مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۳، جلد ۲، ص. ۳۳-۲۱

یک برنامه طرح - محوری با اصلاح محتوای دروس استاتیک و مقاومت مصالح

علی کاوه و شبنم محترم

دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده : در این مقاله حاصل تلاش انجام شده برای کمک به دانشجویان به‌منظور رسیدن به اهداف ABET 2000 در زمینه اصلاح دروس مهندسی "استاتیک" و "مقاومت مصالح" ارائه شده است. در نحوهٔ تدریس درس استاتیک مطابق با روش‌هایی که از گذشته تاکنون معمول است، دانشجویان نحوه تعیین نیروهای داخلی را برای خرپاها و تیرها فرا می‌گیرند. در برنامه آموزشی اصلاح شده از دانشجویان خواسته می‌شود که یک سازهٔ ساده را تحلیل و طراحی کنند. استاتیک ارائه شده در این دوره طبیعی و به آسانی قابل فهم است. در این روش مفهوم تنش زودتر از معمول مطرح شده است. مقاومت مصالح بر تعیین تنش و تغییرشکل سازه‌های با بارگذاری قائم بر اعضا و سازه‌های نامعین استاتیکی مبتنی است. در این مقاله عناوین موجود در هریک از دو درس اصلاح شده در مقایسه با محتوای دروس پیشین ارائه شده است. دوره های طرح- محوری مورد بحث قرار گرفته است و دیدگاه‌هایی که دانشجویان و استادان نسبت به این تغییرات دارند، مطرح شده است.

واژه‌های کلیدی : استاتیک، مقاومت مصالح، برنامه طرح - محوری، اهداف ABET 2000.

۱. مقدمه

برای ارتقای آموزش در بعضی از رشته‌های مهندسی، لزومی‌به تعیین دروسی به‌جای دروس دیگر نیست و تغییر محتوایی آنها می‌تواند نقش چشمگیری در ارتقای آموزش ایفا کند. در این مقاله نشان داده شده است که چگونه جابه‌جایی مطالب در دو درس استاتیک و مقاومت مصالح می‌تواند توانایی‌های متفاوتی را به لحاظ آموزشی در دانشجویان ایجاد کند. این بررسی در دانشگاه ماریلند انجام شده است [۱]، لیکن نتایج آن به هیچ‌وجه ارتباطی به دانشگاه و کشور محل پژوهش ندارد.

بهبود آموزش در مهندسی در دهه گذشته مشتمل بر بازنگری دورهٔ تحصیلات، استفاده از ابزارهای کامپیوتری و به‌کارگیری تجربه‌های عملی بوده است. در حالی که هر سه روش ویژگی‌های خاص خود را دارند، اما هیچ‌کدام روش منحصر به فردی به حساب نمی‌آیند و در بسیاری از مؤسسات در کنار هم به‌کار گرفته می‌شوند. بدون توجه به روش، هدف اصلی آماده کردن دانشجویان مهندسی برای حرفهٔ آینده آنهاست. اخیراً ABET یک‌سری اهداف را با عنوان "ABET 2000" ارائه کرده است. این معیارها گردآوری شده است تا به خواسته‌های کارفرمایانی شبیه باشد که در دانشگاه مریلند نوآموز استخدام می‌کنند. بنابراین، معیارهای "ABET 2000" برای سال‌ها از اهداف مسئولان این دانشگاه بوده است. تشکیلات Excel پشتیبانی شده توسط سازمان ملی علوم که دانشگاه مریلند عضو آن است، نزدیک به هفت سال بر روی این قضیه مشغول به‌کار بوده است. در این مقاله حاصل تلاش صورت گرفته برای کمک به دانشجویان، به‌منظور رسیدن به اهداف "ABET 2000" در زمینه اصلاح دو درس استاتیک و مقاومت مصالح رشته مهندسی ارائه شده است.

یک دوره معمولی در استاتیک تعادل نیروها در سازه‌ها و مؤلفه های آنها، دیاگرام های برش و لنگر و خصوصیات مقاطع را در بر می‌گیرد. بخش گسترده‌ای از استاتیک معمولاً به مکانیک برداری اختصاص می‌یابد. اگرچه راهکارها و روش‌های آموخته شده در این دوره برای کلیهٔ دانشجویانی که در مکانیک مطالعات خود را ادامه می‌دهند ضروری است، لیکن برای اکثر دانشجویان روشن نیست که این راهکارها چگونه در حل مسائل مهندسی به آنها کمک می‌کند و در نتیجه، بسیاری از دانشجویان تنها بخش اندکی از مطالب تدریس شده در کلاس را در ذهن نگه می‌دارند. مطالب درس استاتیک با مسائلی ارتباط دارد که دانشجویان به آسانی می‌توانند آنها را

متصور شوند. متأسفانه، استادان به قدر کافی مطالب را بسط نمی دهند تا بتوانند معلومات کلاسی را به حل بسیاری از مسائل مهندسی که در استاتیک می توانند بررسی شوند، مرتبط سازند.

تحلیل ها در مکانیک جامدات، در نهایت سعی براین دارد که به دو سؤال پاسخ دهد: آیا مقاومت مصالح کافی است؟ آیا صلبیت مصالح کافی می‌باشد؟ این سؤالات ابتدا با تخمین نیروهای خارجی (قطعی یا احتمالی)، تعیین نیروهای داخلی مربوط و سپس تعیین توزیع تنش و به دنبال آن معین کردن تنش ها در سازه پاسخ داده می‌شوند. درس فعلی استاتیک عموماً تلاشی برای دادن پاسخ به این سؤال‌ها ندارد. به جای آن، تنها از دانشجویان خواسته می‌شود که نیروهای داخلی یک سازه با اعضای نازک یا لاغر از قبیل یک خرپا و یک تیر را تعیین کنند. به‌عبارت دیگر، تعیین نیروهای داخلی در یک عضو خرپا یا یک تیر صرفاً یک تمرین فکری برای دانشجویان است، زیرا آنها نتایج میانی را به عملکرد این سازه‌ها ربط نمی‌دهند. برای رفع این مشکل باید مفهوم تنش را مطرح کرد تا پاسخ نهایی به اینکه آیا خرپا به اندازه کافی مقاومت دارد، روشن شود.

تعیین مؤلفه‌های تنش در استاتیک به یک نقطه قابل قبول منتهی می‌شود. بنابراین، یک مجموعه منطقی تر باید حاوی تعیین نیروهای خارجی، نیروهای داخلی و تنش ها در هر نقطه از انواع مختلف سازه‌ها باشد. این روش با روش کنونی که در آن دانشجویان معمولاً یاد می‌گیرند که تنها نیروهای داخلی را به‌دست آورند، متفاوت است. آنها به‌طور اخص یاد می‌گیرند که نیروهای داخلی برای خرپاها و تیرها را به‌دست آورند. مؤلفه های تنش در روش‌های قبلی در ادامه و در درس مقاومت مصالح مطرح می‌شود.

نتیجه نهایی پیشنهاد و تنظیم مجدد موضوعات بدین معناست که دروس استاتیک و مقاومت مصالح عناوین نشان داده شده در جدول ۱ را دربر خواهند گرفت [۱].

باید توجه کرد که بعضی از عناوین که قبلاً در مقاومت مصالح آموخته می‌شد، به درس استاتیک منتقل خواهد شد. ردیف‌های ۱ و ۹ بخش‌هایی از این درس‌ها نبوده‌اند. اما احساس می‌شود که ردیف ۱ ضروری است تا طرح را هرچه بیشتر واقعی سازد و پیشنهاد می‌شود که ردیف ۹ معرفی گردد، زیرا تنش ها کمیت‌های تانسوری هستند. معرفی زود هنگام این مفهوم به دانشجویان در به کارگیری بعدی از تانسورها کمک خواهد کرد. به این ترتیب، محتوای کل این دو درس نسبتاً بدون تغییر باقی می‌ماند.

۲. دستورالعمل دروس به‌صورت طرح - محوری

نتیجه مهم دیگر تنظیم مجدد مطالب دروس استاتیک و مقاومت مصالح امکان ارائه اطلاعات کافی به دانشجویان برای اجرای یک پروژه از ابتدا تا انتهاست. در حقیقت، این دروس به‌صورت "طرح - محوری" ارائه می‌شوند. موضوعات از دیدگاه طراحی معرفی می‌گردند. هر تدریس با شناساندن یک بخش از فرایند طراحی مطالعه شده آغاز می‌شود، به گونه‌ای که دانشجویان همواره باید آگاهی لازم از محتوا و مضمون مطالب مورد بررسی را داشته باشند. برای مثال، مبحث تنش خمشی با بررسی یک عضو نمونه که تحت اثر لنگر خمشی قرار دارد، شروع می‌شود. این موضوع به بخش طراحی دوره‌ای مربوط است که در آن طرح یک جرثقال مطرح می‌شود. سپس یک آرمان فرعی مشخص و مطالب ضروری برای رسیدن به این هدف مطرح می‌شود. گفتگو و بحث با دانشجویان برای تعریف این هدف؛ یعنی ارتباط بین لنگر خمشی و تنش‌های خمشی، کمک می‌کند که آنها را در حالت فراگیری فعال و پویا قرار دهد.

برای تقویت اینکه چگونه مطالب آموخته شده درکلاس به حل مسائل مهندسی کمک می‌کند، به دانشجویان یک پروژه طراحی یک ترمی‌داده می‌شود. به‌طور دوره‌ای از دانشجویان خواسته می‌شود تا گزارش‌هایی که آنها را برای استفاده از مفاهیم آموخته شده در مباحث ملزم می‌سازد، تهیه کنند. دانشجویان به‌طور گروهی یا تیمی روی پروژه کار می‌کنند و درکنار یادگیری درکار در یک محیط گروهی، دانشجویانی که توانایی بیشتری دارند، اغلب دیگر اعضای تیم را آموزش می‌دهند. در نتیجه، آنها به آموزش هر دو مورد وادار می‌شوند.

چندین برنامه رایانه‌ای مهندسی به دانشجویان معرفی شده است تا در انجام‌دادن پروژه‌های طراحی به آنها کمک کند. برخی از ابزارهایی که در این دو درس به کارگرفته شده‌اند، عبارت‌اند از:

۱. Pro/ENGINEER برای مدلسازی سه بعدی؛

۲. ANSIS برای تحلیل تنش؛

۳. MATLAB برای عملیات ماتریسی در مکانیک برداری و مکانیک تانسوری؛

۴. Maple برای عملیات جبری نمادی؛

۵. Excel, Powerpoint به ترتیب برای تحلیل‌های تعاملی (trade-off) و ارائه مطلوب.

طبیعتاً مشکل خواهد بود که به کارگیری این تعداد زیاد از کاربردها را به همراه تمام کارهای دیگر، در طول یک سال از دانشجویان انتظار داشت. سه عامل به کاستن این مشکل کمک می‌کند:

جدول ۱ سرفصل‌های مربوط به دروس استاتیک و مقاومت مصالح پیشین و جدید [۱]

ردیف	سرفصل ها	پیشین		جدید	
		استاتیک	مقاومت	استاتیک	مقاومت
۱	تخمین نیروهای خارجی			×	
۲	تعیین نیروهای داخلی در خرپاها و میله‌ها (تعادل نیروها)	×		×	
۳	تعیین تنش قائم در خرپاها و میله‌ها		×	×	
۴	مجموعه میله‌های نامعین استاتیکی و سازه های کابلی (سازگاری تغییر شکل ها)		×	×	
۵	مقدمه‌ای بر مکانیک برداری	×		×	
۶	تعیین نیروهای داخلی در تیرها (دیاگرام های برش و لنگر)	×	×	×	×
۷	خصوصیات مقاطع	×	×	×	
۸	تعیین تنش ها در تیرها		×	×	×
۹	مقدمه‌ای بر مکانیک تانسوری				×
۱۰	تغییر شکل تیرها		×		×
۱۱	تیرهای نامعین استاتیکی		×		×
۱۲	معیارهای شکست		×		×
۱۳	شکست توسط ناپایداری (ستون‌ها)		×		×

اولاً، اگر در نهایت یک عضو تیم با ابزارهای استفاده شده آشنا باشد، می‌تواند به اعضای دیگر تیم در یادگیری آنها کمک کند و این موضوع از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا بسیاری از این ابزارها در دیگر کلاس های ریاضی و مهندسی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

ثانیاً، یک پروژه توسط یک گروه انجام می‌شود و هر عضو تیم مجبور نیست استفاده از تمام ابزارها را یاد بگیرد. با مدیریت خوب، اعضای تیم تنها لازم است که در استفاده از یک یا دو ابزار متخصص و ماهر شوند. حتی اگر دانشجویان نتوانند استفاده از برخی از ابزارها را به‌طور ماهرانه یاد

بگیرند، به‌هرحال آنها با چنین ابزارهای مهم مهندسی بیگانه نخواهند بود و در نهایت، یک دانشجوی قوی خواهد توانست یک سایت کامپیوتری مهندسی را اداره کند و این می‌تواند دستاورد با ارزشی باشد.

مهم‌ترین دلیل استفاده از یک روش جهت‌دار شده طرح-محوری، ارتقای پروژه طراحی مهندسی است. در ابتدا دانشجویان در کلاس می‌بینند که چگونه مطالب ارائه شده در کل فرایند طراحی به‌کار گرفته می‌شود و سپس همان مطالب برای طرح و تحلیل آنها را یاری می‌دهد. در عمل، نقشه‌ها و مثال‌های استفاده شده در تمرین های کلاسی تنها بر آماده‌سازی دانشجویان با یک دید کلی از مفاهیم مؤثر است. آنها تنها با کار روی پروژه خود نکات مهم را یاد می‌گیرند و با استفاده از تئوری پیش می‌روند.

۳. معیار "ABET 2000"

هدف ارائه پروژه طراحی و آماده سازی گزارش، ارضای خواست‌های کارفرمایان آینده بوده است. زمانی که از کارفرمایان در بارهٔ وضعیت دانشجویان استخدام شده برای گرفتن بازخورد سؤال شد، آنها معتقد بودند که دانشجویان عموماً از نظر تئوریک خوب آموزش می‌بینند، لیکن در کارهای گروهی ضعیف عمل می‌کنند و اغلب آنها مهارت‌های ارتباطی مناسب را ندارند. نقص کار آنها عجیب نیست، زیرا در روش‌های پیشین از دانشجویان تمرین‌های تک تک و مجزا خواسته می‌شد و به استثنای تعداد کمی از دروس، گزارش های شفاهی و کتبی قسمتی از دورهٔ تحصیلات محسوب نمی شدند.

اضافه شدن پروژه طراحی این کمبودها را برطرف می‌کند. پروژه طراحی مزایای مهم دیگری نیز دارد. این مزایا تقریباً لازمهٔ برآورده شدن خواست‌های "ABET 2000" است که در زیر به آنها اشاره می‌شود. بر طبق آن معیارها، از یک دانشجوی فارغ‌التحصیل مهندسی این انتظارات وجود دارد:

۱. توانایی کاربرد آموخته‌های ریاضی در علوم و مهندسی؛
۲. توانایی طراحی و انجام‌دادن و به نتیجه رساندن آزمایش‌ها در حد تحلیل و تفسیر داده‌ها؛
۳. توانایی طراحی یک سیستم و اجزای آن یا عملیاتی که نیازهای طراحی را برآورده می‌سازد؛
۴. توانایی عملکرد در گروه‌های چندمنظوره؛

۵. توانایی در شناسایی، فرمولبندی و حل مسائل مهندسی؛
۶. درک حرفه و مسئولیت‌های سنتی؛
۷. توانایی ارتباط به‌طور مؤثر؛
۸. آموزش گسترده لازم برای آثار مهم تحلیل‌های مهندسی در سطح کلی و اجتماعی؛
۹. تشخیص نیازها و توانایی به کارگرفتن یادگیری مداوم؛
۱۰. دانش مسائل و مطالب عصر خود؛
۱۱. توانایی استفاده از فنون و مهارت‌ها و ابزارهای تازه مهندسی که برای کار مهندسی لازم است.

در این مقاله نشان داده می‌شود که پروژه طراحی مستقیماً دانشجویان را در رسیدن به معیارهای ۱، ۳، ۴، ۶و۷کمک می‌کند. معیارهای ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ احتمالاً نمی‌توانند توسط یک درس خاص حاصل شوند و باید با تکیه بر دانش چهار سالهٔ آموخته شده در دانشگاه به این اهداف دست یافت.

۴. تجربهٔ نخستین

در مقایسهٔ روش پیشین با روش " یادگیری با طراحی" باید به این نکته مهم اشاره کرد که همان محتوای پیشین باید در روش جدید تأمین شود. این آرمان با روش یادگیری "در زمان لازم" قابل تأمین نیست، جایی که از دانشجویان خواسته شده است آنچه را که نیاز دارند یاد بگیرند تا قادر باشند بگویند که سازه به اندازه کافی قوی و صلب است، مهیا نمی‌شود. کمبود زمان لازم برای آموزش مشکل دیگری است. اگر سؤالات دانشجویان نیاز بیشتری به مطالب پیش زمینه داشته باشد، روش کنونی نظیر همان روش یادگیری سابق خواهد بود. بنابراین، در بعضی موارد بحث‌های کلاسی راهنمایی لازم دارد تا اطمینان حاصل شود که مطالب مناسب به ترتیب معقول یاد داده شده است. به کارگیری نظرهای ما تا این مرحله نیاز به یک راهنمایی غیر متعارف ندارد و در نهایت اینکه مطالب تدریس شده و توالی آنها در روش جدید تقریباً رئوس مطالب تدریس شده پیشین را دنبال می‌کند.

تاکنون درس استاتیک دوبار و درس مقاومت مصالح یک بار تدریس شده است. در سعی اولیه ما استاتیک بر اساس طراحی یک سازه جرثقال بود. در کلاس‌های اولیهٔ بحث، ۳۵ دانشجو به ۷گروه ۵ نفری تقسیم شدند. از آنها خواسته شد که یک جرثقال شبیه به آنکه در محوطه دانشگاه به‌منظور برپا کردن ساختمان مرکز پژوهشی مهندسی قرار داشت، طراحی کنند. از دانشجویان

خواسته شد تا لیست عناوینی را که نیاز بود برای طراحی جرائقال یاد بگیرند، تهیه کنند. هفت لیست مورد ارزیابی قرار گرفت و رئوس مطالب دوره از موضوعاتی که آنها تشخیص داده بودند، گرفته شد. البته، چیزهای بیشتری هم نیاز بود و برخی عناوین از لیست های آنها باید حذف می‌شد. اما در مجموع، دانشجویان کار ارزشمندی برای درک آنچه باید در دورهٔ یک ترم مطالعه می‌کردند، انجام دادند.

در طول ترم، دانشجویان سخت کار کردند تا مطالب مورد نیاز را برای اهداف طراحی فراگیرند. ارائه مطالب توسط دانشجویان به‌صورت بخشی از آموزش هفتگی در نظر گرفته شد. مطالب ارائه شده شامل مدل‌های سه بعدی، بردارها و جمع‌برداری، مقیاس‌های فنری برای اندازه گیری مؤلفه‌های نیرو - سطوح شیبدار به‌منظور اندازه گیری ضریب اصطکاک و غیره بودند. در اواخر ترم، گروه‌ها به خوبی با یکدیگر کار کرده بودند تا تمرین‌های طراحی پروژه را کامل کنند. زمان برای تکمیل مدل‌ها کافی نبود، اما یک کلاس ترم آخر مهندسی مکانیک، طرح و ساخت یک جرائقال را به‌عنوان پروژه انتخاب کردند و دانشجویان کلاس استاتیک تقریباً از پیشرفت‌های آنها پیروی کردند.

دانشجویان ارشد برای طراحی جرائقال خود از برنامه Pro/ENGINEER استفاده کردند و بسیاری از دانشجویان استاتیک متناوباً با ترم آخری‌ها ملاقات کردند و خودشان در برنامه Pro/ENGINEER حرفه‌ای شدند. ترم آخری‌ها جرائقالشان را به کلاس استاتیک آوردند و در مورد چگونگی رسیدن به طرح نهایی‌شان بحث و مذاکره کردند. در انتهای ترم، دیدن عملکرد جرائقال طراحی و ساخته شده توسط ترم آخری‌ها به دانشجویان درس استاتیک بسیار کمک کرد. اگرچه دانشجویان استاتیک مدل را نساختند، مشاهدهٔ آنها در طول پیشرفت پروژهٔ ترم آخری‌ها به آنها فهم عمیقی از فرایند طراحی و رفتار مصالح که در درس استاتیک آموخته بودند ارائه کرد.

درس استاتیک برای بار دوم آموزش داده شد. عنوان طرح، احداث یک پل بر روی باتلاقی در محوطه دانشگاه بود. بارگذاری پل در برگیرنده بارهای متحرک عبوری از پل و پیاده‌روها بود. رئوس مطالب آخرین قسمت درس توسط دانشجویان آماده شد و پس از ویرایش با مطالبی که در دورهٔ قبل از آنها استفاده می‌شد، هماهنگ گشت. این دوره نیز مانند مرحله اول خیلی سریع طی شد، اما تمرین توسط تک‌تک افراد بیش از گروه قبلی انجام شد.

در هر دو دوره، مطالب به‌صورت "درست به هنگام" ارائه شد. اغلب اوقات، مطالب توسط

دانشجویان تقاضا داده می‌شد، اما در برخی موارد به اصرار مربیان آماده می‌گشت. تعداد ساعات تدریس معمولی خیلی کمتر از ساعات تدریس دورهٔ استاتیک پیشین بود و انتظار از دانشجویان این بود که بسیاری از مطالب را ضمن بحث در گروهشان دریافت نمایند و با مشاهده فیزیکی به‌عنوان بخشی از دوره آن مطالب را برداشت کنند. در تدریس دوره هم از کمک یک دانشجوی همکار آموزشی (یک دانشجوی دوره کارشناسی ارشد) و هم از کمک آموزشگر (یک دانشجوی کارشناسی) استفاده به‌عمل آمد. دانشجویان و همکاران آموزشی در گروه‌ها همکاری نزدیکی داشتند. این به معنای آن بود که در کلاس درس بر نحوه یافتن معادلات کمتر تکیه می‌شده است و حتی بر روی مسائل نیز کمتر وقت می‌گذاشته‌اند و به‌جای آن وقت بیشتری در توضیح و شرح مراحل تحلیل و تأثیر پارامترها در محاسبهٔ نیروها و تنش‌ها (از قبیل ممان اینرسی و مرکز سطح و مدول الاستیسته و غیره) صرف می‌شده است.

بعضی از دانشجویان بخش یادگیری با طراحی استاتیک در نیمسال بعدی، یادگیری مقاومت مصالح با طراحی را ادامه دادند. اکثر دانشجویان از گروه یادگیری با طراحی استاتیک نبودند. در مقاومت مصالح پروژه طراحی جرائقال ادامه یافت. کمک های آموزش سلسله ای Excel به دانشجویان در یادگیری مدل کردن Pro/ENGINEER کمک کرد. نرم افزار استفاده شده برای اجزای محدود ANSYS بود. اگرچه یک کتاب اولیه (راهنما) برای ANSYS آماده شده بود، اما دانشجویان در استفاده از آن با مشکلاتی مواجه بودند. دانشجویان گزارش‌های انفرادی روی پروژه را به‌صورت هفتگی ارائه می‌کردند. این ظاهراً لازم بود تا مهارت‌های ارتباطی آنها گسترش یابد. آنها نتایج اجزای محدودشان را با فرضیات در نظرگرفته شده در گسترش تئوری‌های ساده شده مقایسه کردند. این مقایسه ها شامل توزیع تنش و تنش های ماکزیمم جرائقال تحلیل یافته به‌عنوان یک خرپا در مقایسه با جرائقال تحلیل شده به‌عنوان یک قاب بود. ما امیدوار بودیم که نشان دهیم نتایج روش اجزای محدود در مقایسه با داده‌های تجربی می‌تواند تقریبی باشد، اما زمان، اجازه ساخت و آزمایش جرائقال را نداد.

بسیاری از دروس ارائه شده برای پشتیبانی پروژه طراحی بود. در هر وقت ممکن، بخشی از پروژه طراحی به‌منظور مشخص کردن اینکه چگونه مطالب درسی و مطالب تدریس شده به آنها در پروژه طراحی شان کمک می‌کند، به کار گرفته می‌شد. با وجود این، به‌نظر نمی‌آمد که بسیاری از دانشجویان ارتباط بین پروژه طراحی با مطالب درسی را بدانند یا از ارتباط بین آنها دلواپسی داشته

باشند. هنگامی که دانشجویان با کار گروهی مخالفت می‌کردند یا نمی‌توانستند آنچه را برای تکمیل پروژه طراحی‌شان لازم داشتند فرمولبندی کنند، همکار آموزش مطالب ضروری را ارائه می‌کرد.

۵. نتیجه گیری

روش "یادگیری به کمک طراحی" برای دانشجویانی می‌تواند سودمند باشد که به یادگیری مطالب علاقه‌مند هستند، اما روش پیشین برای آنها جالب نیست. برخی از دانشجویان دوست دارند تعداد زیادی مسئله در سر کلاس حل شود. به نظر می‌رسد که منظور این دانشجویان ایجاد توانایی حل مسائل آخر هر فصل باشد. شاید این فرهنگی است که در دورهٔ تحصیلات فعلی مهندسی گسترش یافته است. علی‌رغم اختصاص تنها ۳۰٪ نمره ترم به امتحانات ساعتی، دانشجویان به نتایج آزمون به عنوان مهم‌ترین عامل تعیین کننده میزان یادگیری خودشان می‌نگرند.

تمرین‌های طراحی و آماده کردن گزارش برای دانشجویان وقت‌گیر به‌نظر می‌رسد. برای آنها مهم نیست که زمان زیادی را برای یادگیری برنامه‌های رایانه‌ای نظیر ANSYS و Pro/ENGINEER اختصاص دهند. برخی از دانشجویان واقعاً این تلاش را در گزارش‌های آزمایشگاهی‌شان به‌وضوح نشان نمی‌دهند. به‌نظر این دانشجویان تلاش و کوشش برای یادگیری و استفاده از ابزارهای طراحی مدرن، به کسب رتبه بهتری منجر نمی‌شود. به نظر می‌رسد که این موضوع منشأ خستگی و ناخشنودی آنها باشد، اگرچه حقیقتاً آنها در مرحله طراحی جراثقال و آماده سازی گزارش، درس‌های بسیار با ارزش‌تری را یاد گرفته‌اند. با ارزیابی یک سری سؤالات طراحی شده در مورد اینکه دانشجویان چه احساسی در بارهٔ پیشرفت خود در توانایی حل مسائل دارند (سؤالات ۱، ۲، ۳ و ۴ از ABET 2000)، امتیاز حاصل برابر ۲/۶ بود. امتیاز ۱ پیشرفتی را بیان نمی کند و امتیاز ۴ نشان‌دهندهٔ پیشرفت چشمگیری است.

بررسی انتهای دوره نیمسال نشان می‌دهد که با مقیاس ۱ به ۴ (۱ پیشرفتی را نشان نمی‌دهد و ۴ نشان‌دهندهٔ بیشترین مقدار پیشرفت است) دانشجویان به خود امتیاز ۳/۳ را برای سؤال ۷ از ABET2000 می‌دهند. حالتی که در آن نمرهٔ دانشجویان به‌واسطه تمرین‌های طراحی افت کرده باشد، وجود نداشت. میانگین نمرات در امتحان ۸۰ بود. میانگین نمره در پروژه طراحی ۸۹ بود. با وجود این، به نظر می‌رسد دانشجویانی که احساس می‌کنند کارشان نمره بیشتری ارزش دارد، تا

حدی ناراحت هستند. تعداد کمی از دانشجویان از طریق طراحی بسیار تشویق شده‌اند و در نتیجه، وقت زیادی را برای طراحی صرف می‌کنند. یک سری سؤالاتی طرح شده بود تا توانایی دانشجویان در عمل در کار گروهی چند منظوره مشخص شود (سؤال ۴ ABET2000). این سؤالات به ترتیب از این قرار بودند:

۱. توانایی پاسخگویی به نظرهای مخالف در یک گروه؛

۲. توانایی گوش کردن؛

۳. انجام‌دادن کار با تشریک مساعی؛

۴. سازماندهی اطلاعات؛

۵. پرسیدن سؤالات تمرینی؛

۶. ارزیابی راه حل‌های متفاوت.

میانگین امتیاز برای این سؤالات ۲/۹ بود که در آن ۱ به معنای نبودن پیشرفت و ۴ به معنای بیشترین مقدار پیشرفت است.

موضوع ردیف ۹ از معیار ABET2000 با استفاده از ANSYS، Pro/ENGINEER، Matlab و گروهی از ابزارهای مهندسی به اجرا در آمده بود. میانگین امتیاز برای این سؤال ۳/۸ بود که در آن ۵ بر توافق زیاد و ۱ بر مخالفت زیاد دلالت داشت. دانشجویان مهارت‌های آماده سازی گزارش‌هایشان را توسعه دادند (ردیف ۷ از معیار ABET2000) و به‌طور جالبی خود را با ۳/۳ در مقیاس ۵ سنجیدند که ۵ بر توافق زیاد و ۱ بر مخالفت زیاد دلالت دارد. این زمینه‌ای بود که احساس می‌شد دانشجویان بیشترین پیشرفت را داشتند. برخی از دانشجویان احساس کردند که برای شروع، خوب ارتباط برقرار کرده‌اند که این اغلب تصور کاملاً غلطی محسوب می‌شود. آنها با تجربه مجریان طرح دریافتند که بین ABET2000 و انجام‌دادن خوب امتحانات ساعتی همبستگی کمی وجود دارد. نمره نهایی برای بخشی که روش قبلی را استفاده می‌کرد ۸۱ بود. در حالی که بخشی که روش یادگیری با طراحی را استفاده نموده بودند، در امتحان نهایی نمره میانگین ۷۸ را کسب کرده بودند. حقیقتاً معیار ABET2000 مستقیماً به نمره امتحان روش پیشین ارتباط ندارد.

آخر نیمسال نشان می‌دهد که دانشجویان بسیاری از مهارت‌هایی را که ABET2000 و کارفرمایان احساس می‌کنند مهم هستند، یاد می‌گیرند؛ به عبارت دیگر، ردیف‌های مربوط به معیارهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷ و ۱۱ از ABET2000 به‌خوبی تأمین شده است. به هر حال، نمرهٔ

امتحان نهایی به‌طور محسوس در این روش یادگیری تغییر نمی‌کند. اگرچه عده‌ای ممکن است قبول داشته باشند که این نتایج نشان‌دهندهٔ بهتر بودن روش یادگیری با طراحی نسبت به روش‌های قبلی نیست، می‌توان گفت که روش یادگیری با طراحی مهارت دانشجویان را در بسیاری از زمینه‌ها که به‌نظر فارغ‌التحصیلان و کارفرمایان در توانایی دانشجویان بی‌تأثیر نیست، بالا می‌برد. مهم‌ترین فایده روش جدید ممکن است این باشد که دانش فراگرفته شده از این روش احتمالاً اطلاعات دریافت شده برای مدتی طولانی‌تر در حافظه دانشجویان باقی خواهد ماند. یک مطالعهٔ بلند مدت باید صورت گیرد تا تعیین کند:

۱) آیا روش جدید بقای دانش را واقعاً بهبود بخشیده است؟

۲) چگونه دانشجویان روش پیشین با دانشجویان روش جدید در رشته‌های تابعه در مکانیک مقایسه شوند.

بدون توجه به این نتایج، ما معتقدیم که روش یادگیری استاتیک و مقاومت مصالح با طراحی، دانشجویان را برای بازار کار آینده (قرن آینده) آماده‌تر می‌کند و برخی از معیارهای اعلام شده توسط ABET و کارفرمایان آینده، از طریق روش یادگیری جدید بهبود می‌یابند.

مراجع

1. P. Chang and W.L. Fourney, Design- Based Cource Sequence in Statics and Strength of Materials, Int. J. Engng Ed., No.5, Vol.16, 2000, PP. 430-435.

2. W.A. Wulf, The urgency of engineering education reform, The Bridge, 28(1), pp. 4, 1998.

3. J.V. Farr, Education reform: pros and cons, J. Management in Engineering, 13(6), pp. 34, 1997.

4. C. Fulton, B.L. Licklider and D.L. Schnelker, Revisioning faculty development: improving teaching and learning, J. Staff, Program and Organization Development, 15(1), pp. 17, 1997.

5. E. Wenk, Jr. Social, Economic and political change: portents for reform engineering curricula, Eng. Educ., 78(10), pp. 99, 1988.

6. S. Hennessy, D. Twigger and E. Scanlon, A classroom intervention using a computer-augmented curriculum for mechanics, Int. J. Science Education, 17(2), pp. 189, 1995.

7. G. Andaloro, L. Bellmonte and R.M. Sperandeo-Mineo, A computer-based learning environment in the field of Newtonian mechanics. Int. J. Science Education, 5(3), pp. 199, 1997.

8. V.B. Anand, I.U. Haque and S.C. Anand, Faculty training in computer graphics and analysis for undergraduate engineering design education, Engineering Design Graphics Journal, 57(3), pp. 20, 1993.

9. D.G. Linton, Homework: English, ethics, and engineering design in computer applications assignments, Engineering Education, 81(4), pp. 434, 1991.

10. J.S. Russell, S.K.A. Pfatteicher and J.R. Meier, what you can do to improve engineering education, J. Management in Engineering, 13(6), pp. 37, 1997.

11. H.A. Aglan and S.F. Ali, Hands-on experiences: and integral part of engineering curriculum reform, J. Engineering Education, 85(4), pp. 327, 1996.

12. W.C. Norris, Consortia provide pathways for restructuring educational, J. Technological Horrizons in Education, 19(3), pp. 79, 1991.

(تاریخ دریافت مقاله: ۷۹/۸/۱۰)