ماموت

دو فصلنامه علمی دانشجویی ماموت
مکانیزاسیون و اتوماسیون در معدنکاری و تونلسازی
سال اول – شماره اول – زمستان و بهار ۹۷-۹۶

- گفتگو با دکتر جمال رستمی
- واگرایی دانشگاه و صنعت
- معرفی آزمایشگاه حفاری مکانیزه
- رابینز سخت‌تر از سنگ

دانشگاه تربیت مدرس
معاونت فرهنگی و اجتماعی

مهندس

دو فصلنامه علمی دانشجویی ماموت

مکانیزاسیون و اتوماسیون در معدنکاری و تونلسازی

سال اول ■ شماره اول ■ زمستان و بهار ۹۷-۹۶

شناسنامه

صاحب‌امتیاز	انجمن علمی دانشجویی حفاری مکانیزه معاونت فرهنگی و اجتماعی
مدیرمسئول	کاوش رستمی
سردبیر	وحید امینی
استاد مشاور	دکتر جعفر خادمی حمیدی
هیئت تحریریه	مهدی محمدی سهراب ناصر مستوفی کاوش رستمی وحید امینی عبدالله راستگو محمّد ایزدشناس عاطفه اسمعیلی آرشام مؤیدی فر فرشید نظمی علی عطاریان سجاد علی‌مدد
ویراستار علمی	محمّد ایزدشناس عبدالله راستگو
طراح لوگو	محمّد ایزدشناس
مدیر هنری	محمد گلماه
طراح جلد و صفحه‌آرا	گروه هنری ماژ

این نشریه دارای مجوز شماره ۱۷۳۳۳/د۱۹۳

در تاریخ ۱۳۹۶/۰۶/۰۴ از معاونت فرهنگی و اجتماعی

دانشگاه تربیت مدرس می باشد.

mea@modares.ac.ir

021-82884371

t.me/MEA_TMU

لنز ماموت

معرفی آزمایش

هنرمندی در دل معدن

۳۰

مصاحبه با دک

۲۸

خلاصه ای از WTC 2018 دبی

فهرست

بسم الله الرحمن الرحیم

مقدمه

سخن نخست ۴

یادداشت

واگرایی دانشگاه و صنعت ۵

بخش ویژه

معرفی آزمایشگاه حفاری مکانیزه ۶

مقاله

تحلیل زیرسیستم های سپر EPB
با در نظر گرفتن عوامل غیر مستقیم ۱۰

آشنایی با پروژه‌ها

حفاری زیر رودخانه کارون ۱۶

مصاحبه ۱

مصاحبه با دکتر جمال رستمی ۱۸

معرفی

رابینز سخت تر از سنگ ۲۱

گزارش

کنگره ملی زغال سنگ ۲۵

خلاصه ای از WTC 2018 دبی ۲۸

مصاحبه ۲

هنرمندی در دل معدن ۳۰

چکیده مقالات ۳۲

اخبار و رویدادها ۳۴

لنز ماموت ۳۵

آزمایشگاه حفاری مکانیزه

ME

Mechanized Excavation Lab

۶

شگاه حفاری مکانیزه

کتر جمال رستمی

۱۸

سخن نخست

امنیت، حمل‌ونقل سریع، افزایش جمعیت، محدودیت منابع و حفاظت از محیط‌زیست، مهم‌ترین عواملی هستند که تمامی ذینفعان شهری را بر آن داشته تا با استفاده هوشمندانه از فضاهای زیرزمینی شرایط مناسب‌تری را برای زندگی بهتر و کسب‌وکارپررونق‌تر فراهم آورند.

این مهم بیش از دو دهه است که در کشور ما درک شده و در چند سال اخیر تلاش‌های قابل‌ستایشی برای بومی‌سازی آن به انجام رسیده است. اکنون‌که در دوران شکوفایی صنعت حفاری ایران هستیم، انجمن علمی دانشجویی حفاری مکانیزه دانشگاه تربیت مدرس بر اساس رسالت دانشگاهی خود سعی دارد با تکیه‌بر تجارب اساتید و کوشش دانشجویان، به‌عنوان رابط بین صنعت و دانشگاه، در آینده نزدیک نیازهای صنعت حفاری در بخش طراحی، ساخت، برنامه‌ریزی و دیگر عوامل مرتبط را مرتفع سازد. نظر به اینکه در حال حاضر در کشور پروژه‌های بسیاری در حال طراحی، اجرا و یا بهره‌برداری هستند، نیاز به نیروی انسانی ماهر در تمامی بخش‌ها، اطلاع از آخرین و تازه‌ترین علوم تولیدی در مراکز علمی سراسر دنیا و آشنایی با فنون کاربردی مورداستفاده در پروژه‌های بین‌المللی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. این هدف، میسّر نخواهد شد جز با تبادل اطلاعات، بازدید از تونل و معادن، برگزاری کلاس‌های آموزشی، دعوت از افراد متخصص و برگزاری سخنرانی که همه این موارد از برنامه‌های انجمن علمی دانشجویی حفاری مکانیزه دانشگاه تربیت مدرس برای دستیابی به اهداف فوق بوده است. به همین منظور پس از پیگیری‌های لازم، امتیاز انتشار نشریه «ماموت» در زمینه مکانیزاسیون و اتوماسیون صنعت حفاری به دست آمد.

«ماموت» به‌عنوان یک مرجع مناسب برای ثبت تجربیات در زمینه حفاری مکانیزه تونل و فضاهای زیرزمینی و انتقال آن بین متخصصان این حوزه اعم از استادان، مهندسان و کارشناسان مرتبط مورداستفاده قرار می‌گیرد.

مواردی که در مسیر اهداف نشریه ماموت قرار دارند، عبارت‌اند از:

- ارائه مقالات علمی و کاربردی
- معرفی پروژه‌های در دست اجرا و اتمام یافته
- معرفی روش‌های نوین در حفاری مکانیزه
- انتشار اخبار و اطلاعات صنعت حفاری

نشریه از تمامی اعضای حقیقی انجمن علمی دانشجویی حفاری مکانیزه دانشگاه تربیت مدرس و تمامی افراد دانشگاهی و نیز افرادی که به هر نحو با صنعت حفاری مرتبط هستند، دعوت به همکاری نموده و از مشارکت آنان در این حوزه استقبال می‌کند

امید است با همکاری و همدلی تمامی دوستان بتوان گامی در پیشرفت اهداف ذکرشده برداشت.

واگرایی دانشـــگاه و صنعت

سهراب ناصرمستوفی
کارشناسی ارشد مهندسی معدن
sohrabmostofi@gmail.com

هرچند تولید انبوه و صنعتی کارشناس و کارشناس ارشد، خرید و فروش پایان‌نامه و یا سرقت علمی برای ارتقا رتبه اعضای هیئت علمی در هر مقیاسی امروزه به آفتی خطرناک برای جامعه دانشگاهی تبدیل‌شده و توجه کارشناسان و مسئولین را معطوف به خود کرده است؛ اما نباید به‌عنوان تنها نگرانی حال حاضر آموزش عالی در نظر گرفته شود زیرا اهمیت مسئله «واگرایی دانشگاه و صنعت» نه‌تنها کم‌تر از آن نیست بلکه به نظر می‌رسد در سال‌های آتی نگران‌کننده ترین معضل دانشگاه، بازار کار و بخش تولید کشور باشد.

موارد اولی که به آن‌ها اشاره شد معمولاً توسط برخی از دانشجویانی که هدف اصلی‌شان از تحصیل، اخذ مدرک است و یا استادانی که قصد دارند ره صد ساله را طی چند شب بپیمایند صورت می‌پذیرد. هرچند می‌دانیم اشکالاتی در قوانین وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری و یا اشتباه تاکتیکی دانشگاه‌های کشور از علل اصلی آن است که حتماً هم باید اصلاح شود، می‌توانیم با قاطعیت ادعا کنیم دانشگاهیان طالب علم، خلاق و زحمت‌کش از آن مبرا هستند؛ اما مورد متأخر، یعنی عدم همخوانی آموزش‌های دانشگاهی با نیازهای روزمره کشور که خصوصاً در بخش‌های صنعتی نظیر کشاورزی، معدن و عمران خود را نمایان می‌کند، موجب جذب نشدن فارغ‌التحصیلان نخبه دانشگاه‌های برتر کشور در مراکز تولیدی می‌شود. می‌دانیم این مسئله نه به خاطر لغزش‌های اخلاقی و قانونی دانشگاهیان بلکه به علت استراتژی اشتباه و غیرکاربردی برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران کلان امر آموزش عالی است و قطعاً در آینده‌ای نه‌چندان دور مشکلات عدیده‌ای را پیشروی اقتصاد کشور قرار خواهد داد.

مطابق بند ۷ از اصل ۴۳ قانون اساسی، «استفاده از علوم و فنون و تربیت افراد ماهر نسبت به احتیاج برای توسعه و پیشرفت اقتصاد کشور» الزامی است و بر اساس بند ۹ همان اصل، «تأکید برافزایش تولیدات کشاورزی، دامی و صنعتی که نیازهای عمومی را تأمین کند و کشور را به مرحله خودکفایی برساند و از وابستگی برهاند» از اصول اساسی اقتصاد کشور است. امّا سؤال اینجاست که آیا مسیری که این روزها در دانشگاه‌ها طی می‌شود -با تأکید بر رشته‌های فنی- و دروسی که به دانشجویان تدریس می‌شود یا سایر اقدامات آموزشی و پژوهشی دانشگاه‌ها، فارغ‌التحصیلانی کارآمد برای جذب در بازار کار و از آن مهم‌تر مهندسانی خلاق به

منظورِ ارتقاءدادن کیفیت، کمیت و بهره‌وری تولید کشور تربیت می‌کند؟! آیا آن درصد از فارغ‌التحصیلان جذب‌شده به بازار کار در پیشرفت صنعت، معدن و عمران کشور نقش دارند؟! چه میزان از علمی که در دانشگاه تولید می‌شود و یا چه تعداد از عالمانی که در آنجا تربیت می‌شوند کمکی به اقتصاد کشور می‌کنند و چقدر کمک می‌کنند؟

با نگاهی به «دفترچه راهنمای انتخاب رشته آزمون کارشناسی ارشد ناپیوسته سازمان سنجش آموزش کشور سال ۱۳۹۶» خواهیم دید امسال بیش از ۱۰۰۰۰ نفر برای آموزش تکمیلی رشته‌های فنی و مهندسی وارد دانشگاه‌های سراسر کشور می‌شوند! اگر با توجه به رشد تصاعدی دانشگاه‌های کشور در چند سال گذشته متوسط عدد فوق برای ۲۰ سال گذشته را ۳۰۰۰ نفر در سال در نظر بگیریم و فرض کنیم تنها ٪۵۰ از افراد واردشده فارغ التحصیل شده باشند یعنی در ۲۰ سال گذشته نزدیک به ۳۰۰۰۰ نفر کارشناس ارشد در انواع رشته‌های فنی و مهندسی فارغ‌التحصیل و آماده جذب در بازار کار شده‌اند. آیا واقعاً چنین تعدادی در رشته‌های تخصصی خود جذب‌شده‌اند؟ آیا در غیر از صنایع نوین که به همت همین عزیزان بنیان گذاری شده است، در کشاورزی، معدن، عمران و سایر صنایع، کشور در ۲۰ سال گذشته پیشرفت و یا حتی تغییری که حاصل علم این فارغ‌التحصیلان باشد را شاهد بوده ایم؟ شاید شرایط امروز اقتصاد کشور پاسخی مناسب به این پرسش بدهد. به نظر می‌رسد برای خروج از شرایط کنونی و کارا کردن علم تولیدی در دانشگاه‌های کشور باید هماهنگی‌های اساسی بین دستگاه‌های عرضه‌کننده علم -وزارت علوم، تحقیقات و فن‌آوری و دانشگاه آزاد اسلامی- و مراکز مصرف‌کننده آن اعم از نهادهای دولتی مانند وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌های کشور و وزارت کشاورزی و سازمان‌های صنفی و تخصصی مانند اصناف و سازمان‌های نظام‌مهندسی انجام شود. به‌نحوی‌که حتی نحوه گزینش، تعداد دانشجویان و دروس آموزشی بر اساس نیازهای مصرف‌کنندگان تعیین شود. همان گونه که امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته دنیا انجمن‌های کارآفرینان و تولیدکنندگان با توجه به آینده بازار و نیازهای کسب‌وکارشان از دانشگاه‌های کشورشان تعداد معینی فارغ‌التحصیل با تخصص‌های مشخصی را خواستارند؛ دانشگاه فنی یوتا، دانشگاه معدن آلاسکا و دانشگاه کلرادو از بهترین مثال‌های این مورد هستند.

معرفی آزمایشگاه حفاری مکانیزه

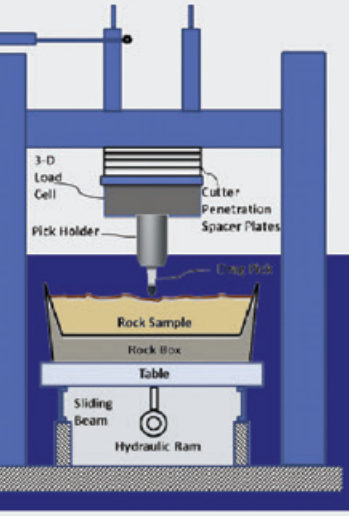
مهدی محمدی
دکتری مهندسی معدن دانشگاه تربیت مدرس
mehdi.mohamadi63@gmail.com

عبدالله راستگو
کارشناسی ارشد مهندسی معدن دانشگاه تربیت مدرس
a.rastgoo71@gmail.com

آزمایشگاه حفاری مکانیزه دانشـگاه تربیت مدرس، در سال ۱۳۹۴ به همت تعـدادی از اساتید و دانشـجویان جـوان بخش مهندسی معدن این دانشگاه تاسیس و راه اندازی شد. هدف از تاسیس ایـن مـرکـز آزمایشـگـاهی، انجـام تحقیق هـای بنیادی و کاربردی در زمینه حفاری مکانیکی و مکانیزاسیون در مهندسی معدن و تونل سازی با تمرکز روی مطالعات پژوهشی، طراحی، ساخت و توسعه آزمون های مرتبط با حفاری مکانیزه و ارائه خدمات تخصصی به صورت همزمان به جامعه دانشگاهی و صنعت حفاری مکانیزه کشور می باشد.

در این آزمایشگاه، آزمون های شاخص قابلیت حفاری سنگ و همچنین آزمون های برش پذیری سنگ انجام می شود. در حال حاضر اعضاء آزمایشگاه حفاری مکانیزه قـادر به ارائـه مشـاوره و تأمین خدمات علمـی و آزمایشـگاهی در زمینه های ذیـل می باشند:

- انجام آزمون‌های شاخص قابلیت حفاری (از جمله سختی، تردی و ساینده‌گی سنگ)
- انجام آزمون برش پذیری سنگ با استفاده از ماشین برش خطی کوچک مقیاس و تعیین پارامترهای طراحی کله حفار
- تعیین شاخص درشتی خرده‌های حفاری و برش سنگ
- آزمون اندیس ساینده‌گی سنگ با استفاده از دستگاه سرشار (مدل وست)
- آزمون سایش نروژی AVS ، AV و SAT
- تعیین شکنندگی سنگ با استفاده از آزمون نفوذ پانچ
- تعیین تردی سنگ با استفاده از آزمون S_{20}
- آزمون سختی واجهشی سنگ با استفاده از چکش اشمیت (مدل اصلی ساخت شرکت Proceq)
- تعیین سختی سطحی سنگ در مقابل نفوذ با استفاده از آزمون چالزن مینیاتوری
- تخمین عمر ابزار برش، تعیین شاخص سایش سرمته و نرخ حفاری در سنگ
- انتخاب نوع ماشین حفار، ابزار برش و طراحی آن‌ها
- شبیه‌سازی فرآیند برش سنگ در روش‌های حفر مکانیکی
- پیش بینی عملکرد ماشین‌های حفار مکانیکی شامل ماشین‌های استخراج زغال، چالزن، ماشین حفار بازویی (رودهدر)، ماشین حفر چاه و دویل و ماشین حفر تونل تمام مقطع (TBM)



معرفی برخی از آزمون‌ها

۱- آزمون برش خطی سنگ کوچک مقیاس

آزمون برش سنگ کوچک مقیاس یکی از آزمون‌های ساده و درعین حال پرکاربرد است که برای ارزیابی برش‌پذیری سنگ، کنترل و بهینه‌سازی فرایند برش، پیش بینی عملکرد و طراحی کله‌گی ماشین های حفاری در مهندسی معدن و عمران استفاده می‌شود. هدف از انجام این آزمایش بررسی ارتباط بین نیروهای برش، حجم خرده سنگ حفاری و راندمان برش در آزمایشگاه و ارتباط آن با عوامل عملیاتی ماشین در شرایـط واقعی است. این دستگاه شامل یک ماشین هیدرولیکی برای تأمین حرکت خطی، یک تیغه فولادی با هندسه و سختی مشخص برای ایجاد شیار روی سنگ، دینامومتر و دیتالاگر به ترتیب برای اندازه‌گیری و ثبت آنلاین نیـروهای برش و یک گیره برای استقرار نمونه است. با توجه به کاربرد و اهمیت آزمـون برش سنگ کوچک مقیـاس، بخش مهندسی معدن دانشگاه تربیت مدرس برای اولین بار در ایران اقدام به طراحی و ساخت تجهیزات این آزمون نموده است. این مدل از ماشین بر اساس دانش بومی و برای شرایط زمین‌شناسی کشور طراحی و ساخته شده است.

آماده‌سازی نمونه، سازوکار جمع‌آوری دقیق خرده‌های حاصل از برش سنگ، دقت و صحت نتایج دینامومتر، تفسیر دقیق نتایج و اطمینان از درستی انجام آزمون و نیاز به تکرار دفعات آزمایش برش خطی سنگ کوچک‌مقیاس را به یکی از آزمون‌های دشوار با کار زیاد برای رسیدن به دقت مناسب تبدیل می‌کند.

۲- آزمون چالخوری مینیاتوری سیورزجی (SJ)

این آزمایش توسط سیورز در سال ۱۹۵۰ توسعه داده شد. آزمون چالخوری مینیاتوری سیورز برای اندازه‌گیری سختی سطح سنگ (مقاومت در برابر فرورفتگی) است. آزمایش بر روی نمونه سنگ برش خورده انجام می‌شود. آزمایش به این صورت است که یک مته مینیاتـوری بـا هندسـه مشخص و بـا سـرعتی معین، ۲۰۰ دور دوران‌می‌کند و یک چال در سنگ حفر می‌کند. بار اعمال شده برای حفر سنگ ثابت و معادل ۲۰ کیلوگرم است. این آزمون ۴ الی ۸ بار تکرار می‌شود و مقدار میانگین عمق چال‌های به دست آمده به عنوان مقدار سیورزجی (SJ) گزارش می‌شود.

نکته حائز اهمیت در این آزمون آن است که برای حصول نتایج دقیق، بایستی پس از هر آزمایش تمامی مته‌ها مجدداً و مطابق با استاندارد تیز شود. این کار با توجه به جنس این مته‌ها، باعث بالا رفتن قیمت تمام شده این آزمون می‌شود.

مشخصات آزمون چالخوری مینیاتوری سیورزجی (SJ) در آزمایشگاه حفاری مکانیزه

قطر مته (mm)	زاویه راس مته (گرادیان)	جنس مته	سرعت دوران (rev/min)	تعداد دوران	دقت اندازه گیری عمق چال (mm)	تعداد تکرار
۸.۵	۱۱۰	کاربید تنگستن	۱۸۰ (قابل تنظیم)	۲۰۰	۰.۱	۴-۸

۳- آزمون تعیین اندیس ساینده‌گی سرشار (سورشار)

آزمایش سرشار به عنوان آزمونی شاخص برای طبقه‌بندی ساینده‌گی سنگ بکار برده می‌شود. در طرح اصلاح شده وست (West) در سال ۱۹۸۹، پین و وزنه (بار مرده) ثابت بوده و نمونه سنگ حرکت داده می‌شود. پس از محکم کردن نمونه سنگ در گیره دستگاه، یک پین فولادی با سختی مشخص و با نوک مخروطی با زاویه نوک (رأس) ۹۰ درجه و تحت بار ۷۰ نیوتن (۷ کیلوگرم) به‌اندازه ۱۰ میلی‌متر طی مدت زمان مشخص روی سطح سنگ کشیده می‌شود. با این کار نوک پین در سنگ فرورفته و خراش (شیاری) ایجاد می‌کند. نوک پین در اثر خراش، حالت تیزی نوک خود را ازدست‌داده و مقداری پهن می‌شود. مقدار پهن‌شدگی با یک میکروسکوپ با حداقل بزرگ نمایی 25X اندازه‌گیری می‌شود. پین‌های مورد استفاده در آزمایشگاه حفاری مکانیزه دانشگاه تربیت مدرس، مطابق با استاندارد ISRM2013 از نوع فولاد آلیاژی که از طریق عملیات حرارتی تا سختی ۵۵ راکول سخت شده، تهیه شده است. تک تک پین‌های مورداستفاده با استفاده از عملیات حرارتی با دقت ۱± راکول (HRC) سخت‌کاری شده و بعد از انجام آزمایش برای تعیین سختی و اعتبارسنجی مورد آزمایشِ سختی قرار گرفت. مطابق با استاندارد، هر آزمون ۵ بار تکرار می‌شود و میانگین قرائت‌های پنج پین به عنوان نتیجه آزمایش ثبت می‌شود. بررسی سطح نمونه و انتخاب امتداد خراش‌ها به نحوی که معرف شرایط غالب سنگ از نظر محتوای کانی‌شناسی و بافت سنگ در حالت واقعی باشد، از عوامل موثر در صحت نتایج آزمون است.

صحت نتایج آزمون فارغ از مدل و نسل آزمون، به رعایت دقیق استاندارد در مورد سختی پین فولادی و روش انجام آزمایش بستگی دارد. نکته بسیار مهم در مورد آزمون سرشار آن است که پین‌ها پس از هر بار آزمایش، با دقت بسیار بالا به نحوی تیز شود که ضمن حفظ زاویه رأس پین، سختی و مشخصات متالورژیکی نوک آن در اثر گرم‌شدن دچار تغییر نشود. در غیر این صورت نتایج آزمایش غیر قابل قبول خواهد بود.

مشخصات آزمون سرشار در آزمایشگاه حفاری مکانیزه

سختی پین (HRC)	زاویه نوک پین (درجه)	سرعت حرکت نمونه (mm/s)	بزرگنمایی میکروسکوپ	طول خراش (mm)	دقت اندازه گیری (mm)	تعداد تکرار
۵۵±۱	۹۰	۱±۰.۲	220X	10	۰.۰۰۱	۵

۴- آزمون نفوذ پانچ

آزمون پانچ در اواخر دهه ۶۰ قرن بیستم میلادی برای اندازه‌گیری مستقیم آزمایشگاهی نیروی نرمال در ابزار دیسکی و دکمه‌ای در حفاری مکانیکی از سوی شرکت رابینز توسعه داده شد اما به دلایلی تاکنون به شکل یک استاندارد بین‌المللی ارائه نشده است. در حال حاضر آخرین دستورالعمل موجود این تست از سوی دالینچر و همکاران در سال ۱۹۹۸ ارائه شده است.

این آزمون رفتار مقاومتی سنگ در مقابل نفوذ را نشان می دهد و تاکنون برای اندازه‌گیری غیرمستقیم شکنندگی و چقرمگی سنگ استفاده شده است. در این آزمایش یک پین مخروطی از جنس کاربید تنگستن با هندسه مشخص بر روی مرکز سطح نمونه سنگی که در یک قالب فلزی با سیمان محکم شده است فرو می رود. بار فروروی از سوی یک جک هیدرولیکی با نرخ بارگذاری مشخص تا رسیدن به عمق معین انجام می‌شود و جابجایی (مقدار نفوذ) ابزار بوسیله یک دیتالاگر و سیستم کامپیوتری به‌طور خودکار ثبت می‌شود. از شیب نمودار نیرو- نفوذ برای ارزیابی شکنندگی و چقرمگی سنگ استفاده می‌شود.

تهیه ملات با طرح اختلاط و دانه‌بندی مشخص به همراه زمان لازم برای گیرش تا رسیدن به مقاومت مطلوب، رعایت نسبت ابعاد هندسی نمونه و اطمینان از درستی انجام آزمایش در حین بارگذاری نفوذ پانچ را به یکی از آزمون‌های دشوار با کار زیاد برای رسیدن به دقت مناسب تبدیل می‌کند.

مشخصات آزمون نفوذ پانچ در آزمایشگاه حفاری مکانیزه

نوع پین	زاویه راس (درجه)	شعاع گردشدگی (mm)	نرخ بارگذاری (mm/s)	عمق نفوذ (mm)	ابعاد نمونه	ملات موردنیاز	قطر قالب (mm)
مخروطی	۱۲۰	۳.۱۷۵	۰.۰۲۵۴	۶.۵	NX	طرح اختلاط مشخص	۱۲۸

۵- آزمون تردی سنگ S_{20}

این آزمون روش مناسبی برای اندازه گیری مقاومت سنگ در برابر خرد شدن بر اثر ضربات مکرر می‌باشد. برای انجام آزمون باید ابتدا نمونه سنگ به وسیله سنگ شکن فکی در ابعاد مناسب خرد شود و سپس سنگ‌های خرد شده را از الک شماره ۱۶ میلیمتر عبور داده و آن دست از نمونه‌هایی که روی الک شماره ۱۱.۲میلیمتر باقی می‌مانند، برای آزمایش انتخاب می‌شود. بنابراین سایز دانه بندی نمونه‌های خرد شده بین ۱۶ تا ۱۱.۲ میلیمتر است. وزن نمونه، معادل ۵۰۰ گرم برای سنگ با چگالی ۲.۶۵ است.

آزمایش به این صورت است که نمونه داخل هاون ریخته می‌شود و یک وزنه ۱۴ کیلوگرمی، ۲۰ بار از ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری به نمونه اصابت می‌کند. درصدی از مواد که بعد از آزمایش از الک شماره ۱۱.۲ میلیمتر عبور می‌کند به عنوان مقدار تردی یا S_{20} تعریف می‌شود. این آزمایش باید ۳ الی ۵ بار تکرار شود و با میانگین‌گیری، مقدار نهایی تردی به دست می‌آید. از نتایج این آزمون در تخمین پارامتر شاخص نرخ حفاری (DRI) نیز استفاده می‌شود.

مراحل طولانی آزمون از سنگ شکنی برای تأمین حداکثر سایز نمونه در بازه موردنیاز، انجام سرند قبل و بعد از ضربه، رعایت دقیق ارتفاع سقوط وزنه و نیاز به تکرار دفعات آزمایش، S_{20} را به یکی از آزمون‌های پیچیده و نیازمند توجه و دقت بالا تبدیل می‌کند.

مشخصات آزمون تردی سنگ S20 در آزمایشگاه حفاری مکانیزه

وزن نمونه اولیه (kg)	وزن نمونه هر آزمون (gr)	ابعاد نمونه (mm)	سیستم اعمال ضربه	تعداد ضربه	شاخص تراکم	ارتفاع سقوط وزنه (cm)	تعداد تکرار
۲۰ - ۱۵	۵۰۰ ± c	۱۶ > — > ۱۱.۲	اتوماتیک	۲۰	قابل ارائه	۲۵	۵ - ۳

۶- آزمون سایش نروژی (AVS)

در این آزمون مقدار سایش تیغه فولادی ساخته شده از جنس حلقه دیسک کاتر به عنوان معیاری برای ساینده‌گی سنگ در نظر گرفته می‌شود. در این آزمایش ذرات پودر شده سنگ با اندازه کوچکتر از یک میلیمتر بر روی صفحه دوار که با سرعت ۲۰ دور بر دقیقه در حال دوران است ریخته می‌شود. یک تیغه از جنس حلقه برش با ابعاد مشخص تحت بار ۱۰ کیلوگرمی با پودر ریخته شده بر روی صفحه دوار در تماس بوده و دچار سایش می‌شود. مقدار وزن از دست رفته تیغه آزمون به عنوان سایش آن در نظر گرفته می‌شود. این کار را برای دو تا چهار تیغه انجام داده و میانگین سایش‌های به دست آمده به عنوان مقدار سایش یا پارامتر AVS گزارش می‌شود. همچنین آزمون AVS با تیغه کاربید تنگستن و آزمون SAT برای خاک انجام می‌شود.

مشابه آزمون SJ، پس از هر بار آزمایش قطعه کار بایستی از محل خود خارج شده و سطح سایشی مطابق با استاندارد تیز شود. این کار با توجه به سختی و ابعاد هندسی خاص قطعه کار باعث بالا بودن هزینه انجام این آزمون می‌شود. عدم رعایت دقیق استاندارد، نتایج غیرواقعی را به دنبال خواهد داشت.

مشخصات آزمون سایش نروژی (AVS) در آزمایشگاه حفاری مکانیزه

ابعاد تیغه (mm)	جنس تیغه	ابعاد ذرات (mm)	نرخ جریان ذرات (gr/min)	سرعت دوران (rev/min)	تاثیر فوم روی سایش	دقت اندازه گیری (gr)	تعداد تکرار
۱۰*۳۰	حلقه دیسک کاتر	<۱	۸۰	۲۰	قابل اندازه‌گیری	۰/۰۰۱	۴ - ۲

تحلیل زیرسیستم‌های سپر EPB با در نظر گرفتن عوامل غیرمستقیم

وحید امینی[1]، جعفر خادمی حمیدی[2]، مسعود منجزی[3]، اسماعیل فصیحی[4]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران؛ vahid.amini@modares.ac.ir

[2] استادیار مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران؛ jafarkhademi@modares.ac.ir

[3] استاد مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران؛ monjezi@modares.ac.ir

[4] دستیار تحقیق، مهندسین مشاور رهساز طرح؛ efasihi@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از ماشین حفاری مکانیزه EPB-TBM، در محیط‌های شهری به دلیل کمبود فضا، حساسیت‌هایی مثل کنترل نشست سطح زمین، ایمنی و کیفیت فضای حفاری به‌عنوان روشی مناسب مورد استقبال قرار گرفته و در حال گسترش است. ازاین‌رو، بهبود عملکرد، برنامه زمانی و کنترل هزینه این ماشین ها امری بسیار ضروری است. در این تحقیق تحلیل و مدل‌سازی قابلیت اطمینان بر روی پروژه خط ۶ (فاز یک) مترو تهران انجام شده است. برای اولین بار عوامل غیرمستقیم (مثل بازدیدهای دوره‌ای مربوط به هر زیرسیستم و تمیزکاری و ...) که مانع پیشروی ماشین می‌شوند شناسایی و بررسی شده است. درنهایت قابلیت اطمینان ۶ زیرسیستم بحرانی ماشین EPB با یکدیگر مقایسه شده است. تمامی زمان‌های خرابی مربوط به زیرسیستم‌های ماشین EPB این خط، در پیوسته‌ترین بازه زمانی کارکرد ماشین که حدود ۱۲ ماه بود استخراج و موردبررسی قرار گرفت. پس از تشکیل پایگاه داده، با استفاده از نرم‌افزار EasyFit5.6، Excel و Minitab18 توزیع فراوانی خرابی، نمودار تابع توزیع و تابع توزیع هر زیرسیستم با روش اسمیرنوف-کلموگروف مشخص شد. ابتدا با استفاده از تحلیل پارتو، مشخص شد که بحرانیترین زیرسیستم‌های ماشین به ترتیب مربوط به قسمت تخلیه مصالح حفاری و قسمت حفاری با ۳۳.۴۰ و ۲۰.۹۹ درصد فراوانی از کل داده ها است. همچنین نتایج نشان می دهد که زیرسیستم های تخلیه مصالح حفاری و نصب قطعات پیش ساخته به صورت مشترک با ۶۰۰۰ دقیقه زمان تا لحظه شکست، اولین زیرسیستم بحرانی با کمترین قابلیت اطمینان است.

کلیدواژه: حفاری مکانیزه، عملکرد ماشین، زیرسیستم‌های EPB-TBM، خرابی ماشین، تحلیل پارتو

۱- مقدمه

بررسی عملکرد یک سیستم فرایندی مفید و کاربردی است که در سه مرحله طراحی، ساخت و بهره برداری مورد استفاده قرار می گیرد. از کار افتادن سیستم ها موجب وقوع اختلال در سطوح مختلفی می شود و ممکن است به‌عنوان تهدیدی برای جامعه و محیط‌زیست نیز تلقی شود[۱].

بنابراین به‌عنوان یک پرسش اساسی چنین مطرح است که عملکرد یک سیستم در طول عمر کاری آینده‌اش به چه شکل و چه میزانی است؟[۲].

امروزه کاربرد ماشین های حفاری تمام مقطع تونل از نوع (EPB-TBM) در پروژه‌های تونل سازی مکانیزه شهری با استقبال زیادی روبرو شده است.

در این راستا مطالعات زیادی درزمینه بررسی عملکرد و قابلیت اطمینان ماشین‌های حفاری مکانیزه انجام شده است. به‌عنوان‌مثال، امینی خوشالان و همکاران [۳] تحلیل و مدل‌سازی قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی و قابلیت تعمیر و نگهداری سیستم برق ماشین EPB مترو تبریز را موردمطالعه قرار دادند. برای این منظور داده‌های خرابی و تعمیر مربوط به ۲۶ ماه را موردبررسی قرار دادند و در نهایت قابلیت اطمینان سیستم برق ماشین حفار را با ۸۰ درصد قابلیت اطمینان، ۱۵ ساعت معرفی کردند. فاضل نیا و همکاران [۴] عملکرد مترو خط ۷ تهران را موردمطالعه قرار دادند، آن ها ماشین خط ۷ را به ۱۱ زیرسیستم تقسیم و درنهایت زیرسیستم نگهداری اولیه را به‌عنوان بحرانی ترین قسمت ماشین معرفی کردند. فروغ و همکاران ضریب بهره‌وری ماشین تونل‌زنی سنگ سخت را با استفاده از سیستم رده بندی توده سنگ و یک پایگاه داده متشکل از ۶۸۲ روز عملیات تونل سازی تخمین زدند و رابطه بین ضریب بهره‌وری با تأخیرهای مرتبط با توده سنگ و شرایط زمین‌شناسی را بررسی کردند. آن ها نشان دادند که این تأخیرها حدود ۲۰ درصد زمان عملیات حفاری بوده است درحالی‌که تأخیرهای مرتبط با ماشین حفاری ۶۰ درصد زمان عملیات حفاری را شامل می شود [۵].

بررسی متون نشان می دهد که یک مطالعه جامع بر روی خرابی ها و تأخیرهای سیستم TBM با تأکید بر عوامل غیرمستقیم در پیشروی ماشین به‌منظور ارزیابی دقیق عملکرد آن ضروری است.

شکل (۱) تصویر ماشین EPB خط ۶ متروی تهران

درنهایت بامطالعه اکثر تحقیقهای مرتبط و درک درست از تمامی روش‌ها، کمبود و یا نبود چنین روشی جهت به دست آوردن نتایج قابلیت اطمینان با در نظر گرفتن عوامل غیرمستقیم احساس می شد که درنهایت چارچوب این تحقیق شکل گرفت. با این رویکرد، مطالعه عملکرد و قابلیت اطمینان ماشین حفاری در عملیات تونل سازی مترو خط ۶ تهران (فاز یک) انتخاب شد. در شکل (۱) و جدول (۱) به ترتیب تصـویر و اطلاعات مـاشین EPB خط ۶ مترو تهران آورده شده است. درنهایت با جمع‌آوری داده‌های خرابی مرتبط به هر زیرسیستم، به تحلیل خرابی هر بخش به‌صورت جداگانه و درنهایت مطالعه جامعی در مورد کل این کارخانه تونل سازی‌پرداخته مـی شـود تا ضمن تعیین تابع فراوانی خرابی مربوط به هر زیرسیستم بتوان بحرانی ترین زیرسیستم را بعد از تحلیل پارتو و قابلیت اطمینان به دست آورد.

جدول (۱) اطلاعات فنی ماشین EPB مترو خط ۶ تهران

نوع ماشین	EPB-TBM
قطر حفار (متر)	۹/۱۵
حداکثر گشتاور (کیلو نیوتن متر)	۱۷۱۹۷
نیروی پیشران (کیلو نیوتن)	۷۶۱۹۹
تعداد جک	۳۳
بیشترین فشار زمین (بار)	۳
ولتاژ ورودی (کیلوولت)	۲۰
شیب کمینه و بیشینه کاری (٪)	۵
بیشترین ارتفاع روباره (متر)	۳۵
تعداد موتور	۱۶
نوع موتور	هیدرولیک

۲- روش ها و وسایل

به‌طورکلی دو گروه عمده تحلیلی و شبیه‌سازی برای روش‌های ارزیابی قابلیت اطمینان مطرح است [۱]. در این تحقیق با استفاده از روش تحلیلی، قابلیت اطمینان زیرسیستم های ماشین مورد بررسی قرار گرفته است. در ادبیات فنی موضوع، چهار روش اصلی و متداول در زمینه تحلیل ماشین آلات شامل روش تحلیل انواع خرابی ها و تأثیرات آن‌ها (FMEA) ، روش مارکوف ، روش تحلیل درخت خطا (FTA) و روش تحلیل آماری ذکر می شود.

در بین این روش ها، تنها توضیح روش تحلیل آماری به دلیل استفاده در این تحقیق آورده شده است. روش آماری پایه های ترین روش تحلیل و مدل‌سازی قابلیت اطمینان و نگهداری است [۶]. بنابراین روش مدل سازی مورداستفاده در این تحقیق جهت به دست آوردن قابلیت اطمینان، روش تحلیل آماری است. برای شروع کار تابع توزیع احتمال زمان بین خرابی ها به‌عنوان اصلی ترین بخش محاسبات قابلیت اطمینان مطرح است. لذا یافتن بهترین تابع توزیع چگـالی احتمال سـازگـار با داده هـا، اولین گـام در محاسبه قابلیت محاسبات، مهم ترین و حیاتی ترین عامل در دستیابی به مدل قابلیت اطمینان مناسب، داشتن جامعه آماری کامل و دقیق است. معمولاً برای مدل سازی قابلیت اطمینان یک دستگاه از سه روش عمده استفاده می شود [۷-۱۰].

الف) فرایند تجدیدشونده (RP)

ب) فرایند پواسون همگن (HPP)

ج) فرایند پواسون ناهمگن (NHPP)

انتخاب هر یک از روش های مدل سازی فوق، بستگی به نوع داده های جمع‌آوری‌شده دارد. الگوریتم کلی برای انتخاب روش مدل سازی و تحلیل قابلیت اطمینان بدین قرار است که ابتدا، دو مرحله آزمون روی داده ها انجام می گیرد. در مرحله اول داده ها برای وجود یا عدم وجود روند مورد ارزیابی قرار می گیرند. در صورت وجود روند، از فرایند پواسون ناهمگن مانند روش فرایند قانون توان برای تحلیل قابلیت اطمینان و نگهداری استفاده می شود.

در صـورت عـدم وجـود رونـد در داده هـا، داده هـا بـرای وجـود یـا

عدم وجود همبستگی سری مورد آزمایش قرار می گیرند. لازم به ذکر است که منظور از همبستگی، همبستگی رتبه عدم وجود همبستگی سری مورد آزمایش قرار می گیرند. لازم به ذکر است که منظور از همبستگی، همبستگی رتبه یک است؛ یعنی همبستگی هر داده با یک داده ماقبل آن، مورد بررسی قرار می گیرد. با مشاهده وجود همبستگی در داده ها، روش های زیرمجموعه فرایند پواسون همگن مثل فرایند پواسون شاخه ای برای مدل سازی انتخاب می شود. در شرایطی که هر دو مورد روند و همبستگی برای داده ها وجود نداشته باشد، داده ها ازنظر آماری "مستقل و مانا (iid)" نامیده می شوند [۹و۶]. برای مدل سازی این نوع داده ها از فرایند تجدیدشونده و آمار کلاسیک استفاده می شود [۱۰و۴].

برای انجام محاسبات و آزمون های موردنظر از دو نرم افزار رایج EasyFit5.6 و Minitab18 استفاده شد. این نرم افزارها با محاسبه پارامترهای آماری، به کاربر در انتخاب بهترین تابع توزیع برازش شده بر روی داده های موجود کمک می کند. درمجموع ۵۷ توزیع آماری در این نرم‌افزارها موردبررسی قرار می گیرند، اما فقط ۱۵ تابع شناخته‌شده و پرکاربرد (شامل نرمال، لاگ نرمال، وایبول، لاگ نرمال ۳ پارامتری، وایبول ۳ پارامتری، گاما، نمایی و ...) در مهندسی قابلیت اطمینان در این تحقیق استفاده شده است. در ادامه تمامی خروجی های به‌دست‌آمده از زیرسیستم ها، به طور مفصل ارائه می شود.

۳- جمع آوری و تحلیل داده ها

۳-۱- زیرسیستم های ماشین و نحوه جمع آوری اطلاعات

ماشین های EPB دارای دو بخش اصلی سپر و پشتیبانی است که هرکدام از اجزاء مختلفی تشکیل شده است. تمامی این اجزاء به صورت بسیار منظم و با طراحی دقیق به‌گونه‌ای باهم در تعامل هستند که درنهایت باعث عملکرد نهایی ماشین می شوند.

مهم ترین پارامتر در تعیین زیرسیستم ها، عملکرد ملموس و قابل تعریف هر زیرسیستم است به‌طوری‌که خراب شدن آن زیرسیستم در عملکرد ماشین و اجرای پروژه وقفه ایجاد کند. درنتیجه برای تعیین زیرسیستم های ماشین EPB مترو خط ۶ تهران نیاز به مطالعات بسیار بر روی کاتالوگ ارائه‌شده از سوی شرکت سازنده و همچنین حضور در محل پروژه جهت ارزیابی مکانیسم ماشین از نزدیک بود. پس از مطالعات بسیار در این زمینه و مشورت از مهندسین و مسئولین فنی دستگاه، درنهایت باوجود پیچیدگی بالا، زیرسیستم های عملیاتی ماشین EPB مترو خط ۶ تهران به ۶ زیرسیستم که در جدول (۲) آورده شده است، تعریف شد.

اما سؤال اصلی بعد از تعیین زیرسیستم ها آماده کردن فرم مربوط به داده های خرابی هر زیرسیستم و چگونه پر کردن آن و صحت داده ها مربوط می شود، چراکه تمامی تحلیل ها و نتیجه گیری های بعدی به‌درستی همین داده ها وابسته است. ازاین‌رو تصمیم بر آن شد از داده‌های خامی که مسئولین شیفت به‌صورت روزانه به مشاور پروژه تحویل می دهند استفاده شود که در این حالت اطلاعات به دست‌آمده با تقریب بسیار خوبی مورد تأیید است. در جدول (۳) نمونه ای از این فرم ها آورده شده است.

پس از بررسی های زیاد و مطالعه مدارک موجود، مشخص شد که هرگونه خرابی در زیرسیستم‌های ماشین باعث قطع عملیات حفاری و توقف ماشین می شود، لذا رابطه زیرسیستم ها با همدیگر به‌صورت سری بوده و برای محاسبه قابلیت اطمینان احتیاج به مدل‌سازی سری بوده که بتواند رابطه بین اجزاء را به‌درستی نشان دهد.

۳-۲- تحلیل پارتو

در این روش می توان با استفاده از داده های خرابی هر زیرسیستم و در دست داشتن کل خرابی ماشین به تفکیک درصد خرابی هر زیرسیستم به‌کل ماشین را محاسبه کرد و به بحرانی‌ترین زیرسیستم دست پیدا کرد. نتایج تحلیل پارتو در شکل (۲) ارائه شده است.

جدول (۲) زیرسیستم های عملیاتی ماشین EPB مترو خط ۶ تهران

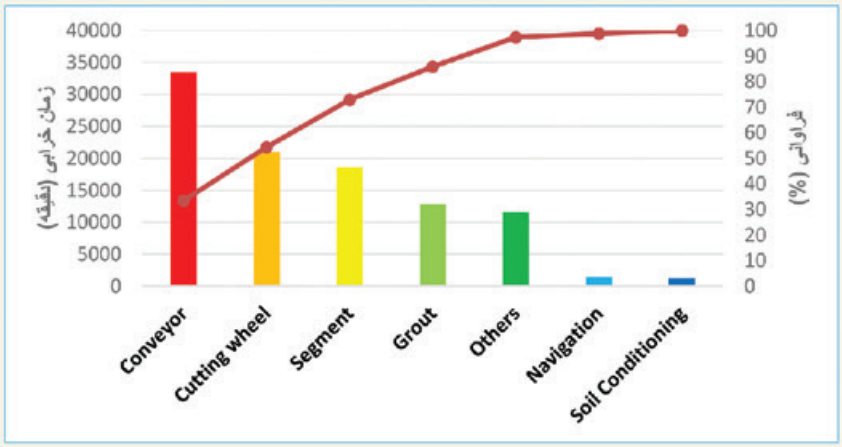
شماره زیرسیستم	نام زیرسیستم	اجزاء زیرسیستم
۱	حفاری	ابزار برش، تأمین گشتاور، نیروی پیشران، کله حفار، اتاقک حفاری
۲	تخلیه مصالح حفاری	نوار نقاله مارپیچ، نوار نقاله TBM، نوار نقاله تونل
۳	نصب قطعات پیش‌ساخته	نصاب قطعات پیش‌ساخته، جرثقیل متحرک، جلوبرنده قطعات پیش‌ساخته
۴	تزریق دوغاب	خطوط تزریق دوغاب، مخزن تزریق دوغاب
۵	عمل‌آوری خاک	نازل فوم
۶	راهبری	دوربین نقشه‌برداری، کابین PLC

همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود، تخلیه مصالح حفاری و حفاری به ترتیب با ۳۳ و ۲۱ درصد خرابی به‌عنوان بحرانی ترین زیرسیستم های ماشین EPB خط ۶ مترو تهران معرفی شدند و همچنین زیرسیستم عمل آوری خاک با کمترین درصد خرابی، ایمن‌ترین زیرسیستم شناسایی شد.

۴- مدل‌سازی قابلیت اطمینان

در این قسمت برای به دست آوردن مدل‌سازی قابلیت اطمینان ابتدا باید روند و همبستگی در داده‌ها بررسی شود.

- **آزمون روند**: به الگوی خرابی‌های یک دستگاه روند گفته می‌شود که می تواند یکنواخت یا غیریکنواخت باشد. در حالت یکنواخت، اگرفاصله زمانی بین خرابی ها رو به افزایش باشد، شرایط دستگاه "رو به بهبود [۱]" (روند کاهشی) خوانده می شود. اگر فاصله زمانی خرابی‌ها با افزایش عمر دستگاه کاهش یابد، شرایط دستگاه "روبه زوال [۲]" (روند افزایشی) خوانده می شود. درصورتی‌که تغییرات در زمان‌های بین خرابی [۳] (TBF) دستگاه رخ ندهد، دستگاه را "پایدار [۴]" می نامند. برای کنترل وجود یا عدم وجود روند در داده ها، آزمون های مختلفی پیشنهاد شده اند که به‌طورکلی به دو گروه آزمون های تحلیلی و گرافیکی تقسیم می شوند. ازجمله روش های تحلیلی می توان به آزمون های لاپلاس [۵] ، هندبوک نظامی [۶] ، چیدمان معکوس [۷] ، نسبت همسایگی [۸] و آزمون مساحت [۹] اشاره کرد [۱۰و۶]. در میان این روش ها، روش هندبوک نظامی از کاربرد بیشتری نسبت به سایر آزمون ها برخوردار است.



شکل (۲) فراوانی خرابی زیرسیستم های ماشین EPB مترو خط ۶ تهران

جدول (۳) نمونه‌ای از فرم‌های جمع‌آوری اطلاعات زیرسیستم‌ها

ردیف تأخیر	پیشروی روزانه (متر)	تاریخ تأخیر	ساعت تأخیر	مدت تأخیر (دقیقه)	علت تأخیر	زیرسیستم فرعی	زیرسیستم اصلی
۱	۱۲	۹۵/۱/۲۴	۱۱:۱۵	۳۰	خراب بودن نصاب قطعات پیش‌ساخته	حمل قطعات پیش‌ساخته	نصب قطعات پیش‌ساخته
۲	۱۲	۹۵/۱/۲۴	۱۱:۴۵	۴۵	خراب بودن تخلیه قطعات	سگمنت فیدر	نصب قطعات پیش‌ساخته
۳	۱۲	۹۵/۱/۲۴	۱۳:۰۰	۱۵	خراب بودن نوار نقاله	نوار نقاله تونل	تخلیه مصالح حفاری
۴	۱۲	۹۵/۱/۲۴	۱۷:۰۰	۱۱۰	تأخیر تزریق دوغاب	تأمین دوغاب	تزریق دوغاب
۵	۱۲	۹۵/۱/۲۴	۲۲:۵۰	۴۰	تأخیر تزریق دوغاب	تأمین دوغاب	تزریق دوغاب
۶	۱۲	۹۵/۱/۲۴	۰۱:۴۵	۴۸۰	بازدید دوره‌ای کله حفار	*	سایر
۷	۱/۵	۹۵/۱/۲۴	۱۹:۰۰	۵۱۰	تعویض ابزار برشی کله حفار	ابزار برش	حفاری
۸	۱/۵	۹۵/۱/۲۵	۰۲:۴۵	۹۵	توقف نوار نقاله تونل	نوار نقاله تونل	تخلیه مصالح حفاری

1.Improving System
2 .Deteriorating System
3 . Time Between Failure
4 .Stable
5 .Laplace
6 .Military Handbook Test
7 .Reverse Arrangement
8 .Likelihood-ratio
9 .Area Test

در آزمون نظامی، ارزیابی وجود روند در داده ها با استفاده از یک شاخص آماری انجام می شود که به‌قرار رابطه (۱) است [۱۰].

$$u = 2\sum_{i=1}^{n-1} \ln\left(\frac{T_n}{T_i}\right) \qquad (۱)$$

u: شاخص آماری نشان دهنده کای- دو محاسبه شده
n: تعداد خرابی
Tn: زمان آخرین خرابی
Ti: زمانی خرابی iام

- **آزمون همبستگی سری:** هدف از این آزمون ارزیابی استقلال یا همبستگی داده ها است. برای بررسی همبستگی داده های خرابی یک دستگاه از روش آماری و گرافیکی استفاده می شود. درروش گرافیکی n امین داده خرابی به صورت تابعی از (n-1) امین داده خرابی رسم می شوند. اگر نقاط موجود دارای نظم و ترتیب خاصی نباشد، نشان دهنده آن است که داده های متوالی دارای همبستگی نیستند. در غیر این صورت داده ها غیرمستقل خوانده می شود [۶]. به علت کمبود فضا، فقط آزمون گرافیکی روند و همبستگی سری برای کل ماشین EPB آورده شده است و از آوردن نتایج مربوط به دیگر زیرسیستم ها خودداری شده است. در جدول (۴) نتایج آماری آزمون روند و همبستگی آورده شده است.

محاسبات جدول (۴) نشان می دهد که با توجه به کوچک بودن عدد میزان همبستگی و با توجه به بزرگ تر بودن شاخص U از مقدار بحرانی، فرض صفر رد نمی شود و عدم وجود روند و همبستگی در داده ها مورد تأیید قرار می گیرد؛ بنابراین تمامی زیرسیستم ها و رفتار کل ماشین مستقل و مانا بوده و بهترین روش برای مدل‌سازی فرایند تجدیدشونده است. پس از مشخص شدن روش مدل‌سازی نوبت به تعیین تابع توزیع هر یک از زیرسیستم ها است که برای این کار نرم افزار Easyfit5.6 برای تحلیل داده ها و برازش بهترین تابع توزیع استفاده شد. همچنین آزمون کلموگروف-اسمیرنوف (K-S) برای تطابق برازش و یافتن بهترین تابع توزیع انتخاب شده است.

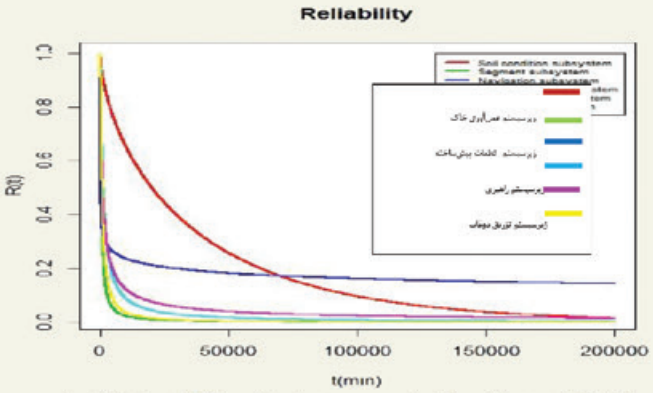
نتایج تطابق برازش برای یافتن بهترین تابع توزیع احتمال بر روی TBF تمامی زیرسیستم ها در جدول (۵) ارائه شده است.

با استفاده از تابع قابلیت اطمینان در رابطه (۲) و همچنین جدول (۵)، منحنی های مدل قابلیت اطمینان زیرسیستم های ماشین حفاری خط ۶ مترو تهران در شکل (۳) آورده شده است.

$$R_i = 1 - \int^{t} f(t)dt \qquad (۲)$$

با توجه به شکل (۴)، قابلیت اطمینان تمامی زیرسیستم ها به‌غیراز زیرسیستم عمل‌آوری خاک در ۵۰۰۰ دقیقه اول با شیب بسیار تند به صورت کاهشی بوده و قابلیت اطمینان به ۲۵ درصد کاهش پیدا می کند. این کاهش اولیه بدین معناست که هماهنگی اولیه بین اجزای زیرسیستم ها به‌خوبی صورت نگرفته و احتمال شکست و خرابی در همان دقایق اولیه بسیار زیاد است که با بازرسی و بازدیدهای دوره ای از زیرسیستم ها می توان تا حد قابل قبولی از توقف ماشین کاست.

همان‌طور که از شکل مشخص است، زیرسیستم راهبری و عمل آوری خاک دوره رفع ایرادات را بسیار زود سپری کرده و به دوره عمر مفید خود رسیده‌اند، طول این بازه برای این دو زیرسیستم بسیار بالاست به طوری که در دقایق بالای ۱۵۰۰۰۰ دچار شکست و خرابی می شوند. روند کاهشی نمودار قابلیت اطمینان زیرسیستم های



شکل (۳) منحنی قابلیت اطمینان زیرسیستم های ماشین EPB مترو خط ۶ تهران

جدول (۴) نتایج آزمون روند و همبستگی اجزاء ماشین EPB خط ۶ مترو تهران

زیرسیستم	نوع داده	روند	همبستگی	آزمون U	رد آزمون U	روش مدل‌سازی
حفاری	TBF	No	-۰/۰۰۸	۱۵۸/۵۱۶	Not rejected (>79.1)	RP
تخلیه مصالح حفاری	TBF	No	۰/۰۱۱۰	۳۵۶/۸۷	Not rejected (>230.3)	RP
قطعات پیش‌ساخته	TBF	No	۰/۰۱۲۰	۶۲۶/۷۷	Not rejected (>279.4)	RP
عمل‌آوری خاک	TBF	No	۰/۳۷۷۰	۲۴/۰۸۲	Not rejected (>18.3)	RP
تزریق دوغاب	TBF	No	۰/۱۹۶۰	۱۳۰/۰۳۲	Not rejected (>126.7)	RP
راهبری	TBF	No	-۰/۳۱۲	۳۲/۸۹	**Not rejected (>16.9)**	RP

جدول (۵) نتایج برازش بهترین توابع توزیع برای زیرسیستم‌های ماشین EPB

زیرسیستم	K-S test (best fit)	Parameters (TBF)
حفاری	Pareto	α= ۰.۷۰۳
		β= ۵۲۹.۸۷
تخلیه مصالح حفاری	Pareto	α= ۱.۳۴۱
		β= ۹۲۸.۲۰
قطعات پیش‌ساخته	Log-Logistic	α= ۱.۱۷۶
		β= ۴۱۶.۴۲۸
عمل‌آوری خاک	Gama	α= ۰.۶۰۳
		β= ۶۲۷۵۱۳۲۴
تزریق دوغاب	Pareto	α= ۱.۰۶۹
		β= ۱۱۵۲.۵۶۷
راهبری	Lognormal	σ= ۲.۹۴۳
		μ= ۸.۷۱۶

تخلیه مصالح حفاری و نصب قطعات پیش‌ساخته در ۲۵ درصد متوقف نشده است و به شیب تند خود تا مرز ۵ درصد ادامه داده تا اینکه در دقیقه ۶۰۰۰ قطعاً دچار شکست می‌شوند و عملکرد ماشین را متوقف خواهند کرد، درنتیجه به‌عنوان بحرانی‌ترین زیرسیستم معرفی شدند. این در حالی است که زیرسیستم عمل‌آوری خاک با ۲۰۰۰۰۰ دقیقه مطمئن‌ترین زیرسیستم این قسمت شناخته شد.

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق برای اولین بار ماشین تونل‌زنی EPB مترو خط ۶ تهران به ۶ زیرسیستم کلی و به ۱۶ زیرسیستم فرعی تقسیم شد، به‌طوری که تمامی خرابی‌های زیرسیستم‌ها با درنظرگرفتن عوامل غیرمستقیم جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شد. با توجه به سری بودن زیرسیستم های ماشین EPB، خرابی در هرکدام از زیرسیستم ها باعث توقف عملیات کلی ماشین می شود. درنتیجه برای بهبود عملکرد ماشین بایستی همواره برنامه ریزی های تعمیر و نگهداری دقیق بر روی زیرسیستم قسمت نصب قطعات پیش ساخته و قسمت تخلیه مصالح حفاری، به‌عنوان بحرانی ترین زیرسیستم ازلحاظ قابلیت اطمینان انجام شود. یکی از فعالیت‌هایی که می تواند عملکرد این زیرسیستم‌ها را بالا ببرد، پیش بینی نوع خرابی و زمان تعمیر موردنیاز آن است که باعث می‌شود خرابی در کمترین زمان ممکن تعمیر و به حالت اولیه کاری خود بازگردد. ازآنجایی‌که قابلیت اطمینان زیرسیستم ها تا ۵۰۰۰ دقیقه، با شیبی تند به صورت کاهشی بوده بنابراین انجام عملیات اصلاحی منطقی ترین و کاربردی ترین نوع برنامه ریزی برای آن به شمار می رود. در این نوع زیرسیستم‌ها که روند کاهشی به‌صورت تند بوده، تعویض قطعات بدترین نوع برنامه ریزی است. کاهش مقطعی قابلیت اطمینان در یک‌زمان محدود بیانگر این نکته است که اجزاء زیرسیستم با همدیگر هماهنگ نبوده‌اند. عملکرد ۱۲ ماهه ماشین EPB مترو خط ۶ تهران (فاز یک) نشان داد که عوامل غیرمستقیم همچون تأمین سگمنت، تأمین دوغاب، پر بودن چاه تخلیه مصالح حفاری و... می‌توانند نقش بسزایی را در توقف عملیات داشته باشند، به‌طوری‌که حدود ۴۵ درصد توقف های ماشین مربوط به عوامل غیرمستقیم بوده است. شناسایی این عوامل و عدم اجازه تکرار آن‌ها می تواند زمان توقف حفاری را به نصف برساند.

منابع

[1] Billinton, R. & Allan, R.N. (1992). "Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques", Plenum Press, New York.

[2] Dhillon, B. S. (2008). "Mining equipment reliability, maintainability, and safety", Springer.

[3] امینی خوشالان، حامد؛ مدل‌سازی قابلیت اطمینان، دسترسی، تعمیر و نگهداری سیستم برق ماشین حفاری تمام مقطع تونل، نشریه مهندسی منابع معدنی، دوره دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، صفحه ۱-۱۰.

[4] فاضل نیا، سید پیمان؛ تحلیل عملکرد ماشین تونل زنی تمام مقطع (TBM) در زمین نرم- مطالعه موردی، پایان نامه ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، ۱۳۹۴.

[5] Frough, O., and Torabi, S. R. (2013). "An application of rock engineering systems for estimating TBM downtimes". Engineering Geology, 157: 112-123.

[6] Rigdon, S. E., & Basu, A. P. (2000). "Statistical methods for the reliability of repairable systems", Wiley New York.

[7] Klefsjo, B., & Kumar, U. (1992). Goodness-of-fit tests for the power-law process based on the TTT-plot. IEEE transactions on reliability, 41(4), 593-598.

[8] Modarres, M. (2006). "Risk analysis in engineering: techniques, tools, and trends" CRC press.

[9] Kumar, U. (1990). "Reliability analysis of load-haul-dump machines". Luleå tekniska universitet.

[10] Ebeling, C. E. (2004). "An introduction to reliability and maintainability engineering". Tata McGraw-Hill Education.

حفاری زیر رودخانه کارون– پروژه قطار شهری اهواز

آرشام مویدی فر
کارشناسی ارشد مهندسی معدن _تونل و فضای زیر زمینی
arshammoayedifar@yahoo.com

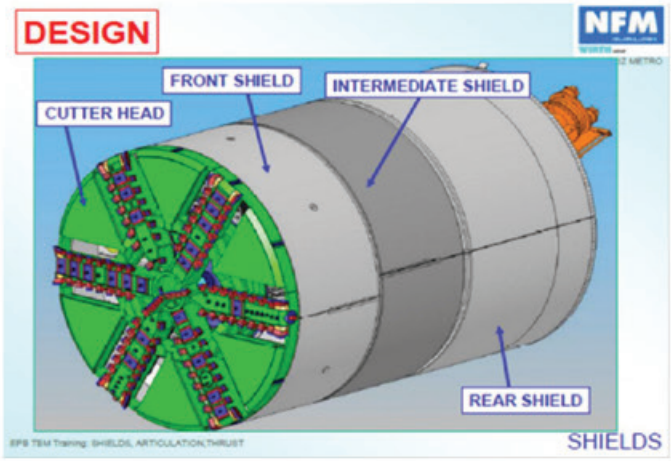
بخش گسترده ای از کشور ایران شامل رشته‌کوه‌های سربه‌فلک‌کشیده، بیابان های گسترده و موانع طبیعی است که مشکلات جدی را در ایجاد راه‌های ارتباطی جاده ای و ریلی برای نقاط مختلف به وجود آورده است. از سوی دیگر عدم توزیع یکسان منابع آبی و نیز افزایش جمعیت در شهر های بزرگ و لرزه خیزی فلات ایران، استفاده از فضاهای زیرزمینی در حوزه‌های مختلف را به‌عنوان یک گزینه استراتژیک در حل مشکلات حمل‌ونقل، محیط‌زیست و آب‌رسانی و غیره قرارداده است. به‌طور مثال تنها در حوزه ی ریلی جنوب و غرب ایران نزدیک به ۱۳۱ تونل با مجموع طول ۶۰ کیلومتر وجود دارد که این نشان‌دهنده توجه ویژه به احداث و بهره‌برداری از تونل ها است.

اهمیت این امر به‌گونه‌ای است که حفاری و ساخت تونل های مترو در شهرهای بزرگ ایران مانند تهران، اصفهان، اهواز، شیراز، تبریز و مشهد در فازهای مختلف در حال تکمیل هستند.

در این نوشتار به معرفی پروژه قطار شهری اهواز به‌عنوان یکی از طرح های تونل سازی اخیر ایران پرداخته می‌شود. پروژه ی قطار شهری اهواز توسط شرکت کیسون و دنیا تونل سازه (پیمان‌کار کیسون) در دو خط با ۲۴ کیلومتر طول و ۲۳ ایستگاه در حال حفاری و ساخت است.

جانمایی این مسیر به‌موازات جاده‌های اصلی شهر اهواز و باهدف متصل کردن شمال شرقی شهر، مرکز شهر و جنوب غرب شهر به یکدیگر است. از برخورد مسیر حفر تونل با رود کارون و گذر از زیر آن به‌عنوان یکی از چالش‌های اصلی این پروژه می‌توان یادکرد. در پروژه‌های حفاری مکانیزه یکی از مهم‌ترین تصمیم‌ها انتخاب نوع ماشین حفاری است.

شکل ۱ – مسیر خط مترو اهواز که بارنگ قرمز مشخص‌شده است.



شکل۲ – اجزای کله حفار و سپر در دستگاه EPB

در پروژه ساخت قطار شهری اهواز با توجه به ماهیت زمین‌شناسی این شهر که متشکل از خاک ماسه‌ای بدون چسبندگی تا رس چسبنده و قلوه‌سنگ است، از EPB-TBM باهدف موفقیت در پیشروی جبهه کار مختلط استفاده می‌شود. این دستگاه با قطر ۶.۸ متر، قابلیت نصب انواع ابزار برش متناسب با محیط خاکی و سنگی را دارد. سرعت پیشروی با این دستگاه در محیط های رسی ۳۰ تا ۷۰ میلی‌متر در دقیقه و در محیط ماسه‌سنگی ۱۲ میلی‌متر در دقیقه گزارش‌شده است.

نحوه کار EPB-TBM بر اساس ایجاد تعادل فشار میان کله حفار و سینه کار استوار است. تجربه اپراتور و محاسبات دقیق فشار وارد بر جبهه کار در این روند تأثیر مستقیمی دارد؛ به‌طوری‌که افزایش و کاهش فشار کله حفار نسبت به حد تعادل، به‌ترتیب منجر به آماس و نشست سطح زمین خواهد شد.

دستگاه EPB-TBM عملیات نگهداری را بعد از انجام یک گام حفاری با استفاده از دستگاه نصب قطعات بتنی پیش‌ساخته

انجام می‌دهد. در این پروژه از پوشش‌های بتنی پیش‌ساخته، به ضخامت ۳۰ و عرض ۱۵۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود. هر رینگ کامل متشکل از شش قطعه بتنی پیش ساخته است که پس از نصب آن‌ها حفاری گام بعدی آغاز می‌شود.

همان‌طور که پیش‌ازاین اشاره شد، عبور از رودخانه کارون یکی از چالش‌برانگیزترین قسمت‌های حفاری این پروژه است که ایستگاه نادری غربی را به ایستگاه میدان ساعت با طولی بالغبر ۳۰۰ متر متصل می‌کند

شکل ۴ - مسیر انتخابی برای عبور تونل از زیر رود کارون

در فازهای اولیه، برای گذر از زیر کارون چالش‌های اصلی شامل؛ حرکت درآمدن آب محتوی شن‌های اشباع بدون چسبندگی، وجود گسل اهواز در بالادست ایستگاه نادری و تغییر شدید در توالی لایه‌های خاک‌های منتهی به این گسل، عدم امکان بهسازی از سطح زمین و غیره است. برای به حداقل رساندن مداخله‌ها حین حفاری زیر رود کارون، تمامی قسمت‌های TBM ازجمله ابزار برش و نوار نقاله، بررسی، نگه‌داری و یا تجهیزات آن‌ها تعویض می‌شدند. همچنین محاسبات مربوط به فشار جبهه کار، گشتاور کله حفار، نیروی پیشران و طرح اختلاط دوغاب دوباره موردبازنگری قرار گرفتند. عملیات حفاری از زیر رودخانه کارون در تاریخ ۱۳۹۵/۰۳/۰۹ از ساحل شرقی آغاز و باگذشت ۲۲ روز فعالیت مداوم، در قسمت غربی رودخانه کارون با موفقیت به پایان رسید.

شکل ۳ - قطعات پیش‌ساخته در پروژه قطار شهری اهواز

پروژه قطار شهری اهواز ازجمله پروژه‌های عمرانی کشور است که در سال‌های اخیر با مشکلات زیادی درگیر بوده و در حال حاضر فرایند حفاری و ساخت با جدیت پیگیری می‌شود. امید است در آینده‌ای نزدیک با تکمیل این پروژه عظیم، برگ زرین دیگری به تاریخ پروژه‌های تونل سازی کشورمان اضافه شود.

منابع:

Bagherinia, KH. Wenner, D. Under-passing of Karoon River by EPB-TBM in Urban Environment -Ahwaz Metro Case Study from Iran. Proceedings of the World Tunnel Congress 2017

B, Esmaeili. A, A Safikhani. A, A, Amiri Samani. Geotechnical consideration regarding the routing of twin, The Built Environment, Vol 128, © 2012 WIT Press

مویدی فر، آرشام (۱۳۹۵). تخمین نرخ نفوذ ماشین حفار تونل با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، پروژه کارشناسی، دانشگاه صنعتی همدان.

باقری‌نیا و همکاران (۱۳۹۵). درس آموخته های اجرای پروژه قطار شهری اهواز درشرایط سخت با تکیه بر حفاری زیر رودخانه کارون. سخنرانی کاربردی ارائه شده در کمیته حفاری مکانیزه انجمن تونل ایران، آبان ۱۳۹۵.

مصاحبه با آقای دکتر جمال رستمی

عضو هیئت‌علمی مدرسه معادن کلرادو

دکتر جمال رستمی متولد تهران و فارغ‌التحصیل دوره کارشناسی از دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشند. ایشان که در سال ۱۳۶۹ برای ادامه تحصیل در مقطع تحصیلات تکمیلی به دانشگاه مدرسه معادن کلرادو آمریکا رفتند، بعد از اتمام این دوره به‌مدت دوسال عضو هیئت‌علمی آنجا بوده و سپس در دانشگاه تهران مشغول به تدریس شدند. بار دیگر در سال ۱۳۸۱ برای انجام کارهای مشاوره علمی و صنعتی به آمریکا برگشته و پس از شش سال به‌عنوان عضو هیئت‌علمی دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا مشغول به کار شدند. ایشان هم‌اکنون عضو هیئت‌علمی مدرسه معادن کلرادو بوده و ریاست موسسه مکانیک زمین (EMI) را بر عهده‌دارند.

آقای دکتر لطفاً در مورد عنوان موقعیتی که در حال حاضر در CSM دارید، توضیح می‌فرمایید؟

موقعیت فعلی بنده دو وجه دارد: یکی کرسی دائمی و دانشگاهی Haddon/Alacer Gold است که در اینجا به بنده تحویل دادند و دیگری مسئولیت Excavation Engineering and Earth Mechanic Institute که به‌صورت مخفف به آن EMI گفته می‌شود بر عهده بنده است. باوجود رقابت و سرمایه‌گذاری بسیار زیاد برخی از کشورها (به‌خصوص چین) در حوزه حفاری مکانیزه و تأسیس مؤسسه‌های تخصصی در این زمینه که به شدت درحال‌توسعه است؛ مؤسسه مکانیک زمین (EMI) که پیش‌تر گفته شد هنوز یکی از خوش‌نام‌ترین، قدیمی‌ترین و بزرگ‌ترین مجموعه‌ای است که از حدود ۵۰ سال پیش روی حفاری کار می‌کند.

لطف می کنید در مورد موقعیت Haddon Gold توضیح مختصری بدهید؟

در ایران ممکن است چنین مفهومی وجود نداشته باشد. Haddon Gold به کرسی هایی گفته می‌شود که به‌طور مشخص به بعضی از استادان تعلق می‌گیرد. سیستم کار بدین نحو است که بسیاری از شرکت های بزرگ و نامی باقدرت مالی مناسب، مقداری بودجه در اختیار دانشگاه قرار می‌دهند. این مبلغ در سپرده دانشگاه ذخیره شده و دانشگاه از فواید و سود آن شروع به ایجاد یک جایگاه دانشگاهی بیرون از اختیارات و حوزه دانشگاه برای استادان می‌کند. از مزیت‌های آن می‌توان به باز بودن حوزه اختیارات و ثبات جایگاه استاد اشاره کرد؛ چراکه دیگر استاد درگیر چارچوب‌های بودجه‌ای خاص دانشگاه نمی‌شود و به‌راحتی می‌تواند هزینه کارهای تحقیقاتی، خرید ابزارآلات و یا بودجه دانشجو را انجام دهد. چنین تعریفی در بیشتر کشورها به دلیل تأمین بودجه دانشگاه از طرف دولت، بسیار ناآشنا است.

به‌عنوان کسی که هم در ایران و هم در آمریکا تحصیل‌کرده و به ساختار آموزشی دو کشور آشنا است، تفاوت و شباهت آموزش معدن در آمریکا و ایران را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

ازلحاظ محتوایی شباهت‌های زیادی دارند. در آمریکا همانند ایران دروس تخصصی همچون مکانیک سنگ، استخراج روباز و ... و دروس عمومی مانند ریاضیات، دینامیک، استاتیک و... تدریس می‌شود. چیزی که تفاوت را ایجاد می‌کند این است که در ایران سرفصل‌های دروس دانشگاهی توسط شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مشخص و به دانشگاه‌ها اعلام می‌شود؛ درصورتی‌که در آمریکا هر دانشگاه بسته به رتبه و توان علمی خود، سرفصل‌های متفاوتی را می‌تواند ارائه و در آن آزادانه عمل کند. در آمریکا بحث ها و مواردی که تدریس می‌شود- به‌خصوص درس‌های تخصصی- به صورت عملی و کاربردی است؛ به‌طوری‌که دانشجو را وارد مباحث کرده و یا از پروژه‌ها و داده‌های واقعی استفاده می‌کنند. خروجی این کار باعث اعتمادبه‌نفس دانشجو و درنهایت یادگیری کار و جذب بازار است ولی در ایران بیشتر به‌صورت تئوری و کتابی تدریس می‌شود؛ البته در سال‌های اخیر این موارد کم‌رنگ‌تر شده است.

نحوه ورود دانشجویان به دانشگاه بزرگ‌ترین تفاوت بین ایران و آمریکا را ایجاد می‌کند. همان‌طور که می دانید در ایران، دولت با پرداخت هزینه تحصیل هر دانشجو باعث توازن بین تمامی رشته‌ها می‌شود. به طوری‌که ظرفیت دانشگاه‌ها هرسال کامل است و هر رشته‌ای دانشجوی خود را دارد. درحالی‌که در آمریکا هر فرد می بایست هزینه تحصیل خودش را پرداخت کند، نتیجه این امر بدین‌صورت است که دانشجوهای هر رشته باهم برابر نیستند و این بازار کار و علاقه هر فرد است که باعث می‌شود تعداد دانشجو یک رشته کم یا زیاد باشد که تعداد دانشجو رشته معدن در آمریکا کم است.

تشکر از توضیح کاملتان. اگر امکانش هست در مورد تحصیلات تکمیلی در آمریکا مختصری توضیح دهید؟

همان‌طور که اطلاع دارید تحصیلات تکمیلی به دو صورت امکان‌پذیر است. اول اینکه خود فرد ازلحاظ مالی قدرت این را داشته باشد که هزینه تحصیل خود را پرداخت کند که البته وارد شدن به دانشگاه‌ها با حداقل‌های توان علمی فرد سنجیده می‌شود مانند امتحان GRE و غیره که امکان ورود به دانشگاه با این حداقل توان علمی امکان‌پذیر است.

اما نحوه‌ی دیگر ورود به دانشگاه‌ها گرفتن بورس علمی است که قضیه بسیار پیچیده‌تر است چراکه دانشگاه‌ها بودجه خاص و تعریف‌شده‌ای برای جذب دانشجو ندارند مگر در موارد بسیار محدود که سرمایه گذاری در این مورد در اکثر مواقع جواب مثبت نمی‌دهد؛ بنابراین عملاً این هزینه از طریق استاد موردنظر در کشور مقصد صورت می‌پذیرد و دانشجو زمانی به جواب مثبت می‌رسد که استاد، پروژه قوی و خوبی که بتواند بودجه‌های تحقیقاتی را تأمین کند، در دست داشته باشد. در این صورت با اعلام نیاز وی دانشجو پذیرفته می‌شود که البته شاید چنین استادانی در سال نتوانند بیش از یک دانشجو جذب کنند. در حالت کلی می‌توان گفت به دلیل رقابتی بودن این امر ظرفیت بسیار

محدود است، به‌خصوص در مقطع کارشناسی ارشد که امکان پذیرش در آن کمتر از مقطع دکتری است. حال در چنین فضای رقابتی و محدودیت در جذب دانشجو، فردی بیشترین شانس را دارد که دانشجوی تحقیقاتی باشد و درزمینه کاری مرتبط با پروژه‌ی استاد مربوطه فعالیت داشته و دارای مقاله‌های مرتبط نیز باشد. دوم اینکه مهارت‌های فردی و جانبی مهندسی داشته باشد و سوم اینکه مهارت نوشتن در مقالات علمی را داشته باشد (البته باید توجه کرد که در این مورد صرفاً داشتن تعداد مقاله‌های زیاد و یا عددسازی ملاک نیست). درمجموع چنین مواردی شانس یک فرد را درروند پذیرش و اخذ بورس تحصیلی بیشتر می‌کند.

با توجه به اهمیت دانش حفاری مکانیزه در جهان، شما چه راه‌کارهایی برای بهبود این رشته در ایران پیشنهاد می‌کنید تا علاوه بر رفع نیازهای داخلی بتوان بازارهای منطقه‌ای نیز برای این دانش ایجاد کرد؟

دانش حفاری مکانیزه و یا هر دانش دیگری را نمی‌شود به‌صورت جداگانه از محیط خارج از دانشگاه یا خارج از هر محیط علمی دیگر بررسی کرد، اگر چنین کاری صورت بپذیرد قطعاً یک حالت تصنعی دارد. درهرصورت این دانش در ایران در جایگاه مناسبی قرار دارد ولی به دلیل نبود انطباق با محیط و نیازمندی های بیرون حالت تصنعی پیداکرده است، به‌طوری‌که کارهای انجام‌شده در دانشگاه فقط یک سری تحقیقات محض است و دردی از پروژه‌های بیرون را دوا نمی‌کند و متقابلا محیط بیرون نمی‌خواهد و نمی‌آید که مشکل‌های خودش را برای دانشگاه بازگو کند. همین امر باعث شده که دانشگاه و محیط بیرون به‌طور موازی باهم حرکت کنند و هیچ فصل مشترکی بین آن‌ها در راستای کمک به یکدیگر و یا بهره‌وری از هم وجود نداشته باشد و دانشگاه روی موضوعات انتزاعی متمرکز و محیط بیرون نیز گریبان‌گیر بی‌مدیریتی، مشکلات اجرایی و جلو نرفتن کارها شود. به‌طور خلاصه می‌توان گفت، باوجوداین مشکلات مدیریتی، مالی و اجرایی در پروژه‌های کشور که ارتباطی با مباحث علمی و دانشگاهی هم ندارد، عملاً هیچ درخواستی به دانشگاه ارجاع داده نمی‌شود که جامعه علمی بخواهد به‌طور کاربردی در پی حل آن باشد؛ بنابراین تا وقتی این دو مورد باهم ارتباط خاصی نداشته باشند و بر تصنعی بودن کار خود ادامه بدهند نمی‌توان انتظار رشد در سطح منطقه‌ای و جهانی داشت. البته بعضی از شرکت‌ها رشد قابل‌ملاحظه و خوبی داشته‌اند. وقتی به این سیر رشد نگاه می‌کنیم متوجه ارتباط و همخوانی معناداری بین صنعت و مراکز دانشگاهی می‌شویم که از کشورهای پیشرو در این زمینه می‌توان به آلمان، نروژ، سوئد، آمریکا و حتی چین اشاره کرد.

باوجوداین مشکلات مدیریتی، مالی و اجرایی در پروژه‌های کشور که ارتباطی با مباحث علمی و دانشگاهی هم ندارد، عملاً هیچ درخواستی به دانشگاه ارجاع داده نمی‌شود که جامعه علمی بخواهد به‌طور کاربردی در پی حل آن باشد؛ بنابراین تا وقتی این دو مورد باهم ارتباط خاصی نداشته باشند و بر تصنعی بودن کار خود ادامه بدهند نمی‌توان انتظار رشد در سطح منطقه‌ای و جهانی داشت.

از صحبت‌های شما متوجه شدم که در سطح دانشگاه دانش حفاری مکانیزه به بلوغ خودش رسیده اما این کمبود از طرف صنعت است که تمایلی به ارتباط با دانشگاه ندارد، درست است؟

بله تا حدودی همین‌طور است. از طرفی هم دانشگاه ها، استادان و دانشجوهای بسیار خوبی در ایران وجود دارند که عملاً نوع تحقیقات آن‌ها هیچ تأثیری بر صنعت نداشته است که علت این امر به نداشتن صنعتی پویا، پیشرو و مستقل که هیچ‌وقت دنبال رشد نبوده است، برمی‌گردد؛ بنابراین وقتی صنعت کشور متکی به بودجه‌های داخلی، رانت و پول نفت باشد اساساً دغدغه رشد علمی را ندارد و با دوری از محیط دانشگاه به‌طور موازی پیش می‌رود.

وقتی صنعت کشور متکی به بودجه‌های داخلی، رانت و پول نفت باشد اساساً دغدغه رشد علمی را ندارد و با دوری از محیط دانشگاه به‌طور موازی پیش می‌رود.

با توجه به آن‌که یکی از مدل‌های رایج برای پیش‌بینی عملکرد ماشین های حفر تونل تمام مقطع (TBM)، مدل CSM ای است که در دنیا بانام شما می‌شناسند، اکنون بعد از گذشت ۲۰ سال از توسعه این مدل، کارکرد آن را چطور ارزیابی می کنید؟ و چه پیشنهادهایی برای ادامه کار روی آن دارید؟

این مدل در زمان خاصی ارائه شد و کارهای حرفه‌ای زیادی را با اثرات درزه انجام داد. کارهای خوب دیگری که بعدها توسط آقای دکتر حسن‌پور انجام شد و عامل نفوذ را موردبررسی قراردادند از کارهای موفقی بودند که هنوز هم در دنیا کار می‌کند. در سال‌های اخیر کارکرد مدل CSM، یک مقدار محدودشده و در برآورد سرعت حفاری بیشتر در سنگ‌های یکپارچه و یکدست کاربری دارد ولی با تمام این محدودیت‌ها، مدل CSM بازهم کارکرد خودش را دارد و مورداستفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر بنده و یکی از دانشجویان در حال طبقه‌بندی جدیدی برای توده سنگ ها هستیم که فقط مختص حفاری مکانیزه و TBM است. موازی با کار ما کشور چین به‌شدت روی TBM کار می‌کند، به‌طوری‌که میزان متراژ حفاری‌شده در کشور چین با استفاده از این دستگاه از جمع متراژ حفاری‌شده تمام دنیا بیشتر است؛ بنابراین فرهنگستان علوم چین، TBM را به‌عنوان یکی از محورهای توسعه ای خودش معرفی کرده و در حال حاضر هزینه های زیادی در این قسمت برای توسعه آن اختصاص داده‌اند. بگذریم در حال حاضر ما نیز کمی از بحث نرخ نفوذ مدل CSM عبور کردیم و بیشتر روی بررسی عملکرد کل سیستم حفاری تمرکز داریم. این بررسی از دهانه چاه شروع می‌شود و تا انتهای تونل ادامه دارد. در حال حاضر تمام دنیا مخصوصاً چین و آلمان و بنده نیز با استفاده از شبیه‌سازی که مربوط به رشته مهندسی صنایع است این روند را بررسی می کنیم. درواقع بررسی نرخ سرعت توسط روش CSM تا حدودی مبحث حل‌شده‌ای است و در قسمت TBM کمتر بحثی روی ضریب بهره وری و شبیه سازی وجود دارد. جای این موارد خالی است که اگر به‌درستی بررسی شوند می توانند علاوه بر عملکرد ماشین تا حد قابل‌توجهی روی انتخاب ماشین،

انتخاب backup و برنامه‌ریزی سایت کمک کند. این‌ها همه نقاط قوت شبیه‌سازی است.

با توجه به آن‌که بحث سال‌های اخیر در مورد کاهش و حذف انسان در حفاری است، چنین سؤالی مطرح است که آیا اتوماسیون جایگاه خود را در حفاری به دست آورده است؟ و در سال‌های آتی امکان استفاده از ربات‌های حفار در معادن به‌جای انسان وجود دارد؟

بله، به دلایل مختلف روند به سمت اتوماسیون است. در معادن بسیار عمیق که rock burst وجود دارد به دلیل مسائل امنیتی، روند به سمت اتوماسیون بوده است و در تونل نیز سعی شده که به این سمت حرکت کنند. ولی تابه‌حال لزوم خاصی به این مورد نبوده و روند در این قسمت خیلی کمتر و کُندتر بوده است. به عنوان‌مثال کارهای کوچکی مانند تعویض کاتر توسط ربات در ماشین‌آلات هنگ‌کنگ دیده می‌شود. ولی به‌تازگی در مرکز استخراج فضایی دانشگاه کلرادو، مبحثی را در حد چالش‌ها و موانع حفاری در کره ماه مطرح کردیم که اگر TBM در کره ماه کار کند چه مشکلاتی پیش رو خواهد بود. اگر چنین طرحی توسعه پیدا کند قطعاً کارهای زیادی با ربات باید حل شود ولی بازهم نقش انسان به صفر نمی‌رسد چراکه ممکن است خود ربات احتیاج به تعمیر داشته باشد؛ بنابراین کلیت بحث به سمت مکانیزاسیون است اما اینکه چه موقع عمل حفاری کاملاً مکانیزه شود، بستگی به شرایط و نیاز صنعت دارد.

با توجه به اینکه شما در جریان آزمایشگاه حفاری مکانیزه دانشگاه تربیت مدرس قرار دارید و تاکنون با مشورت شما چند تجهیز مربوط به آزمون حفاری مکانیکی ساخته‌شده است، در خصوص راه‌اندازی این آزمایشگاه و ادامه کار آن چه نظرات و پیشنهادهایی دارید؟

همان‌طور که عرض کردم ازلحاظ علمی کار بسیار خوبی است که در حال جلو رفتن و تولید دانش هستید؛ اما متأسفانه فکر نکنم صنعت ما بتواند پذیرای چنین دانشی باشد. درهرصورت مسیری است که انتخاب‌شده و پیشنهاد بنده این است که کار شما باید بیشتر روی تحقیقات اولیه یا ابداعات متمرکز شود؛ چون کاری که شما دارید انجام می دهید بنا به قدمت، حساسیت و احساس نیاز کشور مقداری نسبت به دیگر جاها محدودتر است و نیاز به سرمایه‌گذاری زیادی دارد. به‌عنوان‌مثال کشور چین سرمایه‌گذاری عظیمی در این زمینه انجام داده است؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود روی تولید دانش متمرکز شوید و با ترکیب کارهای آزمایشگاهی و عددی بتوانید مدل‌های عددی جدیدی را ارائه کنید و در این زمینه حرفی برای گفتن داشته باشید.

برنامه شما بعد از اتمام کار حرفه‌ای چیست؟

در حقیقت بنده برنامه‌ای را چند سالی است که شروع کردم و آن‌هم مربوط به امور خیریه است که دوست دارم وقت بیشتری در این قسمت سپری کنم. در اینجا بنده عضو هیئت‌مدیره «بنیاد رفاه کودک» هستم و با این قسمت همکاری دارم. همچنین عضو بنیان‌گذار انجمن علمی حرفه‌ای ایرانیان هستم که هدف از تشکیل آن تبادل‌های علمی بین ایرانی‌ها و اعضای انجمن است. یک کار دیگری هم شروع کردیم به نام «استادان بدون مرز» که سازمانش را ثبت کردم ولی به دلیل مشغله کاری زیاد فعلاً این کار به‌صورت جد پیش نرفته و سازمانش به‌طور کامل برپا نشده است تا اینکه در شرایط مناسبی بتوانم وقت بیشتری گذاشته و فعالش کنم. در حالت کلی بعد از اتمام کار حرفه‌ایم علاقه دارم روی همین مسائلی که گفتم وقت بگذارم.

آقای دکتر لطفاً احساس اولیه خود را با هر یک از کلمات زیر بیان کنید.

معدن:
من از همان جوانی هم که به سمت رشته معدن آمدم از این کلمه به اسم «زیربنا و پایه صنعت» یاد می کردم.

آزمایشگاه:
محل آزمون تئوری ها

عشق:
کلام اول و آخر (*همراه با لبخند*)

سربازی:
دفاع و فداکاری

ایران:
بغض در گلو (*همراه با بغضی عمیق!!!*)

در آخر لازم می‌دانم از شما بابت فرصتی که در اختیار انجمن علمی دانشجویی حفاری مکانیزه قراردادید و امکان مصاحبه با نشریه ماموت را فراهم کردید بسیار تشکر کنم. امیدوارم با حضور جنابعالی و سرمایه‌های کشورمان هر چه سریع‌تر شاهد پیشرفت ایران باشیم.
خواهش می کنم، موفق باشید.

رابینز سخت‌تر از سنگ

کاوش رستمی
کارشناسی ارشد مهندسی معدن
kavo6.rostami@gmail.com

برداشت کانی‌های باارزش از دل منظومه شمسی، استخراج معادن از کف دریاها، توسعه شهرهای زیرزمینی و حتی کشاورزی در غیاب نور آفتاب (زیرزمینی) ، همه درگرو پیشرفت صنعتی به نام حفاری مکانیزه خواهد بود.

حفاری مکانیزه، استفاده از فضاهای زیرزمینی جهت تسهیل و رفاه هر چه بیشتر انسان را امکان‌پذیر می‌کند. از طرف دیگر، توسعه فضاهای زیرزمینی سبب کاهش آسیب به محیط‌زیست می‌شود. **بر اساس مطالعه‌ای، کاهش میزان آلاینده‌های NO_2 و CO به ترتیب ۴۷ و ۳۱ درصد در دهلی پایتخت هند نتیجه استفاده از خطوط مترو بوده است[۱].** از سوی دیگر همزمان با توسعه این صنعت، ساخت ماشین آلات حفاری، دستگاه های تهویه و نگهداری افزایش و با توسعه این صنایع مشاغل جدید به وجود آمده و رونق فنی و اقتصادی تحقق پیدا می‌کند؛ به عنوان مثال درآمد شرکت هرنکنشت[۱] آلمان که در زمینه ساخت ماشین‌آلاتِ حفاری تمام مقطع فعالیت دارد، با تعداد ۴۷۹۸ کارمند، ۱۲۳۱ میلیون یورو در سال ۲۰۱۶ بوده است. درواقع درآمد این شرکت به‌تنهایی معادل $\frac{۱}{۳۶}$ درآمد نفت کشورمان در همان سال بوده است.

امروزه در دنیا، حفاری به صنعتی بزرگ تبدیل‌شده و رقابت سخت میان شرکت‌های فعال در این عرصه ایجادشده است. رابینز[۲] ، هرنکنشت، ویرث[۳] ، سلی[۴] ، کاترپیلار[۵] ، ان اف ام تکنولوژی[۶] ، اطلس کوپکو[۷] ازجمله غول‌های بزرگ در زمینه ساخت تجهیزات و ماشین‌آلات مرتبط با حفاری هستند. شرکت رابینز، یکی از شرکت‌های معروف و پیشرو در عرصه ساخت ماشین‌آلات حفاری مکانیزه است که در ادامه به معرفی آن پرداخته خواهد شد.

در سال ۱۹۵۲ درحالی‌که پیشگام تونل‌سازی، جیمز اس. رابینز[۸] در صنعت معدنکاری فعالیت داشت؛ برای بهبود و افزایش کارایی عملیات حفاری برنامه‌ریزی می‌کرد. نتیجه تلاش او ساخت TBM[۹] مدرن بود، انقلابی در تونل‌سازی، اکنون پس از ۶۶ سال هنوز کمپانی رابینز پابرجا است. درواقع کمتر کسی را در عرصه تونل‌سازی می‌توان یافت که اسم شرکت رابینز را نشنیده باشد.

نخستین موفقیت TBM شرکت رابینز به حفاری شیل نسبتاً نرم در پروژه سد جنوب داکوتا[۱۰] برمی‌گردد، جایی که از ابزارهای ناخنی و دیسکی روی صفحه حفار استفاده کرد. چهار سال بعد، برای حفر زمین‌های سخت، رابینز، تیغه‌های دیسکی[۱۱] را روی TBM سوار کرد. از تونل فاضلاب رودخانه هامبر[۱۲] کانادا به‌عنوان اولین تونلی که در آن برای حفاری تنها از تیغه‌های دیسکی استفاده شد، یاد می‌شود. طرحی که امروزه برای همه TBMهای سنگ سخت مورداستفاده قرار می‌گیرد. دیک رابینز از پدرش جیمز نقل می‌کند: «بسیاری از مردم تا آن زمان سعی داشتند که سنگ را بِبُرند، اما هیچ دستگاهی (ماشینی) این کار را نکرد. هیچ‌کس نتوانست آن را حل کند تا پدر آن را انجام داد». پس از درگذشت جیمز رابینز ، دیک[۱۳] به‌عنوان رئیس این شرکت (۱۹۹۴-۱۹۵۸) منسوب شد. دیک در شروع کار خود همه پیش‌نیازهای EPB و TBM دوغابی را برای مترو ریر پاریس[۱۴] طراحی کرد. او در این باره عنوان می‌کند:

تصویر۱ - دیک رابینز در حال دریافت جایزه فرانکلین

«ما برای اولین بار در جهان از ماشین‌های سپری با محفظه‌های که از فشار هوا بهره می‌گرفت استفاده کردیم. این امر سبب می‌شد که جبهه‌کار تونل تحت‌فشار قرار بگیرد درحالی‌که بقیه تونل همان فشار اتمسفر را داشته باشد. همه طرح‌های آینده دوغابی و EPB، اصولشان را از این ماشین گرفتند». دیک این پروژه را به‌عنوان یکی از برجسته‌ترین پروژه‌های حرفه‌ای خود می‌داند.

1 .Herrenknecht
2 .Robbins
3 .Wirth
4 .Seli
5 .Caterpillar
6 .NFM-Technologies
7 .Atlascopco
8 .James S. Robbins
9 .Tunnel Boring Machine
10 .South Dakota's Oahe Dam project
11 .Disc Cutter
12 .Canada's Humber River Sewer Tunnel
13 .Dick
14 .Paris RER Metro

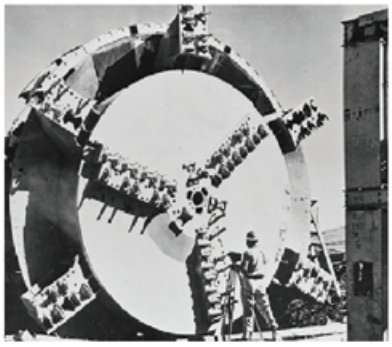
نخستین سپر دوگانه[1] در جهان در سال ۱۹۷۲ برای پروژه اوریچلا ایتالیا بود. دستگاهی که موفق به حفاری در زمین شکسته و سست شد، درحالی‌که همزمان نصب سگمنت‌ها به‌منظور حفظ سرعت نرخ پیشروی تونل انجام می‌شد. دیگر اختراعات قابل‌توجه شامل ماشین‌های سفارشی برای برنامه‌های کاربردی استخراج معدن، مانند ماشین استخراج سیار با مقطع غیر دایره‌ای[2] و ماشین‌های حفر دویل بود. امّا این تونل چنل[3] میان انگلستان و فرانسه است که خاطره‌ای شیرین در ذهن دیک رابینز برجای گذاشته است، جایی که در سال ۲۰۰۹ مدال معتبر فرانکلین را در مهندسی به‌افتخار موفقیت‌های شرکت او و پدرش در توسعه TBM و صنعت تونلسازی دریافت کرد. تصویر۱، دیک رابینس را در حال دریافت جایزه فرانکلین نشان می‌دهد.

رابینز می‌گوید: «یکی از خاطره‌انگیزترین پروژه‌ای که من روی آن کارکردم تونل چنل بود. ما ماشینی طراحی کردیم که زمین حامل آب با فشار ۱۰ بار را حفاری کرد، فشاری بسیار بیشتر ازآنچه که قبلاً مدیریت‌شده بود». طول تونل ۳۹ کیلومتر بود و در سال ۱۹۹۱ به اتمام رسید. در این پروژه از پنج TBM سپری طراحی شده توسط رابینز و بازوهای نصب کننده قطعات بتنی پیش ساخته استفاده شد. امروزه، شرکت رابینز یک شرکت توسعه دهنده و سازنده در دامنه گسترده‌ای از محصولات تونلسازی از ماشین‌های ترانشه‌زن کوچک تا TBMهای غول‌پیکر و نوار نقاله‌های پیوسته برای کاربردهای معدنکاری است. بیش از ۲۰۰ نفر به‌طور مستقیم در شرکت اصلی ایالات‌متحده مشغول به کار هستند. این شرکت حضور جهانی خود را از طریق شبکه‌ای از دفاتر ۱۰ کشور خارج از ایالات‌متحده ازجمله شیلی، اسپانیا، مکزیک، چین، هنگ‌کنگ، آلمان، هند، ایتالیا، کره و رومانی حفظ کرده است.

رابینز عنوان می‌کند: «وقتی‌که من در رابینز در سال ۱۹۶۸ شروع به کارکردم، ۲۷ نفر وجود داشتند ما خودمان تأمین کننده ملزومات TBM بودیم، تنها TBM، چیز دیگری وجود نداشت. امروز ما تأمین‌کننده سیستم‌های تونل هستیم، ما همه‌چیز می‌سازیم از ابزار برش در جبهه‌کار تا نوار نقاله‌ها در پشت».

جیمز رابینز در کنار اولین جبهه‌کار حفرشده سنگ توسط TBM

تاریخچه‌ای کوتاه از پروژه‌های معروف شرکت رابینز از بدو تأسیس تاکنون



سال ۱۹۵۶، اولین استفاده موفقیت‌آمیز تیغه‌های دیسکی

رودخانه هامبر/کانادا

قبل از سال ۱۹۵۶، TBMها هرگز در حفاری سنگ مورداستفاده قرار نگرفته بودند. سنگ‌آهک کریستالی در این پروژه برای سرمته‌های خراشی که قبلاً استفاده می‌شد بسیار سخت بود. بنابراین رابینز تیغه‌های دیسکی غلتشی[4] را اختراع کرد و پیمانکار برای اولین بار به‌صورت موفقیت‌آمیز سنگ را حفر کرد.

سال ۱۹۵۲، اولین TBM مدرن

سد اوه[5] / جنوب داکوتا

در سال ۱۹۵۲ جیمز رابینز اولین ماشین تونلسازی مدرن را برای پروژه سد اوه در جنوب داکوتا، واقع در ایالات متحد آمریکا توسعه داد. ماشین با سرمته‌های خراشی و تیغه‌های[6] دمبلی شکل را به‌صورت موفقیت‌آمیز در حفاری سنگ شیل ضعیف مورداستفاده قرارداد.

1 .Double shield TBM
2 .Non-circular Mobile Miner
3 .Channel Tunnel
4 .Oahe Dam
5 .Cutter
6 .Rolling disc cutter

۱۹۶۳، اولین نوار نقاله پشت یک TBM

جامو و کاشمیر

در ۱۹۶۳، بزرگ‌ترین TBM تا آن زمان، یک رابینز شاسی اصلی[1] به قطر ۱۱/۲ متر بود که برای پروژه سد مانگلا[2] ساخته‌شده بود. ممتاز بودن پروژه، استفاده از نوار نقاله توسعه داده‌شده معدن زغال‌سنگ توسط جیمز رابینز و گودمن به‌جای خودروهای ماک بود.

۱۹۶۴، پیشرو در انواع TBMهای EPB و دوغابی مترو ریر[3]

پاریس/ فرانسه

در ۱۹۶۴ رابینز به‌صورت موفقیت‌آمیز اولین ماشین حفر تونل هوای فشرده را برای حفاری یک تونل طولانی ۲/۹ کیلومتری در زیر سطح ایستابی در پاریس توسعه داد. این طراحی به‌عنوان اصول ساخت TBMهای EPB و دوغابی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

۱۹۷۲، اولین ماشین حفر تونل دوسپره

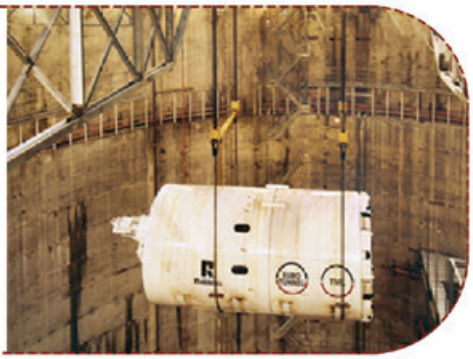
اُریشلا/ ایتالیا

پیمانکار پروژه، سلی، نیاز به TBMی داشت که از کارگرها در زمین‌های ریزشی حفاظت کند و سرعت پیشروی بالایی داشته باشد، درحالی‌که همزمان لاینینگ زدن تونل هم انجام شود. برای برآورد این نیاز، شرکت رابینز، TBM دوسپره[4] را اختراع کرد.

۱۹۷۸، یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌های TBM طرح تونل و مخرن

شیکاگو (TARP) / آمریکا

احتمالاً بزرگ‌ترین پروژه زیست‌محیطی تصفیه آب قرن بیستم، پروژه TARP بود. درواقع این پروژه فراخوانی بود برای ساخت تونلی عظیم طی مدت بیست سال. در طی مدت پروژه رابینز بیش از بیست TBM را ارسال کرد.



۱۹۷۸، حفاری سنگ در زیر فشار ۱۰ بار آب تونل کانال خط ریلی (CTRL)

انگلستان/فرانسه

شرکت رابینز مهم‌ترین تأمین‌کننده تکنولوژی TBM برای این پروژه بود. آن‌ها به‌طور موفقیت‌آمیزی یک ماشین هیبریدی جدید توسعه دادند که می‌توانست فشار ۱۰ بار آب را که در بدترین مقطع تونل پیش‌بینی‌شده بود مدیریت کند. این پروژه رویای صدها ساله برای مردم انگلستان و فرانسه بود که سرانجام از طریق همکاری میان شرکت‌های سازنده و کنسرسیوم پیمانکاران به حقیقت پیوست.

1 .Main Beam
2 .Mangla
3 .RER Metro
4 .Double Shield Tunnel Boring Machine

۱۹۸۸ ، پروژه نروژ
پروژه برق آبی شوارتیسن[1]

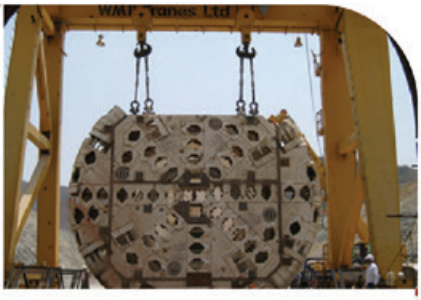
رابینز HP-TBM را معرفی کرد، که به ماشین حفر تونل[2] با عملکرد بالا معروف است. این ماشین برای شرایط بسیار سخت زمین‌شناسی فراخوانده شد. سه عدد HP-TBM با ظرفیت بسیار بالای بلبرینگ، قدرت صفحه حفار و نیروی پیشران که استفاده از چنین مشخصاتی در TBMهای سنگ سخت در این اندازه (۳ تا ۵ متر قطر) سابقه نداشت، به کار گرفته شد. برای پایداری همه این شرایط، رابینز بُرَنده جدید ۱۹ اینچی ظرفیت بالا با سیستم قفل لبه را به کار گرفت.

۱۹۹۶ ، پیدایش واحد کوچک حفاری
عوارضی پنسیلوانیا | آمریکا

پیمانکار قصد داشت یک تونل ۳۶ اینچی (۰.۹ متر) در سنگ با یک ماشین آگر[4] که از سرمته کاربیدی "درخت کریسمس[5]" استفاده می‌کرد، حفر کند. سرمته سنگ را نمی‌برید و پیمانکار برای حل به رابینز مراجعه کرد. واحد کوچک برش (SUB) برای این کار ساخته شد و پیمانکار تونل را تنها در یک هفته با این روش جدید به اتمام رساند.

۲۰۰۶ ، بزرگترین ماشین حفر تونل سنگ سخت
پروژه برق‌آبی نیاگارا | کانادا

در پروژه برق‌آبی نیاگارا بزرگترین مدل HP-TBM با قطر ۱۴.۴ متر مورداستفاده قرار گرفت، جایی که تیغه های دیسکی ۲۰ اینچی روی کله حفار دستگاه نصب شد و برای اولین بار، مونتاژ در محل[6] (OFTA) انجام شد.



۲۰۱۷ ، برای اولین بار مونتاژ در محل

رابینز در سال ۲۰۰۶، روش مونتاژ TBM در محل[9] (OFTA) را توسعه داد. روشی که نشان داده است که ماه‌ها زمان انتقال و میلیون‌ها سرمایه را پس انداز می‌کند. تا سال ۲۰۱۷، OFAT برای ۲۵ پروژه در سراسر جهان مورد استفاده قرارگرفت [۲][۳][۴].

۲۰۱۵، نسل بعدی هیبرید: ماشین تونل بر دوکاره

در ۲۰۱۵، رابینز موفق شد اولین ماشین حفر تونل دوکاره[7] در معدن زغال گراسونور[8] را استفاده کند.

جدیدترین نسل ماشین هیبرید، برای تقاطع میان شرایط زمین‌شناسی که در شرایط عادی به ماشین‌های حفر تونل چندگانه نیاز دارد، ساخته شد. این ماشین‌ها زمین‌های مختلف را ۱۴ برابر سریع‌تر از رودهدر حفر کرد. از آن پروژه اولیه به بعد ده‌ها دستگاه از ماشین‌های دوکاره در سراسر جهان استفاده شده‌است.

1 .Svartisen
2 .Tunnel Boring Machine
3 .The Small Boring Unit
4 .Auger boring machine
5 .Christmas tree
6 .Onsite First Time Assembly
7 .Crossover TBM
8 .Grosvenor Coal Mine
9 .Onsite First Time Assembly

منابع:

[1] D. Goel and S. Gupta, "The Effect of Metro Rail on Air Pollution in Delhi," World Bank Econ. Rev., no. 229, 2015.

[2] "History | The Robbins Company." [Online]. Available: http://www.therobbinscompany.com/about/history/. [Accessed: 10-Nov-2017].

[3] "Robbins celebrates 60 years of achievement - TunnelTalk." [Online]. Available: https://www.tunneltalk.com/Accolades-Awards-Oct12-Robbins-celebrates-60-years-of-TBM-achievement.php. [Accessed: 10-Nov-2017].

[4] "Dick Robbins honored for TBM advancements - TunnelTalk." [Online]. Available: https://www.tunneltalk.com/Dick-Robbins-Mar09-Franklin-Medal-winner.php. [Accessed: 10-Nov-2017].

چهارمین کنگره ملی زغالسنگ ایران

۲۷ الی ۲۹ فروردین ماه ۱۳۹۷

TPGCO
شرکت زغالسنگ پروده طبس

nicc 2018

دانشگاه صنعتی شاهرود

گزارش ویژه

خلاصه‌ای از چهارمین کنگره ملی زغال سنگ

اولین کنگره ملی زغال‌سنگ در تاریخ ۸ الی ۱۰ شهریور ۱۳۹۱ توسط دانشگاه صنعتی شاهرود و تحت حمایت سیویلیکا در شهر شاهرود برگزار شد. حال باگذشت تقریبی ۶ سال چهارمین کنگره ملی زغال سنگ ایران به میزبانی شرکت زغال‌سنگ پروده طبس به مدت سه روز در روزهای ۲۷ لغایت ۲۹ فروردین‌ماه سال جاری در شهرستان طبس با حضور میهمانان داخلی و خارجی برگزار شد.

محورهای اصلی این کنگره شامل ارائه مقالات، سخنرانی‌های علمی، کارگاه‌های آموزشی و برگزاری میزگردهای تخصصی تحت عنوان «جهت‌دهی انجمن زغال‌سنگ ایران» باهدف به اشتراک گذاشتن آخرین دستاوردهای علمی، پژوهشی و صنعتی، راهکارها و تدابیری جهت شکوفایی صنعت زغال‌سنگ ایران بود.

به گزارش ایرنا، مهندس ایمان یونسی مقدم، دبیر اجرایی چهارمین همایش ملی زغال‌سنگ ایران در طبس گفت: از ۱۲۶ مقاله ارسالی به دبیرخانه این همایش، ۸۴ مورد به‌عنوان برتر انتخاب شد و مابقی به‌صورت شفاهی و پوستر ارائه می‌شود. وی هدف از برگزاری این همایش را بررسی توانایی‌ها و ظرفیت‌های کنونی کشور و تبادل اطلاعات بین دانشگاه‌های داخلی و خارجی و شرکت‌های مختلف ذکر کرد. ایشان اظهار داشتند: متخصصین هفت شرکت خارجی از کشورهای آلمان، فرانسه، لهستان، جمهوری چک، ترکیه، اوکراین و استرالیا نیز در این همایش حضور دارند. به گزارش ماین نیوز، در این کنگره ظرفیت‌ها و آخرین دستاوردهای معادن زغال‌سنگ کشور و امکان استحصال گاز متان از این معادن بررسی می‌شود. همچنین باید ذکر کرد در حاشیه برگزاری این همایش نمایشگاه تخصصی معدن و صنایع وابسته آن با حضور ۲۵ شرکت برپا شد. از برنامه‌های اجرایی این همایش می‌توان به برگزاری میزگرد تخصصی انجمن زغال‌سنگ ایران، کارگاه‌های اموزشی و بازدید از معادن شرکت زغال سنگ پرورده طبس اشاره کرد. در انتهای این مراسم نیز به‌رسم یادبود تقدیرنامه و لوح یادبودی به دست‌اندرکاران، حامیان مالی و معنوی و غرفه داران اعطا گردید. همچنین در اختتامیه کنگره نیز جایزه ۱۰۰۰ دلاری پروفسور Naj Aziz از دانشگاه ولونگونگ استرالیا به رساله برتر که توسط دکتر عادل طاهری فارغ‌التحصیل دانشگاه صنعتی شاهرود تحت عنوان «مدلسازی جریان گاز متان در منافذ زغال سنگ به‌منظور عملیات گاز زدایی و اعتبارسنجی آن، مطالعه‌ی موردی: معدن زغال سنگ پروده طبس ایران» انجام‌شده بود اعطا شد. ذخیره زغال‌سنگ شهرستان طبس، ۷۶ درصد ذخایر زغال‌سنگ کشور را شامل می‌شود که ذخیره معدنی پروانه‌های بهره برداری صادرشده بیش از ۸۶۰ میلیون تن و ذخیره زمین‌شناسی شهرستان بیش از ۵ میلیارد تن است.سالانه بیش از ۱/۷ میلیون تن زغال‌سنگ از حوزه معادن زغال‌سنگ طبس استخراج می‌شود و بیش از ۴ هزار نفر در این حوزه مشغول به کار هستند.

Size: 0 - 2 mm
Ash: % 22
Size: 10 - 40 mm
Ash: % 18 - 20
Raw Coal
(Run of Mine Coal)
Ash: % 28

انجمن بین‌المللی تونل‌سازی و فضای زیرزمینی (ITA[1])، یک سازمان بین‌المللی پیشرو در زمینه استفاده از تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی و اشتراک‌گذاری دانش و به‌کارگیری فناوری در این زمینه است. این سازمان با ابتکار ۱۹ نهاد تأسیس شد و در سال ۱۹۷۴ شروع به فعالیت کرد. در زیر به مهم‌ترین اهداف آن اشاره شده است:

- ترویج و پیشرفت تحقیقات درزمینه طراحی، ساخت و نگهداری حفریات زیرزمینی
- جایگزینی فضاهای زیرزمینی با سازه‌های سطحی با توجه به مزایایی مانند اثرات مثبت اجتماعی و محیطی، کمتر بودن هزینه ساخت وساز و سایر هزینه‌هایی که به‌صورت غیرمستقیم به پروژه تحمیل می‌شود.
- توسعه روش‌های بهتر و ارزان‌تر برای برنامه ریزی، طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری سازه‌های زیرزمینی
- برقراری ارتباط میان مهندسین، معماران و برنامه‌ریزان توسعه فضای زیرزمینی
- توسعه ترتیب مبادلات بین‌المللی در فناوری زیرزمینی و تجربه استفاده از آن در تونل‌زنی مکانیزه

به‌طورکلی ITA تمام جنبه‌های برنامه‌ریزی، طراحی و ساخت تونل و فضای زیرزمینی را در نظر می‌گیرد. این انجمن از زمان شکل‌گیری خود در سال ۱۹۷۴، استفاده از فضاهای زیرزمینی را تشویق کرده و پیشرفت‌هایی در برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری و ایمنی تونل و فضای زیرزمینی داشته است.

در حال حاضر، بیش از ۷۰ نفر به‌طور مستقیم و صدها نفر از اعضای شرکت‌های وابسته، عضو ITA هستند.

این انجمن شامل ۴ کمیته به نام‌های ITAtech, ITACUS, ITA-CET, ITA COSUF است.

ITAtech

هدف ITAtech فراهم نمودن بستری برای مهندسین، تولیدکنندگان، پیمانکاران و تأمین کنندگان به‌منظور کسب تجربه و تخصص جهانی در صنعت تونل، یافتن راه‌هایی برای حمایت از تکنیک‌ها و محصولات جدید باهدف کمک به توسعه معیارهای طراحی و عملکرد و تهیه بهترین دستورالعمل‌های کاربردی است.

رسته‌های فعالیت ITAtech شامل مراحل مربوط به ساخت‌وساز زیرزمینی مانند تحقیق، حفاری، نگهداری، آب‌بندی، مانیتورینگ و طراحی است.

ITACUS

ITACUS یکی از چهار کمیته دائمی انجمن بین المللی تونل و فضاهای زیرزمینی است. ITACUS به‌طور پیوسته با شرکای جهانی خود، ISOCARP، ICLEI و IFME همکاری می‌کند.

این کمیته همچنین با UNISDR و مقر سازمان ملل متحد همکاری دارد.

ITA-CET

از سال ۲۰۰۰، ITA آموزش و پرورش را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌ها و نیازهای انجمن تعریف کرد. این انجمن به‌طور رسمی کمیته ITA-CET را در سال ۲۰۰۷ به‌منظور ارتقای آموزش و پرورش در انجمن تونل و فضاهای زیرزمینی تأسیس کرد. اهمیت به اشتراک‌گذاری دانش از طریق آموزش و پرورش در سال‌های اخیر در برنامه‌های استراتژیک ITA تأیید شده و همچنان یکی از اولویت‌های استراتژیک برنامه فعلی برای سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۷ است.

ITA COSUF

ITA COSUF کمیته عملیاتی ایمنی تأسیسات زیرزمینی است. این کمیته در سی‌وسومین کنگره جهانی تونل (WTC ۲۰۰۵) به دنبال یک طرح مشترک از ۸ پروژه تحقیقاتی اروپایی باهدف بهبود ایمنی تونل‌ها در استانبول ترکیه تأسیس شد. همچنین انجمن جهانی راه (PIARC) ITA COSUF را پشتیبانی می‌کند.

1- International Tunneling and Underground Space Association

سالانه، ITA ضمن برگزاری جلسه مجمع عمومی خود، کنگره جهانی تونل (WTC) را در یکی از کشورهای عضو در سراسر جهان برگزار می‌کند. WTC بزرگ‌ترین کنفرانس بین‌المللی درزمینه تونل‌سازی و فضاهای زیرزمینی است که شرکت کنندگان با دور هم جمع شدن و به اشتراک گذاری اطلاعات خود برای بهبود این صنعت تلاش می‌کنند. این بار انجمن مهندسین امارات متحده عربی (SOE-UAE) که به‌طور رسمی در تاریخ ۳ آوریل ۱۹۷۹ توسط وزارت کار و امور اجتماعی آن کشور شروع به کارکرده است؛ میزبانی چهل و چهارمین مجمع عمومی انجمن بین‌المللی تونل و فضاهای زیرزمینی و کنگره جهانی تونل را در تاریخ ۲۱ لغایت ۲۶ آوریل ۲۰۱۸، در کنوانسیون بین‌المللی و مرکز نمایشگاه امارات متحده عربی برعهده داشت. این انجمن به‌عنوان یک سازمان نیمه‌دولتی و غیرانتفاعی و به‌عنوان عضوی از ITA، در تلاش برای ارائه خدمات عالی به ۴۰ هزار اعضای خود است.
این خدمات شامل اختصاص اعتبار به تحصیلات

در امارات متحده عربی، ارتباط بین‌المللی برای بخش‌های عمومی و خصوصی باهدف متحد کردن صنعت تونل منطقه‌ای و توسعه و استفاده از فضاهای زیرزمینی از سال ۲۰۱۱ با تأسیس بخش تونل زون SOE امارات است. این کنفرانس با عنوان «نقش فضاهای زیرزمینی در ساخت شهرهای پایدار آینده» به همراهی ۱۵ نفر کمیته اجرایی، ۱۵ اسپانسر و ۲ نهاد اجرایی، با عناوین اصلی که در زیر به آن اشاره می‌شود برگزار شد:

- تونل‌های چندمنظوره - راه‌حل نهایی
- اهمیت مدیریت پروژه در توسعه آن
- طرح تونل‌های فاضلاب بدون هزینه تعمیر و نگهداری - واقعیت یا داستان
- آبگیری و کنترل سیلاب با سازه‌های زیرزمینی
- بررسی روش های تونل‌سازی کنونی
- شهر هوشمند - چگونه می‌تواند به فضای زیرزمینی کمک کند
- مطالعات موردی در مورد پروژه‌های TBM
- ایمن‌سازی برای سازه های زیرزمینی
- نوآوری در فنآوری های تونل
- مهندسی زمین و مدیریت ریسک
- پیشرفت در بخش مواد
- استفاده پایدار از فضاهای زیرزمینی
- روش صحیح ساخت تونل
- چگونگی تعریف هزینه چرخه عمر پروژه

در این کنگره، از حدود ۶۰۰ مقاله ارسالی، ۳۵۲ مقاله برگزیده‌شده بود که از این تعداد، ۱۴۱ مقاله به‌صورت شفاهی و ۲۱۱ مقاله به‌صورت پوستر ارائه شدند. همچنین ۱۵۰۰ نفر از ۶۸ کشور در کنگره شرکت کردند. در این کنگره بیش از ۱۲۵ شرکت معتبر جهانی آخرین دستاوردها و تکنولوژی روز خود را به نمایش گذاشتند. همچنین تصمیم‌های مجمع انجمن تونل برای سال‌های آینده به‌قرار ذیل است:

- پذیرش عضویت کشور نیوزیلند به‌عنوان عضو جدید ITA
- برگزاری کنفرانس ۲۰۲۱ در دانمارک
- پذیرش ۱۸ عضو وابسته جدید
- پذیرش ۵ شرکت وابسته به‌عنوان اسپانسر

World Tunnel Congress
Bubai 2018

Photo

هنرمندی در دل معدن

نشریه ماموت دیدار با شخصی دارد که علی‌رغم فعالیت در معدن و دست‌وپنجه نرم کردن با شرایط سخت، دل او مهربان، روح او لطیف و دستان وی به ظرافت برداشتن قلم‌مو و درهم‌آمیزی رنگ‌ها و خلق آثار هنری تحسین‌برانگیز است. در ادامه به سراغ مصاحبه با ایشان می‌رویم:

لطفاً خودتون رو معرفی کنید؟

من رحمت بهاری، متولد ۲۱ تیر ۱۳۷۱ شهرستان تکاب (استان آذربایجان غربی)، حدود دوساله در یک معدن مشغول به کار هستم و در کنار کارم هنر نقاشی رو انجام میدم.

میزان تحصیلات شما در چه حد است؟

دیپلم ردی رشته علوم تجربی هستم.

ازآنجایی که شما در محیط معدن مشغول به کار هستید معدن چه تأثیری بر علایق و ذوق شما داشته؟ آیا معدن‌کاری در نقاشی شما متجلی شده است؟

بله، درواقع با کار من در معدن و محیط طبیعی علایق و احساسات خاصی در من ایجاد میشه که می‌توانم در کنار کار معدن از طبیعت الهام بگیرم و گاهی اوقات نقاشی بکشم.

ارتباط معدن با هنر ازنظر شما چیست؟

دو نوع سوژه رو برای نقاشی در معدن دارم. هم از طبیعت معدن و هم افرادی که در معدن کار می‌کنند. می‌توانیم رنج آن‌ها یا دل به کاری که میدن در نقاشی از اونا استفاده کنیم. مثلا یک کارگری که مشغول به کاره، ما می‌تونیم این کارگر رو در نقاشی بیاریم و رنج و زحمت‌هاشون رو که سبب موفقیت معدن‌کاری میشه.

شما معمولا از پدیده‌های خارجی برای نقاشی الهام می‌گیرید و آنچه که با چشم می بینید و با سایر حواس‌ها حس می‌کنید رو روی کاغذ می آورید، به‌نظرتون میشه رنج‌ها و تلاش‌های یک کارگر معدن رو به تصویر کشید؟

بله چراکه نه، کلا من سلیقه‌ام اینه که رنج‌ها رو بیشتر به تصویر بکشم تا اینی که از رفاه مردم نقاشی‌بکشم.

چه موقع شما کار نقاشی رو انجام میدید؟

والله من زیاد وقت ندارم که روی نقاشی کار کنم یا کار هنری انجام بدم. من تقریبا در اینجا تا ساعت ۷ الی ۸ غروب کار می‌کنم پس از اون مشغول میشم و تا ساعت ۱۲ الی ۱ بامداد نقاشی می‌کشم. البته یه چیز دیگه‌ای که هست اینه که نقاشی یه ذوق و حوصله خاصی می‌خواد که بعضی مواقع کار از ما می‌گیره. بعضی مواقع می‌بینی که یه ایده‌ای داری و یه شوقی که نقاشی بکشی دیگه ساعت برات مفهوم نیستش و اصلا ساعت برات مهم نیست فقط می‌خوای اون ایده و یا اون تصویری که در ذهنته بکشی.
به این حمایت‌ها دل گرمم.

افرادی که با اون‌ها در محیط معدن ارتباط دارید چقدر احساسات شما رو می‌فهمند؟ تعامل اون‌ها با شما به چه صورت است؟

حقیقتاً من در طول این مدتی که اینجا کار میکنم، اکثر اون کسانی (راننده‌ها) که با من هستند من رو تشویق کردند و من هم به تشویق این‌ها بوده که ذوق پیدا کردم که نقاشی بکشم. در واقع قبل از این‌که من به معدن بیام آرماتوربند بودم و در ارتباط باکسانی بودم که سختی کارشون مجالی برای فکر به هنر و تشویق من از جانب اون‌ها نمی‌گذاشت. در اینجا صاحبان، مدیریت و همه کارکنان معدن همه لطف داشتن و تشویق و حمایت کردند. این تشویق هم چیزیه که آدم رو دگرگون و متحول می‌کنه که دست به نقاشی بزنه. خیلی از مواقع هست که بنده حوصله نقاشی رو ندارم فقط به خاطر همین تشویق اطرافیان است که من رو مشتاق می‌کنه که نقاشی بکشم.

بیشترین حمایت رو چه کسی از شما داشته؟ چه کسی بیشترین انگیزه رو بهتون داده؟

بیشترین حمایت رو واقعا خانواده به من داشتن. در اینجا هم کسی که بیشتر از همه از من حمایت کرده آقای پیروان (مدیر امور مالی) بوده که من رو به صاحب معدن معرفی کردن. بعد از اون بیشتر افراد این معدن متوجه شدن که من یه بهره‌ای از هنر دارم و حمایت کردند؛ و من نمی‌تونم بگم تنها یک نفر از من حمایت کرده بلکه تعداد زیادی افراد از من حمایت کردن.

اگر دو انتخاب به شما بدن یکی استادِ هنر دریکی از دانشگاه‌ها و دیگری ریاست مثلا این معدن شما کدام رو انتخاب می‌کنید؟ اولویت شما با کدام است؟

استاد هنر. اولویت من با هنر است.

شما از هنر درآمد داشته‌اید؟

نه تا حالا من از هنر درآمدی نداشته‌ام. تنها من یه کیف رو از یکی از دوستانم به‌عنوان یادگاری و به‌پاس کارهای هنریم دریافت کرده‌ام. البته این‌رو هم بگم متأسفانه چند سال پیش برای پدرم یه کسالتی پیش آمد که به دلیل اینکه دست و بال ما تنگ بود خیّری هزینه‌های بیمارستان رو متقبل شدن و من هم یکی از بهترین کارهام که خیلی دوستش داشتم رو به ایشون تقدیم کردم. درواقع از نقاشی اصلا درآمدی نداشته‌ام و البته خودم هم به فکر درآمدزایی از طریق کارهام نبوده‌ام. من فقط شوق داشتم که پیشرفت کنم و کارهام دیده بشه و چشم‌داشت مالی نداشتم حالا در آینده شاید بتونه برای من درآمدی هم داشته باشه. اکثر جاها هم گفتن از هنر بخوای نون دربیاری و یا درآمد داشته باشی اولا اینکه باید واقعا یک شغل مناسب داشته باشی و از هنر به‌عنوان شغل دوم استفاده کنی یا اگر بخوای درآمدی داشته باشی باید بنیه مالی قوی داشته باشی.

چه درخواستی از مسئولین دارید؟ چه از مسئولین و مدیریت معدن و یا از نهادهای آموزشی و پرورشی؟

درخواستم از مدیران معدن اینه که از همین حمایت‌ها کم نکنن. همین‌که ما رو به شما معرفی کردن و شما زحمت کشیدید از من این مصاحبه روگرفتید و در نشریه خودتون قرار میدید باعث میشه که من شوق بیشتری برای انجام کارای آیندم داشته باشم و با امید بیشتری به راهم ادامه بدم. از مسئولین هم تنها تقاضایی که دارم اینه که هنرمندهای خیلی بزرگ‌تر از من هستند ولی نادیده گرفته می‌شن و شاید از من هم خیلی کارهای برجسته‌تر دارند که نام و نشونی از اونا وجود نداره. فقط این‌ها رو پیدا کنند و درک کنند و آن‌ها را تشویق کنند.

حرف آخر شما؟

از شما خیلی تشکر می‌کنم که تشریف آوردید. حرف زیادی برای گفتن ندارم. آرزو می‌کنم بیشتر در زمینه‌ی نقاشی دیده بشم و کارهام موردتوجه قرار بگیره. سخن دیگه‌ای ندارم.

چکیده مقالات

وابستگی نیروهای برش سنگ به زاویه ناشی از تورق

Ref:

Entacher, M., & Schuller, E. (2018). Angular dependence of rock cutting forces due to foliation. Tunnelling and Underground Space Technology, 71, 215-222.

چکیده:

مجموعه‌ای از آزمون‌های برش روی سه نوع سنگ دگرگونی مختلف انجام شد. نمونه‌ها با زوایای آلفا ۰، ۴۵ و ۹۰ درجه برای بررسی اثر زاویه‌ی تورق بر نیروی غلتشی یک تیغه‌ی دیسکی کوچک (با مقیاس ۱:۸) آماده‌سازی شدند. نتایج نشان می‌دهد که نیروی غلتشی با زاویه‌ی تورق صفر درجه در مقایسه با زاویه‌ی ۹۰ درجه برای هر سه نوع سنگ، تقریباً افزایش حدود ۲ برابری دارد. در گام بعدی، روشی برای اعمال نتایج به یک مدل پیش‌بینی عملکرد TBM برای به دست آوردن یک ضریب همبستگی برای وابستگی زاویه‌ای عملکرد TBM نشان داده شد. ضریب تصحیح حاصل برای عملکرد کلی TBM (F_N0° / F_N90°) در محدوده‌ی ۱/۸۰-۱/۳۳ است که همخوانی خوبی با داده‌های میدانی منتشرشده قبلی توسط بوچی در سال ۱۹۸۴ و تورو در سال ۲۰۰۲ دارد.

شرایط زمین‌شناسی و مکانیکیِ توده سنگ برای پیش‌بینی عملکرد دستگاه حفار مکانیزه TBM. مطالعه‌ی موردی تونل اکتشافی La Maddalena، Chiomonte

Ref:

Armetti, G., Migliazza, M. R., Ferrari, F., Berti, A., & Padovese, P. (2018). Geological and mechanical rock mass conditions for TBM performance prediction. The case of "La Maddalena" exploratory tunnel, Chiomonte (Italy). Tunnelling and Underground Space Technology, 77, 115-126.

چکیده:

پیش‌بینی عملکرد ماشین حفاری تونل (TBM) برای انتخاب مؤثرترین روش‌های حفر و همچنین تخمین شرایط حفاری ازلحاظ زمان و صرفه اقتصادی زیرساخت‌ها بسیار حائز اهمیت است. بسیاری از محققین چندین مدلِ نظری و تجربی که معمولاً بر اساس مقایسه‌ی بین مشخصات ژئوتکنیکی - زمین‌شناسی توده سنگ و داده‌های ماشین حفار است را توسعه داده‌اند. بااین‌حال، این مدل‌ها خاصِ یک ساختگاه بوده و به‌سختی قابل‌استفاده در موارد دیگر هستند. هدف این کار به دست آوردن مدل‌های ساده و قابل‌استفاده در مرحله اولیه برنامه‌ریزی و فهم تونل است، به این منظور پارامترهای منحصربه فرد توده سنگ (مقاومت فشاری تک‌محوره، کوارتز محتوا ، فاصله‌داری بین ترک‌ها، و غیره) با شاخص‌های عملکرد TBM مانند نرخ نفوذ (ROP) و شاخص نفوذ میدانی (FPI) مرتبط شده‌اند. به‌طور خاص این مطالعه بر تونل اکتشافی «لا مادلنا» واقع در شمال ایتالیا که اطلاعات زمین‌شناسی، ژئوتکنیکی و عملکرد TBM در حین ساخت تونل به‌طور پیوسته جمع‌آوری شده است، تمرکز دارد.

اتوماسیون جبهه‌کار طولانی: روندها، چالش‌ها و فرصت‌ها

Ref:
Ralston, Jonathon C., Chad O. Hargrave, and Mark T. Dunn. "Longwall automation: trends, challenges and opportunities." International Journal of Mining Science and Technology 27.5 (2017): 733-739

چکیده:
این مقاله به دنبال توسعه و پیاده‌سازی تکنولوژی اتوماسیون جبهه کار طولانی برای دستیابی به سطوح بالاتر عملکرد معدن زغال‌سنگ زیرزمینی است. علت اصلی پژوهش و توسعه، تلاش برای افزایش ایمنی، بهره‌وری و کارایی عملیات استخراج از معدنکاری جبهه کار طولانی به‌منظور بهبود کسب‌وکار معادن زیرزمینی است. ابتدا مروری مختصر بر چالش‌های عمده اتوماسیون جبهه کار طولانی انجام شد. سپس به دنبال آن بینش‌ها و مزایای مرتبط با راه‌حل‌های اتوماسیون شیرر جبهه کار طولانی LASC (کمیته رهبری اتوماسیون جبهه کار طولانی) ارائه‌شده است. در ادامه بخش هایی شامل چالش‌های فنی درزمینه سنجش، پشتیبانی از تصمیم ، استقلال و تعاملات انسانی مورد تأکید قرارگرفته‌اند، و توجه خاصی به مراکز کنترل از راه دور، ردیابی و معماری سیستم‌های سطح شده است تا توسعه سیستم اتوماسیون هرچه بیشتر توسعه یابد. چشم‌انداز یک اکوسیستم معدن زغال کاملاً یکپارچه باهدف ارائه‌ی عملکرد بالا و عوامل زیست محیطی استخراج معادن موردبحث قرارگرفته است.

بررسی سایش ابزار در تونل‌زنی به روش EPB در فاز گسترش خط ۷ متروی تهران

Ref:
Amoun, Sadegh, et al. "Evaluation of tool wear in EPB tunneling of Tehran Metro, Line 7 Expansion." Tunnelling and Underground Space Technology 61 (2017): 233-246.

چکیده:
سایش ابزار برش و سایر اجزای جبهه کار تحت‌فشار ماشین حفر تونل که با مواد حفرشده در تماس هستند، از پارامترهای مهم در تونل‌زنی در زمین نرم هستند. همین دلیلی است که نیاز به بازرسی کله حفار و نگهداری ابزار تحت شرایط فشار احساس شود، اما چنین کاری فعالیتی زمان‌گیر، خطرناک، با ریسک زیاد و پرهزینه است. این مطالعه بر روی سایش ابزار ماشین حفر تونل EPB در خط ۷ متروی تهران را در ۶۵۰۰ متر ابتدایی بررسی می‌کند. جنس زمین در طول تونل، بیشتر متشکل از رسوبات آبرفتی است که ترکیبی از شن و ماسه با خاک رس و سیلت یا شن و ماسه همراه با خاک رس است. در این پروژه، تعداد ابزار برش تعویض شده برابر ۱۱۶۹ است که شامل ۶۵۴ عدد از نوع فرورونده، ۳۵۷ عدد از نوع خراشی و ۱۵۳ عدد از نوع دیسکی است. در این مقاله تأثیر پارامترهای زمین‌شناسی و عوامل اپراتوری بر سایش ابزار بررسی‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش نیروی پیشران ماشین، فشار زمین و گشتاور، مصرف ابزار برش عموماً افزایش می‌یابد. همچنین عمل‌آوری خاک در کنترل سایش ابزار نقش اساسی دارد، به طوری‌که حتی در خاک‌های دانه‌درشت نیز می‌توان به‌وسیله عمل‌آوری، سایش ابزار را کاهش داد. آنالیزهای کمّی این پارامترها برای این پروژه و بحث مختصری از پیامدهای آن در این پروژه پیشنهادشده است. همچنین از روش تحلیل رگرسیون چندگانه برای به دست آوردن بهترین همبستگی بین متغیرهای سایش برش‌دهنده و زمین استفاده شد و ضریب همبستگی تا ۰/۹۸ مشاهده شد. این بیانگر پتانسیل مدل‌های توسعه‌یافته برای پیش‌بینی سایش ابزار توسط رگرسیون چندگانه است، درصورتی‌که اطلاعات کافی از پروژه های تونل‌زنی در زمین نرم جمع‌آوری شود.

https://awards.ita-aites.org/

http://arms10.org/public.asp?page=home.htm

NEWS
World events for Mining and Tunneling

http://www.wtc2019.com/

https://www.innotrans.de/en/

https://www.miningexplorationinternational.com/

رویدادهای ایران

پنجمین کنگره معدن و صنایع معدنی ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی معدن
تاریخ برگزاری ۱۲ الی ۱۳ آبان ماه

» http://mineconf.ir

همایش و نمایشگاه سد و تونل
تاریخ برگزاری ۱۰الی ۱۲ مهرماه

« http://www.datex.refna.com/fa/

لنزماموت

بازدید از خط ۶ متروی تهران

بازدید از موزه علوم زمین

MAMOOT Scientific Student Magazine

Mechanization and Automation in Mining and Tunnelling

Volume I. No. I. Winter-Spring 2018

MAMOOT

Tarbiat Modares University

Cultural–Social Deputy

TERRATEC EPB–TBM for Delhi metro phase III