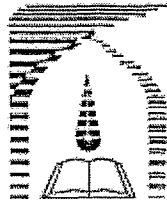


الله الرحمن الرحيم

1/10/2014

۸۷/۱/۱۰/۱
۱۸/۱۲/۱



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده علوم پایه

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد زمین شناسی (مهندسی)

پهنه‌بندی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی توده‌سنگ‌های
مسیر تونل انتقال آب شاهو

حسن شجاعی

استاد راهنما:

دکتر علی ارومیه ای

استاد مشاور:

بهزاد زمانی

۱۳۸۸ / ۱ / ۱۸

بهمن ۱۳۸۷

۱۱۵۲۸۴



دانشگاه تربیت مدرس

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیات داوران نسخه نهایی پایان نامه آقای حسن شجاعی رشته زمین شناسی (مهندسی) تحت عنوان: «پهنه بندی خصوصیات زمین شناسی مهندسی توده سنگهای مسیر تونل انتقال آب شاهو» از نظر فرم و محتوا بررسی نموده و آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مورد تأیید قرار دادند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر علی ارومیه‌ای	دانشیار	
۲- استاد مشاور	مهندس بهزاد زمانی	مربی	
۳- استاد ناظر داخلی	دکتر ماشاء... خامه چیان	دانشیار	
۴- استاد ناظر داخلی	دکتر محمدرضا نیکودل	استادیار	
۵- استاد ناظر خارجی	دکتر غلامرضا لشگری پور	استاد	
۶- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر ماشاء... خامه چیان	دانشیار	



بسمه تعالی

آیین‌نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)‌های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

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

- ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (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:
و کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته زمین‌شناسی محض است
که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده علوم دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر علی ارومیه‌ای، مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر نجف‌زاد زبانی 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 نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.
- ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، 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 عرضه‌شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.
- ماده ۶ اینجانب حسن سجایی دانشجوی رشته زمین‌شناسی محض مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی: حسن سجایی

تاریخ و امضا:

۱۳۸۷/۱۱/۸

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 پایان‌نامه/رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدیدآورندگان 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 دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

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 و یا نرم‌افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها 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 ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در

هیأت‌رئیس 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.

و از تاریخ



تقدیم به

خوبانی که در بنای وجودم بی دریغ همت گماردند

پدر و مادرم

و تمامی معلمان و اساتیدی که برای اندیشه‌ام کوشیده‌اند

و کسی که در تمام لحظه‌های عمر دوستش دارم

سپاس و ستایش بر یگانه دانای نیاموخته

تشکر و قدردانی

خدای را سپاس می‌گویم به مهربانی بی‌حدش که در کنار تمامی نعمتها توان خواندن و نوشتنم داد...

بر دستان پر مهر پدر و مادرم بوسه میزنم که بی‌دریغ محبت و ایثار نثارم کردند و زمینه تعلیم را برایم فراهم ساختند.

سپاسگزار تمامی عزیزانی هستم که با صفای وجودشان مرا در انجام این تحقیق یاری رساندند.

از جناب آقای دکتر ارومیه‌ای که راهنمای بنده در طول تحصیل و انجام این تحقیق بودند کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر زمانی که با مشورتها و زحمات خود مسیر این راه را هموار نمودند بسیار سپاسگزارم.

همچنین از تلاشهای بی‌دریغ آقایان دکتر نیکودل و دکتر خامه‌چیان که در طول دوره تحصیل، آموخته‌های خود را مانند معلمی دلسوز به بنده انتقال داده‌اند صمیمانه سپاسگزارم.

از دوست بسیار بزرگوار و عزیزم جناب آقای مهندس هادی شریفی که تنها حضورش در کنارم حل بسیاری از مشکلات را برایم آسان نمود کمال تشکر را داشته و تا زمانی که هستم دوستش دارم.

چکیده

تونل انتقال آب شاهو با ۱۱۳۸۰ متر طول و ۶/۱ متر قطر از میان دو زون ساختاری عمده ایران شامل زونهای سنندج-سیرجان و زاگرس رانده عبور می‌کند. حضور هر سه نوع سنگ‌شناسی رسوبی، آذرین و دگرگونی و همچنین زونهای گسله فراوان در محل زمیندرز زاگرس، مخاطرات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی متعددی را برای تونل ایجاد کرده است. با توجه به اینکه در صورت بروز مشکل و توقف در حین احداث تونل، کل طرح دچار مشکل خواهد شد، اهمیت مطالعات زمین‌شناسی مهندسی به منظور شناسایی و قضاوت در مورد خطرات احتمالی در حین اجرا و بهره‌برداری تونل روشن می‌گردد. داده‌ها و آنالیزهای زمین‌شناسی مهندسی، چه قبل از احداث و چه در حین حفاری تونل، مهندسان طرح را با شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی مسیر تونل آگاه ساخته و امکان اتخاذ تصمیمات درست و اصلاح اشتباهات طراحی را فراهم می‌آورد. به همین منظور جهت ارزیابی ویژگی‌های مکانیکی توده سنگهای در مسیر تونل شاهو و تعیین خصوصیات مهندسی آنها، مطالعات زمین‌شناسی مهندسی در طول مسیر تونل صورت پذیرفته است. این مطالعات بر پایه بررسی‌های صحرایی، حفاری گمانه‌های اکتشافی، انجام آزمون‌های آزمایشگاهی و آنالیزهای ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی است. در طول این مطالعات، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی توده‌سنگها، وضعیت آبهای سطحی و زیرزمینی، بررسی ساختارهای گستره طرح مانند ناپیوستگی‌ها، چین‌ها و گسل‌ها صورت پذیرفته است. این اطلاعات در تعیین خواص مقاومتی و انجام طبقه‌بندی‌های مهندسی توده‌سنگ مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نهایتاً پهنه‌بندی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی توده‌سنگهای مسیر تونل شاهو در محیط نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفته و ۵ رده مهندسی توده‌سنگ تعریف گردید. در پایان نیز بر اساس پهنه‌بندی صورت گرفته، شرایط و کیفیت مهندسی تمامی طول مسیر پیش‌بینی شده و ملاحظات جهت حفاری و نگهداری تونل ارائه شده است.

کلمات کلیدی: تونل، زمین‌شناسی مهندسی، طبقه‌بندی مهندسی سنگ، پهنه‌بندی، ArcGIS

فهرست مطالب

۱	فصل اول
۱	کلیات
۲	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ معرفی و هدف طرح
۳	۱-۲-۱ موقعیت جغرافیایی و مشخصات تونل شاهو
۴	۳-۱ مراحل تحقیق
۵	۱-۳-۱ برداشتهای سطح الارضی
۵	۲-۳-۱ مطالعات زیرسطحی
۶	۴-۱ روند تحقیق
۷	فصل دوم
۷	ادبیات فنی
۸	۱-۲ مقدمه
۸	۲-۲ ناپیوستگی های توده سنگ
۱۲	۳-۲ مقاومت برشی سطوح ناپیوستگی
۱۴	۴-۲ مقاومت توده سنگ
۱۴	۱-۴-۲ معیار شکست هوک - براون
۱۷	۲-۴-۲ معیار شکست مور - کلمب
۱۷	۵-۲ طبقه بندی مهندسی سنگ
۱۸	۱-۵-۲ شاخص کیفی سنگ
۲۰	۲-۵-۲ طبقه بندی ژئومکانیکی (RMR)
۲۱	۳-۵-۲ طبقه بندی کیفیت توده سنگ (Q)
۲۲	۴-۵-۲ طبقه بندی شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI)
۲۵	فصل سوم
۲۵	زمین شناسی
۲۶	۱-۳ مقدمه
۲۹	۲-۳ زمین ریخت شناسی منطقه
۳۰	۳-۳ چینه شناسی
۳۲	۴-۳ هیدرولوژی
۳۳	۱-۴-۳ نفوذپذیری توده سنگ های مقطع تونل
۳۵	۲-۴-۳ نحوه ورود جریان آب زیرزمینی به درون یک تونل
۳۶	۳-۴-۳ پیش بینی ورود جریان آب زیرزمینی به درون تونل شاهو
۳۶	۵-۳ زمین شناسی ساختاری
۳۷	۱-۵-۳ چین خوردگی
۳۸	۲-۵-۳ گسلش

۳۹	..... ۱-۲-۵-۳ گسل اصلی و جوان زاگرس (شاخه چم - پایگلان)
۴۱	..... ۳-۵-۳ ناپیوستگیها
۴۲	..... فصل چهارم
۴۲	..... زمین شناسی مهندسی
۴۳	..... ۱-۴ مقدمه
۴۴	..... ۲-۴ عملیات ژئوتکنیکی طرح
۴۴	..... ۱-۲-۴ حفاری گمانه های اکتشافی
۴۴	..... ۲-۲-۴ نمونه برداری و انجام آزمونهای آزمایشگاهی و صحرایی
۴۴	..... ۳-۴ واحدهای زمین شناسی مهندسی
۴۸	..... ۱-۳-۴ توده سنگهای واحد A
۴۸	..... ۲-۳-۴ توده سنگهای واحد B
۴۸	..... ۳-۳-۴ توده سنگهای واحد C
۴۹	..... ۴-۳-۴ توده سنگهای واحد D
۴۹	..... ۴-۴ مطالعات سنگ بکر و توده سنگ
۴۹	..... ۱-۴-۴ خواص سنگ بکر
۵۰	..... ۲-۴-۴ مقاومت برشی سطوح ناپیوستگی
۵۱	..... ۳-۴-۴ هندسه و تحلیل سیستم های ناپیوستگی
۵۲	..... ۱-۳-۴-۴ محدوده ساختاری S.D-A
۵۳	..... ۲-۳-۴-۴ محدوده ساختاری S.D-B
۵۴	..... ۳-۳-۴-۴ محدوده ساختاری S.D-C
۵۵	..... ۴-۳-۴-۴ محدوده ساختاری S.D-D
۵۶	..... ۵-۳-۴-۴ محدوده ساختاری S.D-E
۵۷	..... ۶-۳-۴-۴ محدوده ساختاری S.D-F
۵۸	..... ۴-۴-۴ طبقه بندی مهندسی سنگ
۵۸	..... ۱-۴-۴-۴ شاخص کیفی سنگ (RQD)
۵۹	..... ۲-۴-۴-۴ طبقه بندی شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI)
۶۱	..... ۳-۴-۴-۴ طبقه بندی ژئومکانیکی توده سنگ (RMR)
۶۳	..... ۴-۴-۴-۴ طبقه مهندسی توده سنگ SRC
۶۴	..... ۵-۴-۴-۴ طبقه بندی مهندسی توده سنگ Q
۶۵	..... ۵-۴-۴ ارزیابی پارامترهای مقاومتی توده سنگ
۶۹	..... ۶-۴-۴ ارزیابی از تشنهای برجا در طول مسیر تونل شاهو و نقش تکتونیک ناحیه ای
۷۱	..... ۷-۴-۴ ارزیابی ارتباط گسلش و درزه داری توده سنگ در منطقه
۷۲	..... ۱-۷-۴-۴ متدولوژی و آنالیز رگرسیون
۷۳	..... ۲-۷-۴-۴ ارزیابی مقدماتی تاثیر پترولوژی توده سنگ بر فاصله داری درزه ها
۷۵	..... ۸-۴-۴ ارزیابی کیفیت مهندسی سنگهای گسله مسیر تونل شاهو
۷۸	..... ۱-۸-۴-۴ تحلیل رفتار مهندسی سنگهای گسله
۸۰	..... فصل پنجم

۸۰	پهنه بندی خصوصیات زمین شناسی مهندسی مسیر تونل
۸۱	۱-۵ مقدمه
۸۱	۲-۵ اصول پهنه بندی
۸۲	۳-۵ پهنه بندی زمین شناسی مهندسی مسیر تونل
۸۳	۴-۵ روش وزن دهی و هم پوشانی
۸۵	۵-۵ پهنه بندی زمین شناسی مهندسی اولیه مسیر تونل شاهو
۸۵	۱-۵-۵ شرایط سنگ شناسی مسیر تونل
۸۵	۲-۵-۵ شاخص کیفی سنگ (RQD)
۸۵	۳-۵-۵ جهت‌یابی لایه بندی و ساختارها نسبت به محور حفاری
۸۵	۴-۵-۵ وضعیت ساختاری توده سنگ
۸۶	۵-۵-۵ شرایط آب زیرزمینی
۸۶	۶-۵-۵ ضخامت روباره تونل
۸۶	۷-۵-۵ طبقه بندی مهندسی سنگ
۸۶	۸-۵-۵ خصوصیات مهندسی سنگ بکر
۸۸	۶-۵ پهنه بندی نهایی زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو
۹۰	۷-۵ روش حفاری و سیستم نگهدارنده پیشنهادی
۹۲	فصل ششم
۹۲	نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۳	۱-۶ نتیجه گیری
۹۴	۲-۶ پیشنهادات

منابع

پیوست

فهرست جدول ها

- جدول ۱-۲: رده های مختلف سیستم طبقه بندی RQD و کیفیت توده سنگ مربوط به آنها..... ۱۸
- جدول ۲-۲: تخمین تجربی برخی از خواص توده سنگ از طریق امتیاز RMR مربوطه..... ۲۰
- جدول ۱-۳: تقسیمات واحدهای چینه شناسی مسیر تونل شاهو..... ۳۰
- جدول ۲-۳: مشخصات گمانه های اکتشافی در طول مسیر تونل شاهو..... ۳۴
- جدول ۳-۳: نتایج آزمایشات لوژن درون گمانه های اکتشافی مسیر تونل شاهو..... ۳۴
- جدول ۳-۳: خصوصیات گسلهای موجود در مسیر تونل شاهو..... ۴۰
- جدول ۱-۴: دسته بندی واحدهای زمین شناسی مهندسی در طول مسیر تونل شاهو..... ۴۶
- جدول ۲-۴: خصوصیات فیزیکی و شاخص واحدهای زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو..... ۵۰
- جدول ۳-۴: ارزیابی کلی از پارامترهای مقاومت سطح ناپیوستگی واحدهای زمین شناسی مسیر تونل شاهو..... ۵۱
- جدول ۴-۴: مشخصات سطوح ناپیوستگی محدوده زمین ساختاری S.D-A..... ۵۲
- جدول ۵-۴: مشخصات سطوح ناپیوستگی محدوده زمین ساختاری S.D-B..... ۵۳
- جدول ۶-۴: مشخصات سطوح ناپیوستگی محدوده زمین ساختاری S.D-C..... ۵۴
- جدول ۷-۴: مشخصات سطوح ناپیوستگی محدوده زمین ساختاری S.D-D..... ۵۵
- جدول ۸-۴: مشخصات سطوح ناپیوستگی محدوده زمین ساختاری S.D-E..... ۵۶
- جدول ۹-۴: مشخصات سطوح ناپیوستگی محدوده زمین ساختاری S.D-F..... ۵۷
- جدول ۱۰-۴: مقادیر میانگین شاخص کیفی توده سنگ واحدهای زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو..... ۵۹
- جدول ۱۱-۴: میانگینی از پارامترهای طبقه بندی RMR در طول مسیر تونل شاهو..... ۶۲
- جدول ۱۲-۴: پارامترها و امتیازات مربوطه در سیستم طبقه بندی SRC..... ۶۳
- جدول ۱۳-۴: میانگینی از پارامترهای طبقه بندی Q در طول مسیر تونل شاهو..... ۶۵
- جدول ۱۴-۴: نتایج ارزیابی پارامترهای مقاومتی توده سنگ در واحدهای زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو..... ۶۸
- جدول ۱۵-۴: مقادیر مدول تغییر شکل برجا از طریق امتیاز RMR توده سنگ و نرم افزار Roclab..... ۶۹
- جدول ۱۶-۴: خصوصیات ساختاری زونهای گسله عمده مسیر تونل شاهو..... ۷۶
- جدول ۱۷-۴: طبقه بندی مهندسی سنگهای گسله مسیر تونل شاهو..... ۷۷
- جدول ۱۸-۴: رفتار ژئومکانیکی و هیدرولیکی سنگهای گسله مسیر تونل شاهو..... ۷۹
- جدول ۱-۵: مدل پهنه بندی زمین شناسی مهندسی مورد استفاده در مسیر تونل شاهو..... ۸۴
- جدول ۲-۵: دامنه تغییرات رده های زمین شناسی مهندسی و توزیع پراکندگی آنها در مسیر تونل شاهو..... ۸۸
- جدول ۳-۵: روشهای حفاری پیشنهادی برای تونل شاهو..... ۹۱
- جدول ۴-۵: سیستمهای نگهدارنده پیشنهادی برای تونل شاهو..... ۹۱

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی و مسیرهای دسترسی به تونل انتقال آب شاهو..... ۴
- شکل ۱-۲: مقیاس سطوح مختلف ناپیوستگی در یک توده سنگ..... ۹
- شکل ۲-۲: پارامترهای موثر بر رفتار توده سنگ..... ۹
- شکل ۳-۲: تصویری از خط برداشت استفاده شده در این تحقیق..... ۱۱
- شکل ۴-۲: تصویری از پنجره برداشت استفاده شده در این تحقیق..... ۱۱
- شکل ۵-۲: پروفیل های زبری سطح ناپیوستگی و مقدار JRC معادل آنها و نحوه استفاده از چکش اشمیت..... ۱۳
- شکل ۶-۲: شرایط توده سنگ که می توان از معیار شکست هوک - براون استفاده کرد..... ۱۶
- شکل ۷-۲: تاثیر جهت یابی محور گمانه نسبت به سطوح ناپیوستگی بر روی شاخص RQD توده سنگ..... ۱۹
- شکل ۸-۲: ارزیابی شاخص مقاومت GSI بر اساس توصیفات زمین شناسی..... ۲۳
- شکل ۱-۳: دو بخش عمده زمین شناسی مسیر تونل شاهو و مرز ساختاری جداکننده آنها..... ۲۷
- شکل ۲-۳: نقشه زمین شناسی گستره تونل شاهو..... ۲۸
- شکل ۳-۳: حضور دره های گسله پرشیب در منطقه..... ۲۹
- شکل ۴-۳: تصاویری از واحدهای چینه شناسی مسیر تونل شاهو..... ۳۱
- شکل ۵-۳: ارتباط تقریبی مقادیر لوژن و ضریب نفوذپذیری توده سنگ..... ۳۳
- شکل ۶-۳: مدل شماتیک نحوه ورود آب زیرزمینی به درون یک تونل..... ۳۵
- شکل ۷-۳: ساختهای جریانی و گسلش ثانویه آنها در توده سنگهای مسیر تونل شاهو..... ۳۹
- شکل ۱-۴: رخنمونهای سطحی واحدهای زمین شناسی مهندسی و گسترش آنها در طول مسیر تونل شاهو..... ۴۷
- شکل ۲-۴: تصویر فضایی سطوح ناپیوستگی محدوده S.D-A..... ۵۲
- شکل ۳-۴: تصویر فضایی سطوح ناپیوستگی محدوده S.D-B..... ۵۳
- شکل ۴-۴: تصویر فضایی سطوح ناپیوستگی محدوده S.D-C..... ۵۵
- شکل ۵-۴: تصویر فضایی سطوح ناپیوستگی محدوده S.D-D..... ۵۶
- شکل ۶-۴: تصویر فضایی سطوح ناپیوستگی محدوده S.D-E..... ۵۷
- شکل ۷-۴: تصویر فضایی سطوح ناپیوستگی محدوده S.D-F..... ۵۸
- شکل ۸-۴: دامنه تغییرات شاخص کیفی توده سنگ در واحدهای زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو..... ۵۹
- شکل ۹-۴: محدوده مقادیر شاخص GSI سطحی واحدهای زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو..... ۶۰
- شکل ۱۰-۴: دامنه تغییرات شاخص GSI سطحی توده سنگهای مسیر تونل شاهو..... ۶۱
- شکل ۱۱-۴: محدوده تغییرات امتیاز RMR واحدهای زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو..... ۶۲

- شکل ۴-۱۲: محدوده تغییرات امتیاز SRC واحدهای زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو..... ۶۴
- شکل ۴-۱۳: محدوده تغییرات امتیاز Q واحدهای زمین شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو..... ۶۵
- شکل ۴-۱۴: تحلیل پارامترهای مقاومتی توده سنگی واحد زمین شناسی مهندسی D در نرم افزار Rocklab..... ۶۷
- شکل ۴-۱۵: مقایسه درصد امتیازات طبقه‌بندی های RMR، GSI و SRC و سهم تنشهای برجا در SRC..... ۷۰
- شکل ۴-۱۶: نمودار امتیازات طبقه‌بندیهای RMR، GSI و SRC در طول مسیر تونل شاهو..... ۷۰
- شکل ۴-۱۷: نمودار اختلاف میانگین امتیاز SRC با RMR و GSI در دو گروه لیتولوژی مسیر تونل شاهو..... ۷۰
- شکل ۴-۱۸: توزیع نمودار پراکنش فاصله داری درزه ها در مقابل فاصله از گسل..... ۷۲
- شکل ۴-۱۹: توزیع نمودار پراکنش و آنالیز رگرسیون Js-D، در ۴ گروه لیتولوژی مسیر تونل شاهو..... ۷۴
- شکل ۴-۲۰: نمایش شماتیک میزان اختلاف پارامتر فاصله داری درزه ها در ۴ گروه لیتولوژی مسیر تونل شاهو..... ۷۴
- شکل ۴-۲۱: فابریک سه دسته سنگ گسله موجود در منطقه..... ۷۵
- شکل ۴-۲۲: نمایش شماتیک یک زون گسله..... ۷۶
- شکل ۵-۱: پهنه بندی اولیه برخی خصوصیات زمین شناسی مهندسی توده سنگهای مسیر تونل شاهو..... ۸۷
- شکل ۵-۲: پهنه بندی زمین شناسی مهندسی نهایی مسیر تونل شاهو..... ۸۹
- شکل ۵-۳: مقایسه نتایج پهنه بندی زمین شناسی مهندسی با رده بندی RMR در طول مسیر تونل شاهو..... ۹۰

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

تونل سازه‌ای حیاتی در بخش صنعت و اقتصاد می‌باشد که می‌تواند جهت دستیابی به اهداف مختلفی احداث شود. یکی از این اهداف، انتقال آب از طریق ایجاد مسیری در دل زمین است. از دیرباز تاکنون بشر از فضای زیر زمین جهت جابجایی و رساندن آب به مقصدی خاص استفاده کرده است. مبتکرین و مخترعین چنین سازه زیرزمینی ایرانیان باستان بودند که با حفر قنات‌ها و چاه‌ها، آب را از موانع بزرگ زمین‌شناسی و جغرافیایی عبور داده و به منطقه‌ای دیگر هدایت می‌کردند.

احاطه شدن کامل تونل توسط زمین اطراف خود سبب شده تا آگاهی از دانش زمین‌شناسی مهندسی مسیر تونل همواره مورد توجه متخصصین امر قرار گیرد. امروزه شاخه زمین‌شناسی مهندسی جهت شناخت و تفسیر داده‌های زمین‌شناسی و تبدیل آنها به گونه‌ای که در طراحی و مهندسی تونل قابل استفاده باشند، نقش تاثیرگذاری را ایفا می‌کند. در این میان شناسایی توده‌های سنگی و خاکی، خصوصیات رفتاری و مکانیکی آنها، اثرات حضور آبهای سطحی و زیرزمینی و نهایتاً سطوح ناپیوستگی، زونهای گسله و خردشده موجود در مسیر تونل دارای اهمیت بیشتری است.

به دلیل شرایط زمین‌شناسی پیچیده، تکتونیک بسیار فعال منطقه‌ای که تونل شاهو در طول مسیر خود دارد، نیاز به بررسی‌ها و اکتشافات سطحی و زیرسطحی وسیعی در طول مسیر وجود دارد.

۲-۱ معرفی و هدف طرح

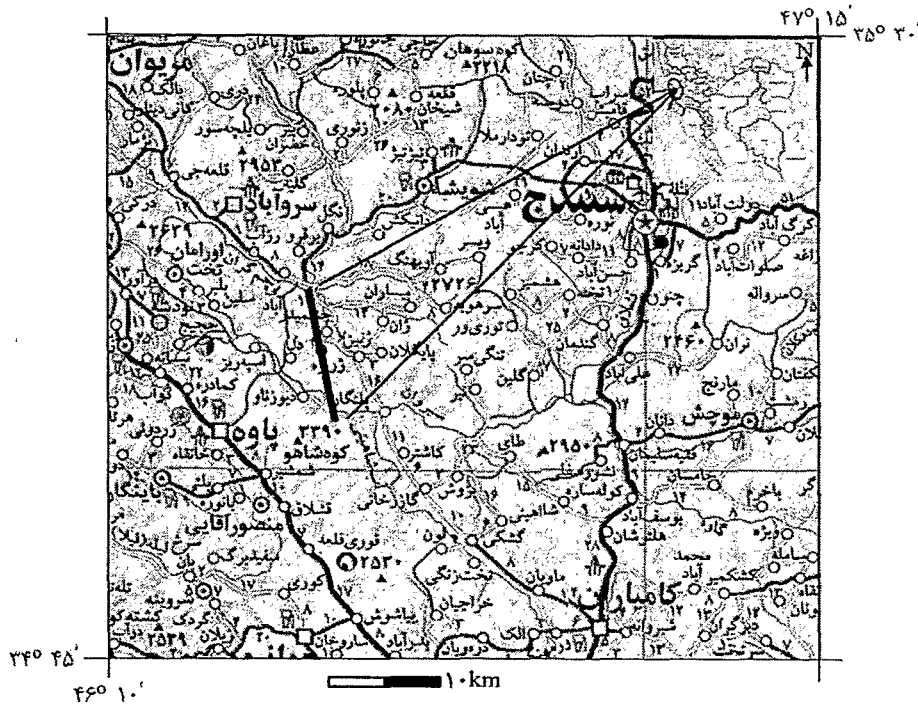
استان های غربی کشور بواسطه کوهستانی بودن، ارتفاع زیاد از سطح دریا و ورود جریان های بارش‌زا هر ساله شاهد نزولات جوی قابل توجهی هستند. ولی از آنجا که بخش اعظمی از این مناطق دارای

تونل انتقال آب شاهو جهت استفاده بهینه از آبهای سطحی و مدیریت آن در بخش‌های کشاورزی و یا شرب در جنوب استان کردستان طراحی شده است. پس از جمع‌بندی مطالعات اولیه مربوط به روشهای انتقال آب، گزینه‌های متفاوتی برای مسیر این عبور این طرح پیشنهاد شد که بعد از بررسی‌های دقیق تر و جامع تر، گزینه موجود به عنوان گزینه برتر انتخاب شده و مطالعات تکمیلی بر روی آن متمرکز گشت.

در این تحقیق مسیر تونل انتقال آب شاهو مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و وضعیت و کیفیت توده سنگهای مسیر به خصوص از لحاظ زمین شناسی مهندسی و پارامترهای مربوطه، پیش بینی رفتار توده سنگ، پیش بینی شرایط حفاری و سیستم نگهدارنده، ... مورد بررسی دقیق قرار می گیرد. با توجه به کوهستانی و صعب العبور بودن بخشی از مسیر این تونل و سایر محدودیت‌ها، لازم بوده که در طول طراحی برنامه‌های اکتشافی، در انجام بررسی‌ها و برداشت‌های زمین شناسی، انتخاب موقعیت گمانه‌های اکتشافی دقت کافی بعمل آمده تا امکان دستیابی به بیشترین و کامل ترین اطلاعات با کمترین هزینه فراهم آید.

۱-۲-۱ موقعیت جغرافیایی و مشخصات تونل شاهو

تونل انتقال آب شاهو در منطقه غرب کشور و در حدود ۷۵ کیلومتری جنوب غربی شهر سنندج واقع شده است. برای دسترسی به این تونل می توان از جاده خاکی شهر کامیاران به مریوان استفاده کرد (شکل ۱-۱).



شکل ۱- ۱: موقعیت جغرافیایی و مسیرهای دسترسی به تونل انتقال آب شاهو

تونل انتقال آب شاهو حدود ۱۱۳۸۰ متر طول و ۶/۱ متر قطر داشته که جهت انتقال حداکثر دبی معادل ۵۲ مترمکعب بر ثانیه طراحی شده است. این تونل در تراز ۱۴۰۹/۲ متری از سطح دریا آبدگیری کرده و در تراز ۱۴۰۳/۵ متری از سطح دریا تخلیه می گردد. با توجه به اختلاف ارتفاع ۵/۷ متری دهانه های ورودی و خروجی تونل، شیب آن تقریباً برابر ۰/۰۵ درصد می باشد. راستای تقریبی جهت گیری جغرافیایی این تونل بصورت شمالی - جنوبی است.

کوهستانی بودن منطقه و ناهمواری های موجود در مسیر تونل باعث شده است که در برخی نقاط از طول مسیر، امکان دستیابی به موقعیت سطحی محور تونل و انجام پیمایش مستقیم مسیر سخت و دشوار گشته و در برخی نقاط لازم است که ستیغ های موجود بطور کامل دور زده شود.

۱-۳ مراحل تحقیق

جهت انجام بررسی های زمین شناسی مهندسی یک ساختگاه، نحوه دستیابی و مطالعه خصوصیات و ویژگی های توده سنگهای موجود، دارای درجه اهمیت بالایی است. می توان گفت که روش مورد

استفاده در هر گونه مطالعه ساختگاهی به شدت تحت تاثیر شرایط اقتصادی پروژه می باشد. در این تحقیق جهت نیل به اطلاعات و پارامترهای موردنیاز از روشهای مختلف سطحی و زیرسطحی، آزمایشگاهی و محلی استفاده شده است. در این تحقیق آزمونهای آزمایشگاهی توسط شرکت مهندسی مشاور ساحل و برداشتهای و تحلیلهای صحرایی نیز توسط محقق صورت گرفته شده است.

۱-۳-۱ برداشتهای سطح الارضی

در بیشتر مطالعات ساختگاهی و به خصوص در فازهای مطالعاتی مقدماتی و اولیه، پیمایشهای زمین شناسی، مطالعات چینه شناسی، زمین شناسی ساختاری و وضعیت گسلها و چین های موجود، شرایط توپوگرافی و مورفولوژی، ... نقش بسیار حائز اهمیتی دارند. نتیجتاً در این تحقیق نیز در مراحل اولیه مطالعات به بررسی موارد ذکر شده پرداخته شد.

۱-۳-۲ مطالعات زیرسطحی

از آنجا که تونلها در زمره سازه های نیمه عمیق و عمیق قرار می گیرند لذا بسیار ضروری است که بخش مهمی از مطالعات زمین شناسی یک تونل به صورت زیرسطحی انجام گیرد. مطالعات زیر سطحی تونل شاهو را می توان در چهار بخش حفاری گمانه های اکتشافی، نمونه برداری، انجام آزمونهای آزمایشگاهی و نهایتاً انجام آزمونهای صحرایی زیرسطحی معرفی کرد.

اکتشافات زیرسطحی تونل شاهو در ۷ گمانه اکتشافی با طول کل حفاری ۱۳۶۵ متر صورت گرفته است. در هنگام طراحی گمانه ها سعی شده است که محل و موقعیت آنها در نقاطی انتخاب شود که با توجه به تعداد اندک گمانه ها، تغییرات چینه شناسی، ساختارهای زمین شناسی و سایر پارامترهای ژئوتکنیکی مسیر تا حد زیادی مورد بررسی قرار گیرد.

نمونه های سنگی که از محل مغزه های حفاری تهیه شدند به آزمایشگاه ارسال شده و خواص فیزیکی و مکانیکی آنها مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. آزمونهای فیزیکی صورت گرفته شامل آزمونهای تعیین درصد رطوبت، دانسیته، درصد تخلخل، سرعت امواج برشی و آزمون دوام بوده و آزمونهای

مکانیکی و مقاومتی صورت گرفته نیز شامل آزمونهای تک‌محوری، برزیلین، بار نقطه‌ای و برش مستقیم بوده است.

تنها آزمون صحرایی انجام گرفته درون گمانه‌ها نیز آزمون تعیین نفوذپذیری برجای توده سنگ لوژن بوده که جهت بررسی دقیق وضعیت آبگذری مسیر عبور تونل، در اعماق نزدیک مقطع تونل صورت گرفت. بعد از محاسبه میزان نفوذپذیری برجای توده سنگ توسط این آزمون، درون گمانه‌های اکتشافی پیژومتر نصب شده تا بدین وسیله سطح ایستابی و نوسانات آن بطور مداوم و در طول فاز مطالعات مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۴ روند تحقیق

این تحقیق در شش فصل به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- فصل اول: کلیات
- فصل دوم: ادبیات فنی
- فصل سوم: زمین‌شناسی
- فصل چهارم: زمین‌شناسی مهندسی
- فصل پنجم: پهنه‌بندی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی مسیر تونل شاهو
- فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

بعد از انجام مطالعات زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی در طول مسیر تونل شاهو، نتایج حاصله به محیط نرم افزار ArcGIS برده شده و بر اساس آنها اقدام به پهنه‌بندی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی مسیر تونل شده است.