**دانشگاه آزاد اسلامی**

**واحد تهران جنوب**

**دانشکده تحصیلات تکمیلی**

**پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد *"M.Sc"***

**مهندسی معدن -استخراج**

**عنوان :**

# پیش‌بینی نرخ نفوذ TBM با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی

**استاد راهنما :**

**استاد مشاور :**

**نگارش:**

# فهرست مطالب


| شماره مطالب | صفحه |
|---|---|
| چکیده | ۱ |
| مقدمه | ۲ |
| **فصل اول : کلیات** | ۴ |
| ۱- ۱) هدف | ۵ |
| ۱-۲) پیشینه تحقیق | ۵ |
| ۱-۳) روش کار و تحقیق | ۵ |
| **فصل دوم : تونلسازی مکانیزه** | ۷ |
| ۲- ۱) مقدمه | ۸ |
| ۲-۲) تاریخچه ماشین‌های حفاری تمام مقطع | ۸ |
| ۲-۳) قسمت‌های مختلف ماشین TBM | ۸ |
| ۲-۴) انواع ماشین‌های حفر تونل در سنگ | ۹ |
| ۲-۴-۱) ماشین‌های حفر تونل از نوع باز | ۱۰ |
| ۲-۴-۲) ماشین‌های حفر تک سپره | ۱۱ |
| ۲-۴-۳) ماشین‌های حفر تونل با سپر تلسکوپی | ۱۳ |
| ۲-۵) طراحی TBM | ۱۴ |
| **فصل سوم : کاربرد TBM درتونل‌های معدنی** | ۱۶ |
| ۳-۱) مقدمه | ۱۷ |
| ۳-۲) کاربرد TBM در تونل‌های زیرزمینی | ۱۷ |
| ۳-۳) معدن Sanmanual | ۱۸ |
| ۳-۴) معدن Stillwater | ۲۱ |
| **فصل چهارم : شبکه‌های عصبی** | ۲۴ |
| ۴-۱) مقدمه | ۲۵ |
| ۴-۲) تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی | ۲۶ |
| ۴-۳) اساس بیولوژیکی شبکه‌های عصبی | ۲۶ |
| ۴-۴) قابلیت یادگیری شبکه‌های عصبی بیولوژیکی | ۲۸ |
| ۴-۵) اجزاء و ساختمان واحدهای مصنوعی | ۲۹ |
| ۴-۶) الگوریتم‌های یادگیری | ۳۲ |
| ۴-۶-۱) روش‌های وزن ثابت | ۳۲ |
| ۴-۶-۲ ) روش‌های آموزش بدون نظارت | ۳۲ |
| ۴-۶-۳) روش‌های‌آموزش‌بانظارت | ۳۳ |
| ۴-۶-۴) روش‌های‌آموزش‌تقویتی | ۳۳ |

۴-۶-۵) روش‌انتشارمعکوس‌خطا ۳۴
۴-۷) انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی ۳۴
۴-۷-۱) شبکه‌های تک لایه ۳۵
۴-۷-۲) شبکه‌های چند لایه (MLN) ۳۷
۴-۷-۳) شبکه‌های خود سازمانده ۳۹
۴-۸) کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی ۳۹
۴-۹) جعبه ابزار شبکه‌های عصبی نرم افزار ۴۰
۴-۹-۱) وارد کردن داده‌ها ۴۱
۴-۹-۲) پنجره اصلی شبکه‌های عصبی (Network/data manager) ۴۲
۴-۹-۳) ایجاد شبکه ۴۲
۴-۹-۴) آموزش دادن شبکه ۴۳
۴-۹-۵) بررسی نتایج تولید شده توسط شبکه ۴۳
**فصل پنجم: مطالعه موردی** ۴۴
۵-۱) مقدمه ۴۵
۵-۲) معرفی تونل کوئینز ۴۵
۵-۳) زمین شناسی عمومی منطقه ۴۶
۵-۴) روش کار ۴۷
۵-۴-۱) داده های لازم برای آموزش شبکه ۴۷
۵-۴-۲) انتخاب مشخصات مناسب برای معماری شبکه ۴۸
۵-۴-۳) شبکه های پس انتشار ۴۸
۵-۴-۴) آموزش و اعتبار سنجی شبکه ۵۳
۵-۴-۵) آنالیز حساسیت پارامتر خروجی نسبت به پارامترهای ورودی ۵۵
۵-۵) روش آماری ۵۶
۵-۶) روش‌های تجربی ۵۷
**فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها** ۵۹
۶-۱) مقدمه ۶۰
۶-۲) نتیجه‌گیری ۶۰
۶-۳) پیشنهادادها ۶۱
پیوست‌ها ۶۲
فهرست منابع و مراجع ۶۵
فهرست منابع فارسی ۶۵
فهرست منابع لاتین ۶۶
فهرست سایت‌های مفید ۶۷

# فهرست شکل‌ها

**شماره عنوان** **صفحه**


شکل۲-۱دیسک کاترهای نصب شده بر کاترهد برای برش سنگ‌های مقاوم..... ۹
شکل۲-۲ محدوده کاری ماشین‌های حفر تونل در سنگ..... ۱۰
شکل۲-۳ سیکل کامل حفاری‌های باز از نوع دو کفشکه..... ۱۰
شکل ۲-۴ سیکل کامل حفاری ماشین Single Shield ..... ۱۲
شکل۲- ۵ سیکل کامل حفاری ماشین‌های D.S.TBM در زمین‌های نیمه خرد شده ومناسب..... ۱۳
شکل۲-۶ سیکل کامل حفاری ماشین‌های D.S.TBM در زمین‌های بسیار خرد شده و ریزشی ..... ۱۴
شکل۳-۱ طرح آماده‌سازی معدن San manual..... ۱۸
شکل ۳-۲ TBM ساخت شرکت رابینز مورد استفاده در معدن San Manual ..... ۱۹
شکل۴-۱ قسمت‌های اصلی یک سلول عصبی بیولوژیک (نرون)..... ۲۷
شکل۴-۲ نرون حسی..... ۲۷
شکل ۴-۳ ساختار یک نرون تک ورودی..... ۲۹
شکل ۴- ۴ ساختار یک نرون R ورودی..... ۳۰
شکل ۴- ۵ یک ساختار نمونه از شبکه عصبی مصنوعی..... ۳۰
شکل ۴-۶ نحوه اتصالات در شبکه‌های عصبی..... ۳۱
شکل ۴-۷ نمای کلی آموزش بدون سرپرست..... ۳۲
شکل ۴-۸ نمای کلی آموزش با سرپرست..... ۳۳
شکل۴-۹ ساختار یک شبکه تک لایه..... ۳۵
شکل۴-۱۰ ساختار یک شبکه چند لایه..... ۳۶
شکل۴-۱۱ ساختار یک پرسپترون..... ۳۷
شکل۴-۱۲ رابطه و نمودار تابع سیگموئید..... ۳۷
شکل۴- ۱۳ رابطه و نمودار تابع Hard-Limit ..... ۳۸
شکل ۴- ۱۴ رابطه و نمودار تابع تانژانت سیگموئید..... ۳۸
شکل۴-۱۵ پنجره اصلی جعبه ابزار شبکه های عصبی..... ۴۱
شکل۴-۱۶ پنجره شبیه‌سازی و مشاهده نتایج عملکرد شبکه عصبی ..... ۴۲
شکل ۵-۱ موقعیت مناطق ذکر شده..... ۴۵
شکل۵-۲ نمایش سازند های معرفی شده..... ۴۶
شکل ۵-۳ پراکندگی انواع مختلف سنگی در طول تونل..... ۴۷
شکل ۵-۴ شبکه های پس انتشار..... ۴۸
شکل ۵-۵ توابع انتقال..... ۴۹
شکل ۵-۶ آموزش شبکه با یک ، دو و سه لایه مخفی..... ۵۱
شکل ۵-۷ آموزش شبکه با تعداد نرون‌های مختلف در لایه مخفی..... ۵۲
شکل ۵-۸ اعتبار سنجی شبکه عصبی به وسیله توقف زود هنگام..... ۵۳
شکل ۵-۹ مقایسه داده‌های واقعی با مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه عصبی..... ۵۵
شکل ۵-۱۰ مقایسه داده‌های واقعی با مقادیر پیش‌بینی شده توسط نرم‌افزار SPSS ..... ۵۷

## فهرست جدول‌ها

**شماره عنوان** **صفحه**


جدول ۲-۱ پارامترهای اصلی TBM, فاکتورهای مرتبط با آنها..... ۱۵...
جدول ۳-۱ مشخصات TBM رابینز استفاده شده در معدن San manual..... ۱۹...
جدول ۳-۲ مقایسه عملکرد TBM ..... ۲۰. ...
جدول ۴-۳ مشخصات دستگاه CTS ..... ۲۲...
جدول ۴-۴ مشخصات ماشین مورد استفاده در تونل ۲ معدن Stillwater ..... ۲۳.....
جدول ۵-۱ مشخصات دستگاه ..... ... ۴۵
جدول ۵-۲ داده‌های وارد شده به شبکه..... ... .....۴۷
جدول ۵-۳ نتایج حاصل از بکارگیری توابع آموزش مختلف..... ... ۴۹...
جدول ۵-۴ مشخصات مناسب شبکه عصبی..... ... ۵۲.
جدول ۵-۵ مشخصات هر دوره از آموزش..... ..... ۵۴
جدول ۵-۶ مقایسه نتایج SPSS وANN با داده‌های واقعی..... ... ..... ۵۵

# فهرست نمودارها

**شماره عنوان** **صفحه**

نمودار ۵-۱ آموزش شبکه با استفاده از تابع LOGSIG..... ۵۰
نمودار ۵-۲ آموزش شبکه با استفاده از تابع TANSIG..... ۵۰
نمودار ۵-۳ آموزش شبکه با استفاده از تابع PURELIN ..... ۵۱
نمودار ۵-۴ نمودار آنالیز حساسیت خروجی شبکه به ورودی ها..... ۵۶

# فهرست نقشه‌ها

**شماره عنوان** **صفحه**

شکل۳-۳ نقشه آماده‌سازی معدن Stillwater..... ..... ۲۱

## چکیده:

ماشین‌های حفار تمام مقطع از مهمترین ماشین‌های حفاری در تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی به شمار می‌روند. به دلیل قیمت بالای ماشین ارزیابی عملکرد در این روش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مهمترین شاخص ارزیابی عملکرد TBM نرخ نفوذ این دستگاه است. عوامل موثر متعددی بر نرخ نفوذ TBM تاثیر دارند که از جمله مهمترین این عوامل می‌توان ویژگی‌های سنگ بکر، ویژگی‌های توده سنگ و پارامترهای ماشین را نام برد. ویژگی‌های سنگ بکر شامل مقاومت فشاره تک محوره، مقاومت کششی و شکنندگی بوده و ویژگی‌های توده سنگ شامل امتداد و جهت یافتگی صفحات ضعیف می‌باشد. برای پیش بینی نرخ نفوذ روش‌های تجربی، روش‌های آماری و روش‌های نسبتا جدید هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر استفاده گسترده از روش‌های هوشمند در مسائل پیش‌بینی گزارش شده است. در این تحقیق با به کارگیری روش شبکه‌های عصبی و در نظر گرفتن خصوصیات ژئومکانیکی توده سنگ نرخ نفوذ TBM برای تونل انتقال آب کوئینز در نیویورک پیش‌بینی شده است. با استفاده از روش سعی و خطا، مدل بهینه در نظر گرفته شده دارای ساختار ۱-۱۰-۴ می‌باشد. نتایج مدل شبکه عصبی با نتایج بدست آمده از روش آماری (نرم افزار SPSS) و روش تجربی (فارمر گلوساپ) مقایسه گردید و مشاهده شد که مدل شبکه عصبی دارای بهترین ضریب تصمیم گیری ($R^2$=./۹۷) ، کمترین خطای مطلق (۱/.) و کمترین خطای نسبی (۰۱۶۴/.) نسبت به دو روش دیگر می‌باشد. همچنین آنالیز حساسیت برای داده‌های ورودی مشخص نمود که خروجی شبکه به ترتیب نسبت به ضریب شکنندگی و زاویه بین صفحات ناپیوستگی‌ها دارای بیشترین و کمترین حساسیت می‌باشد.