاری سنگ و متوسط تولید با قطر چال در آتشباری با قطر زیاد [3] 23

جدول 2-7: رابطه‌ی بین ارتفاع پله و گل‌گذاری با مقاومت فشاری [3] 24

جدول 2-8: ارتباط اضافه حفاری و ارتفاع پله با قطر چال [3] 24

جدول 2-9: رابطه‌ی پارامترهای طراحی آتشباری با نوع سنگ و نوع ماده‌ی منفجره [3] 24

جدول 4-1: پارامترهای توصیف کننده شاخص قابلیت انفجارپذیری و مقادیر مربوط به آنها 52

جدول 5-1: مشخصات کلی پارامترهای آتشباری معدن چادرملو 64

جدول 5-2: پارامترهای ورودی به شبکه عصبی جهت ساخت مدل‌های پیش بینی عقب زدگی و خردایش 71

جدول 5-3: پارامترهای ورودی و خروجی مدل شبکه‌ی عصبی پیش بینی عقب زدگی در حالت اول ... 73

جدول 5-4: پارامترهای ورودی و خروجی مدل شبکه‌ی عصبی پیش بینی عقب زدگی در حالت دوم... 75

جدول 5-5: ارزیابی مدل شبکه عصبی و رگرسیون در پیش بینی عقب زدگی برای حالت اول با استفاده از ضرایب آماری 78

جدول 5-6: ارزیابی مدل شبکه عصبی و رگرسیون در پیش بینی عقب زدگی برای حالت دوم با استفاده از ضرایب آماری 78
جدول 5-7: پارامترهای ورودی به شبکه عصبی جهت پیش بینی خردایش در حالت اول 86
جدول 5-8: پارامترهای ورودی به شبکه عصبی جهت پیش بینی میزان عقب زدگی در حالت دوم..... 87
جدول 5-9: ارزیابی کارایی مدل شبکه عصبی و رگرسیون برای پیش بینی میزان خردایش با استفاده از ضرایب آماری برای حالت اول 89
جدول 5-10: ارزیابی کارایی مدل شبکه عصبی و رگرسیون برای پیش بینی میزان خردایش با استفاده از ضرایب آماری برای حالت دوم 89
جدول 5-11: استفاده از ضرایب آماری برای ارزیابی کارایی مدل دو خروجی شبکه عصبی در پیش بینی میزان خردایش و عقب زدگی در حالت اول..... 97
جدول 5-12: استفاده از ضرایب آماری برای ارزیابی کارایی مدل رگرسیون در پیش بینی میزان خردایش و عقب زدگی در حالت اول 97
جدول 5-13: استفاده از ضرایب آماری برای ارزیابی کارایی مدل دو خروجی شبکه عصبی در پیش بینی میزان خردایش و عقب زدگی در حالت دوم 100
جدول 5-14: استفاده از ضرایب آماری برای ارزیابی کارایی مدل رگرسیون در پیش بینی میزان خردایش و عقب زدگی در حالت دوم 100

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 2-1: پارامترهای طراحی آتشباری یک پله [1] 7

شکل 2-2: رابطه‌ی بین زمان تأخیر و شکل مقطع کپه ایجاد شده [5] 11

شکل 2-3: حالت ایده‌آل گسترش ترک‌ها در اطراف چال [7] 14

شکل 2-4: قطع گسترش ترک‌های شعاعی در اثر درزه‌های اطراف چال [7] 14

شکل 2-5: دیاگرام جهت آتشباری در جهت شیب لایه‌ها [7] 15

شکل 2-6: دیاگرام جهت آتشباری در خلاف جهت شیب لایه‌ها [7] 15

شکل 2-7: دیاگرام جهت آتشباری در جهت امتداد لایه‌ها [7] 16

شکل 3-1: نمایش ساده‌ای از یک نرون مصنوعی [11] 32

شکل 3-2: تابع پله‌ای [11] 33

شکل 3-3: نرون مصنوعی و وزنهای ورودی‌ها [11] 33

شکل 3-4: یک شبکه پیشخور ساده [11] 34

جشکل 3-5: تابع فعالیت خطی [12] 35

شکل 3-6: تابع فعالیت آستانه‌ای دو مقداره حدی [12] 36

شکل 3-7: تابع فعالیت زیگموئیدی [12] 37

شکل 3-8: یک پرسپترون چند لایه [15] 39

شکل 3-9: پدیده‌های یادگیری بیش از حد، یادگیری کافی و یادگیری کم [12] 42

شکل 3-10: یک شبکه پس انتشار ساده [16] 43

شکل 3-11: نمودار خطا برای مجموعه آموزشی و ارزیابی یک شبکه [12] 46

شکل 4-1: زون‌های ایجاد شده در اطراف چال انفجاری [23] 54
شکل 5-1:نمایی از معدن سنگ آهن چادرملو 61
شکل 5-2:دستگاه حفاری مورد استفاده در معدن 65
شکل 5-3: نمایی از فتیله اطمینان و فتیله آتشباری یک چال 67
شکل 5-4: استفاده از چند رله به منظور ایجاد تأخیر بیشتر در بین ردیف‌ها 68
شکل 5-5: نمایی از عقب زدگی ایجاد شده در معدن 69
شکل 5-6: ایجاد خرد شدگی بیش از حد بر روی سطح سینه کار 70
شکل 5-7: ایجاد نامنظمی در سطح سینه کار به علت عدم شکست سنگ‌های بین چال در اثر فاصله جناحی زیاد چالها 70
شکل 5-8: بولدرهای ایجاد شده در اثر انفجار 71
شکل 5-9: ساختار مدل بهینه شبکه عصبی جهت پیش بینی میزان عقب زدگی در حالت اول 74
شکل 5-10: مدل بهینه شبکه عصبی جهت پیش بینی میزان عقب زدگی در حالت دوم 76
شکل 5-11: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده عقب زدگی مدل شبکه عصبی برای حالت اول 79
شکل 5-12: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده عقب زدگی مدل رگرسیون برای حالت اول 79
شکل 5-13: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده عقب زدگی مدل شبکه عصبی برای حالت دوم 80
شکل 5-14: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده عقب زدگی مدل رگرسیون برای حالت دوم 80
شکل 5-15: مقایسه خروجی مدل‌های مختلف به منظور پیش بینی عقب زدگی برای حالت اول 81
شکل 5-16: مقایسه خروجی مدلهای مختلف به منظور پیش بینی عقب زدگی برای حالت دوم 81
شکل 5-17: نمونه‌ای از یک تصویر قبل از آماده‌سازی (سمت چپ) و بعد از آماده‌سازی (سمت راست) 83
شکل 5-18: نمونه‌ای از تصویر آماده‌سازی نشده 83
شکل 5-19: نمونه‌ای از تصویر ویرایش شده توسط نرم افزار 84
شکل 5-20: منحنی توزیع ذرات یک عکس ویرایش شده توسط نرم افزار 85

شکل 5-21: ساختار مدل شبکه عصبی بهینه جهت پیش بینی میزان خردایش در حالت اول 86
شکل 5-22: ساختار مدل شبکه عصبی بهینه جهت پیش بینی میزان خردایش در حالت دوم 88
شکل 5-23: مقایسه مقدار واقعی و پیش‌بینی شده خردایش توسط مدل شبکه عصبی برای حالت اول 90
شکل 5-24: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده خردایش توسط مدل رگرسیون برای حالت اول 90
شکل 5-25: مقایسه مقدار واقعی و پیش‌بینی شده خردایش توسط مدل شبکه عصبی برای حالت دوم 91
شکل 5-26: مقایسه مقدار واقعی و پیشب ینی شده خردایش توسط مدل رگرسیون برای حالت دوم ... 91
شکل 5-27: مقایسه خروجی مدل‌های مختلف به منظور پیش بینی خردایش برای حالت اول 92
شکل 5-28: مقایسه خروجی مدل‌های مختلف به منظور پیش بینی خردایش برای حالت دوم 92
شکل 5-29: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده عقب زدگی مدل دو خروجی برای حالت اول.....93
شکل 5-30: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده میزان خردایش مدل دو خروجی برای حالت اول ..94
شکل 5-31: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده عقب زدگی مدل رگرسیون برای حالت اول 95
شکل 5-32: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده خردایش مدل رگرسیون برای حالت اول 95
شکل 5-33: مقایسه خروجی مدل‌های مختلف به منظور پیش بینی عقب زدگی برای حالت اول 96
شکل 5-34: مقایسه خروجی مدل‌های مختلف به منظور پیش بینی خردایش برای حالت اول 96
شکل 5-35: مقایسه مقدار واقعی و پیش‌بینی شده عقب زدگی توسط مدل دو خروجی برای حالت دوم 98
شکل 5-36: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده خردایش توسط مدل دو خروجی برای حالت دوم. 98
شکل 5-37: مقایسه مقدار واقعی و پیش بینی شده عقب زدگی توسط رگرسیون برای حالت دوم 99
شکل 5-38: مقایسه مقدار واقعی و پیشبینی شده خردایش توسط رگرسیون برای حالت دوم.....100
شکل 5-39: میزان حساسیت عقب زدگی نسبت به پارامترهای ورودی حالت اول 102
شکل 5-40: میزان حساسیت عقب زدگی نسبت به پارامترهای ورودی حالت دوم.....102
شکل 5-41: میزان حساسیت خردایش نسبت به پارامترهای ورودی حالت اول.....103

شکل 5-42: میزان حساسیت خردایش نسبت به پارامترهای ورودی حالت دوم 103
شکل 5-43: میزان حساسیت عقب زدگی مدل دو خروجی نسبت به پارامترهای ورودی حالت اول 104
شکل 5-44: میزان حساسیت عقب زدگی مدل دو خروجی نسبت به پارامترهای ورودی حالت دوم....104
شکل 5-45: میزان حساسیت خردایش مدل دو خروجی نسبت به پارامترهای ورودی حالت اول 105
شکل 5-46: میزان حساسیت خردایش مدل دو خروجی نسبت به پارامترهای ورودی حالت دوم.....105

فصل اول

مقدمه

فصل 1 - مقدمه

1 - 1 - پیشگفتار

عملیات حفاری و آتشباری هنوز هم به عنوان اقتصادی‌ترین روش در استخراج معادن سطحی و زیرزمینی به شمار می‌رود. انجام یک آتشباری مطلوب موجب کاهش هزینه‌های خردایش سنگ، بهبود بازدهی عملیات حفاری، بارگیری، باربری و بهبود عملیات بعد از استخراج شامل مراحل مختلف سنگ شکنی می‌شود. پارامترهای اصلی در طراحی آتشباری که عبارت از ارتفاع پله، بارسنگ، فاصله ردیفی چال‌ها، طول چال، اضافه حفاری، میزان گل گذاری و قطر چال می‌باشند، بایستی با توجه به خصوصیات سنگ و ماده منفجره انتخاب شوند. طراحی مناسب این پارامترها تأثیر مستقیمی بر روی نتایج حاصل از آتشباری دارد.

محققین زیادی نظیر اش (1963)، لانگفورس (1963)، کنیا (1983) و ... در گذشته روابطی را جهت تعیین الگوی آتشباری مناسب ارائه داده‌اند که با توجه به شرایط پیچیده‌ی حاکم بر عملیات آتشباری و متفاوت بودن شرایط مختلف از یک معدن به معدن دیگر، نتایج حاصل شده چندان رضایت بخش نبوده است. تعدد پارامترهای مؤثر در آتشباری باعث می‌شود که به منظور ساده سازی انجام محاسبات یکسری از آنها را در نظر نگیریم، که این کار موجب کاهش دقت در محاسبات و افزایش خطاها می‌گردد. شبکه های عصبی با توجه به قابلیت‌هایی که دارند می‌توانند در این موارد بکار روند. تجارب قبلی نیز نشان می دهد که استفاده از شبکه‌های عصبی در زمانی که با پارامترهای زیادی روبرو هستیم و درکارهای مربوط پیش‌بینی و در مواردی که با عدم قطعیت مواجهیم مفید می‌باشند.