ضرورت بازنگری در محتوای آموزشی کارشناسی مهندسی پلیمر مطابق با تحولات صنعتی و علمی

سارا تراشی[۱]، هلما وکیلی[۲] و سید مصطفی حسینی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲

DOI:10.22047/ijee.2025.535994.2189

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.107.6.0

چکیده: با پیشرفت فناوری‌های نوین پلیمری نیاز صنعت به متخصصان کارآزموده افزایش یافته است اما برنامه‌های آموزشی کارشناسی مهندسی پلیمر همچنان بر سرفصل‌های سنتی تکیه دارند و کمتر با تحولات علمی و نیازهای صنعت همسو هستند. لذا، بسیاری از دانش‌آموختگان از مهارت‌های ورود مؤثر به صنعت یا انجام پژوهش‌های پیشرفته بی‌بهره‌اند. مطالعهٔ تحلیلی-انتقادی حاضر نشان می‌دهد ساختار و محتوای فعلی برنامهٔ آموزشی رشتهٔ مهندسی پلیمر در ایران تا حد زیادی بر الگوهای منسوخ و حافظه‌محور تکیه دارد و دچار کمبودهایی در مهارت‌آموزی عملی، آموزش میان‌رشته‌ای، به‌روزرسانی سرفصل‌ها مطابق با فناوری‌های نوظهور و ارتباط میان دانشگاه و صنعت است. براین‌اساس، پژوهش حاضر چارچوبی جامع برای بازنگری در ساختار آموزشی ارائه می‌دهد که بر ادغام رویکردهای نظری-عملی، پذیرش فناوری‌های نوین آموزشی و همکاری دانشگاه و صنعت تأکید دارد. یافتهٔ کلیدی تحقیق پیش رو این است که اجرای اصلاحات پیشنهادی ازطریقِ تلفیق آموزش نظری، عملی، فناورانه و میان‌رشته‌ای به توانمندسازی فارغ‌التحصیلان رشتهٔ مهندسی پلیمر در پاسخ‌گویی به نیازهای روبه‌رشد صنعت پلیمر و توسعهٔ علمی کشور کمک می‌کند که به‌نوبهٔ خود منجر به افزایش قابلیت اشتغال و رقابت فارغ‌التحصیلان و تقویت نوآوری خواهد شد.

واژگان کلیدی: مهندسی پلیمر، بازنگری در برنامهٔ درسی، آموزش مهندسی، آموزش مهارت‌محور، نوآوری آموزشی

۱- استادیار گروه مهندسی پلیمر دانشکدهٔ مهندسی شیمی دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول). s.tarashi@ut.ac.ir

۲- استادیار گروه مهندسی پلیمر، دانشکدهٔ مهندسی شیمی، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول). vakili.helma@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی پلیمر دانشکدهٔ مهندسی شیمی دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول). smostaffahosseini@ut.ac.ir

۱. مقدمه

رشتهٔ مهندسی پلیمر شاخه‌ای راهبردی از علوم مهندسی است که نقش کلیدی در توسعهٔ فناوری‌های نوین، ارتقای صنایع پیشرفته و خلق ارزش‌افزوده دارد. پلیمرها با سبُکی، انعطاف‌پذیری، مقاومت شیمیایی و قابلیت مهندسی در صنایع خودروسازی، هوافضا، پزشکی، نفت و گاز، بسته‌بندی و الکترونیک کاربرد گسترده دارند (Shojaei, 2007). از سوی دیگر، روند جهانی حرکت به سوی توسعهٔ پایدار، اقتصاد سبز و تولید محصولات زیست‌پایه اهمیت این مواد را دوچندان کرده است. در دهه‌های گذشته، تحولات علمی و فناوری مهمی در حوزهٔ پلیمرها رخ داده است. ظهور نانوپلیمرها، کامپوزیت‌های هوشمند، پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، چاپ سه‌بُعدی مواد پلیمری و استفادهٔ گسترده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و طراحی گویای سرعت بالای تغییرات در این حوزه است (Ghiass, 2011). این تحولات نه‌تنها ماهیت صنایع پلیمری را دگرگون کرده بلکه به‌طور بنیادین انتظارات از نیروی انسانی متخصص را تغییر داده است. شواهد بین‌المللی نشان می‌دهد بازار جهانی پلیمر و پلاستیک در حال رشد مستمر است. براساس برآوردهای مؤسسهٔ لوسینتل[1]، ارزش این بازار تا ۲۰۳۰ به حدود ۱,۱۳۶ میلیارد دلار خواهد رسید و نرخ رشد سالانهٔ آن بین ۲۰۲۴ تا ۲۰۳۰ حدود ۴/۸ درصد خواهد بود (lucintel, 2025). منابع دیگر نیز رشد بازار را بین ۵ تا ۵/۴ درصد و ارزش کل آن را بین ۸۳۸ تا بیش از ۱,۰۱۷ میلیارد دلار تا ۲۰۳۰ تخمین زده‌اند (Crowd-Newswire, 2024؛ Globenewswire, 2022). این رشد سریع هم‌زمان با ظهور فناوری‌های نوین نشان می‌دهد صنعت پلیمر جهانی در مسیر تحولات بنیادین قرار دارد. در چنین وضعیتی، آموزش عالی، به‌ویژه آموزش مهندسی پلیمر، می‌بایست خود را با دگرگونی‌ها تطبیق دهد (Haghshenas et al., 2024).

از سوی دیگر، آمارها نشان میدهد ایران از کشورهایی است که میان پنج کشور نخست جهان ازنظرِ شمار فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی قرار دارد. تنها در ۲۰۱۶ حدود ۳۳۵ هزار نفر در حوزه‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات (STEM[2]) از دانشگاه‌های کشور فارغ‌التحصیل شده‌اند که بخش بزرگی از آنان را دانش‌آموختگان رشته‌های مهندسی، ازجمله مهندسی پلیمر، تشکیل می‌دهند (Wikipedia, 2025). با وجود این ظرفیت عظیم، بخش درخورِتوجهی از فارغ‌التحصیلان یا وارد بازار کار مرتبط نمی‌شوند یا در یافتن شغل متناسب با رشتهٔ خود دچار دشواری‌های جدی هستند. در بهار ۱۴۰۲، نرخ بیکاری جمعیت فارغ‌التحصیل آموزش عالی به‌طور متوسط ۱۲/۱ درصد گزارش شده و نرخ مشارکت اقتصادی آنان تنها حدود ۵۴ درصد بوده است (Mehrnews, 2024). همچنین بیشترین تعداد بیکاران دانشگاهی به رشته‌های مهندسی تعلق دارد به‌گونه‌ای‌که ۲۵۱ هزار نفر در این حوزه بیکار ثبت شده و نرخ بیکاری این گروه تا ۴۱/۶ درصد برآورد شده است. از میان کل بیکاران دارای مدرک تحصیلی نیز بیش از ۵۰۵ هزار نفر کارشناسی،

1- Lucintel
2- Science, technology, engineering and mathematics

حدود ۵۲ هزار نفر کارشناسی‌ارشد و نزدیک به سه‌هزار نفر دکترای تخصصی دارند (Isna, 2016).

درمجموع، شواهد به‌روشنی نشان می‌دهد فارغ‌التحصیلان مهندسی، ازجمله رشتهٔ مهندسی پلیمر، دچار چالش واقعی در ورود به بازار کار هستند. از یک سو، صنعت جهانی پلیمر با سرعتی چشمگیر در حال رشد و تحول است و، از سوی دیگر، ایران با حجم بالای فارغ‌التحصیلان مهندسی روبه‌روست که بخش درخورِتوجهی از آنان جایگاه مناسبی در بازار کار پیدا نمی‌کنند. ترکیب این دو واقعیت ضرورت بازنگری بنیادین در ساختار و محتوای آموزشی مهندسی پلیمر و ارتقای کیفیت آموزش و تناسب آن را با نیازهای واقعی صنعت برجسته می‌سازد. بااین‌حال، بررسی نظام آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران نشان می‌دهد ساختار آموزشی موجود هنوز تا حد زیادی برپایهٔ الگوهای قدیم، حافظه‌محور و سنت‌گرا قرار دارد. این ساختار که عمدتاً ریشه در الگوهای آموزشی دهه‌های گذشته دارد در بسیاری از موارد خود را با تحولات شتاب‌دار علمی و صنعتی هماهنگ نساخته است (Abbasian et al., 2010). از سویی، محتوای دروس همچنان تا حد زیادی بر مفاهیم نظری متمرکز است. اگرچه آموزش نظری پایه‌ای ضروری درک مفاهیم بنیادی است در غیاب آموزش‌های عملی، مهارت‌محور و بین‌رشته‌ای پاسخ‌گوی نیازهای امروز صنعت پلیمر نیست. در اغلب برنامه‌های درسی، سهم دروس عملی محدود و گاهی غیرساختاریافته است. کارگاه‌های آموزشی به‌روز نشده‌اند؛ بسیاری از آزمایشگاه‌ها تجهیزات پیشرفته و فناورمحور ندارند و ارتباط ساختاریافته‌ای با صنایع در قالب کارآموزی هدفمند یا پروژه‌های مشترک وجود ندارد. درنتیجه، دانشجویان اغلب در محیط‌های صرفاً علمی پرورش می‌یابند، بدون آنکه با مسائل واقعی صنعت، استانداردهای جهانی، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و الگوهای نوین حل مسئله آشنایی کافی داشته باشند (Memarian, 2011). این نقصان شکافی عمیق بین توانمندی‌های دانش‌آموختگان و نیازهای واقعی بازار ایجاد کرده است. صنعت، به‌ویژه در حوزه‌های نوظهور پلیمری، به‌دنبال نیروهایی است که افزون‌بر دانش علمی دارای مهارت‌های کاربردی، قدرت تحلیل، روحیهٔ کار گروهی، آشنایی با استانداردهای بین‌المللی و توانایی کار با نرم‌افزارها و تجهیزات پیشرفته باشند. اما بخش درخورِتوجهی از فارغ‌التحصیلان مهندسی پلیمر، به‌دلیل ضعف آموزش عملی و کمبود تجربه، چنین ویژگی‌هایی ندارند؛ موضوعی که بر میزان اشتغال‌پذیری، کارآمدی حرفه‌ای و توان رقابت بین‌المللی این دانش‌آموختگان به‌شدت تأثیر داشته است (Abbasian et al., 2009).

از سوی دیگر، دانشگاه‌های پیشرو در سطح جهانی با درک نیاز به تحول به‌طور پیوسته در حال بازطراحی و به‌روزرسانی برنامه‌های درسی خود هستند. در این الگو، یادگیری مبتنی‌بر پروژه[1] (PBL)، تلفیق آموزش نظری با تجربیات عملی، توسعهٔ مهارت‌های نرم و همکاری ساختارمند با صنایع در

1- Project-Based Learning (PBL)

اولویت قرار دارد. افزون‌براین، مفاهیمی، نظیر مهندسی چندمهارته، مهندسی برای توسعهٔ پایدار، آموزش مادام‌العمر و تربیت مهندسانی با نگرش نوآورانه و بین‌رشته‌ای، در قالب سیاست‌های کلان آموزشی نهادینه شده‌اند تا آموزش را از الگوی یک‌سویهٔ انتقال دانش به فرایندی همیارانه، پویا و مسئله‌محور تبدیل کنند (Anjelino, 2003; Chini, 2024; Khodaparast Haghi, 2007). در چنین بستری، نظام آموزش عالی ایران برای حفظ و تقویت جایگاه علمی و ایفای نقش مؤثر در توسعهٔ ملی، ارتقای رقابت‌پذیری صنعتی و مشارکت در تحولات جهانی در حوزهٔ مهندسی پلیمر ناگزیر از بازنگری بنیادین در ساختار و محتوای آموزشی این رشته در مقطع کارشناسی است. لذا، بازنگری در برنامهٔ درسی نباید صرفاً در قالب به‌روزرسانی عناوین دروس بماند بلکه می‌بایست برمبنای رویکردی سیستمی، آینده‌نگر و شایستگی‌محور صورت گیرد.

براساس مطالعهٔ حاضر، با رفع کاستی‌های موجود و اجرای محتوای آموزشی بازنگری‌شده می‌توان به شیوه‌های زیر فارغ‌التحصیلان رشتهٔ مهندسی پلیمر را در رویارویی با چالش‌های واقعی صنعت توانمند ساخت.

- چارچوب اصلاحات پیشنهادی بر تلفیق آموزش نظری و عملی تأکید دارد و پیشنهاد می‌کند دست‌کم ۳۰ درصد از واحدهای درسی به فعالیت‌هایی مانند طراحی محصول، شبیه‌سازی صنعتی و کار آزمایشگاهی اختصاص یابد تا دانشجویان تجربهٔ عملی از چالش‌های صنعتی کسب کنند.
- برنامهٔ درسی بازنگری‌شده شامل محتوای میان‌رشته‌ای، فناوری‌های نوین و نرم‌افزارهای تخصصی می‌شود. ازآن‌جمله می‌توان به حوزه‌هایی همچون فناوری نانو، چاپ سه‌بُعدی، شبیه‌سازی محاسباتی و تجهیزات تحلیلی پیشرفته اشاره کرد. گنجاندن این موضوعات فارغ‌التحصیلانی انعطاف‌پذیر و توانمند در حل مسائل پیچیده و میان‌رشته‌ای صنعت تربیت خواهد کرد.
- این بازنگری همچنین بر ایجاد همکاری ساختارمند و پایدار میان دانشگاه و صنعت تأکید دارد، به‌ویژه ازطریقِ اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مشترک، دوره‌های آموزشی تحت هدایت صنعت و کارآموزی‌های نظام‌مند. چنین همکاری‌هایی تضمین می‌کند که برنامه‌های درسی همواره همسو با نیازهای واقعی صنعت باقی بمانند و دانشجویان پیش از ورود به بازار کار تجربه‌های ارزشمند حرفه‌ای کسب کنند.
- علاوه‌براین، اصلاحات پیشنهادی اهمیت ویژه‌ای به مهارت‌های نرم می‌دهد؛ مهارت‌هایی، نظیر تفکر انتقادی، حل مسئله، کار گروهی و رعایت اخلاق حرفه‌ای، که اغلب در برنامه‌های فعلی نادیده گرفته می‌شوند. تقویت این توانمندی‌ها به فارغ‌التحصیلان امکان می‌دهد محیط‌های پیچیده و رقابتی حرفه‌ای را با موفقیت و کارآمدی بیشتری مدیریت کنند.

با اجرای اصلاحات یادشده آموزش مهندسی پلیمر در ایران از الگوی سنتی به نظامی پویا و همگام

با نیازهای صنعت تبدیل می‌شود؛ فارغ‌التحصیلانی با دانش علمی و مهارت‌های عملی، میان‌رشته‌ای و نرم پرورش می‌یابند؛ آمادگی آنان در ورود به بازار کار و مشارکت در توسعهٔ صنعتی و علمی کشور افزایش و شکاف میان دانشگاه و صنعت کاهش می‌یابد.

مرور ادبیات نشان می‌دهد تنها شمار اندکی از مطالعات داخلی به ارزیابی آموزش مهندسی پلیمر پرداخته‌اند و اغلب این پژوهش‌ها صرفاً به توصیف وضعیت موجود محدود بوده و چارچوب جامع اصلاح ساختار و محتوای آموزشی را ارائه نکرده‌اند. برای مثال، غیاث به بررسی اهمیت پژوهش‌های نظری در علوم و مهندسی پلیمر پرداخته و بر ضرورت حرکت از رویکردهای صرفاً تجربی به سمت نگرش‌های نظری، ریاضی و محاسباتی تأکید کرده است. او نشان داده است که توسعهٔ روش‌های محاسباتی، تقویت زیرساخت‌های آموزشی و هدایت پژوهش‌های نظری از نیازهای اساسی آیندهٔ صنایع پلیمری کشور است (Ghiass, 2011). عباسیان نیز در دو پژوهش خود بر لزوم بازنگری در دورهٔ کارشناسی مهندسی پلیمر و اهمیت جداسازی گرایش‌های شیمی پلیمر و مهندسی شیمی برای تربیت مهندسانی متناسب با نیازهای صنعت تأکید کرده است. همچنین ضرورت تقویت گرایش‌های زیست‌محیطی و آموزش مهارت‌های مدیریتی را در مقاطع تحصیلات تکمیلی یادآور شده است (Abbassian et al., 2010؛ Abbassian et al., 2009). در سطح بین‌المللی نیز، اگرچه تجارب موفقی در دانشگاه‌های پیشرو جهان وجود دارد به انتقال و بومی‌سازی این دستاوردها درزمینهٔ آموزش مهندسی پلیمر در ایران کمتر توجه شده است. درنتیجه، خلأ اصلی آموزش مهندسی پلیمر نبودِ چارچوب نظام‌مند برای بازنگری برنامهٔ درسی متناسب با نیازهای نوین صنعت و روندهای جهانی است.

پژوهش حاضر با تحلیل وضعیت فعلی، مقایسهٔ تجارب بین‌المللی و طراحی چارچوب اجرایی به‌دنبال تربیت مهندسان توانمند، خلاق و پاسخ‌گو به چالش‌ها و فرصت‌های آینده است.

۲. روش پژوهش

پژوهش پیش رو از نوع **کاربردی** با رویکرد **توصیفی-تحلیلی** است و هدف آن طراحی چارچوب بازنگری در ساختار و محتوای آموزشی رشتهٔ مهندسی پلیمر با تأکید بر نیازهای نوین صنعت و تحولات علمی. بدین‌منظور، از رویکردی ترکیبی بهره گرفته‌ایم که روش‌های توصیفی، تحلیلی و انتقادی را با یکدیگر تلفیق می‌کند. این رویکرد شامل تحقیقات اسنادی، تحلیل محتوای برنامه‌های درسی و مقایسهٔ تطبیقی با نمونه‌های بین‌المللی می‌شود تا درکی جامع از وضعیت فعلی آموزش مهندسی پلیمر در ایران و چالش‌های موجود فراهم شود.

در گام نخست، اسناد رسمی و منابع دانشگاهی مرتبط را بررسی کرده‌ایم؛ ازجمله برنامه‌های درسی مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، سرفصل‌های تأییدشدهٔ شورای عالی برنامه‌ریزی و اطلاعات موجود در وب‌سایت‌های رسمی دانشگاه‌ها. این مرحله با هدف گردآوری نظام‌مند داده‌های مربوط به

ساختار و محتوای برنامهٔ کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران اجرا شد. تحلیل محتوای به‌دست‌آمده میزان هماهنگی این برنامه‌ها را با نیازهای صنعت مدرن و روندهای علمی جهانی آشکار ساخت و چالش‌هایی را، همچون ضعف آموزش مهارتهای عملی، نبودِ رویکرد میان‌رشته‌ای، به‌روزنبودن سرفصل‌ها و شکاف عمیق میان دانشگاه و صنعت، برجسته کرد. در این مرحله، دیدگاه انتقادی مبتنی‌بر شواهد گردآوری‌شده را به‌همراه یافته‌های تحلیل تطبیقی به کار گرفتیم.

در گام بعد، با تحلیل تطبیقی، برنامه‌های آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر را در چند دانشگاه معتبر جهانی بررسی کردیم و ساختار دروس، محتوای آموزشی، شیوه‌های تدریس، مهارت‌های موردانتظار از دانشجویان و میزان ارتباط صنعت و دانشگاه را در این کشورها استخراج و مطالعه کردیم. معیارهای خاص انتخاب این دانشگاه‌ها شامل جایگاه آن‌ها در رتبه‌بندی‌های جهانی، شهرت در حوزهٔ علوم و مهندسی پلیمر و رویکردهای آموزشی نوآورانه می‌شد. با توجه به تعداد زیاد دانشگاه‌های معتبر، سه دانشگاه جهانی پیشرو را از سه منطقهٔ جغرافیایی متفاوت، شامل آمریکای شمالی، اروپا و آسیای شرقی، انتخاب کردیم و برنامهٔ درسی ایران را با برنامه‌های مؤسسهٔ فناوری ماساچوست، دانشگاه RWTH آخن و دانشگاه توکیو مقایسه کردیم. شاخص‌های این مقایسه شامل آموزش عملی و آزمایشگاهی، یادگیری مبتنی‌بر پروژه، محتوای بین‌رشته‌ای، بهره‌گیری از نرم‌افزار تخصصی، آموزش زبان خارجی، انعطاف‌پذیری در انتخاب دروس تخصصی، تجربهٔ صنعتی و استفاده از یادگیری برخط میشد. شاخص‌ها را برای شناسایی حوزه‌هایی انتخاب کردیم که برنامهٔ درسی ایران با اصلاح آنها به‌روز خواهد شد و همگام با نیازهای صنعت و بهترین شیوه‌های جهانی حرکت خواهد کرد.

در پایان، با تلفیق یافته‌های بررسی نظام آموزشی داخلی، تحلیل روندهای بین‌المللی و نیازهای صنعت، چارچوب پیشنهادی بازنگری در برنامهٔ درسی رشتهٔ مهندسی پلیمر را تدوین کردیم. این چارچوب بر محوریت مهارت‌آموزی، یادگیری پروژه‌محور، به‌روزسازی محتوای آموزشی و تقویت همکاری دانشگاه با صنعت تأکید دارد و مبنای تحول بنیادین آموزش مهندسی پلیمر و ارتقای کیفیت تربیت نیروی انسانی متخصص در کشور خواهد بود.

۳. ارزیابی برنامهٔ آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران

برنامهٔ کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران سال‌ها پیش با هدف آموزش مبانی علمی و عملی، تربیت نیروی متخصص و پاسخ‌گویی به نیازهای صنعتی تدوین شد و در زمان خود همگام استانداردهای بین‌المللی بود. بااین‌حال، تحولات سریع علمی و فناوری‌های نوین پلیمری، مانند نانوکامپوزیت‌ها، پلیمرهای هوشمند، زیست‌پلیمرها، چاپ سه‌بُعدی و مهندسی مولکولی، همراه با نیاز صنعت به مهارت‌های نرم و میان‌رشته‌ای چالش‌های جدی برای این برنامهٔ سنتی ایجاد کرده و بازنگری در ساختار و محتوای آموزشی را ضروری ساخته است. در ادامه، برنامهٔ آموزشی مقطع کارشناسی مهندسی

پلیمر در ایران را از جنبه‌های ساختار کلی و واحدهای درسی، نقاط قوّت برنامهٔ آموزشی موجود، کاستی‌ها و چالش‌های برنامهٔ آموزشی، مقایسهٔ تطبیقی با دانشگاه‌های بین‌المللی ارزیابی می‌کنیم.

۳-۱. ساختار کلی و واحدهای درسی

براساس برنامهٔ مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی، دروس مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران ۱۴۰ واحد است که به پنج دستهٔ عمومی، پایه، اصلی و تخصصی (الزامی)، اختیاری و کارآموزی تقسیم می‌شوند (Polymer Engineering Undergraduate Program, 2017).

- **دروس عمومی (۲۲ واحد)** شامل معارف اسلامی، زبان فارسی، تربیت بدنی، زبان انگلیسی و غیره می‌شود که در همهٔ رشته‌ها مشترک است.
- **دروس پایه (۲۷ واحد)** شامل ریاضی عمومی، شیمی عمومی، فیزیک، معادلات دیفرانسیل، برنامه‌نویسی، نقشه‌کشی و غیره میشود که پایه‌های علمی ورود به دروس تخصصی هستند.
- **دروس اصلی و تخصصی (الزامی) (۸۰ واحد)** شامل دروسی نظیر استاتیک و مقاومت مصالح، ترمودینامیک، انتقال حرارت، مکانیک سیالات، عملیات واحد، شیمی‌ـفیزیک پلیمر، خواص فیزیکی و مکانیکی پلیمرها، مهندسی پلاستیک، رئولوژی، مهندسی الاستومر، کامپوزیت، و آزمایشگاه‌های تخصصی می‌شود.
- **دروس اختیاری (۱۱ واحد)** شامل خواص و کاربرد پلیمرهای طبیعی، مهندسی الیاف، زبان تخصصی پلیمر، آمار و احتمالات مهندسی، مبانی مهندسی برق و غیره می‌شود.
- **کارآموزی (۲ واحد)** که در پایان دوره، بدون احتساب در میانگین و واحد، برگزار می‌شود.

۳-۲. نقاط قوّت برنامهٔ آموزشی کنونی

برنامهٔ کارشناسی مهندسی پلیمر با آموزش پایه‌های علمی در شیمی، فیزیک و ریاضیات و نیز پوشش مباحث بنیادین پلیمر زمینهٔ تربیت نیروی متخصص را فراهم می‌کند. وجود آزمایشگاه‌های تخصصی یادگیری عملی و ارتقای مهارت‌های کاربردی را تقویت و امکان ادامهٔ تحصیل و پژوهش در مقاطع بالاتر را مهیا می‌سازد. این نقاط قوّت در کنار هم نشان‌دهندهٔ انسجام و کارآمدیِ نسبی برنامهٔ آموزشی فعلی در تربیت نیروهای متخصص و آمادهٔ فعالیت‌های علمی و صنعتی در حوزهٔ پلیمر است (Sadeghmand et al., 2017; Khodayi et al., 2024; Hadavand, 2010).

۳-۳. کاستی‌ها و چالش‌های برنامهٔ آموزشی حاضر

- روزآمدنبودن سرفصل‌ها و محتوای آموزشی

یکی از ضعف‌های اصلی برنامهٔ کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران انطباق‌نداشتن با تحولات علمی و فناورانهٔ بین‌المللی است. درحالی‌که دانشگاه‌های پیشرو مفاهیم نوینی را، مانند پلیمرهای هوشمند،

زیست‌پایه، مهندسی سطح، چاپ سه‌بُعدی و چهاربُعدی و طراحی پایدار، در برنامه‌های خود گنجانده‌اند دروس تخصصی در ایران غالباً قدیمی، بدون‌بازنگری و محدود به سرفصل‌های تکراری هستند.

- ضعف آموزش مهارت‌های عملی و تجربی

با وجود دروس آزمایشگاهی، زیرساخت‌های ناکارآمد و کمبود تجهیزات مدرن همراه با محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای طراحی و شبیه‌سازی مانع آشنایی دانشجویان با فناوری‌های صنعتی و کاهش مهارت‌های عملی و فنی آنان شده است.

- نبودِ همکاری مؤثر و ساختاریافته با صنعت

در بیشتر دانشگاه‌های کشور، ارتباط با صنعت به گذراندن واحد کارآموزی محدود است درحالی‌که در بسیاری از کشورها پیوند دانشگاه و صنعت ازطریق طراحی پروژه‌های مشترک، تعریف پایان‌نامه‌های کاربردی، برگزاری دوره‌های آموزشی با حضور متخصصان صنعتی و حتی آموزش دروس مشترک دانشگاه‌ـصنعت نهادینه شده است. نبودِ این سازوکارها در برنامهٔ فعلی مهندسی پلیمر اثربخشی آموزشی را کاسته و موجب افت قابلیت اشتغال فارغ‌التحصیلان شده است (Yaghoubi et al., 2012; Hadavand, 2008).

- بی‌توجهی به رویکردهای میان‌رشته‌ای و آموزش بین‌المللی

ماهیت بین‌رشته‌ای مهندسی پلیمر مستلزم آشنایی دانشجویان با حوزه‌هایی چون مهندسی شیمی، نانو، پزشکی، طراحی صنعتی و مکانیک است اما این رویکرد در برنامهٔ فعلی یا غایب است یا پراکنده اجرا می‌شود. همچنین کمبود آموزش زبان تخصصی، نگارش علمی، کار گروهی و استفاده از منابع بین‌المللی توان رقابت جهانی دانشجویان را محدود کرده است.

- نادیده‌گرفتن مهارت‌های نرم و شایستگی‌های حرفه‌ای

مهارت‌های کلیدی، مانند تفکر نقادانه، حل مسئله، مدیریت پروژه، ارائهٔ علمی، نوآوری، تفکر طراحی و اخلاق حرفه‌ای، برای موفقیت در محیط‌های کاری امروزی ضروری‌اند. این مهارت‌ها در برنامهٔ درسی مهندسی پلیمر به‌طور ساختاریافته آموزش داده نمی‌شوند و نبودِ آنها توانایی فارغ‌التحصیلان را در تطبیق با الزامات حرفه‌ای کاهش می‌دهد (Yazdanpanah et al., 2022).

۳-۴. مقایسهٔ تطبیقی با دانشگاه‌های بین‌المللی پیشرو

در مطالعهٔ تطبیقی ساختارها و شیوه‌های آموزشی دانشگاه‌های پیشروِ آمریکا، آلمان، ژاپن و کانادا و

برنامه‌های درسی دانشگاه‌های ایران تفاوت‌های معناداری در محورهای کلیدی آموزشی، پژوهشی و مهارت‌آموزی مشاهده می‌شود. در ادامه، این تفاوت‌ها را از منظر شش مؤلفهٔ اصلی بررسی و وضعیت فعلی نظام آموزش مهندسی ایران را با رویکردهای نوین بین‌المللی مقایسه می‌کنیم (ABET, 2025؛ Moghadas et al., 2019).

- پروژه‌های صنعتی

در دانشگاه‌های پیشرو، پروژه‌های صنعتی بخشی جدانشدنی از آموزش عملی هستند و مهارت‌های فنی و آمادگی شغلی دانشجویان را تقویت می‌کنند. در ایران، اجرای چنین پروژه‌هایی محدود یا صرفاً کارآموزیِ بدون نظارت مؤثر است.

- آموزش مهارت‌های نرم

در نظام آموزشی کشورهای پیشرفته، مهارت‌های نرم، مانند ارتباط مؤثر، حل مسئله، کارگروهی و تفکر انتقادی، ازطریقِ دروس و کارگاه‌های آموزشی توسعه می‌یابند اما در برنامه‌های درسی دانشگاه‌های ایران آموزش این مهارت‌ها تقریباً غایب است.

- آموزش میان‌رشته‌ای

دانشگاه‌های بین‌المللی پیشرو رویکردهای میان‌رشته‌ای را در ساختار درسی خود نهادینه کرده و دانشجویان امکان انتخاب دروس را از رشته‌های مشابه دیگر دارند. در ایران چنین آموزش‌هایی بسیار محدود و در اغلب غیررسمی است.

- فناوری‌های نو

در دانشگاه‌های پیشرفته، مفاهیم و فناوری‌های نوظهور، مانند هوش مصنوعی، پرینت سه‌بُعدی، بیومتریال‌ها و فناوری نانو، به‌صورت به‌روز و در قالب دروس رسمی آموزش داده می‌شوند اما در دانشگاه‌های ایران آموزش این مباحث در مقطع کارشناسی غالباً در سطح مقدماتی و بدون تجهیزات و زیرساخت مناسب صورت می‌گیرد.

- همکاری با صنعت

در سطح بین‌الملل، دانشگاه و صنعت ازطریقِ قراردادهای مالی، تعریف پروژه‌های مشترک، طراحی دروس با مشارکت متخصصان صنعتی و حتی تأسیس مراکز نوآوری مشترک همکاری می‌کنند. در ایران، چنین همکاری‌ای بیشتر غیرنظام‌مند و مقطعی است و به ارتباطات شخصی اعضای هیئت‌علمی محدود است.

- به‌روزرسانی سرفصل‌های درسی

دانشگاه‌های معتبر جهان سرفصل‌ها را سالانه با مشارکت دانشگاه و صنعت بازنگری می‌کنند درحالی‌که این فرایند در ایران کند و سنتی است و کمتر ذی‌نفعان صنعتی را درگیر می‌کند. بررسی‌های تطبیقی و بازخورد فارغ‌التحصیلان نشان می‌دهد برنامهٔ فعلی کارشناسی مهندسی پلیمر پاسخ‌گوی نیازهای روز نیست. ضعف به‌روزرسانی محتوا، کمبود آموزش عملی و نبودِ ارتباط مؤثر دانشگاه و صنعت از چالش‌های اصلی‌اند. بنابراین، بازطراحی آینده‌نگر و میان‌رشته‌ای برنامه، با حفظ پایه‌های نظری و توجه به حوزه‌های نوین، برای تربیت مهندسان خلاق و کارآمد ضروری است.

۴. تحولات جهانی و روندهای نوظهور آموزش مهندسی پلیمر

با ورود به دههٔ سوم قرن بیست و یکم، آموزش مهندسی در سطح بین‌المللی دستخوش تحولات بنیادین و ساختاری شده است؛ تحولاتی که نه‌تنها در محتوای دروس بلکه در شیوه‌های آموزش، ارزشیابی، همکاری با صنعت و تعریف نقش مهندس آینده بازتاب یافته‌اند. این تغییرات اغلب متأثر از عواملی، مانند توسعهٔ فناوری‌های نو، چالش‌های زیست‌محیطی، جهتگیری نیازهای بازار به سمت مهارت‌محوری و انعطاف‌پذیری حرفه‌ای، جهانی‌شدن اقتصاد و شکل‌گیری استانداردهای مشترک آموزشی و حرفه‌ای در سراسر جهان، و ورود مفاهیمی، نظیر انقلاب صنعتی چهارم (Industry 4.0)، است (Ghazanfarian, 2024).

مهندسی پلیمر، به‌مثابهٔ رشته‌ای میان‌رشته‌ای و کاربردی، نیازمند بازنگری در رویکردهای آموزشی است. دانشگاه‌های پیشرو الگوهای سنتی را با آموزش مهارت‌های عملی، درک میان‌رشته‌ای، ارتباط با صنعت و آمادگی برای نوآوری فناورانه جایگزین کرده‌اند. در ادامه، مهم‌ترین **تحولات جهانی و روندهای نوظهور را** در آموزش مهندسی پلیمر بررسی می‌کنیم.

۴-۱. محوریت‌یافتن آموزش میان‌رشته‌ای

در دهه‌های اخیر، تحولات علمی و فناوری شیوه‌های آموزش مهندسی را دگرگون کرده است. مهندسی پلیمر نیز از یک حوزهٔ تخصصی مستقل به رشته‌ای میان‌رشته‌ای تبدیل شده است که در دانشگاه‌های پیشرو، با همکاری رشته‌هایی مانند مهندسی شیمی، نانوفناوری، بیوتکنولوژی، مهندسی پزشکی و طراحی صنعتی، آموزش داده می‌شود. برای مثال، در مؤسسهٔ فناوری ماساچوست (MIT)، گرایش پلیمر را در دانشکدهٔ مهندسی مواد به‌صورت دوره‌های مشترک با بیوانفورماتیک، طراحی سیستم‌های دارورسانی، محاسبات مولکولی و طراحی صنعتی آموزش می‌دهند. در این برنامه‌ها، دانشجویان به‌جای تمرکز صِرف بر خواص فیزیکی و شیمیایی پلیمرها می‌آموزند چگونه از پلیمرها در حل چالش‌هایی مانند درمان بیماری‌های مزمن، طراحی مواد هوشمند، یا بهینه‌سازی انرژی استفاده کنند (PPSM, 2025).

به‌همین‌ترتیب، در دانشگاه توکیو مهندسی پلیمر در قالب یک برنامهٔ کل‌نگر با عنوان «مواد و نوآوری پایدار» آموزش داده می‌شود که تأکید ویژه‌ای بر پایداری زیست‌محیطی، طراحی مواد دوستدار محیط‌زیست، و انتقال فناوری به صنعت دارد (University of Tokyo, 2025). این رویکرد سبب تربیت فارغ‌التحصیلانی با دید چندجانبه، انعطاف‌پذیر و توانمند در حل مسائل پیچیده و میان‌رشته‌ای شده است. بنابراین، بازنگری در ساختار آموزشی رشتهٔ مهندسی پلیمر در کشور و حرکت به سوی برنامه‌های میان‌رشته‌ای ضرورت اجتناب‌ناپذیر ارتقای کیفیت آموزش، افزایش کارایی فارغ‌التحصیلان و پاسخ‌گویی به نیازهای روز بازار کار و صنعت است.

۴-۲. تأکید بر مهارت‌محوری و آموزش مبتنی‌بر پروژه (PBL)

با پیشرفت فناوری، آموزش سنتی مبتنی‌بر سخنرانی جای خود را به رویکردهای نوین، به‌ویژه یادگیری فعال و پروژه‌محور (PBL)، داده است. در این الگو، دانشجویان با مسائل واقعی و پروژه‌های صنعتی و بین‌رشته‌ای مواجه می‌شوند و نظریه‌ها را به عمل تبدیل می‌کنند. استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، مدل‌سازی و داده‌کاوی یادگیری علمی را عمیق‌تر می‌کند و مهارت‌های کلیدی، مانند کارِ گروهی، مدیریت زمان، حل مسئله و ارتباط مؤثر با صنعت، تقویت می‌شود تا فارغ‌التحصیلان با آمادگی و اعتماد بیشتری وارد محیط حرفه‌ای شوند (Ghasemi, 2021; Hajipour, 2024). برای مثال، دانشگاه‌هایی مانند مؤسسهٔ فناوری فدرال زوریخ[1] و دانشگاه آکرون[2] دراین‌زمینه پیشرو هستند و دوره‌های پایان‌نامه در مقطع کارشناسی را در قالب پروژه‌های چندمرحله‌ای برگزار می‌کنند که در آنها دانشجویان به‌طور مستقیم با صنعت همکاری می‌کنند. این نوع از آموزش نه‌تنها به فراهم‌سازی بستر مناسب یادگیری دانشجویان می‌انجامد بلکه موجب تقویت ارتباط دانشگاه و صنعت می‌شود و خلاقیت دانشجویان را شکوفا می‌کند.

با توجه به مطالب اشاره‌شده، به‌کارگیری رویکرد مهارت‌محوری و آموزش مبتنی‌بر پروژه نسل جدیدی از متخصصان و پژوهشگران را شکل می‌دهد که قادر به پاسخ‌گویی به چالش‌های امروز و آینده جامعه خواهند بود.

۴-۳. ورود فناوری‌های نوین به آموزش مهندسی پلیمر

تحولات فناورانه و پیشرفت‌های علمی در دهه‌های اخیر نقش بسزایی در متحول‌کردن آموزش مهندسی پلیمر در مقطع کارشناسی ایفا کرده است. این تغییرات نه‌تنها سطح دانش و توانایی‌های دانشجویان را ارتقا می‌دهد بلکه شیوه‌های آموزشی را به‌طور چشمگیری دگرگون می‌کند (Bakhtiarinejad et al., 2016). برخی از فناوری‌های نوظهور که به‌ویژه در آموزش مهندسی پلیمر مورد توجه قرار گرفته‌اند عبارت‌اند از:

1- ETH Zurich
2- University of Akron

- **فناوری نانو**[1]: این مواد با ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود، بخشی از دوره‌های اصلی آموزش مهندسی پلیمر معرفی شده‌اند. دانشجویان در این دوره‌ها با ساختار، سنتز و خواص نانوپلیمرها و نانوکامپوزیت‌ها به‌صورت دقیق و علمی آشنا می‌شوند که پایه‌گذار تحقیقات نوین و کاربردهای صنعتی هستند.
- **چاپ سه‌بُعدی**[2] **و ساخت افزایشی**[3]: این فناوری به دانشجویان امکان می‌دهد با طراحی به‌کمک کامپیوتر (CAD[4]) و پرینت قطعات پلیمری آشنا شوند. این مهارت‌ها به آنان امکان می‌دهد خلاقیت خود را در تولید محصولات جدید به کار بگیرند و فرایندهای تولید را به‌راحتی بهبود بخشند.
- **شبیه‌سازی کامپیوتری**[5] **و یادگیری ماشین**[6] **در مهندسی مواد**: استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین دراین‌زمینه به دانشجویان کمک می‌کند رفتار پلیمرها را پیش‌بینی و مواد جدید طراحی کنند. این امکان زمینه‌ساز نوآوری‌های تازه و بررسی دقیق‌تر خواص مواد است.
- **کار با تجهیزات پیشرفتهٔ آنالیز**[7]: آموزش استفاده از دستگاه‌های پیشرفته، مانند میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، کالریمتری روبشی تفاضلی (DSC)، گرماوزنی (TGA)، طیف‌سنجی تبدیل فوریهٔ مادون‌قرمز (FTIR)، رئومتر (Rheometer) و کروماتوگرافی ژل تراوایی (GPC) در محیط واقعی آزمایشگاهی، به دانشجویان امکان می‌دهد با فرایندهای آنالیز دقیق و روش‌های ارزیابی مواد پلیمری آشنا شوند.
- **واقعیت مجازی**[8] **و واقعیت افزوده**[9]: این فناوری‌ها به‌منظور آموزش فرایندهای تولید و همچنین آزمایشگاه‌های مجازی به‌کار گرفته می‌شوند. با استفاده از واقعیت مجازی، دانشجویان تجربیات عمیق‌تری از فرایندهای پیچیدهٔ تولید و آزمایش خواهند داشت و در محیط‌های شبیه‌سازی‌شده، بدون خطرهای آزمایشگاه‌های واقعی، مهارت‌های خود را پرورش خواهند داد.

درمجموع، ورود فناوری‌های نوین به آموزش مهندسی پلیمر کیفیت یادگیری را افزایش می‌دهد و دانشجویان را با چالش‌های صنعتی و تحقیقاتی آشنا می‌کند؛ مهارت‌های نوآوری و پیشرفت آنان را تقویت و آنان را به متخصصانی توانمند و خلاق تبدیل می‌سازد.

۴-۴. تأکید بر توسعهٔ پایدار و پلیمرهای زیست‌پایه

با تشدید بحران‌های محیط‌زیستی و پیامدهای گرمایش جهانی، آموزش مهندسی پلیمر به مفاهیم مرتبط با توسعهٔ پایدار، مانند پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر، اقتصاد چرخشی، بازیافت پیشرفته، مهندسی سبز و طراحی پایدار، توجه بیشتری کرده است که هم به حفظ محیط‌زیست و هم به تربیت

1- Nanotechnology
2- 3D printing
3- Additive manufacturing
4- Computer-aided design
5- Computer simulation
6- Machine learning
7- Advanced analysis equipment
8- Virtual reality (VR)
9- Augmented reality (AR)

نیروی متخصص در این حوزه کمک می‌کند (Aldieri, 2021؛ Hu, 2023).

- **پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر**[1]: این مواد به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که پس از اتمام عمر مفید خود به‌راحتی در محیط زیست تجزیه می‌شوند. در آموزش مهندسی پلیمر، به دانشجویان آموزش داده می‌شود چگونه این پلیمرها را سنتز و ویژگی‌های آنها را بررسی کنند تا به‌نحوی در طراحی محصولات دوستدار محیط زیست مشارکت داشته باشند.
- **اقتصاد چرخشی**[2]: این مفهوم به جایگزینی مدل‌های خطی تولید و مصرف با مدل‌هایی اشاره دارد که در آنها مواد و انرژی به‌طور مؤثر استفاده می‌شوند. دراین‌زمینه، آموزش‌هایی دربارهٔ راهبردهای کاهش ضایعات، استفادهٔ مجدد از مواد و طراحی محصولات برای تسهیل بازیافت داده می‌شود.
- **بازیافت پیشرفتهٔ**[3] **مواد پلیمری**: این بخش از آموزش بر شیوه‌های نوآورانهٔ بازیافت تمرکز دارد که به دانشجویان کمک می‌کند با روش‌های مدرن و مؤثر بازیابی و استفادهٔ دوباره از مواد پلیمری آشنا شوند. این رویکرد به افزایش تقاضای منابع اولیه و کاهش زباله‌های پلیمری کمک می‌کند.
- **مهندسی سبز**[4] **و طراحی برای پایداری** (DfS[5])؛ آموزش این مفاهیم در مهندسی پلیمر موجب می‌شود دانشجویان در طراحی و توسعهٔ فرایندهای تولید به‌گونه‌ای عمل کنند که نه‌تنها توسعهٔ اقتصادی بلکه حفاظت از محیط زیست در نظر گرفته شود.

دانشگاه‌های پیشرفته، مانند دلف (TU Delft) و استنفورد، برای این تغییرات دروس مهندسی پلیمری سبز و طراحی پایدار را آموزش می‌دهند تا دانشجویان توانمندی رویکردهای مدرن و توسعهٔ پایدار را کسب کنند. این تمرکز هم به بهبود محیط زیست کمک می‌کند و هم نیروی کار متخصص و خلاق برای حل چالش‌های آینده پرورش می‌دهد.

۴-۵. توسعهٔ برنامه‌های بین‌المللی و یادگیری مادام‌العمر

یکی از تحولات مؤثر در حوزهٔ آموزش مهندسی در سال‌های اخیر بین‌المللی‌شدن آموزش و ایجاد مسیرهای یادگیری مادام‌العمر[6] است که علاوه‌بر بهبود مهارت‌های علمی و عملی موجب گسترش روابط بین‌المللی در عرصه‌های علم و صنعت می‌شود. برخی از جنبه‌های کلیدی این تحولات عبارت‌اند از:

- **دوره‌های مشترک بین چند دانشگاه**[7]: این برنامه‌ها امکان تحصیل هم‌زمان در چند دانشگاه معتبر و دریافت مدارک با اعتبار جهانی را فراهم می‌کنند و تجربهٔ بین‌المللی، آشنایی با فرهنگ‌ها و روش‌های آموزشی گوناگون، و تقویت تفکر انتقادی و خلاقیت دانشجویان را به‌همراه دارند (Knight, 2011).

1- Biodegradable
2- Circular economy
3- Advanced recycling
4- Green Engineering
5- Design for sustainability
6- Lifelong learning
7- Joint degree program

- **آموزش‌های برخط در مقطع کارشناسی:** دوره‌های برخط گسترده (MOOCs[1]) فرصت یادگیری را در هر زمان و مکانی فراهم می‌کنند و به دانشجویان امکان می‌دهند بدون محدودیت‌های جغرافیایی/ زمانی از استادان دانشگاه‌های معتبر جهانی آموزش ببینند و به‌روزترین اطلاعات و مهارت‌ها را در زمینه‌های گوناگون کسب کنند (Margaryan, 2015; Zhang et al., 2016).
- **گواهینامه‌های مهارتی کوتاه‌مدت[2]:** این برنامه‌ها راه‌حل سریع و مؤثر توسعهٔ مهارت‌های خاص در حوزه‌های موردنیاز صنعت تعریف شده‌اند. برای مثال، دوره‌هایی مانند «چاپ سه‌بُعدی پلیمرها» یا «رئولوژی و شبیه‌سازی پلیمر» به افراد کمک می‌کنند مهارت‌های کاربردی و تخصصی را به‌سرعت و متمرکز بیاموزند و به بازار کار معرفی شوند.
- **زیرساخت‌هایی چون ادایکس[3] و کورسرا[4]:** این زیرساخت‌ها با همکاری دانشگاه‌های برتر دوره‌های مهندسی پلیمر و سایر رشته‌ها را برگزار می‌کنند و به دانشجویان امکان می‌دهند یادگیری خود را براساس نیاز و علاقه شخصی‌سازی کنند.

توسعهٔ برنامه‌های یادشده کیفیت آموزش مهندسی پلیمر را ارتقا می‌دهد و فارغ‌التحصیلانی آمادهٔ چالش‌های جهانی تربیت می‌کند. یادگیری مادام‌العمر نیز امکان به‌روزماندن و تقویت مهارت‌ها را فراهم و نوآوری و رقابت‌پذیری ملی و بین‌المللی را تقویت می‌کند.

۴-۶. گنجاندن و تلفیق مهارت‌های نرم و کارآفرینی فناورانه در برنامه‌ها

در نظام‌های آموزشی نوین، مهارت‌های نرم به‌مثابهٔ رکن اساسی آموزش مهندسی، به‌ویژه در مهندسی پلیمر، اهمیت یافته‌اند و دانشجویان، علاوه‌بر دانش فنی، نیازمند توانایی‌های فراتر از مهارت‌های سنتی برای موفقیت در محیط‌های پیچیده و رقابتی هستند. این مهارت‌ها شامل تفکر طراحی[5]، نوآوری فناورانه[6]، توانمندی در راه‌اندازی و توسعهٔ استارت‌آپ‌ها، مهارت‌های بین‌فردی و ارتباطی، رهبری گروه، مدیریت پروژه، اخلاق حرفه‌ای، مسئولیت‌پذیری اجتماعی و درک مسائل اقتصادی و زیست‌محیطی مرتبط با فناوری‌های پلیمری هستند.

برخی دانشگاه‌های معتبر جهان، مانند مؤسسهٔ فناوری جورجیا[7] و دانشگاه RWTH آخن در آلمان، پیشگام تلفیق این مهارت‌ها با محتوای فنی در برنامه‌های مهندسی خود بوده‌اند. این دانشگاه‌ها دوره‌هایی تخصصی را با محوریت طراحی و توسعهٔ کسب وکارهای پلیمری، نوآوری صنعتی و حل مسائل واقعی صنعت برگزار می‌کنند. در کارگاه‌های پروژه‌محور، دانشجویان در گروه‌های چندرشته‌ای با چالش‌های

1- Massive open online course
2- Micro-credentials
3- EdX
4- Coursera
5- Design thinking
6- Technology-based innovation
7- Georgia Institute of Technology

واقعی صنعت کار می‌کنند و، علاوه‌بر دانش تخصصی، مهارت‌های رهبری، تفکر انتقادی و کار گروهی را می‌آموزند. این تجربه آمادگی فارغ‌التحصیلان را برای بازار کار و نقش‌آفرینی در زیست‌بوم نوآوری و کارآفرینی افزایش می‌دهد. به‌ویژه در مهندسی پلیمر، این مهارت‌ها برای توسعهٔ پایدار و رقابت‌پذیری حیاتی‌اند و بازنگری در برنامه‌های آموزشی با تمرکز بر مهارت‌های نرم و کارآفرینی فناورانه ضرورت راهبردی دارد.

۴-۷. تقویت مشارکت صنعت در آموزش

در آموزش مهندسی نوین، مشارکت فعال صنعت با دانشگاه امری کلیدی است و صنایع پلیمری در طراحی سرفصل‌ها، تعریف پروژه‌های کاربردی، تأمین منابع پژوهشی و اجرای کارآموزی‌های ساختارمند نقش حیاتی دارند. در بسیاری از دانشگاه‌های پیشروِ جهان، بخشی از دروس تخصصی را متخصصان باسابقهٔ صنعتی تدریس می‌کنند. این افراد که «استادان صنعتی[1]» شناخته می‌شوند تجربیات عملی و دانش روز بازار را به کلاس‌های درس وارد می‌کنند. حضور آنان موجب نزدیکی مفاهیم آموزشی به واقعیت‌های صنعت و آشنایی دانشجویان با چالش‌ها و روندهای فناوری در محیط‌های صنعتی می‌شود. علاوه‌براین، طرح‌های تحقیقاتی و پایان‌نامه‌ها با حمایت مالی یا راهبری مستقیم صنایع انجام می‌گیرند. این همکاری‌ها نه‌تنها موجب افزایش کاربردی‌بودن پژوهش‌ها می‌شود بلکه فرصت کارآموزی تحقیقاتی، اشتغال پس از فارغ‌التحصیلی و انتقال فناوری را به شرکت‌های صنعتی فراهم می‌آورد. همچنین بسیاری از برنامه‌های آموزشی موفق، از سال‌های ابتدایی تحصیل در مقطع کارشناسی، دانشجویان را ازطریقِ بازدیدهای صنعتی، دوره‌های کارورزی ساختاریافته و برنامه‌های راهبری[2] با فضای واقعی صنعت آشنا می‌کنند. این تجربه‌های میدانی در کنار آموزش دانشگاهی باعث شکل‌گیری نگرش واقع‌بینانه و مهارت‌محور در دانشجویان می‌شود (Abbassian et al., 2010؛Moghadas et al., 2019).

تحولات جهانی آموزش مهندسی پلیمر نشان‌دهندهٔ گذار از نظام سنتی نظری به الگویی همیارانه، پروژه‌محور، فناورانه و میان‌رشته‌ای با پیوند نزدیک به صنعت است و بازنگری عمیق در ساختار آموزشی برای همگام‌سازی ایران ضروری است. این بازنگری می‌بایست در چند سطح دنبال شود:

- به‌روزرسانی محتوای درسی و افزودن دروس جدید متناسب با فناوری‌های نوین و نیازهای واقعی صنعت پلیمری؛
- اصلاح روش‌های تدریس و ارزشیابی، با استفاده از بهره‌گیری از روش‌های همیارانه، مانند یادگیری مبتنی‌بر پروژه و ارزیابی مستمر مهارت‌محور؛
- ایجاد ساختارهای ارتباطی پایدار با صنعت به‌وسیلهٔ طراحی نهادهای مشترک دانشگاه-صنعت، مراکز نوآوری مشترک و دفاتر انتقال فناوری؛

1- Industry professors
2- Mentorship programs

- توانمندسازی استادان و دانشجویان در همکاری با صنعت ازطریقِ برنامه‌های فرصت مطالعاتی صنعتی برای اعضای هیئت‌علمی و فراهم‌سازی زیرساخت‌های حضور دانشجویان در شرکت‌ها.

چنین تحولی نه‌تنها به ارتقای کیفیت آموزش مهندسی پلیمر در کشور منجر خواهد شد بلکه زمینه‌ساز توسعهٔ نوآوری‌های صنعتی، افزایش اشتغال‌پذیری فارغ‌التحصیلان و ارتقای رقابت‌پذیری صنایع پلیمری در سطح منطقه‌ای و جهانی خواهد بود.

۵. تطبیق برنامهٔ درسی مهندسی پلیمر با استانداردهای بین‌المللی

برای ارتقای کیفیت آموزش مهندسی پلیمر در ایران و همگام‌سازی با تحولات جهانی، بررسی تطبیقی برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌های برتر نقاط قوّت و ضعف نظام داخلی را شناسایی و راهکارهای بهبود آن را مطرح می‌کند. براین‌اساس، ساختار برنامه‌های آموزشی مقطع کارشناسی در سه دانشگاه پیشرو جهان را در حوزهٔ مهندسی مواد و پلیمر، شامل مؤسسهٔ فناوری ماساچوست، دانشگاه RWTH آخن و دانشگاه توکیو، با برنامهٔ درسی موجود در ایران مقایسه کرده و نتایج را در جدول ۱ نمایش داده‌ایم (Polymer Engineering Undergraduate Program, 2017; PPSM, 2025؛ University of Tokyo, 2025; Rwth-Aachen, 2025). این مقایسه شامل جنبه‌هایی، ازجمله آموزش عملی، دروس پروژه‌محور، محتوای میان‌رشته‌ای، آموزش نرم‌افزارها و زبان تخصصی، انعطاف‌پذیری انتخاب گرایش، تجربهٔ صنعتی و آموزش برخط، است که به بهبود کیفیت آموزش در کشور ما منجر می‌شود.

جدول ۱. مقایسهٔ برنامهٔ درسی مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر در دانشگاه‌های ایران و دانشگاه‌های بین‌المللی منتخب

معیار ارزیابی	دانشگاه‌های ایران	دانشگاه‌های بین‌المللی
آموزش عملی و آزمایشگاه	محدود و حدود ۲۰ درصد، غالباً تمرین آزمایشگاهی ساده و تکراری	گسترده و بیش از ۳۵ درصد، با تجهیزات آزمایشگاهی و پروژه‌های واقعی
دروس پروژه‌محور	محدود به پایان‌نامه	پروژه‌های تحقیقاتی یا طراحی مهندسی اجباری در دو تا چهار ترم
محتوای میان‌رشته‌ای	محدود به شیمی پلیمر	تلفیق با زیست‌مواد، نانو، انرژی، طراحی صنعتی، علوم داده
آموزش نرم‌افزارهای تخصصی	اختیاری یا اغلب شامل معرفی کلی بدون تمرین عملی	الزامی و آموزش دقیق نرم‌افزارهایی چون MATLAB, Moldflow, COMSOL, ANSYS
زبان تخصصی پلیمر	اختیاری	الزامی و بخشی از سرفصل رسمی
انعطاف‌پذیری انتخاب گرایش	بسیار محدود	بالا
تجربهٔ صنعتی	محدود به کارآموزی و بدون چارچوب مشخص	استاد مدعو صنعتی، دوره‌های رسمی کارآموزی، همکاری با شرکت‌ها، پروژهٔ صنعتی
آموزش برخط و ترکیبی	بسیار محدود یا غایب	وجود دوره‌های برخط گستردهٔ MOOCs

بررسی تطبیقی برنامه‌های مهندسی پلیمر در ایران و دانشگاه‌های برتر نشان می‌دهد ارتقای کیفیت این رشته در ایران نیازمند تغییرات بنیادین است. دانشگاه‌های پیشرو آموزش نظری را با مهارت‌های عملی، تجربهٔ صنعتی و نگاه آینده‌نگر تلفیق می‌کنند درحالی‌که برنامه‌های ایرانی همچنان سنتی و کمتر مهارت‌محور هستند. برای انطباق با استانداردهای جهانی، می‌بایست سهم آموزش عملی و پروژه‌محور افزایش یابد؛ تجربهٔ اجرای دست‌کم دو پروژهٔ کاربردی در سال فراهم شود؛ حدود ۳۰ درصد از دوره به آزمایشگاه، طراحی و شبیه‌سازی اختصاص یابد و آموزش عملی و اجباری نرم‌افزارهای تخصصی گنجانده شود.

از سوی دیگر، تقویت پیوند با صنعت ازطریقِ کارآموزی ساختاریافته، طراحی پایان‌نامه‌های کاربردی با همکاری مستقیم صنایع و بهره‌گیری از مدرسان صنعتی در دروس تخصصی از اقدامات کلیدیِ کاهش شکاف بین دانشگاه و صنعت است. ساختار رسمی کارآموزی که شامل ارزیابی صنعتی، استاد ناظر و نمرهٔ مشخص می‌شود، مشابه تجربهٔ موفق دانشگاه RWTH آلمان، به ارتقای آمادگی شغلی دانشجویان کمک می‌کند. برنامهٔ درسی می‌بایست با دروس میان‌رشته‌ای و فناوری‌محور، مانند زیست‌مواد، مهندسی سطح، طراحی صنعتی و یادگیری ماشین، غنی شود تا دانشجویان آمادهٔ چالش‌های نوظهور شوند. توسعهٔ مهارت‌های نرم، شامل نگارش فنی، ارائهٔ علمی و زبان تخصصی، نیز ضروری است. علاوه‌براین، ایجاد پایگاه‌های صنعتی و تعریف پروژه‌های واقعی به‌عنوان پایان‌نامه زمینهٔ همکاری مستمر دانشگاه و صنعت و تحول بنیادین در آموزش مهندسی پلیمر را فراهم می‌کند.

۶. پیشنهادهای بازنگری در برنامهٔ درسی و بهبود آن

با توجه به فاصلهٔ برنامه‌های آموزشی مهندسی پلیمر در ایران با نیازهای صنعت و استانداردهای بین‌المللی، بازنگری اساسی در ساختار، محتوا، روش‌های آموزشی و ارزیابی دانشجویان ضروری به نظر می‌رسد. در این بخش، پیشنهادهایی در سه سطح ساختاری، محتوایی و اجرایی مطرح می‌کنیم تا کیفیت آموزش و هم‌خوانی آن با تحولات علمی و صنعتی ارتقا یابد.

۶-۱. پیشنهادهای ساختاری

- طراحی چارچوب آموزشی مبتنی‌بر شایستگی

ضروری است چارچوب برنامهٔ درسی برمبنای مهارت‌ها و دانش‌های کلیدی موردنیاز مهندس پلیمر طراحی شود. شایستگی‌ها شامل مواردی، چون تحلیل فرایندهای صنعتی، انتخاب مواد مناسب، طراحی مهندسی، شبیه‌سازی فرایندها، کار گروهی مؤثر و تفکر سیستمی، هستند. در این رویکرد، گذراندن دروس به‌تنهایی کافی نیست بلکه می‌بایست توانمندی‌های واقعی و عملی دانشجو مبنای ارزشیابی قرار گیرد (Memarian, 2024؛ Memarian, 2023).

- جداسازی مسیرهای تخصصی در دورهٔ کارشناسی

پیشنهاد می‌کنیم دانشجویان مقطع کارشناسی مهندسی پلیمر از سال سوم امکان انتخاب مسیرهای تخصصی متنوعی را داشته باشند؛ برای مثال، پلیمرهای مهندسی (با کاربرد در خودروسازی و صنایع سنگین)؛ پلیمرهای پزشکی و زیستی؛ بسته‌بندی و پلیمرهای غذایی؛ نانوپلیمرها و کامپوزیت‌ها. چنین ساختاری امکان تمرکز بیشتر، یادگیری عمیق‌تر و آمادگی بهتر را برای ورود به بازار کار تخصصی فراهم می‌کند.

۶-۲. پیشنهادهای محتوایی

- بازنگری در دروس نظری با رویکرد حل مسئله و کاربردی‌سازی محتوا

مشاهدات و بازخورد دانشجویان نشان می‌دهد بسیاری از دروس نظری مهندسی پلیمر فرمول‌محور و کم‌ارتباط با نیازهای صنعت هستند و فارغ‌التحصیلان در به‌کارگیری مفاهیم مسائل واقعی ضعف دارند. برای رفع این مشکل، بازنگری در دروس نظری با رویکرد مسئله‌محور و صنعتی، استفاده از مطالعهٔ موردی، تحلیل پروژه‌های صنعتی و منابع علمی به‌روز و طراحی زنجیره‌ای از مباحث پایه تا مراحل اجرایی را پیشنهاد می‌کنیم. در جدول ۲، پیشنهادهای اصلاحی برای وضعیت کنونی دروس نظری را مطرح کرده‌ایم.

جدول ۲. پیشنهادهای اصلاحی برای وضعیت کنونی دروس نظری

وضعیت کنونی	پیشنهاد اصلاحی
دروس نظری بدون ارتباط با مسائل واقعی	تلفیق نظریه با تحلیل موردی؛ طرح مثال‌های صنعتی و پروژه‌های کاربردی
منابع قدیم و اغلب ترجمه‌شده	استفاده از منابع روزآمد، مقالات علمی معتبر، گزارش‌های صنعتی و استانداردهای جهانی
ناپیوستگی محتوای دروس	طراحی مرحله‌ای و مکمل دروس
تمرکز بر حفظ فرمول‌ها و محاسبات	تأکید بر درک مفهومی، تحلیل نتایج، تفسیر داده‌ها و کاربرد در طراحی واقعی
آموزش منفعل و مبتنی‌بر سخنرانی	استفاده از روش‌های فعال یادگیری، مانند بحث گروهی، حل تمرین‌های چالشی، شبیه‌سازی و ارائهٔ پروژه

- افزایش و تقویت واحدهای عملی و مهارت‌محور

به‌منظور ارتقای توانمندی‌های عملی دانشجویان و ایجاد پیوند مؤثر میان دانش نظری و نیازهای واقعی صنعت، تقویت آموزش‌های کاربردی را در قالب سه محور اصلی پیشنهاد می‌کنیم:

الف) توسعه و تجهیز آزمایشگاه‌های تخصصی و نیمه‌صنعتی، نظیر رئولوژی و فرایندهای شکل‌دهی پلیمری، به‌منظور شبیه‌سازی وضعیت صنعتی و فراهم‌سازی بستر تجربهٔ عملی؛

ب) تعریف پروژه‌های ترمی برای هر درس که با هدف حل مسائل واقعی، تحلیل فرایندها و طراحی کاربردی اجرا و باعث تلفیق دانش نظری با تجربه عملی شود؛

ج) آموزش مهارت‌محور و عملی نرم‌افزارهای تخصصی پُرکاربرد در صنعت پلیمر، ازجمله Moldflow،

MATLAB،LAMMPS، ABAQUS، COMSOL و SolidWorks، ازطریقِ کارگاه‌ها، تمرین‌های ساختاریافته و پروژه‌های نرم‌افزار، که درمجموع موجب افزایش آمادگی شغلی، توان تحلیلی و قابلیت اجرای پروژه‌های صنعتی و پژوهشی در دانشجویان خواهد شد.

- افزودن دروس میان‌رشته‌ای و نوظهور

برای همگام‌شدن با تحولات علمی و صنعتی، می‌بایست دروس نوین و کاربردی، مانند علوم داده در مواد، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، پلیمرهای زیست‌سازگار، پایداری و بازیافت، مهندسی سطح و پوشش‌های هوشمند، مدیریت صنعتی و نوآوری و کارآفرینی پلیمری، در برنامهٔ درسی گنجانده شوند.

- افزایش سهم زبان تخصصی و مهارت‌های نرم

برای تقویت مهارت‌های حرفه‌ای و ارتباطی دانشجویان مهندسی پلیمر، آموزش زبان تخصصی انگلیسی و مهارت‌های نرم ضروری است. این آموزش‌ها شامل تحلیل مقالات علمی، نگارش گزارش فنی، ارائهٔ مطالب، تفکر انتقادی، کار گروهی و مدیریت پروژه می‌شود تا آمادگی شغلی و موفقیت حرفه‌ای فارغ‌التحصیلان افزایش یابد.

۶-۳. پیشنهادهای اجرایی و عملیاتی

- بازنگری در نظام ارزشیابی دانشجو

یکی از گام‌های مهم در بهبود آموزش مهندسی پلیمر بازنگری در روش‌های ارزشیابی است. ارزشیابی سنتیِ مبتنی‌بر امتحان پایان‌ترم توانایی حل مسائل عملی و یادگیری خلاقانه را نمی‌سنجد. پیشنهاد می‌کنیم بخشی از نمره به پروژه‌های کاربردی، ارائهٔ علمی، تحلیل موردی و تمرین گروهی اختصاص یابد و یادگیری مبتنی‌بر پروژه در دست‌کم ۳۰ درصد از واحدها اجرا شود تا مهارت‌های عملی، تفکر تحلیلی و کار گروهی تقویت شود.

- تقویت پیوند دانشگاه و صنعت

یکی از شکاف‌های مهم آموزش مهندسی پلیمر نبودِ همکاری منظم دانشگاه و صنعت است. رفع این مشکل مستلزم اجرای پروژه‌های پایان‌نامهٔ مشترک با صنعت و برنامه‌های کارآموزی دست‌کم شش‌ماهه و نیز حضور متخصصان صنعتی در تدریس و آموزش‌های کاربردی است تا آموزش با تجربیات واقعی صنعت همسو شود.

- ایجاد امکان یادگیری ترکیبی و فناورمحور

در عصر تحول دیجیتال و توسعهٔ فناوری‌های آموزشی، بازنگری در شیوه‌های ارائهٔ محتوا و ایجاد

فرصت‌های یادگیری ترکیبی به ضرورت بدل شده است. استفاده از زیرساخت‌های آموزش مجازی برای آموزش دروس نظری، تمرین‌های همیارانه و شبیه‌سازی‌های مجازی بهره‌وری آموزشی را افزایش و محدودیت‌های مکانی و زمانی را کاهش می‌دهد. توسعهٔ دوره‌های برخط گسترده (MOOC) با مشارکت استادان دانشگاه‌ها و کارشناسان صنعت اقدامی راهبردی برای گسترش عدالت آموزشی و توسعهٔ مهارت‌های تخصصی است. همچنین بهره‌گیری از فناوری واقعیت مجازی (VR) در آموزش فرایندهای پیچیدهٔ صنعتی، مانند قالب‌گیری، رئولوژی، فرایندهای ترکیب و شکل‌دهی مواد، امکان نزدیک‌شدن به محیط واقعی صنعت را برای دانشجویان فراهم می‌کند.

درمجموع، چارچوب نظری این مطالعه بر گذار از آموزش سنتیِ مبتنی‌بر محتوا به الگوی آموزش شایستگی‌محور و تجربه‌محور تأکید دارد. افزایش سهم فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی، توسعهٔ یادگیری پروژه‌محور، استفادهٔ نظام‌مند از نرم‌افزارهای تخصصی و تقویت همکاری پایدار دانشگاه و صنعت اجزای اصلی این چارچوب به‌شمار می‌روند. چنین رویکردی، علاوه‌بر تقویت دانش نظری، موجب پرورش مهارت‌های کاربردی، میان‌رشته‌ای و نرم می‌شود و زمینهٔ توانمندسازی دانشجویان را در نوآوری و حل مسائل واقعی صنعت فراهم می‌آورد. همچنین ورود فناوری‌های نوظهور به برنامه‌های درسی پلیمر ظرفیت دانشگاه‌ها را برای تربیت نیروی انسانی توانمند در پاسخ‌گویی به تحولات سریع صنعت و علم به‌شکل محسوسی ارتقا می‌دهد (Sotudeh et al., 2012).

۷. چالش‌ها و موانع پیش رو

هرگونه تلاش در بازنگری ساختار و محتوای برنامهٔ درسی، به‌ویژه در رشته‌های مهندسی، مانند مهندسی پلیمر، با چالش‌ها و موانعی در سطوح سیاست‌گذاری، اجرایی، فرهنگی و زیرساختی روبه‌روست. به‌رغم افزایش آگاهی مسئولان و دانشگاهیان از شکاف بین آموزش دانشگاهی و نیازهای واقعی صنعت، بسیاری از نهادهای آموزش عالی در اجرای اصلاحات بنیادین و اثربخش برنامه‌های درسی ناکام مانده‌اند (Mohammadi et al., 2023). در بخش حاضر، چالش‌ها و موانع اصلی را بررسی و تصویری جامع از موانع موجود ترسیم می‌کنیم.

۷-۱. چالش‌های سطح کلان (سیاست‌گذاری و نظام آموزش عالی)

یکی از چالش‌های اصلی آموزش مهندسی پلیمر ساختار دیوان‌سالارانه (بروکراتیک) و غیرانعطاف‌پذیر بازنگری در سرفصل‌هاست که با تحولات سریع فناوری و نیازهای صنعت ناهمسوست. تمرکز بیش از حد بر آموزش نظری و مدرک‌محور مهارت‌های عملی فارغ‌التحصیلان را تضعیف می‌کند و ارزیابی کیفیت آموزشی اغلب توانمندی واقعی آنان را برای بازار کار بازتاب نمی‌دهد. همچنین ضعف سیاست‌گذاری مبتنی‌بر داده‌های دقیق و نیازسنجی واقعی صنعت موجب شده است تصمیمات کلان بدون پشتوانهٔ اطلاعاتی جامع

گرفته شوند. نبودِ بانک اطلاعاتی جامع از مهارت‌های موردنیاز صنعت پلیمری کشور و ناتوانی در تحلیل نظام‌مند شکاف‌های آموزشی برنامه‌ریزی‌های اصلاحی را ناکارآمد ساخته است (Memarian, 2011).

۷-۲. چالش‌های سطح میانی (دانشگاه و دانشکده‌ها)

در سطح دانشگاه، کمبود زیرساخت‌های عملی، شامل تجهیزات مدرن، آزمایشگاه‌های صنعتی و نرم‌افزارهای تخصصی، همچنین محدودیت‌های بودجه و ارتباط ضعیف با صنعت آموزش کاربردی را محدود کرده است. علاوه‌براین، مقاومت فرهنگی و ساختاری برخی دانشکده‌ها در برابر نوآوری پذیرش تغییر و جذب استادان باتجربهٔ صنعتی را دشوار می‌کند.

۷-۳. چالش‌های سطح خُرد (استادان و دانشجویان)

در سطح فردی، یکی از موانع اصلی مقاومت برخی اعضای هیئت‌علمی در برابر رویکردهای نوین آموزشی است. آشنایی ناکافی با روش‌هایی نظیر آموزش پروژه‌محور (PBL)، کلاس معکوس و آموزش میان‌رشته‌ای موجب شده است بیشتر دروس به‌صورت تئوری و با اتکا بر جزوات قدیم و منابع ترجمه‌شده تدریس شوند. این امر خلاقیت، همکاری و یادگیری عمیق دانشجویان را محدود می‌سازد. علاوه‌براین، در برنامه‌های درسی به مهارت‌های نرم و زبان تخصصی انگلیسی توجه چندانی نشده است. ضعف آموزش زبان علمی و مهارت‌های ارتباطی همراه با نبودِ راهنمایی شغلی و ناکافی‌بودن آگاهی دانشجویان از نیازهای صنعت توانایی بهره‌گیری از منابع جهانی و انزوای علمی و حرفه‌ای دانشجویان را کاهش می‌دهد.

۷-۴. چالش‌های فنی

ازنظرِ فنی، یکی از چالش‌های برجسته عقب‌ماندگی نرم‌افزاری و دیجیتالی در حوزهٔ آموزش مهندسی پلیمر است. بسیاری از دروس پشتیبانی نرم‌افزاری برای شبیه‌سازی فرایندها و تحلیل‌های تخصصی ندارند. آموزش نظام‌مند نرم‌افزارهای کلیدی، مانند MATLAB، Moldflow، COMSOL و Python، در زمینه‌های پلیمری هنوز در بیشتر دانشگاه‌ها وجود ندارد یا پراکنده و غیرکاربردی است. همچنین ضعف جدی در تولید محتوای دیجیتال و آموزش مجازی در این رشته مشهود است. با وجود پیشرفت فناوری‌های آموزشی، بسیاری از دروس همچنان براساس جزوه‌نویسی سنتی و بدون محتوای تعاملی دیجیتال تدریس می‌شوند. نبود زیرساخت‌های تخصصی مجازی در آموزش مهندسی پلیمر انتقال مفاهیم پیچیده را دشوار و دسترسی فراگیر دانشجویان را محدود کرده است.

۷-۵. چالش‌های فرهنگی و اجتماعی

در بُعد فرهنگی و اجتماعی، برخی از مدیران، استادان و حتی دانشجویان دیدگاهی سنتی به رشتهٔ

مهندسی پلیمر دارند و آن را رشته‌ای کم‌کاربرد می‌دانند. این نگاه منسوخ مانع جذب حمایت، نوسازی زیرساخت‌ها و ارتقای جایگاه این رشته در نظام آموزش عالی کشور می‌شود. همچنین نبودِ رقابت سالم و اثربخش میان دانشگاه‌های مجری این رشته کیفیت برنامه‌های آموزشی را تا حدی یکنواخت و بدون‌نوآوری نگه داشته است. غیاب شاخص‌های رقابتی، مانند رتبه‌بندی کیفی یا انتشار گزارش‌های عملکرد آموزشی، انگیزهٔ بهبود مستمر برنامه‌ها را ایجاد نکرده است.

ادامهٔ چالش‌های فعلی فاصلهٔ آموزش دانشگاهی و نیازهای صنعت را افزایش و اشتغال‌پذیری فارغ‌التحصیلان را کاهش می‌دهد و موجب کمبود نیروی متخصص در صنایع پلیمری می‌شود که به خروج نخبگان و ازدست‌رفتن فرصت‌های توسعهٔ صنعتی و فناورانه می‌انجامد. بنابراین، بازنگری در برنامهٔ درسی مهندسی پلیمر نه‌تنها ضرورت آموزشی است بلکه مأموریتی ملی و نیازمند برنامه‌ریزی، تأمین منابع، توانمندسازی مدرسان و ایجاد انگیزهٔ ساختاریِ تغییر به‌شمار می‌آید.

۸. نتیجه‌گیری

مطالعهٔ حاضر ضرورت و الزامات بازنگری در برنامهٔ درسی کارشناسی مهندسی پلیمر در ایران را بررسی و وضعیت فعلی آموزش، شکاف میان نیازهای صنعت و روندهای جهانی، و راهکارهای تحول‌آفرین را شناسایی کرد. با توجه به تغییرات سریع فناوری و نیاز بازار کار به مهارت‌های عملی، اصلاح برنامه‌های درسی این رشته ضرورتی فوری و راهبردی ملی است.

مطالب اشاره‌شده نشان دادند که شکاف درخورِتوجهی میان محتوای آموزشی مهندسی پلیمر در ایران و نیازهای صنعت وجود دارد؛ مهارت‌های کلیدی، مانند طراحی فرایند، شبیه‌سازی، تحلیل داده‌ها، زبان تخصصی و توانمندی‌های بین‌رشته‌ای به‌طور ناکافی منتقل می‌شوند و آموزش عمدتاً تئوریک است. مقایسه با دانشگاه‌های برتر جهان عقب‌ماندگی نظام آموزشی کشور را نشان می‌دهد. مسیر بازنگری با چالش‌های چندلایه، ازجمله ساختارهای دیوان‌سالارانه، کمبود زیرساخت‌ها، ناآشنایی استادان با روش‌های نوین و نگاه محافظه‌کارانه، روبه‌روست چنان‌که بدون رفع این موانع اصلاحات اثربخش نخواهند بود.

یافته‌های مطالعهٔ حاضر با نتایج پژوهش‌های پیشین داخلی همسوست و ضعف برنامه‌های آموزشی و شکاف میان دانشگاه و صنعت را تأیید می‌کند. با تحلیل برنامه‌های درسی، منابع آموزشی و تجربه‌های عملی، کاستی‌ها را مستند و با الهام‌گرفتن از دانشگاه‌های معتبر بین‌المللی چارچوبی کاربردی و بومی برای بازنگری در برنامه طراحی کردیم. این چارچوب هم با روندهای جهانی، مانند یادگیری مبتنی‌بر پروژه، رویکرد میان‌رشته‌ای و همکاری دانشگاه و صنعت، هم‌خوانی دارد و هم قابلیت اجرایی و اثرگذاری واقعی را در بهبود آموزش مهندسی پلیمر ایران فراهم می‌کند. شایان ذکر است که یافته‌های این پژوهش در سه سطح زیر تعمیم‌پذیرند:

الف) درون‌رشته‌ای: نتایج در همهٔ دانشکده‌های مهندسی پلیمر کشور، با فراهم‌سازی زیرساخت‌های

آموزشی و تقویت ارتباط با صنعت، کاربرد دارند.

ب) بین‌رشته‌ای: اصولی، چون یادگیری پروژه‌محور، آموزش میان‌رشته‌ای و همکاری دانشگاه و صنعت، ماهیت عمومی در آموزش مهندسی دارند و با تغییرات جزئی و جایگزینی نرم‌افزارهای تخصصی و غیره در رشته‌هایی مانند مهندسی مواد، مکانیک و شیمی نیز پیاده‌سازی می‌شوند.

ج) ملی: چارچوب ارائه‌شده مبنای سیاست‌گذاری آموزشی در سطح ملی است و آموزش مهندسی را با نیازهای صنعت و استانداردهای جهانی همگام می‌سازد.

با توجه به اینکه مطالعهٔ حاضر به موانع فرهنگی/سازمانی، ازجمله نگاه کم‌کاربرد به رشتهٔ مهندسی پلیمر، نبودِ سازوکار بهبود مستمر و فرسودگی زیرساخت‌های آموزشی، اشاره دارد، تعمیم موفق یافته‌های آن مستلزم توجه به برخی ملاحظات زمینه‌ای، ازجمله نوسازی زیرساخت‌های آزمایشگاهی، تقویت فرهنگ سازمانی دانشگاه‌ها و ایجاد مشوق‌های مؤثر بر مشارکت صنعت، است. توجه به این پیش‌نیازها اثربخشی چارچوب پیشنهادی را در سطحی گسترده‌تر تضمین خواهد کرد.

References

- Abbasian, A. & MohammadHosseinpour, P. (2009). Optimization of engineering education in Iran and the world: a case study of polymer engineering. *Engineering Education Conference in 2025*, (pp. 1-10). Tehran [in Persian].
- Abbasian, A. & Mohammad Hosseinpour, P. (2010). Benchmarking of polymer engineering education in Iran and the world. *Technical Faculty Journal*, 67-78 [in Persian].
- *ABET*. (2025). Retrieved from https://www.abet.org/.
- Aldieri, L. (2021). Knowledge spillovers and technical efficiency for cleaner production: an economic analysis from agriculture innovation. *Journal of Cleaner Production*, 128830.
- Anjelino, H. (2003). Engineering education and personal development in germany, france and united kingdom examples for establishing continuing professional development of engineers in japan. *NIJ Journal.*
- Bakhtiarinejad, F. & Sheykhan, N. (2016). Engineering programs revision for technology development. *Journal of Rhyaft*, [in Persian].
- Chini, A. (2024). Accreditation of civil engineering education programs in the united states of america. *Iranian Journal of Engineering Education*, [in Persian].
- Ghasemi, P. (2021). Analysis of new project-based education methods in improving problem-solving skills. *Journal of Research and Innovation in Education and Development*, [in Persian].
- Ghazanfarian, J. (2024). Improving the efficiency of the mechanical engineering curriculum by combining a native, global, and future-oriented perspective. *Iranian Journal of Engineering Education*, 1-19 [in Persian].
- Ghiass, M. (2011). Importance and situation of theoretical researches in polymer science and engineering. *Basparesh Educational and Research Quarterly Journal*, 37-46 [in Persian].
- *globenewswire*. (2022). Retrieved from https://www.globenewswire.com/.
- Hadavand, S. (2010). Management of comprehensive quality in engineering educational programs. *Iranian Journal of Engineering Education*, 12-27 [in Persian].
- Hadavand, S. & Sadeghiyan, S. (2008). Indecision about cooperation between government, university and industry. *Iranian Journal of Engineering Education*, 1 [in Persian].
- Haghshenas Gorgani, H. & Jahantigh Pak, A. (2024). Responding to the needs of today's industry by updating the mechanical engineering curriculum using a two-stage quality function deployment. *Iranian Journal of Engineering Education*, 147-156 [in Persian].

- Hajipour, M. (2024). Qualitative analysis of the effect of soft skills training on students' academic success. *Journal of Research and Innovation in Education and Development*, [in Persian].
- Hu, Z. (2023). Recycling of kerf loss silicon: an optimized method to realize effective elimination of various impurities. *Waste Management*, 230-239.
- *ICrowdNewswire*. (2024). Retrieved from https://icrowdnewswire.com/2024/08/27.
- *Iisna*. (2016). Retrieved from https://www.isna.ir/news/93071407555.
- Khodaparast Haghi, A. (2007). Engineering education based on problem based learning, a review on aalborg denmark university. *Iranian Journal of Engineering Education*, [in Persian].
- Khodayi, E., Keykhah, A., & Sadeghinia, Z. (2024). The quality of engineering education from the perspective of content analysis. *Iranian Journal of Engineering Education*, 77-103 [in Persian].
- Knight, J. (2011). Education hubs: a fad, a brand, an innovation? *Journal of Studies in International Education*, 221-240.
- *lucintel*. (2025). Retrieved from https://www.lucintel.com/polymer-market.
- Margaryan, A. (2015). Instructional quality of massive open online courses (MOOCs). *Computers & Education*, 77-83.
- *Mehrnews*. (2024). Retrieved from https://www.mehrnews.com/news/5869018.
- Memarian, H. (2011). Shortcomings of engineering education programs in iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 53-74 [in Persian].
- Memarian, H. (2023). Internal and external evaluation for improving quality in engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 29-55 [in Persian].
- Memarian, H. (2024). Strategies for improving the quality of engineering education in iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 29-48 [in Persian].
- Moghadas, J., Yasrebi, N., Sadati, A., & Taghavi, M. (2019). Study and comparison of the curriculum and teaching methods of chemical engineering in american and iranian universities. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25-45 [in Persian].
- Mohammadi, R., Khodai, E., & Eshaghi, F. (2023). Quantitative trends in the expansion of engineering education in iran and the challenges of improving its quality. *Iranian Journal of Engineering Education*, 105-128 [in Persian].
- *Polymer Engineering Undergraduate Program*. (2017). Supreme Planning Council of the Ministry of Science, Research and Technology, Retrieved from https://www.msrt.ir/fa.
- *PPSM*. (2025). Retrieved from poragram in polymers and soft matter: https://ppsm.mit.edu.
- *Rwth-Aachen*. (2025). Retrieved from https://www.rwth-aachen.de.
- Sadeghmand, F., Mohamadi, R., & Zamanifar, M. (2017). Internal evaluation and quality of improvement of the curriculum in engineering departments. *Iranian Journal of Engineering Education*, 45-67 [in Persian].
- Shojaei, A. (2007). Gas engineering, polymer engineering and food engineering. *The 7th National Chemical Engineering Student Conference*, (pp. 1-7). Shiraz [in Persian].
- Sotudeh Gharebagh, R., Gorji Kandi, S. & Masoumi Godarzi, S. (2012). Retrospective glance at the improvement of chemical engineering education in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 51 [in Persian].
- University of Tokyo. (2025). Retrieved from https://www.u-tokyo.ac.jp/en/about/gx/education.
- *wikipedia*. (2025). Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Education_in_Iran.
- Yaghoubi, M., Motahharinejad, H., & Davami, P. (2012). Requirements of engineering education for meeting the needs of industry in Iran. *Iranian Journal of Engineering Education*, 23 [in Persian].
- Yazdanpanah, M., Hassani, M. & Galavandi, H. (2022). Assessing the status and prioritization of non-technical skills of engineering graduates in the fourth industrial revolution from the perspective of employers and graduates. *Iranian Journal of Engineering Education*, 3-26 [in Persian].
- Zhang, J. & Bonk, C. (2016). MOOCs and open education in the global south: Challenges, successes, and future directions. *Asian Association of Open Universities Journal*, 1-14.

سارا تراشی: مدرک کارشناسی خود را در رشتهٔ مهندسی شیمی از دانشگاه صنعتی اصفهان و مدارک کارشناسی‌ارشد و دکترای خود را از دانشگاه صنعتی امیرکبیر در رشتهٔ مهندسی پلیمر دریافت کرده است. از ۱۴۰۲ عضو هیئت‌علمی دانشگاه تهران است.

هلما وکیلی: مدارک کارشناسی، کارشناسی‌ارشد و دکترای خود را از دانشگاه صنعتی امیرکبیر در رشتهٔ مهندسی پلیمر دریافت کرده و از ۱۴۰۲ عضو هیئت‌علمی دانشگاه تهران است.

سیدمصطفی حسینی: مدرک کارشناسی خود را از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و مدارک کارشناسی‌ارشد و دکترای خود را از دانشگاه تربیت مدرس در رشتهٔ مهندسی پلیمر دریافت کرده و از ۱۴۰۲ عضو هیئت‌علمی دانشگاه تهران است.