مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۳، جلد ۳، ص. ۱۰۲-۸۷

آموزش در مهندسی ژئوتکنیک

محمود وفاییان

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده : در این مقاله کوشش شده است که به وضعیت و جایگاه دانش ژئوتکنیک و گرایش‌ها و مباحث مربوط به آن و نیز ارتباط آن با سایر بخش‌های علوم و مهندسی اشاره شود، سپس به طرح مسئله آموزش در مهندسی ژئوتکنیک و از جمله با نگاهی به عناوین موضوع‌های ارائه شده در همایش بین‌المللی آن پرداخته شود.

هدف دیگر از نگارش این مقاله، شناساندن مفصل‌تر این مبحث فن‌شناختی به صورت موضوعی و نشان‌دادن عناوین درس‌های آن در مقاطع مختلف است تا از این نوشتار، شاید گامی در جهت پیشرفت و هماهنگی مناسب‌تر در جنبه‌های مختلف آموزش و پژوهش آن برداشته شود. یادآوری می‌شود که نگارنده در مقاله دیگری، طرحی کلی از کارنامه این موضوع و سیر پیشرفت آن در قرن بیستم را (در مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۲، سال دوم، تابستان ۱۳۷۹) ارائه داده است.

واژه‌های کلیدی : آموزش مهندسی ژئوتکنیک، دروس، سرفصل‌ها، همایش بین‌المللی.

۱. مقدمه

هرچند ممکن است بحث آموزش دانش ژئوتکنیک به صورت یک موضوع قابل طرح در ذهن بسیاری از دانش‌پژوهان مربوط به این مبحث مطرح شده باشد، ولی احتمالاً تا قبل از برگزاری اولین همایش بین‌المللی آموزش مهندسی ژئوتکنیک در ژوئن سال ۲۰۰۰ (در کشور رومانی)، این موضوع به صورت جدی مورد توجه کارشناسان و دانشمندان قرار نگرفته است. برگزاری این کنفرانس بین‌المللی خاطر نشان کرد که زمان طرح این موضوع فرا رسیده است.

تردیدی نیست که در هر حال، این کنفرانس به نتیجه گیریهایی منجر شده است، از جمله اینکه: طرح موضوع «آموزش مهندسی ژئوتکنیک» تا چه حد ضرورت دارد و تا چه حد ممکن است برای پژوهشگران، مهندسان و دانشجویان در این مبحث مفید باشد و آیا بحث پیرامون این موضوع ممکن است موجب مدون شدن راهکارهای جدید و روش‌هایی در راستای توسعه بیشتر این دانش و استفاده بهینه از دستاوردهای آن و کارایی زیادتر آن در حل مسائل مهندسی عمران و پروژه‌های اجرایی شود؟

به منظور بررسی این موضوع، ابتدا به تاریخچه مختصری از «آموزش مهندسی ژئوتکنیک» اشاره می‌شود و سپس به بخش‌های مختلف مبحث ژئوتکنیک، دروس اصلی و فرعی آن در دوره‌های مختلف و دیدگاه‌های دوره‌های آموزشی آن در بعضی از کشورها پرداخته و در انتها بعد از جمع‌بندی مطالب و نتیجه گیری، پیشنهادهایی ارائه می‌شود.

۲. تاریخچه طرح موضوع آموزش ژئوتکنیک

به استناد مقدمه اولین کنفرانس بین‌المللی آموزش ژئوتکنیک (ICGEET[1]) در سال ۲۰۰۰، به احتمال قوی، اولین دیدگاه‌ها در این زمینه در اولین کنفرانس بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی (ICSMFE) در کمبریج آمریکا در سال ۱۹۳۶ مطرح شده است که در آنجا بنیانگذاران علم مکانیک خاک به این مسئله اشاره کردند، ولی با وجود قدمت این طرح، توسعه و تکمیل دیدگاه‌های پیرامون این موضوع از همان سال‌ها متوقف و به فراموشی سپرده شده است، تا اینکه مجدداً در سیزدهمین کنفرانس ISSMFE در سال ۱۹۹۴، در یازدهمین کنفرانس اروپایی

---

۱. International Confrence on Geotechnical Engineering Education and Training

مکانیک خاک و مهندسی پی در سال ۱۹۹۵ (در کپنهاک)، در چهاردهمین کنفرانس ISSMFE در سال ۱۹۹۷ و در دوازدهمین کنفرانس اروپایی در سال ۱۹۹۹ به طرح این مسئله دامن زده شد.

با توجه به مطالب ارائه شده در این کنفرانس‌ها، دانشمندان شرکت کننده در آن به این نتیجه رسیدند که اهمیت و گسترش مسئله تا آن پایه رسیده است که بتواند زمینه‌ساز تشکیل یک همایش مستقل بین‌المللی قرار گیرد و به همین علت آن کنفرانس در سال ۲۰۰۰ تشکیل شد.

هدف از تشکیل آن همایش، بحث پیرامون وضعیت موجود آموزش مهندسی ژئوتکنیک، شاخه‌های وابسته به آن در سطح کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری و بحث پیرامون لزوم توسعه، هماهنگی یا قبض و بسط دانش مهندسی بوده است.

در اینجا مناسب است به چگونگی تنوع مقالات و موضوع‌های بحث شده در آن همایش اشاره‌ای داشته باشیم. بر اساس فصل‌بندی در مجموعه مقالات آن همایش، مباحث مطرح شده به شرح زیر است:

- از سخنرانان مدعو، ۶ مقاله؛
- در مورد وضعیت آموزش ژئوتکنیک در کشورهای مختلف، ۱۹ مقاله؛
- در مورد نقش و موضع مهندسی ژئوتکنیک در گرایش‌های مهندسی عمران، محیط زیست و مهندسی زلزله، ۱۶ مقاله؛
- در مورد آموزش و آموختن مهندسی ژئوتکنیک، ۱۰ مقاله؛
- در مورد کاربرد اطلاعات و ارتباطات در ژئوتکنیک، ۱۴ مقاله؛
- در زمینه مطالعه موردی در آموزش ژئوتکنیک، ۸ مقاله؛
- در خصوص تاریخچه و عمر تعلیم و تربیت در این شاخه مهندسی، ۹ مقاله،

در این صورت جمعاً ۸۴ مقاله در این همایش بین‌المللی ارائه شده است.

۳. ارتباط دانش ژئوتکنیک با سایر رشته‌ها

به لحاظ تعریف، می‌توان ادعا کرد که مبحث محوری و سنتی دانش ژئوتکنیک را مبحث «مکانیک خاک» تشکیل می‌دهد که یکی از دروس اصلی گرایش‌های مهندسی عمران است. در عین حال، همان‌طور که از واژهٔ «ژئو» انتظار می‌رود مصالح مورد نظر این دانش فنی - نه تنها شامل خاک - بلکه شامل سنگ هم می‌شود. در اینجا مناسب است که به نقل از کتاب «اصول

مهندسی ژئوتکنیک» تألیف B.M.DAS (۱۹۹۴) تعریف زیر اقتباس شود:

«مهندسی ژئوتکنیک به عنوان زیرشاخه‌ای از مهندسی عمران است که خواص مهندسی مصالح طبیعی سطح زمین را بررسی می‌کند و نقش آن کاربرد اصول مکانیک خاک و مکانیک سنگ در طراحی پروژه‌هایی چون پی‌ها، سازه‌های حایل و سازه‌های خاکی است.»

بنابراین، با توجه به اینکه زمینه‌های اصلی دانش فنی ژئوتکنیک را می‌توان کاربرد مباحث مکانیک خاک و مکانیک سنگ در نظر گرفت، ملاحظه می‌شود که این زمینه‌ها هرکدام به نحوی با مباحث دیگر مهندسی و علوم از قبیل ریاضیات، فیزیک سنگ و خاک، زمین‌شناسی مهندسی، سنگ‌شناسی، تکتونیک، ژئوهیدرولوژی، ژئوفیزیک و بعضی از زمینه‌های دیگر علوم ارتباط می‌یابند. از طرفی، به این علت که شناخت ویژگی‌های مهندسی مصالحی چون سنگ و خاک، نیاز به ابزارهای خاص آزمایشگاهی یا صحرایی ویژه این مصالح دارد، به این علت مبحث ژئوتکنولوژی، خود بخش مهمی از نیازهای پیشرفت این دانش را تشکیل می‌دهد. اهمیت نقش فن‌شناختی و ابزارهای تخصصی در این دانش مهندسی هنگامی بیشتر مشخص می‌شود که به این نکته توجه شود که خواص و مشخصات خاک‌ها و سنگ‌ها بسیار متنوع و از نقطه‌ای به نقطه دیگر متغیر است و به همین علت گسترش این دانش و کاربردهای آن بدون استعانت از نمودارها و جدول‌های تجربی میسر نبوده است و در حال حاضر نیز نتایج دقیق را باید از نمودارهای حاصل از تجربیات دقیق به‌دست آورد و از همین جاست که نقش ابزارهای مورد نیاز در این مبحث آشکار می‌شود.

توجه به این مطلب نیز احتمالاً ضروری است، زیرا کاربرد مهندسی ژئوتکنیک در طراحی پی‌های ساختمان‌ها و پل‌ها، مهندسی تونل و متروها، سیستم‌های آبرسانی و سدسازی، راه‌سازی و راه‌آهن، سازه‌های فراساحل، محیط زیست و پاره‌ای از فعالیت‌های دیگر مهندسی عمران، اهمیت غیرقابل انکاری دارد، لذا اهمیت فراگیری، توسعه و توجه به راهکارهای مناسب‌تر آموزش آن بیشتر محسوس می‌شود.

۴. دیدگاه‌های «آموزش ژئوتکنیک» برگرفته از مقاله‌های همایش

در این بخش به کمک دسته‌بندی عناوین مقالات ارائه شده در همایش بین‌المللی ۲۰۰۰ (ICGEET) می‌توان از دیدگاه‌های دانشمندان و پژوهشگران در این زمینه به شرح زیر مطلع شد:

در بخش اول از مجموعه مقالات، شش مقـــاله تـــوسط دانشمندان مدعـــو ارائه شده است که در بارهٔ مطالب زیر است:

مهندسی ژئوتکنیک و عمران در جامعه، تدریس ژئـوتکنیک از سـال ۱۹۵۰ تـا سـال ۲۰۰۰ و فراسوی آن، آموزش در مهندسی ژئوتکنیک زلزله‌ای، آموزش‌های مبتنی بر کامپیوتر، جهت‌ها در آموزش جهانی مهندسی و ارتباط آن در آموزش مهندسی ژئوتکنیک.

در بخش دوم، گـزارشـی از آمـوزش مـهندسی ژئـوتکنیک در کشورهای بـلژیک، بـرزیل، بلغارستان، شیلی، کرواسی، فرانسه، آلمان، یـونان، ایـرلند، ژاپـن، لیـتونی، مکـزیک، نـیوزیلند، لهستان، رومانی، سریلانکا، سوئد و ویتنام ارائه شده است.

در بخش سوم، اهمیت آموزش در مهندسی ژئوتکنیک، دیدگاه‌های جدید آن، نقش و موضوع مهندسی ژئوتکنیک در سرنوشت مهندسی زلزله، مـحیط زیست و عـمران، بـحث‌ها و جـدل‌ها پیرامون مهندسی ژئوتکنیک، اهمیت آن در مدیریت و اجرا، اهمیت آن در نیروی زمینی ارتش و موارد دیگری به بحث گذاشته شده است.

در بخش چهارم، در مورد آموزش بعضی مباحث خاص ژئوتکنیک مثل خاک‌های غیراشباع، کاربرد مدل‌های فیزیکی، کاربرد روش‌های جدید تعادل حدی، کاربرد مـدل‌های سـانترینوژ، مسائل پایداری شیب‌ها و دیوارهای حایل، عدم اطمینان در نـتایج تـجربیات آزمـایشگاهی و صحرایی، تجربیات مربوط به تدریس مبحث بهبود بخشیدن به خواص خاک‌ها صحبت شده است.

در بخش پنجم، اهمیت نقش اطلاعات و ارتباطات مانند نـقش رایـانه‌ها و نـرم‌افـزارهـا در آموزش ژئوتکنیک، تأکید بر لزوم گسترش این مقوله مـخصوصاً در بـخش مـحاسبه تـنش‌ها و کرنش‌ها و اندرکنش دینامیکی مورد بحث قرارگرفته است.

بخش ششم را مطالبی در بارهٔ بهره‌گیری از مطالعات موردی و مقایسه آنها در پیشبرد اهداف آمـوزشی و تـوسعه کاربردی دانش ژئـوتکنیک تشکیل می‌دهد و در بـخش هـفتم در مـورد تاریخچه آموزش ژئوتکنیک در بعضی از کشورها و همـکاری بین‌المللی در این زمینه بحث شده است.

این مجموعه مقالات در ۵۲۰ صفحه مدون شده است و چون تنها مستند بین‌المللی تحت عنوان آموزش مهندسی ژئوتکنیک است، از این رو در مقاله حاضر، از دیـدگاه‌های آن حسب مـورد استفاده شده است.

۵. عنوان‌های درس‌ها و سرفصل‌های دروس

اگرچه مفهوم ژئوتکنیک - همان‌طور که قبلاً اشاره شد - فراگیر مصالح خاکی و سنگی است، ولی محور اصلی آن را هنوز هم (در وجه غالب) مبحث مکانیک خاک و درس‌های وابسته به آن تشکیل می‌دهد و به همین علت آنچه در چند پاراگراف بعد بحث می‌شود به نقل از مقاله «پراکاش» مربوط به آموزش و درس‌های مکانیک خاک سرفصل‌های آنهاست. در عین حال، برای پژوهشگران حوزه ژئوتکنیک شاید جالب توجه باشد که مبحث مکانیک سنگ - گرچه جوان‌تر از مبحث مکانیک خاک است - ولی (به همین علت) می‌تواند حوزهٔ فعال‌تری را برای پژوهش در دهه‌های آینده نشان دهد.

علت انتخاب این مطالب از مقاله «پراکاش[1]» از اولین کنفرانس ICGEET این است که پروفسور پراکاش از دانشمندان سرشناس حوزه مکانیک خاک است و به‌طوری که شخصاً در این مقاله بیان داشته است، از سال ۱۹۵۴ تاکنون در این گرایش تدریس داشته است. نامبرده درس‌های مکانیک خاک را به مقدماتی، متوسطه و پیشرفته به شرح زیر تقسیم کرده است.

- مکانیک خاک مقدماتی شامل مباحث:

طرز تشکیل خاک‌ها، طبقه‌بندی، کانی‌شناختی و خواص فیزیکی خاک‌ها، کمیت‌های حجمی و وزنی، شاخصه‌های خمیری خاک‌های ریزدانه، ویژگی‌های خاک‌های مسئله‌دار، نفوذپذیری، تنش مؤثر، خاصیت مویینگی، زه و جریان آب در منافذ خاک، شبکه جریان، توزیع تنش‌ها درون خاک، تحکیم، تراکم، مقاومت خاک و بهبود دادن خواص خاک‌ها.

- مکانیک خاک متوسط شامل مباحث:

رابطه تنش - کرنش در خاک‌ها، مدل‌های رفتاری در شرایط استاتیک و دینامیک در شرایط آزمون‌های سه‌محوری، تک‌محوری و سه‌محوری واقعی، تحکیم سه‌بعدی واقعی، تحکیم سه‌بعدی با تقارن محوری، تحکیم دینامیکی، اثرهای سه‌بعدی در نشست سازه‌ها، اندرکنش خاک و سازه در شرایط بار استاتیکی و دینامیکی، روش‌های ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی خاک و سنگ در محل، ژئوتکنولوژی فراساحل، کاربرد مدل‌های سانتریفوژ، وضعیت بحرانی مکانیک خاک و پیش‌بینی، اجرا و نقش مطالعات موردی.

---

۱. S. Prakash

همان‌طور که پراکاش توضیح می‌دهد، در بخش مکانیک خاک مقدماتی، هدف از ارائه مطالب، آماده‌سازی ذهن دانشجو به درک مشخصه‌ها و عوامل مؤثر بر رفتار به عنوان یک ماده مهندسی و تأمین ابزار کاربرد این اصول در مسائل اجرایی مهندسی ژئوتکنیک است. همچنین، آموختن این تشخیص به دانشجوست که برای یک پروژه مشخص، مثل خاکریز، پی، سد خاکی و مشابه آنها با استفاده از خاک‌های مختلف چه خواصی مورد نظر است و چه آزمایش‌هایی باید انجام گیرد. در آزمایشگاه نیز او باید بتواند همین ویژگی‌های مناسب کارهای اجرایی را به‌دست آورد.

در بخش مکانیک خاک متوسطه، هدف از مباحث ارائه شده این است که بینش دانشجو به رفتار توده خاکی در شرایط مختلف بارگذاری و زهکشی و در اثر تراز‌های مختلف تنش و کرنش گسترش یابد و نیز توان دانشجو در حل مسائل عددی تحکیم، زه، مقاومت برشی و پایداری شیب‌ها افزایش یابد. همچنین، دانشجو بتواند یک مسئله اجرایی خاص را تحلیل کند و در مباحثی چون تحکیم، طرح یک سد خاکی، محاسبات پی، دستورالعمل تهیه گزارش و آزمایش‌های لازم برای شناسایی وضعیت یک محل مورد نظر، گزارش مناسبی بنویسد.

به موازات درس‌های مکانیک خاک، درس دینامیک خاک نیز از دهه‌های قبل در دانشگاه‌ها تدریس می‌شود، به‌طوری که احتمالاً اولین بار در سال ۱۹۶۲ به صورت یک درس مستقل تدریس شده است (از مقاله پراکاش). هدف از ارائه این درس، مقدمات آشنایی دانشجو با درک مفاهیم اولیه بار دینامیکی حاصل از زلزله یا از پی ماشین‌های ارتعاشی و مشابه آنها، بررسی خسارت زلزله‌ها، مطالعات رفتار خاک در اثر بارهای دینامیکی و تجزیه و تحلیل رفتار سازه‌های خاکی یا متکی به خاک (مانند پی، شمع، دیوار حایل و شیب‌ها) در اثر ارتعاش حاصل از زلزله است.

بدیهی است ارائه تمام سرفصل‌های دروس متعدد گروه ژئوتکنیک نه تنها نیاز به متنی بسیار مفصل دارد، بلکه خارج از اهداف این مقاله است و توضیح بالا صرفاً به منظور مشخص شدن نوع مطالب درس‌های اولیه مکانیک خاک (و به نقل از پراکاش که یک دانشمند معروف در این زمینه است) می‌باشد.

در اینجا بسیار مناسب است که به عناوین دروس دوره‌های دانشگاهی مکانیک خاک در کشور خودمان نگاهی داشته باشیم.

در حال حاضر، بر اساس برنامه‌های معمول دانشکده‌های مهندسی عمران، درس‌های با

عناوین زیر در دانشگاه‌های سراسر کشور تدریس می‌شوند یا قابل تدریس هستند.

در مقطع کارشناسی: مکانیک خاک و آزمایشگاه (۳+۱ واحد)، مهندسی پی (۲ تا ۳ واحد)، دروس اختیاری مثل سدهای خاکی و مهندسی تونل (هرکدام ۲ واحد).

در دوره کارشناسی ارشد: مکانیک خاک پیشرفته، مهندسی پی پیشرفته، دینامیک خاک، مکانیک سنگ، ریاضیات مهندسی و مکانیک محیط پیوسته هرکدام به ارزش ۳ واحد. علاوه بر این دروس اجباری، درس‌های زیر به عنوان درس‌های اختیاری ممکن است عرضه شوند که از این مجموعه باید ۶ واحد توسط دانشجویان انتخاب شود.

تئوری خمیری خاک‌ها، سدهای خاکی، زمین‌شناسی مهندسی، روش‌های عددی در مکانیک خاک، آبهای زیرزمینی، مهندسی تونل، روش‌های تحقیقات صحرایی و روش‌های حفاری، مکانیک خاک پیشرفته II، ژئوتکنیک لرزه‌ای.

همچنین، در رشته‌های مهندسی معدن، زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی در دوره‌های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری نیز بر حسب مورد و نیاز آن رشته و آن دوره، برخی از درس‌های یادشده کم و بیش با همین عناوین یا عناوین دیگر تدریس می‌شوند. در بعضی از گرایش‌ها در دانشکده‌های کشاورزی نیز بعضی از این دروس تدریس می‌شوند.

از آنجا که در سال‌های اخیر در برنامه دروس کارشناسی ارشد گرایش خاک و مهندسی تغییراتی پیشنهاد شده است (ولی احتمالاً هنوز به‌طور فراگیر به اجرا گذاشته نشده است)، ضروری است برنامه اخیر نیز که مصوب سال ۱۳۷۷ شورای برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فنّآوری است، در اینجا نقل شود.

این برنامه دارای مشخصه‌های زیر است:

دروس تخصصی اجباری ۱۴ واحد، دروس اختیاری ۱۰ واحد و سمینار و پایان‌نامه ۸ واحد، هر واحد نظری ۱۷ ساعت در ترم و هر نیمسال ۱۷ هفته و طول دوره ۲ سال.

دروس اصلی و تخصصی الزامی مکانیک خاک و مهندسی پی (۱۴ واحد اجباری است):

ریاضیات عالی مهندسی، مکانیک خاک پیشرفته، مهندسی پی پیشرفته و دینامیک خاک، هرکدام ۳ واحد نظری؛ یکی از درس‌های مکانیک محیط پیوسته، روش‌های عددی در مکانیک خاک و مکانیک سنگ، هرکدام ۲ واحد نظری.

دروس تخصصی اختیاری (۱۰ واحد)

دروس ۳ واحدی: سدهای خاکی، اندرکنش خاک و سازه، روش اجزای محدود، مهندسی زلزله، اصول طراحی سازه‌های دریایی، آبهای زیرزمینی و ژئوتکنیک دریایی.
دروس ۲ واحدی: مکانیک محیط‌های پیوسته، روش‌های عددی در مکانیک خاک، مکانیک سنگ، تحقیق در عملیات، کاربرد نظریه خمیری در مکانیک خاک، زمین‌شناسی مهندسی پیشرفته، مهندسی تونل و تحقیقات محلی در ساختگاه.
دروس ۱ واحدی: آزمایشگاه مکانیک خاک پیشرفته، آزمایشگاه مکانیک سنگ و آزمایشگاه دینامیک خاک.
درس‌های دوره دکتری گرایش مکانیک خاک معمولاً به شرح زیر است:
ریاضیات عالی مهندسی II، دینامیک خاک II، ژئوتکنیک لرزه‌ای، مکانیک خاک پیشرفته II، تحقیقات صحرایی، سازه‌های زیرزمینی، ژئوتکنیک زیست‌محیطی، تحلیل عددی در مکانیک خاک، روش اجزای منفصل، تئوری انتشار امواج، روش اجزای مرزی، مکانیک سنگ پیشرفته، کاربرد آمار و احتمالات در مکانیک خاک، بهسازی خاک‌ها و بعضی دروس دیگر که بر اساس تخصص‌های موجود در هر دانشگاهی ممکن است ارائه شود.

۶. وضعیت دروس و دوره ژئوتکنیک در یکی از کشورهای اروپایی

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، بخش دوم از مجموعه مقالات ICGEET را اطلاعاتی در مورد دوره‌ها و آموزش دروس ژئوتکنیک در ۱۹ کشور از مناطق مختلف جهان تشکیل می‌دهد که از جمله آنها مربوط به کشور کرواسی است. کرواسی که جمعیت آن ۴/۸ میلیون نفر است در جنوب مجارستان و در شمال غربی یوگسلاوی و در شمال بوسنی و هرزگوین قرار دارد. به منظور ارائه نمونه‌ای از وضعیت مهندسی ژئوتکنیک در یکی از کشورها، نگارنده مقاله حاضر، گزارش مربوط به کشور کرواسی را انتخاب کرد. البته، این انتخاب چندان هم بدون دلیل توجیهی نیست. علت‌های این انتخاب عبارت است از: اولاً در میان تمام کشورهایی که گزارش مربوط به وضعیت آموزش ژئوتکنیک آنها ارائه شده است، گزارش مربوط به کرواسی شامل اطلاعات مفصل‌تری است، ثانیاً به این علت که از جمله مواردی است که دانشکده مستقل ژئوتکنیک در آن مشغول فعالیت است و نیز سابقه تدریس دروس مکانیک خاک و مهندسی پی در آن به حدود ۶۰ سال می‌رسد و به عبارت دیگر، در زمرهٔ با سابقه‌ترین کشورها از دیدگاه آموزش ژئوتکنیک است و ثالثاً چون به لحاظ

صنعت، وسعت، جمعیت و پیشرفت از بهترین و بزرگ‌ترین نیست و حتی در بعضی جهات در زیر خط متوسط نیز قرار دارد، مقایسه آن با کشورهای منطقه خاورمیانه منطقی به‌نظر می‌رسد.

در کـرواسـی، دپـارتمان ژئـوتکنیک دانشکـده فـنی آن در سـال ۱۹۳۸ تـوسط پـروفسور V.Rieszner بنیانگذاری شده است. احتمالاً علت این قدمت و سابقه ۶۰ ساله (که به‌طور نسبی بیش از سایر کشورهاست) این است که این کشور در مجاورت اتریش واقع شده است و اتریش محل سکونت و فعالیت‌های اولیه «کارل ترزاگی» است که وی را پدر علم مکـانیک خـاک نامیده‌اند. اتفاقاً پروفسور E.Nonviller که از سال ۱۹۶۰ تدریس مکانیک خاک را در دانشگاه کـــرواسی به عهده داشته، از دانشجـــویان «ترزاگی» در دانشگاه «وین» بوده است. بنابراین، انتخاب وضعیت آموزش ژئوتکنیک کـــرواسی به عنوان یک نمونه تا حـدی مـناسب بـه نـظر می‌رسد.

به هر حال، آن‌طور که از مـقاله اصـلی تـوسط V.Szavits-Nassan بـرمی‌آید، در دانشگـاه «زاگرب» که بزرگ‌ترین دانشگاه کرواسی است، دوره‌های ژئوتکنیک در سه دانشکده (دانشکده عمران، دانشکده مهندسی ژئوتکنیک، دانشکده مهندسی نفت و معدن و زمین‌شناسی) به شرح زیر تدریس می‌شود.

الف. دانشکده مهندسی عمران

دانشکده مهندسی عمران زاگرب از سال ۱۹۳۸ تأسیس شده است و برنامه‌های درسی آن در زمینه ژئوتکنیک در حال حاضر برای گرایش ژئوتکنیک بر طبق جدول زیر است:

دروس اجباری	در ترم	تعداد ساعات نظری + تمرین
تحقیقات ژئوتکنیکی (آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی)	۷	۳۰ + ۳۰
مکانیک خاک کاربردی	۷	۳۰ + ۴۵
مکانیک سنگ (I)	۸	۳۰ + ۴۵
مهندسی پی (II)	۸	۳۰ + ۴۵

ادامه جدول

دروس اختیاری	در ترم	تعداد ساعات نظری + تمرین
سازه‌های خاکریز	۸	۳۰ + ۳۰
ژئوتکنیک سازه‌های زیرزمینی	۸	۳۰ + ۳۰
ژئوتکنیک پی‌های انعطاف‌پذیر	۸	۳۰ + ۳۰
سازه‌های حایل	۸	۳۰ + ۳۰
مدل‌سازی عددی در ژئوتکنیک (I)	۸	۳۰ + ۳۰

توضیح اینکه دانشکده عمران مذکور دارای ۶ گرایش در دوره کارشناسی است که یکی از آنها گرایش ژئوتکنیک است. به نظر می‌رسد که دروس فوق علاوه بر دروس عمومی مکانیک خاک و مهندسی پی است که هر دانشجوی عمران به‌طور عمومی و اجباری در سال‌های دوم تا سوم دانشکده می‌گذراند. همچنین، علاوه بر دروس تخصصی بالا، درس تئوری الاستیسیته و تئوری پلاستیسیته (۳۰ + ۳۰ ساعت در ترم) در ترم هفتم و درس هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی مهندسی (۳۰ ساعت) در ترم هشتم اجباری است و به عنوان درس‌های اختیاری، یک درس از مهندسی هیدرولیک و سه درس از مهندسی سازه در ترم هشتیم ارائه می‌شود. در ترم هفتم فقط دروس اجباری ارائه می‌شود و در ترم هشتم مجموعاً ۱۹۵ ساعت درس و تمرین اختیاری ضروری است. همان‌طور که از جدول بالا مشخص شد، درس‌های گرایش تخصصی ژئوتکنیک در دانشکده عمران کلاً در سال چهارم متمرکز شده است.

در همین دانشکده عمران، دوره کارشناسی ارشد و دکترای تخصصی ژئوتکنیک وجود دارد که درس‌های تخصصی ژئوتکنیک آنها به شرح زیر است:

نام درس	ساعت در ترم (نظری + تمرین)
دینامیک خاک	۳۰ + ۱۵
مکانیک خاک نظری	۳۰ + ۱۵
مباحث ویژه مهندسی پی	۳۰ + ۱۵

ادامه جدول

نام درس	ساعت در ترم (نظری + تمرین)
بهبوددادن به خواص سنگ و خاک در پی‌ها	۳۰ + ۱۵
مکانیک سنگ (II)	۳۰ + ۱۵
تحکیم و خزش خاکها	۳۰ + ۱۵
مدل‌سازی عددی در ژئومکانیک (II)	۳۰ + ۱۵
اندازه‌گیری و رفتارنگاری در ژئوتکنیک	۱۵ + ۳۰
ژئوتکنیک در حفاظت محیط زیست	۳۰ + ۰
زه	۳۰ + ۱۵

برای دوره کارشناسی ارشد، ۵ درس از درس‌های جدول بالا و برای دوره دکتری، ۸ درس از این درس‌ها ضروری است. به‌علاوه، ۲ درس ریاضی برای دورهٔ کارشناسی ارشد و ۴ درس ریاضی برای دورهٔ دکتری به جدول اضافه می‌شود. طول دورهٔ کارشناسی ارشد در این دانشگاه ۲ سال و طول دورهٔ دکتری بعد از کارشناسی ارشد ۲ سال است. دوره کارشناسی دارای ۹ ترم (هر ترم ۱۵ هفته) است، ولی کلیه دروس تا انتهای سال چهارم باید پایان پذیرد و در ترم نهم فقط به پروژه پرداخته می‌شود. مدرک دانش‌آموختگان، دیپلم مهندسی است و در عین حال دورهٔ کاردانی آنها ۵ ترم و با مدرک مهندسی است.

ب. دانشکده مهندسی ژئوتکنیک

این دانشکده تخصصی از سال ۱۹۹۰ آغاز به کار کرده است و در واقع توسعه یافته مدرسه ژئوتکنیک و معدن است که از سال ۱۹۷۰ دایر بوده است. در این دانشکده دو شاخه تخصصی؛ یعنی ژئوتکنیک و هیدروتکنیک آموزش داده می‌شود که هر دو منجر به مهندسی ژئوتکنیک می‌شود. درس‌های تخصصی شاخه ژئوتکنیک آن در جدول زیر ملاحظه می‌شود:

نام درس	ترم	(ساعت در ترم) نظری + تمرین
مقدمه‌ای بر ژئوتکنیک	۱	۳۰ + ۰
مکانیک خاک (I)	۵	۴۵ + ۰
مکانیک سنگ	۵	۴۵ + ۰
سازه‌های ژئوتکنیکی	۵	۳۰ + ۰
حفاری	۶+۵	۳۰+۳۰ ، ۱۵+۱۵
ژئوفیزیک	۶+۵	۱۵+۳۰ ، ۱۵+۱۵
معدنکاری	۶+۵	۴۵+۰ ، ۰+۳۰
مکانیک خاک (II)	۶	۳۰ + ۴۵
حفاظت محیط زیست	۶	۳۰ + ۰
تحقیقات ژئوتکنیکی	۶	۳۰ + ۱۵
مهندسی پی (I)	۷	۳۰ + ۳۰
دینامیک خاک	۷	۳۰ + ۳۰
بهبوددادن خواص خاک	۷	۳۰ + ۳۰
کارهای ژئوتکنیکی برای راه‌ها	۷	۳۰ + ۴۵
پایداری شیب‌ها	۷	۳۰ + ۳۰
آزمایشگاه ژئوتکنیک	۷	۰ + ۴۵
مهندسی پی (II)	۸	۳۰ + ۳۰
مدل‌سازی عددی در ژئوتکنیک	۸	۳۰ + ۴۵
طراحی ژئوتکنیکی	۸	۳۰ + ۳۰
سدهای خاکی (اختیاری)	۸+۷	۳۰+۳۰ ، ۱۵+۱۵
سازه‌های زیرزمینی (اختیاری)	۸+۷	۳۰+۳۰ ، ۱۵+۱۵

در این دانشکده در هر سال ۷۰ نفر دانشجو ثبت نام می‌شوند.

ج. دانشکده مهندسی نفت، معدن و زمین‌شناسی

در این دانشکده، علاوه بر دروس عمومی مکانیک خاک در ترم‌های پنجم و ششم، درس‌های

سازه‌های ژئوتکنیکی (۴۵ + ۱۵ ساعت)، اصول ژئوتکنیکی در مواد باطله (۳۰+۳۰ ساعت) و بهبوددادن به خواص خاک و سنگ (۳۰+۱۵ ساعت) به ترتیب در ترم‌های ۶، ۷ و ۸ تدریس می‌شود.

بدین ترتیب، ملاحظه می‌شود که در دانشگاه زاگرب مطالب و سرفصل‌های مربوط به حوزهٔ ژئوتکنیک اهمیت بسیاری دارد.

اطلاعات تفصیلی از سایر کشورها در مجموعه مقالات یاد شده دیده نمی‌شود، ولی می‌توان پذیرفت که در هیچ‌کدام از کشورهای دیگر، گستردگی مطالب و تعدد دروس حوزه ژئوتکنیک بیش از آنچه در زاگرب ارائه می‌شود، نباشد.

۷. ارزیابی و نتیجه گیری

در مقاله حاضر، ضمن اینکه محتوای مطالب درسی و دروس مربوط به دانش مهندسی ژئوتکنیک تا حد مناسبی مشخص شد، به وضعیت گرایش‌ها، دوره‌های دانشگاهی آن، اهمیت این رشته از علوم مهندسی و جایگاه خاص (ولی نسبی و تقریبی) آن در مجموعه آموزش دانشگاهی اشاره شد. همچنین، شمه‌ای از تاریخچه و چگونگی گسترش آن و نمونه‌ای از برنامه‌های درسی و دوره‌های آن بیان شد.

در این جمع‌بندی لازم است به چند نکته اساسی به شرح زیر توجه شود:

الف. اهمیت دانش ژئوتکنیک در حال حاضر در پیشبرد صحیح و مؤثر کلیه پروژه‌های عمرانی کاملاً روشن است، به‌طوری که می‌توان ادعا کرد تقریباً اکثر فعالیت‌های اصلی عمرانی و توسعه‌ای در شهرها، راه‌ها، پروژه‌های آبرسانی، فرودگاه‌ها، نیروگاه‌ها و سدها و موارد مشابه دیگر، بدون استعانت از اصول، تئوری‌ها و جداول کاربردی مهندسی ژئوتکنیک فاقد اطمینان کافی است یا اصولاً با مشکلات بهره‌برداری مواجه می‌شود.

ب. اگرچه در سال‌های اخیر، مفاهیم گسترش یافته این مبحث به تدریج در کتاب‌های درسی و در محتوای دوره‌های مربوط به آن وارد شده است و کم و بیش در کلاس‌ها، کنفرانس‌ها و مجلات مورد بحث قرار گرفته‌اند، اما مباحث بسیار جدیدی که در دو دهه اخیر گسترش و پیچیدگی دانش ژئوتکنیک را به نحو چشمگیری افزایش داده‌اند نیز راه‌های جدید و محاسبات دقیق‌تری را مطرح ساخته‌اند که خودبه‌خود بخشی از حوصله و تحقیق پژوهشگران مربوط را

اشغال می‌کند، مثلاً استفاده از احتمالات و قابلیت اعتماد به جای (یا به کمک) ضریب اطمینان، روش‌های جدید تجزیه و تحلیل مبتنی بر تکنیک‌های گسترش یافته اجزای محدود و مشابه آن، ارائه مدل‌های رفتاری پیچیده که حل آنها به کمک همین تکنیک‌های جدید محاسباتی مقدور است، کاربرد شبکه عصبی و سیستم‌های فازی در پیش‌بینی و یافتن رفتارهای مجهول، گسترش مبحث مکانیک خاک غیراشباع، گسترش تکنیک‌های جدید و دقیق رفتارنگاری در ناحیه و از همه گسترده‌تر، هجوم حجم زیادی اطلاعات جدید از طریق اینترنت و موارد متعدد دیگر، همه زمینه‌هایی است که حوزه‌های جدیدی را در این مبحث گشوده‌اند. نکته دیگری که در همین زمینه می‌توان اشاره کرد، تنوع و تقسیم کاربردهای این مبحث در اجرا یا طراحی پروژه‌هاست. به همین علت، شاخه‌های فرعی دیگری از شاخه اصلی منشعب شده‌اند. مثلاً ژئوتکنیک دریایی یا فراساحل، ژئوتکنیک لرزه‌ای و ژئوتکنیک محیط زیست را می‌توان انشعاب‌های تخصصی جدید در نظر گرفت که هر کدام ویژگی‌های خاص خود را دارند.

ج. توجه به اینکه بحث در مورد آموزش مهندسی ژئوتکنیک در سطح بین‌المللی آغاز شده است، نشان‌دهندهٔ نیاز به بازنگری و ارزیابی برنامه‌های درسی، شیوه‌ها و روش‌های آموزش و پژوهش و احیاناً هماهنگی‌های بین‌المللی در این زمینه است. از این رو شاید در کشور ما نیز مناسب باشد که دست‌اندرکاران برنامه‌ریزی آموزشی دانشگاه‌ها این بحث را مطرح سازند، هرچند ممکن است وضع موجود برنامه‌ها و دروس مهندسی ژئوتکنیک در حال حاضر هم بهترین باشد. در عین حال، تعدادی از پرسش‌های در چنین ارزیابی‌هایی ممکن است به شرح زیر باشد:

۱. آیا تغییراتی در حجم درس‌های دانشگاهی مربوط به این مبحث ضرورت دارد؟

۲. آیا تغییراتی در محتوای این درس‌ها (کاهش یا افزایش بعضی از سرفصل‌ها) ضرورت دارد و چرا؟

۳. آیا به علت انباشته‌شدن حجم اطلاعات در این زمینه، ممکن است گرایش‌های تخصصی (مثلاً در سطح کارشناسی یا کاردانی) در این مبحث دایر شود (مانند برنامه گرایش ژئوتکنیک در دانشگاه زاگرب)؟

۴. آیا تقسیم مباحث و سرفصل‌های دروس در دوره‌های مختلف دانشگاهی در حال حاضر

مناسب است یا می‌توان نوع مناسب‌تری را اجرا کرد؟

۵. با توجه به اینکه تطابق و هماهنگی وضعیت آموزش و مواد درسی یک رشته خاص دانشگاهی بین کشورهای مختلف موجب توسعه بیشتر مهندسان و پژوهشگران آن مبحث و رقابت سالم در جهت ارتقای سطح علمی آنان می‌شود، از این رو مناسب است هر چند سال یک بار با جمع‌آوری اطلاعات دقیق‌تر و مفصل‌تر از بعضی از کشورهای پیشرفته‌تر، مقایسه‌ای صورت گیرد تا در صورت مشخص شدن پاره‌ای نواقص، در جهت رفع آنها کوشش شود.

مراجع

S. Prakash, Teaching geotechnical engineering 1950-2000 and beyond, Proc. ICGEET, 2000, pp. 25-33.

S. Szavits - Nassan, Geotechnical engineering education and training in Croatia, Proc. ICGEET, 2000, pp. 107-113.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۰/۷/۱)