دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی معدن

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن

گرایش استخراج معدن

ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیکی در حفاری مکانیزه تمام مقطع (TBM) در سنگ با استفاده از منطق فازی

مطالعه موردی :تونل بلند انتقال آب زاگرس

استاد راهنما :

دکتر محمد علی ابراهیمی فرسنگی

استاد مشاور :

دکتر حمید منصوری

مؤلف :

رضا مختاری

تیرماه ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه: مهندسی معدن
دانشکده: فنی ومهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

نام و نام خانوادگی:
دانشجو : رضا مختاری

امضاء:

استاد راهنما:
دکتر محمد علی ابراهیمی فرسنگی

استاد مشاور:
دکتر حمید منصوری

داور۱: دکتر کوروش شهریار

داور۲ : دکتر حسین توکلی

نماینده تحصیلات تکمیلی حاضر در جلسه: دکتر عباس صادق زاده

معاونت پژوهشی وتحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر حجت ا... رنجبر

حق چاپ محفوظ ومخصوص دانشگاه شهید باهنر کرمان است .

تقدیم به :

آنکه حقیقت دینم شد و راه پیمودنم، فرشته فداکاری و دوست داشتن، مادرم

دستان گرم پدر، تندیس استقامت و تکیه‌گاه برخاستنم

و خواهرزاده عزیزم « فربد »

تشکر و قدردانی :

حال که به یاری خداوند متعال این پایان‌نامه به اتمام رسیده است وظیفه خود می‌دانم از جناب آقای دکتر محمدعلی ابراهیمی‌فرسنگی و جناب آقای دکتر حمید منصوری که با زحمات و راهنمایی‌های گرانبهای خود مرا از فیض دانش خویش بهره‌مند ساخته‌اند و در انجام این تحقیق بی‌وقفه یاری رسانده‌اند، تقدیر و تشکر نمایم.

لازم می‌دانم از زحمات اساتید بزرگوار آقایان دکتر صمد بنیسی، دکتر حسین توکلی، دکتر رضا رحمان‌نژاد، دکترحسین جلالی‌فر و دکتر غلامرضا سعیدی که در دوره کارشناسی ارشد از علومشان بهره برده‌ام تشکر و قدردانی کنم.

در نهایت از تمام دوستانی که به نحوی مرا در انجام این پایان‌نامه یاری رسانده‌اند تقدیر و تشکر می‌کنم.

رضا مختاری

۱۳۹۰/۴/ ۴

چکیده

عدم‌قطعیت در مسائل زمین‌شناسی و شرایط پیش‌بینی نشده زمین همیشه به عنوان مشکلات اساسی در صنعت تونل‌زنی مطرح بوده‌اند. با افزایش تقاضا برای توسعه و ساخت سازه‌های زیرزمینی حتی در شرایط دشوار زمین، ملاحظات مربوط به مخاطرات احتمالی در روش‌های مختلف تونل‌زنی از اهمیت بیشتری برخوردار شده است. در این تحقیق ارزیابی ریسک در قطعه دوّم تونل بلند زاگرس که به طول تقریبی ۲۶ کیلومتر با مقطع دایره‌ای، با قطر حفاری ۶/۷۳ متر و قطر تمام شده ۶ متر که با استفاده از ماشین تونل‌زنی سپر تلسکوپی در حال حفاری است با استفاده از منطق فازی، مورد بررسی قرار گرفت. مهمترین مخاطرات ژئوتکنیکی در ارزیابی ریسک در تونل بلند زاگرس شامل: نشت گازهای CH_4 و H_2S، هجوم آب زیرزمینی، پدیده مچاله‌شوندگی، نواحی گسلی و ریزش در تونل است. جهت اعتبارسنجی روش منطق فازی، نتایج حاصله از کاربرد این روش درتونل بلند زاگرس با نرخ پیشروی و برداشت‌های واقعی ریسک در حفر تونل بلند زاگرس با TBM مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که بیشترین ریسک ناشی از مخاطرات ژئوتکنیکی در قطعه دوّم تونل بلند زاگرس در زون های گسله و خردشده اتفاق می‌افتد که بیشترین میزان اندیس آسیب‌پذیری فازی در این زون‌ها ۸۵ است که در سطح بالای ریسک قرار دارد. این میزان ریسک متناسب با نرخ پیشروی واقعی ۱۰روز/متر است که کمترین نرخ پیشروی ثبت شده است و نشان دهندهٔ عملکرد خوب مدل ارائه شده است.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیکی، تونل‌زنی با TBM، منطق فازی، تونل بلند زاگرس

فهرست مطالب

فصل اوّل :مقدمه و اهداف

۱-۱ مقدمه..... ۲

۱-۲ اهداف و روش تحقیق..... ۳

۱-۳ مراحل تحقیق..... ۴

فصل دوّم :معرفی تونل بلند زاگرس

۲-۱ مقدمه..... ۶

۲-۲ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه ۶

۲-۲-۱ قطعه اوّل تونل بلند زاگرس..... ۶

۲-۲-۲ قطعه دوّم تونل بلند زاگرس..... ۷

۲-۳ مشخصات کلی تونل بلند زاگرس..... ۷

۲-۴ زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه..... ۷

۲-۵ زمین شناسی مهندسی مسیر تونل..... ۱۱

۲-۵-۱ تفکیک واحدهای زمین شناسی مسیر تونل..... ۱۱

۲-۵-۲ گسل‌ها..... ۱۲

۲-۵-۳ ناپیوستگی‌ها..... ۱۳

۲-۵-۴ تشریح ویژگی‌های توده‌سنگ مسیر تونل..... ۱۴

۲-۵-۵ طبقه‌بندی مهندسی توده‌سنگ‌ها..... ۱۶

۲-۶ نتیجه گیری..... ۱۷

فهرست مطالب (ادامه)

فصل سوّم : مخاطرات ژئوتکنیکی در تونل‌زنی مکانیزه تمام مقطع (TBM) در سنگ

۳-۱ مقدمه..... ۱۹

۳-۲ زون‌های گسلی..... ۱۹

۳-۳ ناپایداری دیواره و سقف تونل..... ۲۱

۳-۴ ناپایداری سینه‌کار حفاری..... ۲۱

۳-۵ فاصله‌داری درزه‌ها..... ۲۲

۳-۶ آب زیرزمینی..... ۲۳

۳-۷ حفرات کارستی (انحلالی)..... ۲۴

۳-۸ سنگ‌های سخت و ساینده..... ۲۶

۳-۹ شرایط سینه‌کار مختلط..... ۲۶

۳-۱۰ پدیده آماس‌پذیری (متورم شوندگی)..... ۲۷

۳-۱۱ پدیده مچاله‌شوندگی..... ۲۸

۳-۱۱-۱ روش‌های پیش‌بینی پدیده مچاله‌شوندگی..... ۳۰

۳-۱۱-۱-۱ روش‌های تجربی..... ۳۰

۳-۱۱-۱-۲ روش‌های نیمه‌تجربی..... ۳۰

۳-۱۱-۱-۳ روش‌های تحلیل – تئوریک..... ۳۱

۳-۱۱-۲ روش سینگ و همکاران..... ۳۱

۳-۱۱-۳ روش جتوا و همکاران..... ۳۲

فهرست مطالب (ادامه)

۳-۱۲ گازهای سمی و قابل انفجار..... ۳۴

۳-۱۳ نتیجه‌گیری..... ۳۵

فصل چهارم: ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیکی در تونل‌زنی تمام مقطع (TBM) با استفاده از منطق فازی

۴-۱ مقدمه..... ۳۷

۴-۲ ریسک..... ۳۷

۴-۲-۱ تحلیل ریسک..... ۳۸

۴-۲-۲ ارزیابی ریسک..... ۳۹

۴-۲-۳ محاسبه ریسک..... ۳۹

۴-۲-۳-۱ اندیس آسیب‌پذیری..... ۳۹

۴-۳ منطق فازی..... ۴۱

۴-۳-۱ تعریف مجموعه فازی..... ۴۱

۴-۳-۲ تابع عضویت..... ۴۲

۴-۳-۲-۱ تابع عضویت مثلثی..... ۴۳

۴-۳-۲-۲ تابع عضویت ذوزنقه‌ای..... ۴۳

۴-۳-۳ قواعد اگر –آنگاه فازی..... ۴۴

۴-۳-۴ سیستم‌های فازی..... ۴۳

۴-۳-۴-۱ انواع سیستم‌های فازی..... ۴۵

فهرست مطالب (ادامه)

۴-۳-۵ طراحی سیستم فازی..... ۴۷

۴-۳-۶ فازی‌سازی..... ۴۷

۴-۳-۷ پایگاه قواعد فازی..... ۴۷

۴-۳-۸ موتور استنتاج فازی..... ۴۸

۴-۳-۸-۱ مدل فازی ممدانی..... ۴۸

۴-۳-۹ غیر فازی‌سازی..... ۴۸

۴-۳-۹-۱ غیر فازی‌ساز مرکز ثقل..... ۴۹

۴-۴ مدل‌سازی پارامترهای ژئوتکنیکی در ارزیابی ریسک‌های حفاری در تونل‌بلندزاگرس..... ۴۹

۴-۴-۱ ساختار توده‌سنگ..... ۵۲

۴-۴-۱-۱ شاخص کیفیت توده‌سنگ..... ۵۳

۴-۴-۱-۲ جهت‌یافتگی درزه‌ها..... ۵۴

۴-۴-۱-۳ وضعیت درزه‌ها..... ۵۷

۴-۴-۲ بافت توده‌سنگ..... ۵۸

۴-۴-۲-۱ میزان گل‌شوندگی..... ۵۹

۴-۴-۲-۲ سنگ‌های ساینده (درصد کوارتز)..... ۶۰

۴-۴-۲-۳ اندیس کارستی‌شدن..... ۶۱

۴-۴-۳ پهنای زون خرد شده..... ۶۲

۴-۴-۴ نشت گاز..... ۶۳

۴-۴-۴-۱ سولفید هیدروژن..... ۶۴

فهرست مطالب (ادامه)

۴-۴-۴-۲ متان..... ۶۵

۴-۴-۵ رفتار مکانیکی سنگ..... ۶۶

۴-۴-۵-۱ مقاومت فشاری تک محوره سنگ بکر..... ۶۷

۴-۴-۵-۲ شدت جریان آب به داخل تونل..... ۶۸

۴-۴-۵-۳ پتانسیل مچاله شوندگی..... ۶۹

۴-۵ مدل‌سازی فازی ریسک مخاطرات ژئوتکنیکی درحفاری مکانیزه تمام مقطع (TBM)..... ۷۰

۴-۶ اعتبارسنجی مدل فازی ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیکی در مسیر تونل بلندزاگرس (کیلومتراژ۱۲-۰)..... ۷۲

۴-۷ پیش‌بینی ریسک‌های ژئوتکنیکی مسیر تونل بلند زاگرس با استفاده از منطق فازی (کیلومتراژ ۲۶-۱۲) ۸۰

۴-۸ نتیجه‌گیری ۸۴

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتایج..... ۸۶

۵-۲ پیشنهادات..... ۸۷

منابع ۸۸

پیوست..... ۹۲

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ : موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه..... ۷

شکل ۲-۲ : گسل معکوس موجود در واحد LI-SH در یال شمالی دره زیمکان..... ۱۳

شکل ۳-۱ : نمودار ارائه‌شده توسط سینگ و همکارانش برای پیش‌بینی شرایط مچاله شوندگی..... ۳۲

شکل ۳-۲ : روش پیش‌بینی شرایط مچاله‌شوندگی توسط جتوا و همکاران..... ۳۴

شکل ۴-۱ : تابع عضویت مثلثی..... ۴۳

شکل ۴-۲ : تابع عضویت ذوزنقه ای..... ۴۳

شکل ۴-۳ : ساختار اصلی سیستم‌های فازی خالص..... ۴۵

شکل ۴-۴ : ساختار اصلی سیستم فازی TSK..... ۴۶

شکل ۴-۵ : ساختار اصلی سیستم‌های فازی با فازی‌ساز و غیرفازی‌ساز..... ۴۶

شکل ۴-۶ : روش مرکز سطح برای تعیین..... ۴۹

شکل ۴-۷ : پارامترهای اصلی ریسک‌های ژئوتکنیکی در تونل‌زنی مکانیزه تمام مقطع (TBM) در تونل بلند زاگرس..... ۵۱

شکل ۴-۸ : ساختار مدل فازی ساختار توده‌سنگ..... ۵۳

شکل ۴-۹ : تابع عضویت ساختار توده سنگ..... ۵۳

شکل ۴-۱۰ : نمونه‌ای از قواعد اگر-آنگاه پایگاه قواعد در مدل ساختار توده‌سنگ..... ۵۳

شکل ۴-۱۱ : تابع عضویت شاخص کیفیت توده سنگ (RQD)..... ۵۴

شکل ۴-۱۲ : ساختار مدل فازی جهت‌یافتگی درزه‌ها..... ۵۶

شکل ۴-۱۳ : تابع عضویت شیب..... ۵۶

شکل ۴-۱۴ : تابع عضویت زاویه بین جهت شیب درزه و محورتونل..... ۵۶

فهرست اشکال (ادامه)

شکل ۴-۱۵ : تابع عضویت جهت‌یافتگی درزه‌ها..... ۵۷

شکل ۴-۱۶ : قواعد اگر-آنگاه پایگاه قواعد در مدل جهت یافتگی درزه‌ها..... ۵۷

شکل ۴-۱۷ : تابع عضویت وضعیت درزه ها..... ۵۷

شکل ۴-۱۸ : ساختار مدل فازی بافت توده‌سنگ..... ۵۹

شکل ۴-۱۹: تابع عضویت بافت توده‌سنگ..... ۵۹

شکل ۴-۲۰: نمونه‌ای از قواعد اگر- آنگاه پایگاه قواعد در مدل بافت توده‌سنگ..... ۵۹

شکل ۴-۲۱ : تابع عضویت میزان گل شوندگی در توده‌سنگ..... ۶۰

شکل ۴-۲۲ : تابع عضویت سنگ‌های ساینده..... ۶۱

شکل ۴-۲۳ : تابع عضویت اندیس کارستی‌شدن..... ۶۲

شکل ۴-۲۴ : تابع عضویت پهنای زون خرد شده..... ۶۲

شکل ۴-۲۵ : ساختار مدل فازی جهت پیش‌بینی نشت گاز..... ۶۳

شکل ۴-۲۶ : تابع عضویت نشت گاز..... ۶۴

شکل ۴-۲۷ : قواعد اگر- آنگاه پایگاه قواعد در مدل نشت گاز..... ۶۴

شکل ۴-۲۸ : تابع عضویت سولفید هیدروژن..... ۶۵

شکل ۴-۲۹ : تابع عضویت گاز متان..... ۶۶

شکل ۴-۳۰ : پارامترهای تشکیل دهنده رفتار مکانیکی سنگ..... ۶۷

شکل ۴-۳۱ : تابع عضویت رفتار مکانیکی سنگ..... ۶۷

شکل ۴-۳۲ : نمونه‌ای از قواعد اگر-آنگاه پایگاه قواعد در مدل رفتار مکانیکی سنگ..... ۶۷

شکل ۴-۳۳ : تابع عضویت پارامتر مقاومت فشاری تک محوره سنگ بکر(UCS)..... ۶۸

فهرست اشکال (ادامه)

شکل ۴-۳۴ : تابع عضویت شدت جریان آب به داخل تونل..... ۶۹

شکل ۴-۳۵ : تابع عضویت پتانسیل مچاله‌شوندگی..... ۷۰

شکل ۴-۳۶ : پارامترهای ورودی جهت مدل‌سازی ریسک..... ۷۱

شکل ۴-۳۷ : تابع عضویت ریسک..... ۷۱

شکل ۴-۳۸ : نمونه‌ای از قواعد اگر-آنگاه پایگاه قواعد در مدل پیش‌بینی ریسک..... ۷۲

شکل ۴-۳۹ : مقایسه اندیس آسیب‌پذیری و نرخ پیشروی واقعی با استفاده از منطق‌فازی در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی در کیلومتراژ ۳-۰ تونل بلند زاگرس..... ۷۵

شکل ۴-۴۰ : مقایسه اندیس آسیب‌پذیری و نرخ پیشروی واقعی با استفاده از منطق‌فازی در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی در کیلومتراژ ۱۰-۳ تونل بلند زاگرس ۷۷

شکل ۴-۴۱ : مقایسه اندیس آسیب‌پذیری و نرخ پیشروی واقعی با استفاده از منطق‌فازی در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی در کیلومتراژ ۱۲-۱۰ تونل بلند زاگرس..... ۷۸

شکل ۴-۴۲ : ارتباط بین اندیس آسیب پذیری فازی و نرخ پیشروی ۷۹

شکل ۴-۴۳ : پیش‌بینی مقدار اندیس آسیب پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی درکیلومتراژ ۱۹-۱۲ تونل بلند زاگرس با استفاده منطق فازی..... ۸۱

شکل ۴-۴۴ : پیش‌بینی مقدار اندیس آسیب پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی درکیلومتراژ ۲۳-۱۹ تونل بلند زاگرس با استفاده منطق فازی..... ۸۲

شکل ۴-۴۵ : پیش‌بینی مقدار اندیس آسیب‌پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی درکیلومتراژ ۲۶-۲۳ تونل بلند زاگرس با استفاده منطق فازی..... ۸۳

فهرست جداول

جدول ۲-۱ : واحدهای سنگی شناسایی شده در گستره مورد بررسی و ضخامت هر یک از آنها..... ۹

جدول ۲-۲ : مجموعه‌های سنگی شناسایی شده در مسیر تونل..... ۱۲

جدول۲-۳ : نتایج طبقه‌بندی واحدهای مختلف زمین‌شناسی..... ۱۷

جدول۳-۱ : تعیین پتانسیل مچاله‌شوندگی مطابق با نظریه جتوا و همکاران..... ۳۳

جدول٤-۱ : دامنه محدوده‌ی اندیس آسیب‌پذیری در تونل زنی با TBM..... ۴۰

جدول٤-۲ : پارامترهای ورودی در مدل‌سازی ریسک با استفاده از منطق فازی..... ۵۰

جدول ٤-۳ : پارامتر خروجی در مدل‌سازی ریسک با استفاده از منطق فازی..... ۵۱

جدول٤-٤ : بازه‌بندی پارامتر شاخص کیفیت توده سنگ (RQD)..... ۵۴

جدول٤-۵ : جهت یافتگی درزه‌ها ۵۵

جدول ٤-٦ : بازه‌بندی پارامتر جهت یافتگی درزه‌ها..... ۵۵

جدول٤-۷ : بازه‌بندی پارامتر وضعیت درزه‌ها ۵۸

جدول٤-۸ : بازه‌بندی پارامتر میزان گل‌شوندگی در توده‌سنگ..... ۶۰

جدول ٤-۹ : بازه‌بندی پارامتر درصد کوارتز ۶۱

جدول٤-۱۰ : بازه‌بندی پارامتر اندیس کارستی شدن ۶۱

جدول٤-۱۱ : بازه‌بندی پارامتر پهنای زون خردشده..... ۶۲

جدول ٤-۱۲ : بازه‌بندی گاز سولفید هیدروژن ۶۵

جدول٤-۱۳ : بازه‌بندی گاز متان ۶۶

فهرست جداول (ادامه)

جدول ٤-١٤ : بازه‌بندی پارامتر مقاومت فشاری تک محوره سنگ بکر (UCS) ۶۸

جدول ٤-١٥ : بازه‌بندی پارامتر شدت جریان آب به داخل تونل ٦٩

جدول ٤-١٦ :بازه‌بندی پارامتر پتانسیل مچاله‌شوندگی مطابق نظریه جتوا و همکاران..... ٦٩

جدول ٤-١٧ : بازه‌بندی پارامتر ریسک با استفاده از منطق فازی..... ۷۰

جدول ٤-١٨ : مقادیر پارامترهای اصلی در واحد زمین‌شناسی مهندسی SH-ML1 ..... ۷۳

جدول ٤-١٩ : مقدار اندیس آسیب‌پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی در کیلومتراژ ۳-۰ تونل بلند زاگرس با استفاده از منطق فازی..... ٧٤

جدول ۴-۲۰ : مقدار اندیس‌آسیب‌پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی در کیلومتراژ ۱۰-۳ تونل بلند زاگرس با استفاده از منطق فازی..... ۷۶

جدول ٤-٢١ : مقدار اندیس‌آسیب‌پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی در کیلومتراژ ۱۲-۱۰ تونل بلند زاگرس با استفاده از منطق فازی..... ۷۸

جدول ٤-٢٢ پیش‌بینی مقدار اندیس‌آسیب پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی درکیلومتراژ ۱۹-۱۲ تونل بلند زاگرس با استفاده منطق فازی..... ۸۰

جدول ٤-٢٣ : پیش‌بینی مقدار اندیس‌آسیب پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی درکیلومتراژ ۲۳-۱۹ تونل بلند زاگرس با استفاده منطق فازی..... ۸۲

جدول ٤-٢٤ : پیش‌بینی مقدار اندیس‌آسیب پذیری در واحدهای مختلف زمین‌شناسی مهندسی درکیلومتراژ ۲٦-۲۳ تونل بلند زاگرس با استفاده منطق فازی..... ۸۳

فصل اول

مقدمه و اهداف

۱-۱مقدمه

به طور کلی ریسک‌های ژئوتکنیکی در تونل‌زنی به شرایط مخاطره‌آمیزی گفته می‌شوند که می‌توانند تأثیر نامطلوبی بر روی ساخت و اجرای تونل گذاشته و یا حتی سبب به مخاطره انداختن جان انسان‌ها شوند. هم‌چنین با صدمه رساندن به دستگاه‌ها، قطع عملیات، ایجاد وقفه در طرح و مواردی از این قبیل موجب تأخیر در پروژه و افزایش هزینه‌های پروژه می‌شوند.

اغلب ریسک‌های ژئوتکنیکی به کمک انتخاب راه‌حل‌های مناسب قابل کنترل شدن هستند. به طوری که یا می‌توان از وقوع و رویداد ریسک جلوگیری نمود (برای مثال با تغییر امتداد تونل به طوری که از منطقه گسله عبور ننماید، می‌توان از ریزش تونل در اثر حرکت گسل جلوگیری کرد) و یا نتایج فاجعه‌آمیز حاصل از وقوع ریسک را کاهش داد (برای مثال می‌توان طرح مناسبی را برای کنترل تغییر شکل و خرابی تونل طرح ریزی نمود) و یا با سیستم زهکشی مناسب از نفوذ و جریان آب زیرزمینی جلوگیری کرد.

بدیهی است که قبل از شروع حفاری با TBM لازم است اطلاعات دقیقی از شرایط زمین به دست آید. با آگاهی از شرایط زمین و ارزیابی صحیح نحوه عملکرد عوامل مؤثر بر کارکرد TBM می‌توان تا حدود زیادی کارکرد TBM در شرایط موردنظر را پیش‌بینی نمود. آگاهی از شرایط نامطلوب زمین از این نظر حائز اهمیت است که این شرایط می‌تواند باعث پایین آمدن نرخ پیشروی (یا حتی توقف عملیات)، تغییر ناخواسته روش حفاری مکانیزه به روش‌های سنتی، افزایش هزینه‌های عملیاتی و در نتیجه طولانی شدن مدت زمان اجرای پروژه شود. میزان پیشروی تونل زنی با TBM بر حسب شرایط زمین‌شناسی می‌تواند از ۱۵ کیلومتر در سال به ۱۵ متر در سال تغییر کند. مشکل حفاری با TBM هنگامی است که شرایط زمین خیلی نامطلوب (توده سنگ نامقاوم، دارای درزه و شکاف فراوان) یا خیلی خوب (توده سنگ مقاوم، بدون درزه و یکپارچه) باشد. در واقع در دو حالت حدی به لحاظ شرایط زمین‌شناسی، ممکن است گزینه‌های دیگر تونل زنی نظیر حفاری و انفجار نتیجه‌ای بهتر از TBM در بر داشته باشد.

تعیین میزان ریسک ژئوتکنیکی به دلیل تعدد پارامترهای غیرقطعی، مشکل است. جهت حصول اطمینان بیشتر می‌بایست عدم قطعیت‌ها در تخمین ریسک به درستی تعیین شوند. با توجه به تغییرات وضعیت زمین نمی‌توان با روشهای قطعی و قراردادی ریسک را تحلیل نمود زیرا پارامترهای تحلیل ریسک ذاتاً متغیر و تعیین آنها دارای عدم قطعیت هستند.

در تحقیقات گذشته از تئوری احتمال برای تعیین پارامترهای غیرقطعی استفاده شده است و به همین دلیل همه عدم قطعیت‌ها به صورت متغیرهای تصادفی فرض شده‌اند؛ لیکن عدم قطعیت‌ها دارای ماهیت تصادفی نیستند. خصوصاً آن دسته از عدم قطعیت‌هایی که بر پایه اطلاعات ناقص یا منابع نادرست موهومی هستند را نمی‌توان تصادفی دانست. در اغلب مواقع، منابع داده‌ها کاملاً محدود هستند و نوع توزیع متغیرهای غیر قطعی نیز مشخص نیست. این وضعیت کاربرد روش تخمین کلاسیک را کاملاً با مشکل روبرو می‌کند. با توجه به چنین شرایطی که منابع اطلاعاتی محدود می‌باشد، منطقی به نظر می‌رسد که تخمین‌ها را بر پایه تئوری فازی استفاده نمود. در ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیکی، عدم قطعیت‌های قابل توجهی وجود دارند. تغییرات در وضعیت زمین و سایر عدم قطعیت‌های آمیخته شده با آن، منجر به استفاده از روشهای امکان بر پایه مدلهای ادراکی می‌شود[۱].

چنانچه به دلیل عدم دقت، ابهام یا نامشخص بودن، نوع خاصی از عدم قطعیت به وقوع بپیوندد. در این صورت متغیر فازی است و می‌تواند به صورت یک تابع عضویت نشان داده شود.

۱- ۲ اهداف و روش تحقیق

هدف از این تحقیق، ارزیابی ریسک ناشی از مخاطرات ژئوتکنیکی در تونل زنی مکانیزه تمام مقطع (TBM) با استفاده از "منطق فازی" در تونل بلند زاگرس است. در این تحقیق پارامترهای غیرقطعی ریسک‌های ژئوتکنیکی تونل بلند زاگرس توسط سیستم فازی بیان شده‌اند و از این طریق یک روش جهت مطالعه عدم قطعیت فازی در تحلیل ریسک های ژئوتکنیکی تونل بلند زاگرس، ارائه شده است.

بر این اساس، جهت تحلیل ریسک‌های ژئوتکنیکی تونل بلند زاگرس ابتدا پارامترهای تحلیل ریسک شامل: شاخص کیفیت توده سنگ، مقاومت فشاری تک محوره سنگ بکر، وضعیت درزه، جهت یافتگی درزه، شدت جریان آب به داخل تونل، نشت گاز، شدت مچاله شوندگی، اندیس کارستی شدن، سنگ‌های ساینده (درصدکوارتز)، پهنای زون خرد شده و میزان گل شوندگی به صورت توابع فازی ارائه شده‌اند و سپس مقدار ریسک با استفاده از این متغیرهای فازی محاسبه شده است.

جهت اعتبار سنجی روش سیستم فازی ، نتایج حاصله از کاربرد این روش در تونل بلند زاگرس با نتایج حاصل از نرخ پیشروی و برداشت‌های واقعی ریسک‌ها در حفر تونل بلند زاگرس با TBM مورد مقایسه قرار گرفته است.

۱-۳ مراحل تحقیق

در این تحقیق، ابتدا کلیاتی در مورد ریسک‌های ژئوتکنیکی در تونل‌زنی مکانیزه تمام مقطع (TBM) بیان می‌شود. فصل دوّم به معرفی تونل بلند زاگرس اختصاص دارد. در فصل سوّم، مخاطرات ژئوتکنیکی در تونل‌زنی مکانیزه تمام مقطع (TBM) در سنگ مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل چهارم، ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیکی در تونل‌زنی مکانیزه تمام مقطع (TBM) با استفاده از منطق فازی در تونل بلند زاگرس انجام می‌شود. در فصل پنجم، نتایج به دست آمده از این پایان نامه ارائه خواهند شد. همچنین ارائه پیشنهادات جهت ادامه تحقیق در این فصل آورده می‌شود.