دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن گرایش استخراج

عنوان پایان نامه:

بهینه‌سازی عملیات آتشباری در معدن انگوران با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی

نام دانشجو:

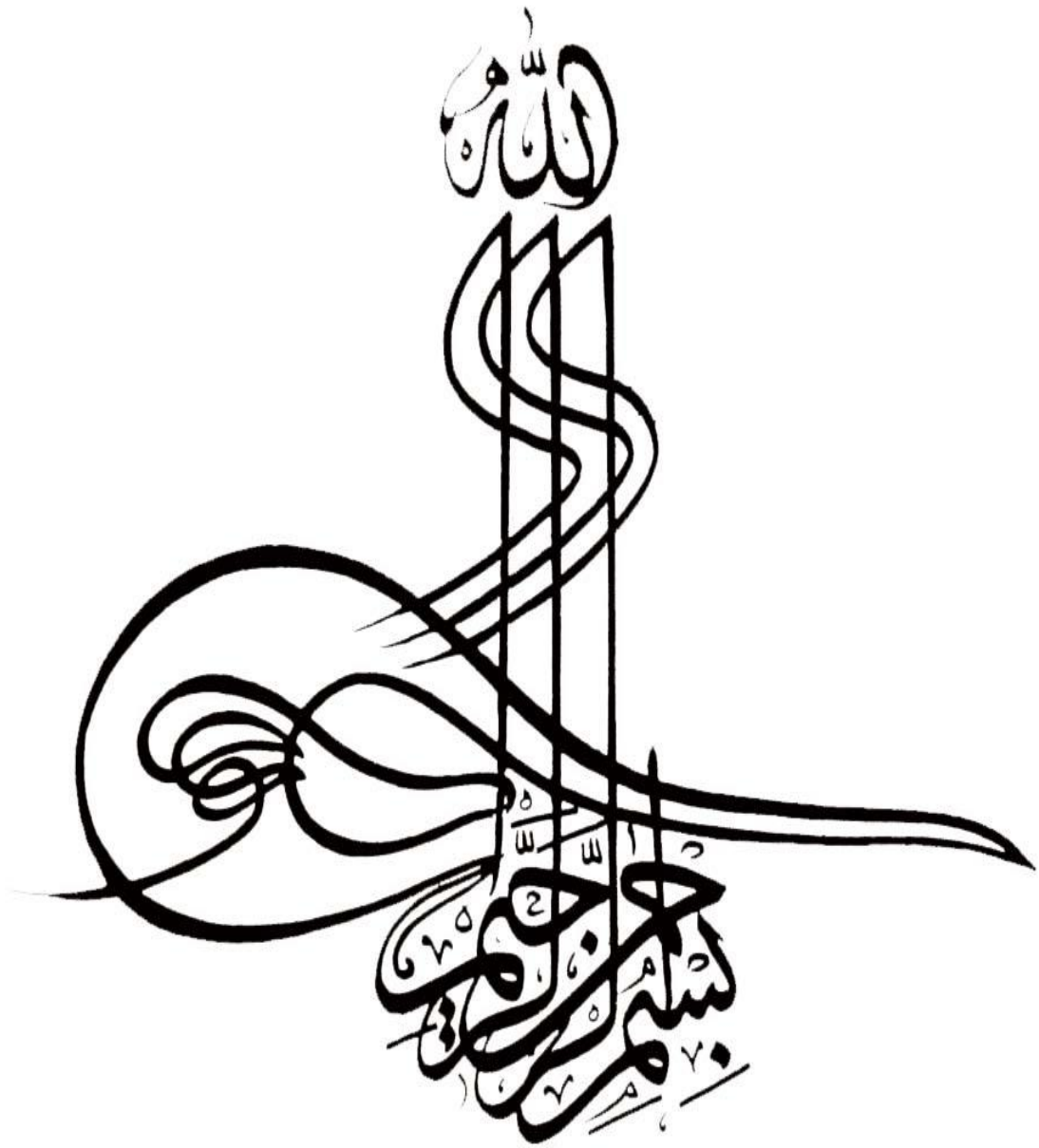
ابراهیم ابراهیمی ایالوئی

استاد راهنما:

دکتر مسعود منجزی

استاد مشاور
دکتر محمدرضا خالصی

مهر ۱۳۹۲


الله
بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای **ابراهیم ابراهیمی ایالویی** پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان بهینه سازی عملیات آتشباری با استفاده از روش های هوش مصنوعی در معدن انگوران** در تاریخ ۱۳۹۲/۷/۲۳ 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 محمدرضا خالصی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد حسین بصیری	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد فاروق حسینی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمد حسین بصیری	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه اش مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

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 تاریخ ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱٥ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب ابراهیم ابراهیم‌پور دانشجوی رشته مهندسی عمران-سازه ورودی سال تحصیلی ۹۰ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی 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»

امضاء: .....

تاریخ: ۹۲/۸/۷

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 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 (رساله‌ی 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 می‌کند 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 فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: ابراهیم ابراهیم آبادی

تاریخ و امضا: ۹۲/۸/۷

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندس معدن گرایش استخراج

عنوان پایان نامه:

بهینه‌سازی عملیات آتشباری در معدن انگوران با استفاده ازروش های هوش مصنوعی

نام دانشجو:

ابراهیم ابراهیمی ایالوئی

استاد راهنما:

دکتر مسعود منجزی

استاد مشاور

دکتر محمدرضا خالصی

مهر ۱۳۹۲

تقدیم

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که حضورشان همیشه روشنایی بخش مسیر زندگیم بوده و هست

تشکر و قدردانی

سپاس خداوند یگانه را که به من فرصتی اعطا نمود تا گامی هرچند کوچک در جهت بالابردن سطح دانش خویش بردارم. در راستای انجام این تحقیق همواره مورد عنایت و لطف عزیزانی بوده‌ام که بر خود واجب می‌دانم مراتب قدردانی خود را نسبت به آنها ابراز نمایم.

در ابتدا از اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر مسعود منجزی و جناب آقای دکتر محمدرضا خالصی که در طی انجام تحقیق زحمت راهنمایی و مشاوره پایان نامه را بر عهده داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از داوران عزیز که با نهایت دقت پایان نامه اینجانب را مطالعه نموده و نظرات سودمند خویش را در جهت هر چه بهتر شدن کار در اختیار بنده قرار دادند، کمال تشکر را دارم.

در نهایت از کلیه عزیزان و دوستانی که مرا در انجام این پروژه راهنمایی نمودند، سپاس‌گذاری می‌کنم و برای کلیه این عزیزان آرزوی روزگار خوشی را دارم.

چکیده

چالزنی و آتشباری از مهم‌ترین واحدهای عملیاتی معادن روباز می باشند. بهینه‌سازی این عملیات می تواند در کاهش هزینه‌های استخراج معادن مؤثر باشد. در این پایان نامه، سعی شده است که عوامل مؤثر در عملیات آتشباری در معدن سرب و روی انگوران (شامل طول چال، ضخامت بارسنگ، فاصله ردیفی چال‌ها، طول گل گذاری و خرج ویژه) به گونه ای طراحی شوند که خردایش نامناسب و عقب زدگی در معدن سرب و روی انگوران کاهش یابد. با توجه به دقت روش‌های هوشمند، از الگوریتم ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و کلونی زنبور برای بهینه سازی عملیات آتشباری در معدن انگوران استفاده شده است. شبکه عصبی برای پیش بینی نتایج آتشباری و الگوریتم کلونی زنبور جهت بهینه سازی مدل پیشنهادی به کار گرفته شده است. پارامترهای مؤثر در عملیات آتشباری در معدن سرب روی انگوران به گونه ای طراحی شده است، که الگوی بهینه(دستیابی به خردایش مناسب و کمینه کردن عقب زدگی) محقق شود. در نتیجه این شبیه سازی و بهینه سازی الگویی با ضخامت بارسنگ ۳/۹ متر، فاصله ردیفی چال ۴ متر، طول چال ۱۲/۹متر، طول گل گذاری ۳/۳ متر، خرج ویژه ۰/۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب برای قسمت ماده معدنی با قطر چال ۱۱۴ میلی‌متر و الگویی با ضخامت بارسنگ ۳/۹ متر، فاصله ردیفی چال ۴/۳ متر، طول چال۱۲/۵ متر، طول گل گذاری ۲/۶ متر و خرج ویژه ۰/۳۶ کیلوگرم بر متر مکعب برای قسمت باطله با قطر چال ۱۲۷ میلی متر به دست آمد.

کلید واژه: الگوی آتشباری، خردایش، عقب زدگی، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم زنبورعسل

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها..... ج
فهرست شکل‌ها..... د

فصل ۱– کلیات..... ۱
۱-۱- هدف از انجام پروژه..... ۳
۱-۲- پیشینه تحقیق..... ۴
۱-۳- پیش فرض‌های تحقیق..... ۶
۱-۳-۱- ساختار تحقیق..... ۷

فصل ۲– پارامتر های طراحی الگوی آتشباری..... ۸
۲-۱- طراحی الگوی چال زنی و آتشباری در معادن روباز..... ۹
۲-۲- پارامترهای قابل کنترل آتشباری..... ۱۱
۲-۲-۱- قطر چال..... ۱۱
۲-۲-۲- بار سنگ وفاصله ردیفی چال‌ها..... ۱۱
۲-۲-۳- ارتفاع پله..... ۱۲
۲-۲-۴- اضافه حفر چال..... ۱۲
۲-۲-۵- گل گذاری..... ۱۳
۲-۲-۶- خرج ویژه..... ۱۴
۲-۲-۷- زمان تأخیر..... ۱۵
۲-۳- پارامتر های غیر قابل کنترل آتشباری..... ۱۶
۲-۳-۱- پارامترهای مقاومتی سنگ..... ۱۷
۲-۳-۲- شاخص قابلیت آتشباری پذیری..... ۱۷
۲-۳-۳- ناپیوستگی‌ها..... ۱۹
۲-۴- بهینه کردن هزینه‌های خردشدگی با حفاری و آتشباری..... ۲۲
۲-۵- روشهای تجربی طراحی الگوی آتشباری..... ۲۳
۲-۶- مدل تجربی پیش‌بینی خردایش ناشی از آتشباری..... ۳۰
۲-۷- نتیجه گیری..... ۳۳

فصل ۳– روشهای هوش مصنوعی..... ۳۴
۳-۱– شبکه های عصبی..... ۳۵
۳-۱-۱- توابع فعالیت..... ۳۸
۳-۱-۲- ساختار شبکه های عصبی..... ۴۱
۳-۱-۳- طراحی یک شبکه عصبی..... ۴۲

۳-۱-۴- تعداد لایه‌ها و نرون های میانی ۴۳
۳-۱-۵- آموزش توسط روش پس انتشار ۴۴
۳-۱-۶- فرآیند یادگیری ۴۵
۳-۱-۷- اعتبارسنجی شبکه‌های عصبی ۴۶
۳-۱-۸- کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در مهندسی معدن ۴۷
۳-۲- اصول بهینه سازی ۴۸
۳-۲-۱- تاریخچه بهینه‌سازی ۴۸
۳-۲-۲- الگوریتم کلونی زنبورها ۴۹
۳-۲-۳- تئوری الگوریتم ABC ۵۰
۳-۲-۴- پارامترهای قابل تنظیم الگوریتم کلونی زنبور ۵۶
۳-۲-۵- کارهای انجام شده بر روی الگوریتم ABC ۵۷
۳-۲-۶- کاربردهای الگوریتم زنبور در مهندسی ۵۸

فصل ۴- آتشباری در معدن انگوران ۵۹
۴-۱- بررسی نتایج آتشباری ۶۱
۴-۱-۱- تعیین ابعاد خردایش ۶۱
۴-۱-۲- محاسبه الگوی آتشباری معدن انگوران با استفاده از روش تجربی ۶۵
۴-۲- جمع بندی ۷۲

فصل ۵- بهینه سازی الگوی آتشباری ۷۳
۵-۱- پیش بینی و بهینه سازی الگوهای آتشباریی در قسمت ماده معدنی ۷۴
۵-۱-۱- تعیین ساختار بهینه شبکه عصبی برای پیش بینی نتایج آتشباری ۷۵
۵-۱-۲- بهینه‌سازی الگوی آتشباری با الگوریتم کلونی زنبورعسل ۷۸
۵-۲- پیش بینی و بهینه سازی الگوی آتشباری برای قسمت باطله ۸۲
۵-۲-۱- پارامترهای ورودی و خروجی شبکه عصبی ۸۳
۵-۲-۱-۱- پیش بینی با شبکه عصبی ۸۳
۵-۳- نتیجه گیری ۸۸

فصل ۶- نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۹
۶-۱- نتیجه گیری ۹۰
۶-۲- پیشنهادات ۹۰
مراجع ۹۲
پیوست۱ ۹۵
پیوست۲ ۹۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ پارامترهای موثر درBI [۲]..... ۱۸
جدول ۲-۲ K_B به عنوان تابعی از جنس سنگ و نوع ماده منفجره[۴]..... ۲۵
جدول ۲-۳ فاکتور مربوط به انحراف چال [۹]..... ۲۹
جدول ۲-۴ فاکتور مربوط به تصحیح نوع سنگ [۹]..... ۲۹
جدول ۲-۵ محاسبه پارامترهای آتشباری با چال‌های قطر کم[۲]..... ۳۰
جدول ۲-۶ محاسبه پارامترهای آتشباری برای چال‌هایی با قطر زیاد[۲]..... ۳۰
جدول ۲-۷ فاکتور سنگ F_r در فرمول کوز –رم برای توده سنگ‌های مختلف [۱۳]..... ۳۲
جدول ۴-۱ پارامترهای مربوط به آنفو..... ۶۵
جدول ۴-۲ پارامترهای مربوط به الگوی آتشباری معدن انگوران..... ۶۶
جدول ۵-۲ مناسب ترین پارامتر های الگوریتم ABC در بهینه سازی..... ۸۰
جدول ۵-۳ متوسط مقادیر به دست آمده با الگوریتم ABC برای ۱۰ بار اجرا..... ۸۱
جدول ۵-۴ پارامتر های خروجی الگوریتم ترکیبی شبکه عصبی و کلونی زنبور..... ۸۱
جدول ۵-۵ پارامترهای ورودی و خروجی‌های شبکه عصبی درقسمت باطله..... ۸۳
جدول ۵-۶ مناسب ترین پارامتر های الگوریتم ABC در بهینه سازی..... ۸۵
جدول ۵-۷ متوسط مقادیر به دست آمده با الگوریتم ABC..... ۸۶
جدول ۵-۸ پارامتر های خروجی الگوریتم ترکیبی شبکه عصبی و کلونی زنبور..... ۸۷

فهرست شکل

عنوان **صفحه**

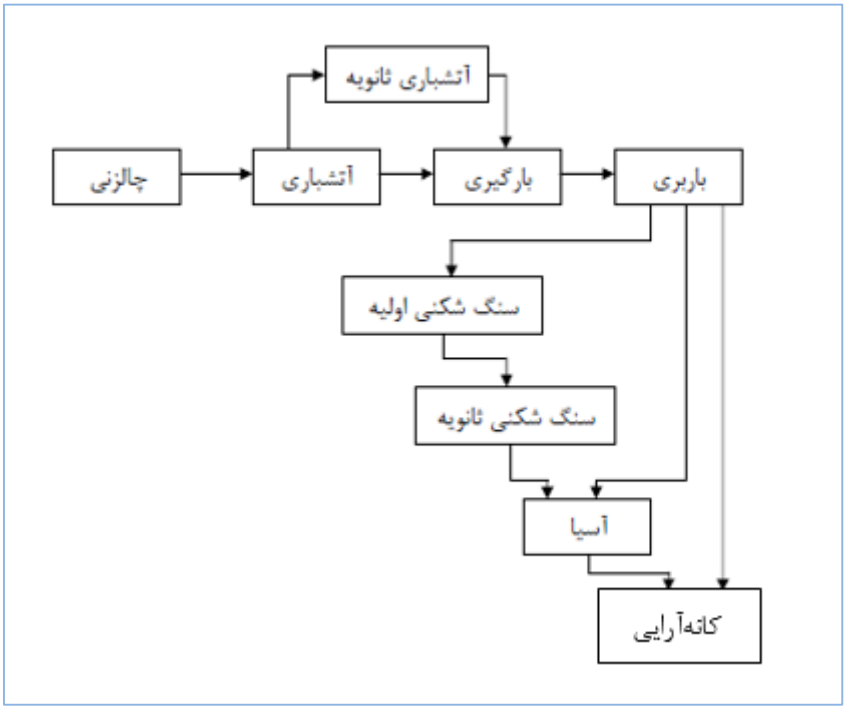
شکل ۱-۱ نمودار چرخه معدنکاری[۱]..... ۲
شکل ۱-۲ پدیده عقب زدگی در معدن سرب و روی انگوران..... ۳
شکل ۱-۳ عدم خردایش مناسب در معدن انگوران..... ۴
شکل ۲-۱ ورودی وخروجی های یک طرح آتشباری[۳]..... ۱۰
شکل ۲-۲ ساختار یک چال آتشباری[۱]..... ۱۴
شکل ۲-۳ رابطه‌ی بین زمان تأخیر و شکل مقطع کپه ایجاد شده[۶]..... ۱۶
شکل ۲-۴ حالت ایده‌آل گسترش ترکها در اطراف چال [۲]..... ۱۹
شکل ۲-۵ قطع گسترش ترکهای شعاعی در اثر درزه‌های اطراف چال [۲]..... ۲۰
شکل ۲-۶ جهت آتشباری در جهت شیب لایه‌ها [۲]..... ۲۱
شکل ۲-۷ جهت آتشباری در خلاف جهت شیب لایه‌ها [۲]..... ۲۱
شکل ۲-۸ جهت آتشباری در جهت امتداد لایه‌ها [۲]..... ۲۱
شکل ۲-۹ یک الگوریتم ساده جهت بهینه کردن خردشدگی توسط آتشباری [۳]..... ۲۳
شکل ۳-۱ نمایش سادهای از یک نرون مصنوعی [۱۴]..... ۳۵
شکل ۳-۲ تابع پله‌ای [۱۴]..... ۳۶
شکل ۳-۳ نرون مصنوعی و وزن‌های ورودی‌ها [۱۴]..... ۳۷
شکل ۳-۴ یک شبکه پیشخور ساده [۱۴]..... ۳۸
شکل ۳-۵ تابع فعالیت خطی [۱۵]..... ۳۹
شکل ۳-۶ تابع فعالیت آستانهای دو مقداره حدی [۱۵]..... ۳۹
شکل ۳-۷ تابع فعالیت زیگموئیدی [۱۵]..... ۴۰
شکل ۳-۸ یک پرسپترون چند لایه [۱۷]..... ۴۲
شکل ۳-۹ یک شبکه پس انتشار ساده [۱۹]..... ۴۴
شکل ۳-۱۰ نمودار خطا برای مجموعه آموزشی و ارزیابی یک شبکه [۱۵]..... ۴۷
شکل ۳-۱۱ رفتار زنبورهای عسل برای جستجوی غذا[۳۳] ۵۱
شکل ۳-۱۲ جمع آوری اطلاعات مربوط به منبع و به اشتراک گذاشتن اطلاعات[۳۴]..... ۵۲
شکل ۳-۱۳ رقص قرقره ای برای ارتباطات کلونی زنبورها برای مشخص کردن جهت، فاصله، کیفیت[۳۴]..... ۵۳
شکل ۳-۱۴ روند انتخاب منبع غذای غنی یا بهینه[۳۴]..... ۵۳/
شکل ۳-۱۵ فلو چارت پیشنهاد شده برای الگوریتم پایهABC [۳۷]..... ۵۶
شکل ۳-۱۶ راه حل کاندید کدگذاری با چهار خوشه و چهار ویژگی[۳۸]..... ۵۷
شکل ۴-۱ موقعیت و نمایی از معدن انگوران..... ۶۰
شکل ۴-۲ نمونه‌ای از یک تصویر قبل از آماده‌سازی (سمت چپ) و بعد از آماده‌سازی (سمت راست)..... ۶۲
شکل ۴-۳ روند کار نرم افزار Split Desktop..... ۶۲
شکل ۴-۴ نمونه‌ای از تصویر ویرایش شده توسط نرم افزار..... ۶۳

شکل ۴-۵ عکس تهیه شده از توده آتشباری..... ۶۳
شکل ۴-۶ توزیع ذرات خروجی از نرم‌افزار Split Desktop..... ۶۴
شکل ۴-۷ مقادیر بارسنگ برای روابط مختلف تجربی..... ۷۰
شکل ۴-۸ مقادیر فاصله ردیفی چال‌ها برای روابط مختلف تجربی..... ۷۰
شکل ۴-۹ مقادیر گل گذاری برای روابط مختلف تجربی..... ۷۱
شکل ۴-۱۰ مقادیر اضافه حفاری برای روابط مختلف تجربی..... ۷۱
شکل ۵-۱ ساختار بهینه شبکه..... ۷۷
شکل ۵-۲ روند کاهش متوسط مربعات خطا در ۱۰۰۰ بار تکرار..... ۷۷
شکل ۵-۳ مقایسه خروجی شبکه عصبی و اعداد واقعی برای d_{80}خردایش..... ۷۸
شکل ۵-۴ مقایسه خروجی شبکه عصبی و اعداد واقعی برای عقب زدگی..... ۷۸
شکل ۵-۵ فرآیند کار صورت گرفته در این تحقیق..... ۷۹
شکل ۵-۶ همگرایی الگوریتم کلونی زنبور در ۱۰ با اجرا..... ۸۰
شکل ۵-۷ روند کاهش متوسط مربعات خطا در ۱۰۰۰ تکرار..... ۸۴
شکل ۵-۸ مقایسه خروجی شبکه عصبی و اعداد واقعی برای خردایش..... ۸۴
شکل ۵-۹ مقایسه خروجی شبکه عصبی و اعداد واقعی برای عقب زدگی..... ۸۵
شکل ۵-۱۰ همگرایی الگوریتم کلونی زنبور..... ۸۶

فصل اول
کلیات

مقدمه

اولین مرحله از خردایش توده سنگ توسط عملیات حفاری و آتشباری صورت می‌پذیرد. حفاری و آتشباری یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین پارامترهای مؤثر بر اقتصاد و حیات معدن به شمار می‌رود. انجام یک آتشباری مطلوب، کاهش هزینه‌های کلی 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 است را به دنبال خواهد داشت شکل(۱-۱).



شکل ۱-۱ نمودار چرخه معدنکاری[۱]

حفاری و آتشباری می‌تواند بر نتایج سایر فعالیت‌های چرخه معدنکاری (آتشباری ثانویه، بارگیری، باربری، سنگ شکنی و ...) تأثیرگذار باشد. در سال‌های اخیر، به منظور مدلسازی محیط‌های ناهمگون و پیچیده، روش‌های هوشمند گسترش زیادی پیدا کرده است[۱]. شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل داشتن قابلیت یادگیری و تعمیم دهی، قادر به یادگیری هر نوع نگاشت و تابعی می‌باشند.

۱–۱– هدف از انجام پروژه

مهمترین هدف در آتشباری سنگها رسیدن به خردایش مناسب می باشد. در هر معدنی با توجه به نوع ماشین بارگیری ، اندازه ورودی سنگ شکن اولیه و همچنین مینیمم سایز ذرات ورودی به آسیای اولیه در کارخانه فرآوری ، متوسط اندازه خرده‌های آتشباری باید از یک اندازه بهینه ای برخوردار باشد. هدف از پروژه حاضر، طراحی الگوی آتشباری مناسب است که با روش‌های نوین شبکه‌های عصبی وکلونی زنبور عسل که با در نظر گرفتن کاهش عقب زدگی و خردایش مطلوب آتشباری در معدن سرب و روی انگوران را بهینه نماید. همانطور که در شکل(۱-۲)مشاهده می‌شود، پدیده عقب زدگی یکی از 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 ابعاد سنگ‌های خرد شده حاصل از انجام عملیات آتشباری در این معدن است (شکل ۱-۳).

شکل ۱-۲ پدیده عقب زدگی در معدن سرب و روی انگوران

شکل ۱-۳ عدم خردایش مناسب در معدن انگوران

۱-۲- پیشینه تحقیق

مطالعات زیادی در گذشته بر روی طراحی الگوی حفاری و آتشباری و اثرات نامطلوب ناشی از آتشباری صورت گرفته و روابطی نیز جهت پیش‌بینی آن‌ها ارائه شده است، اما با توجه به در نظر نگرفتن همزمان اکثر پارامترهای مؤثر بر آتشباری در روابط تجربی موجود و با توجه به شرایط پیچیده حاکم بر عملیات آتشباری، نتایج حاصل شده چندان مطلوب نبوده است.

محققین زیادی همچون اندرسن[۱] (۱۹۵۲)، فرانکیل[۲] (۱۵۹۲)، پیرس[۳] (۱۹۵۵)، هینو[۴] (۱۹۵۵)، آسمان[۵] (۱۹۶۰)، اش[۶] (۱۹۶۳)، لانگ فورس[۷] (۱۹۶۳)، هانسن[۸] (۱۹۶۳)، آکار[۹] (۱۹۷۲)، کنیا[۱۰] (۱۹۸۳و۱۹۷۲) ، برتا[۱۱] (۱۹۸۵) و روستن[۱۲] (۱۹۹۰) روابط مختلفی را برای تعیین پارامترهای الگوی آتشباری ارائه کرده‌اند [۲]، نتایج حاصل شده چندان مطلوب نبود و از کارائی لازم برخوردار نیستند. جهت رفع این نقیصه، روش‌هایی نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی و ترکیب آن با یک الگوریتم بهینه سازی مانند الگوریتم ژنتیک کلونی مورچگان یا کلونی زنبورها را می‌توان به طور موثری مورد استفاده قرار داد. در این پایان نامه با استفاده از الگوریتم ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی وکلونی زنبور، الگوی مناسب آتشباری در معدن سرب و روی انگوران ارائه شده است.

از کاربردهای شبکه عصبی در رشته مهندسی معدن می‌توان در طراحی الگوی حفاری و آتشباری در تونل، شبیه سازی لرزش زمین ناشی از آتشباری و تعیین خرج ویژه بهینه در معادن روباز اشاره کرد. استفاده از روش ترکیبی شبکه عصبی و کلونی زنبور عسل که موضوع این تحقیق است، برای اولین بار انجام شده است. با توجه به نقص مدل‌های تجربی موجود ، در این پایان نامه سعی شده است که عوامل مؤثر در عملیات آتشباری در معدن سرب و روی انگوران (شامل طول چال، ضخامت بارسنگ، فاصله ردیفی

---

[۱] Andersen

[۲] Fraenkel

[۳] Pearse

[۴] Hino

[۵] Allsman

[۶] Ash

[۷] Longefors

[۸] Hansen

[۹] Ucar

[۱۰] Konya

[۱۱] Berta

[۱۲] Rustan

چال‌ها، طول گل گذاری و خرج ویژه) به گونه ای طراحی شوند، که خردایش نامناسب و عقب زدگی به حداقل مقدار ممکن کاهش یابند.

الگوریتم کلونی زنبور از زیر شاخه‌های هوش مصنوعی و یکی از روش‌های نوین بهینه‌سازی است، که از مراحل بهینه‌سازی و هوش جمعی زنبورها الهام گرفته شده است. برای عملیات بهینه‌سازی با الگوریتم کلونی زنبور نیاز به یک تابع هدف می باشد، تا مراحل ارزیابی بر اساس آن صورت گیرد. هدف از این تحقیق کاهش خردایش نامناسب و عقب زدگی در معدن انگوران بوده است و لذا نیاز به مدلی داریم که با در نظر گرفتن پارامترهای الگوی آتشباری، مقادیر d_{80} خردایش و عقب زدگی متناظر با آن‌ها را محاسبه کند. در حال حاضر مدل یا رابطه دقیقی در دسترس نیست که بتواند برای این منظور استفاده شود. بنابراین برای ساختن چنین مدلی از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. داده های حاصل از ۱۳۰ الگوی آتشباری در قسمت ماده معدنی و ۱۲۳ الگو در قسمت باطله و مقادیر d_{80} خردایش و عقب زدگی متناظر با آن‌ها در معدن انگوران مورد استفاده قرار گرفته است. تعیین دانه‌بندی مواد پس از آتشباری با آنالیز تصویر و توسط نرم افزار split desktop انجام گرفته است. از مدل کوز- رم برای اعتبارسنجی استفاده شد. نتایج به دست آمده از مدل کوز –رم نشان می‌دهد که مقادیر حاصل از پیش بینی شبکه عصبی از دقت قابل قبولی برخوردار می‌باشد.

۱-۳- پیش فرض‌های تحقیق

در این تحقیق که در معدن انگوران انجام شده است، مواده ناریه مورد استفاده آنفو، چال‌ها قائم، زمان تاخیر ۵ میلی ثانیه و قطر چال آتشباری در قسمت ماده معدنی ۱۱۴ میلی متر با میانگین شاخص قابلیت انفجاری ۶۰ در نظر گرفته شده است. در قسمت باطله قطر چال انفجاری ۱۲۷ میلی‌متر با میانگین شاخص قابلیت انفجار۴۷ در نظر گرفته شده است.