

## آموزش‌های تکمیلی برای مهندسان شیمی از نگاه مهندسان مشاور

شاگردمندی‌نیا<sup>۱</sup> و رحمت ستوده قره‌باغ<sup>۲</sup>

**چکیده:** امروزه پذیرش در آزمون‌های رشته‌های مهندسی تضمینی برای ورود به بازار کار و یافتن شغل مناسب نیست و بزرگ‌ترین دغدغه دانش‌آموخته‌گان مهندسی به‌ویژه مهندسی شیمی یافتن شغل متناسب با تحصیلات دانشگاهی است. به نظر می‌رسد گسترده بودن صنعت و فاصله نیازهای صنایع با آموزش‌های دانشگاهی مهم‌ترین علت عدم آشنایی دانشجویان با زمینه‌های کاری است. در این بحث، ابتدا دست‌بندی فرصت‌های شغلی بازار کار ایران برای مهندسان شیمی معرفی شده و سپس زمینه اشتغال در شرکت‌های مهندسی طراح و مشاور، پروژه‌های طراحی و ساخت مجموعه‌های صنعتی به‌تفصیل بررسی شده است. با توجه به نیازهای فرایندی طراحی یک پروژه، نقش مهندسان شیمی و مهارت‌های موردنیاز در مراحل مختلف طراحی شمرده شده است و در هر بخش پیشنهادهایی برای ارائه برخی آموزش‌های اولیه در دانشکده‌های مهندسی ارائه شده است. ارائه این آموزش‌ها، شناخت دانشجویان از فرصت‌های شغلی در صنایع کشور را بالا برده و موجب انتخاب آگاهانه زمینه شغلی آینده آنها شده و به مطالعات و کسب مهارت‌های جنبی دانشجویان جهت خواهد داد.

**واژه‌های کلیدی:** رشته مهندسی شیمی، آموزش دانشگاهی، پروژه‌های صنعتی، مهندس فرایند، مهارت‌های طراحی

۱. دکتری مهندسی شیمی و کارشناس ارشدگروه صنعتی مینا، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). kheradmandi\_sh@mapnamd3.com

۲. استاد دانشکده مهندسی شیمی پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران. sotudeh@ut.ac.ir

## ۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین مشکلات آموزش مهندسی در ایران عدم تناسب آموزش‌های دانشگاهی با الزامات و استانداردهای صنایع و نیز الزامات بازار کار است که فاصله زیاد این الزامات و انتظارات صنعت با دانش و مهارت کم دانش‌آموخته‌گان جویای کار مؤید این مسئله است. این مشکلات در خصوص برخی رشته‌های صنایع ساختمانی مثل عمران و مکانیک، و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات چندان محسوس نیست، علت آن فاصله کم صنایع ساختمانی، رایانه و فناوری اطلاعات با درس‌ها و آموزش‌های دانشگاهی این رشته‌ها است؛ به نحوی که یک دانش‌آموخته فناوری اطلاعات با توجه به سرعت روزافزون تغییرات فناوری و هماهنگی واحدهای آموزشی با این تغییرات، به محض فراغت از تحصیل و حتی در حین تحصیل نیز می‌تواند مشغول به ارائه خدمات و تولید محصول در این صنعت شود. در صنایع ساختمانی نیز با اینکه سرعت تغییرات فناوری نسبتاً کند است ولی تقریباً علوم دانشگاهی همگام با فناوری موجود بوده و دانسته‌های یک مهندس عمران تازه دانش‌آموخته متناسب با نیازهای بازار کار است؛ اما در خصوص رشته مهندسی شیمی با توجه به گستردگی علوم این رشته و صنایع مرتبط با آن تفاوت بسیاری میان مهارت یک دانش‌آموخته و نیازهای بازار کار وجود دارد.

مهندسی شیمی نخستین بار توسط در سال ۱۸۸۱ در دانشگاه ام‌آی‌تی<sup>۱</sup> و در دانشکده مهندسی مکانیک تحت‌عنوان شیمی صنعتی تدریس شد. سابقه این رشته در ایران بیش از ۸۰ سال است و ابتدا در دانشگاه‌های تهران و امیرکبیر پایه‌گذاری شد، اما برنامه درسی آن زمان هنوز با برنامه واقعی مهندسی شیمی تفاوت داشت و درس‌هایی مانند «انتقال حرارت»، «انتقال جرم» و «طراحی رآکتور» در سرفصل درس‌ها گنجانده نشده بود و تنها درس‌های ویژه مهندسی شیمی همانند «تقطیر»، «جذب» و «ترمودینامیک» ارائه می‌شد. در ادامه دانشگاه‌های شیراز و شریف نیز این رشته را ایجاد کردند که برنامه درسی این دانشگاه‌ها مطابق واحدهای درسی رشته مهندسی شیمی امروزی بود (<http://che.sharif.ir>). در ابتدای ورود رشته مهندسی شیمی به ایران، درس‌ها این رشته براساس نیاز صنایع خاصی مثل صنایع شیمیایی یا نیازهای صنعت نفت بوده است و درس‌های دانشگاه‌های مختلف با همدیگر تفاوت زیادی داشته و درس‌های عملی و کارآموزی در صنعت نفت و صنایع شیمیایی بخش زیادی از واحدهای درسی را تشکیل می‌داده است (رحیمی و آقامیری، ۱۳۸۴).

البته روند آموزش تمام علوم مهندسی در دنیا نشان می‌دهد دوره‌های اولیه درس‌های مهندسی مبتنی بر آموزش‌های عملی بوده که توسط مهندسان باتجربه صنعتی ارائه می‌شد و در ادامه با گسترش دانشگاه‌های مهندسی و افزایش درس‌های پایه و نظری، فاصله کمی میان صنعت و دانشگاه

---

1. Massachusetts Institute of Technology(MIT)

ایجاد شد که دانشجویان، که عموماً از قشر باهوش جامعه بودند، با طی دوره‌های کوتاه‌مدت در صنعت این فاصله را جبران می‌کردند. امروزه با توسعه روزافزون صنایع و همچنین گسترش علوم پایه و نظری روند آموزش مهندسی در دنیا تلفیقی از علوم نظری و عملی است (مطهری‌نژاد، ۱۳۹۲). البته ارزیابی کیفیت آموزش مهندسی شیمی و پیش‌بینی آموزش‌های لازم و تعداد دانش‌آموختگان این رشته برای آینده صنایع کشورها در دوره‌های زمانی ضروری است (Molzahn, 2004).

اولین مطالعه مدون برای ارزیابی نیازهای آموزش مهندسی توسط دکتر ژوزف کستن<sup>۱</sup> در سال ۱۳۴۷ برای دانشکده فنی دانشگاه تهران انجام گرفت (جهانشاهی، ۱۳۴۷). این مطالعه با مقایسه وضعیت مهندسی در ایران و آمریکا تأکید می‌کند که برخلاف آمریکا که صنایع گسترده و درون‌زا هستند، در ایران صنایع کوچک‌اند و مهندسان توسعه صنایع را بر عهده دارند لذا صنایع انتظار رهبری فنی از مهندسان دارند درحالی‌که در آمریکا مهندسان باید دانش‌های پایه را گسترش دهند و صنایع از این دانش‌های پایه مهندسی برای گسترش فناوری‌های صنعتی استفاده می‌کنند. کستن برنامه‌های آموزش عالی را بر دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌کند: در نوع اول (شامل کشورهای آلمان، سوئیس، اروپای شرقی و شوروی سابق) اعتقاد بر این است که دانشجویان باید بلافاصله پس از اتمام تحصیل توانایی رهبری فنی صنایع را بر عهده بگیرند؛ لذا آموزش مهندسی باید در یک زمینه تخصصی و بیشتر به صورت عملی ارائه شود. در روش دوم (اکثر کشورهای غربی) مهندسان باید دانش پایه مهندسی را بیاموزند و رهبری صنعت را در آینده‌ای دورتر از اتمام تحصیل و پس از ورود و به‌کارگیری علوم در یک صنعت به دست گیرند. روش اول مستلزم وجود بستر و آزمایشگاه‌های گسترده در نظام آموزش عالی است و سرعت انطباق لازم با گسترش صنعت را ندارد. روش دوم نیز تقریباً متناسب با شرایط صنعتی کشورهای پیشرفته است و همانطور که گفته شد، صنایع در فناوری پیشرو بوده و مهندسان مسئول توسعه دانش‌های پایه هستند. همچنین، در این روش مشکل کارایی پس از اتمام تحصیل نیز وجود خواهد داشت. طبق این مباحث کستن پیشنهاد می‌کند که پس از اتمام دوره لیسانس، دوره فوق لیسانس برای آموزش مهارت‌های صنعتی اختصاص یابد و درجه مهندسی پس از اتمام این دوره به دانش‌آموختگان اعطا شود.

علی‌رغم اینکه مطالعات کستن مربوط به سال ۱۳۴۷ است لکن صنایع مربوط به رشته مهندسی شیمی همچنان کوچک و محدودند بوده و از نظر فناوری‌های مدرن روز وابسته به خارج هستند. این در حالی است که بررسی‌ها نشان می‌دهد، درس‌های ارائه‌شده در دانشکده‌های مهندسی شیمی کشور در زمینه‌های مشترک و پایه مثل مباحث انتقال جرم، ترمودینامیک، رآکتور، پدیده‌های انتقال،

---

1. Joseph Casten

عملیات واحد، کنترل و ... تقریباً مشابه و هماهنگ با دانشگاه‌های معتبر دنیا است اما در زمینه دروس‌های تخصصی و آموزش فناوری‌های روز مهندسی شیمی، کاستی‌های زیادی در محتوا و نحوه آموزش در دانشگاه‌های ایران دیده می‌شود (معصومی و ستوده، ۱۳۹۰). این در حالی است که در کشورهای پیشرفته مطالعات بسیاری جهت بازبینی آموزش‌های مهندسی شیمی به‌منظور پرورش متخصص در صنایع مختلف در حال انجام است (Byrne, 2006; Campbell et al., 2016) و تلاش می‌شود از تجهیزات مدرن و الگوهای کار تیمی برای درک مفاهیم درسی و کسب مهارت استفاده شود (Belton, 2016; Najdanovic-Visak, 2017). لذا با توجه به تغییرات فناوری، به‌وجود آمدن عرصه‌های جدید علمی و صنعتی، الزامات جهانی‌سازی، مسائل میان‌رشته‌ای و تأثیر سرمایه و اقتصاد بر آموزش بهتر است واحدهای درسی و نحوه آموزش مهندسی شیمی در ایران نیز هر چند سال یک‌بار بازبینی شود و نیازهای بازار کار کشور و آمادگی دانش‌آموختگان مد نظر قرار گیرد (Gomes et al., 2006; Shallcross, 2006)

فاصله صنعت ایران از فناوری‌های مدرن دنیا و عدم تدریس واحدهای کاربردی مرتبط با صنعت موجود در کشور از یک طرف و گستردگی صنایع مرتبط با رشته مهندسی شیمی از طرف دیگر، باعث افزایش شکاف میان آموزش‌های دانشگاهی و مهارت‌های لازم در صنعت شده است؛ به‌گونه‌ای که دانشجویان مباحثی از علوم نظری و طراحی و محاسبات تجهیزات پیشرفته مهندسی شیمی را آموزش می‌بینند که عملاً در هیچ صنعت داخلی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و از طرفی، بسیاری از مفاهیم ابتدایی صنایع موجود در دانشگاه تدریس نمی‌شود و دانش‌آموختگان مهندسی شیمی فاقد مهارت‌های کاربردی موردنیاز شرکت‌های مهندسی هستند. البته در سال‌های اخیر درس‌های بسیار تخصصی و به‌روز از صنایع خاصی مثل نفت و ... ارائه شده و این تخصصی شدن درس‌های بر حسب صنعت، منجر به ایجاد رشته‌های جدید در دانشکده‌های مهندسی شیمی شده و رشته‌های جدیدی مثل مهندسی نفت و بسیار و بیوتکنولوژی و ... که پیشتر به‌عنوان گرایشی از مهندسی شیمی شناخته می‌شدند، به وجود آورده است.

توسعه روزافزون علوم تخصصی مرتبط با مهندسی شیمی بدون امکان حذف واحدهای درسی موجود از مهم‌ترین مسائل روز دانشکده‌های مهندسی شیمی است و ایجاد توازن میان واحدهای درسی و پیشرفت‌های صنعتی از دغدغه‌های اصلی دانشکده‌های بزرگ مهندسی شیمی در دنیا است (Voronov et al., 2017).

مطالعاتی که در خصوص مشکلات آموزش مهندسی شیمی و لزوم تغییرات در درس‌ها و واحدهای عملی رشته‌های مهندسی در ایران انجام شده است عموماً از منظر دانشگاه و توسط استادان دانشگاهی انجام گرفته است (دوامی، ۱۳۹۵؛ رحیمی و آقامیری، ۱۳۸۴؛ مطهری‌نژاد، ۱۳۹۲، جهانشاهی، ۱۳۴۷؛ معصومی و ستوده، ۱۳۹۰) و به نظر می‌رسد مطالعات مدونی در خصوص نحوه آموزش رشته مهندسی شیمی بر حسب نوع مشاغل و نیاز صنایع مختلف از دیدگاه نیازهای بازار کار در دسترس نیست؛ لذا در این مقاله، ابتدا در خصوص جایگاه مهندسی شیمی در صنعت به‌طور کلی

بحث شده و مهارت‌ها و آموزش‌های موردنیاز دانش‌آموخته‌گان مهندسی شیمی بر حسب نوع مشاغل و بازار کار این رشته مورد بحث و بررسی قرار گرفته است و در نهایت صرفاً مهارت‌های موردنیاز مهندسان فرآیند در شرکت‌های مشاوره برای طراحی پروژه‌های صنعتی به تفصیل آورده شده است.

## ۲. موقعیت‌های شغلی مهندسی شیمی

به طور کلی، دانش‌آموخته‌گان رشته‌های مهندسی شیمی می‌توانند در موقعیت‌های شغلی زیر شروع به کار نمایند:

- کارآفرینی و ابداع یک صنعت یا محصول و تحقیق و توسعه: در میان زمینه‌های شغلی مهندسان شیمی، کارآفرینی و تحقیق و توسعه بیشترین قرابت را با آموزش‌های دانشگاهی داشته و مهندسان شیمی می‌توانند بلافاصله پس از دانش‌آموختگی یا حتی در اواخر تحصیل در این زمینه‌ها مشغول به کار شوند. تشکیل واحدهای خوداتکایی و شهرک‌های رشد در مراکز دانشگاهی و پژوهشی در راستای کمک به کارآفرینی و پرورش ایده‌های دانش‌آموختگان است.
- ممیزی انرژی و مواد و بهینه‌سازی واحدهای صنعتی: با توجه به افزایش رقابت برای بهره‌وری و همچنین سختگیرانه شدن استانداردهای محیط‌زیستی، واحدهای کوچک و متوسط صنعتی، که معمولاً از سیستم‌ها و فناوری‌های قدیمی استفاده می‌کنند، نیازمند به‌روزرسانی کیفی و همچنین کاهش مصرف آب و انرژی و کاهش تولید آلاینده‌ها هستند همچنین، یکی از جذاب‌ترین زمینه‌های کاری مهندسان شیمی، تعریف پروژه‌های بهینه‌سازی برای این بخش از صنعت است که البته در این زمینه هم نیاز به تجربه و تسلط کافی بر واحد موردنظر و آخرین استانداردها و فناوری‌های روز است.
- تعمیر و نگهداری از واحدهای صنعتی یا تجهیزات صنعتی: این امور معمولاً توسط فن‌ورزان<sup>۱</sup> انجام می‌شود و در موارد پیچیده‌تر بیشتر زمینه کاری مهندسان مکانیک است و اگرچه آمار قابل استنادی در خصوص زمینه‌های کاری دانش‌آموخته‌گان مهندسی شیمی در دست نیست، اما به نظر می‌رسد جز موارد خاص تعمیر و نگهداری فرصت شغلی مطلوبی برای مهندسان شیمی نیست.
- ساخت تجهیزات صنعتی: در کشورهای جهان سوم معمولاً با انتقال فناوری و مونتاژ آغاز و دانش لازم نیز به‌عنوان دانش فنی منتقل می‌شود. در ایران نیز با توجه به محدودیت در انتقال فناوری‌های پیشرفته، اغلب ساخت اقلام حجیم فلزی<sup>۲</sup> یا تجهیزات ساده‌تر مثل مخازن،

۱. برابر نهاد واژه «تکنسین»، مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی

۲. تجهیزاتی از قبیل لوله، اتصالات، کابل‌ها، ورق‌های فلزی و Bulk Materials...

مبدل‌ها، شیرها، پمپ‌های معمولی و ... صورت می‌گیرد و در زمینه تجهیزات دوآر پیچیده یا تجهیزات اصلی مهندسی شیمی مثل برج‌ها، رآکتورها، کاتالیست‌ها و ... هنوز به سازندگان خارجی وابسته است و ساخت تجهیزات صنعتی به دلایل مذکور، زمینه محدودی است که دانش مربوطه نیز معمولاً در واحدهای تولیدکننده موجود است. البته کمبود واحدهای درسی برای آشنایی با استانداردهای ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی طراحی و ساخت تجهیزات مهندسی شیمی در دانشگاه‌ها محسوس است.

- بازرگانی تأمین و فروش خدمات و کالاهای مهندسی و همچنین بازرسی تجهیزات: یکی از زمینه‌های فرعی اشتغال به کار مهندسان شیمی است که انتظار نمی‌رود آموزش‌های مستقیم در این خصوص در دانشکده‌های مهندسی شیمی ارائه شود و طبیعتاً نیاز به دانش‌های موازی برای کسب مهارت در این زمینه‌ها بوده، لذا خارج از بحث این مقوله است؛ لکن می‌توان دانشجویان را با این بخش آشنا و به سمت مطالعات اقتصادی و آموزش‌های جنبی هدایت کرد. امور بازرگانی گرایش مطلوبی برای ادامه تحصیل پس از کارشناسی مهندسی شیمی نیز است.

- مدیریت: رشته مهندسی شیمی به‌علت تمام پدیده‌های انتقال و همچنین علوم پایه مهندسی و انتقال جرم به نوعی پایه طراحی اکثر پروژه‌ها و صنایع است که در بخش بعد بحث خواهد شد. لکن به همین علت، اکثر مدیران در صنعت نفت و گاز و صنایع مادر، دانش‌آموخته مهندسی شیمی هستند. البته مدیریت نیاز به کسب تجربه داشته دارد و به‌عنوان شغل پس از دانش‌آموختگی به‌طور معمول در دسترس نیست؛ لکن گذراندن دوره‌های مدیریت پروژه، مدیریت استراتژیک و مدیریت بازرگانی برای مهندسان شیمی بسیار راه‌گشا خواهد بود.

- بهره‌برداری از واحدهای صنعتی: فقدان مهارت‌های کاربردی در این بخش به ویژه در صنایع بزرگ محسوس‌تر است؛ لذا پس از راه‌اندازی واحدهای صنعتی، آموزش‌های لازم برای بهره‌برداری از این واحدها به کارکنان بهره‌برداری داده می‌شود. در صنایع نفت و گاز و مجتمع‌های پتروشیمی و شیمیایی تمام مسائل بهره‌برداری در دوره‌های بدو استخدام آموزش داده می‌شود و پس از گذراندن دوره آزمایشی، مهندسان شروع به کار می‌کنند. بنابراین بهره‌برداری واحدهای صنعتی متکی بر آموزش‌های پایه دانشگاه و دستورالعمل‌های خود صنعت مربوطه خواهد بود و به نظر می‌رسد در این زمینه دانشکده‌های مهندسی شیمی جای کار زیادی ندارند.

- در نهایت آخرین نوع حرفه برای مهندسان شیمی حضور در مراحل طراحی، خرید، اجرا و راه اندازی پروژه‌های صنعتی است که در ادامه به تفصیل بررسی می‌شود.

### ۳. پروژه‌های صنعتی

بخش عمده‌ای از دانش‌آموختگان مهندسی شیمی جذب شرکت‌های مهندسی مشاور می‌شوند که فعالیت اصلی این شرکت‌ها حضور در طراحی و ساخت پروژه‌های صنعتی است. این شرکت‌ها معمولاً سه دسته هستند: شرکت‌های طراحی، مشاور و نصاب که در دفتر طراحی و هم‌زمان در سایت پروژه حضور دارند. از آنجا که رشته مهندسی شیمی ماهیت طراحی دارد، بنابراین مهندسان شیمی تقریباً در شرکت‌های نصاب و سایت حضور ندارند. در حالی که نقش مهندسان شیمی در طراحی پروژه بسته به مرحله پروژه و نوع پروژه بسیار مؤثر و برجسته است. پروژه‌های صنعتی در سه مرحله کلی مطالعات امکان‌سنجی<sup>۱</sup>، طراحی پایه<sup>۲</sup> و طراحی تفصیلی<sup>۳</sup> طراحی می‌شوند و پیشرفت هر مرحله منوط به تأیید مرحله قبل است که در ادامه بحث، دانش و مهارت‌های لازم برای هر بخش به تفصیل بررسی می‌شود.

مطالعات امکان‌سنجی: مطالعه اقتصادی بودن هر پروژه، که معمولاً به سفارش سیاست‌گذاران اقتصادی یا سرمایه‌گذار انجام می‌گیرد، اصول اولیه محاسبات اقتصادی بودن یک پروژه، اعم از هزینه‌های ثابت و در گردش سرمایه‌گذاری، هزینه‌های تولید، بازگشت سرمایه و ... در درس اقتصاد مهندسی به خوبی تدریس می‌شود. اما ملاحظات بیشتری برای اقتصادی بودن یک پروژه باید در نظر گرفته شود. برای برآوردهای دقیق‌تر نیاز به آشنایی با منابع آماری یک صنعت و توان استخراج آمار به روز از احجام تولید و مصرف در ایران و دنیا، فناوری‌های موجود و در دسترس، واردات و صادرات، قیمت مواد اولیه، قیمت محصول یا خدمات، قیمت حامل‌های انرژی اعم از سوخت، برق و بخار، قیمت صنایع جانبی مثل هوای فشرده، اکسیژن، نیتروژن، آب دمین، وضعیت نیروی کار و در نهایت مجوزهای زیست‌محیطی و نحوه دفع پساب در منطقه مورد نظر است. پارامترهای جغرافیایی مثل فاصله از مواد اولیه و بازار مصرف، دسترسی به راه‌آهن و بنادر و جاده‌ها، نزدیکی به خطوط گاز و منابع آب و شرایط آب و هوایی تأثیر زیادی بر انتخاب محل پروژه و هزینه‌های تمام‌شده دارد. آشنایی

- 
1. Feasibility Study
  2. Basic Design
  3. Detailed Design

با این مباحث می‌تواند به صورت یک درس اختیاری یا به عنوان یک پروژه عملی گروهی در کنار سایر واحدهای درسی به دانشجویان آموزش داده شود. طراحی پایه: پس از به نتیجه رسیدن مطالعات امکان‌سنجی و تأیید فناوری و سایر شرایط اجرای پروژه طراحی پایه شروع می‌شود. نقش مهندسان شیمی، که در صنعت مهندس فرایند گفته می‌شود، در این مرحله از پروژه بسیار مهم است و بخش اصلی طراحی پایه توسط بخش فرایند انجام می‌گیرد. تعیین استانداردهای مورد استفاده در طراحی، شرایط طراحی، توازن جرمی و انرژی واحد، ظرفیت تجهیزات اصلی، انتخاب جنس تجهیزات و لوله‌ها، شارش<sup>۱</sup> جریان‌های اصلی و کنترل‌های اصلی فرایندی بخش اصلی طراحی پایه محسوب می‌شود. امکان دارد در این مرحله طراحی و تخمین ابعاد و اندازه تمامی تجهیزات و خطوط لوله و نیز کنترل‌های واحدها به صورت مدارک اولیه انجام شود که موارد مذکور در قالب مدارک مهندسی زیر انجام می‌گیرد:

- Block Flow Diagram (BFD)
- Design Basis and Criteria
- Process Flow Diagrams (PFD)
- Simulation Flow Diagram (SFD)
- Control Philosophy
- Piping & Instrument Diagrams (P&ID)
- System Descriptions

در مرحله پایه جانمایی و تعیین مشخصات ابعادی اولیه پروژه نیز انجام می‌گیرد که بیشتر مربوط به مهندسی عمران است. نکته قابل توجه در طراحی پروژه صنعتی تفاوت شرح کار فرایند با سایر گروه‌های مهندسی درگیر در پروژه است که نیازهای خاص آموزشی این گروه را نشان می‌دهد. به عنوان مثال، مهندسان عمران مسئول آماده‌سازی زمین، ساختمان‌ها و زیرساخت‌های و ابنیه تجهیزات در همه پروژه‌ها هستند و استانداردها و شرایط طراحی آنها مستقل از نوع پروژه است، اما مهارت و استانداردهای طراحی فرایند هر پروژه مختص خود بوده و بستگی به زمینه پروژه دارد. در کشور ما، اکثر پروژه‌های صنعتی مربوط به مهندسی شیمی، در یکی از گروه‌های کلی زیر دسته‌بندی می‌شوند: نفت (بالادست، ذخیره‌سازی و پالایشگاهی)، گاز، پتروشیمی، نیروگاهی، واحدهای جانبی<sup>۲</sup>، خطوط انتقال، تقویت

۱. برابر نهاد فارسی واژه «دبی»، مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی

۲. شامل تأسیسات جانبی پروژه‌های بزرگ مثل هوای فشرده، نیتروژن، اکسیژن، بخار، شیرین سازی آب، سیستم‌های خنک‌کن، شبکه فلر (Flare) و Utility...



فشار و تلمبه‌خانه، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی، بهداشتی و سلولزی، دارویی، تصفیه آب و پساب، ایمنی و آتش‌نشانی، انرژی‌های نو.

همانگونه که ملاحظه می‌شود، در هر کدام از دسته‌بندی‌های، نوع مواد موجود در فرایند، ترکیبات متفاوت با خواص فیزیکی مختلف است که در دما و فشارهای مختلف عمل‌آوری می‌شود. لذا استانداردهای طراحی و الزامات فنی برای هر گروه متفاوت بوده و بر خلاف سایر رشته‌های مهندسی و باتوجه‌به نوع پروژه، زمینه تخصصی و مهارت‌های مهندسان فرایند با یکدیگر تفاوت دارد و عبارات مهندس طراح فرایندهای نفت، مهندس طراح فرایندهای گاز، مهندس طراح آب، مهندس طراح پتروشیمی، مهندس طراح آتش‌نشانی و ... در صنعت کاملاً مرسوم است. به‌عنوان مثال، در ساده‌ترین پروژه یک خط انتقال مایع یا گاز را با یک تجهیز پمپ یا فشرده‌ساز<sup>۱</sup> در نظر بگیرید که برای انتقال آب شیرین، سیال دوفازی، گاز طبیعی، نفت خام، آب دریا، محصولات پتروشیمی، آب آتش‌نشانی و ... مورد استفاده قرار خواهد گرفت. کاربری پروژه و نوع سیال، فاز سیال، دما، فشار و شارش آن الزامات فنی مختلفی را ایجاد می‌کند که متخصص فرایند مربوط به خود را نیاز داشته و استانداردهای متفاوتی نیز برای طراحی آنها تدوین شده‌است که در جدول ۱ برخی از این استانداردهای پرکاربرد در صنعت ایران فهرست شده است. این در حالی است که مشخصات فرایندی اعم از اندازه، جنس، الزامات هیدرولیک و سایر شرایط این خط لوله، که توسط طراح فرایند تعیین می‌شود، به‌عنوان اطلاعات ورودی برای سایر گروه‌های مهندسی بوده و طراحی این گروه‌ها مستقل از نوع کاربری خط لوله است؛ بنابراین استانداردهای لازم برای این گروه‌ها نیز در همه پروژه‌ها تقریباً یکسان است.

با توجه به مباحث فوق، دانش‌آموخته‌گان مهندسی شیمی پس از ورود به بازار کار با مبانی و نظریه‌های جدیدی آشنا می‌شوند و پس از فراگیری صنعت مربوطه، تخصص طراحی و کار می‌یابند، به عبارت دیگر در ابتدای ورود به بازار کار مهارت شغلی مناسب برای هیچ زمینه‌ای از تخصص‌های مهندسی فرایند را ندارند. مسئله بعدی، که از عدم شناخت زمینه‌های کاری ناشی می‌شود، انتخاب زمینه کاری بدون آگاهی، اختیار و احتمالاً علاقه است، چون در بدو استخدام، وارد هر پروژه‌ای شوند معمولاً، در همان زمینه ادامه کار داده و مهارت پیدا می‌کنند. پس ضروری است که دوره‌های آشنایی با زمینه‌های کار صنعتی همراه با مبانی طراحی و استانداردهای مرتبط با گروه‌های اصلی پروژه‌ها، در ترم‌های آخر تحصیل به دانشجویان آموزش داده شود.

جدول ۱: فهرست استانداردهای پرکاربرد در پروژه‌های صنعتی

| ردیف | استاندارد | نام کامل استاندارد                                     | توضیحات   |
|------|-----------|--|---|
| ۱    | API       | American Petroleum Institute                           | طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های نفت و گاز آمریکا                             |
| ۲    | BSI       | British Standard Institute                             | استانداردهای انگلیس برای نفت و گاز و ایمنی                                    |
| ۳    | IPS       | Iranian Petroleum Standard                             | استانداردهای نفت و ایمنی ایران  |
| ۴    | IGS       | Iranian Gas Standard                                   | استانداردهای طراحی سیستم‌های گاز صنعتی و شهری و خطوط لوله گاز                 |
| ۵    | NPCS      | National Petrochemical Company Standard                | استانداردهای مورد استفاده برای مجتمع‌های پتروشیمی ایران                       |
| ۶    | NFPA      | American National Fire Protection Association          | شناخت خطرات و مبانی طراحی سیستم‌های ایمنی و آتش‌نشانی برای تمام صنایع آمریکا  |
| ۷    | ASME      | American Society of Mechanical Engineer                | استاندارد تجهیزات مکانیکی اعم از لوله، اتصالات، مخازن و واحدهای نیرو و بخار   |
| ۸    | AWWA      | American Water Works Association                       | طراحی سیستم‌های آب و خطوط انتقال آب   |
| ۹    | WHO       | World Health Organization                              | استانداردهای لازم برای سلامتی انسان و محیط زیست                               |
| ۱۰   | ISIRI     | Institute of Standards and Industrial Research of Iran | استانداردهای ملی ایران  |
| ۱۱   | ISO       | The International Organization for Standardization     | سازمان بین‌المللی استانداردسازی برای ترویج جهانی استانداردهای اقتصادی و صنعتی |

طراحی تفصیلی: پس از اتمام یا در اواخر مرحله پایه، مدارک مهندسی پروژه وارد فاز طراحی تفصیلی می‌شود. ممکن است همانند بسیاری از صنایع پیچیده پتروشیمی و شیمیایی، مرحله طراحی پایه به صورت دانش فنی از شرکت‌های فعال خریداری شود؛ ولی طراحی تفصیلی معمولاً در شرکت‌های طراحی و پیمانکاری داخل کشور انجام می‌گیرد و در این مرحله با توجه به اطلاعات جدید پروژه اعم از مشخص شدن مشخصات تجهیزات و دریافت پارامترهای طراحی از سازندگان تجهیزات اصلی، جانمایی یک به یک پروژه، تعیین دقیق مقدار مواد اولیه و مواد خروجی، مشخص شدن مصارف سیستم‌های جانبی اعم از آب، هوا، سوخت خنک‌کن و ... مدارک پایه بازنگری شده و مدارک تفصیلی تولید می‌شود. عمده فعالیت مهندسان فرایند در این مرحله، تولید مدارک P&ID و Process Data Sheet تجهیزات است. مدارک P&ID حاوی مشخصات اصلی تجهیزات، سایز لوله‌ها و تمام تجهیزات کنترل است که ورودی اطلاعات طراحی برای گروه‌های مکانیک، طراحی سیستم لوله‌ها و ابزار دقیق خواهد بود. مدارک

Process Data Sheet دربرگیرنده اطلاعات تعداد و ظرفیت تجهیزات، ابعاد موردنیاز فرایندی، اندازه افشانک‌های ورودی و خروجی، توان‌های مصرفی، مشخصات فشاری و دمایی، جنس و ... است که مورد استفاده گروه‌های مکانیک، ابزار دقیق، پایپینگ، تأمین و خرید تجهیزات و در مواردی برق قرار می‌گیرد. برای طراحی مدارک تفصیلی، جریان‌های ورودی و خروجی به واحد و تجهیزات مشخص شده و شارش، ترکیب درصد مواد، فشار و دمای طراحی برای خطوط و تجهیزات تعیین می‌شود، اندازه لوله و تجهیزات براساس شارش، سرعت سیال و هیدرولیک و افت فشار تعیین می‌شود، ظرفیت‌های انرژی و گرمایشی یا سرمایشی براساس دمای سیال یا تجهیز و شرایط آب‌وهوایی و همچنین واکنش‌های احتمالی به صورت دقیق محاسبه می‌شود. نوع تجهیزات کنترلی مشخص شده و بازه‌های کنترلی برای حسگرهای شمارش، فشار، دما و گاه تجزیه و تحلیل مواد تعیین می‌شود.

انجام محاسبات مربوط به مدارک مهندسی، علاوه بر دانش مهندسی و تجربه کاری نیاز به تسلط بر نرم‌افزارهای تخصصی دارد. برخی از این نرم‌افزارهای پرکاربرد در جدول ۲ فهرست شده است. دانشکده‌های مهندسی شیمی می‌توانند با ارائه درس‌های عملی و اختیاری، زمینه آشنایی دانشجویان مهندسی شیمی با انواع مشاغل و پروژه‌های صنعتی را فراهم کرده و هم‌زمان دوره‌های طراحی مدارک و محاسبات مهندسی عملی با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی را ارائه کنند. بدیهی است برای رسیدن به این هدف می‌توان از کمک دانش‌آموختگان باتجربه در قالب واحدهای عملی یا کارگاه‌های آموزشی استفاده کرد.

علاوه بر انجام محاسبات و طراحی مدارک فرایندی، یکی دیگر از شرح کارهای فرایندی انتخاب شیرها، جنس لوله‌ها و نوع اتصالات است که در مدارک P & ID نشان داده می‌شود. این کار در تعامل با گروه طراح سیستم لوله‌های پروژه صورت می‌گیرد و شناخت استاندارد جنس لوله‌ها و شیرها، کاربری انواع شیرها و اتصالات، از مهارت‌های یک مهندس فرایند هست که در حین تحصیل قابل کسب است. انتخاب نوع کنترل‌های لازم برای خطوط و تجهیزات و شیرهای کنترلی و تهیه مدارک فلسفه کنترل واحد نیز بر عهده مهندسان فرایند است که با همکاری گروه ابزار دقیق صورت می‌گیرد. نوع کنترل‌ها و تجهیزات مورد استفاده در صنایع، دامنه محدودی دارد که به سادگی می‌تواند بخشی از درس کنترل مهندسان شیمی باشد.

جدول ۲: فهرست نرم‌افزارهای کاربردی در طراحی پروژه‌های صنعتی

| ردیف | نرم افزار     | کاربرد  |
|------|---------------|---|
| ۱    | Autocad       | رسم نقشه‌های پروژه  |
| ۲    | Cadworks P&ID | نرم‌افزاری در قالب اتوکد و مخصوص کشیدن P&ID   |
| ۳    | Aspen         | طراحی و شبیه‌سازی تجهیزات و واحدهای فرایندی، قابلیت بالا برای سیستم‌های بسپاری، یونی و جامدات             |
| ۴    | Hysys         | طراحی و شبیه‌سازی تجهیزات و واحدهای فرایندی، قابلیت بالا برای شبیه‌سازی هیدروکربن‌ها و واحدهای پالایشگاهی |
| ۵    | Chemcad       | شبیه‌سازی فرایندهای شیمیایی   |
| ۶    | Pipenet       | مطالعات هیدرولیک و شبکه‌های توزیع به‌ویژه شبکه‌های آب آتش‌نشانی   |
| ۷    | Pro II        | طراحی و شبیه‌سازی فرایندهای شیمیایی در صنایع نفت، گاز و مواد شیمیایی                                      |
| ۸    | Olga          | محصول شرکت Schlumberger نرم‌افزار شبیه‌سازی دینامیک جریان چندفازی و مدل‌سازی رفتار جریان و جریان گذرا     |
| ۹    | Thermoflow    | طراحی و توازن حرارتی انواع واحدهای نیروگاهی و برق و بخار  |
| ۱۰   | Rosa, CSMPPro | نرم‌افزارهای مدل‌سازی غشای اسمز معکوس مخصوص شرکت‌های CSM کره جنوبی و Filmtec آمریکا                       |
| ۱۱   | IXCalc        | مخصوص تصفیه آب رزینی  |

مباحث فوق نشان می‌دهد با وجود اینکه تخصص‌های گفته شده بر اساس درس‌های پایه و تخصصی دانشگاهی بنا شده است، لکن فقدان آشنایی دانشجویان با صنایع و همچنین عدم دسته‌بندی و استخراج مطالب کاربردی از درس‌های دانشگاهی، حلقه مفقوده سیستم آموزش عالی است. با توجه به اینکه دوره‌های آموزشی بدو استخدام یا حین خدمت، که توسط صنایع ارائه می‌شوند، مربوط به بهره‌برداری از واحدها است و شامل توانایی‌های لازم برای طراحی یک پروژه صنعتی نمی‌شود. بنابراین دانشجویان برای فراگیری تخصص‌های لازم برای مهندسان طراح فرایند باید دوره‌های تکمیلی را در مؤسسات آموزش مهارت‌محور، که در سال‌های اخیر ایجاد شده است، بگذرانند. استادان این مؤسسات معمولاً مهندسان با سابقه در شرکت‌های طراحی‌اند که مفاهیم و علوم کاربردی در هر رشته را ارائه می‌کنند. برخی از دوره‌های آموزشی برای مهندسان شیمی در این مؤسسات به شرح زیر است:

آشنایی با فرایندهای صنعت نفت، گاز و پتروشیمی؛ آشنایی با اصول عملکرد و محاسبات اولیه اندازه‌گیری تجهیزات فرایندی؛ اصول و نحوه طراحی P & ID و PFD؛ فرایند تجزیه و تحلیل خطر Hazop؛ بررسی اصول و مبانی طراحی تجهیزات برای تهیه Data sheet تجهیزات؛ آموزش نرم‌افزارهای مرتبط با شبیه‌سازی فرایندهای پالایشگاهی نظیر ASPEN PLUS، ASPEN B-JAC و HYSYS مبنای لوله‌کشی<sup>۱</sup> صنعتی؛

## 1. Piping

فرایندهای تصفیه آب و پساب؛ طراحی سیستم‌های آتش‌نشانی و مدل‌سازی شبکه‌های آب آتش‌نشانی همراه با نرم‌افزار Pipenet؛ کاربرد و اصول طراحی پمپ‌های صنعتی؛ طراحی سیستم‌های فلر؛ ارزیابی ریسک و مدل‌سازی پیامد با نرم‌افزار Phast، ارائه تمام مباحث فوق در دانشکده‌های مهندسی شیمی ممکن و مقدور نیست. چنانچه تدریس مفاهیم مهندسی همراه با مثال‌های صنعتی و دسته‌بندی موارد کاربردی باشد و دانشجویان برای این مطالعات برنامه هدایت شوند، می‌توان انتظار داشت که دانشجویان مهارت‌های کاربردی اصلی همراه با نرم‌افزارهای مربوط، را در حین تحصیل یاد گرفته‌اند و همچنین ارائه موارد عینی از مباحث نظری می‌تواند به درک متقابل این مباحث نیز کمک کند.

به‌عنوان مثال، درس مکانیک سیالات از مهم‌ترین مباحث مهندسی است که شامل سرفصل‌های پیچیده در خصوص رفتار انواع سیالات، انتقال اندازه حرکت و رژیم‌های جریان است. اما از تمام این مباحث گسترده، بیشترین مواردی، که در صنعت استفاده می‌شود، مربوط به سرعت‌های مجاز سیالات برای محاسبات شارشی و محاسبه اندازه تجهیزات و لوله‌ها، افت فشار در تجهیزات و لوله و اتصالات به‌منظور محاسبه فشار پمپ‌ها و فشرده‌ساز و همچنین مباحثی از قبیل کاویتاسیون و ضربه قوچ است که می‌توان این مطالب را در قالب مثال عملی از یک واحد تصفیه آب، طراحی یک شبکه آب آتش‌نشانی یا خطوط انتقال نفت و گاز تشریح کرد. لازم به ذکر است که شاید با مثال‌های پیچیده صنعتی مثل طراحی رآکتورها و خشک‌کن‌های بستر سیال نیز مواجه شد که البته در اکثر موارد دانش فنی این تجهیزات تحت عنوان لیسانس پروژه خریداری می‌شود.

به همین ترتیب، در خصوص سایر درس‌های اصلی مهندسی شیمی نیز می‌توان مثال‌های عینی و صنعتی را تشریح کرد که ذکر تک‌تک این موارد مجال دیگری در خصوص هر درس می‌خواهد و می‌توان به پیشرفت‌های اخیر دانشکده‌های مهندسی شیمی در این زمینه اشاره کرد. مثلاً، برای تدریس واحد شیمی و محیط‌زیست، پروژه عملی تبدیل هسته زیتون به الکل سوختی همراه با مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار اسپن به دانشجویان ارائه می‌شود (Ruiz-Ramos et al., 2017).

در ادامه پیشنهادهایی برای آموزش مهارت‌های لازم برای یک مهندس فرایند جهت اشتغال در شرکت‌های طراحی و مشاور ارائه شده است که می‌تواند به مطالعات فوق برنامه دانشجویان مهندسی شیمی برای داده و نیز اشتغال در زمینه مطلوب ایشان راه‌گشا باشد.

#### ۴. پیشنهادها

باتوجه به مباحث فوق پیشنهاد می‌شود در کنار درس‌های اصلی مهندسی شیمی یا به‌عنوان بخشی از سرفصل درس‌های موجود، آموزش‌هایی نیز برای آشنایی با جایگاه مهندسان شیمی در صنعت و انواع صنایع مرتبط به دانشجویان ارائه شود. این آموزش‌ها می‌تواند دربرگیرنده مباحثی به شرح زیر باشد:

- آشنایی با صنایع نفت و گاز، پتروشیمی، نیروگاه، سیستم‌های هوای فشرده، تولید و توزیع نیتروژن، اکسیژن و بخار، شیرین‌سازی آب، سیستم‌های خنک‌کن، شبکه فلر، خطوط انتقال، تقویت فشار و تلمبه‌خانه، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی، بهداشتی و سلولزی، دارویی، تصفیه آب، جمع‌آوری و تصفیه پساب، ایمنی و آتش‌نشانی، انرژی‌های نو؛
- تعریف پروژه‌های درسی به‌منظور آشنایی دانشجویان با منابع آماری و اقتصادی و همچنین الزامات قانونی و زیست‌محیطی در مطالعات امکان‌سنجی؛
- آشنایی با استانداردهای ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی برای طراحی و بهره‌برداری صنایع؛
- آشنایی با کلیات پروژه‌های مهندسی و جایگاه مهندسان فرایند در صنعت؛
- آموزش الزامات و مهارت‌های موردنیاز برای طراحی و انجام محاسبات مدارک فرایندی؛
- آموزش نرم‌افزار تخصصی همراه با پروژه‌های کوچک صنعتی برای هر درس؛
- ارائه واحدهای درسی برای شناخت تجهیزات، لوله و اتصالات و شیرهای صنعتی؛
- آموزش طراحی انواع کنترل‌ها در صنعت و شناخت تجهیزات مربوط؛
- آموزش مباحث دسته‌بندی سیالات و مناطق خطرزا در صنعت و طراحی ایمنی و آتش‌نشانی؛
- ارائه توضیحات و مثال در خصوص ایمنی مواد و تجهیزات شیمیایی همراه با مطالب درس‌های

دیگر (Shallcross, 2014; Zeng, 2017)

علاوه بر موارد مذکور، برگزاری یک جلسه کارگاهی شامل جمع‌بندی مطالب کاربردی همراه با تشریح مثال‌های واقعی طراحی صنعتی برای هر درس می‌تواند بسیار مفید واقع شود. می‌توان از ظرفیت‌های دانش‌آموختگان مهندسی شیمی برای انتقال تجربه‌ها و مهارت‌های فردی به دانشجویان استفاده کرد (Fletcher et al., 2017; Grant et al., 2006) و همچنین همکاری مشترک با صنایع بزرگ و شهرک‌های صنعتی، موجب شناخت صنعت و مشکلات آن توسط دانشگاه و آموزش هم‌زمان دانشجویان شده و به رشد صنعت نیز منجر خواهد شد (Alshehria et al., 2016).

## ۵. نتیجه‌گیری

دغدغه اصلی صنایع و دانش‌آموختگان رشته‌های مهندسی شیمی، فاصله زیاد مشکلات و انتظارات صنعت با دانش و مهارت دانش‌آموختگان جویای کار است. عقب بودن صنعت ایران از فناوری‌های مدرن و عدم تدریس واحدهای کاربردی مرتبط با صنعت موجود در کشور، باعث افزایش این شکاف گردیده به نحوی که دانشجویان مباحثی از مهندسی شیمی را آموزش می‌بینند که عملاً در هیچ صنعت داخلی مورد استفاده ندارد و از طرف دیگر، بسیاری از مفاهیم ابتدایی پروژه‌های صنعتی در واحدهای آموزشی گنجانده نشده است و دانش‌آموختگان مهندسی شیمی فاقد مهارت‌های کاربردی مورد نیاز صنعت و شرکت‌های مهندسی هستند. آموزش‌های ارائه شده در دانشکده‌های مهندسی شیمی، برای اشتغال در سیستم‌های کارآفرینی و تحقیق و توسعه بیشترین تناسب را دارد و در سایر زمینه‌ها مثل بهره‌برداری از واحدهای صنعتی، طراحی و ساخت تجهیزات صنعتی و طراحی و احداث پروژه‌های صنعتی، دانشجویان نیاز به آشنایی با انواع واحدها و پروژه‌های صنعتی و مهارت‌های طراحی دارند که می‌توان با ارائه واحدهای درسی عملی و اختیاری و تغییر در سرفصل برخی درس‌ها، آمادگی دانشجویان برای حضور در صنعت را فراهم کرد تا بتوانند بلافاصله پس از اتمام تحصیل در زمینه دلخواه خود مشغول به کار شوند و هم‌زمان نیازهای صنعت داخل را برآورده کنند. طبعاً نزدیکی دانشگاه به صنعت در میان مدت به رشد صنایع نیز منجر می‌شود و تعریف پروژه‌های صنعتی را در پی خواهد داشت که متقابلاً باعث تقویت جایگاه دانشکده‌های مهندسی شیمی خواهد شد.

## مراجع

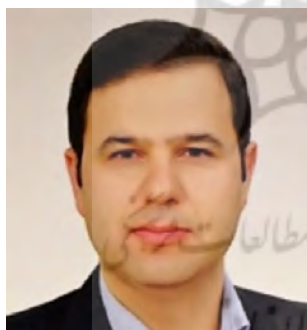
- دوامی، پرویز (۱۳۹۵). دانشگاه‌های مهندسی چه چیزی را یاد نمی‌دهند؟. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۱۸(۷۲)، ۲۱-۱.
- رحیمی، امیر و آقامیری، سیدفؤاد (۱۳۸۴). لزوم بازنگری برنامه‌های آموزشی دوره کارشناسی رشته مهندسی شیمی متناسب با نیازهای صنعت. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۷(۲۸)، ۱۳-۲۷.
- کستن، ژوزف (۱۳۴۷). گزارش و پیشنهادات درباره دانشکده فنی دانشگاه تهران. ترجمه دکتر اردشیر جهانشاهی.
- مطهری‌نژاد، حسین (۱۳۹۲). روند تکامل آموزش مهندسی در جهان و ایران. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۱۵(۵۸)، ۱۴-۱.
- معصومی، ساغر؛ ستوده قره‌باغ، رحمت و گرجی، سهیلا (۱۳۹۰). ارائه راهکارهایی برای بهبود آموزشی رشته مهندسی شیمی در ایران. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۱۳(۵۱)، ۹۹-۷۵.
- Alshehria, A.; Gutub, S. A.; Ebrahima, M. and Abdel Aziz, M. H. (2016). Integration between industry and university case study faculty of engineering at Rabigh Saudi Arabia. *Education for chemical engineers*, 14, 24-34.

- Belton, D. J. (2016). Teaching process simulation using video-enhanced and discovery/inquiry-based learning: Methodology and analysis within a theoretical framework for skill acquisition. *Education for chemical engineers*, 17, 54-64.
- Byrne, E. P. (2006) The role of specialization in the chemical engineering curriculum, *Education for chemical engineers*, 1, 30–38.
- Campbell, G.; Daniel, M. and Belton, J. (2016). Setting up new chemical engineering degree programmes: Exercises in design and retrofit within constraints. *Education for chemical engineers*, 17, 1-13.
- Fletcher, A. J.; Sharif, A. W. A. and Haw, M. D. (2017). Using the perceptions of chemical engineering students and graduates to develop employability skills. *Education for Chemical Engineers*, 18, 11-25.
- Gomes, V. G.; Barton, G. W.; Petrie, J. G.; Romagnoli, J.; Holt, P.; Abbas, A.; Cohen, B.; Harris, A. T.; Haynes, B. S; Langrish, T. A. G.; Orellana1, J.; See, H. T.; Valix, M. and White, D. (2006). Chemical Engineering Curriculum Renewal. *Education for chemical engineers*, 1, 116–125.
- Grant, C. D. and Dickson, B. R. (2006). Personal skills in chemical engineering graduates, the development of skills within degree programs to meet the needs of employers. *Education for chemical engineers*, 1, 23–29.  
<http://che.sharif.ir/index.html>,  
[http://chem\\_eng.iust.ac.ir/page/5586/%D9%85%D8%B9%D8%B1%D9%81%DB%8C-%D8%AF%D8%A7%D9%86%D8%B4%DA%A9%D8%AF%D9%87](http://chem_eng.iust.ac.ir/page/5586/%D9%85%D8%B9%D8%B1%D9%81%DB%8C-%D8%AF%D8%A7%D9%86%D8%B4%DA%A9%D8%AF%D9%87), (Accessed on date 96.12.20).
- Molzahn, M. (2004) Chemical Engineering Education in Europe Trends and Challenges, *Chemical Engineering Research and Design*, 82(A12): 1525–1532.
- Ruiz-Ramos, E.; Romero-García, J. M., Espínola, F.; Romero, I.; Hernández1, V. and Castro, E. (2017). Learning and researching based on local experience and simulation software for graduate and undergraduate courses in chemical and environmental engineering. *Education for chemical engineers*, 21, 50–61.
- Shallcross, D. C. (2014). Safety shares in the chemical engineering classroom. *Education for Chemical Engineers*, 9, 94–105.
- Shallcross, D. C. (2006). Career preferences for undergraduate chemical engineering students, results of an international survey. *Education for chemical engineers*, 1, 30–38.
- Voronov, R. S.; Basuray, S. k.; Obuskovic. G.; Simon, Laurent (2017). Statistical analysis of undergraduate chemical engineering curricula of United States of America universities: Trends and observations. *Education for Chemical Engineers*, 20, 1–10.
- Visak, V. N. (2017). Team-based learning for first year engineering students. *Education for Chemical Engineers*, 18, 26-34.
- Zeng, A. (2017). Cultivating a safety mindset in chemical engineering students: Design of a training module. *Education for chemical engineers*, 20, 32–40.





**رحمت ستوده قره‌باغ** مدرک دکترای خود را در مهندسی سیال سازی از دانشگاه پلی تکنیک مونترال کشور کانادا اخذ کرده‌اند. ایشان از سال ۱۳۷۸ فعالیت خود را به‌عنوان عضو هیأت علمی در دانشگاه تهران آغاز کرده و هم‌اکنون نیز به‌عنوان استاد تمام در دانشکده فنی مشغول به فعالیت هستند. در کنار فعالیت‌های اجرایی و مدیریتی، ایشان در زمینه مهندسی فرآیند، مهندسی سیال‌سازی، شبیه‌سازی و طراحی فرآیند مشغول به کار آموزشی و پژوهشی هستند. ایشان برنده سال ۹۴ جایزه علامه طباطبایی از بنیاد ملی نخبگان بوده و بیش از ۲۵۰ مقاله علمی در نشریات بین‌المللی، ملی و کنفرانس، چهار کتاب و چهار فصل کتاب تألیف کرده‌اند.



**شاکر خردمندی نیا** دانش‌آموخته دکترای مهندسی شیمی - گرایش کاتالیست از سازمان پژوهش‌های علمی - صنعتی ایران بوده و درجه کارشناسی مهندسی شیمی را از دانشگاه امیر کبیر و کارشناسی ارشد مهندسی شیمی را از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ کرده‌اند. هم‌اکنون به‌عنوان کارشناس ارشد فرآیند در گروه مپنا مشغول به فعالیت هستند. زمینه تخصصی ایشان طراحی مدارک فرآیند و ایمنی در صنایع نفت و گاز و نیرو و همچنین رهبری جلسات HAZOP هستند. در حال حاضر ایشان با مرکز طراحی و شبیه‌سازی فرآیند دانشگاه تهران در زمینه پروژه‌های تحقیقاتی همکاری دارند.