بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج

انتخاب سیستم نگهداری مناسب تونل انتقال آب بهشت آباد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MADM)

دانشجو: رامین رفیعی

اساتید راهنما:

دکتر محمد عطایی

دکتر سید محمد اسماعیل جلالی

اساتید مشاور:

مهندس رضا میکائیل

مهندس سعید مهدوری

پایان‌نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

آذر ماه ۱۳۸۸

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/ رامین رفیعی

تحت عنوان: انتخاب سیستم نگهداری مناسب تونل انتقال آب بهشت آباد با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MADM)

در تاریخ **۱۳۸۸/۹/۲۱** توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن مورد ارزیابی و با درجه **عالی**. مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی:محمد عطائی		نام و نام خانوادگی:رضا میکائیل	
نام و نام خانوادگی:سید محمد اسماعیل جلالی		نام و نام خانوادگی:سعید مهدوری	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی:فرهنگ سرشکی		نام و نام خانوادگی:رضا خالو کاکائی	
نام و نام خانوادگی:رضا خالو کاکائی			
نام و نام خانوادگی:			
نام و نام خانوادگی:			

تعهد نامه

اینجانب رامین رفیعی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد / دکتری رشته مهندسی استخراج معدن

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه/ رساله انتخاب سیستم نگهداری مناسب تونل انتقال آب بهشت آباد با استفاده از روشهای تصمیم- گیری چند معیاره (MADM) تحت راهنمائی دکتر عطائی و جلالی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه/ رساله توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه/ رساله تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه / رساله تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه/رساله ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه/رساله ، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ :

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه / رساله بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه/ رساله وجود داشته باشد .

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

آنان که خمیدند تا راست قامت بمانم

آنان که موی سپید کردند تا روی سپید بمانم

تقدیر و تشکر

خداوند متعال را شاکر هستم که توفیق انجام این تحقیق را بر من ارزانی داشت. بی شک در این مسیر طولانی دست یاری عزیزان فراوانی همراه من بود که شایسته است تا مراتب سپاس گذاری خود را از آنان اعلام دارم. بر خود لازم می دانم که از تمامی عزیزانی که در طول انجام پایان نامه از راهنمایی هایشان استفاده کرده ام تشکر کنم. از اساتید راهنمای عزیز جناب آقای دکتر محمد عطائی و آقای دکتر سید محمد اسماعیل جلالی و نیز مشاور عزیزم جناب آقای مهندس رضا میکائیل که در بسیاری از مواقع از راهنمایی های ارزنده ایشان استفاده نمودم کمال تشکر و امتنان را دارم.

از برادر و خواهر مهربانم و همچنین از کلیه دوستانم خصوصاً آقایان مهندس مهدی نجفی، سید علی حسینی سعید یوسفی و احسان علی نژاد که در طی دوران تحصیل فضایی آرام و دوستانه و فرهنگی را با ایشان تجربه کردم سپاس گزاری می کنم.

چکیده

در این تحقیق انتخاب سیستم نگهداری بهینه (موقت) برای تونل انتقال آب بهشت آباد مورد بررسی قرار می‌گیرد. تونل انتقال آب بهشت آباد با طول ۶۵ کیلومتر و قطر ۶ متر با مقطع نعل اسبی یکی از بزرگترین پروژهای آب رسانی که با هدف انتقال آب به فلات مرکزی ایران در حال احداث می‌باشد. سست بودن ساختگاه تونل و قرارگیری بخش اعظم تونل در زیر سطح ایستایی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی است که در زمان اجرا، فعالیت تونل‌سازی را کاملاً تحت تأثیر قرار می‌دهد. مهم‌ترین مساله در طراحی و اجرای این پروژه انتخاب سیستم نگهداری مناسب، به منظور پایداری توده سنگ و کاهش گسترش ناحیه پلاستیسیته در اطراف تونل است. در این تحقیق ۶ نوع سیستم نگهداری به عنوان گزینه‌های احتمالی برای این تونل در نظر گرفته شده است و با استفاده از نرم افزار $FLAC^{2D}$ مقادیر جابه‌جایی و ضریب اطمینان برای هر یک از گزینه‌ها محاسبه شده است، سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و با توجه به شش معیار هزینه، ضریب اطمینان، زمان، قابلت اجرا، جابه‌جایی و قابلیت مکانیزاسیون، سیستم نگهداری بهینه انتخاب شده است. مطالعات نشان داد پیچ سنگ‌های تزریقی به طول ۳ متر و به فواصل ۱/۵×۱/۵ متر همراه با ۱۰ سانتی‌متر شاتکریت بهترین سیستم نگهداری برای تونل مذکور می‌باشد. در ادامه تحقیق با استفاده از نرم افزار Crystal Ball منحنی توزیع آماری مشخصات زمین رسم و با استفاده از نرم افزار Rocsupport، احتمال شکست و قابلیت اعتماد سیستم نگهداری بهینه به ترتیب ۲۵/۱۲ درصد و ۷۴/۸ درصد محاسبه شده است.

کلمات کلیدی: تونل انتقال آب بهشت آباد، سیستم نگهداری بهینه، FAHP، احتمال شکست، قابلیت اعتماد

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱ ضرورت طراحی سیستم نگهداری برای سازه‌های زیرزمینی ۱

۱-۲ مراحل انجام تحقیق ۲

فصل دوم: معرفی ساختگاه تونل انتقال آب بهشت‌آباد

۲-۱ مقدمه ۵

۲-۲ زمین ریخت‌شناسی ۶

۲-۳ زمین‌شناسی مهندسی ۷

۲-۳-۱ پهنه‌بندی تونل ۷

فصل سوم: طراحی سیستم‌های نگهداری و تحلیل استاتیکی آن‌ها

۳-۱ مقدمه ۱۷

۳-۲ مدل‌سازی با نرم‌افزار $FLAC^{2D}$ ۱۸

۳-۲-۱ محدوده‌ی مدل‌سازی ۱۹

۳-۲-۲ انتخاب مدل رفتاری و تعیین پارامترهای آن ۲۰

۳-۲-۳ ترسیم هندسه تونل ۲۱

۳-۲-۴ حل مدل و به تعادل رساندن آن قبل از حفاری ۲۲

۳-۲-۵ حفاری تونل و نصب سیستم‌های نگهداری اولیه در نرم‌افزار $FLAC^{2D}$ ۲۳

۳-۲-۵-۱ انتخاب گام پیشروی و فاصله جبهه‌کار از پوشش ۲۴
۳-۲-۵-۲ رسم منحنی مشخصه زمین ۲۵
۳-۲-۵-۳ اعمال ترخیص تنش معادل با همگرائی به وجود آمده تا لحظه استقرار پوشش ۲۵
۳-۲-۵-۴ نصب پوشش اولیه و تعیین نیروها و گشتاور خمشی به‌وجود آمده در پوشش اولیه تونل ۲۹
۳-۲-۶ تحلیل پایداری پوشش اولیه ۳۴
۳-۲-۶-۱ضریب اطمینان کششی پیچ سنگ ۳۷
۳-۲-۶-۲ ضریب اطمینان شاتکریت در برابر نیروی برشی ۳۷
۳-۲-۶-۳ ضریب اطمینان شاتکریت در برابر نیروی محوری ۳۷

فصل چهارم: انتخاب سیستم نگهداری بهینه با استفاده از روش FAHP

۴-۱ مقدمه ۳۹
۴-۲ انواع حالت‌های تصمیم‌گیرنده ۴۰
۴-۳ فرایند تحلیل سلسه مراتبی (AHP) ۴۲
۴-۴ مراحل محاسبه وزن در روش تحلیل سلسله مراتبی ۴۲
۴-۴-۱ ساختن سلسله مراتب ۴۲
۴-۴-۲ محاسبه وزن ۴۳
۴-۴-۳سازگاری سیستم ۴۴

۴-۵ مزایای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ۴۴

۴-۶ استفاده از AHP به صورت فازی ۴۶

۴-۷ انتخاب سیستم نگهداری بهینه ۵۰

فصل پنجم: تحلیل احتمالاتی پایداری تونل

۵-۱ مقدمه ۶۱

۵-۲ انواع ابهامات ۶۲

۵-۲-۱ ابهامات تصادفی (طبیعی) ۶۲

۵-۲-۲ ابهامات قوانین ۶۲

۵-۲-۳ ابهامات تصمیم‌گیری ۶۳

۵-۳ منابع ابهام (عدم قطعیت) در کارهای ژئوتکنیکی ۶۳

۵-۳-۱ روش‌های تحلیل ابهامات ژئوتکنیکی ۶۴

۵-۴ ضرورت طراحی احتمالاتی ۶۴

۵-۵ تحلیل احتمالاتی تونل انتقال آب بهشت‌آباد ۶۹

۵-۶ تحلیل قابلیت اعتماد ۷۴

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱ نتایج ۷۵

۶-۲ پیشنهادات ۷۶

فهرست مراجع ۷۸

پیوست الف: روش همگرایی- همجواری ۸۱

پیوست ب: روش عددی تفاضل محدود (نرم افزار $FLAC^{2D}$) ۸۷

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱- وضعیت پهنه‌های مختلف زمین‌شناسی در مسیر انتقال آب ۷

جدول ۳-۱- خصوصیات ژئومکانیکی ساختگاه تونل استفاده شده در نرم‌افزار Flac2D ۲۱

جدول ۳-۲- مشخصات سیستم نگهداری شماره ۱ ۳۰

جدول ۳-۳- مشخصات سیستم نگهداری شماره ۲ ۳۲

جدول ۳-۴- مشخصات سیستم نگهداری شماره ۳ ۳۲

جدول ۳-۵- مشخصات سیستم نگهداری شماره ۴ ۳۳

جدول ۳-۶- مشخصات سیستم نگهداری شماره ۵ ۳۳

جدول ۳-۷- مشخصات سیستم نگهداری شماره ۶ ۳۳

جدول ۴-۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی بین پارامترها ۴۳

جدول ۴-۲- معیارهای مورد نظر برای انتخاب سیستم نگهداری بهینه ۵۱

جدول ۴-۳- مقادیر ضریب اطمینان و جابه‌جایی به دست آمده از تحلیل عددی مدل‌های ارائه شده ۵۲

جدول ۴-۴- هزینه انواع سیستم نگهداری ۵۲

جدول ۴-۵- مشخصات تیر آهن‌های ۱۶۰ و ۱۸۰ ۵۲

جدول ۴-۶- هزینه مربوط به سیستم نگهداری شماره ۱ برای یک متر از طول تونل ۵۲

جدول۴-۷- هزینه مربوط به سیستم نگهداری شماره ۲ برای یک متر از طول تونل ۵۳

جدول۴-۸- هزینه مربوط به سیستم نگهداری شماره ۳ برای یک متر از طول تونل ۵۳

جدول۴-۹- هزینه مربوط به سیستم نگهداری شماره ۴ برای یک متر از طول تونل ۵۳

جدول۴-۱۰- هزینه مربوط به سیستم نگهداری شماره ۵ برای یک متر از طول تونل ۵۳

جدول ۴-۱۱- هزینه مربوط به سیستم نگهداری شماره ۶ برای یک متر از طول تونل ۵۳

جدول ۴-۱۲- وزن نهایی معیارها ۵۶

جدول ۴-۱۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار هزینه ۵۸

جدول ۴-۱۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار ضریب اطمینان ۵۸

جدول ۴-۱۵- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار کارایی ۵۹

جدول ۴-۱۶- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار زمان ۵۹

جدول ۴-۱۷- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار جابه‌جایی ۵۹

جدول ۴-۱۸- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار مکانیزاسیون ۵۹

جدول ۴-۱۹- امتیاز نهایی گزینه‌ها ۶۰

جدول ۵-۱- پارامترهای ژئومکانیکی تونل انتقال آب بهشت آباد ۶۸

جدول ۵-۲ خلاصه آماری از توزیع پارامترهای تونل ۷۰

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- مراحل انجام تحقیق و ساختار پایان‌نامه ۴

شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیای رودخانه بهشت آباد ۶

شکل ۲-۲- نقشه پهنه‌بندی زمین‌شناسی ایران و موقعیت تونل ۶

شکل ۳-۱- ابعاد مدل ایجاد شده در نرم‌افزار ۱۹

شکل ۳-۲- مرحله اول حفاری تونل ۲۱

شکل ۳-۳- مرحله دوم حفاری تونل ۲۲

شکل ۳-۴-کنتورهای جابه‌جایی قائم قبل از حفاری تونل ۲۳

شکل ۳-۵- کنتورهای تنش قائم قبل از حفاری تونل ۲۳

شکل ۳-۶- منحنی LDP در شرایط زمین خشک ۲۴

شکل ۳-۷- منحنی مشخصه زمین (رسم شده توسط نرم افزار $FLAC^{2D}$) ۲۵

شکل ۳-۸- تغییرات نرخ ناهمجواری بر حسب فاصله از جبهه‌کار ۲۶

شکل ۳-۹- تعیین میزان ترخیص تنش از روی نمودار GRC ۲۷

شکل ۳-۱۰- کرنش برشی در اطراف تونل در مقطع مورد نظر ۲۸

شکل ۳-۱۱- جابه‌جایی در اطراف تونل در مقطع مورد نظر ۲۹

شکل ۳-۱۲- نیروی محوری وارده بر پوشش اولیه در بخش نخست حفاری ۳۰

شکل ۳-۱۳- گشتاور خمشی وارده بر پوشش اولیه در بخش نخست حفاری ۳۰

شکل ۳-۱۴- نیروی برشی وارده بر پوشش اولیه در بخش نخست حفاری ۳۱

شکل ۳-۱۵- نیروی محوری وارده بر پوشش اولیه پس از اتمام حفاری ۳۱

شکل ۳-۱۶- گشتاور خمشی وارده بر پوشش اولیه پس از اتمام حفاری ۳۱

شکل ۳-۱۷- نیروی برشی وارده بر پوشش اولیه پس از اتمام حفاری ۳۲

شکل ۳-۱۸- نیروی محوری وارد بر پیچ سنگ‌ها بعد از حفاری کامل ۳۳

شکل ۳-۱۹- کنترل مقطع تونل برای بررسی پایداری پوشش اولیه در طاق تونل برای سیستم نگهداری شماره ۱ ۳۶

شکل ۳-۲۰- کنترل مقطع تونل برای بررسی پایداری پوشش اولیه در دیواره تونل برای سیستم نگهداری شماره ۱ ۳۶

شکل ۳-۲۱- کنترل مقطع تونل برای بررسی پایداری پوشش اولیه در کف تونل برای سیستم نگهداری شماره ۱ ۳۶

شکل ۳-۲۲- کنترل مقطع تونل برای بررسی پایداری پوشش اولیه در طاق تونل برای سیستم نگهداری شماره ۳ ۳۶

شکل ۳-۲۳- کنترل مقطع تونل برای بررسی پایداری پوشش اولیه در دیواره تونل برای سیستم نگهداری شماره ۳ ۳۶

شکل ۳-۲۴- کنترل مقطع تونل برای بررسی پایداری پوشش اولیه در کف تونل برای سیستم نگهداری شماره ۳ ۳۶

شکل ۴-۱- تقاطع بین M_1 و M_2 ۴۹

شکل ۴-۲- نمودار تحلیل سلسه مراتبی انتخاب سیستم نگهداری بهینه ۵۱

شکل ۴-۳- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار هزینه ۵۸

شکل ۴-۴- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار ضریب اطمینان ۵۸

شکل ۴-۵- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار کارایی ۵۹

شکل ۴-۶- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار زمان ۵۹

شکل ۴-۷- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار جابه‌جایی ۵۹

شکل ۴-۸- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار مکانیزاسیون ۵۹

شکل ۵-۱- انواع ابهامات ۶۳

شکل ۵-۲- تعریف احتمال شکست از نقطه نظر ریاضی ۶۶

شکل ۵-۳- رابطه‌ی تقریبی بین کرنش و گسترش تونل در سنگ‌های مچاله شونده ۶۷

شکل ۵-۴- توزیع نمایی مدول الاسیسته ۶۹

شکل ۵-۵- توزیع نرمال زاویه اصطکاک ۶۹

شکل ۵-۶- توزیع لوگ نرمال مقاومت فشاری تک محوره ۶۹

شکل ۵-۷- توزیع نرمال تنش برجا ۶۹

شکل ۵-۸- توزیع لوگ نرمال نسبت پوسان ۷۰

شکل ۵-۹- مدل اولیه تونل در نرم افزار Rocsupport قبل از نصب سیستم نگهداری ۷۱

شکل ۵-۱۰- تغییر زون پلاستیک بعد نصب سیتم نگهداری ۷۲

شکل ۵-۱۱- منحنی مشخصه زمین بعد از نصب سیستم نگهدری ۷۲

شکل ۵-۱۲- نمودار تابع توزیع احتمال ضریب اطمینان ۷۳

شکل ۵-۱۳- نمودار احتمال تجمعی ضریب اطمینان ۷۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱- ضرورت طراحی سیستم نگهداری برای سازه‌های زیرزمینی

با توجه به توسعه روز افزون سازه‌های زیرزمینی، کاربری‌های متعدد آن‌ها، هزینه‌های فراوانی که برای ساخت هریک از این سازه‌ها صرف می‌شود و نیز اهمیت آن‌ها در شبکه حمل و نقل بین شهری و داخل شهری و با در نظر گرفتن خطراتی که در صورت آسیب‌دیدگی آن‌ها متوجه جان مردم می‌شود، لازم است که مقاومت این سازه‌ها در برابر بارهای استاتیکی و دینامیکی مورد بررسی قرار گیرد. بخش نخست از طراحی یک سازه زیرزمینی طراحی استاتیکی است. پایدارسازی در برابر بارهای استاتیکی ناشی از روباره و نیروهای هیدرواستاتیکی آب مهم‌ترین فاکتور در بخش نخست طراحی است. طراحی استاتیکی سازه‌های زیرزمینی متناسب با شرایط محیطی در برخی موارد به‌خصوص در شرایط آب‌دار پیچیده و مشکل می‌باشد. از جمله مشکلات می‌توان به سختی کار برای پرسنل و در برخی مواقع توقف کامل عملیات اشاره کرد.

از طرفی طراحی یک سازه زیرزمینی باید به نحوی انجام شود که ضمن تامین نیازهای کاربر، پایداری و ایمنی فضای زیرزمینی در طول دوره احداث و پس از آن تامین شود و عملکرد سازه زیرزمینی همان گونه باشد که از آن انتظار می‌رود.

طراحی و ساخت تونل در محیط‌های متفاوت به روش و روندی نیاز دارد که از خیلی جهات با طراحی و اجرای دیگر پروژه‌ها متفاوت است، چرا که به جای مصالح معمولی مهندسی، توده سنگ خود، از مصالح اصلی است. طبیعتاً نوعی عدم قطعیت در برخی خواص سنگ و آب زیرزمینی وجود دارد. به منظور مقابله با این عدم قطعیت‌ها، لازم است طراحی درست و انعطاف‌پذیری انجام شود و در اجرا نیز ایمنی

کامل رعایت شود. از طرفی مهندسان بارها با موقعیت‌هایی برخورد کرده‌اند که باید از میان گزینه‌های موجود، گزینه مناسب را انتخاب کنند. گزینه مناسب می‌تواند توسط تجربیات مهندسان با توجه با قوانین موجود انتخاب شود. با استفاده از روش‌های تصمیم گیری می‌توان با درجه اطمینان بالاتری گزینه مناسب را انتخاب کرد (Yavuz et al, 2007). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی یا (FAHP)[1] یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که از ساختار مقایسه زوجی استفاده می‌کند که می‌تواند در این زمینه کارگشا باشد.

هدف از این تحقیق ارائه یک سیستم نگهداری مناسب با توجه به معیارهای موثر در انتخاب سیستم نگهداری تونل است. که در نهایت به توان یک سیستم نگهداری ارائه کرد که هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد هم ایمنی لازم را تامین کند.

۱-۲- مراحل انجام تحقیق

تونل انتقال آب بهشت آباد یکی از بزرگترین پروژه‌های آب‌رسانی است که با هدف انتقال آب به فلات مرکزی ایران در حال احداث می‌باشد. این تونل با راستای شمال شرقی-جنوب غربی در نزدیکی شهر اردل واقع شده است. از ورودی تونل تا حوالی کیلومتر ۱۷ مسیر تونل در زون زاگرس رورانده و از آن پس تا خروجی، تونل در زون سنندج-سیرجان قرار می‌گیرد. هدف از این طرح انتقال آب بهشت آباد با آورد سالانه ۱۰۷۰ میلیون مترمکعب برای رفع کمبودهای آبی در بخش‌های شرب، صنعتی و کشاورزی در فلات مرکزی ایران است. در این تحقیق برای مدل کردن تونل و تحلیل استاتیکی آن با توجه به پیوسته بودن محیط از نرم‌افزار $FLAC^{2D}$ استفاده شده است. فعالیت‌های این تحقیق از شش مرحله اصلی که در شکل (۱-۱) نشان داده شده تشکیل شده است. در اولین مرحله طی یک جستجوی گسترده کتابخانه‌ای، منابع داخلی و خارجی در دسترس گردآوری شده تا زمینه علمی لازم برای انجام تحقیق فراهم شود.

[1] Fuzzy analytical Hierarchy Process

در مرحله دوم که فصل دوم این پایان‌نامه را در بر می‌گیرد ضمن معرفی ساختگاه تونل انتقال آب بهشت آباد، جانمایی مجموعه و زمین‌شناسی ساختگاه تونل، مشخصات ژئومکانیکی و هیدروژئولوژیکی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل سوم پایان‌نامه به طراحی سیستم نگهداری اولیه و تحلیل استاتیکی آن پرداخته شده است. در این فصل با استفاده از روش همگرائی- همجواری و رسم منحنی مشخصه زمین با کمک نرم‌افزار $FLAC^{2D}$ و اعمال ترخیص تنش در مدل معادل با همگرائی به‌وجود آمده تا لحظه استقرار پوشش، سیستم‌های نگهداری اولیه مناسب برای تونل پیشنهاد شده است و در ادامه نیروها و گشتاورهای وارده از روباره به این پوشش مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل چهارم پایان‌نامه به انتخاب سیستم نگهداری بهینه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره اختصاص یافته است. در این فصل ابتدا به طور مختصر روش AHP توضیح و معایب و مزایای آن بررسی شده، سپس روش FAHP معرفی و مراحل انجام روش توضیح داده شده است. در نهایت با استفاده از روشFAHP سیستم نگهداری بهینه انتخاب شده است.

فصل پنجم پایان‌نامه به تحلیل احتمالاتی پایداری تونل اختصاص یافته است. در این فصل ابتدا از کلیاتی در مورد منابع ابهام در روش‌های ژئوتکنیکی سخن گفته شده است. سپس با استفاده از نرم افزار Crystal Ball نمودارهای توزیع متغییرهای ورودی رسم و در نهایت با استفاده از نرم افزار Rocsupport، احتمال شکست و قابلیت اعتماد سیستم نگهداری بهینه برای کل مسیر تونل مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل ششم این پایان‌نامه ضمن جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تحلیل‌های استاتیکی، انتخاب سیستم نگهداری بهینه و تحلیل احتمالاتی پایداری تونل انتقال آب بهشت آباد، پیشنهاداتی برای مطالعات بعدی ارائه شده است.