فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال بیست و یکم، شماره ۸۱، بهار ۱۳۹۸، صص. ۴۵-۲۵

بررسی و مقایسه برنامه درسی و شیوه آموزشِ رشته مهندسی شیمی در دانشگاه‌های آمریکا و ایران

جعفرصادق مقدس[۱]، نعیمه یثربی[۲]، سید عباس شجاع الساداتی[۳] و مهسا تقوی[۴]

(دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۲۴)، (پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۲/۱۸)

DOI: 10.22047/ijee. 2019.167735.1617

چکیده: فناوری امروزه بشر را می‌توان مدیون تلاش، نوآوری و خلاقیت مهندسان دانست. مهندسان برآنند تا هر روزه با کشف راه‌ها و ابزارهای جدید و پیشرفته، زندگی را بر انسان آسان‌تر کنند. تأثیر بسزای برنامه درسی دانشگاه‌ها بر توانایی‌های دانش‌آموختگان مهندسی و سرعت فناوری عصر حاضر ایجاب می‌کند که برنامه درسی دانشگاه‌ها به‌صورت مداوم ارزیابی و در صورت لزوم، کمبودها و نقاط ضعف آن رفع و تصحیح شود. بدین منظور، می‌توان از مقایسه برای تشخیص نقاط قوت و ضعف برنامه‌های درسی بهره برد. علاوه بر این، با پیشرفت هر روزه علوم، نیاز به جایگزینی روش‌های سنتی تدریس با روش‌های نوین‌تر به‌منظور یادگیری مؤثرتر دانشجویان احساس می‌شود. بدین منظور، با مقایسه برنامه درسی و روش تدریس رشته مهندسی شیمی در دانشگاه‌های ایران و تعدادی از دانشگاه‌های برگزیده آمریکا، پژوهش حاضر برای بهبود آموزش رشته مهندسی شیمی در کشور انجام شد. ابتدا درباره شیوه‌های جدید تدریس رشته‌های مهندسی در این دانشگاه‌ها بحث و بررسی صورت گرفت و سپس، دروس اصلی ارائه شده در دانشگاه‌های مورد مطالعه و دروس مختص گرایش‌های رایج موجود در این رشته بررسی شد. در نهایت، نتایج به‌دست آمده از این مطالعه برای بهبود کیفیت شیوه و برنامه آموزشی در کشور به‌ویژه در رشته مهندسی شیمی ارائه شد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگان کلیدی: برنامه‌یزی آموزشی، مهندسی شیمی، به‌روز رسانی، دانشگاه‌های برتر، امریکا.

۱- استاد مرکز تحقیقات پدیده‌های انتقال، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول).
jafar.moghaddas@sut.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران. n.yasrebi@yahoo.com
۳- استاد گروه مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. shoja_sa@modares.ac.ir
۴- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران. mahsa.taghavi@gmail.com

۱. مقدمه

طی چند قرن گذشته پیشرفت مداوم صنعت چاپ، ارتباطات سیمی، بی‌سیم و اینترنت، ایجاد و شکل‌گیری و اشتراک دانش را در سراسر جهان امکان‌پذیر ساخته است. می‌توان استدلال کرد که در نتیجه این پیشرفت‌ها، ظرفیت برای مشارکت جهانی به‌منظور تصمیم‌گیری درباره سیاست و دیگر حوزه‌ها و نیز پتانسیل لازم برای بالا بردن کیفیت زندگی برای بخش وسیع‌تری از بشر به‌طور بی‌سابقه افزایش یافته است. امروزه، دنیایی جدید از ارتباطات قوی در برابر ما قرار گرفته که در نتیجه استعدادها، مهارت‌ها و تخصص‌های مهندسان و دانشمندان بوده است (Bordogna, 1997). مهندسی حرفه‌ای است که با کاربرد علم و ریاضیات مرتبط و هدف آن فراهم کردن راه‌حل‌هایی برای مشکلات پیچیده به نفع بشر است. فناوری را می‌توان ثمره مهندسی دانست. در این میان، نظام آموزش و پرورش یک کشور باید نیروی حرفه‌ای علوم و مهندسی را برای تقبل مسئولیت‌های در حال رشد و پیگیری فرصت‌های در حال ظهور مجهز کند (Bordogna, 1997). ارتقای سطح تحصیلات، به‌دلیل ارزش فزاینده آن برای فرد و جامعه در طی دو دهه گذشته، هدف بسیاری از کشورها بوده است. سطح بالاتر میزان تحصیلات به افزایش درآمد، کاهش بیکاری، جرم و جنایت کمتر، سلامت بیشتر و مشارکت شهروندی افزون‌تر منجر می‌شود(Kyllonen, 2012). نظام آموزش‌عالی با نیروی متخصص مهندسی در جامعه رابطه تنگاتنگی دارد و بین کیفیت برنامه درسی و کیفیت مهندسان می‌توان رابطه مستقیمی برقرار کرد (Yarmohammadiyan, 2015). در حقیقت، وظیفه آموزش عالی آموزش دانشجویان برای تبدیل شدن به مهندسانی مدرن و اثرگذار است که قادر به درک، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های عملکردی، محصولات، فرایندها و پروژه‌ها باشند. برای انجام دادن این کار، دانشجویان باید از نظر فنی متخصص و از نظر اجتماعی مسئولیت‌پذیر و نیز تمایل به نوآوری داشته باشند. برای دستیابی به این چشم‌انداز باید با اصلاح روشمند آموزش مهندسی، برنامه مؤثری را برای آماده‌سازی دانشجویان مهندسی به‌کار برد.(Crawley et al., 2007)

برنامه آموزشی طرحی کلی برای فعالیت آموزشی است. این برنامه می‌تواند دوره یک‌ساعته، یک‌روزه، یک‌هفته‌ای، یک‌ساله یا بیشتر باشد. طرح‌ریزی یک دوره آموزشی فرایندی است که طی آن درباره نیازهای آموزشی تصمیم‌گیری، اهداف آموزشی مشخص و محتوای آموزشی شناسایی و تهیه می‌شود. سپس، روش‌های آموزشی و وسایل آموزشی تعیین و روش ارزیابی فراگیران مشخص می‌شود (Chizari, 1996). برنامه‌های درسی نشان‌دهنده پیشرفت دانشگاه‌هاست و در موفقیت یا شکست آنها نقش تعیین کننده‌ای دارد. بنابراین، بررسی و به‌روزرسانی برنامه‌های درسی دانشگاه‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد (Fathi Vajargah & Shafiee, 2007). هر برنامه درسی زمانی می‌تواند به تحقق هدف‌های تعلیم و تربیت کمک کند که با محتوای غنی، طرح پرسش‌ها، ارائه تکالیف و اصولی که در تهیه و تدوین آن به‌کار گرفته می‌شود، زمینه و شرایط لازم را به‌منظور شکوفایی استعدادها، قابلیت‌ها و خلاقیت

دانشجویان فراهم آورد (Momeni & Mahmuee, 2011).

در حال حاضر، در برنامه‌های رشته مهندسی باید نشان داده شود که دانش‌آموختگان به مجموعه‌ای از نتایج یادگیری مشخصی دست یافته‌اند و شیوه نشان دادن این امر برای تصمیم‌گیری و عملکرد به دانشگاه‌ها واگذار شود. همچنین در هر کشور الزاماتی برای ارتقای مدیریت آموزش، طراحی آموزش و ارتباط صنعت با برنامه‌ها وجود دارد. اگر مطالعات صنعتی، معیارهای اعتباربخشی و آموزش مهندسی بررسی شوند، مشخص می‌شود که حرفه‌ها، کارفرمایان صنعت و دانشجویان نیز خواهان تغییرات مهمی در اصول کلی و ارائه آموزش مهندسی فعلی هستند (Mills & Treagust, 2003). تغییر در برنامه درسی امری مهم است و باید به‌طور مداوم انجام شود (Bridges, 2000) که برخی از مهم‌ترین این دلایل عبارت‌اند از:

- دانش‌آموختگان هنوز مهارت‌های ارتباطی و تجربه کار گروهی را ندارند و در برنامه‌های کنونی به ایجاد بیشتر فرصت‌ها به‌منظور تقویت این مهارت‌ها در دانشجویان نیاز است؛
- راهبردهای فرهنگ آموزش و یادگیری موجود در برنامه‌های مهندسی به‌روز نیستند و باید بیشتر دانشجومحور باشند (Mills & Treagust, 2003).

مهندسی و علم سنتی معمولاً به‌صورت استقرایی آموزش داده می‌شوند. مربی موضوعی را با ارائه اصول کلی معرفی و سپس، این اصول را برای استخراج مدل‌های ریاضی استفاده می‌کند، کاربردهای شهودی مدل‌ها را نشان می‌دهد، به دانشجویان برای فهم این کاربردها و مدل‌های استخراج شده تمرین‌هایی می‌دهد و در نهایت، توانایی آنها را برای انجام دادن کارهای مشابه در آزمون امتحان می‌کند، لیکن با گفتن ساده این حرف به دانشجویان که آنها برخی از دانش‌ها و مهارت‌های خاص را زمانی نیاز خواهند داشت، انگیزه خاصی در آنها ایجاد نمی‌کند. یک جایگزین ترجیحی برای این نوع آموزش، آموزش و یادگیری استنتاجی است. آموزش و یادگیری استنتاجی اصطلاحی کلی است که طیف وسیعی از شیوه‌های آموزشی شامل یادگیری استعلامی، یادگیری مبتنی بر مسئله، یادگیری مبتنی بر پروژه، تدریس موردی، یادگیری اکتشافی و تدریس در لحظه را در بر می‌گیرد (Prince & Felder, 2006). شواهد نشان می‌دهد که برقراری ارتباط میان برنامه آموزشی دانشجویان و پژوهش استادان می‌تواند برای آنها مفید باشد، به شرطی که این ارتباط به‌صورت مثبت مدیریت شود. در هر صورت، ارتباط مؤثر آموزش و پژوهش و اجرای تحقیقات آموزشی مفید، نیازمند صرف زمان و تلاش فراوان است (Stark & Lattuca, 1997). به‌منظور افزایش کیفیت برنامه درسی، می‌توان به شناسایی کمبودهای احتمالی و رفع آنها پرداخت (Memarian, 2011). مقایسه نظام‌های مختلف آموزشی نیز به ارتقای محتوا و کیفیت برنامه آموزشی کمک می‌کند و توجه به نظام‌های موفق جهان باعث ایجاد نظامی کارآمد و انعطاف‌پذیر می‌شود (Ghorbani et al., 2015). بدین منظور و در جهت افزایش کیفیت برنامه آموزشی مهندسی شیمی، تحقیق حاضر انجام شده است. در این مقاله ابتدا روش‌های نوین تدریس

و تحقیقات موجود در این زمینه بیان شده است. سپس، مروری بر دروس ارائه شده و گرایش‌های موجود در دانشگاه‌های آمریکا انجام شده و با بررسی، تحلیل و مقایسه این اطلاعات با دانشگاه‌های ایران، پیشنهادهایی برای بهبود کیفیت برنامه آموزشی مهندسی شیمی در کشورمان ارائه شده است.

۲. روش تحقیق

اهمیت آموزش عالی نسبت به مقاطع دیگر تحصیلی از جنبه پژوهش و تحقیقات انکارناپذیر است؛ به‌عبارتی، ارتباط آموزش و پژوهش امری است که آموزش عالی را از دیگر مقاطع جدا می‌سازد (Stark & Lattuca, 1997). بررسی و اصلاح برنامه درسی در این مقطع به‌منظور جهت‌دهی مناسب به تحقیقات و دروس، که در نهایت، کمک به صنعت، جامعه و خود دانشگاه‌ها خواهد بود، می‌تواند مفید واقع شود. بدین منظور، مطالعه حاضر در دو بخش شامل بخش اول بررسی روش‌های نوین تدریس در علوم مهندسی و بخش دوم به‌روز ساختن برنامه درسی رشته مهندسی شیمی در مقطع تحصیلات تکمیلی صورت گرفت. روش تحقیق در بخش دوم بدین صورت بود که ۳۴ دانشگاه برتر آمریکا که رشته مهندسی شیمی را با رتبه‌های مختلف داشتند، انتخاب شدند و دروس ارائه شده و گرایش‌های آنها در رشته مهندسی شیمی در مقطع تحصیلات تکمیلی از پایگاه‌های اینترنتی استخراج شد. سپس، اطلاعات به‌دست آمده بررسی شدند تا نقاط تشابه و اختلاف آنها شناسایی و به‌منظور افزایش کیفیت برنامه درسی پیشنهادهایی ارائه شود.

۳. بحث و بررسی

۳-۱. بررسی روش‌های تدریس

یکی از روش‌هایی که برای تغییر راهبردهای سنتی آموزش و افزایش مهارت‌های تخصصی در دانشجویان می‌تواند مؤثر باشد، استفاده از روش‌های نوین تدریس است. تحقیقات در زمینه آموزش رشته‌های مهندسی نشان‌دهنده بازده بالای راهبردهای نوین آموزشی است، در حالی که روش تدریس سنتی همچنان رایج‌ترین شیوه تدریس در جهان است. امروزه، روش‌های نوین تدریس بر راهبردهای آموزشی بر پایه تحقیقات[1] (RBIS) استوار هستند. مهم‌ترین این راهبردها شامل موارد زیر هستند که در جدول ۱ توضیح هر کدام آورده شده است (Prince, et al., 2013): یادگیری مشارکتی[2]، یادگیری فعال[3]، یادگیری مبتنی بر مسئله[4]، یادگیری استعلامی[5]، آزمون‌های مفهومی[6]، فکر- تطابق- همرسانی[7]، یادگیری

1- Research-Based Instructional Strategies
2- Collaborative Learning
3- Active Learning
4- Problem-Based Learning
5- Inquiry Learning
6- Concept Tests
7- Think-Pair-Share

تعاونی[1]، تدریس موردی[2]، آموزش همتراز[3]، تدریس در لحظه[4]، فکر کردن بلند- حل مسئله[5] و یادگیری خدماتی[6].

بزرگ‌ترین مانع برای بهبود آموزش مهندسی در یافتن راهبردهای آموزشی جدیدتر نیست، بلکه در افزایش استفاده از راهبردهایی است که در حال حاضر ثابت شده‌اند نسبت به روش‌های سنتی، که هنوز در اغلب کلاس‌های مهندسی استفاده می‌شوند، پربازده‌ترند. بنابراین، دانستن اینکه چگونه می‌توان راهبردهای آموزشی بر پایه تحقیق را برای استفاده وسیع‌تر در کلاس‌های درسی مهندسی تقویت کرد، چالش مهمی است که نیاز به توجه بیشتری دارد (Borrego et al., 2010). در مطالعه‌ای که درباره ۹۳ استاد مهندسی شیمی و ۱۱۵ استاد مهندسی کامپیوتر و برق (n=۲۰۸) درخصوص میزان دانش و استفاده از راهبردهای RBIS، فهرست شده در جدول ۱، با هفت گزینه پاسخ شامل «هم اکنون استفاده می‌کنم» و «تا کنون آن را نشنیده‌ام» انجام شد، یادگیری فعال (n=۱۲۷، ۶۱٪) و یادگیری مشارکتی (n=۱۱۹، ۵۷٪) به‌عنوان گزینه‌هایی که بیشترین استفاده را داشتند، گزارش شدند. فکر کردن بلند ـ حل مسئله (n=۷۱، ۳۴٫۱٪) و تدریس در لحظه (n=۷۰، ۳۳٫۷٪) راهبردهای کمتر شناخته شده بودند (Borrego et al., 2011).

بنابراین، تلاش‌های آینده برای افزایش استفاده از روش‌های تدریس و یادگیری مبتنی بر تحقیق را باید بر اساس موارد زیر ساماندهی کرد:

- دانستن مکانیسم‌های مؤثر برای آگاه ساختن استادان از تحقیقات مرتبط؛
- آگاهی از میزان نرخ پذیرش کنونی راهبردهای مشخص آموزشی توسط استادان رشته‌های مهندسی؛
- دانستن دقیق عواملی که مانع پذیرش گسترده‌تر هر راهبرد در کلاس‌های رشته مهندسی می‌شود.

جدول۱: راهبرد آموزشی مبتنی بر تحقیق (RBIS) و توضیح آنها (Prince, et al., 2013)

راهبرد آموزشی مبتنی بر تحقیق	توضیح کوتاه
یادگیری مشارکتی	تقاضا از دانشجویان برای همکاری با یکدیگر در گروه‌های کوچک برای رسیدن به هدفی مشترک.
یادگیری فعال	یک‌ترم بسیار عمومی که هر چیز مرتبط با درس را شامل می‌شود که تمام دانشجویان در یک جلسه کلاس برای انجام دادن آن به شیوه‌ای غیر از تماشای ساده، گوش دادن و یادداشت‌برداری فراخوانده می‌شوند.
یادگیری مبتنی بر مسئله	عمل کردن به‌عنوان تسهیل‌کننده و قرار دادن دانشجویان در تیم‌هایی به هدایت خود آنها برای حل مسائلِ با پایان باز که نیازمند یادگیری اساسی مفاد درس جدید است.

1- Cooperative Learning
2- Case-Based Teaching
3- Peer Instruction
4- Just-In-Time Teaching
5- Thinking-Aloud-Paired Problem Solving
6- Service Learning

راهبرد آموزشی مبتنی بر تحقیق	توضیح کوتاه
یادگیری استعلامی	معرفی یک درس با ارائه پرسش‌ها، مسائل یا یک‌سری مشاهدات به دانشجویان و استفاده از آن برای پیش بردن یادگیری مورد نیاز.
آزمون‌های مفهومی	پرسیدن سؤالات مفهومی چندگزینه‌ای با پاسخ‌های انحرافی (پاسخ‌های نادرست) که تصورات اشتباه رایج دانشجویان را منعکس کند.
فکر.تطابق .همرسانی	مطرح کردن یک مسئله یا پرسش، واداشتن دانشجویان به کار کردن بر روی آن به‌صورت انفرادی و به مدت کوتاه و سپس، شناسایی پاسخ‌های مشابه و تطابق آنها. در انتها درخواست از دانشجویان برای همرسانی پاسخ‌هایشان.
یادگیری تعاونی	شکل سازمان یافته‌ای از کار گروهی که دانشجویان هدف مشترکی دارند، درحالی‌که به‌صورت انفرادی ارزیابی می‌شوند.
تدریس موردی	تقاضا از دانشجویان برای آنالیز مطالعات موردیِ حالاتِ تاریخی یا فرضی که شامل حل مسائل و/ یا اخذ تصمیم‌گیری‌هاست.
تدریس در لحظه	تقاضا از دانشجویان برای انجام دادن تکالیف به‌صورت انفرادی چند ساعت قبل از کلاس، خواندن پاسخ‌های آنان قبل از کلاس و تنظیم دروس بر اساس آن.
فکر کردن بلند .حل مسئله	بدین صورت که دانشجویی برای حل مسئله‌ای کار بکند، درحالی‌که دانشجوی دیگر از او پرسش‌هایی بپرسد، به قصد واداشتن آنها به شفاف‌سازی تفکراتشان.
آموزش همتراز	روش ویژه استفاده از آزمون‌های مفهومی که در آن مدرس پرسش‌های مفهومی را در کلاس مطرح و سپس، توزیع پاسخ‌ها را در کلاس همرسانی می‌کند (احتمالاً به‌وسیله یک سیستم پاسخ کلاسی مانند clickers). دانشجویان پاسخ‌های مشابه را می‌یابند، درباره پاسخ‌های خود بحث می‌کنند و سپس مجدداً رأی می‌دهند.
یادگیری خدماتی	گنجاندن تجربه‌های خدمات اجتماعی در دروس آکادمیک برای افزایش یادگیری محتوای اصلی و دادن فرصت‌های یادگیری بیشتر به دانشجویان درباره خود و جامعه.

با تلاش‌های دانشکده‌ها و جامعه‌های مهندسی شیمی کشور آمریکا در معرفی هر چه بیشتر راهبردهای آموزشی مبتنی بر تحقیق به استادان این رشته، به نظر می‌رسد که به‌کارگیری این راهبردها در میان استادان مربوط روند رو به رشد چشمگیری داشته است. مطالعه‌ای در کشور آمریکا در سال ۲۰۱۳ با حمایت بنیاد ملی علم آن کشور (NSF) صورت گرفت که نمونه آن تعدادی از استادان مهندسی شیمی کشور بودند و آگاهی و استفاده آنها از ۱۲ نوع راهبرد آموزشی مبتنی بر تحقیق مذکور بررسی شد (Prince, et al., 2013). این مطالعه نشان داد که چگونه استادان مهندسی شیمی از راهبردهای تدریسِ جدید اطلاع می‌یابند، عوامل مؤثر بر آگاهی و استفاده آنها از این روش‌ها چیست و محدودیت‌های موجود برای پذیرش و ادامه استفاده از این روش‌های نوین آموزش کدام‌اند. در این تحقیقِ جامع ۹۹ استاد دروس اصلی رشته مهندسی شیمی درباره مسائل مذکور آزمایش و نظرسنجی شدند. این دروس شامل مکانیک سیالات، ترمودینامیک و انتقال جرم و انتقال حرارت بودند.

نتایج این تحقیق نشان داد که تلاش‌های صورت گرفته به‌ویژه در چند سال اخیر در زمینه اطلاع‌رسانی روش‌های آموزشی مبتنی بر تحقیق ثمربخش بوده است و اکثریت اعضای هیئت علمی

شرکت کننده در تحقیق؛ یعنی ۵۷٪ آن‌ها، در یک تا سه کارگاه آموزشی در زمینه تدریس در دو سال گذشته شرکت کرده بودند. ۱۹٪ آن‌ها در کارگاه‌های آموزشی بیشتری شرکت کرده، ولی ۲۴٪ باقیمانده در هیچ کارگاهی شرکت نکرده بودند. حدود نیمی از شرکت‌کننده‌ها (۴۹٪) نیز گزارش کرده بودند که در طول یک نیم‌سال تحصیلی چندین مرتبه با همکاران خود درباره تدریس بحث و تبادل نظر داشته‌اند.

اگر یک راهبرد با معیاری که فرد (و دانشکده) برای آن ارزش قائل است و آن را تجربه کرده است سازگاری داشته باشد، احتمال اینکه آن راهبرد از سوی فرد پذیرفته شود، بالاتر است. همچنین اگر کاربرد آن راهبرد آموزشی آسان‌تر باشد، احتمال پذیرش آن افزایش خواهد یافت (Prince, et al., 2013). تحقیقات گذشته نشان داده است که استادان برای پذیرش راهبردهای جدید یک‌سری دغدغه‌های مشترک دارند که شامل این موارد است: الف. آیا با این راهبرد همچنان قادر خواهم بود که تمام سرفصل‌های درس را پوشش دهم؟ ب. چه مقدار کار نیاز است انجام دهم تا این راهبرد را به‌کار ببرم؟ ج. دانشجویانم چگونه پاسخ خواهند داد؟ د. همکارانم چگونه پاسخ خواهند داد؟ ه. راهبرد جدید به چه اندازه قادر خواهد بود که بر محدودیت‌های این درس غلبه کند، برای مثال، ثبت‌نام دانشجویان در کلاس، اندازه کلاس، شکل کلاس و تعداد جلسات در هفته (Felder & Brent, 1999; Henderson & Dancy, 2007).

در جدول ۲ میزان آگاهی و استفاده استادان رشته مهندسی شیمی تحقیق مذکور از ۱۲ راهبرد آموزشی مبتنی بر تحقیق نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، استادانی که به پرسشنامه پاسخ داده‌اند، عموماً از اغلب راهبردها مطلع هستند و از تمام این راهبردها (بجز دو مورد) بالای ۸۰٪ آگاهی دارند. از این نتایج بر می‌آید که برای تمام راهبردهای مورد تحقیق، پذیرش یک راهبرد به دنبال آگاهی از آن می‌آید و در بعضی موارد شکاف بین آگاهی و پذیرش زیاد است. کمترین شکاف‌ها به یادگیری مشارکتی با ۳۲ درصد و یادگیری فعال با ۳۹ درصد مربوط می‌شد. این دو راهبرد کمترین میزان زمان آماده‌سازی در خارج از کلاس را دارند. بنابراین، شکاف بین آگاهی و پذیرش یک راهبرد از درک واقع‌گرایانه زمان آماده‌سازی مورد نیاز تأثیر می‌پذیرد (Prince, et al., 2013).

شنیدن از همکاران، خواندن مقاله یا کتاب مرتبط، شرکت در ارائه‌ها یا کارگاه‌های آموزشی در دانشگاه، کارگاه‌های آموزشی در یک کنفرانس آموزش مهندسی، کارگاه‌های آموزشی در کنفرانس‌های جامعه تخصصی عضو (مانند AIChE) و ارائه‌ها یا کارگاه‌های آموزشی عمیق یک یا چند روزه، به‌عنوان راه‌هایی که از طریق آنها استادان مهندسی شیمی از راهبردهای آموزشی اطلاع می‌یابند، معرفی شده‌اند. از میان این راه‌ها در نظرسنجی اشاره شده، پرسش از همکاران به‌عنوان رایج‌ترین منبع اولیه برای راهبردهای آموزشی شناسایی شد (Prince et al., 2013). همکاران معتمد می‌توانند در تشویق یک استاد برای جست‌وجوی اطلاعات بیشتر درباره راهبردهای آموزشی بسیار اثرگذار باشند. بحث‌های مستمر همکاران در این زمینه به آنها کمک می‌کند تا بیندیشند چگونه می‌توانند یک راهبرد آموزشی را پیاده کنند، آن را آزمایش کنند و به مرور آن را بهبود بخشند (Wright, 2005).

جدول۲. میزان آگاهی اعضای هیئت علمی دانشکده‌های مهندسی شیمی آمریکا از راهبردهای آموزشی مبتنی بر تحقیق، استفاده کنونی و پیشین از آن (Prince, et al. 2013).

	درصد آگاهی	درصد استفاده کنونی	درصد استفاده پیشین	نسبت استفاده کنونی به پیشین
یادگیری مشارکتی	۹۷	۶۵	۱۴	۴/۶
یادگیری فعال	۹۹	۶۰	۲۱	۲/۹
یادگیری مبتنی بر مسئله	۹۸	۳۵	۱۲	۲/۹
یادگیری استعلامی	۹۶	۳۱	۲۱	۱/۵
آزمون‌های مفهومی	۹۱	۲۷	۱۵	۱/۸
فکر.تطابق .همرسانی	۹۰	۲۵	۱۴	۱/۸
یادگیری تعاونی	۸۶	۱۷	۱۸	۱/۰
تدریس موردی	۹۳	۱۶	۲۱	۰/۸
تدریس در لحظه	۸۷	۱۵	۴	۳/۸
فکر کردن بلند .حل مسئله	۶۳	۱۰	۳/۱	۳/۳
آموزش همتراز	۶۴	۶/۱	۹/۱	۰/۷
یادگیری خدماتی	۸۰	۵/۱	۱۲	۰/۴

استادان نظرسنجی شده تعدادی از موانع را برای پذیرش راهبردها شناسایی کردند. مسئله زمان؛ یعنی هم زمان آماده‌سازی و هم زمان مورد نیاز در کلاس با دانشجویان بزرگ‌ترین نگرانی آنها بود. نگرانی دوم اساسی آنها نبود شاهدی بر بازدهی یک راهبرد و واکنش‌های دانشجویان بود. دغدغه‌هایی مانند چگونگی پاسخ دانشجویان به این راهبرد، منابع دانشکده و ارزش‌های مد نظر در آن دانشکده در مرتبه‌های پایین‌تری قرار داشتند (Prince et al., 2013).

با توجه به اینکه پیاده‌سازی اولیه این راهبردها در ابتدا ممکن است در کشور ما نیز با دشواری‌ها و ابهاماتی همراه باشد، انجام یافتن چنین بحث‌های غیررسمی در میان استادان می‌تواند فرصت مغتنمی برای استفاده از تجربه‌های آن دسته از استادانی باشد که با موفقیت از این راهبردها استفاده کرده‌اند. محققان آموزش مهندسی کشور باید با روش‌هایی مانند ارائه در کنفرانس‌ها، مقالات و سایر انتشارات به افزایش منابع مورد نیاز با جزئیات و اطلاعات کامل در این زمینه یاری رسانند.

چندین دهه است که کارفرمایان و محققان اغلب از نبود «مهارت‌های نرم» در میان دانش‌آموختگان آموزش‌عالی شکایت می‌کنند. اغلب مهارت‌های ارتباطی و سپس، دانش اضافی در تجارت یا مدیریت پروژه در میان فهرست مهارت‌های از دست رفته مطلوب برای دانش‌آموختگان در حال ورود به دنیای کسب و کار است. ۴۰ سال پیش انجمن مهندسی آلمان (VDI) پیشنهاد کرد که ۲۰٪ از برنامه درسی مهندسی باید به مهارت‌های نرم اختصاص یابد. دانش‌آموختگان مهندسی باید دانش زبان‌های خارجی، آگاهی‌های فرهنگی و توانایی انجام دادن کارهای تیمی را داشته و شاید کلاس سخنرانی نیز

گذرانده باشند (Schulz, 2008).

مهارت‌های نرم یا «فرایندی» به مهارت‌هایی اطلاق می‌شود که در کاربرد دانش استفاده می‌شوند. درجه‌ای که دانشجویان این مهارت‌ها را توسعه می‌دهند، تعیین می‌کند که آنها چگونه مشکلات را حل می‌کنند، گزارش می‌نویسند، در تیم‌ها کار می‌کنند، خودارزیابی می‌کنند، عملکرد دیگران را بررسی می‌کنند، دانش جدید یاد می‌گیرند و استرس خود را هنگام بروز تغییرات مدیریت می‌کنند(Woods et al., 2000)؛ به‌عبارت دیگر، مهارت‌های نرم می‌تواند به‌عنوان مهارت‌های انسانی متمرکز بر صلاحیت در کار کردن با اشخاص دیگر تعریف شود (Iles, 2001). این مهارت‌ها به‌طور معمول می‌تواند به سه دسته اصلی تقسیم شود: ویژگی‌های شخصی، مهارت‌های بین‌فردی و مهارت‌های حل مسئله و تصمیم‌گیری (Shakir, 2009). بسیاری از مربیان به روشنی اعتقاد دارند که مهارت‌های فرایندی مهم‌اند، اما اغلب آنها از تحقیقات بنیادی، که پایه‌ای برای توسعه این مهارت‌ها فراهم می‌کند، بی اطلاع هستند و درنتیجه، تلاش‌های آنها برای کمک به دانشجویان در توسعه مهارت‌ها ممکن است تأثیر کمتری از آنچه انتظار دارند، داشته باشد (Woods et al., 1997). مهارت‌های فرایندی ـ که با نگرش‌ها و ارزش‌ها به اندازه دانش مرتبط هستند ـ بدین دلیل بیشتر چالش برانگیز هستند که نمی‌توان آنها را به صراحت تعریف کرد و بنابراین، توسعه و ارزیابی آنها به مراتب سخت‌تر است. تحقیقات نشان داده است که توسعه هر مهارتی با دادن تمرین‌های بیشتر به دانشجویان و نه صحبت کردن ساده یا نشان دادن آنچه باید انجام دهند، امکان‌پذیر می‌شود. چندین رویکرد برای توسعه مهارت‌های فرایندی فرموله و اثبات شده‌اند که در آموزش علم و مهندسی مؤثرند. این رویکردها شامل طراحی هدایت شده[1]، روش‌های یادگیری فعال / تعاملی[2]، حل مسئله به روش فکر کردن بلند ـ حل مسئله و برنامه حل مسئله مکمستر[3] اثبات شده است(Woods et al., 2000). فعالیت‌های زیر محیط یادگیری مؤثری را برای توسعه مهارت‌های فرایندی ایجاد می‌کند:

- مهارت‌هایی را که خواهان توسعه آنها در دانشجویان هستید، شناسایی کنید، آن‌ها را در برنامه درسی و در صورت موافقت اعضای هیئت علمی دانشکده‌ها- درکاتالوگ دانشگاه قرار دهید و اهمیت آنها را برای دانشجویان بیان کنید؛
- برای شناسایی مهارت‌های هدف از تحقیق استفاده کنید، نه شهود شخصی و تحقیقات خود را با دانشجویان به اشتراک بگذارید؛
- رفتارهای ضمنی مرتبط با کاربرد موفقیت آمیز مهارت‌ها را به‌روشنی بیان کنید؛
- تمرینات گسترده‌ای در استفاده از مهارت‌ها، با استفاده از فعالیت‌های ساختاریافته دقیق ارائه کنید و زمینه بازخورد سازنده و سریع آنها را بر روی تلاش دانشجویان با استفاده از اهداف مبتنی بر شواهد فراهم آورید؛

1- Guided Design 2- Active/cooperative Learning Approaches 3- McMaster Problem Solving program

- مشوق نظارت باشید؛
- مشوق بازتاب باشید؛
- به فرایند امتیاز دهید، نه به محصول؛
- از یک فرم ارزیابی و بازخورد استاندارد استفاده کنید (Woods, 2000).

روش بسیار ظریف دیگر برای ارائه آموزش مهارت‌های نرم به دانشجویان قرار دادن آن در داخل آموزش مهارت‌های سخت است. بدین ترتیب، لازم نیست هیچ تغییری در برنامه درسی ایجاد شود و در عوض، تغییر در روش آموزش مربیان صورت خواهد گرفت. افزایش بحث‌های گروهی، اجازه دادن به دانشجویان برای ارائه‌ها و استفاده از روش‌های خاص مانند دوبونو[1] یا برنامه نویسی عصبی کلامی (NPL[2]) را می‌توان در طول دوره اعمال کرد. این رویکرد در تمرین مهارت‌های نرم مستلزم برخی باز اندیشی‌ها و برنامه‌ریزی‌های دوباره در دوره‌های مهارت‌های سخت موجود است (Schulz, 2008).

بنابراین، آموزش مهندسی باید فراتر از آموزش فناوری عمل کند و مهارت‌های نرم را در کنار مهارت‌های سخت برای موفقیت هر چه بیشتر دانشجویان در حین تحصیل و نیز پس از تحصیل برای ورود به دنیای کار آموزش دهد.

۳-۲. بررسی برنامه درسی

کشور آمریکا یکی از شناخته شده‌ترین کشورهای دنیا از نظر آموزش و صنعت است و دانشگاه‌های معتبر بسیاری در این کشور وجود دارند، به‌طوری‌که ۲۵ درصد از ۱۰۰ دانشگاه برتر جهان در آموزش مهندسی شیمی در این کشور قرار دارند و به همین دلیل، در این تحقیق دانشگاه‌های این کشور برای مقایسه انتخاب شدند (شکل ۱). اسامی سی و چهار دانشگاه برگزیده برای مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. رتبه‌بندی دانشگاه‌ها که از وب‌سایت QS World University Rankings[3] به‌دست آمده است، نشان می‌دهد که ۲۵ دانشگاه انتخابی دارای رتبه زیر ۱۰۰ در دنیا و ۹ دانشگاه دیگر نیز دارای رتبه ۱۰۶ تا ۴۳۰ هستند.

جدول ۳: اسامی دانشگاه‌های مورد مطالعه

دانشگاه‌های مورد مطالعه		
1. Massachusetts Institute of Technology	2. Stanford University	3. California Institute ofTechnology
4. PrincetonUniversity	5. Yale University	6. Johns Hopkins University
7. Northwestern University	8. University of Illinois at Urbana–Champaign	9. Ohio State University
10. Cornell University	11. University of Pennsylvania	12. Columbia University

1- De Bono
2- Neuro-Linguistic Programming
3- https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2016

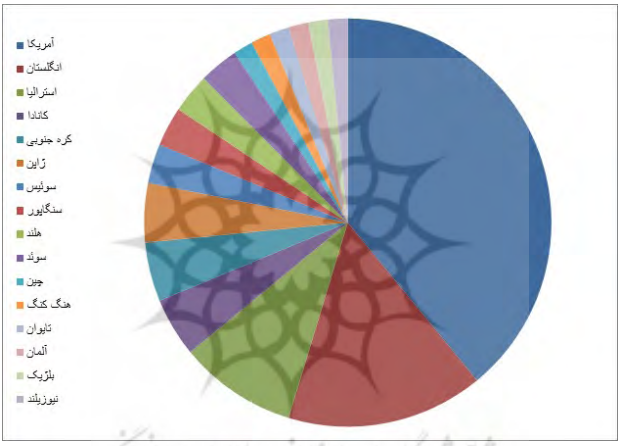
دانشگاه‌های مورد مطالعه		
13. University of California, Berkeley	14. University of California, Los Angeles	15. University of Michigan
16. University of California, San Diego	17.Brown University	18. New York University
19. University of Wisconsin-Madison	20. Carnegie Mellon University	21. University of Washington
22. University of Texas at Austin	23. Georgia Institute of technology	24. University of California, Davis
25. Purdue University	26. Rice University	27. University of Minnesota
28. University of Maryland, College Park	29. University of California, Santa Barbara	30. Texas A&M University
31. University of Colorado Boulder	32. University of California, Riverside	33. Virginia Tech
34. University of Delaware		

دسته‌بندی دروس ارائه شده در این دانشگاه‌ها نشان می‌دهد که در مقطع تحصیلات تکمیلی در بیشتر دانشگاه‌های مذکور، مشابه کشور ما، ابتدا برخی دروس به‌عنوان دروس اصلی و مبانی مهندسی شیمی برای تقویت ساختار مهندسی شیمی تدریس و سپس، مطالعات به حیطه‌ای خاص هدایت می‌شود. از دروس اصلی می‌توان به دروس مکانیک سیالات، انتقال حرارت، انتقال جرم، طراحی راکتور، ترمودینامیک و ریاضیات پیشرفته اشاره کرد. از میان این دروس، درس ترمودینامیک و یکی از دروس مربوط به پدیده‌های انتقال همانند مکانیک سیالات، انتقال حرارت و انتقال جرم در برنامه درسی تعداد زیادی از دانشگاه‌ها دیده می‌شود. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، ۹۴٪ از دانشگاه‌های مورد مطالعه چند واحد از این دروس را می‌گذارنند. دروس اصلی در مبحث ریاضیات نیز در برنامه درسی مهندسی این کشور اهمیت بسزایی دارند. در این میان، بیشترین تأکید بر ریاضیات عددی (۳۸٪) و به‌ویژه ریاضیات عددی در مهندسی شیمی است.

در گذشته اغلب دانش‌آموختگان رشته مهندسی شیمی در آمریکا در صنایع شیمیایی یا نفت مشغول به کار می‌شدند، درحالی‌که اکنون آنها به‌طور فزاینده در زمینه‌های غیرسنتی مهندسی مانند بیوتکنولوژی، مهندسی کامپیوتر، علوم محیط زیستی، مهندسی ایمنی و بهداشت، فناوری تولید نیمه‌رسانه‌ها و امور بازرگانی و مالی مشغول به‌کار می‌شوند. برای افزایش بهره‌وری دانش‌آموختگان در چنین بازه وسیعی از زمینه‌های استخدام، باید آنها با مفاهیم کلی در زمینه علوم زیستی، فیزیک، مهندسی کامپیوتر و نرم‌افزار، زبان‌های خارجی، سم‌شناسی، سیاست مالی و مانند آن، که فراتر از برنامه آموزشی سنتی رشته مهندسی شیمی است، آشنا باشند. برخلاف دهه‌های گذشته، امروزه، مهندس شیمی فقط با تکیه بر دروس پایه برنامه درسی سنتی این رشته مانند ترمودینامیک، واکنش، جداسازی، تعادل فازی و طراحی فرایند نمی‌تواند جذب بازار کار شود. از سوی دیگر، امکان‌پذیر نیست که به دانشجویان تمام چیزهایی را که نیاز است برای ورود به بازار کار بدانند، آموزش داد.

به‌عنوان راه‌حلی برای این موضوع، پیشنهاد می‌شود که آموزش مهندسی از ارائه ساده تعداد زیادی از زمینه‌های تخصصی علم به سمت یکپارچه ساختن دانش دانشجویان از میان یک‌سری از اصول بنیادین مهندسی و علم و مجهز ساختن آنها به مهارت‌های یادگیری مادام‌العمر برای استفاده مناسب از دانش کسب شده آنها تغییر مسیر یابد. این مهارت‌ها باید مواردی مانند مهارت‌های حل مسئله، تفکر بحرانی و تفکر خلاق، کارِ گروهی و مهارت‌های مدیریتی را شامل شود.

تعدادی از دروس تخصصی پرکاربرد در صنایع و علوم مهندسی نیز در دانشگاه‌های مورد مطالعه کشور آمریکا ارائه می‌شود که دانشجویان بر حسب علاقه و زمینه کاری آینده‌شان به گذراندن این واحدهای درسی متنوع شامل انرژی، بیو، محیط زیست، کاتالیست، پلیمر، کلوئیدها و پدیده‌های سطحی، مدلسازی و... اقدام می‌کنند.

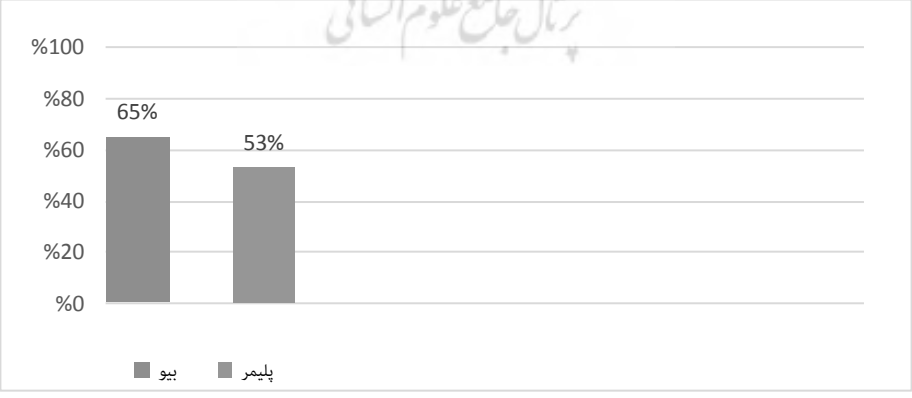


شکل ۱: تقسیم بندی دانشگاه‌های برتر دنیا (با رتبه زیر ۱۰۰) دارای رشته مهندسی شیمی

بررسی گرایش‌های رشته مهندسی شیمی حاکی از آن بود که گرایش بیو (علوم زیستی) یکی از حیطه‌های مورد توجه در کشور آمریکاست، به‌طوری‌که ۶۵٪ دانشگاه‌های انتخابی دارای گرایش بیو هستند. این زمینه به‌دلیل مسائلی مانند سازگاری با محیط زیست و وجود بحران‌های کمبود مواد اولیه اهمیت روزافزونی در جهان و به‌ویژه کشور آمریکا دارد. همچنین به‌دلیل پیشرفت فناوری و نیاز به توسعه تجهیزات و لوازم پزشکی- که این گرایش با عنوان مهندسی زیست‌پزشکی خوانده می‌شود- با آخرین روش‌های علمی روز دنیا، دانش مهندسی بیو به‌طور فزاینده رو به گسترش است و در سال‌های اخیر استخدام در شغل‌های مرتبط با این گرایش در کشور آمریکا حدود سه برابر بیشتر از سایر شغل‌ها رشد داشته است. زیست‌شناسی و مهندسی شیمی در بسیاری از زمینه‌ها همپوشانی چشمگیر و ارتباط تنگاتنگی با یکدیگر دارند. این امر لزوم اشراف مهندسان شیمی بر دانش زیست‌شناسی را به اثبات می‌رساند. به واسطه وارد کردن مباحث زیست‌شناسی در مفاهیم پایه‌ای استفاده شده در

حوزه مهندسی شیمی، این رشته به بلوغی می‌رسد که درنتیجه آن مهندسان شیمی نه تنها قادر به فعالیت در حوزه‌های جدید هستند، بلکه می‌توانند با استفاده از دانش زیست‌شناسی به طراحی فرایندهای جدید و ارتقای فرایندهای موجود بپردازند و بدین ترتیب، با چالش‌های پیش روی صنایع مرتبط با مهندسی شیمیایی مقابله کنند. از شاخه‌های جدید این حوزه در عرصه مهندسی می‌توان به «مهندسی زیست‌پزشکی»، «مهندسی زیست‌شناسی»، «زیست‌فناوری»، «مهندسی زیست‌شیمی»، «مهندسی زیست‌مولکولی»، «مهندسی فرایندهای زیستی» و «مهندسی زیست‌توده‌ها و سوخت‌های زیستی» اشاره کرد (Ganjizade et al., 2017). این گرایش همچنین از گرایش‌های بین علوم است و از نظر مرتبط ساختن رشته‌های مختلف نیز مورد توجه است. برای مثال، رشته‌ای با عنوان مهندسی شیمیایی و بیومولکولی که تلفیق بیو و مهندسی شیمی است، در دانشگاه‌های بسیاری وجود دارد. یا در دانشگاه تگزاس در آستین، گرایش مهندسی زیست‌شیمی و زیست‌پزشکی ارائه می‌شود. با این حال، ضرورت مذکور به‌درستی در دانشگاه‌های کشور درک نشده است و متأسفانه، قریب به اتفاق دانش‌آموختگان مقطع کارشناسی و مقاطع تحصیلات تکمیلی کشور از دانش زیست‌شناسی بی بهره و از کاربردهای آن در مهندسی شیمی ناآگاه‌اند (Ganjizade et al., 2017).

پس از این گرایش، گرایش پلیمر با در نظر گرفتن تعداد دانشگاه‌هایی که در آنها به این مباحث پرداخته می‌شود، به‌عنوان دومین گرایش مطرح است. به‌طوری‌که در۵۳٪ دانشگاه‌های مورد مطالعه دروس این گرایش تدریس می‌شود (شکل ۲). در گرایش پلیمر دروسی همچون سنتز پلیمرها، شیمی پلیمر، فیزیک پلیمر، خواص محلولی پلیمرها و دیگر دروس مرتبط تدریس می‌شود. این گرایش در کشور ما معمولاً به‌عنوان زیرشاخه‌ای از رشته مهندسی شیمی قرار داشته، اما رفته رفته به‌عنوان رشته‌ای مجزا مطرح شده است. همان‌گونه که مشخص است، این مبحث در کشور آمریکا همچنان به‌عنوان زیرشاخه‌ای از رشته مهندسی شیمی است.



شکل۱: فراوانی دو گرایش رایج رشته مهندسی شیمی در دانشگاه‌های مورد مطالعه در کشور آمریکا

بررسی برنامه درسی دانشگاه‌های مورد مطالعه همچنین نشان داد که دروسی شامل مباحث مواد الکترونیکی، میکروسیالات و کلوئیدها (سوسپانسون‌های کلوئیدی، پراکندگی کلوئیدی، آزمایشگاه کلوئیدها و ...) علاوه بر دروس اصلی و دروس دو گرایش بیو و پلیمر در تعدادی از دانشگاه‌ها تدریس می‌شود. کلوئید و علم سطح مشترک از فناوری‌های تخصصی و نوین است و در میان دروس دانشگاه‌های مطرح تدریس می‌شود.

جهتگیری برنامه‌های درسی از جمله مسائلی است که زمینه‌ساز اصلاح و تغییر مبانی برنامه‌ریزی درسی و چارچوب برنامه درسی ملی در بسیاری از کشورها شده است و در این میان، مسائل محیط زیستی این امر را تشدید می‌کند و در دهه‌های اخیر برنامه‌ریزان درسی بیشتر به آن توجه کرده‌اند تا جایی که توجه به ابعاد زیست‌محیطی در برنامه‌های درسی رشته‌های گوناگون مطرح شده است. بر اساس دستور کار ۲۱ برای اطمینان از وجود محیط زیستی سالم و قابل سکونت برای نسل‌های آتی، تجارت، صنعت، دولت‌ها و اشخاص حقیقی باید فعالیت‌های خود را با هدف دستیابی به پایداری جهانی هماهنگ سازند. توسعه پایدار را می‌توان برای اولین بار به گزارش کمیسیون جهانی محیط زیست با عنوان «آینده مشترک ما» که سازمان ملل متحد آن را در سال ۱۹۸۷ منتشرکرد، نسبت داد. در این گزارش، که عموماً به نام «گزارش کمیسیون برانتلند» خوانده می‌شود، توسعه پایدار به‌عنوان توسعه‌ای که نیازهای کنونی جهان را تأمین می‌کند، بدون آنکه توانایی نسل‌های آتی را در برآورده کردن نیازهایشان به مخاطره اندازد، تعریف شده است (Tejareh & Mottaghipour, 2016). بررسی و دسته‌بندی مباحث دروس در دانشگاه‌های مورد مطالعه و وجود واحدهایی همچون محیط زیست، طراحی برای محیط زیست و مهندسی سبزلزوم پرداختن به این مباحث و تأییدی بر این نکته است.

اخلاق حرفه‌ای مجموعه‌ای از آیین‌نامه‌ها و مقرراتی است که عمل اخلاقی را برای حرفه‌ای مشخص و خاص تعریف می‌کند. هر شغل نیز اخلاق حرفه‌ای مختص به خود را دارد. برای مثال، در گروه مهندسی بخشی از اخلاق حرفه‌ای مهندسی مکانیک با اخلاق حرفه‌ای مهندسی شیمی تفاوت دارد. در علوم پزشکی بخشی از اخلاق حرفه‌ای داروسازی با اخلاق حرفه‌ای دندانپزشکی متفاوت است. درواقع، صاحبان هر حرفه مسئولیت‌های خاص خود را دارند که در آیین‌نامه‌ها و مقررات آن حرفه بیان شده است. آیین‌نامه‌های اخلاقی چارچوبی برای عمل و قضاوت اخلاقی یا غیراخلاقی هر حرفه محسوب می‌شوند(Zohoor & Khalaj, 2010). در این بررسی نیز وجود مباحثی چون مباحث اخلاقی، تأثیرات علم و فناوری بر محیط زیست و روش‌های تحقیق علاوه بر حیطه‌های تخصصی، نشان داد که توجه به این علوم و پرداختن به این مسائل حتی در مقاطع تحصیلات تکمیلی اهمیت زیادی دارد.

در سال‌های اخیر، در بسیاری از کشورها مطالعات به سوی تعیین توانایی‌های شخصی و فنی مورد نیاز مهندسان برای برآوردن نیازهای صنعت روز هدایت می‌شود (Henshaw, 1991). یک نمونه بازنگری در برنامه آموزشی در دانشگاه MIT انجام گرفته است که از این دیدگاه برنامه ایده‌ال باید متناسب با نیاز

دنیای واقعی باشد (Crawley et al., 2007). درواقع، نیازهای روز هر منطقه، دانشگاه‌های آن منطقه را به مطالعه در زمینه تحقیقاتی ویژه‌ای ملزم می‌سازد. دانشکده‌های مهندسی دانشگاه‌های هر شهر و ایالت با صنایع آن منطقه ارتباط تنگاتنگی دارند و با تأمین مالی پروژه‌های تحقیقاتی خود از سوی آنها، به راه‌اندازی دروس مرتبط برای یادگیری آکادمیک آن موضوع و انجام دادن تحقیقات دانشگاهی در آن زمینه اقدام می‌کنند؛ به بیان دیگر، جهتگیری علمی و پژوهشی هر دانشگاه را نیازهای صنایع آن منطقه در مرتبه اول و نیازهای کلی کشور در مرتبه دوم تعیین می‌کند. نمونه‌هایی از این مباحث که در بررسی برنامه درسی مشاهده می‌شود، مباحثی همچون علوم کاغذ است که در دو دانشگاه مؤسسه فناوری جرجیا[1] و دانشگاه کلمبیا[2] مطالعه می‌شود. در این زمینه حتی واحدهایی نیز برای بررسی مشکلات اقتصادی و نیازهای موجود در صنعت وجود دارد. فاصله صنعت ایران از فناوری‌های مدرن دنیا و تدریس نشدن واحدهای کاربردی مرتبط با صنعت موجود در کشور از یک طرف و گستردگی صنایع مرتبط با رشته مهندسی شیمی از طرف دیگر، موجب افزایش شکاف میان آموزش‌های دانشگاهی و مهارت‌های لازم در صنعت شده است (Kheradmandinia & Sotudeh Gharebagh, 2018). همچنین گسیختگی بیش از حد مطالب آموزش داده شده از یک سو و وارداتی بودن فناوری مربوط به صنایع داخل از سوی دیگر، موجب شده است تا دانش‌آموختگان دچار سردرگمی شوند و با اطمینان خاطر اندکی پا به محیط کار بگذارند (Taheri & Rahimi, 2004). بنابراین، ایجاد ارتباط بیشتر بین صنعت و دانشگاه در کشور از طریق بازبینی و اصلاح برنامه درسی با هدف رفع هر چه بیشتر نیازهای صنعت و ایجاد انگیزه در دانشجویان مفید خواهد بود.

تعدادی از درس‌ها نیز که در برخی از دانشگاه‌ها تدریس می‌شود، بر مبحثی بسیار تخصصی و ویژه استوار است، برای مثال، واحد تکنولوژی سلول‌های خورشیدی و واحد سنتز و فراوری کامپوزیت‌ها با ماتریس سرامیکی که توجه به چنین واحدهایی حل نیازهای حیطه‌ای خاص از صنعت و فناوری را نتیجه خواهد داد. درواقع، تکامل برنامه درسی با توجه به نیاز جامعه و صنعت صورت گرفته است (Favre et al., 2008).

از دیگر مواردی که در این بررسی مشاهده شد و متناسب با پیشرفت‌های روز بود و می‌تواند در تسریع پروژه‌ها مفید واقع شود، واحدهای یادگیری نرم‌افزارهای تخصصی است. دانشگاه‌های مورد مطالعه ضمن ارائه دروس مهندسی، به یادگیری نرم‌افزار مرتبط با درس مورد نظر و مباحث مدلسازی و بهینه‌سازی اهتمام ویژه‌ای داشتند.

در تعدادی از دانشگاه‌ها واحدهای آموزش ایمنی مانند آزمایشگاه مهندسی شیمی ـ ایمنی ـ سلامت، انرژی و ایمنی و... علاوه بر دروس تخصصی هر گرایش مطرح می‌شود که از اصول اولیه کار

1- Georgia Institute of Technology 2- University of Columbia

عملی در هر محیط آزمایشگاهی و صنعتی است و علی‌رغم اهمیت آن، کمبود آن در برنامه درسی مهندسی شیمی کشور احساس می‌شود. یکی از عناصر متمایزکننده آموزش مهندسی، آزمایشگاه است (Bourne, et al., 2005). پیش از تأکید بر علوم مهندسی، می‌توان گفت که بیشتر آموزه‌های مهندسی در آزمایشگاه‌ها صورت می‌گیرد. توجه به آزمایشگاه‌ها در طول سال‌های مختلف متغیر بوده است. در حالی‌که توجه زیادی به برنامه درسی و روش‌های تدریس شده، درخصوص آموزش آزمایشگاهی مطالب نسبتاً اندکی نوشته شده است (Feisel & Rosa, 2005). کار آزمایشگاهی برای علم به‌طورکلی و برای دانشمندان به‌طور خاص امری ذاتی است. اما چگونگی استفاده از همین آزمایشگاه در آموزش بهتر دانشمندان آینده هنوز پرسشی است که خیلی درباره آن بحث می‌شود (Kirschner & Meester, 1988). فلنسبرگ (Flansburg, 1972) دریافت درحالی‌که در برنامه‌های درسی جدید بر فرایندهای علمی تأکید و نیز بر مهارت‌های شناختی بالاتری نظیر دستیابی به مفهوم، حل مسئله و تفکر انتقادی تکیه می‌شود، دانشجویانی که دوره‌های علمی خود را همراه با کار آزمایشگاهی تکمیل می‌کنند، می‌توانند در امتحانات نسبت به دانشجویانی که دوره‌های معادل را بدون کار آزمایشگاهی گذرانده‌اند، بهتر عمل کنند. در کاری که کریشنر و میستر (Kirschner & Meester, 1988) انجام دادند، بیشتر افراد (دانشجویان و کارکنان) موافق بودند که دروس آزمایشگاهی باید برای تقویت برخی از مهارت‌های ذهنی کلی استفاده شوند که احتمالاً برای کار آینده آنها مفید خواهد بود.

با دقت در این نکته و بررسی برنامه درسی می‌توان مشاهده کرد که در کشور ما در مقطع تحصیلات تکمیلی دروس اغلب به‌صورت نظری ارائه می‌شود و آزمایشگاه‌های متناسب با آنها بجز در برخی گرایش‌ها همچون بیوتکنولوژی وجود ندارد. اما در برنامه آموزشی کشور آمریکا آزمایشگاه‌های دروسی مانند آزمایشگاه مهندسی شیمی و آزمایشگاه نانو زیست‌مهندسی وجود دارد که می‌تواند در درک بهتر این علوم به‌ویژه در مقاطع بالاتر، که اطلاعات دانشجو بیشتر است، کمک شایانی بکند و مهارت‌های فرد را در زمینه عملی بالاتر ببرد.

وب‌لب[1]ها از دیگر ابزارهای جدید در تدریس هستند. وب‌لب یک آزمایشگاه مجازی است که از طریق اینترنت قابل دسترس است و امروزه، به‌عنوان یکی از ابزارهای مؤثر آموزش مهندسی شیمی در قرن ۲۱ شناخته می‌شود. مجازی‌سازی صنعت امکانات جدیدی را برای راه‌اندازی یک واحد صنعتی مطابق با فناوری روز دنیا فراهم می‌کند و دانشجویان را برای ورود به بازار کار آماده‌تر می‌سازد. از اولین نمونه‌های موفق راه‌اندازی وب‌لب برای آموزش مهندس شیمی می‌توان دانشگاه MIT و دانشگاه کمبریج را نام برد که دروس فرایندهای انتقال، راکتور و کنترل فرایند را به این روش برای دانشجویان خود جذاب‌تر و ملموس‌تر می‌سازند. دانش راکتور از دروس پایه رشته مهندسی شیمی است که واحد آزمایشگاهی

1- .Weblab

برای آن در نظر گرفته نشده است و بنابراین، انجام دادن آزمایش در یک راکتور واقعی که قابلیت کنترل از راه دور را داشته باشد، می‌تواند برای فهم بهتر مطلب بسیار مفید باشد. اگرچه وب‌لب‌ها نمی‌توانند تجربه آزمایشگاه عملی را فراهم کنند، قادرند دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی و داده‌ها را با استفاده از فناوری‌های به‌روز برای کار از راه دور فراهم سازند. عملکرد از راه دور در صنعت، هم در تحقیقات و هم در تولید، رایج و گسترده است. از این رو، با استفاده از وب‌لب‌ها می‌توان آموزش‌های اساسی را به دانشجویان، برای آنچه احتمال دارد در زندگی حرفه‌ای خود با آنها مواجه شوند، ارائه کرد. همچنین وب‌لب‌ها می‌توانند فرصتی را برای یادگیری مهارت‌های ارتباطی و تجربه کار تیمی فراهم کنند. در تحقیقی که درباره تأثیر وب‌لب‌ها در آموزش کارشناسی مهندسی شیمی در چند دانشگاه شامل MIT، کمبریج و لایپزیگ انجام شد، گزارش شد که اگرچه وب‌لب‌ها نمی‌توانند جایگزین آزمایش‌های عملی شوند، اما ابزاری مفید برای یادگیری دانشجویان در کار با تجهیزات آزمایشگاهی و داده‌های اندازه‌گیری شده با فناوری‌های معمول در صنعت هستند. همچنین وب‌لب‌ها ابزاری برای به اشتراک گذاشتن یک آزمایش در میان مؤسسات مختلف را فراهم می‌کنند و به این وسیله به‌شدت هزینه‌های اقتصادی تهیه تجهیزات جدید را کاهش می‌دهند(Selmer et al., 2007).

موضوع مورد توجه دیگر در مبحث شیوه‌های آموزش نوین، آموزش آنلاین است. از آنجایی‌که قابلیت‌های شبکه‌ای در همه جای جهان وجود دارد، آموزش از راه دور که در گذشته اغلب از طریق دوره‌های مکاتباتی و رسانه‌های تصویری ارائه می‌شد، امروزه، تا حد زیادی با آموزش آنلاین جایگزین شده است. یادگیری آنلاین دروس مهندسی، از هر جا و در هر زمان، در سال‌های اخیر امکان‌پذیر شده، اما در تمام رشته‌های مهندسی هنوز گسترده نشده است. برای اینکه آموزش آنلاین دروس مهندسی به‌طور گسترده پذیرفته و استفاده شود، باید: ۱. کیفیت واحدهای آنلاین قابل مقایسه با کلاس‌های سنتی یا بهتر از آن باشد؛ ۲. واحدها در زمان درخواست در دسترس باشند و از هر جا و هر زمان توسط هر تعداد از دانشجویان که خواهان آنها باشند، قابل استفاده باشد؛ ۳. موضوعات در طیف گسترده‌ای از رشته‌های مهندسی در دسترس باشد. این سه ویژگی؛ یعنی کیفیت، مقیاس و وسعت، اساس کار کنسرسیوم Sloan است که گروهی متشکل از ۹۰۰ مؤسسه علمی شامل دانشگاه‌ها، کالج‌ها، شرکت‌ها و سازمان‌ها هستند که عمدتاً در ایالات متحده مستقرند و برای آموزش آنلاین به‌عنوان بخشی از زندگی روزمره فعالیت می‌کنند. هرچند هدف از آموزش آنلاین در ابتدا آموزش به دانشجویان در هر مکان و در هر زمان بود، امروزه، در همکاری علمی و آموزشی بین دانشکده‌ها و دانشگاه‌های سراسر ایالات متحده آمریکا و در نهایت، در سراسر جهان نقش چشمگیری دارد. آموزش آنلاین در نهایت، نقش بزرگ‌تری در تغییر تحصیلات عالی در جهان دارد تا اینکه فقط به سادگی نقش ارائه آموزش از فاصله دور را داشته باشد. از محدودیت‌های این روش می‌توان به این نکته اشاره کرد که برخی از نیازهای ویژه دوره کارشناسی با آموزش آنلاین به‌خوبی قابل دسترس نیست. فراهم کردن آزمایشگاه‌ها برای

تمام دروس مهندسی به‌صورت آنلاین، به‌دلیل میل سنتی برای استفاده مستقیم از دستگاه‌ها، بسیار دشوار است. در سال ۲۰۰۲، با بودجه‌ای از بنیاد آلفرد پی. اسلون، ۱۳ هدف برای جلسات آزمایشگاهی کلاس‌های مهندسی توسط کمیته ABET با مشارکت سی و پنج مدرس ارائه شد (Bourne et al., 2005). به‌طورکلی، پذیرفته شده است که برخی از این سیزده معیار ممکن است به‌راحتی به‌صورت آنلاین مشابه با محیط آزمایشگاه برآورده شود (Chang & del Alamo, 2002)، از جمله مهارت‌های ارتباطی، کارگروهی و اخلاق‌مداری. برای برخی از معیارهای دیگر مانند آگاهی روانشناختی و حسی[1] ممکن است یکسان‌سازی تجربه آنلاین با محیط آزمایشگاهی تا حدودی مشکل باشد (Bourne et al., 2005).

۴. نتیجه‌گیری

آموزش مؤثر و مجهز کردن دانشجویان رشته‌های مهندسی به مهارت‌های بنیادین مانند مهارت‌های حل مسئله، تفکر بحرانی، تفکر خلاق، کارِ گروهی و مهارت‌های مدیریتی برای استفاده مناسب از دانش کسب شده آنها، نیازمند استفاده از راهبردهای نوین آموزشی در دانشگاه‌هاست. برگزاری کارگاه‌ها و ارائه‌های آموزشی برای آشنا ساختن هر چه بیشتر استادان با راهبردهای آموزش نوین مبتنی بر تحقیق، تشویق استادان به انجام دادن بحث‌های آموزشی به‌صورت پیوسته با همکاران خود درباره روش تدریس راهکارهای مؤثری در این زمینه است.

تغییر برنامه درسی دانشگاه‌ها به‌طور مداوم و ارزیابی آن برای به‌روز نگه داشتن دروس و تحقیقات دانشگاهی با دانش روز جهان و نیز هماهنگ‌سازی آن با نیازهای روز صنعت کشور امری لازم و ضروری است.

مطالعه حاضر نشان داد که در برنامه درسی رشته مهندسی شیمی در کشور، با تأکید بر داشتن نقاط قوت، خلأهایی نیز مشاهده می‌شود که از جمله می‌توان به نبود هماهنگی برنامه درسی با نیازهای روز صنعت اشاره کرد. یافتن مشکلات و نیازهای صنعت کشور و گنجاندن دروس مرتبط با آنها در برنامه درسی و هدفمندسازی پژوهش‌های دانشگاهی علاوه بر افزایش دانش و مهارت دانشجویان، گسترده‌تر کردن دید عملی آنها و آماده‌سازی دانشجویان برای ورود به بازارکار، در به‌روز نگه‌داشتن صنعت کشور و افزایش توسعه و رشد اقتصادی می‌تواند بسیار مفید واقع شود که لازمه این امر ایجاد ارتباط نزدیک بین صنعت و دانشگاه است.

پرداختن به موضوعات و معضلات جهانی در قالب برنامه درسی و پژوهش‌های دانشگاهی و افزایش اطلاعات دانشجویان در این زمینه‌ها نیز ضروری به نظر می‌رسد. در این میان، مباحث دانش بیو (علوم زیستی) به‌طور فزاینده در دانشگاه‌های مطرح جهان رو به گسترش است و توجه بیشتر به این گرایش

1- Psychomotor and Sensory Awareness

در کشور می‌تواند به همگام‌سازی تحقیقات دانشگاهی کشور با پژوهش‌های به‌روز دنیا کمک کند.

از دیگر نتایج این تحقیق توجه بیشتر به واحدهای آزمایشگاهی دروس مهندسی شیمی و در نظر گرفتن واحد آزمایشگاه تا حد مقدور برای دروس اصلی این رشته بود که اثر چشمگیر آن در بالا بردن قابلیت‌های ذهنی و حسی دانشجویان و آماده‌سازی آنها برای ورود به بازار کار اثبات شده است.

استفاده از فناوری‌های آموزشی به‌روز در آموزش مهندسی مانند استفاده از آزمایشگاه‌های مجازی و وب‌لب‌ها و آموزش نرم‌افزارهای تخصصی، به‌ویژه برای دروسی که امکان برگزاری عملی واحدهای آزمایشگاهی وجود ندارد، علاوه بر مزیت کاهش هزینه، افزایش دانش، مهارت‌های فردی و گروهی دانشجویان را به همراه دارد.

در نهایت، در کنار دروس تخصصی مهندسی شیمی می‌توان دروسی مانند مهارت‌های ارتباطی، اصول اخلاقی تحقیق، روش‌های تحقیق و ایمنی، بهداشت و محیط زیست را نیز در برنامه درسی این رشته برای تربیت مهندسانی اخلاق‌مدار و مسئولیت‌پذیر با قابلیت‌های علمی و عملی بالا و دارای مهارت‌های ارتباطی و کار گروهی گنجاند.

References

- Bordogna, J. (1997). Making connections: The role of engineers and engineering education. Retrieved from: https://www.nae.edu/Publications/Bridge/EngineeringCulture/MakingConnectionsThe Role of Engineers and Engineering Education. aspx.
- Borrego, M., Cutler, S., Tech, V., Froyd, J., Prince, M., & Henderson, C. (2011). Faculty use of research based instructional strategies. Proceedings of the 2011 AAEE Conference, Fremantle, Western Australia, 448-453.
- Borrego, M., Froyd, J. E., & Hall, T. S. (2010). Diffusion of engineering education innovations: A survey of awareness and adoption rates in US engineering departments. *Journal of Engineering Education*, 99(3), 185-207.
- Bourne, J., Harris, D., & Mayadas, F. (2005). Online engineering education: Learning anywhere, anytime. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 131-146.
- Bridges, D. (2000). Back to the future: The higher education curriculum in the 21st century. *Cambridge Journal of Education*, 30(1), 37-55.
- Chang, V., & del Alamo, J. (2002). Collaborative webLab: Enabling collaboration in an online laboratory. Paper presented at the World Congress on Networked Learning in a Global Environment.
- Chizari, M. (Translator) (1996). Planning for effective training: A guide to curriculum development. Wentling TL (Author). Tarbiat Modares University (in Persian).
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education. The CDIO Approach, 302, 60-62.
- Fathi Vajargah, K., & Shafiee, N. (2007). Assessment of the university curriculum's quality (case study for adults' teaching curriculum). *Periodical of Curriculum Studies*, 1(5), 1-26 (in Persian).
- Favre, E., Falk, V., Roizard, C., & Schaer, E. (2008). Trends in chemical engineering education: Process, product and sustainable chemical engineering challenges. *Education for Chemical Engineers*, 3(1), 22-27.
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education.

Journal of Engineering Education, 94(1), 121-130.

- Felder, R. M., & Brent, R. (1999). FAQs. II (a) Active learning vs. covering the syllabus; (b) Dealing with large classes. *Chemical Engineering Education*, 33(4), 276–277.
- Flansburg, L. (1972). Teaching objectives for a liberal arts physics laboratory. *American Journal of Physics*, 40(11), 1607-1615.
- Ganjizade, A., Vahidi, O., & Ashrafizadeh, S. (2017). Biology; A new main element in chemical engineering transition from "Chemical" to "Chemical and Biological" engineering Part 1: Necessity, curriculum's and research areas. *Iranian Journal of Engineering Education*, 19(74), 1-22 (in Persian).
- Ghorbani F., Rahkar Farshi, M., & Valizadeh, L. (2015). Comparison of Master's curriculum of pediatric nursing in Iran and United States. *Journal of Nursing Education*, 4 (3), 41-47 (in Persian).
- Henderson, C., & Dancy, M. H. (2007). Barriers to the use of research-based instructional strategies: The influence of both individual and situational characteristics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3(2), 020102.
- Henshaw, R. (1991). Desirable attributes for professional engineers. Paper presented at the Broadening Horizons of Engineering Education, 3rd Annual Conference of Australasian Association for Engineering Education.
- Iles, P. (2001). Leadership and leadership development: Time for a new direction? *The British Journal of Administrative Management*, 27(12), 22–23.
- Kheradmandinia, S., & Sotudeh Gharebagh, R. (2018). Complementary skill educations for chemical engineers from engineering consultant company's view perspective. *Iranian Journal of Engineering Education*, 20(77), 1-17 (in Persian).
- Kirschner, P., & Meester, M. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17(1), 81-98.
- Kyllonen, P. C. (2012). The importance of higher education and the role of noncognitive attributes in college success. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educacional Latinoamericana*, 49(2), 84-100.
- Memarian, H. (2011). Deficiencies of Iran's engineering education programs. *Iranian Journal of Engineering Education*, 13(51), 53-74 (in Persian).
- Mills, J. E., & Treagust, D. F. (2003). Engineering education- Is problem-based or project-based learning the answer. *Australasian Journal of Engineering Education*, 3(2), 2-16.
- Momeni Mahmuee, H. (2011), Pathology of curriculum evaluation in higher education. *Iranian Quarterly of Education Strategies*, 4(2), 95-100 (in Persian).
- Taheri, M., & Rahimi, A. (2004). Basic change in chemical engineering education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 6(21), 7-15 (in Persian).
- Tejareh, S., & Mottaghipour, M. (2016). Developing green design course for engineering students. *Iranian Journal of Engineering Education*, 18(70), 37-54 (in Persian).
- Prince, M., Borrego, M., Henderson, C., Cutler, S., & Froyd, J. (2013). Use of research-based instructional strategies in core chemical engineering courses. *Chemical Engineering Education*, 47(1), 27-37.
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138.
- Schulz, B. (2008). The importance of soft skills: Education beyond academic knowledge. *Journal of Language and Communication*, 146-153.
- Selmer, A.;, Kraft, M., Moros, R., & Colton, C. (2007). Weblabs in chemical engineering education. *Education for Chemical Engineers*, 2(1), 38-45.
- Shakir, R. (2009). Soft skills at the Malaysian institutes of higher learning. *Asia Pacific Education Review*, 10(3), 309-315.
- Stark, J. S., & Lattuca, L. R. (1997). *Shaping the college curriculum: Academic plans in action*. Boston, Allyn and Bacon.

- Woods, D. R., Felder, R. M., Rugarcia, A., & Stice, J. E. (2000). The future of engineering education III. Developing critical skills. *Journal of Chemical Engineering Education*, 34(2), 108–117.
- Woods, D. R., Hrymak, A. N., Marshall, R. R., Wood, P. E., Crowe, C. M., Hoffman, T. W., & Bouchard, C. K. (1997). Developing problem solving skills: The McMaster problem solving program. *Journal of Engineering Education*, 86(2), 75-91.
- Wright, M. (2005). Always at odds?: Congruence in faculty beliefs about teaching at a research university. *The Journal of Higher Education*, 76(3), 331-353.
- Yarmohammadiyan M. H. (2015) *Principles of Curriculum planning*. Tehran: Yadvarh Ketab (in Persian).
- Zohoor, H., & Khalaj, M. (2010). Pillars of engineering ethics. *Iranian Journal of Engineering Education*, 12(46), 83-97 (in Persian).

جعفرصادق: مقدس متولد ۱۳۴۴ شهرستان سلماس مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را از دانشگاه تهران و مدرک دکتری خود را از دانشگاه لوند کشور سوئد در رشته مهندسی شیمی دریافت کرده است. ایشان از سال ۱۳۷۰ به عنوان عضو هیأت علمی در دانشگاه صنعتی سهند مشغول فعالیت شده و هم اکنون استاد تمام دانشکده مهندسی شیمی این دانشگاه هستند. در کنار فعالیت‌های آموزشی، اجرایی و پژوهشی ایشان بیش از ۱۷۰ مقاله معتبر علمی ملی و بین المللی منتشر کرده‌اند.

مهسا تقوی: دانشجوی مقطع دکتری رشته مهندسی شیمی در دانشگاه صنعتی سهند بوده و در زمینه مکانیک سیالات و جریان‌های چندفازی مشغول به تحقیق است. وی قسمتی از تحقیقات خود را در دانشگاه هیوستون کشور آمریکا به انجام رسانده است.