وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی

IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

مدل سازی بهره وری TBM در حفاری تونل انتقال آب گلاب

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی معدن گرایش استخراج

امیر حسین نوری زاده

استاد راهنما:

دکتر بیژن ملکی

بهمن ماه ۱۳۹۰

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی

IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی معدن

مدل سازی بهره وری TBM در حفاری تونل انتقال آب گلاب

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی مهندسی معدن گرایش استخراج

امیر حسین نوری زاده

استاد راهنما:

دکتر بیژن ملکی

استادید مشاور:

دکتر مهدی حسینی

مهندس نادر قاسم پور

بهمن ماه ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

تقدیر و تشکر

حال که با یاری خداوند متعال این پایان نامه به سرانجام رسیده است بر خود واجب و ضروری می دانم که از اساتید محترم جناب آقای دکتر ملکی، جناب آقای دکتر حسینی و جناب آقای مهندس قاسمپور که مرا در مراحل انجام آن یاری رساندند تشکر و قدردانی و برای کلیه عزیزانی که در این کشور در راه اعتلای علم و دانش گام بر می دارند آرزوی صحت، سلامت و موفقیت نمایم.

امیرحسین نوری زاده

بهمن ماه ۱۳۹۰

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

معاونت آموزشی – مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۳۰

فرم تأییدیه‌ی هیأت داوران جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه/رساله

بدین وسیله گواهی میشود جلسه دفاعیه از پایان نامه کارشناسی ارشد/ دکتری امیرحسین نوری زاده

دانشجوی رشته مهندسی عمران گرایش سازه تحت عنوان مدل سازی رفتار دینامیکی تونل انتقال آب ملاب

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۲۶ در دانشگاه برگزار گردید و این پایان نامه با نمره ۱۹ و درجه عالی مورد تایید هیئت داوران قرار گرفت.

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما	بیژن مکی	استادیار	بین المللی امام خمینی (ره)	
۲	استاد مشاور	مهدی حسینی	استادیار	بین المللی امام خمینی (ره)	
۳	داور خارج	مسعود منعمی	دانشیار	دانشگاه تربیت مدرس	
۴	داور داخل	علی فضلوی	استادیار	بین المللی امام خمینی (ره)	
۵	نماینده تحصیلات تکمیلی	محمدمهدی سفاری	استادیار	بین المللی امام خمینی (ره)	

بسمه تعالی

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

معاونت آموزشی دانشگاه- مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت پایان نامه

اینجانب سید حسین نوری زاده دانشجوی رشته مهندسی عمران (آب) مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد بدین وسیله اصالت کلیه مطالب موجود در مباحث مطروحه در پایان نامه / تز تحصیلی خود، با عنوان مدل سازی عددی TBM در خاک های لایه ای با استفاده از نرم افزار FLAC3D را تأیید کرده، اعلام می نمایم که تمامی محتوی آن حاصل مطالعه ، پژوهش و تدوین خودم بوده و به هیچ وجه رونویسی از پایان نامه و یا هیچ اثر یا منبع دیگری، اعم از داخلی، خارجی و یا بین المللی ، نبوده و تعهد می نمایم در صورت اثبات عدم اصالت آن و یا احراز عدم صحت مفاد و یا لوازم این تعهد نامه در هر مرحله از مراحل منتهی به فارغ التحصیلی و یا پس از آن و یا تحصیل در مقاطع دیگر و یا اشتغال و ... دانشگاه حق دارد ضمن رد پایان نامه نسبت به لغو و ابطال مدرک تحصیلی مربوطه اقدام نماید. مضافاً اینکه کلیه مسئولیت ها و پیامدهای قانونی و یا خسارت وارده از هر حیث متوجه اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو سید حسین نوری زاده

امضاء و تاریخ

۹۰/۱۱/۲۶

چکیده

ماشین های حفاری تمام مقطع به دلیل سرعت بالای حفاری، بهره وری و عملکرد بالایی را در اجرای تونل های بیش از ۶ کیلو متر به خود اختصاص داده اند. با توجه به افزایش به کارگیری شیوه های مکانیزه حفاری تونل از اوایل دهه نود، توانایی پیش بینی بهره وری دستگاه های حفاری به خصوص در پروژه های بلند مدت از اهمیت بالایی برخوردار شده است. تا کنون تحقیقات فراوانی برای ایجاد مدل های پیش بینی بهره روی TBM با توجه به شرایط زمین شناسی و پارامترهای دستگاه انجام شده است. لذا با توجه به اهمیت این موضوع پایان نامه حاضر به بررسی مدل های موجود محاسبه بهره روی و مقایسه آنها و همچنین ارائه مدلی بر اساس شبکه عصبی پرداخته است.

در این پایان نامه پس از معرفی انواع این مدل ها، نرخ نفوذ و بهره وری تونل گلاب توسط سه مدل Q_{TBM}، NTH و CSM مورد ارزیابی قرار گرفت. در مورد نرخ نفوذ، مدل Q_{TBM} مقادیر متفاوتی را در واحد های مختلف پیش بینی کرده است در حالیکه نتایج حاصل از دو مدل دیگر حدودا شبیه به هم بوده و نتایج مدل NTH به واقیت نزدیک تر است. در مورد ضریب بهره روی نیز از مدل سازی شبکه عصبی در کنار سه مدل فوق استفاده شد که نتایجی نزدیک به مدل CSM ارائه داد.

متوسط ضریب بهره وری در واحدهای آهکی توسط مدل های Q_{TBM} ، NTH، CSM و شبکه عصبی به ترتیب ۰/۶۹، ۰/۴۲، ۰/۲۹ و ۰/۳۰ پیش بینی شده است که در واقیت ۰/۲۷ بوده است. متوسط ضریب بهره وری در واحدهای دگرگونی به ترتیب ۰/۴۳، ۰/۳۹، ۰/۳۰ و ۰/۳۲ پیش بینی شده است که در واقیت ۰/۲۵ بوده است. متوسط ضریب بهره وری در واحدهای آذرین به ترتیب ۰/۶۸، ۰/۴۳، ۰/۴۱ و ۰/۴۲ پیش بینی شده است که در واقیت ۰/۲۹ بوده است. بنابر نتایج بدست آمده می توان گفت مدل CSM جهت ارزیابی بهره وری مناسب بوده و مدل شبکه عصبی می تواند مبنایی جهت استفاده از روش های هوش مصنوعی برای ارزیابی ضریب بهره وری قرار گیرد.

کلمات کلیدی

TBM، بهره روی، Q_{TBM}، NTH، CSM، شبکه عصبی، تونل انتقال آب گلاب

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست اشکال **ه-ز**

فهرست جداول **ح- ط**

۱- کلیات **۱-۴**

۱-۱- هدف ۲

۱-۲- پیشینه تحقیق ۲

۱-۳- روش کار ۴

۲- معرفی انواع ماشین های حفار تمام مقطع (TBM) **۵-۲۹**

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- انواع ماشین های حفار تمام مقطع ۷

۲-۳- ماشین های سنگ سخت ۹

۲-۳-۱- ماشین های باز یا کفشک دار ۹

۲-۳-۲- ماشین تک سپره ۱۳

۲-۳-۳- ماشین سپر تلسکوپی یا سپر دوبل ۱۵

۲-۴- انواع ماشین های حفر تمام مقطع تونل در زمین نرم (ماشین سپری) ۱۷

۲-۴-۱- اصول کار سپرها ۱۸

۲-۴-۲- انواع روش های تونل سازی سپری ۱۹

۲-۴-۲-۱- تقسیم بندی سپرها ۱۹

۲-۴-۲-۲- سپر باز ۲۰

۲-۴-۲-۳- سپر هوای فشرده ۲۱

۲-۴-۲-۴- سپر دوغابی ۲۲

۲-۴-۲-۵- سپر گلاب (ژاپنی) ۲۲

۲-۴-۲-۶- سپر آبی (آلمانی) ۲۳

عنوان **صفحه**

۲-۴-۲-۷- سپر تعادلی با فشار زمین ۲۳
۲-۵- مثال های موردی از تونل های حفر شده با TBM ۲۵
۲-۵-۱- تونل انتقال آب کوئینز ۲۵
۲-۵-۲- تونل اسمارت ۲۶
۲-۵-۳- تونل انتقال آب کرج – تهران ۲۷
۲-۵-۴- تونل انتقال آب گلاب ۲۸
۲-۶- جمع بندی ۲۹

۳- روش های پیش بینی نرخ نفوذ TBM بر اساس شرایط زمین شناسی مهندسی ۶۹-۳۰
۳-۱- مقدمه ۳۱
۳-۲- مدل های تئوری تجربی ۳۳
۳-۲-۱- روش بار تیغه ۳۳
۳-۲-۲- روش انرژی ویژه ۳۵
۳-۳- مدل های تجربی ۳۵
۳-۳-۱- مدل های آزمایشگاهی ۳۵
۳-۳-۲- تحقیقات و مطالعات صحرایی ۳۶
۳-۳-۲-۱- مدل Q_{TBM} ۳۶
۳-۳-۲-۲- مدل NTH ۳۸
۳-۴- نرخ نفوذ TBM در تونل گلاب ۴۹
۳-۴-۱- معرفی تونل گلاب ۴۹
۳-۴-۲- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی ۵۰
۳-۴-۳- زمین شناسی عمومی منطقه ۵۲
۳-۴-۴- زمین شناسی مهندسی تونل اصلی ۵۲
۳-۴-۵- تشریح ویژگی های واحدهای زمین شناسی مهندسی تونل اصلی ۵۴
۳-۴-۶- پارامترهای ژئومکانیکی ماده سنگ ۵۶

عنوان **صفحه**

۳-۴-۷- طبقه بندی مهندسی توده سنگ ها ۵۷

۳-۴-۸- پیش بینی نرخ نفوذ ۵۸

۳-۴-۸-۱- مدل Q_{TBM} ۵۸

۳-۴-۸-۲- مدل NTH ۶۳

۳-۴-۸-۳- مدل CSM ۶۵

۳-۵- جمع بندی ۶۸

۴- پیش بینی و مدل سازی بهره وری TBM در تونل گلاب **۷۰-۱۰۲**

۴-۱- مقدمه ۷۱

۴-۲- نرخ پیشروی ۷۳

۴-۳- بهره وری در مدل Q_{TBM} ۷۳

۴-۴- بهره وری در مدل NTH ۸۰

۴-۵- بهره وری در مدل CSM ۸۶

۴-۶- مقایسه روش ها ۹۲

۴-۷- محاسبه بهره وری واقعی در تونل گلاب ۹۳

۴-۸- مدل سازی بهره وری TBM در تونل گلاب ۹۸

۴-۸-۱- مبانی شبکه عصبی ۹۸

۴-۸-۲- پیش بینی ضریب بهره وری با استفاده از شبکه عصبی ۹۹

۴-۹- جمع بندی ۱۰۲

۵- نتیجه گیری **۱۰۳-۱۰۶**

۵-۱- مقدمه ۱۰۴

۵-۲- نتیجه گیری ۱۰۴

۵-۳- پیشنهادات ۱۰۵

منابع و مراجع **۱۰۸-۱۰۹**

فهرست اشکال

شماره شکل **صفحه**

(۲-۱) الف و ب به ترتیب نمایی از TBM سپری و TBM باز ۶
(۲-۲) نمایی از انواع اصلی ماشین های حفر تونل در سنگ سخت ۱۰
(۲-۳) محدوده کاری ماشین های مختلف، پیشنهاد شده از طرف شرکت رابینز ۱۱
(۲-۴) سیکل حفاری با ماشین باز ۱۲
(۲-۵) نمایی از یک ماشین باز وقسمت های مختلف آن ۱۲
(۲-۶) نمایی از ماشین سپر تکی و بخش های مختلف آن ۱۴
(۲-۷) سیکل پیشروی با ماشین تک سپره ۱۴
(۲-۸) نمونه ای از ماشین با سپر دوگانه، تونل انتقال آب گلاب ۱۵
(۲-۹) نمای سه بعدی از جزئیات ماشین حفار با سپر دوگانه ۱۶
(۲-۱۰) سیکل پیشروی ماشین با سپر دو گانه ۱۷
(۲-۱۱) روش های مختلف نگهداری سینه کار تونل ۱۹
(۲-۱۲) سپر باز با پیشانی برشی بسته ۲۱
(۲-۱۳) شمایی از یک سپر تعادلی ۲۴
(۲-۱۴) نمایی از TBM طراحی شده برای تونل کوئینز ۲۵
(۲-۱۵) نمایی از TBM طراحی شده برای تونل اسمارت ۲۷
(۲-۱۶) نمایی از TBM تونل گلاب ۲۸
(۳-۱) شکل عمومی توزیع فشار با معادله توانی ۳۴
(۳-۲) فاکتور درزه داری به صورت تابعی از فاصله داری درزه و ترک ها ۴۰
(۳-۳) نمودار تعریف DRI ۴۱
(۳-۴) مقادیر DRI حاصله از آزمون ها در انستیتو تکنولوژی نروژ ۴۲
(۳-۵) مقادیر CLI حاصله از آزمون ها در انستیتو تکنولوژی نروژ ۴۲
(۳-۶) میزان نیروی محوری اعمالی بر هر تیغه برشی بر اساس قطر تیغه و تونل ۴۳
(۳-۷) رابطه سرعت چرخش پیشانی برشی با قطر ماشین و قطر تیغه برشی ۴۴

شماره شکل **صفحه**

(۳-۸) توان نصب شده بر پیشانی برشی..... ۴۵

(۳-۹) رابطه نیروی رانش بحرانی و ضریب ثابت b با فاکتور خردشدگی معادل یا K_{ekv}..... ۴۶

(۳-۱۰) تعیین ضریب تصحیح تخلخل..... ۴۷

(۳-۱۱) نمودار تعیین ضریب k_{DRI}..... ۴۷

(۳-۱۲) ضرایب تصحیح برای الف) قطر TBM و ب) فاصله دیسک کاترها..... ۴۸

(۳-۱۳) نمودار تعیین نرخ نفوذ بر اساس خواص توده سنگ و ماشین..... ۴۹

(۳-۱۴) نمایی از گستره مورد مطالعه تونل اصلی به همراه تونل دسترسی..... ۵۱

(۳-۱۵) راههای دسترسی به کارگاه تونل اصلی گلاب..... ۵۱

(۳-۱۶) رابطه تنش مماسی روی سقف با عمق در تونل گلاب..... ۶۰

(۳-۱۷) هیستوگرام پیش بینی تغییرات نرخ نفوذ TBM بر حسب متر بر ساعت بر اساس مدل Q_{TBM}..... ۶۰

(۳-۱۸) تغییرات لگاریتمی - خطی نرخ نفوذ و نرخ پیشروی با Q_{TBM}..... ۶۱

(۳-۱۹) هیستوگرام پیش بینی تغییرات نرخ نفوذ TBM برحسب متر بر ساعت براساس مدل NTH..... ۶۳

(۳-۲۰) صفحه گسترده برای محاسبه نرخ نفوذ ماشین در مدل CSM..... ۶۶

(۳-۲۱) هیستوگرام پیش بینی تغییرات نرخ نفوذ TBM برحسب متر بر ساعت براساس مدل CSM..... ۶۸

(۴-۱) کاهش نرخ متوسط پیشروی نسبت به زمان (روز، هفته و ماه)..... ۷۵

(۴-۲) رابطه میان شاخص کیفی تونل زنی در سنگ و ضریب کاهش بهره وری..... ۷۶

(۴-۳) هیستوگرام پیش بینی تغییرات نرخ پیشروی TBM بر حسب متر در روز بر اساس مدل Q_{TBM}..... ۷۸

(۴-۴) عمر پایه تیغه های برشی..... ۸۱

(۴-۵) ضریب تصحیح عمر تیغه، k_Φ، برای قطر TBM..... ۸۱

(۴-۶) ضریب تصحیح برای محتوی کوارتز سنگ..... ۸۲

(۴-۷) تعداد معمول تیغه ها برحسب قطر TBM و تیغه برشی برای قطر تیغه ۳۹۳ و ۵۰۰ میلیمتر..... ۸۲

(۴-۸) تعداد معمول تیغه ها برحسب قطر TBM و تیغه برشی برای قطر تیغه ۳۹۴ و ۴۸۳ میلیمتر..... ۸۳

(۴-۹) زمان تعمیر و نگهداری بر اساس نرخ نفوذ..... ۸۳

(۴-۱۰)هیستوگرام پیش بینی تغییرات نرخ پیشروی TBM بر حسب متر در روز بر اساس مدل NTH..... ۸۶

(۴-۱۱)هیستوگرام پیش بینی تغییرات نرخ پیشروی TBM بر حسب متر در روز بر اساس مدل CSM..... ۹۱

شماره شکل **صفحه**

(۴-۱۲) نمونه ای از برگه اپراتوری برای ثبت اطلاعات مربوط به عملکرد ماشین با سپر دوگانه..... ۹۳
(۴-۱۳) برگه اپراتوری برای ثبت پارامترهای راهبری ماشین در هر سیکل حفاری با ماشین از نوع باز..... ۹۴
(۴-۱۴) نمونه ای از خروجی PLC دستگاه در پروژه تونل انتقال آب کرج..... ۹۴
(۴-۱۵) بهره وری در مدل Q_{TBM} بر حسب مقادیر واقعی..... ۹۷
(۴-۱۶) بهره وری در مدل NTH بر حسب مقادیر واقعی..... ۹۷
(۴-۱۷) بهره وری در مدل CSM بر حسب مقادیر واقعی..... ۹۷
(۴-۱۸) مقایسه پیش بینی بهره وری شبکه عصبی با مقادیر واقعی..... ۱۰۱
(۴-۱۹) مقایسه نتایج بهره وری واقعی با مدل ها..... ۱۰۲

فهرست جداول

شماره جدول **صفحه**

(۲-۱) طبقه بندی ماشین های حفر تونل ۸

(۲-۲) مزایای سپر EPB در مقایسه با سپرهای گلاب و کور ۲۳

(۳-۱) برخی از مدل های پیش بینی عملکرد ماشین و پارامترهای ورودی و خروجی آن ها ۳۲

(۳-۲) طبقه بندی شکستگی ها ۴۰

(۳-۳) سرعت مجاز تیغه های برشی ۴۴

(۳-۴) توصیف صحرایی واحد های لیتولوژیکی شناسایی شده در مسیر تونل ۵۳

(۳-۵) خصوصیات ماده سنگ در واحدهای مختلف مسیر تونل ۵۷

(۳-۶) نتایج طبقه بندی مهندسی در واحدهای سنگی مسیر تونل اصلی گلاب ۵۸

(۳-۷) مشخصات فنی TBM تونل انتقال آب گلاب ۵۹

(۳-۸) نتایج پیش بینی نرخ نفوذ TBM با استفاده از روش Q_{TBM} ۶۲

(۳-۹) نتایج پیش بینی نرخ نفوذ TBM با استفاده از روش NTH ۶۴

(۳-۱۰) عوامل محدود کننده و محاسبه شده توسط صفحه گسترده ۶۷

(۳-۱۱) نتایج پیش بینی نرخ نفوذ TBM با استفاده از روش CSM ۶۷

(۴-۱) عوامل موثر در سرعت پیشروی ماشین ۷۳

(۴-۲) رابطه میان شاخص کیفی تونل زنی در سنگ و ضریب کاهش بهره وری ۷۶

(۴-۳) نتایج پیش بینی بهره وری و نرخ پیشروی TBM با استفاده از روش Q_{TBM} ۷۹

(۴-۴) عوامل مؤثر بر عمر تیغه برشی ۸۱

(۴-۵) زمان فعالیت های متفرقه و سرویس سیستم پشتیبانی ۸۴

(۴-۶) نتایج پیش بینی بهره وری در مدل NTH ۸۵

(۴-۷) نتایج پیش بینی نرخ پیشروی TBM با استفاده از روش NTH ۸۵

(۴-۸) تاخیرات ناشی از تراوش آب ۸۸

(۴-۹) تاخیرات ناشی از سیستم ترابری ۸۹

(۴-۱۰) تاخیرات ناشی از نصب نگهداری موقت ۸۹

شماره جدول **صفحه**

(۴-۱۱) نتایج پیش بینی بهره وری در مدل CSM ۹۰
(۴-۱۲) نتایج پیش بینی نرخ پیشروی TBM با استفاده از روش CSM ۹۱
(۴-۱۳) داده های ثبت شده برای تونل گلاب و بهره وری محاسبه شده ۹۶
(۴-۱۴) دسته بندی و کد گذاری واحدهای زمین شناسی ۱۰۰
(۴-۱۵) دسته بندی و کد گذاری RQD، درصد کواتز و RMR ۱۰۰
(۴-۱۶) نتایج حاصل از پیش بینی بهره روی توسط شبکه عصبی ۱۰۱

فصل اول

کلیات

۱ ـ ۱ ـ هدف

امروزه در اقتصاد تمامی کشورها ارتقای بهره وری به الویتی ملی تبدیل شده است. اقتصاد دانان، ادامه حیات و بقای اقتصادی کشورها را به توانایی مستمر در کسب تولید بهینه در ازای هر واحد ستاده وابسته می دانند. بهبود بهره وری استفاده بهینه از منابع به کار گرفته و افزایش نرخ تولید را در بر دارد. بنابراین در دراز مدت، بهره وری امکان پرداخت دستمزد های بالاتر به کارگران را فراهم می کند و این امر موجب رضایت و خشنودی کارگران است. رضایت و خشنودی روحیه را تقویت می کند و به دنبال آن بهره وری نیروی کار و تولید افزایش می یابد.

بهره وری زمانی ویا هزینه ای، به عنوان یک شاخص جامع، معرف عملکرد دستگاه TBM می باشد. در محاسبه و آنالیز بهره وری زمانی، بایستی تمامی داده ها در یک بازه زمانی یکسان مورد تحلیل قرار گیرند. با افزایش زمان مورد تحلیل، شاخص بهره وری کاهش می یابد که دلیل این امر افزایش زمان استراحت دستگاه و عدم استفاده مفید از آن می باشد.

با توجه به اینکه بخشی از پروژه تونل انتقال آب گلاب اجرا شده است (قطعه ۱)، هدف از اجرای این پایان نامه تجزیه و تحلیل داده های قسمت اجرا شده و پیدا کردن ارتباط مناسب بین آنها به منظور پیش بینی و افزایش بهره وری در ادامه پروژه (قطعه ۲) توسط مدل های تئوری، تجربی و شبکه عصبی می باشد. همچنین این پایان نامه می تواند الگویی مناسبی برای ارزیابی بهره وری ماشین های حفار در سایر پروژه های مشابه ارائه دهد.

۱ ـ ۲ ـ پیشینه تحقیق

باتوجه به موضوع این پایان نامه، مقاله های ذیل از لحاظ محتوایی در این زمینه بوده و مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته اند.

- مقاله ای تحت عنوان "مدل سازی عملکرد TBM توسط شبکه عصبی[۱]" در سال ۲۰۰۴ توسط بناردوس[۲] در السیویر[۳] ارائه شده است. در این مقاله عملکرد ماشین TBM در حفاری قطعه ای از تونل مترو شهر آتن مورد بررسی قرار گرفته و توسط شبکه عصبی مدل سازی شده است. پارامترهای ژئومکانیکی و مکانیک سنگی ازجمله RQD، RMR، UCS، سطح آب زیرزمینی، هوازدگی و عمق روباره از ۰ تا ۳ کد کذاری شده و به همراه داده

[1] Modelling TBM performance with artificial neural networks
[2] Benardos
[3] Elsevier

های واقعی عملکرد ماشین به عنوان ورودی شبکه عصبی در نظر گرفته شده است. در انتها پیش بینی عملکرد ماشین توسط شبکه عصبی با مقادیر واقعی مقایسه شده است.

• مقاله ای تحت عنوان "پیش بینی نرخ نفوذ TBM توسط شبکه عصبی در سنگ سخت[1]" توسط میکائیلی، فروغ، خالوکاکایی و عطایی در هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران در سال ۲۰۰۹ به چاپ رسیده است. در این مقاله نرخ نفوذ تونل انتقال آب کوئینز[2] مدل سازی شده است. پارامترهایی از جمله مقاومت تراکم تک محوری، شاخص شیب ماکزیمم، فواصل صفحات ضعف و شرایط ناپیوستگی ها به عنوان ورودی و نرخ نفوذ ماشین به عنوان خروجی مدل در نظر گرفته شده است.

• مقاله ای تحت عنوان "پیش بینی ضریب بهره وری ماشین های حفر تونل بدون سپر" توسط یاوری و مهدوری در نشریه علمی پژوهشی مهندسی معدن (دوره دوم، شماره سوم) در سال ۱۳۸۶ به چاپ رسیده است. در این مقاله در ابتدا مدل های NTH و CSM مورد بررسی قرار گرفته سپس با در نظر گرفتن بانک اطلاعاتی چندین تونل از تحلیل آماری دو متغیره و چند متغیره و شبکه عصبی جهت مدل سازی ضریب بهره روی استفاده شده است و در انتها به پیش بینی ضریب بهره وری تونل گاوشان توسط مدل پرداخته شده است.

• مقاله ای تحت عنوان " مقایسه بین CSM و NTH، مدل های پیش بینی عملکرد TBM در سنگ سخت[3]" توسط رستمی، ازدمیر[4] و نیلسون[5] در سایت مدرسه معدن کلرادو ارائه شده است. در این مقاله اهمیت عملکردی و هزینه ای ماشین TBM در سنگ سخت مورد بررسی قرار گرفته و شرایط استفاده و اصلاحیه های دو مدل فوق به عنوان رایج ترین آنها مقایسه شده است.

• مقاله ای تحت عنوان " مقایسه بهره روی و نرخ پیشروی دستگاه TBM در پروژه تونل انتقال آب کرج-تهران با استفاده از مدل های تجربی" توسط اورعی، صالح زاده و صالحی در چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران در دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۷ ارائه شده است. در این مقاله پس از معرفی دو مدل RMI و Q_{TBM}، عملکرد ماشین در این تونل توسط این مدل ها مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نتایج مدل Q_{TBM}از قابلیت بهتری برخوردار بوده است.

---

[1] Prediction of TBM Penetration Rate with Generalized Regression Neural Network in Hordrock Condition
[2] Queens Water Tunnel
[3] Comparison between CSM and NTH, Hard rock TBM Performance Prediction Models
[4] Ozdemir
[5] Nilson

۱ ـ ۳ ـ روش کار

در این پایان نامه در فصل دوم انواع ماشین های حفاری تمام مقطع تونل و نحوه کاربرد آن در شرایط مختلف زمین توصیف شده و در انتهای فصل به چند مثال موردی از پروژه های تونل سازی در ایران و خارج از کشور و شرایط عملکرد ماشین در آنها اشاره شده است.

در فصل سوم برخی مدل های موجود برای پیش بینی نرخ نفوذ TBM با توجه به شرایط زمین شناسی که عموما بر پایه دو اصل مشاهدات صحرایی و آزمون های آزمایشگاهی ایجاد شده اند معرفی شده و در انتهای فصل ابتدا به معرفی پروژه تونل انتقال آب گلاب پرداخته شده و سپس پیش بینی نرخ نفوذ TBM این تونل توسط روش های Q_{TBM}، NTH و CSM مورد بررسی قرار گرفته است.

در فصل چهارم پس از توصیف نحوه تعیین بهره وری از مدل های فوق، بهره وری این تونل توسط این مدل ها تخمین زده شده است. پس از تخمین بهره وری، در امتداد آن نرخ پیشروی ماشین پیش بینی شده است. سپس بهره وری واقعی تونل گلاب با استفاده از اطلاعات ثبت شده توسط اپراتورها، محاسبه شده است. در انتها با نوع ساده ای از شبکه عصبی بهره روی این تونل مدل سازی شده، نتایج با مدل های دیگر و مقادیر واقعی مقایسه شده است.

نهایتا در فصل پنجم به نتیجه گیری و پیشنهادات پرداخته شده است.