بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تعیین سیستم نگهداری مناسب برای تونل‌های دسترسی معدن گوشفیل با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره

اساتید راهنما

دکتر محمد عطایی

دکتر سید محمد اسماعیل جلالی

استاد مشاور

مهندس فریبرز روشن

دانشجو

زینب رنجبر فهلیانی

تابستان ۱۳۸۹

تقدیم به

مادرم که به بی نهایت و زمین پیوست

و

پدرم که فراتر از وظیفه پدری و حتی توان انسانی می کوشد و عرق می ریزد.

تقدیر و تشکر

نخست شکر ایزد بی همتا، که جان را در انسان و زمین دمید و پرورید و بعد سپاس از آنان که یار و همیار این کوچک بودند تا این مرحله را پشت سر گذارد، که زندگی همه خود تعریفی و درکی از مجموعه این مراحل است و خدای را سپاس می‌گویم که به من توان داد تا این مراحل را پشت سر بگذارم و به آغازی دگر بیندیشم؛ با یاری این دست‌ها:

۱- استادان عزیزم جناب آقای دکتر محمد عطایی و دکتر سید محمد اسماعیل جلالی که بی یاری و همکاری آنان هرگز این مرحله انجام نمی‌یافت.

۲- مشاور عزیزم جناب آقای مهندس فریبرز روشن

۳- مسئولان و کارکنان محترم شرکت باما

۴- جناب آقای مهندس مختاری (شرکت مهندسین مشاور ساحل)

۵- برادر عزیزم جناب آقای احسان رنجبر

و تمامی دوستان و عزیزانی که هر کدام به نحوی در موفقیت اینجانب نقش بسیار داشته‌اند.

چکیده

یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی فضاهای زیرزمینی انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای آن فضا است. در بسیاری از موارد، سیستم‌های نگهداری برای تونل بر اساس تجربه مهندسین طراح انتخاب می‌شود. بنابراین به جای استفاده از معیارهای علمی، قضاوت‌های شخصی بیشترین نقش را در انتخاب سیستم نگهداری ایفا می‌کند. اما انتخاب سیستم نگهداری مناسب به پارامترهای اقتصادی و فنی بستگی دارد. بنابراین مسأله انتخاب سیستم نگهداری برای فضاهای زیرزمینی یک مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در این تحقیق انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای تونل‌های دسترسی معدن سرب و روی گوشفیل مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور، یکی از تونل‌های دسترسی به ماده معدنی این معدن که در تراز ۱۵۶۵ قرار گرفته است، مورد بررسی ژئومکانیکی قرار گرفته است. این تونل دارای مقطع مربع شکل و ابعاد ۴/۵×۴/۵ متر است و از دو تونل عمود بر هم تشکیل شده است. همچنین هر دو تونل از دو محدوده دولومیت و دولومیت مینرالیزه عبور می‌کنند. در این تحقیق ۸ نوع سیستم نگهداری برای ۴ محدوده مختلف این تونل در نظر گرفته شده و با استفاده از نرم‌افزار UDEC مقادیر جابجایی و ضریب اطمینان محاسبه شده است. سپس با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره SAW، TOPSIS، ELECTRE وAHP و با توجه به معیارهای ضریب اطمینان، سهولت اجرای سیستم، جابجایی و نیاز به نیروی انسانی، سیستم نگهداری مناسب برای هر کدام از محدوده‌های این تونل، انتخاب شده است. سیستم نگهداری انتخاب شده برای هر ۴ محدوده معرفی شده در این تونل، استفاده از پیچ‌سنگ به طول ۴ متر و با فاصله‌داری ۱/۵ متر در سقف و دیواره‌های تونل است.

کلمات کلیدی: معدن سرب و روی گوشفیل، سیستم نگهداری ، تصمیم‌گیری چندمعیاره، تحلیل پایداری تونل، UDEC

فهرست مطالب

فصل اول :مقدمه وکلیات

۱-۱- ضرورت طراحی سیستم نگهداری برای حفریات زیرزمینی ۲

۱-۲- مراحل انجام تحقیق ۳

فصل دوم: کلیاتی در مورد معدن گوشفیل

۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه ایرانکوه و معدن گوشفیل ۷

۲-۲- زمین‌شناسی ۹

۲-۲-۱- زمین شناسی منطقه و معدن ۹

۲-۲-۲- تکتونیک معدن گوشفیل ۱۱

۲-۲-۳- مشخصات کانسنگ و سنگ‌های درونگیر ۱۱

۲-۳- کارهای معدنی موجود ۱۲

۲-۴- محدوده مرزهای کانسار در معدن گوشفیل ۱۲

۲-۵- ذخایر معدنی ۱۲

۲-۶- ظرفیت استخراجی ۱۲

۲-۷- باز کردن معدن ۱۳

۲-۸- آماده‌سازی کارگاه‌های استخراجی ۱۳

فصل سوم:مقدمه‌ای بر برآورد سیستم نگهداری موقت

۳-۱- مقدمه ۱۶

۳-۲- طبقه‌بندی مهندسی سنگ ۱۶

۳-۲-۱- طبقه‌بندی ژئومکانیکی (روش RMR) ۱۷

۳-۲-۲- طبقه‌بندی شاخص کیفی تونلسازی (روشQ) ۱۸

۳-۲-۳- شاخص مقاومت زمی‌ن شناسی ۱۹
۳-۳- محاسبه جابجایی‌های زمین ۲۱
۳-۳-۱- مدل‌های محیط پیوسته ۲۱
۳-۳-۲- مدل‌های محیط ناپیوسته ۲۱
۳-۴- روش‌های عددی ۲۳
۳-۴-۱- آشنایی با نرم‌افزار UDEC ۲۶

فصل چهارم: تحلیل پایداری توده‌سنگ گوشفیل بر اساس روش‌های طبقه‌بندی توده‌سنگ

۴-۱- مقدمه ۲۹
۴-۲- برداشت‌های صحرایی ۲۹
۴-۲-۱- روش خط برداشت: ۳۱
۴-۳- مشخصات گمانه‌ها ۳۶
۴-۴- نتایج آزمایش‌ها ۳۷
۴-۵- تحلیل پایداری و طراحی نگهداری با استفاده از روش‌های تجربی ۳۷
۴-۵-۱- تعیین امتیاز RMR ۳۷
۴-۵-۲- تعیین مقدار Q ۳۹
۴-۶- استفاده از RMR در تعیین پارامترهای ویژه توده‌سنگ ۴۰
۴-۶-۱-تعیین مدول تغییر شکل برجا ۴۰
۴-۶-۲- مدت زمان پایداری تونل ۴۰
۴-۶-۳- توصیف کیفی سنگ و تعیین φ و C توده‌سنگ ۴۱
۴-۶-۴- تعیین بار روی سنگ ۴۱
۴-۶-۵-تعیین فشار وارد بر سیستم نگهداری ۴۱
۴-۷- استفاده از شاخص کیفی تونلسازی(Q) در تعیین پارامترهای ویژه توده‌سنگ ۴۲
۴-۷-۱- نوع سیستم نگهداری ۴۲

۴-۷-۲-تعیین دهانه پایدار (بدون نگهداری) ۴۳
۴-۷-۳-تعیین فشار وارد بر سیستم نگهداری ۴۳
۴-۸- شاخص مقاومت زمین‌شناسی (GSI) ۴۴
۴-۸-۱- روش‌های محاسبه GSI ۴۴
۴-۸-۲- استفاده از GSI در تعیین پارامترهای ژئومکانیکی توده‌سنگ ۴۶
۴-۹- معرفی نرمافزار ROCLAB ۴۷
۴-۱۰- نتیجه‌گیری ۵۰

فصل پنجم: تحلیل پایداری با استفاده از رروش اجزا مجزا

۵-۱- مقدمه ۵۳
۵-۲- فرضیات و روند مدلسازی عددی ۵۴
۵-۳- مدلسازی مقطع تونل در محدوده دولومیت و دولومیت مینرالیزه ۵۷
۵-۳-۱- هندسه مدل ۵۷
۵-۳-۲- مدل رفتاری و نسبت دادن خواص ۵۸
۵-۳-۳- خواص ناپیوستگیها ۵۹
۵-۳-۴- شرایط مرزی و اولیه ۵۹
۵-۳-۵- مدلسازی مقطع تونل شماره ۱ در محدوده دولومیت و دولومیت مینرالیزه ۶۰
۵-۳-۶- مدلسازی مقطع تونل شماره ۲ در محدوده دولومیت و دولومیت مینرالیزه ۶۳
۵-۴- بررسی سیستم‌های نگهداری مختلف ۶۵

فصل ششم: روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره

۶-۱- مقدمه ۶۹
۶-۲- انواع روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره ۷۰
۶-۲-۱- روش وزن‌دهی ساده (SAW) ۷۱
۶-۲-۲- روش تسلط تقریبی (الکتر) ۷۲

۶-۲-۳- روش شباهت به گزینه ایده‌ال ۷۶
۶-۲-۴- روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP)..... ۷۹
۶-۳- استراتژی‌های اولویت بندی..... ۸۳
۶-۳-۱- روش میانگین رتبه‌ها..... ۸۴
۶-۳-۲- روش بردا..... ۸۴
۶-۳-۳- روش کپ لند..... ۸۴

فصل هفتم: انتخاب سیستم نگهداری مناسب با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

۷-۱- مقدمه ۸۶
۷-۲- مراحل دستیابی به معیارهای مختلف در رابطه با تصمیم‌گیری ۸۶
۷-۲-۱- مطالعات مدلسازی..... ۸۶
۷-۲-۲- معیار جابجایی در سقف، کف و دیواره تونل ۸۷
۷-۲-۳- معیار ضریب ایمنی سیستم‌های نگهداری مورد مطالعه..... ۸۸
۷-۲-۴- معیار هزینه سیستم‌های نگهداری مورد مطالعه ۸۹
۷-۲-۵- معیارهای سهولت اجرای سیستم نگهداری و نیاز به کارگر ۹۰
۷-۳- انتخاب گزینه مناسب..... ۹۲
۷-۳-۱- تعیین ضریب اهمیت معیارها ۹۳
۷-۴- کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در تعیین سیستم نگهداری مناسب برای تونل‌های دسترسی گوشفیل ۹۳
۷-۴-۱-کاربرد روش وزندهی ساده در انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای تونل دسترسی تراز ۱۵۶۵ معدن گوشفیل..... ۹۴
۷-۴-۲- کاربرد روش تسلط تقریبی در تعیین سیستم نگهداری مناسب برای تونل دسترسی تراز ۱۵۶۵ گوشفیل..... ۹۹
۷-۴-۳- کاربرد روش شباهت به گزینه ایده‌ال در انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای تونل دسترسی تراز ۱۵۶۵ گوشفیل..... ۱۰۴

۷-۴-۴- کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در تعیین سیستم نگهداری مناسب برای تونل دسترسی تراز ۱۵۶۵ گوشفیل..... ۱۰۹
۷-۵- نتیجه گیری..... ۱۱۵

فصل هشتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۸-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری..... ۱۱۸
۸-۲- پیشنهادات..... ۱۱۸
منابع..... **۱۲۱**
پیوست‌ها..... ***۱۲۵***

فهرست جدول‌ها

جدول ۴-۱- شرایط درزه‌ها در محدوده دولومیت ۳۶

جدول۴-۲- شرایط درزه‌ها در محدوده دولومیت مینرالیزه ۳۶

جدول ۴-۳- مقادیر RQD برای ترازهای مختلف محدوده دولومیت ۳۶

جدول۴-۴-مقادیر RQD برای ترازهای مختلف محدوده دولومیت مینرالیزه ۳۶

جدول ۴-۵- خواص فیزیکی و مکانیکی ماده‌سنگ ۳۷

جدول ۴-۶- امتیازبندی محدوده دولومیت تونل شماره ۱ ..... ۳۷

جدول ۴-۷- امتیازبندی محدوده دولومیت تونل شماره ۲ ..... ۳۸

جدول ۴-۸- امتیاز بندی دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۱ ..... ۳۸

جدول ۴-۹- امتیاز بندی دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۲ ..... ۳۸

جدول ۴-۱۰-RMR محدوده‌های مختلف تونل تراز ۱۵۶۵گوشفیل ۳۹

جدول ۴-۱۱- مقادیر پارامترهای مورد نیاز در طبقه‌بندیQ ۳۹

جدول۴-۱۲- مدول الاستیسیته توده‌سنگ در محدوده‌های مختلف تونل ۱۵۶۵ ..... ۴۰

جدول۴-۱۳- پارامترهای ویژه توده‌سنگ با توجه به RMR ۴۲

جدول۴- ۱۴- طراحی سیستم نگهداری اولیه محدوده‌های مختلف تونل با استفاده از سیستم طبقه‌بندیQ ۴۳

جدول۴-۱۵- پارامترهای ویژه توده‌سنگ با توجه به Q ۴۴

جدول ۴-۱۶- شاخص GSI بر اساس RMR برای محدوده‌های مختلف تونل ۴۵

جدول ۴-۱۷محاسبه GSI بر اساس Q ۴۶

جدول۴-۱۸- پارامترهای ورودی نرم‌افزار ROCLAB برای محدوده‌های مختلف تونل تراز ۱۵۶۵ گوشفیل ۴۸

جدول۴-۱۹- پارامترهای خروجی نرم‌افزار ROCLAB برای محدوده‌های مختلف تونل تراز۱۵۶۵ گوشفیل ۴۸

جدول۴-۲۰- محاسبه مدول حجمی و برشی محدوده‌های مختلف تونل تراز ۱۵۶۵ گوشفیل ۵۰

جدول۵-۱- مشخصات پیچ‌سنگ‌های مورد استفاده در مدلسازی با قطر ۲۵ میلیمتر ۵۶

جدول ۵-۲- مشخصات شاتکریت مورد استفاده درمدلسازی ۵۶

جدول ۵-۳- مشخصات دسته درزه‌های محدوده دولومیتی تونل دسترسی تراز ۱۵۶۵ معدن گوشفیل ۵۷

جدول ۵-۴- مشخصات دسته درزه‌های محدوده دولومیت مینرالیزه تونل دسترسی تراز ۱۵۶۵ معدن گوشفیل ۵۷

جدول ۵-۵- خواص مواد ۵۸

جدول ۵-۶- میزان حداکثر جابجایی‌ها در سقف و کف تونل به ازای Kهای مختلف در شرایط کرنش صفحه‌ای ۶۰

جدول ۶-۱- طبقه‌بندی کمی و کیفی برای مقایسه زوجی معیارها ۸۱

جدول ۶-۲- ماتریس مقایسه زوجی ۸۱

جدول ۶-۳- شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی ۸۳

جدول۷-۱- سیستم‌های نگهداری معرفی شده برای نگهداری تونل تراز ۱۵۶۵ ..... ۸۷

جدول ۷-۲- نتایج حاصل از مدلسازی عددی (جابجایی‌ها و ضریب ایمنی) درسیستم‌های نگهداری مختلف برای محدوده دولومیت تونل شماره ۱ ..... ۸۸

جدول ۷-۳- نتایج حاصل از مدلسازی عددی (جابجایی‌ها و ضریب ایمنی) در سیستم‌های نگهداری مختلف برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۱ ..... ۸۸

جدول ۷-۴- نتایج حاصل از مدلسازی عددی (جابجایی‌ها و ضریب ایمنی) درسیستم‌های نگهداری مختلف برای محدوده دولومیت تونل شماره ۲ ..... ۸۸

جدول ۷-۵- نتایج حاصل از مدلسازی عددی (جابجایی‌ها و ضریب ایمنی) در سیستمهای نگهداری مختلف برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۲ ..... ۸۹

جدول۷-۶- مقایسه سیستم‌های نگهداری مختلف تونل شماره یک تراز ۱۵۶۵معدن گوشفیل در محدوده دولومیت از نظر معیارهای مختلف ۹۰

جدول۷-۷- مقایسه سیستم‌های نگهداری مختلف تونل شماره یک تراز ۱۵۶۵ معدن گوشفیل در محدوده دولومیت مینرالیزه از نظر معیارهای مختلف..... ۹۱

جدول۷-۸- مقایسه سیستم‌های نگهداری مختلف تونل شماره ۲ تراز ۱۵۶۵معدن گوشفیل در محدوده دولومیت از نظر معیارهای مختلف..... ۹۱

جدول۷-۹- مقایسه سیستم‌های نگهداری مختلف تونل شماره ۲ تراز ۱۵۶۵ معدن گوشفیل در محدوده دولومیت مینرالیزه از نظر معیارهای مختلف..... ۹۱

جدول ۷-۱۰- معیارهای انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای تونل‌های دسترسی معدن گوشفیل..... ۹۲

جدول ۷- ۱۱- ماتریس مقایسه زوجی و محاسبه درجه اهمیت معیارها..... ۹۳

جدول۷-۱۲- ماتریس وزن معیارهای مؤثر در تصمیم‌گیری..... ۹۳

جدول ۷-۱۳- آستانه موافقت و مخالفت برای محدوده‌های مختلف..... ۹۹

جدول ۷-۱۴- مقادیر λ_{max}، I.I، R.I.I و I.R. برای ماتریس‌های مختلف..... ۱۱۰

جدول ۷-۱۵- مقایسه نتایج حاصل از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره..... ۱۱۵

جدول ۷-۱۶- مقایسه نتایج حاصل از روش میانگین رتبه‌ها..... ۱۱۶

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- مراحل انجام تحقیق و ساختار پایان نامه ۵

شکل۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه ایرانکوه ۸

شکل۲-۲- منطقه ایرانکوه ۸

شکل ۲-۳ موقعیت معدن گوشفیل نسبت به منطقه ایرانکوه ۹

شکل۲-۴- ستون چینه شناسی معدن گوشفیل ۱۰

شکل ۲-۵- وضعیت آماده‌سازی در طبقات مختلف مرکزی ۱۴

شکل ۳-۱- فرض محیط‌های پیوسته و ناپیوسته در طراحی‌های مهندسی در سنگ ۲۴

شکل ۳-۲- الف) شکل شماتیکی از یک توده سنگ ب) روش‌های المان محدود و تفاضل محدود ج) روش المان مرزی د)روش اجزا مجزا ۲۵

شکل ۳-۳- نمایش مفهومی روش ترکیبی در مدل‌سازی عددی سازه‌های مهندسی در سنگ ۲۶

شکل ۴-۱- پلان تونل تراز ۱۵۶۵ گوشفیل ۳۳

شکل ۴-۲- دسته درزه‌ها، زبری، میزان بازشدگی و شرایط آب در محدوده دولومیت ۳۴

شکل ۴-۳- دسته درزه‌ها، زبری، میزان بازشدگی و شرایط آب در محدوده دولومیت مینرالیزه ۳۵

شکل۴-۴- نمودارها و نتایج حاصل از نرم‌افزار ROCLAB در محدوده دولومیت ۴۹

شکل ۴-۵- نمودارها و نتایج حاصل از نرم‌افزار ROCLAB در محدوده دولومیت مینرالیزه ۴۹

شکل ۵-۱- مدل ساخته شده از محدوده دولومیت و دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۱ ..... ۶۱

شکل ۵-۲- نمودار جابجایی در اطراف محدوده دولومیتی تونل شماره ۱ ..... ۶۱

شکل ۵-۳- نمودار جابجایی در اطراف محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۱ ..... ۶۲

شکل ۵-۴- منطقه پلاستیک ایجاد شده ایجاد شده در محدوده دولومیتی تونل شماره ۱ ..... ۶۲

شکل ۵-۵- منطقه پلاستیک ایجاد شده ایجاد شده در محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۱ ..... ۶۳
شکل ۵-۶- مدل ساخته شده از محدوده دولومیت و دولومیت مینرالیزه در تونل شماره ۲ ..... ۶۳
شکل ۵-۷- نمودار جابجایی‌ها در محدوده دولومیت تونل شماره ۲ ..... ۶۴
شکل ۵-۸ – نمودار جابجایی‌ها در محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۲ ..... ۶۴
شکل ۵-۹- منطقه پلاستیک ایجاد شده در محدوده دولومیت تونل شماره ۲ ..... ۶۵
شکل ۵-۱۰- منطقه پلاستیک ایجاد شده در محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۲ ..... ۶۵
شکل ۵-۱۱- نمودار پروفیل تغییر شکل طولی زمین با توجه به رابطه کارانزاتورس ۶۶
شکل ۵-۱۲- پروفیل جابجایی‌های شعاعی برای تونل بدون سیستم نگهداری در مجاورت جبهه‌کار تونل ۶۷
شکل ۶-۱- فرآیند تصمیم‌گیری عقلائی ۷۰
شکل ۷-۱- موقعیت نقاط مورد بررسی در سیستم‌های نگهداری ۸۷
شکل ۷-۲- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت تونل شماره ۱ بر اساس روش وزن‌دهی ساده ۹۵
شکل ۷-۳- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۱ بر اساس روش وزندهی ساده ۹۶
شکل ۷-۴- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت تونل شماره ۲ بر اساس روش وزن‌دهی ساده ۹۷
شکل ۷-۵- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۲ بر اساس روش وزن‌دهی ساده ۹۶
شکل ۷-۶- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت تونل شماره یک گوشفیل به روش تسلط تقریبی ۱۰۰
شکل ۷-۷- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره یک گوشفیل به روش تسلط تقریبی ۱۰۱

شکل ۷-۸- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت تونل شماره ۲ گوشفیل به روش تسلط تقریبی..... ۱۰۲

شکل ۷-۹- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره۲ گوشفیل به روش تسلط تقریبی..... ۱۰۳

شکل ۷-۱۰- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیتی تونل شماره یک گوشفیل به روش شباهت به گزینه ایده‌ال..... ۱۰۵

شکل ۷-۱۱- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره یک گوشفیل به روش شباهت به گزینه ایده‌ال..... ۱۰۶

شکل ۷-۱۲- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیتی تونل شماره ی۲ گوشفیل به روش شباهت به گزینه ایده‌ال..... ۱۰۷

شکل ۷-۱۳- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ی۲ گوشفیل به روش شباهت به گزینه ایده‌ال..... ۱۰۷

شکل ۷-۱۴- ساختمان سلسله مراتبی انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای تونل تراز۱۵۶۵ گوشفیل..... ۱۰۹

شکل ۷- ۱۵- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت تونل شماره ۱ بر اساس روشAHP ۱۱۱

شکل ۷-۱۶- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۱ بر اساس روشAHP..... ۱۱۲

شکل ۷-۱۷- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت تونل شماره ۲ بر اساس روشAHP۱۱۳

شکل ۷-۱۸- مراحل انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای محدوده دولومیت مینرالیزه تونل شماره ۲ بر اساس روشAHP..... ۱۱۴

فصل اول

مقدمه وکلیات

۱-۱- ضرورت طراحی سیستم نگهداری برای سازه‌های زیرزمینی

قبل از حفر یک حفریه زیرزمینی، هر نقطه از زمین تحت تنش‌هایی قرار دارد که برآیند آن‌ها باعث ایجاد تعادل در آن نقاط می‌شود. پس از حفر حفریه، محیط اطراف آن به حالت تعادل اولیه باقی نخواهد ماند؛ زیرا:

۱- توده‌سنگ کمر بالا (سقف) تکیه‌گاه زیرین خود را از دست خواهد داد.

۲- بار وارده از بالا به کف (کمر پائین) قطع می‌شود.

۳- تنش‌های وارد بر دیواره باعث می‌شود که سازه تحت تأثیر قرار بگیرد.

با توجه به مواردی که ذکر شد، حفریه ایجاد شده تمایل به تغییر شکل دارد و این تغییر شکل با توجه به مقاومت سنگ صورت می‌گیرد. اگر سنگ دارای مقاومت کافی نباشد، سنگ‌های اطراف حفریه تمایل به تغییر شکل به سمت داخل پیدا می‌کنند و چنان‌چه وسایل مصنوعی برای مقابله با این تغییر شکل مهیا نشده باشد، حفریه ریزش خواهد کرد. در دانش حفظ پایداری زمین، رفتار توده-سنگ در انتقال از حالت تعادل اولیه به یک حالت تعادلی دیگر مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد. این علم زمینه لازم را برای طراحی سیستم‌های تکیه‌گاهی و نگهدارنده به منظور جلوگیری از ریزش یا گسیختگی سقف، کف و دیواره‌های آن‌ها با برقراری شرایط ایمنی به نحو اقتصادی فراهم می‌سازد. به منظور حل مشکل تنش ایجاد شده‌ی ناشی از بر هم زدن تعادل تنش‌ها قبل از حفر سازه، بایستی از وسایل تکیه‌گاهی پس از حفر کمک گرفت. بنابراین تعیین بهترین روش نگهداری از نظر ایمنی و اقتصادی موازی با سایر فعالیت‌های معدن‌کاری با توجه به اصول مکانیک سنگ و مکانیک خاک

اجتناب ناپذیر است. برای ایجاد فضای ایمن در حفر حفریه‌های زیرزمینی انواع زیادی از وسایل نگهداری وجود دارد که هر کدام حالت خاصی از تعادل برای سیستم ایجاد می‌کند و انتخاب آن‌ها به پارامترهای متعددی بستگی دارد (اورعی، ۱۳۸۴).

در بسیاری از موارد، سیستم‌های نگهداری برای تونل بر اساس تجربه مهندسین طراح انتخاب می‌شود. بنابراین به‌جای استفاده از معیارهای علمی، قضاوت‌های شخصی بیشترین نقش را در انتخاب سیستم نگهداری ایفا می‌کند (Oraee et al, 2009). اما انتخاب سیستم نگهداری مناسب، به پارامترهای اقتصادی و تکنیکی بستگی دارد. یکی از روش‌های تعیین سیستم نگهداری مناسب در تونل‌ها، استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره است.

۱-۲- مراحل انجام تحقیق

هدف از این تحقیق، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب سیستم نگهداری مناسب برای تونل‌های دسترسی معدن گوشفیل می‌باشد، که بدین منظور بازدید یک ماهه از محل پروژه به عمل آمد. طی این بازدید، ضمن آشنا شدن با منطقه و مراحل استخراج زیرزمینی معدن سرب و روی گوشفیل، یکی از تونل‌های دسترسی به ماده معدنی مورد بررسی درزه‌نگاری قرار گرفت. سپس با به‌دست آوردن گزارش زمین شناسی و همچنین نتایج آزمایش‌های مکانیک سنگی انجام گرفته روی نمونه‌ها، داده‌های اصلی و اولیه، طراحی سیستم نگهداری حاصل شد. طراحی سیستم نگهداری دارای چندین مرحله است، که هرچه به مراحل انتهایی نزدیک می‌شود، از خطای کار کاسته می‌شود.

اولین قدم در طراحی سیستم نگهداری مناسب برای تونل، تقسیم‌بندی تونل به محدوده‌های مختلف می‌باشد، که این تقسیم‌بندی با توجه به شرایط زمین شناسی، ناپیوستگی‌ها و خواص مکانیک سنگی توده‌سنگ انجام می‌گیرد. بر این اساس تونل مورد نظر به دو محدوده دولومیت و دولومیت مینرالیزه

تقسیم شد. پس از این مرحله با استفاده از مطالعه گمانه‌ای، پارامترهای مکانیکی توده‌سنگ برای هر محدوده تعیین شد. با استفاده از این اطلاعات، اولین مرحله از طراحی سیستم نگهداری یعنی استفاده از سیستم‌های طبقه‌بندی توده‌سنگ آغاز شد. استفاده از سیستم‌های طبقه‌بندی روشی سریع، ولی با دقت متوسط است. تعیین سیستم نگهداری با استفاده از این روش، بر مبنای استفاده از تجارب قبلی است. به این ترتیب که محققان با ابداع هر سیستم طبقه‌بندی آن را با پروژه‌های در حال کار یا قدیمی جهان آزمایش کرده و با توجه به سیستم نگهداری به کار رفته در آن تجارب و مقادیر به‌دست آمده از طبقه‌بندی، جداولی را ارائه دادند که به کمک آن، می‌توان توده‌سنگ مورد نظر خود را بر حسب یکی از سیستم‌های موجود، طبقه‌بندی و سپس با استفاده از جداول مربوطه، سیستم نگهداری مناسب را استخراج نمود. البته همان‌طور که در ابتدا اشاره شد، این روش‌ها از دقت بالایی برخوردار نبوده و فقط می‌توانند تخمین مناسبی از سیستم نگهداری مورد نیاز برای تونل را در اختیار بگذارند. پس از طراحی سیستم نگهداری با این روش، این سیستم باید به کمک سایر روش‌ها ارزیابی و بررسی شود. در فصل پنجم این پایان نامه با استفاده از روش‌های عددی و نرم‌افزار تحلیل تنش، تونل مورد نظر، مورد بررسی و تحلیل عددی قرار گرفته است. در این فصل از نرم‌افزار المان مجزای UDEC برای مدلسازی استفاده شده است. علت انتخاب این نرم‌افزار تطابق خوب شرایط پروژه با مبانی اصلی این نرم‌افزار می‌باشد. برای هر یک از محدوده‌های شناخته شده در پروژه یک مقطع بحرانی در نظر گرفته شد، که این مقطع بحرانی در واقع مقطعی با بیشترین مقدار روباره می‌باشد. سیستم‌های نگهداری مختلف با استفاده از امکانات موجود در نرم‌افزار مدل شد. سپس از نتایج حاصل از این روش، در فصل ششم با استفاده از چندین روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، مناسب‌ترین سیستم نگهداری انتخاب شده است. مراحل انجام این تحقیق در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.