ضرورت بازنگری سرفصل‌های آموزشی و پژوهشی دانشکده‌های زمین‌شناسی جهت رویکرد به کاربردهای تکنولوژیکی در صنایع (با نگرش ویژه به فناوری تونل‌سازی مکانیزه)

وحید جودکی[1*]، رسول اجل‌لوئیان[2] و جعفر حسن‌پور[3]

[1]کارشناسی ارشد، بخش نظارت عالیه و کارگاهی، شرکت مهندسین مشاور آبان پژوه، تهران، ایران

[2]استاد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

[3]دانشیار، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۰۱/ ۰۶/ ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۲۶/ ۱۲/ ۱۳۹۶

چکیده

در بسیاری از پروژه‌های صنعتی و عمرانی کشور، عدم توجه کافی کارفرمایان به ملاحظات زمین‌شناسی موجب بروز مخاطرات و چالش‌های عدیده شده است. در پروژه‌های عظیم تونل‌سازی مکانیزه نیز به مطالعات گسترده زمین‌شناسی نیاز است. این مطالعات نیازمند دانش کافی از حوزه‌های مختلف زمین‌شناسی (مهندسی زمین، هیدروژئولوژی، تکتونیک، رسوب‌شناسی، پترولوژی، چینه شناسی، ژئوفیزیک، ژئومورفولوژی و ...) است. در این پژوهش دیدگاه فارغ‌التحصیلان گرایش زمین‌شناسی مهندسی (شاغل در بخش صنعت)، پیرامون تجربیات آموزشی و صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است. این تحقیق توصیفی از نوع پیمایشی است. جامعه پژوهش شامل تمامی زمین‌شناسان مهندس فعال در صنایع کشور هستند که با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، ۵۰ نفر انتخاب شدند. اطلاعات به وسیله پرسشنامه پژوهشگر ساخته، جمع‌آوری و داده‌ها با کمک آمار توصیفی تفسیر شده‌اند. نتایج نظرسنجی نشان می‌دهد که در بسیاری از دروس تخصصی و در قالب واحدهای عملی دوره کارشناسی، به کاربردهای تکنولوژیکی مباحث در صنایع مرتبط (تونل‌سازی، راه، معادن، سد، اکتشافات نفتی و ...) به حد مطلوب پرداخته نشده و از دیدگاه غالب افراد جامعه آماری، سرفصل‌های فعلی نیازمند بازبینی است و باید دروس اختیاری جدید تدوین شود. نتایج نشان می‌دهد که بخش اندکی از واحدهای عملی و بازدیدهای صحرایی دانشجویان در فضاهای کاربردی برگزار می‌شود. به عقیده افراد، در حوزه پژوهش‌های تحصیلات تکمیلی نیز بخش قابل توجهی از پایان‌نامه‌ها، جنبه پایه‌ای و بنیادین دارند. از طرفی مابین دانشکده‌های زمین‌شناسی و دانشکده‌های فنی مهندسی (در رشته‌های مرتبط به صنعت حفاری مکانیزه، نظیر: مکانیک، الکترونیک و ...) همکاری پژوهشی در قالب تحقیقات بین‌رشته‌ای، وجود ندارد. از این رو در بسیاری از تحقیقات دانشجویی، رویکرد هدفمند به صنایع کشور (من‌جمله صنعت تونل) وجود ندارد. نتایج نشان می‌دهد که در شرایط فعلی، بازبینی سرفصل‌های آموزشی و فعالیت گسترده‌تر انجمن‌های زمین‌شناسی (در زمینه ارتباط هدفمند با صنایع کشور) می‌تواند موجب ارتقای پتانسیل دانش‌آموختگان زمین‌شناسی در مشاغل صنعتی شود. لذا در این مقاله با اشاره اجمالی به شرایط گروه‌های زمین‌شناسی و صنعت حفاری مکانیزه کشور، ضمن بررسی چالش‌ها به ارائه پیشنهاداتی مسئله‌گشا پرداخته شده است.

کلیدواژه‌ها: زمین‌شناسی، سرفصل‌های آموزشی، صنعت تونل‌سازی مکانیزه، تحقیقات بین‌رشته‌ای.

***نویسنده مسئول:** وحید جودکی

E-mail: Joudaki_vahid@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

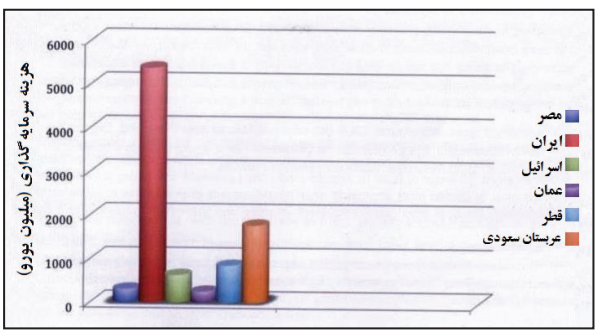
زمین‌شناسی یکی از مهم‌ترین رشته‌های تحصیلی در حوزه علوم پایه است که نقش حائز اهمیتی در بسیاری از صنایع معدنی و عمرانی جوامع ایفا می‌کند. در کشورهای توسعه‌یافته زمین‌شناسان در زمره فعالان صنعتی خاص و با سطح درآمد ایده‌آل هستند. اما در ایران فارغ‌التحصیلان رشته زمین‌شناسی دارای شرایط متفاوتی هستند و این تخصص در بسیاری از حوزه‌ها محجور واقع شده است.

این رشته در تحصیلات تکمیلی شامل گرایش‌های مختلفی است که در سال‌های اخیر انجمن‌های علمی مربوط به این گرایش‌ها، از رشد کمی چشمگیری برخوردار بوده‌اند. تعداد این انجمن‌ها از ۳ انجمن در سال ۱۳۸۰ به بیش از ۱۰ انجمن در سال ۱۳۹۴ رسیده است که با اخذ مجوز از وزارت علوم در حال فعالیت هستند. حدود نیمی از این انجمن‌ها دارای امتیاز انتشار مجلات پژوهشی هستند.

از جمله پتانسیل‌های انجمن‌های مذکور، همکاری در تدوین سرفصل‌های دروس آموزشی و سیاست‌گذاری جهت ایجاد تعامل بین دانشکده‌های زمین‌شناسی با بخش‌های صنعتی کشور است. هیئت مدیره این انجمن‌ها اغلب ترکیبی از اساتید برجسته دانشگاه‌ها و برخی فعالان بخش‌های صنعتی هستند. با این حال دانشکده‌های زمین‌شناسی کشور، در حال حاضر از ارتباط هدفمندی با بخش‌های صنعتی کشور، برخوردار نیستند. شواهد حاکی از آن است که در بخش دروس آموزشی و نیز پیرامون پژوهش‌های تحصیلات تکمیلی، دانشکده‌های زمین‌شناسی رویکردی جدی به بخش صنعت (به‌ویژه در حوزه صنعت تونل‌سازی مکانیزه) ندارند.

در پژوهش حاضر ضمن بررسی چالش‌های پیشِ روی دانشکده‌های زمین‌شناسی در تعامل با بخش‌های صنعت، به ارائه پیشنهاداتی مسئله‌گشا پرداخته می‌شود و در این راستا به عنوان مطالعه موردی، یکی از صنایع مرتبط در کشور (فناوری حفاری مکانیزه) مورد کنکاش قرار می‌گیرد.

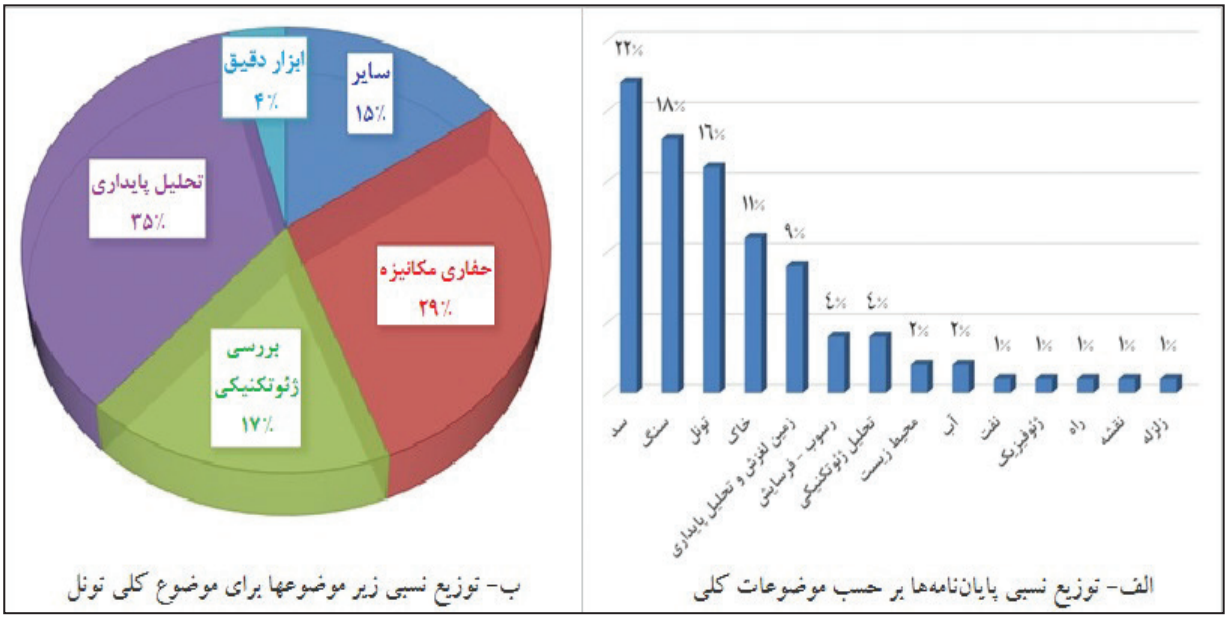
صنعت حفاری مکانیزه در ایران به نحو چشمگیری در حال توسعه است. شواهد نشان می‌دهد که در سال‌های آینده بخش قابل توجهی از بازار کار دانش‌آموختگان زمین‌شناسی در این حوزه تأمین خواهد شد. بر اساس آماری که از سوی انجمن بین‌المللی تونل و فضاهای زیرزمینی (ITA, 2017) ارائه شده است، میانگین رشد پروژه‌های تونل‌سازی در سال ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۱۳، در دنیا ۲۳ درصد و در خاورمیانه ۳۰۰ درصد بوده است. در این میان ایران رتبه اول منطقه را داراست (شکل ۱).



شکل ۱- میزان سرمایه گذاری کشورهای خاورمیانه در زمینه فضاهای زیرزمینی و تونل‌سازی مکانیزه (ITA, 2017).

در دانشکده‌های زمین‌شناسی، گروه‌های کارشناسی رویکردی به حوزه تونل‌سازی ندارد. در تحصیلات تکمیلی نیز تنها در یک گرایش (زمین‌شناسی مهندسی) تعاملاتی اندک با فعالان صنعت تونل‌سازی، پیرامون پایان‌نامه‌های دانشجویی وجود دارد.

با این حال، بررسی و مقایسه دو پژوهش از آصف و بهلولی (۱۳۸۴) و جمالی‌زاده و اعظمی (۱۳۹۵) نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر در گرایش زمین‌شناسی مهندسی، پژوهش‌های دانشجویی در زمینه صنعت تونل‌سازی، روند رو به رشدی داشته‌اند. به نحوی که در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ موضوعات پژوهشی در زمینه صنعت تونل‌سازی، حدود ۱۶ درصد از کل مطالعات دانشجویان کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی را شامل می‌شود (شکل ۲- الف) و در میان موضوعات تونلی، ۲۹ درصد موارد به‌طور مستقیم در زمینه عملیات حفاری مکانیزه بوده است (شکل ۲- ب). در موضوعات دیگر تونلی نیز (بررسی ژئوتکنیکی، ابزار دقیق و...) درصدی از موارد به‌طور غیر مستقیم مربوط به تونل‌های مکانیزه هستند.



شکل ۲- روند پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ (جمالی‌زاده واعظمی، ۱۳۹۵).

۲- روش پژوهش

پژوهش حاضر توصیفی از نوع پیمایشی است. جامعه پژوهش شامل کلیه زمین‌شناسان مهندس شاغل در صنایع کشور (شرکت‌های پیمانکار و مشاور عمرانی، معادن، شرکت نفت و شرکت‌های آب منطقه‌ای) هستند. در این تحقیق با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، ۵۰ نفر از زمین‌شناسان در گرایش مهندسی انتخاب شدند. ویژگی‌های نمونه آماری نشان می‌دهد که در مجموع ۵۰ نفر از افراد نمونه (همگی مرد) ۷۰ درصد دارای مدرک کارشناسی ارشد، ۱۴ درصد دانشجوی مقطع دکترا و ۱۶ درصد دارای مدرک دکترا هستند. گروه نمونه به ترتیب درصد فراوانی (بر مبنای محل اخذ مدرک کارشناسی ارشد)، مربوط به فارغ التحصیلان دانشگاه‌های اصفهان، بوعلی‌سینا، تربیت مدرس، خوارزمی، تهران و فردوسی در گرایش زمین‌شناسی مهندسی بوده‌اند.

به منظور جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه پژوهشگر ساخته، استفاده شد. برای اجرای پژوهش پس از انتخاب نمونه، پرسشنامه‌ها طی مصاحبه‌های انفرادی با هر یک از مهندسین تکمیل شده‌اند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از پژوهش، از آمار توصیفی استفاده شده است.

۳- یافته‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان می‌دهد:

۷۸ درصد از افراد معتقدند که در سرفصل‌های تخصصی دوره کارشناسی (و واحدهای عملی آنها) به کاربردهای تکنولوژیکی این دروس در صنایع مرتبط (تونل‌سازی مکانیزه، معادن، راه‌سازی، سدسازی، صنعت نفت و ...) در حد مطلوب پرداخته نشده است (شکل ۳- الف).

۹۶ درصد از افراد معتقدند در زمینه آموزش کاربردهای صنعتی مبانی زمین‌شناسی، سرفصل‌های دروس تخصصی کارشناسی نیازمند بازبینی و تغییر هستند و لازم است دروس اختیاری جدیدی پیرامون مباحث کاربردی (تونل‌سازی، راه‌سازی، سد و ...) در دوره کارشناسی و ارشد تدوین شود (شکل ۳- ب).

۵۸ درصد افراد اظهار داشته‌اند که در دوره تحصیل تعداد معدودی از بازدیدها و فیلدهای صحرایی دوره کارشناسی ایشان (کمتر از ۱۰ درصد)، در فضاهای صنعتی (ساختگاه پروژه‌های عمرانی، معادن، میادین نفتی و ...) برگزار شده است و به نظر ایشان ناکافی بوده است (شکل ۳- پ). نتایج مصاحبه‌ها نشان می‌دهد که به دلیل محدودیت دانشکده‌ها در تأمین منابع مالی، برگزاری بازدیدهای صحرایی نسبت به دهه‌های گذشته با کاهش کمیت و کیفیت مواجه شده است. به‌طور مثال بر طبق مصوبات شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی، در سرفصل تدوین شده برای درس عملیات زمین‌شناسی ایران، می‌بایست بازدیدها حداقل در سه مسیر از نواحی پهنه‌های ساختاریِ «زاگرس، البرز، ایران مرکزی و کپه داغ» برگزار شود و در هر منطقه حداقل ۵ روز کار مطالعاتی بر روی زمین (مجموعاً ۱۵ روز) صورت گیرد که به صراحت می‌توان گفت در حال حاضر هیچ دانشکده‌ای در کشور فیلدهای عملیات ایران را در این سطح برگزار نمی‌کند. البته در این میان برخی عوامل دیگر از جمله موانع فرهنگی جهت برگزاری بازدیدهای مختلط و حضور شبانه‌روزی دانشجویان دختر در فیلدها، بر چالش‌های پیشِ رو می‌افزاید.

در این پژوهش همچنین ۹۰ درصد افراد اظهار داشته‌اند که در بازدیدهای صحرایی دوره کارشناسی هیچ گونه بازدیدی از ساختگاه و یا سایت یک پروژه تونل‌سازی را تجربه نکرده‌اند (شکل ۳- ت).

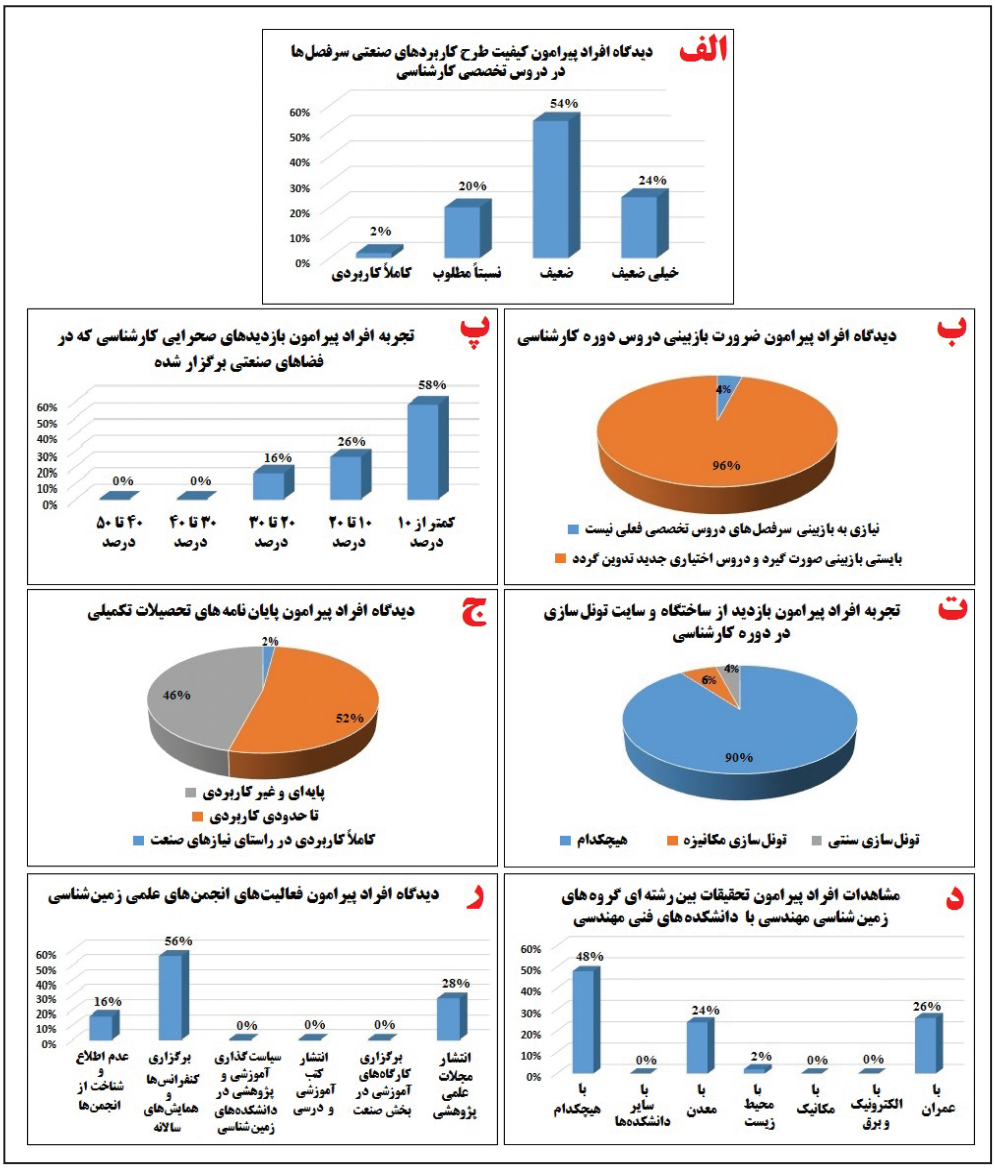
۴۶ درصد افراد معتقد بودند که در پژوهش‌ها و پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی گرایش زمین‌شناسی مهندسی، اگر چه از تکنیک‌های نرم‌افزاری، تست‌های

آزمایشگاهی، مطالعات صحرایی و ... استفاده می‌شود ولی این مطالعات در بخش صنعت جنبهٔ کاربردی ندارند، از این رو بنیادین و تئوریک محسوب می‌شوند (شکل ۳- ج).

۴۸ درصد از افراد گروه نمونه بر این باورند که درگروه‌های زمین‌شناسی مهندسی، تحقیقات بین‌رشته‌ای و ارتباطی با دانشکده‌های فنی مهندسی وجود ندارد (شکل ۳- د). نتایج نظرسنجی نشان می‌داد که تنها در برخی موضوعات پژوهشی پایان‌نامه‌ها (پیرامون سدسازی، تونل و ...)، همکاری و تحقیقات بین رشته‌ای با دانشکده‌های مهندسی عمران و معدن صورت می‌گیرد. اما با دیگر گرایش‌ها نظیر مکانیک و الکترونیک (از رشته‌های مهم مرتبط به صنایعی مانند حفاری مکانیزه) هیچ گونه کار پژوهشی بین رشته‌ای صورت نمی‌گیرد.

در ایران صنایع به‌طور کلی خود را بی‌نیاز از همکاری پژوهشی با دانشگاهیان (به‌ویژه در گرایش‌هایی نظیر زمین‌شناسی) می‌دانند، اما در کشورهای توسعه‌یافته بسیاری از صنایع (ساخت تجهیزات و ادوات اکتشافات صنعت نفت، ماشین‌آلات حفاری مکانیزه، خودروهای نظامی و ...)، بر پایه اطلاعات زمین‌شناسی و به‌واسطه تلفیق دانش پژوهشگران حوزه علوم زمین با ابتکارات دانشگاهیان در رشته‌های فنی (مکانیک، الکترونیک، متالوژی و ...) شکل گرفته است. نتیجه نظرسنجی نیز نشان می‌دهد در ایران دانش‌آموختگان رشته زمین‌شناسی با این گرایش‌ها، هیچ‌گونه تجربه همکاری و سابقه تحقیقات بین‌رشته‌ای ندارند.

نتایج مصاحبه‌ها حاکی از آن است که به عقیده ۸۴ درصد افراد نمونه، عملکرد انجمن‌های علمی زمین‌شناسی در سال‌های گذشته تنها به برگزاری نشست‌های علمی در قالب کنفرانس‌های سالانه و انتشار مجلات پژوهشی محدود بوده است و در سایر زمینه‌ها فعالیت شاخصی ندارند (شکل ۳- ر). این در حالی است که توسعه تعاملات با بخش صنعت (در سطح ملی و بین‌المللی)، همکاری در تدوین دروس و سرفصل‌های آموزشی دانشگاه‌ها، ارائه مشاوره تخصصی به سازمان‌های دولتی، عضویت در کمیته‌های برنامه‌ریزی دولتی، همکاری در تدوین مقررات آموزشی و پژوهشی، تدوین استانداردها و آیین‌نامه‌های حرفه‌ای، برگزاری کارگاه‌های آموزشی و ... از جمله ظرفیت‌های بالقوه انجمن‌های علمی است که در قوانین وزارت علوم نیز به رسمیت شناخته شده است.



شکل ۳- نتایج نظرسنجی از زمین‌شناسان مهندس در بخش صنعت.

۴- بحث

۴- ۱. ضرورت بازبینی سرفصل‌های آموزشی و پژوهشی

در سالیان گذشته با اِعمال تغییراتی در سیلابس درسی دوره کارشناسی (مصوب جلسه ۲۸۰ شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی سال ۱۳۷۳)، در کنار عنوان رشته زمین‌شناسی، گرایش دومی در دوره کارشناسی تحت عنوان «زمین‌شناسی کاربردی» (مصوب جلسه ۴۱۴ سال ۱۳۸۰)، در برخی واحدهای دانشگاهی تأسیس شد. تغییرات درسی

چندان ساختاری و هدفمند نبود و عملاً کیفیت آموزش‌ها در دو گرایش مذکور با یکدیگر تفاوتی نداشت. لذا در ادامه،گرایش «زمین‌شناسی کاربردی» منسوخ و ملغی شد. اخیراً نیز با اعمال تغییراتی در سیلابس مصوب جلسه ۲۸۰، در جدیدترین برنامه درسی (مصوب جلسه ۷۷۲ سال ۱۳۸۹)، به موازات تشکیل گرایش‌های جدید در تحصیلات تکمیلی، دروس مربوط به این گرایش‌ها در دوره کارشناسی (سنجش از دور و زمین‌شناسی محیط زیست) از چارت دروس اختیاری خارج شده‌اند و در لیست دروس تخصصی دوره کارشناسی قرار گرفته‌اند. در سیلابس جدید همچنین دروس بلورشناسی هندسی (۱ واحد نظری و ۱ واحد عملی) و پترولوژی (۳ واحد نظری) حذف شده است. علاوه بر این موارد، یک سری تغییرات جزیی دیگر نیز در ارائه دروس پایه و اصلی لحاظ شده است. شواهد حاکی از آن است که این تغییرات جدید نیز تحول جدی و اصلاحات ساختاری تأثیرگذاری در جهت بهبود سطح کیفی آموزش‌ها نبوده است.

اگر چه بسیاری از سرفصل‌های آموزشی زمین‌شناسی در دوره کارشناسی مطابق با سرفصل‌های موجود در دانشگاه‌های معتبر خارج از کشور است. اما نحوه آموزش‌ها در دوره کارشناسی زمین‌شناسی (و حتی در تحصیلات تکمیلی) با یک چالش اساسی مواجه است. به‌طور مثال از دیرباز در بحث سنگ‌شناسی، ۴ درس (۹ واحد نظری و ۳ واحد عملی شامل دروس: دگرگونی، آذرین، رسوبی، پترولوژی) برای دانشجویان کارشناسی ارائه می‌شود (در سیلابس جدید درس ۳ واحدی پترولوژی اخیراً حذف شده است). اما در حین طرح سرفصل‌های نظری به کاربردهای تکنولوژیکی آن در بخش صنعت (پروژه‌های سد، راهسازی، معادن، میادین نفتی و ...) اشاره‌ای نمی‌شود. از طرفی در واحدهای عملی آزمایشگاهی (مطالعه مقاطع نازک با میکروسکوپ‌های پلاریزان) و در خلال برگزاری بازدیدهای صحرایی این دروس (مجموعاً ۸ بازدید در برنامه مصوب برای دروس دگرگونی، آذرین و رسوبی) نیز به جنبه‌های کاربردی این مبانی پرداخته نمی‌شود. جنبه‌های کاربردی شناخت پترولوژیکی تشکیلات زمین‌شناسی، حتی در بازدیدهای مهم ترم آخر کارشناسی (در قالب دروس مهمی نظیر درس عملی ۴ واحدی زمین‌شناسی صحرایی) نیز مطرح نمی‌شوند. این مسئله در برنامه آموزشی و پژوهشی دوره‌های تحصیلات تکمیلی گرایش‌های پترولوژی و سنگ رسوبی همچنان تداوم دارد.

در درسی نظیر فتوژئولوژی (۱ واحد نظری و ۱ واحد عملی)، سرفصل‌های نظری و آموزش‌های عملی فعلی (تحلیل تصاویر هوایی قدیمی با دستگاه‌های استریوسکوپ انعکاسی و استریوسکوپ انکساری، کار با ابزار پارالاکس‌بار) با توجه به تحولات اخیر در حوزه روش‌های سنجش از دور، نیازمند بازبینی جدی است.

در بحث دیرینه‌شناسی نیز دانشجویان کارشناسی دو درس (۴ واحد نظری و ۲ واحد عملی دیرینه‌شناسی شامل: ماکروفسیل و میکروفسیل) را می‌گذرانند؛ بدون اینکه نسبت به کاربردهای صنعتی آن (در حوزه‌هایی نظیر صنعت نفت و ...) توجیه شوند. این چالش در بخش عمده‌ای از آموزش‌های دوره کارشناسی ارشد و دکترای گرایش دیرینه‌شناسی همچنان ادامه دارد.

درس ژئوفیزیک یکی دیگر از آموزش‌های جذاب و مهم دوره کارشناسی است که در بخش‌های صنعت (اکتشاف مخازن نفتی، منابع آب، معادن و ...) کاربردهای ویژه دارد. اما در هیچ یک از دانشکده‌های زمین‌شناسی، حتی ابتدایی‌ترین ادوات و تجهیزات آموزشی برای یکی از روش‌های متداول ژئوفیزیکی (ژئوالکتریک، لرزه‌نگاری، گرانی‌سنجی، مغناطیس‌سنجی) وجود ندارد. در این میان هیچ‌گونه بازدیدی نیز در بخش صنعت جهت مشاهده نحوه اجرای کاوش‌های ژئوفیزیکی (حتی در بازدیدهای صحرایی ترم آخر) صورت نمی‌گیرد و این سرفصل تنها به‌صورت تئوری در قالب ۳ واحد نظری به دانشجو ارائه می‌شود. در غالب دانشکده‌ها این سرفصل توسط اساتیدی (معمولاً با تحصیلات گرایش زمین‌شناسی مهندسی) تدریس می‌شود که خود دانش‌آموخته شاخه تخصصی ژئوفیزیک نیستند. از دیدگاه مؤلفین این مقاله، علاوه بر ضرورت آموزش‌های عملی در این سرفصل، واحدهای نظری آن نیز درخور توجه جدی‌تری است، چرا که در سال‌های اخیر ابداعات و تحولات جدیدی (نظیر فناوری‌های نوین در زمینه تونل‌سازی مکانیزه: روش ژئوالکتریک BEAM ارائه شده توسط شرکت تکنولوژی اکتشاف زمین در آلمان و روش لرزه‌ای TSP ارائه شده توسط شرکت امبرگ در سوییس) در کاوش‌های ژئوفیزیکی رخ داده است که لازم است در سرفصل آموزشی دانشجویان، به اختصار مورد اشاره قرار گیرد.

در سرفصل مهم و کاربردی زمین‌شناسی نفت نیز آموزش‌ها تنها در قالب ۳ واحد نظری ارائه می‌شود. علی‌رغم جایگاه ویژه مهندسان زمین‌شناس در صنعت نفت کشور، حتی در ترم پایانی نیز هیچ‌گونه بازدید صنعتی از بخش‌های این حوزه (جهت شناخت روش‌های ارزیابی سنگ مخزن، روند اکتشاف و استخراج در میادین نفتی و ...)، برای دانشجویان تعریف نشده است.

از دیگر آموزش‌ها در ترم‌های پایانی دوره کارشناسی زمین‌شناسی، دو درس است با سرفصل‌های بسیار گسترده و دشوار، که دانشجویان در آن اطلاعات انبوهی پیرامون پهنه‌های ساختاری و سازندهای زمین‌شناسی کشور (۳ واحد نظری با نام زمین‌شناسی ایران و ۱ واحد عملی با نام عملیات زمین‌شناسی ایران) مطالعه می‌کنند. اهمیت این دروس موجب شده در تمامی سال‌های گذشته، سرفصل زمین‌شناسی ایران همواره از منابع ثابت آزمون‌های ارشد و دکترا در کلیه گرایش‌های زمین‌شناسی باشد. اصول و مبانی شناخت سازندها در این دو درس، بر شالوده‌ای از ترکیب آموزش‌های دروس تخصصی پیشین از ترم‌های نخست تا پایانی (زمین‌فیزیکی، زمین‌تاریخی، رسوب‌شناسی، سنگ‌شناسی، چینه‌شناسی، ساختمانی و ...) استوار است.

علی‌رغم تک واحدی بودن درس عملیات زمین‌شناسی ایران، اهمیت ویژه آن موجب شده که در برنامه مصوب آموزش عالی، بیشترین سطح بازدید صحرایی برای این درس در نظر گرفته شود (۳ بازدید پنج روزه در پهنه‌های ساختاری: مجموعاً پانزده روز کار مطالعاتی در نواحی مختلف ایران) که این حجم بازدید نسبت به بازدیدهای تعریف شده برای سایر دروس تخصصی (۱ تا ۳ بازدید یک روزه) از اختلاف بسیار فاحشی برخوردار است.

تا حدود پنج دهه پیش، هیچ‌گونه اطلاعاتی از سازندها و پهنه‌های ساختاری در ادبیات زمین‌شناسی دانشگاه‌های ایران وجود نداشت. با ورود زمین‌شناسان سرشناس خارجی به ایران و در ادامه با مجاهدت‌های محققین داخلی، در حال حاضر هیچ نقطه‌ای در سرزمین پهناور ایران وجود ندارد که اطلاعات پایه زمین‌شناسی آن، گردآوری نشده باشد. علی‌رغم این کوشش‌ها، در قالب دروس مذکور، هیچ‌گاه به جنبه‌های کاربردی شناخت سازندها در صنعت اشاره نمی‌شود. در اکثر دانشگاه‌ها بازدیدهای صحرایی مربوط به این دروس، به دور از فضاهای کاربردی برگزار می‌شود. از این رو دانشجو در مواجهه با انبوهی از اطلاعات و سرفصل‌های دشوار، به این می‌اندیشد که به‌راستی فلسفه مطالعه چنین مباحث گسترده‌ای چیست.

این در حالی است که در سالیان اخیر بسیاری از پروژه‌های صنعتی و عمرانی کشور به دلیل لحاظ نکردن تمهیدات لازم متناسب با شرایط سازندهای زمین‌شناسی مناطق، با چالش‌های عمده‌ای مواجه شده‌اند. مطالعات زمین‌شناختی ساختگاه در هر پروژه عمرانی بین ۰/۵ تا ۳ درصد از کل هزینه طرح را شامل می‌شود که در صورت انجام دقیق کاوش‌ها، می‌توان از خسارات سنگین بر پیکره اقتصاد ملی و محیط زیست کشور جلوگیری کرد.

پروژه‌های بزرگ سدسازی متعددی نظیر لار، لتیان، پانزده خرداد، مارون، جیرفت، سفید رود و ... در حاضر با مشکلاتی جدی (فرار آب، تغییرات نامطلوب پارامترهای کیفی آب ذخیره شده، پر شدن مخزن از رسوبات و ...) مواجه هستند. جدیدترین نمونه، پروژهٔ عظیم سد و نیروگاه گتوند است که علی‌رغم عملکرد خوب پیمانکار و احداث سازه‌ای بی‌نقص، به دلیل لحاظ نکردن مطالعات دقیق در سازندهای زمین‌شناسی منطقه (واحدهای نمکی در سازند گچساران)، با شور شدن و تغییر کیفیت آب مخزن، احداث سد منجر به فاجعه‌ای زیست‌محیطی شده است.

با گذشت چند دهه از ارائه اولین نقشه پهنه‌بندی زون‌های ساختاری ایران توسط زمین‌شناس فقید سوئیسی دکتر اشتوکلین (Stocklin, 1968) و علی‌رغم مشخص

شدن موقعیت گسل‌های اصلی و نواحی لرزه‌خیز، همچنان صنعت شهرسازی کشور در زمینه ایمن‌سازی ساختمان‌ها حتی در کلانشهرها با مشکلات فراوان مواجه است. در این میان عوامل متعددی از جمله عدم مشارکت متخصصین زمین‌شناس در مراکز تصمیم‌گیری (سازمان نظام مهندسی ساختمان و ...)، موجب شده است تا پدیده زمین‌لرزه از یک واقعه زمین‌شناسی طبیعی و قابل کنترل، تبدیل به بزرگ‌ترین تهدید محتمل برای پایتخت سیاسی کشور شود.

در طرح‌های عظیم تونل‌سازی نیز عدم انجام مطالعات کافی در سازندها چالش‌های عدیده‌ای را به وجود آورده است. به‌طور مثال در حوزه حفاری مکانیزه، انتخاب نامناسب تی‌بی‌ام به دلیل ضعف مطالعات مقدماتی و در نتیجه عدم تناسب ساختار دستگاه حفار با شرایط زمین‌شناسی منطقه احداث تونل، موجب تشدید مخاطرات و تأخیرات طولانی‌مدت در برنامه زمانبندی اجرای برخی پروژه‌ها شده است. علاوه بر این در برخی سازندهای خاص، عدم ملاحظات ایمنی کافی (متناسب با شرایط زمین‌شناسی)، حتی می‌تواند جان پرسنل شاغل در یک پروژه را به مخاطره بیندازد. کما اینکه در سالیان گذشته، در یک پروژه حفاری مکانیزه در غرب کشور، انتشار گاز سولفید هیدروژن از تشکیلات زمین‌شناسی (سازندهای ایلام و ...)، موجب مرگ تعدادی از پرسنل اجرایی شد.

از طرفی مخاطرات زیست‌محیطی و مناقشات اجتماعی و سیاسی نیز در بسیاری از پروژه‌های عظیم تونل‌سازی (به‌ویژه در حوزه تونل‌های انتقال آب) به‌طور مستقیم با شرایط زمین‌شناسی سازندهای ساختگاه طرح‌ها مرتبط بوده است. لذا لحاظ کردن ملاحظات زمین‌شناسی و انتخاب روش حفاری متناسب با شرایط سازندهای ساختگاه، می‌تواند تا حد زیادی پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی- اجتماعی و سیاسی در طرح‌های عظیم تونل‌سازی را تعدیل کند.

از این‌رو به عقیده نویسندگان این مقاله، اگر چه به علت گستردگی مباحث درس زمین‌شناسی ایران، امکان طرح جنبه‌های کاربردی در سرفصل نظری وجود ندارد؛ اما می‌توان در خلال برگزاری بازدیدهای صحرایی درس عملیات ایران، تجارب مخاطرات زمین‌شناسی پروژه‌های عمرانی و فعالیت‌های معدنکاری را حداقل در تعدادی از سازندها، به‌طور مختصر مطرح کرد تا دانشجو با ضرورت و فلسفه این درس ارزشمند، آگاه شود و یا اینکه در قالب واحدهای اختیاری دوره کارشناسی (مجموعاً ۱۲ واحد) دروس جدیدی تدوین شود که به شرح چنین مباحثی بپردازند. چنین تغییراتی در سرفصل‌های آموزشی (هر چند به مقدار مختصر)، می‌تواند محل برگزاری واحدهای عملی دانشجویان را به سمت فضاهای صنعتی سوق دهد تا آموزش مبانی عملیات صحرایی زمین‌شناسی در ساختگاه پروژه‌های عمرانی برگزار شود. جهت‌دهی بازدیدهای صحرایی به سمت فضاهای صنعتی، موجب می‌شود که پژوهش‌ها و پایان‌نامه‌های دانشجویان در مقاطع بالاتر نیز به سمت موضوعات کاربردی در صنایعی نظیر تونل‌سازی مکانیزه متمایل شود.

در ادبیات دانشگاهی و مهندسی کشور تا دو دهه پیش از این، تونل‌سازی فعالیتی منحصر به مهندسان عمران و معدن محسوب می‌شد و در روش‌های حفاری سنتی (با توجه به انعطاف‌پذیر بودنشان در شرایط مختلف زمین‌شناسی) چندان به جایگاه زمین‌شناسان وقعی نهاده نمی‌شد. اما در حال حاضر پروژه‌های حفاری مکانیزه بدون ملاحظات زمین‌شناسی سرنوشتی جز شکست ندارند. با این حال علی‌رغم نقش کلیدی زمین‌شناسان در صنعت تونل‌سازی، هیچ‌گونه واحد درسی مختص تونل‌سازی در گروه‌های زمین‌شناسی کشور تدوین نشده است. از نظر مؤلفین این مقاله، سرفصل‌های مختصر تونل‌سازی در درس زمین‌شناسی مهندسی دوره کارشناسی (و حتی در تحصیلات تکمیلی گرایش زمین‌شناسی مهندسی) نیاز یک دانشجوی علاقمند به این حوزه را برآورده نمی‌کند. از طرفی با توجه به توسعه روزافزون صنعت حفاری مکانیزه در کشور به نظر می‌رسد که تدوین دروس اختیاری تونل‌سازی مکانیزه برای دانشجویان علاقمند به این حوزه در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد مفید باشد.

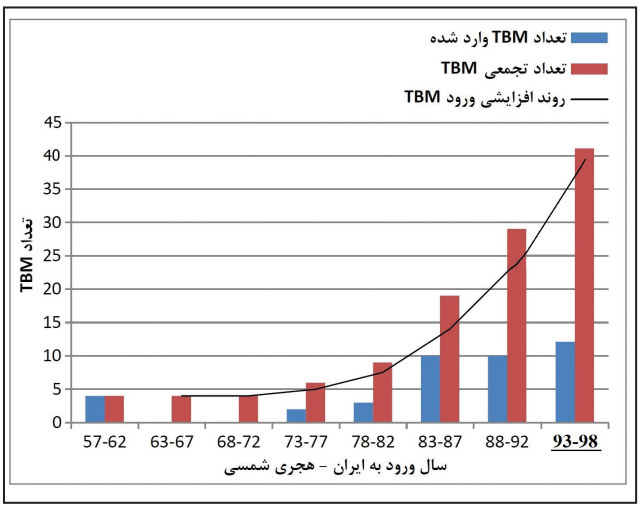
در سال‌های اخیر با تحولات سریعی که در فناوری‌های نوین (نظیر حفاری مکانیزه و ...) رخ می‌دهد، مباحث جدیدی پیرامون کاربرد مبانی زمین‌شناسی در فعالیت‌های صنعتی و عمرانی مطرح شده است که این شرایط ضرورت بازبینی سرفصل‌های آموزشی گذشته را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. البته تدوین و ارائه دروس اختیاری در دانشکده‌ها می‌بایست به فراخور زمان و متناسب با نیازهای صنعتی کشور باشد. به‌طور مثال در سه دهه قبل، فضای سدسازی در کشور شتاب گرفته بود اما با گذشت زمان این حوزه همانند گذشته رونق ندارد. در حال حاضر احداث فضاهای زیرزمینی و تونل‌سازی مکانیزه (و حوزه‌های دیگر نظیر راه‌سازی در بخش توسعه حمل و نقل ریلی و ...) شدت گرفته است.

۴-۲. ضرورت ارتقای جایگاه دانش‌آموختگان زمین‌شناسی در صنعت حفاری مکانیزه

علی‌رغم ورود سه دستگاه تی‌بی‌ام (ساخت ژاپن از نوع Open) به ایران در دهه پنجاه شمسی (شکل ۴)، صنعت حفاری مکانیزه تا میانه دهه هفتاد، فعالیتی در کشور نداشته است.

شکل ۴- اولین سری تی‌بی‌ام وارداتی در دهه پنجاه شمسی جهت حفاری تونل کوهرنگ، ساخت شرکت کاواساکی ژاپن.

در حقیقت شکوفایی این صنعت مربوط به دو دهه اخیر است. مزایای حفاری مکانیزه به لحاظ مدیریت هزینه‌ها، زمان‌بندی و ریسک (تأثیرات حفاری بر رژیم آب زیرزمینی، نشست زمین، ایمنی پرسنل اجرایی و ...)، موجب توسعه روز افزون آن در کشور شده است. در شکل ۵، روند واردات دستگاه‌های تی‌بی‌ام دیده می‌شود.



شکل ۵- روند واردات تی‌بی‌ام به ایران (اقتباس و به‌روزرسانی از خسروتاش، ۱۳۹۲).

توسعه حفاری مکانیزه در کشور، زمینه تثبیت و ارتقای جایگاه زمین‌شناسان را در حوزه صنعت تونل فراهم کرده است. در حال حاضر در طرح‌های عظیم تونل‌سازی مکانیزه، زمین‌شناسان در مرحله مطالعات مقدماتی ساختگاهی و نیز در مرحله مطالعات حین ساخت، نقش کلیدی و اصلی را در میان سایر تخصص‌ها

ایفا می‌کنند. اما به‌طور کلی صنعت تونل‌سازی ایران در بخش حفاری مکانیزه، ماشین‌آلات و تکنولوژی مورد نیاز را از خارج کشور تأمین می‌کند. به همین دلیل مدیران و متخصصین فعال در صنعت تونل، احساس نیاز به ایجاد رابطه با دانشکده‌های زمین‌شناسی نمی‌کنند. از این‌رو زمانی که یک صنعت به‌صورت وابسته به وجود آمده باشد و وسایل مورد نیاز از قبل آماده باشد؛ این تفکر حاکم می‌شود که دیگر نیازی برای ایجاد رابطه با دانشگاه‌ها و مشارکت در تربیت دانش‌آموختگان وجود ندارد. این در حالی است که تأخیرات اجرایی طرح‌ها و نقص‌های فنی در ماشین‌های حفار مرتبط با مباحث زمین‌شناسی است و وجود نیروی انسانی آموزش دیده (مسلط بر مبانی علوم دانشگاهی و تخصص‌های بخش صنعت)، می‌تواند چالش‌های پیش‌رو را تا حد زیادی تعدیل کند.

به لحاظ سازندهای زمین‌شناسی، بخش عمده‌ای از نواحی ایران دارای شرایط پیچیده و جزو زمین‌های پُرمخاطره برای اجرای طرح‌های تونل‌سازی مکانیزه هستند. از این‌رو به دلیل عدم انعطاف‌پذیری دستگاه‌های تی‌بی‌ام در شرایط مختلف زمین‌شناسی، کاربرد این ماشین‌آلات در پروژه‌های تونل‌سازی با مشکلاتی همراه بوده و در برخی پروژه‌ها عدم پیش‌بینی دقیق مخاطرات زمین‌شناسی، چالش‌های بزرگی به وجود آورده است. لحاظ نکردن تدابیر لازم متناسب با تغییرات شرایط زمین‌شناسی در مسیر حفاری، می‌تواند علاوه بر افزایش تأخیرات زمانی، موجب وارد شدن آسیب‌های جدی به تجهیزات دستگاه حفار شود.

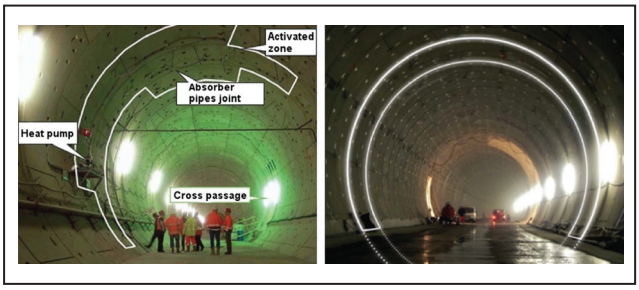
صنعت تونل‌سازی کشور در بحث راهبری دستگاه‌های وارداتی، جهت بهبود رکوردهای حفاری، به توسعه ظرفیت نیروی انسانی متخصص نیاز مبرم دارد. لذا اولین قدم برای اصلاح این شرایط، تغییر در نوع نگاه و تفکر رایج است؛ به نحوی که واردات (خرید ماشین‌آلات و تجهیزات حفاری از خارج) و اجرای پروژه‌ها با این وسایل، نباید یک تکنولوژی بومی قلمداد شود. پس از پذیرفتن این مطلب است که می‌توان با توسعه همکاری‌های دوجانبه دانشگاه و صنعت، به توانمندسازی نیروی انسانی اندیشید. همکاری محیط‌های دانشگاهی با فعالان صنعت تونل باید به نحوی باشد که در آینده با جستجوی منابع داخلی و تربیت نیروی انسانی، ضمن تلاش جهت کاهش وابستگی به شرکت‌های خارجی (به‌ویژه در بحث بهسازی دستگاه‌ها، تأمین قطعات یدکی و ...)، دانش بومی در این حوزه ارتقا یابد.

علوم مهندسی در گرایش‌های مکانیک و الکترونیک، از رشته‌های مرتبط به صنعت حفاری مکانیزه هستند؛ اما کمتر مشاهده می‌شود که دانشجویان این گرایش‌ها، زمینه مطالعاتی پایان‌نامه خود را در موضوعات پیرامون این صنعت دنبال کنند. از این‌رو در حوزه صنعت تونل، بین دانشکده‌های زمین‌شناسی و دانشکده‌های فنی (مکانیک و الکترونیک)، همکاری و تحقیقات بین‌رشته‌ای وجود ندارد.

مهندسان مکانیک و الکترونیک در تیم راهبری یک پروژه حفاری مکانیزه، می‌بایست از چگونگی تأثیرات شرایط مختلف زمین‌شناسی بر عملکرد دستگاه تی‌بی‌ام آگاه باشند. در مقابل مهندس زمین‌شناس هم باید تا حدودی با خصوصیات دستگاه (تجهیزات مکانیکی، الکترونیکی و پارامترهای عملیاتی آن) آشنا باشد. در صورت تحقق این امر، اعضای تیم فنی راهبری می‌توانند با دریافت نظرات یکدیگر، در مواجهه با تغییرات ناگهانی و مخاطره‌آمیز شرایط زمین (ناشی از عدم تطابق پیش‌بینی‌های پیش از اجرا با واقعیت زمین‌شناسی هنگام اجرا)، تمهیدات لازم را چاره‌اندیشی کنند و ضمن عبور دادن دستگاه از نواحی پُرمخاطره، از توقف عملیات حفاری و نقص‌های فنی دستگاه جلوگیری کنند (جودکی و همکاران، ۱۳۹۷ب).

با این وجود در حال حاضر یکی از مهم‌ترین مشکلات آموزش عالی و صنعت در کشور ما، عدم همپوشانی و ارتباط بین رشته‌های مختلف دانشگاهی است. شرکت‌های سازنده ماشین‌های حفار تی‌بی‌ام، برای ساخت این ادوات از همپوشانی دانش متخصصین گرایش‌های مختلف (زمین‌شناسی‌مهندسی، مکانیک، الکترونیک، متالوژی و ...) بهره می‌برند. پس از ساخت دستگاه و در مرحله عملیات حفاری نیز، همکاری و تبادل اطلاعات مابین این متخصصین، نقش مهمی در بهبود راندمان حفاری مکانیزه دارد. از این‌رو به نظر می‌رسد همکاری‌های پژوهشی زمین‌شناسان با دانشجویان این قبیل گرایش‌ها (تحقیقات بین‌رشته‌ای با دانشجویان مکانیک، الکترونیک و ...) می‌تواند روزنه‌ای امیدبخش جهت تربیت نیروی انسانی متخصص برای صنعت حفاری مکانیزه کشور باشد. در این میان، نزدیکی و همکاری‌های دوجانبه انجمن‌های زمین‌شناسی با انجمن‌های فنی مهندسی (در گرایش‌هایی نظیر مکانیک، الکترونیک و ...) نیز می‌تواند مقدمات لازم را برای پژوهش‌های بین‌رشته‌ای در حوزه فناوری حفاری مکانیزه فراهم کند.

توسعه و رشد صنعت حفاری مکانیزه، جنبه‌های نوینی از کاربردهای خاص مبانی زمین‌شناسی را رونمایی کرده است. به‌طور مثال در سال‌های اخیر پیرامون بهره‌برداری انرژی ژئوترمال با استفاده از پوشش بتنی دیواره تونل‌های مکانیزه، گزارشات متعددی نظیر تونل Jenbach در اتریش (Frodl et al., 2010)، مترو Fasanenhof در آلمان (Geimer, 2013) و ... منتشر شده است (شکل ۶). بهره‌برداری از انرژی ژئوترمال به‌ویژه در تونل‌های طویل و عمیق کوهستانی، نیازمند مطالعات گسترده زمین‌شناسی و شناخت دقیق عوارض (گسل‌ها، جریان‌های آب زیرزمینی و ...) جهت انتخاب زون‌های مستعد است. طرح چنین موضوعاتی در ایران اگرچه در مرحله امکان‌سنجی قرار دارد اما در آینده با ورود به فاز اجرایی، می‌تواند بسترهای ارزشمندی را برای دانشکده‌های زمین‌شناسی جهت انجام تحقیقات بین‌رشته‌ای با گرایش‌های فنی مهندسی فراهم کند.



شکل ۶- زون فعال به لحاظ زمین‌شناسی برای بهره‌برداری انرژی ژئوترمال در تونل Jenbach اتریش. جزییات نصب شبکه لوله‌های تبادل حرارت در پوشش بتنی سگمنتال تونل و موقعیت پمپ حرارتی (Tinti et al., 2017; Frodl et al., 2010).

شرایط پیچیده زمین‌شناسی کشورمان موجب شده است که طرح‌های تونل‌سازی مکانیزه با وقوع مخاطرات گوناگون همراه باشند. این تجارب، موجب افزایش تجربه و توانمندی زمین‌شناسان فعال در این صنعت شده است. در حال حاضر صنعت حفاری مکانیزه ایران در بخش مترو، تونل‌های جاده‌ای، انتقال آب و ... در حال فعالیت است. در جدول ۱، شرح مخاطرات زمین‌شناسی و تجارب تعدادی از پروژه‌های عظیم تونل‌سازی مکانیزه در حوزه انتقال آب کشور ارائه شده است.

پیرامون کاربرد مبانی زمین‌شناسی در هر یک از پروژه‌های ذکر شده در جدول ۱، انبوهی از مقالات پژوهشی توسط محققین در مجامع علمی داخلی و بین‌المللی ارائه شده است. این مقالات را می‌توان بانک اطلاعاتی زمین‌شناسی کشور در حوزه حفاری مکانیزه محسوب کرد، چرا که انتشار آنها منجر به مستندسازی تجارب زمین‌شناسی پروژه‌های تونل‌سازی در ادبیات مهندسی کشور شده است.

از دیدگاه مؤلفین این مقاله، کارفرمایان و شرکت‌های مجری پروژه‌های بزرگ تونل‌سازی نیز می‌بایست در زمینه مستندسازی تجارب زمین‌شناسی، از یک برنامه مدون با اهداف بلندمدت برخوردار شوند. چرا که بانک اطلاعاتی زمین‌شناسی این پروژه‌ها، از این قابلیت برخوردار است که در آینده کاربری‌های ویژه دیگری را حتی در سایر صنایع کشور پوشش دهد. به‌طور مثال در زمان ارائه این مقاله، تونل‌های بلند انتقال آب کرمان در حال اجراست. به لحاظ تقسیمات ساختاری- رسوبی ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳)، ساختگاه این تونل‌ها در محدوده زون ایران مرکزی و کمربند ولکانیکی ارومیه- دختر قرار دارد و دستگاه‌های حفار تی‌بی‌ام در مقاطعی از تشکیلاتی خاص (به لحاظ امکان بهره‌برداری مواد معدنی نظیر مس و ...) عبور می‌کنند. لذا نقشه‌های چون‌ساختِ زمین‌شناسی در این پروژه می‌تواند به عنوان یک

لاگ بزرگ زمین‌شناسی در جهت شناسایی موقعیت دقیق تغییرات لیتولوژیکی و نهایتاً پی‌جویی مواد معدنی، در آینده مورد استفاده گیرد. از این‌رو مشارکت زمین‌شناسان سازمان‌های مرتبط (زیرمجموعه‌های وزارت صنعت و معدن) در حین اجرای چنین پروژه‌ای (با هدف آگاهی از وضعیت کانسارها در تراز حفاری تونل‌ها) می‌تواند در تسهیل روند فعالیت صنایع معدنی ناحیه کرمان و حتی ایجاد زمینه برای پژوهش‌های دانشگاهی مؤثر باشد.

در مثالی دیگر می‌توان به تأثیرات حفاری تونل‌های عمیق کوهستانی (به‌ویژه تونل‌های انتقال آب) بر رژیم آب زیرزمینی مناطق و تبعات اکوهیدرولوژیکی این سازه‌ها اشاره کرد. ثبت هدفمند اطلاعات آب زیرزمینی و رخدادهای زمین‌شناسی در مسیر حفاری می‌تواند در آینده به عنوان یک بانک اطلاعاتی در بحث مدیریت منابع آب برای سازمان‌های مرتبط (شرکت‌های آب منطقه‌ای، سازمان محیط زیست و ...) جنبه کاربردی داشته باشد. از این‌رو بانک‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی حین ساخت این سازه‌ها، می‌تواند در حوزه‌های بسیار گسترده‌ای از قبیل مطالعات هیدروژئوشیمیایی مناطق (مرتبط با مباحث زمین‌شناسی پزشکی، پیجویی سیالات ژئوترمالی و ...)، مطالعات طرح‌های پدافند غیرعامل (مرتبط با مبحث زمین‌شناسی نظامی) و ... نیز حائز اهمیت ویژه شود.

اما تحقق چنین اهدافی مستلزم ارتقای جایگاه دانش‌آموختگان زمین‌شناسی به واسطه سیاست‌گذاری‌های جدید در حوزه صنایع کشور و نیز بازبینی شیوه‌های آموزشی دانشکده‌های زمین‌شناسی است.

جدول ۱- مخاطرات زمین‌شناسی حفاری مکانیزه در تعدادی از تونل‌های انتقال آب.

تونل		منبع	پهنه‌های ساختاری و سازندهای زمین‌شناسی ساختگاه	مشخصات تی‌بی‌ام	مخاطرات زمین‌شناسی حین حفاری	تجارب اجرایی
قمرود	قطعات ۳ و ۴ (و بخشی از قطعه ۲)	جودکی و اجل‌لوئیان (۱۳۹۴)؛ جودکی و همکاران (۱۳۹۶)؛ جودکی و همکاران (۱۳۹۷الف)	زون سنندج- سیرجان. آهک و دولومیت، شیست، اسلیت، گرافیت‌شیست، ماسه‌سنگ، کوارتزیت، آهک کریستاله و سنگ‌های متاولکانیک.	D.Sh/ Wirth Φ 4.7	لهیدگی در سنگ‌های فشارنده، ریزش در پهنه‌های گسلی و خرد شده، سینه‌کار مختلط، ورود آب	علی‌رغم انتخاب مناسب دستگاه، نحوه طراحی دریچه‌های بارگیری کاترهد، در زون‌های گسلی ریزش توده‌سنگ‌ها را تشدید می‌کرد. لذا با اعمال تغییراتی دریچه‌های بارگیری اصلاح شد.
	قطعات ۱ و ۲	جودکی و همکاران (۱۳۹۸الف)	زون سنندج- سیرجان. توده‌سنگ‌های آذرین (آندزیت، آندزیت بازالتی و هیالوآندزیت)، آبرفت‌های ریزدانه (رس و سیلت و ماسه)، لایه‌های آهکی، شیستی، متاکوارتزیت، متادولومیت.	EPB Hard .rock/ H.K Φ 4.7	هجوم آب در پهنه‌های آبرفتی و سنگ‌های خرد شده، ناپایداری تونل، تغییر رژیم هیدروژئولوژی منطقه (خشک شدن چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌ها)	علی‌رغم انتخاب صحیح دستگاه، به دلیل عدم آموزش کافی برای پرسنل و دشواری کار در شیب منفی (با توجه به هجوم آب و مشکلات مکانیکی دستگاه) عملیات حفاری از راندمان مناسب برخوردار نبوده و اجرای تونل با پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی همراه بوده است.
	قطعه ۵	زمانی و همکاران (۱۳۸۲)	زون سنندج- سیرجان. مارن، آهک مارنی، آهک کریستاله، اسلیت، فیلیت.	D.Sh/ Wirth Φ 4.7	ناپایداری در پهنه‌های گسلی، حفره‌های کارستی و حضور آب	راندمان حفاری و روند کنترل مخاطرات بسیار مطلوب بوده است.
گلاب		Rahmati et al. (2017)	زون سنندج- سیرجان. میکاشیست، ماسه‌سنگ، سیلتستون، فیلیت، اسلیت، شیل، سنگ‌آهک، کنگلومرا و... (قدمت تشکیلات از پرکامبرین تا ائوسن).	D.Sh/ Wirth Φ 4.7	لهیدگی در سنگ‌های فشارنده، ریزش در پهنه‌های گسلی و خرد شده، سینه‌کار مختلط، انفجار سنگ	این تونل به وسیله دستگاهی اجرا شد که پیش از آن، حفاری قطعات ۳ و ۴ تونل قمرود (تقریباً با شرایط زمین‌شناسی مشابه تونل گلاب) را به اتمام رسانده بود. در نتیجه تجربیات مخاطرات زمین‌شناسی تونل قمرود، نقش به سزایی در روند حفاری این تونل داشته است.
نوسود		Hassanpour et al. (2009)	زون زاگرس چین خورده. سنگ‌آهک و مارن‌های سازند ایلام، گرو و گورپی.	D.Sh/ .H.K Φ 6.8	نشت گاز سولفید هیدروژن، هجوم آب، ناپایداری تونل در پهنه‌های گسلی و چین خورده، خشک شدن چشمه‌ها	ضعف ملاحظات ایمنی حین حفاری در سازند ایلام و مخاطرات گازهای سمی برای سلامت پرسنل اجرایی.

ادامه جدول ۱

تونل		منبع	پهنه‌های ساختاری و سازندهای زمین‌شناسی ساختگاه	مشخصات تی‌بی‌ام	مخاطرات زمین‌شناسی حین حفاری	تجارب اجرایی
گاوشان		شرقی و همکاران (۱۳۸۲)	زون سنندج- سیرجان و زاگرس مرتفع. شیل‌های آهکی، دیوریت، گابرو، سرپانتین، دیاباز.	.Open/ H.K Φ 5.5	ناپایداری سینه‌کار و دیواره تونل در زون‌های گسلی، تورم، لهیدگی، صعوبت محیط کار	مطالعات مقدماتی کامل نبوده است. توقفات مکرر و طولانی‌مدت عملیات حفاری به دلیل عدم تناسب ساختار دستگاه با شرایط زمین‌شناسی رخ داد.
سبزکوه		کرمی و همکاران (۱۳۹۳)	زون زاگرس مرتفع. سنگ‌های رسوبی دوران کامبرین تا کرتاسه (شامل آهک، آهک مارنی، شیل آهکی).	NHI/ NFM Φ 4.4, D.sh	ریزش در پهنه‌های گسلی و خرد شده، برخورد با کارست و هجوم آب، خشک شدن چشمه‌ها	در این پروژه خریداری و ورود دستگاه حفار با مشکلاتی همراه بوده است. لذا حدود ۳۰۰ متر از مسیر حفاری به روش سنتی اجرا شد. پس از شروع حفاری مکانیزه، مناقشات اجتماعی و حساسیت‌های زیست‌محیطی منجر به توقف عملیات اجرا در متراژ ۶۷۰ و خارج کردن تی‌بی‌ام از تونل شد.
کوهرنگ ۳		Movahednejad (2008)	زون زاگرس مرتفع. آهک‌های ژوراسیک و کرتاسه، مارن‌های ائوسن.	Open/ H.K. Φ 4.7	لهیدگی در اثر روباره زیاد تونل (بیش از ۱۰۰۰ متر)، وجود پهنه‌های گسلی و تراستی، انفجار سنگ، روان شدن زمین، برخورد به حفره‌های کارستی و هجوم آب، خشک شدن چشمه‌ها	به دلیل ضعف مطالعات مقدماتی و عدم تناسب ساختار دستگاه با شرایط زمین‌شناسی، عملیات حفاری با وقفه‌های طولانی‌مدت همراه بوده است.
بازی‌دراز		جودکی و همکاران (۱۳۹۷ب)؛ جودکی و همکاران (۱۳۹۷ج)	زون زاگرس چین‌خورده. محور تونل در بخشی از یک تاقدیس بزرگ قرار دارد و از میان تشکیلات سازندهای آغاجاری، گچساران، آسماری، تله‌زنگ، پابده و گورپی عبور می‌کند.	EPB Hard rock/ .Lovat Φ 6.7	کلاکینگ، هجوم آب، انتشار گاز سولفید هیدروژن، خطر انفجار گاز متان، مچاله‌شوندگی و ...	نرخ نفوذ پایین حفاری و استهلاک شدید دیسک‌کاترها در آهک‌های توده‌ای منجر به اتخاذ تصمیم جهت ایجاد تغییرات در ساختار مکانیکی دستگاه (ساخت و نصب مبدل‌های افزایش دور، بین الکتروموتورها و گیربکس‌های اصلی دستگاه) برای افزایش دور کاترهد (از ۲/۵ به ۵ دور در دقیقه) شده است. جهت بررسی امکان‌سنجی این ایده، طراحی و ساخت مبدل‌ها توسط متخصصین صنایع داخلی انجام گرفت.
کرمان	قطعه شمالی	جودکی و همکاران (۱۳۹۸ب)	کمربند ولکانیکی ارومیه دختر و زون ایران مرکزی. سنگ‌های پیروکلاستیک و توده‌های ولکانیکی همراه با سنگ‌های آذرین نفوذی سخت و ساینده.	D.Sh/ H.K. Φ 4.65	سنگ‌های سخت و ساینده، ریزش در پهنه‌های خرد شده، ورود آب و ...	با وجود سنگ‌های سخت ساینده (با پارامترهای ژئومکانیکی بسیار بالا) و با توجه به استفاده از دستگاه‌های دست دوم در این پروژه، ضرورت ایجاد تغییراتی در ساختار ماشین‌های حفار برای دست‌یابی به شرایطی مناسب در روند حفاری، اجتناب‌ناپذیر بوده است. در همین راستا در مهم‌ترین اقدام، طراحی و تعویض کاترهد در دستگاه قطعه شمالی صورت گرفت. ساخت کاترهد سفارشی توسط شرکت ایبرگ ترکیه انجام شد.
	قطعه جنوبی			D.Sh/ H.K. Φ 5.27		

۵- پیشنهادات

نتایج این تحقیق حاکی از وجود برخی چالش‌ها در فضای آموزشی دانشکده‌های زمین‌شناسی کشور است. برای بهبود این شرایط می‌بایست در محیط‌های دانشگاهی و بخش‌های صنعت به دنبال راهکارهایی مسئله‌گشا بود. لذا در این راستا موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱) در سال‌های اخیر انجمن‌های علمی متعددی در گرایش‌های مختلف زمین‌شناسی از وزارت علوم، مجوز فعالیت اخذ کرده‌اند. یکی از فلسفه‌های وجودی این انجمن‌ها، ایفای نقش به عنوان حلقه رابط دانشکده‌های زمین‌شناسی با صنایع کشور است. اما به دلیل عدم ارتباط سیستماتیک آنها با بخش‌های صنعت، پیرامون میزان اثربخشی آنها بر توسعه دانش و فناوری، سؤالات فراوانی مطرح است. این در حالی است که انجمن‌های علمی می‌توانند با استفاده از ظرفیت سیاست‌گذاری‌های آموزشی، بستری را فراهم کنند تا دانشجویان کارشناسی زمین‌شناسی ملزم شوند بخشی از واحدهای آموزشی دوره تحصیل را به‌عنوان کارآموز با انتخاب خود (بر حسب زمینه مورد علاقه فرد) در یکی از پروژه‌های صنایع مرتبط (طرح‌های سدسازی، راهسازی، معادن و...) زیر نظر متخصصین آن صنعت بگذرانند و در حین تحصیل از فضای کار صنعتی

و چالش‌های حرفه آینده خود شناخت پیدا کنند. چنین مکانیزمی با ایجاد زمینه پژوهش برای دانشجویان، فرصت مناسبی را نیز برای شرکت‌های مجری پروژه‌ها فراهم می‌کند تا پتانسیل این دانش‌آموختگان را از نظر توانایی برای فعالیت در مشاغل صنعتی، مورد بررسی قرار دهند.

۲) پیشنهاد می‌شود هیئت مدیره انجمن‌های زمین‌شناسی جهت ایجاد بستر لازم برای تحقیقات بین‌رشته‌ای در حوزه‌های صنعتی (نظیر حفاری مکانیزه و ...)، با انجمن‌های گروه فنی مهندسی (رشته‌هایی نظیر مکانیک، الکترونیک و ...) ارتباطات هدفمند برقرار کنند. توسعه تعاملات با انجمن‌های گروه فنی می‌تواند زمینه را برای عقد تفاهم‌نامه‌های همکاری با شرکت‌های فعال در صنعت نیز فراهم کند. توسعه این تعاملات بستری را فراهم می‌کند که دانشجویان زمین‌شناسی با حضور در بخش‌های صنعتی، ارتباط مبانی آموزش‌های دانشگاهی با کاربردهای تکنولوژیکی آن را درک کنند و در خلال پیگیری مطالعات خود، ضمن استفاده از تجربیات فعالان صنعتی، تخصص‌های دانشگاهی خود را تا حد امکان با مهارت‌ها و نیازهای صنایع کشور هماهنگ کنند. به‌طور مثال انجمن‌های زمین‌گرمایی و زمین‌شناسی مهندسی (که خود نیز در گروه فنی مهندسی قرار دارند)، می‌توانند در زمینه طرح‌های پژوهشی پیرامون بهره‌برداری از انرژی ژئوترمال با انجمن‌های فنی مهندسی (به‌ویژه انجمن مکانیک و ...) ارتباط هدفمند برقرار کنند. در مثالی دیگر می‌توان به تکنولوژی ذخیره‌سازی مواد نفتی در «مغارهای زیرزمینی بدون پوشش»، اشاره کرد که مباحث آن به تازگی در کشور مطرح شده است. اجرای مغارهای زیرزمینی بدون پوشش، به دلیل ملاحظات خاص (زیست‌محیطی، ایمنی و ...) نیازمند مطالعات گسترده زمین‌شناسی جهت انتخاب ساختگاه مناسب است. طراحی و اجرای این سازه‌ها در ایران تکنولوژی پیچیده‌ای را می‌طلبد که در حال حاضر در مراحل مقدماتی و امکان‌سنجی قرار دارد. دست‌یابی به این تکنولوژی و بومی‌سازی آن، نیازمند همپوشانی دانش متخصصین از شاخه‌های مختلف علوم مهندسی است. از این‌رو در آینده اجرای این سازه‌ها می‌تواند یکی از فرصت‌های کم‌نظیر برای انجام تحقیقات بین‌رشته‌ای را تحقق بخشد.

۳) در حال حاضر در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی گرایش‌های زمین‌شناسی، دروس آموزشی مختص صنایع کاربردی (تونل‌سازی مکانیزه و ...) وجود ندارد. لذا پیشنهاد می‌شود این مباحث در کارگروه‌های تخصصی انجمن‌ها بررسی شوند و حداقل به عنوان دروس آموزشی اختیاری برای دانشجویان کارشناسی و کارشناسی‌ارشد تدوین شوند. در این راستا می‌توان از تألیفات پژوهشی محققین داخلی و خارجی (که به کاربرد مبانی زمین‌شناسی در صنایع مختلف پرداخته‌اند) استفاده کرد.

۴) نتایج نظرسنجی در این پژوهش نشان می‌دهد عدم ارتباط دانشگاه و صنعت (عدم درک دانشجویان زمین‌شناسی از ساختارهای بخش صنعت)، موجب فراوانی پایان‌نامه‌های کلیشه‌ای (به‌خصوص در دوره کارشناسی ارشد) شده است. در چنین فضایی، نتایج مطالعات دانشجویان از چشم‌انداز مشخصی برخوردار نیست و متدولوژی این پایان‌نامه‌ها، اغلب سنخیتی با کاربردهای مبانی زمین‌شناسی در صنایع کشور ندارند. لذا به نظر می‌رسد اگر آموزش واحدهای عملی دانشجویان تا حد امکان در فضاهای صنعتی (پروژه‌های عمرانی، میادین نفتی و...) صورت گیرد، نتیجه بهتری حاصل شود و در آینده بسترهای لازم را برای انجام پژوهش‌های کاربردی در تحصیلات تکمیلی فراهم کند.

۵) همانطور که اشاره شد دروس دوره کارشناسی، فاقد آموزش‌هایی است که دانش‌آموختگان را نسبت به فضای صنعت، به حد کافی آگاه کند. این مشکل را می‌توان توسط اساتیدی جبران کرد که تجربه فعالیت صنعتی دارند. چنین اساتیدی، درک خود را از کاربردهای مبانی زمین‌شناسی در پروژه‌های صنعتی، به دانشجویان انتقال می‌دهند و ضعف‌های موجود در سرفصل‌های آموزشی را تا حد زیادی پوشش می‌دهند. لذا در شرایط فعلی یکی از ضروری‌ترین راهکارها، «حضور پاره‌وقت اساتید هیئت علمی زمین‌شناسی در بخش‌های صنعت» و نیز «تدریس پاره‌وقت فعالان صنعتی در دانشکده‌های زمین‌شناسی» است. این اساتید می‌توانند موجب کاهش موانع دسترسی دانشجویان به فضاهای صنعتی، سهولت در بازدیدها و ارتباط پیوسته دانش‌آموختگان زمین‌شناسی با صنایع کشور شوند.

۶) در قوانین وزارت علوم، اختیارات انجمن‌های علمی پیرامون سیاست‌گذاری‌های آموزشی دانشگاه‌ها به رسمیت شناخته شده است. از این‌رو انجمن‌های علمی می‌بایست با استفاده از ظرفیت نظارتی خود از اجرای سیاست‌های آموزشی نامناسب، جلوگیری کنند. به‌طور مثال اخیراً در برخی گروه‌های کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، اقدام به پذیرش دانشجویان «آموزش‌محور»، در کنار دانشجویان «پژوهش‌محور» شده است. با توجه به شرایط فعلی دانشکده‌های زمین‌شناسی، جذب دانشجوی آموزش‌محور و حذف پایان‌نامه از برنامه آموزشی دانشجویان تحصیلات تکمیلی (به‌خصوص در گرایش‌هایی نظیر زمین‌شناسی مهندسی که بیشتر با صنعت مرتبط هستند)، بر شکاف بین دانشکده‌ها با صنایع مرتبط می‌افزاید. در چنین شرایطی ضرورت ایفای نقش نظارتی انجمن‌های زمین‌شناسی در سیاست‌گذاری‌های آموزشی، به عنوان یک نیاز اساسی احساس می‌شود.

۷) یکی از ضعف‌های آموزش عالی در ایران، عدم تدریس سرفصل اخلاق حرفه‌ای در دانشکده‌های کشور است. در کشورهای توسعه‌یافته در دوره آموزش‌های آکادمیک، سرفصل‌هایی تدوین شده است تا دانشجویان را با معضلات و تنگناهای حرفه‌ای در مشاغل آینده‌شان آگاه کند. از دیدگاه مؤلفین این مقاله، دانش‌آموختگان زمین‌شناسی کشور ما نیز همانند دیگر اقشار صنعتی، نیازمند تدوین سرفصل‌ها و آیین‌نامه‌های حرفه‌ای، متناسب با حوزه فعالیت خود هستند. از این‌رو پیشنهاد می‌شود که مباحثی مانند آیین‌نامه‌های اخلاق مهندسی (NSPE, 2009)، نظریه اخلاق زمین (Leopold, 1949)، اخلاق زیست‌محیطی (White, 1967) و ... به‌طور مختصر در قالب یک واحد آموزشی برای دانشجویان دوره کارشناسی زمین‌شناسی تدوین شوند.

۶- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مهم‌ترین چالش‌های پیشِ روی دانشکده‌های زمین‌شناسی کشور، عدم ارتباط با بخش‌های صنعتی، برخی کمبودها در حوزه دروس آموزشی و هدفمند نبودن طرح‌های پژوهشی دانشجویان است. علی‌رغم جایگاه ویژه زمین‌شناسان در طرح‌های عمرانی و صنعتی، حتی در گروه‌های تحصیلات تکمیلی نیز ارتباط هدفمندی با صنایع کشور وجود ندارد. تربیت نیروی انسانی متخصص در دانشکده‌های زمین‌شناسی نیازمند سیاست‌گذاری‌های جدید در حوزه آموزش و صنعت است. در این میان انجمن‌های علمی از ظرفیت‌های بالقوه‌ای برخوردارند تا سیستم آموزشی و طرح‌های پژوهشی دانشجویان را به سوی نیازهای صنایع (از جمله صنعت تونل‌سازی مکانیزه) سوق دهند. بررسی چالش‌های موجود حاکی از آن است که در این راستا پیگیری برخی راهکارها از جمله: بازبینی سرفصل‌های آموزشی، تدوین دروس جدید برای مباحث کاربردی، همکاری دوجانبه انجمن‌های زمین‌شناسی با انجمن‌های فنی‌مهندسی جهت تحقیقات بین‌رشته‌ای، استفاده از کادر هیئت علمی پاره‌وقت صنعتی و ... می‌تواند در جهت کاهش شکاف بین دانشکده‌های زمین‌شناسی با صنایع کشور مؤثر واقع شود.

سپاسگزاری

نظرات جامعه آماری با رضایت آگاهانه افراد و با رعایت اصل امانت‌داری ارائه شده است. لذا از کلیه مهندسینی که در نظرسنجی همکاری داشته‌اند، صمیمانه قدردانی می‌شود. از آقایان دکتر وزیری‌مقدم، دکتر هاشمی و دکتر طریق‌ازلی به دلیل بررسی و نقد محتوای مقاله تشکر ویژه می‌شود. در این پژوهش تلاش بر این بود که نسبت به فعالیت دانشکده‌های زمین‌شناسی، نقدی به ناروا وارد نشود؛ اما در عین حال با اجتناب از محافظه‌کاری، کاستی‌های آموزشی مطرح شود.

رند عالم‌سوز را با مصلحت‌بینی چه کار
کار ملک است آن که تدبیر و تأمل بایدش (حافظ شیرازی)

کتابنگاری

آصف، م. ر. و بهلولی، ب.، ۱۳۸۴- تحلیل یک دهه فعالیت‌های پژوهشی زمین‌شناسی مهندسی کشور، چهارمین کنفرانس ملی زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس تهران. ص. ۱۱۲۷ تا ۱۱۳۸.

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ اول، ۵۸۶ ص.

جمالی‌زاده، ح. و اعظمی، ش.، ۱۳۹۵- تحلیل روند موضوعات پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی کشور در هشت سال اخیر، نهمین کنفرانس ملی زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه خوارزمی تهران. ص. ۷۳۷ تا ۷۴۴.

جودکی، و. و اجل‌لوئیان، ر.، ۱۳۹۴- نقش شرایط زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی سازندها در رخداد مخاطرات حفاری (مطالعه موردی تونل قمرود)، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، سال بیست و پنجم، شماره ۹۷، ص. ۱۵۱ تا ۱۶۲.

جودکی، و.، اجل‌لوئیان، ر. و یزدخواستی، ن.، ۱۳۹۷الف- مقایسه نتایج برگردان دوبُعدی داده‌های مقاومت‌سنجی با شرایط زمین‌شناسی در مسیر حفاری قطعه ۳ و ۴ تونل قمرود، مجله علمی پژوهشی انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، جلد یازدهم، شماره ۱، ص. ۴۹ تا ۶۴.

جودکی، و.، اجل‌لوئیان، ر.، مبرقعی‌دینان، ن.، سهرابی‌بیدار، ع. و عالی‌انوری، ع.، ۱۳۹۸الف- جایگاه مبانی نظریه اخلاق زمین در پایش اثرات اکوهیدرولوژیکی پروژه‌های عمرانی، مجله علمی پژوهشی انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، جلد دوازدهم (در دست انتشار).

جودکی، و.، حسن‌پور، ج. و اجل‌لوئیان، ر.، ۱۳۹۷ب- ارتباط علوم زمین‌شناسی و مهندسی مکانیک در افزایش بهره‌وری ماشین‌های حفار تمام مقطع، مجله علمی پژوهشی انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، جلد یازدهم، شماره ۴، ص. ۱ تا ۲۴.

جودکی، و.، حسن‌پور، ج.، اجل‌لوئیان، ر. و مسیح‌طهرانی، م.، ۱۳۹۸ب- لزوم بومی‌سازی دانش بهسازی ماشین‌های حفار تی‌بی‌ام در شرایط متنوع زمین‌شناسی ایران، مجله علمی ترویجی انجمن مهندسان مکانیک ایران، سال بیست و هشتم (در دست انتشار).

جودکی، و.، سهرابی‌بیدار، ع.، اجل‌لوئیان، ر.، امینی، ن. و دیکمن، ت.، ۱۳۹۷ج- ارزیابی نتایج آزمایش پیش‌بینی لرزه‌ای تونل (TSP) بر اساس شواهد زمین‌شناسی و تحلیل پارامترهای عملیاتی دستگاه EPB Hard Rock، مجله علمی پژوهشی انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، جلد یازدهم، شماره ۲، ص. ۱۵ تا ۳۱.

جودکی، و.، کوهیان‌افضل، ف.، عالی‌انوری، ع.، اجل‌لوئیان، ر. و سهرابی‌بیدار، ع.، ۱۳۹۶- بررسی اشکال انحلالی سطحی و میزان توسعه آب زیرزمینی در ساختگاه قطعه ۴ تونل قمرود، فصلنامهٔ علمی پژوهشی علوم زمین، سال بیست و ششم، شماره ۱۰۳، ص. ۲۹ تا ۴۰.

خسروتاش، م.، ۱۳۹۲- مروری بر بیست سال تجربه تونل‌سازی مکانیزه در ایران، دهمین کنفرانس ملی تونل ایران (فضاهای زیرزمینی و اهداف هزاره سوم)، تهران.

زمانی، ح.، علیزاده‌هوشیار، ن. و نصیری، م.، ۱۳۸۲- محاسبه نرخ مصرف دیسک برشی دستگاه حفار تمام مقطع (TBM) در حفاری سنگ سخت مثال مورد مطالعه قطعه پنجم تونل انتقال آب قمرود، ششمین کنفرانس ملی تونل ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

شرقی، ع.، شکور، ا.، حبیب‌آگهی، م.ع. و پلاسی، م.، ۱۳۸۲- استفاده از TBM باز در مصالح ریزشی و چگونگی مهار آن در تونل گاوشان، ششمین کنفرانس ملی تونل ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

کرمی، م.، فرامرزی، ل.، باقرپور، ر. و رئیسی‌گهرویی، د.، ۱۳۹۳- بررسی تأثیر عوامل زمین‌شناسی و خصوصیات ژئومکانیکی توده‌سنگ بر انتخاب ماشین حفاری تمام مقطع در تونل انتقال آب سبزکوه، فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی مهندسی، جلد هشتم، شماره ۲، ص. ۲۱۶۹ تا ۲۱۹۴.

References

Frodl, S., Franzius, J. N. and Bartl, T., 2010- Design and construction of the tunnel geothermal system in Jenbach/Planung und Bau der Tunnel-Geothermieanlage in Jenbach. Geomech. Tunnell. Vol 3 (5): 658- 668.

Geimer, C., 2013- Metro tunnels enable geothermal-air conditioning – BINE information service, Projektinfo 09/2013, FIZ Karlsruhe – Leibniz Institute for Information Infrastructure, Germany (ISSN 0937- 8367).

Hassanpour, J., Rostami, J., Khamehchiyan, M. and Bruland A., 2009- Developing new equations for TBM performance prediction in carbonate-argillaceous rocks: a case history of Nowsood water conveyance tunnel. Geomechanics and Geoengineering: An International Journal. Vol (4): 287- 297.

ITA (International Tunnelling and Underground Space Association), 2017- Events and News at the World Tunnel Conference in Norway. June 9th-June 15th, 2017. http://www.ita-aites.org.

Leopold, A., 1949- The Land Ethics: A Sand County Almanac. Oxford University Press, New York. Pp. 224.

Movahednejad, A. E., 2008- Deep tunnelling in fault zone case study in Kuhrang 3 water conveyance tunnel", World Tunnel Congress, Underground Facilities for Better Environment and Safety, India.

NSPE., 2009- Code of ethics. National Society of Professional Engineers Available at: www.nspe.org/ethics.

Rahmati, A., Faramarzi, L. and Darbor M., 2017- Squeezing rock conditions at phyllite-slate zone in Golab water conveyance tunnel, Iran: A case study. J. Cent. South Univ. 24: 2475- 2485.

Stocklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran : a review. American Association Petroleum Geologists, Bulletin., Vol. 52 (7), 1229-1258.

Tinti, F., Boldini, D., Ferrari, M., Lanconelli, M., Kasmaee, S., Bruno, R., Egger, H., Voza, A. and Zurlo, R., 2017- Exploitation of geothermal energy using tunnel lining technology in a mountain environment. A feasibility study for the Brenner Base tunnel- BBT. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol 70 (4): 182- 203.

White, L., 1967- The historical roots of our ecological crisis. Science, Vol 155, Issue 3767. pp. 1203- 1207.

Necessity of revising the educational and research headings of geological colleges for approaching technological applications in industries (with a special focus on mechanized tunneling technology)

V. Joudaki[1*], R. Ajalloeian[2] and J. Hassanpour[3]

[1]M.Sc., Department of Excellent Supervision and Workshop, Aban Pazhouh Consultant Engineers Co., Tehran, Iran

[2]Professor, School of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

[3]Associate Professor, School of Geology, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2017 August 23 Accepted: 2018 March 17

Abstract

In many industrial and construction projects in the country, the lack of attention paid by employers to geological considerations has led to many dangers and challenges. In massive mechanized tunneling projects, there is a need for extensive geological studies. These studies require sufficient knowledge of various fields of geology (engineering geology, hydrogeology, tectonics, sedimentology,petrology, stratigraphygeophysics, geomorphology, etc.). In this research, the view of graduates of engineering geology (employed in the industrial sector), about educational and industrial experiences has been studied.This research is a descriptive survey. The research population consisted of all active engineers of geology in the country. By using simple random sampling, 50 people were selected. Data were collected by a researcher-made questionnaire, and data were interpreted using descriptive statistics.The results of the survey show that in many specialized courses and in undergraduate practical units, technological applications of topics in related industries (tunneling, roads, mines, dam, oil exploration, etc.) have not been addressed. From the perspective of the population of the statistical community, the current curriculum needs to be reviewed and new lessons need to be developed. The results show that a small part of the students' practical units in applied spaces are performed. According to people, in the field of postgraduate studies, a significant proportion of theses have a theoretical and fundamental aspect. On the other hand, there is no research collaboration in interdisciplinary research between geological colleges and engineering faculties (in the fields related to the mechanized drilling industry, such as electronics, mechanics, etc.). Hence, in many student studies, there is no targeted approach to the country's industries (including the tunnel industry).The results show that, in the current situation, the revision of educational topics and the wider activity of geological associations (for the purposeful communication with the industries of the country) can enhance the potential of geology graduates in industrial jobs. Therefore, in this paper, with a brief overview of the conditions of geological groups and the country's mechanized drilling industry, suggestions are presented to solve the challenges.

Keywords: Geology, Educational headings, Mechanized tunneling industry, Interdisciplinary research.

For Persian Version see pages 3 to 12

*Corresponding author: V. Joudaki; E-mail: Joudaki_vahid@yahoo.com

Created with nitroPDF professional
download the free trial online at nitropdf.com/professional