



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی معدن - استخراج

ارزیابی ریسک عوامل ژئوتکنیکی در معدن مکانیزه زغال سنگ طبس

نگارنده:

وحید وزیری

استاد راهنما:

دکتر جعفر خادمی حمیدی

دی ماه ۱۳۹۳

الله الرحمن الرحيم



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای وحید وزیری پایان نامه 6 واحدی خود را با عنوان ارزیابی ریسک عوامل ژئوتکنیکی در معدن زغال سنگ پروده طیس در تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۱۷ 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 جعفر خادمی حمیدی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر احمد رضا صیادی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مسعود منجزی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مصطفی شریف زاده	دانشیار	
مدیر گروه (با نماینده گروه تخصصی)	دکتر مسعود منجزی	دانشیار	

آیین نامه 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 پایان‌نامه/ 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 پایان‌نامه 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 ۴- 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 می باشد، باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ 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 وحید وزیری دانشجوی رشته مهندسی استخراج معدن ورودی سال تحصیلی ۱۳۹۱ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آیین 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 آیین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع به نام 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 بدین وسیله حق هر گونه اعتراض را از خود صلب نمودم."


وحید وزیری
تاریخ و امضاء: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷

آیین نامه چاپ پایان نامه (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 می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» 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 نگارنده در رشته **مهندسی استخراج معدن** است که در سال **۱۳۹۳** در دانشکده **فنی مهندسی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **جعفر خادمی حمیدی** و مشاوره جناب آقای دکتر **احمد رضا صیادی** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

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

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد 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 وحید وزیری دانشجوی رشته **مهندسی استخراج معدن** مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.


وحید وزیری
تاریخ و امضاء: ۱۳۹۳/۱۵/۲۷



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی معدن - استخراج

ارزیابی ریسک عوامل ژئوتکنیکی در معدن مکانیزه زغال سنگ طبس

نگارنده:

وحید وزیری

استاد راهنما:

دکتر جعفر خادمی حمیدی

استاد مشاور:

دکتر احمد رضا صیادی

دی ماه ۱۳۹۳

تقدیم به:

پدر بزرگوارم که قلم ناقصم را یادای وصف کرامت بی شتهایش نیست

,

مادر مهربانم که هفت آسمان از بلندرای مقام شامخش در عجب است...

تقدیر و شکر:

هَذَا مِنْ فَضْلِ رَبِّي لِيَبْلُوَنِي أَأَشْكُرُ أَمْ أَكْفُرُ وَمَنْ شَكَرَ فَإِنَّمَا يَكْتُمُ لِنَفْسِهِ وَمَنْ كَفَرَ فَإِنَّ رَبِّي غَنِيٌّ كَرِيمٌ (٤٠- نمل)

«این از فضل پروردگار من است، تا مرا آزمایش کند که آیا شکر او را به جامی آورم و یا کفر می‌ورزم؟! و هر کس شکر کند، به نفع

خود شکر می‌کند؛ و هر کس کفران نماید (به خویش زیان نموده، که) پروردگار من، غنی و کریم است»

سپاس می‌کمران پروردگار عالمان راست که شوق آموختن در گستره‌ی لایتناهی حقی را عطا می‌نموده. سلام‌های بی‌پایان تقدیم روح

ملکوتی آخرین پیک این، محمد بن عبدالله باد که ترانه‌های یکتا پرستی و انسان دوستی را در جوامع انسانی طنین انداز ساخت و چشم نیم‌خواب

بشری را به مدد نسیمی لطیف تراز نسیم سحری کشود و بذر عشق را در گلشن دل‌های سالکان راه حق و حقیقت افشاند.

زبان واژه قاصر است از سپاس سخاوت بی‌منتهای مادر و پدر عزیزم که هر چند ثار آنها به وجود حقیرم تا همیشه ممر است و مهر،

پیشکش حقیر به پای ایشان همه شرم است و شرم.

بر ایجاب فرض است پیشانی تواضع بر ساحت شریف اساتید و الامقامی بسایم که بهره‌ها با بزرگواری و منانت خویش، یاور بنده‌ی

کمترین در طی طریق این تحقیق و پژوهش بودند؛ استادان محترمی، همچون جناب آقای دکتر جعفر خادمی حمیدی که تا ابد مرمون راه‌نمایی‌های

بی‌دریغتان خواهم بود و جناب آقای دکتر احمد رضا صیادی که مشاوره‌های ارزشمندشان، چراغی بود در طی مسیر این پژوهش.

از جانبی، بنده خالصانه اذعان می‌دارم که هماره میون بذل سخاوت اساتید گرانقدری نظیر آقایان دکتر امید اصغری؛ عضو هیأت علمی دانشکده فنی دانشگاه تهران، دکتر جلال کرمی؛ عضو هیأت علمی گروه نجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تربیت مدرس خواهم بود.

از جانبی، بسیار به جاست که از مساعدت بی‌شائبه دست اندرکاران گرامی معدن زغال سنگ پروده طبس، آقایان مهندس Gary Kelsey؛ مدیریت محترم معادن پروده طبس، مهندس اسماعیل زمانی؛ مدیریت محترم پشتیبانی و فنی، مهندس فرزاد روغنی؛ سرپرست محترم دفتر فنی و طراحی، مهندس علی حسینی؛ کارشناس محترم تحقیقات و توسعه (R&D) و مهندس مهدی گلزار؛ کارشناس محترم آموزش، کمال سپاسگزاری و امتنان را به جای آورم.

در فرجام سخن نیز از لطف بی‌ریای اساتید گرانقدر آقایان دکتر مصطفی شریف زاده و دکتر معود منجری به خاطر متحمل شدن زحمت داری این پژوهش و همکاری ارزشمند جناب آقایان مهندس مصطفی قدیمی یاچلو؛ مدیر سابق دفتر فنی معدن زغال سنگ طبس، به خاطر مشاوره های مفید ایشان در مورد معدن طبس، مهندس محمد جلالی؛ دانشجوی دکتری دانشگاه امیرکبیر-گرایش اکتشاف، هاتف الرحمن صالحی آسنجی؛ فوق لیسانس نجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، جناب آقای دکتر معود مجرب؛ فارغ التحصیل دکتری اکتشاف دانشکده فنی دانشگاه تهران و نیز سایر عزیزان و بزرگوارانی که در طول انجام این پژوهش، حمایت و محبت خویش را اثار وجود کمترین نمودند، نهایت تقدیر و تشکر را دارم.

وحید وزیری

چکیده

از منظر ریسک، مناسب‌ترین کارگاه استخراجی در معادن زغال، کارگاهی است که عوارض زمین‌شناسی کم، ایمنی کافی و بازدهی بالایی داشته باشد. اما ریسک معدن‌کاری زیرزمینی زغال‌سنگ به دلیل عدم قطعیت‌های ژئوتکنیکی مرتبط با آن همواره بالا بوده و تأثیر زیادی بر روی کارایی ماشین‌آلات، تولید روزانه معدن و ایمنی پرسنل دارد. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی ریسک زمین‌شناسی-ژئوتکنیکی و شناسایی مناطق با ریسک کاری بالا در معدن شماره ۱ زغال‌سنگ طبس انجام گرفته است. بنابراین متغیرهای ژئوتکنیکی براساس مطالعات اسنادی نظیر نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی منطقه‌ای و اطلاعات حاصل از معدن مورد مطالعه، انتخاب شده‌اند. این متغیرها شامل گازخیزی لایه زغال، *CMRR*، تنش قائم، جابجایی گسل‌ها و جهت‌یافتگی گسل‌ها نسبت به پانل‌ها می‌باشد. چون بیشتر اطلاعات در دسترس معدن از گمانه‌های اکتشافی بوده است، لذا برای تعیین میزان بعضی از متغیرها در مناطق فاقد داده، از تخمین‌های زمین‌آماری استفاده شد. در نهایت روش سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) به دلیل توانایی بالای این روش در جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی نظیر آنالیزهای تخمین زمین‌آماري، اعتبارسنجی نتایج و نمایش خروجی‌ها به صورت نقشه برای ارزیابی ریسک استفاده شد. هر کدام از متغیرها در نرم‌افزار *ArcGIS* لایه‌سازی شد. برای وزن‌دهی متغیرها از روش سیستم‌های مهندسی سنگ - ماتریس اندرکنش استفاده شد. سپس از طریق هم‌پوشانی نقشه‌های بدست آمده برای متغیرها با اعمال وزن اختصاص یافته برای هر متغیر، نقشه نهایی ریسک ژئوتکنیکی بدست آمد. نقشه نهایی در چهار رده ریسک ژئوتکنیکی بسیار بالا، بالا، متوسط و پایین ارائه شد. بررسی نقشه نهایی نشان داد که از کل مساحت منطقه مورد مطالعه، ۲۴٪ ریسک ژئوتکنیکی بسیار بالا و ۲۱٪ درصد ریسک ژئوتکنیکی بالا دارد. به منظور اعتبارسنجی نتایج، تجربیات حاصل از پانل‌های استخراج شده و داده‌های میدانی واقعی با نقشه نهایی ریسک معدن مقایسه شد، به طوری که داده‌های واقعی ثبت شده از تأخیرهای مربوط به شرایط ژئوتکنیکی، نقشه نهایی بدست آمده برای ریسک ژئوتکنیکی را تأیید می‌کند.

کلید واژه: ریسک، مخاطرات ژئوتکنیکی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (*GIS*)، تخمین‌های زمین‌آماري، معدن مکانیزه

زغال‌سنگ طبس

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فهرست مطالب.....	أ
فهرست جداول.....	ه
فهرست شکل ها.....	ز

فصل اول : مقدمه

۱-۱. آشنایی	۲
۲-۱. تعریف مساله	۲
۳-۱. اهداف پژوهش	۳
۴-۱. سوالات پژوهش	۴
۵-۱. فرضیه های پژوهش	۴
۶-۱. نوآوری پژوهش	۵
۷-۱. ساختار پایان نامه	۵

فصل دوم : معرفی معدن مکانیزه زغال سنگ طبس

۱-۲. مقدمه	۸
۲-۲. موقعیت و مشخصات معدن	۸
۳-۲. شرایط آب و هوایی منطقه	۹
۴-۲. حوضه زغال دار طبس	۹
۵-۲. تکتونیک و زمین شناسی ساختمانی ناحیه پروده	۱۰
۶-۲. ذخیره معدن شماره ۱	۱۱
۷-۲. مشخصات و روش معدن کاری معدن شماره ۱	۱۲

فصل سوم : مروری بر مطالعات پیشین و بررسی مخاطرات ژئوتکنیکی در معدن زغال سنگ طبس

۱۶	۳-۱. مقدمه
۱۶	۳-۲. تعریف ریسک
۱۷	۳-۳. شناسایی ریسک
۱۸	۳-۴. ارزیابی ریسک
۱۸	۳-۴-۱. روش ارزیابی کیفی ریسک
۱۹	۳-۴-۲. روش ارزیابی نیمه کمی ریسک
۱۹	۳-۴-۳. روش ارزیابی کمی ریسک
۲۰	۳-۵. مدیریت ریسک
۲۱	۳-۶. پژوهش‌های مرتبط با ارزیابی ریسک
۲۷	۳-۷. انتخاب مخاطرات ژئوتکنیکی
۲۸	۳-۷-۱. جابجایی زون‌های گسلی
۲۹	۳-۷-۲. جهت‌یافتگی گسل‌ها نسبت به کارگاه‌های استخراجی
۳۰	۳-۷-۳. امتیازدهی سنگ سقف (CMRR)
۳۲	۳-۷-۴. گازخیزی لایه زغال
۳۴	۳-۷-۵. وضعیت تنش‌های منطقه
۳۴	۳-۷-۵-۱. تغییرات تنش برجا در عمق
۳۷	۳-۷-۵-۲. نقشه جهانی تنش (WSM)

فصل چهارم : ارزیابی ریسک ژئوتکنیکی - زمین‌شناسی در معدن شماره ۱ پروده طبس

۴۰	۴-۱. مقدمه
۴۰	۴-۲. مدل‌سازی گازخیزی معدن مکانیزه زغال‌سنگ طبس با ArcGIS
۴۱	۴-۲-۱. بررسی داده‌های گازخیزی
۴۲	۴-۲-۲. تخمین زمین‌آماري متغیرهای ژئوتکنیکی به‌عنوان یک متغیر ناحیه‌ای
۴۳	۴-۲-۳. بررسی توزیع گازخیزی
۴۵	۴-۲-۴. بررسی خطاهای بارز عمومی و محلی
۴۸	۴-۲-۵. بررسی روند در داده‌های گازخیزی

۵۱.....	۶-۲-۴. انتخاب روش پیش‌بینی
۶۳.....	۷-۲-۴. بررسی نقشه خطای استاندارد پیش‌بینی
۶۵.....	۸-۲-۴. نقشه نهایی گازخیزی.....
۶۶.....	۳-۴. مدل‌سازی CMRR در نرم‌افزار ArcGIS.....
۶۷.....	۱-۳-۴. نحوه محاسبه CMRR
۶۸.....	۲-۳-۴. تخمین زمین‌آماري متغير CMRR
۷۵.....	۳-۳-۴. نقشه نهایی CMRR
۷۶.....	۴-۴. مدل‌سازی تغییرات تنش قائم با ArcGIS.....
۸۵.....	۵-۴. مدل‌سازی جابجایی زون‌های گسلی با ArcGIS.....
۸۶.....	۱-۵-۴. طبقه‌بندی شولز.....
۸۷.....	۲-۵-۴. مشخص کردن گسل‌ها بر روی نقشه
۸۸.....	۶-۴. مدل‌سازی تأثیر جهت‌یافتگی گسل‌ها نسبت به کارگاه‌های استخراج (شیب و امتداد) در ArcGIS
۹۰.....	۷-۴. سیستم‌های مهندسی سنگ و ماتریس اندرکنش
۹۲.....	۱-۷-۴. شدت و مقدار غالب بودن پارامترها
۹۲.....	۲-۷-۴. کدگذاری ماتریس اندرکنش
۹۳.....	۳-۷-۴. تفسیر ماتریس اندرکنش
۹۵.....	۴-۷-۴. پارامترهای اصلی در ماتریس اندرکنش و نحوه کدگذاری آن‌ها.....
۹۸.....	۸-۴. طبقه‌بندی پارامترهای ژئوتکنیکی در ارزیابی ریسک ژئوتکنیکی معدن مکانیزه طبس
۱۰۰.....	۹-۴. هم‌پوشانی لایه‌ها در نرم‌افزار ArcGIS و بدست آوردن نقشه نهایی ریسک
۱۰۱.....	۱۰-۴. بررسی نتایج مدل‌سازی
۱۰۶.....	۱۱-۴. تحلیل حساسیت
۱۰۷.....	۱-۱۱-۴. حساسیت به تغییر وزن جابجایی گسل‌ها
۱۰۹.....	۲-۱۱-۴. حساسیت به تغییر وزن CMRR
۱۱۱.....	۳-۱۱-۴. حساسیت به تغییر وزن گازخیزی.....

فصل پنجم : جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱۱۴.....	۱-۵. بحث و نتیجه‌گیری
----------	-----------------------------

۱۱۸.....	۲-۵. پیشنهادها.....
۱۲۲.....	منابع و مأخذ.....
۱۲۹.....	پیوست‌ها.....

فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول ۱-۲: ذخایر قابل استخراج معدن شماره ۱.....	۱۲
جدول ۱-۳: رده‌بندی ارائه شده برای <i>CMRR</i>	۳۲
جدول ۱-۴: خلاصه آماری داده‌های گازخیزی.....	۴۴
جدول ۲-۴: بررسی وجود روند در داده‌های گازخیزی با استفاده از نرم افزار <i>SPSS</i>	۴۹
جدول ۳-۴: بررسی ناهمسانگردی داده‌های گازخیزی در جهات مختلف.....	۵۶
جدول ۴-۴: آماره‌های استفاده شده برای انتخاب بهترین مدل از بین سه مدل پیش‌بینی گازخیزی.....	۶۲
جدول ۵-۴: پارامترهای ورودی و نحوه تعیین <i>CMRR</i> در کارگاه E_1	۶۷
جدول ۶-۴: خلاصه آماری داده‌های <i>CMRR</i>	۶۸
جدول ۷-۴: بررسی همبستگی داده‌های <i>CMRR</i> در راستاهای مختلف.....	۷۱
جدول ۸-۴: بررسی تغییرات دامنه همبستگی بین داده‌های گازخیزی در جهات مختلف.....	۷۱
جدول ۹-۴: مقادیر مورد استفاده برای هر کدام از پارامترها.....	۷۳
جدول ۱۰-۴: مقایسه مدل‌ها با یکدیگر برای پارامتر <i>CMRR</i>	۷۴
جدول ۱۱-۴: مقادیر و جهات تنش‌های اصلی در منطقه پروده طبس.....	۷۸
جدول ۱۲-۴: خلاصه آماری داده‌های تنش قائم.....	۷۸
جدول ۱۳-۴: بررسی همبستگی مقادیر تنش قائم در راستاهای مختلف.....	۸۰
جدول ۱۴-۴: بررسی تغییرات دامنه همبستگی بین داده‌های تنش قائم در جهات مختلف.....	۸۱
جدول ۱۵-۴: پارامترهای استفاده شده در پیش‌بینی تنش قائم.....	۸۲
جدول ۱۶-۴: آماره‌های استفاده شده برای انتخاب مناسب‌ترین مدل.....	۸۲
جدول ۱۷-۴: طبقه‌بندی شولز برای تعیین یکنواختی لایه.....	۸۷

- جدول ۴-۱۸: ارزیابی تأثیر جهت‌یابی گسل‌ها بر کارگاه‌ها ۸۹
- جدول ۴-۱۹: روش‌های کدگذاری ماتریس اندرکنش ۹۳
- جدول ۴-۲۰: ماتریس اندرکنش پارامترهای ژئوتکنیکی برای ارزیابی ریسک ۹۶
- جدول ۴-۲۱: مقادیر اثر و تأثیر و شدت اندرکنش و وزن پارامترهای ژئوتکنیکی در سیستم ارزیابی ریسک ۹۶
- جدول ۴-۲۲: طبقه‌بندی ارائه شده برای گازخیزی براساس مقررات کشور روسیه ۹۹
- جدول ۴-۲۳: طبقه‌بندی ارائه شده برای وضعیت سقف براساس طبقه‌بندی مارک و مولیندا ۹۹
- جدول ۴-۲۴: طبقه‌بندی مورد استفاده برای تنش‌های قائم منطقه براساس تغییرات عمق ۹۹
- جدول ۴-۲۵: طبقه‌بندی مورد استفاده برای جابجایی گسل‌ها براساس طبقه‌بندی شولز ۹۹
- جدول ۴-۲۶: طبقه‌بندی ارائه شده برای جهت‌یافتگی گسل‌ها نسبت به کارگاه‌ها براساس طبقه‌بندی بنیاوسکی ۱۰۰
- جدول ۴-۲۷: اعتبارسنجی پیش‌بینی داده‌های گازخیزی با مقادیر واقعی در معدن مکانیزه زغال‌سنگ طبس ۱۰۳
- جدول ۴-۲۸: نتایج حاصل از اعتبارسنجی داده‌های تنش قائم و *CMRR* ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: فلوجارت فرآیند اجرای پژوهش.....	۶
شکل ۱-۲: ستون چینه‌شناسی حوزه زغالی پروده طبس.....	۱۲
شکل ۲-۲: پلان کارگاه‌های طراحی شده برای استخراج.....	۱۴
شکل ۱-۳: انواع گسل و حالت تنش‌های برجای سنگ.....	۳۵
شکل ۲-۳: الف) متوسط نسبت تنش افقی به قائم به ازای عمق.....	۳۶
شکل ۳-۳: نقشه تنش برجای ایران نشان‌دهنده نوع رژیم و جهت تنش برجای منطقه.....	۳۸
شکل ۱-۴: فلوجارت ارائه شده برای پیش‌بینی میزان گازخیزی.....	۴۱
شکل ۲-۴: بررسی توزیع داده‌های گازخیزی الف) با استفاده از <i>QQ Plot Normal</i> ب) با استفاده از نمودار هیستوگرام ...	۴۴
شکل ۳-۴: مثالی از وجود خطای بارز محلی.....	۴۵
شکل ۴-۴: مثالی از وجود خطای عمومی.....	۴۶
شکل ۵-۴: مثالی از وجود خطای بارز محلی.....	۴۷
شکل ۶-۴: ابر سمی‌واریوگرام رسم شده برای داده‌های گازخیزی جهت بررسی خطاها.....	۴۷
شکل ۷-۴: بررسی روند موجود در داده‌های گازخیزی.....	۵۰
شکل ۸-۴: بررسی روند موجود در داده‌های گازخیزی با دوران ۱۰درجه.....	۵۰
شکل ۹-۴: نمونه‌ای از نمودار سمی‌واریوگرام.....	۵۳
شکل ۱۰-۴: بررسی ناهمسانگردی داده‌های گازخیزی الف) با استفاده از نمودار سمی‌واریوگرام ب) با استفاده از سطح سمی‌واریوگرام	۵۵
شکل ۱۱-۴: مدل سمی‌واریوگرام برای گازخیزی در راستای شمال شرق به جنوب غرب.....	۵۹
شکل ۱۲-۴: نمودار اعتبارسنجی متقابل بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده.....	۶۳

- شکل ۴-۱۳: مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده برای هر کدام از چال‌ها..... ۶۳
- شکل ۴-۱۴: نقشه خطای استاندارد پیش‌بینی برای متغیر گاز خیزی..... ۶۵
- شکل ۴-۱۵: نقشه نهایی پیش‌بینی گاز خیزی معدن مکانیزه زغال سنگ طبس..... ۶۶
- شکل ۴-۱۶: بررسی توزیع داده‌های *CMRR* الف) با استفاده از *QQ Plot Normal* ب) با استفاده از نمودار هیستوگرام ۶۸
- شکل ۴-۱۷: ابر سمی‌واریوگرام جهت بررسی خطای داده‌های *CMRR*..... ۶۹
- شکل ۴-۱۸: بررسی روند موجود در داده‌های *CMRR*..... ۷۰
- شکل ۴-۱۹: بررسی روند با دوران شکل به اندازه ۵ درجه..... ۷۰
- شکل ۴-۲۰: بررسی ناهمسانگردی داده‌های *CMRR* الف) با استفاده از نمودار سمی‌واریوگرام ب) با استفاده از سطح سمی‌واریوگرام ۷۲
- شکل ۴-۲۱: مدل کروی برازش شده برای داده‌های *CMRR*..... ۷۳
- شکل ۴-۲۲: نمودار اعتبارسنجی متقابل بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر محاسبه شده..... ۷۴
- شکل ۴-۲۳: خطای استاندارد پیش‌بینی برای متغیر *CMRR*..... ۷۵
- شکل ۴-۲۴: نقشه نهایی پیش‌بینی شده برای پارامتر *CMRR*..... ۷۶
- شکل ۴-۲۵: بررسی توزیع داده‌های تنش قائم. الف) با استفاده از هیستوگرام. ب) با استفاده از *QQ Plot Normal*..... ۷۸
- شکل ۴-۲۶: ابر سمی‌واریوگرام جهت بررسی خطای داده‌های تنش قائم..... ۷۹
- شکل ۴-۲۷: بررسی روند موجود در داده‌های تنش قائم..... ۷۹
- شکل ۴-۲۸: بررسی روند موجود در داده‌های تنش قائم با دوران ۲۵ درجه..... ۸۰
- شکل ۴-۲۹: منحنی و سطح سمی‌واریوگرام جهت بررسی ناهمسانگردی در داده‌های تنش‌های قائم..... ۸۱
- شکل ۴-۳۰: نمودار اعتبارسنجی متقابل بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر محاسبه شده..... ۸۳
- شکل ۴-۳۱: خطای استاندارد پیش‌بینی برای تنش قائم..... ۸۴
- شکل ۴-۳۲: نقشه نهایی بدست آمده برای تنش‌های قائم..... ۸۵
- شکل ۴-۳۳: نقشه نهایی به‌دست آمده برای جابجایی گسل‌ها..... ۸۸

- شکل ۴-۳۴: نقشه نهایی تأثیر جهت یافتگی گسل‌ها نسبت به کارگاه‌ها..... ۹۰
- شکل ۴-۳۵: ماتریس اندرکنش، الف) ساختار کلی ماتریس اندرکنش، ب) حالت عمومی ماتریس اندرکنش..... ۹۲
- شکل ۴-۳۶: چگونگی اثرگذاری یک پارامتر و هم‌چنین تأثیرپذیری آن از سیستم و نحوه رسم نمودار $C-E$ ۹۵
- شکل ۴-۳۷: نمودار شدت اندرکنش پارامترهای ژئوتکنیکی..... ۹۷
- شکل ۴-۳۸: هیستوگرام اثر - تأثیر پارامترهای ژئوتکنیکی..... ۹۷
- شکل ۴-۳۹: نقشه نهایی بدست آمده برای ریسک ژئوتکنیکی با استفاده از هم‌پوشانی لایه‌ها..... ۱۰۱
- شکل ۴-۴۰: تأخیرهای ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی مربوط به استخراج ۶ ماهه اول کارگاه E_2 ۱۰۴
- شکل ۴-۴۱: نمونه‌ای از فرم‌های برداشت بخش زمین‌شناسی..... ۱۰۵
- شکل ۴-۴۲: تأخیرهای ناشی از افزایش گاز متان در کارگاه W_1 ۱۰۶
- شکل ۴-۴۳: حساسیت به تغییر وزن جابجایی گسل‌ها الف) تغییر وزن نقشه نهایی به ازای کاهش ۵٪ از وزن اختصاص یافته ب) تغییر وزن نقشه نهایی به ازای کاهش ۵٪ از وزن اختصاص یافته..... ۱۰۸
- شکل ۴-۴۴: حساسیت به تغییر وزن $CMRR$ الف) تغییر وزن نقشه نهایی به ازای کاهش ۵٪ از وزن اختصاص یافته ب) تغییر وزن نقشه نهایی به ازای کاهش ۵٪ از وزن اختصاص یافته..... ۱۱۰
- شکل ۴-۴۵: حساسیت به تغییر وزن جابجایی گسل‌ها الف) تغییر وزن نقشه نهایی به ازای کاهش ۵٪ از وزن اختصاص یافته ب) تغییر وزن نقشه نهایی به ازای کاهش ۵٪ از وزن اختصاص یافته..... ۱۱۲
- شکل ۵-۱: نحوه نفوذ گاز از لایه استخراجی و لایه‌های مجاور به جبهه کار در معدن زغال‌سنگ طبس..... ۱۱۸
- شکل ۵-۲: نحوه زهکشی متان با استفاده از گمانه قائم در منطقه تخریب..... ۱۲۰

فصل اول

مقدمه