

## بهینه‌سازی آموزش مهندسی در ایران و جهان، مطالعه‌ی موردی: مهندسی پلیمر

علی عباسیان

پگاه محمد حسین پور

دانشگاه آزاد اسلامی، علوم و تحقیقات، گروه مهندسی پلیمر

[Abbasian.a@srbiau.ac.ir](mailto:Abbasian.a@srbiau.ac.ir)

### چکیده:

در سالیان گذشته مطالعات مختلفی روی آموزش و تربیت مهندسان در دنیا شده است و متناسب تحولات دنیا و آموختن از رویکردهای گذشته تغییرات مختلفی در دنیای دانشگاهی و یا از دنیای صنعتی پیشنهاد شده که از آماده شدن برای عصر فناوری اطلاعات و رایانه و تأثیرات آن بر الزامات مهندسی تا دوران اخیر که تأکید بر آموزش مهندسان برای توسعه‌ی پایدار و مهندسی جهانی اهمیت یافته، کشیده شده است. از سوئی در سالیان اخیر تأکید بیشتری از حرکت از دانشگاه پژوهشی که بنیاد اولیه‌ی دانشگاه‌های اروپا را شکل داد و غایت تربیت دانشجو را پژوهشگری در عرصه‌ی علم در دانشگاه می‌دانست به سمت تربیت دانش‌آموختگانی برای حل مسائل مبتلا به جامعه و در مورد علوم مهندسی و تربیت مهندسانی منعطف برای رفع نیازهای صنعت به صورت خاص راه‌نما شده است. بر این مبنا است که روش‌های آموزشی مبتنی بر یادگیری از حل مسئله (PBL) نیز بیشتر مورد توجه واقع شده است. در این میان تغییرات شدید فناوری در عرصه‌های مختلف موجب ظهور رشته‌هایی جدید شده است که با تعاریف مهندسی سنتی هم‌خوان نیست؛ این رشته‌های بعضاً میان‌رشته‌ای نیازمند طراحی دوره‌های درسی خاص خود هستند که مهندسی مجدد رشته‌های مهندسی را می‌طلبد. در این مطالعه، وضعیت آموزش مهندسی بسیار در ایران و 7 مرکز آموزشی معتبر این حوزه در دنیا با توجه به مسائل پیش‌گفته بررسی شده است. مؤسسات مورد مطالعه عبارت بودند از: دانشگاه فنی دانمارک (در دانمارک)، دانشگاه ETH زوریخ (در سوئیس)، دانشگاه Loughborough (در انگلستان)، دانشگاه لُول (در ایالات متحده‌ی آمریکا)، دانشگاه اینسای لیون (در فرانسه)، دانشگاه جیائوتانگ شانگهای (در چین) و انستیتو فناوری توکیو (در ژاپن). مبنای اصلی‌گزینه‌ی این دانشگاه‌ها رتبه‌ی این دانشگاه‌ها در سطح جهانی و نیز در رشته‌ی مهندسی پلیمر بوده است. طی مطالعه به روش و نوع ارائه‌ی خدمات تحصیلی در رشته‌ی مهندسی پلیمر، شامل مقطع تحصیلی (کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری) و گروه ارائه‌دهنده (مواد، شیمی، ...) پرداخته شده است. در مطالعه‌ی دانشگاه‌های مذکور، با بررسی مباحث درسی و روش‌های اتخاذ شده در ارائه‌ی آن‌ها، میزان ارتباط و مشارکت با صنعت، گستردگی فعالیت و مهندسی جهانی، ... و در عین حال با کاوش و ارزیابی وضعیت فعلی آموزش مهندسی پلیمر در ایران سعی در بازاندیشی راهکارها و ارائه‌ی روش‌هایی جدید و اثربخش در ارتقای روند کنونی آموزش مهندسی پلیمر در ایران شده است.

**واژه‌های کلیدی:** مهندسی پلیمر، بسیار، یادگیری از حل مسئله، آموزش متناسب با نیاز صنعت، مشتری محوری.



## مقدمه:

آموزش مهندسی در دنیا با دیدگاه‌های مختلفی از گذشته تا کنون شکل داده شده و به تدریج دستخوش تغییراتی نیز شده است. همواره از دید سیاست‌گزاران علمی کشورهای مختلف روال شکل‌دهی محیط‌های علمی برای ایجاد برون‌دادهایی از محیط‌های دانشگاهی که بیش‌ترین بهره‌وری را برای کشور به ارمغان بیاورد اهمیت زیادی داشته است [1 و 2 و 3 و 4]. این که تعداد سال‌های دوره‌ی مهندسی باید چقدر باشد، دروس مهندسی بر چه مبناهایی باید انتخاب شوند، مهندس فارغ از تحصیل باید چه مهارت‌ها و یا توانایی‌هایی داشته باشد صورت مسائل بسیار مهمی است که در حوزه‌های مختلف مورد مطالعه و بررسی بوده و خواهد بود چه نتایج این تصمیم‌سازی‌ها و انتخاب‌ها منجر به تربیت متخصصانی در سطوح مختلف می‌شود که باید طراح قطعات، راهبر کارخانه‌ها و شرکت‌ها و یا استادان و مربیان دانشگاه‌ها باشند؛ به عبارت دیگر تصمیم‌گیری‌هایی در این سطح منجر به ساختن افرادی می‌شود که بعداً بخش بزرگی از جامعه را می‌سازند و آینده را شکل می‌دهند. تصمیم‌گیری در این سطح مشخص می‌کند که باید مهندسان را برای کار در صنعت به درستی تربیت کرد [5] و یا آنها باید پژوهشگرانی خوب باشند [6]. متناسب با هدفی که تعیین می‌گردد، سیاست‌های خاصی نیز تبیین می‌شود که القاگر روند آموزشی در سطح دانشگاهی خواهد شد. در ادامه با تکیه بر دانشگاه‌های مورد مطالعه، به بررسی روندهای موجود در آموزش مهندسی و نیز راهکارهای به کار گرفته شده پرداخته خواهد شد.

## بررسی روندها

دانشگاه‌ها در نقاط مختلف دنیا به شیوه‌های مختلفی سیاست‌گذاری می‌شوند؛ از سیاست‌گذاری مرکزی که توسط دولت و یا موسساتی چندمرجعی که به صورت یک مرکز سیاست‌گذار دانشگاه‌ها را در اروپا ارزیابی و راهبری می‌کنند تا دانشگاه‌هایی که به صورت آزادانه مانند دانشگاه‌های آمریکا برای خود برنامه‌ریزی می‌کنند [7]. هنگامی که دانشگاه در آلمان پایه‌گذاری شد مبتنی بر این نگاه که فارغ از تحصیل باید پژوهشگری خوب باشد به تربیت دانشجو می‌پرداخت ولی امروزه این دیدگاه از جوانب مختلف با سؤال مواجه شده است. دانشگاه‌های مختلف در دنیا از جمله در ایران نیز کم و بیش بر این سیاق ایجاد شده‌اند و هنوز ادامه‌ی حیات می‌دهند [8].

تاکید بر علوم اصلی طراحی مواد و محصول در مهندسی و به عبارت دیگر علم‌محوری در دانشگاه عموماً منجر به فراموش کردن جنبه‌های ساخت و فراوری محصول می‌شود و چنان تمرکزی بر پیچیدگی‌های طراحی و جزئیات محصول ایجاد می‌کند که کیفیت و هزینه که در صنعت اهمیتی به همان نسبت و گاه بیشتر دارند از یاد می‌رود. برخی از این تصمیم‌ها که در گذشته برای آموزش مهندسی گرفته شده است تأثیری بسیار مخرب بر رقابت‌پذیری صنایع به جا گذاشته است از این رو نیاز داریم که تعریفی منعطف‌تر از مهندس و مهندسی داشته باشیم [7]. در سالیان اخیر برای تعیین وضعیت آموزش مهندسی تلاش‌های زیادی انجام شده است، در این راستا همه اذعان دارند که تا تعریف مناسبی از آموزش خوب نداشته باشیم نمی‌توان گفت چه نحو آموزش مهندسی مناسب است. دانشگاه فناوری ماسوچوست (MIT) [9] تعریفی از آموزش کارشناسی مهندسی خوب به شرح ذیل ارائه کرده است:

«آموزش خوب در فارغ از تحصیلات، تمایلات، عادات و رویکردهایی برای یادگیری را نهادینه می‌کند که موجب پدیداری شایستگی فنی، مشارکت اجتماعی و رضایت شخصی در طول یک عمر می‌شود.»

دانشگاه پن استیت نیز به زبان دیگری همین مفهوم را در بیان مشخصات یک مهندس خوب طرح کرده است:

- 1- آگاه به وضع جهان (تفاوت‌های فرهنگی، موارد زیست‌محیطی، اصول اخلاقی و فرصت‌های بازار)؛
- 2- دارای پایه‌ی علمی قوی؛ آگاه از پیش‌رفت‌های اصلی در تاریخ علم که منجر به تحول در مهندسی شده است، آگاه به اصول اصلی علوم و مهندسی، آماده برای آموزش درازمدت؛
- 3- دارای تنوع دانش فنی؛ آگاه به مسائل روزمره‌ی جامعه که میان‌رشته‌ای است، داشتن درک از احتمالات و امکانات مختلف؛
- 4- موثر در کار گروهی؛ ارتباط خوب با همالان و افراد سایر رشته‌ها، مسلط و تاثیرگذار در بیان شفاهی و کتبی، آماده برای جستجو، گرفتن نصیحت از افراد باتجربه، داشتن درک از مفاهیم مختلف کسب و کار شامل موارد مالی، بازاریابی و قانونی، ...؛
- 5- چندکاره؛ نوآور در محصولات جدید و تصمیم‌ساز؛
- 6- مشتری مدار؛ حرکت در جهت تامین خواسته‌های مشتری

مبتنی بر این تعاریف و با گسترش روند جهانی شدن در سال‌های اخیر شرکت‌های بین‌المللی تعاریف دیگری از مهندس ارائه داده‌اند که مبتنی بر فرایند جهانی شدن است و از آن تعبیر به مهندسی جهانی می‌کنند که به نظر تعریف دانشگاه پن‌استیت نیز با چنین دیدگاهی ارائه شده است [10]. دیدگاه مهندسی جهانی در این اواخر در پژوهشی که توسط 8 دانشگاه برتر مهندسی جهان به پشتیبانی شرکت کنتی‌ننتال آلمان تهیه و اعتباربخشی شده است به خوبی تشریح شده است [7]. در این دیدگاه فرض بر این است که مهندس از این پس علاوه بر نیازمندی‌های ملی لازم است نیازمندی‌های جهانی را نیز که در شرکت‌های بین‌المللی و یا شرکت‌های صادرکننده محصول و یا فناوری با آن مواجه هستند پاسخگو باشد. بنابراین شناخت از وضعیت فرهنگ‌های مختلف و قابلیت کار در محیط‌های مختلف یکی از الزامات آن است که دانشگاه‌های تدوین‌گر این گزارش مانند جورجیانتک و دانشگاه توکیو و... در عمل در برنامه‌های درسی خود آن را گنجانده‌اند. مفهوم مهندسی جهانی شاید ذیل مفهوم رقابت‌پذیری دانشگاه‌ها در سطح جهانی است که طرح می‌شود. واقعیت این است که دانشگاه و سایر نهادهای عمومی نیز آرام آرام ذیل مفهوم جهانی شدن با ایدئولوژی بازارمحور یا مشتری محور هدایت می‌شوند و هر چه بیشتر از ایشان انتظار می‌رود که از منابع محدود در اختیار بازدهی بیش‌تری داشته باشند [11] گرچه این روند به محدود شدن پژوهش‌های پایه در دنیا منجر شده است ولی به رغم انتقادات به نظر مسیری محتوم است چه منابع مالی برای چنین پژوهش‌هایی دیگر به اندازه‌ی کافی تامین نمی‌شود. این امر نیازمند تجدید ساختار دانشگاه و نحوه‌ی تدریس و یا دروس ارائه شده برای پاسخگوئی به نیازهای جامعه و در حوزه‌ی مهندسی برای پاسخگوئی به نیازهای صنعت در عرصه‌ی رقابت جهانی است. ضمن این که مفهوم آموزش مستمر و تجدید دانش برای روزآمد شدن مهندسان در مواجهه در دنیای دائما در حال تغییر نیز وظیفه‌ای است که دانشگاه را هر چه بیشتر درگیر مسائل روزمره‌ی جامعه و صنعت کرده است و خواهد کرد [10 و 11].

این صورت مسئله که مهندس متناسب با چه صنعتی تربیت می‌شود مسئله‌ای بسیار اساسی در تدوین دروس دانشگاهی است، شرکت‌های بزرگ نیازمندی‌هایی کاملا متفاوت از کارگاه‌های کوچک صنعتی دارند و مهندسانی با مهارت‌هایی که رافع نیازهای ایشان باشد نیاز دارند که بعضا این مهارت‌ها نیز در تعارض با یکدیگر قرار می‌گیرند، کما این که شرکت‌های بین‌المللی نیز برای خود تعریفی از مهندس جهانی ارائه داده‌اند که متناسب با نیازهای ایشان دانشجو تربیت شود؛ شورای ملی تحصیل در آمریکا اخیرا اعلام کرده است که صنعت دیگر نمی‌تواند روی افرادی که فقط روی یک موضوع خاص تخصص کسب کرده‌اند حساب کند و نیازمند افرادی با مهارت‌های متفاوت و روابط عمومی خوب و ایده‌آفرین با توانائی کار گروهی است [5]. از سوی دیگر با تغییر نیازمندی‌های جامعه علاوه بر تغییر نوع و محتوای دروس، رشته‌های جدیدی باید تاسیس و یا برخی رشته‌های قدیمی حذف شوند و یا تغییر شکل دهند تا دانشگاه هم‌پای تغییرات جامعه پیش برود [1]. برای مثال یکی از تغییراتی که جامعه‌ی امروز با آن مواجه است و دست برقضا همین مهندسان تربیت یافته‌ی دانشگاه‌های فعلی در ایجاد آن سهمی قابل توجه داشته‌اند مشکلات زیست‌محیطی و مصرف انرژی زیاد در صنایع و مصنوعات ساخت مهندسان است، بنابراین الزامی است که اکنون مهندسانی تربیت شوند که دغدغه‌های زیست محیطی کافی و درک درستی از مفهوم توسعه‌ی پایدار در ذهن داشته باشند [12]. زمانی نیز بود که مهندسان باید برای زندگی در دنیای آغشته به فناوری اطلاعات تربیت می‌شدند که کارآمدی بیشتری در صنعت داشته باشند و دانشگاه‌ها نیز متناسب تغییر برنامه‌ی درسی دادند، اکنون که مسائل زیست‌محیطی دغدغه‌ی اصلی بشریت را تشکیل می‌دهد باید بازنگری مجددی در برنامه‌های درسی در این راستا شکل گیرد.

## رویکرد یادگیری از حل مسئله (PBL)

نگاه مبتنی بر حل مسائل جامعه در دهه‌های اخیر منجر به تغییر دیدگاه‌ها در مورد شیوه‌های آموزش نیز شده است، البته این فقط تغییر نوع نگاه به دانشگاه نبوده که منجر به تغییر دیدگاه در مورد آموزش شده است چه PBL با دیدگاه‌های فلسفی و شناخت‌شناسی کنونی در مورد یادگیری انسان نیز سازگاری دارد: یادگیری هنگامی انجام می‌گیرد که یادگیرنده، دانش یا درک خود را بر مبنای دانش و تجربیات پیشین خود بنا کند [13 و 14]. از آن رو که دانشجویان فقط برای دانشگاه تربیت نمی‌شوند و تربیت صنعتی آنها اهمیت بسیار بیشتری دارد [15 و 16]، آموزش مهندسی نباید (چندان که امروزه هست) بیش از حد بر پایه‌ی مسائلی با تنها یک پاسخ «صحیح» باشد، چه بسیاری از دانشجویانی که حاصل این نوع تربیت سنتی هستند پس از فارغ التحصیلی و حضور در دنیای واقعی و مواجهه با مسائل مربوط به دنیای حقیقی سرخورده و ناموفق می‌شوند زیرا مسائل دنیای واقعی، اطلاعات لازم برای حل مسئله را با خود پدک نمی‌کنند و قضاوت در موردشان کار ظاهرینانه‌ای نبوده و مستلزم جمع‌آوری اطلاعات است.



«یادگیری از حل مسئله» یا به عبارتی همان «یادگیری به دلیل نیاز به حل یک مسئله» از قرن‌ها پیش مطرح بوده است. حتی در عصر حجر نیز انسان برای حل مسائل پیش روی خود مجبور به آموختن مهارت‌هایی بود. در عبارات دقیق‌تر «یادگیری از حل مسئله» ایجاد یک محیط آموزشی است که در آن در واقع «مسئله» است که «آموزش» را پیش می‌راند. به عبارت دیگر دانشجو دانشی را که در یک مسئله نهفته است می‌آموزد، به این صورت که با طرح «مسئله» دانشجو می‌فهمد چه دانش‌های جدیدی را باید برای حل آن بیاموزد. پروژه‌های پژوهشی می‌توانند موجب محیط‌هایی برای یادگیری از حل مسئله باشند و شاید بتوان گفت تمام پژوهش‌ها نوعی «یادگیری از حل مسئله» هستند گرچه به این نام خوانده نشوند. طرح مسئله پیش از آموزش سبب ایجاد انگیزه و تحرک در دانشجو می‌شود. به عبارتی، دانشجو دلیل یادگیری دانش جدید را می‌فهمد و دیگر سئوالی در مورد علت یادگیری یک موضوع خاص در ذهن دانشجو مطرح نخواهد شد چرا که به او قابلیت انتخاب هدف آموزش، منابع و ارزیابی داده می‌شود [17].

از سویی دیگر صنعت نیاز به تعداد فزاینده‌ای از فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌ها دارد که علاوه بر دانش نظری باید مهارت به کارگیری دانش، همکاری، کار گروهی، مهارت‌های اجتماعی، برقراری ارتباط و گزارش‌نویسی را نیز داشته باشند. به طور کلی شرکت‌ها تمایل دارند مهندسانی را استخدام کنند که مهارت کار گروهی و نگرش فراگیر داشته باشند تا به واسطه‌ی آن سریعاً با فرهنگ شرکت تطبیق یابند و راه‌حل‌های مهندسی برای مشکلات و مسائل صنعتی پدید آورند، اطلاعات و داده‌های لازم را برای حل مسئله جمع‌آوری نمایند و ایده‌های خود را به مردمانی با سطوح مختلف درون سازمان بقبولانند. توانایی حل مشکل امری فراتر از جمع‌آوری دانش است و در واقع تکوین و گسترش راهبردهای انعطاف‌پذیر می‌باشد که به تحلیل موقعیت‌های پیش‌بینی نشده و ساختارنیافته کمک می‌کند و به این ترتیب راه‌حل‌هایی بامعنی ایجاد می‌نماید. مسائل دنیای واقعی به ندرت به موازات مسائل ساختاریافته‌ی دانشگاهی است. بنابراین توانایی حل مسائل سنتی دانشگاهی کار چندانی برای افزایش مهارت تفکر به جا و به موقع نمی‌کند. دانشگاه‌های فنی در حال حاضر بیشتر و بیشتر رو به انجام پژوهش کاربردی در کنار فعالیت‌های پایه‌ای پژوهشی می‌آورند و به کارگیری PBL سبب شده مهارت‌های تازه‌ای به قابلیت‌های فارغ‌التحصیلان جدید اضافه گردد. امروزه دیگر آن‌چه که فرد در محیط آموزشی می‌آموزد کافی نیست و باید توانایی خودآموزی نیز در فرد به عنوان ویژگی انکارناشدنی وی درآید [18]. توسعه و پیشرفت سازمان‌ها اکنون مستلزم مهندسانی است که دارای مهارت‌های فراگیر بوده و قابلیت چشم‌گیری در برقراری ارتباط، رهبری و کار مؤثر در گروه‌های چند رشته‌ای داشته باشند و در عین حال نیروهای غیرفنی را که عمیقاً بر تصمیم‌های مهندسی اثرگذارند بفهمند. چنین توانایی‌ها و مهارت‌هایی به ندرت از طریق سخنرانی‌ها و ساختارهای کلاس‌های درس سنتی قابل حصول است [16]. برای هدایت دانشگاه در این مسیر باید همواره تعداد زیادی از پروژه‌ها در تمامی سطوح حرفه‌ای در دسترس بوده و در همکاری میان دانشگاه (دانشجویان و پژوهشگران) و صنعت انجام گیرند [16 و 19]؛ همکاری میان دانشگاه و صنعت از آن جهت ضرورت دارد که به یافتن مسائل مرتبط با زندگی واقعی کمک می‌کند؛ هم‌چنین سبب افزایش تماس و درک متقابل میان مراکز توسعه‌ی صنعتی و استادان دانشگاه می‌شود که سود متقابل به همراه دارد. به نظر می‌رسد تمایل همه به سمت همکاری بیشتر بین دانشگاه و صنعت است. بدین معنا که نیروهای دانشگاهی برای نوآوری صنعتی آموزش ببینند. اما، دانش، مهارت و نیازمندی‌های آموزش چنین افرادی تاکنون به دقت تبیین نشده است. در نتیجه‌ی این امر آموزش مهندسی یا علوم منجر به تربیت افرادی که نقشی مؤثر در عرصه‌ی صنعت بازی کنند نمی‌شود. فقط محیط در صنعت تغییر نکرده است بلکه نحوه‌ی نوآوری نیز در صنعت تغییر کرده است، گرچه دانشگران نقش بزرگی در نوآوری داشته‌اند ولی به تدریج اکنون نقش نوآور را در صنعت مدیران بازی می‌کنند و نه دانشگران. ازسویی به نظر می‌رسد محیط‌های عملی موجود توانایی پرورش چنین مدیران نوآوری را ندارند. چه آن‌چه که مشخصه‌ی اصلی مدیران نوآور محسوب می‌شود در محیط دانشگاهی به عدم پای‌بندی به اصول یا عدم تبحر تعبیر می‌شود. در محیط‌های دانشگاهی، افرادی که عمل‌گرا بوده و با محیط سریع تطابق می‌یابند و قابلیت وفق یافتن دارند عملاً توانمند شمرده نمی‌شوند. در صورتی که می‌تواند این توانایی در دانشگاه ارائه شود. نوآور کسی است که می‌تواند تا مرزهای یک پارادایم برود، آن سو را نگاه کند و در صورت لزوم از مرزها بگذرد. برخی عقیده دارند مدیران نوآور تنها از میان کارشناسان ارشد و دکترها برمی‌آیند [5].

به طور خلاصه می‌توان گفت اکنون نگرشی در سطح تمام رشته‌ها ایجاد شده است که ما باید مهندسانی برای حل مسائل صنعت تربیت کنیم و باید راهکارهای مناسب آن را نیز در دانشگاه پی‌ریزی کنیم که یکی از مهم‌ترین آنها یادگیری از حل مسئله است [14 و 19 و 20]. از جمله مزیت‌های PBL می‌توان به ایجاد نگرش مثبت و خلاقیت، یادگیری هر موضوع در موقع مناسب آن، اتخاذ مهارت‌های یادگیری در تمام طول زندگی، ایجاد اعتماد به نفس درک عمیق‌تر و قابلیت بیشتر در تبدیل دانش به مهارت به هنگام اقتضا اشاره نمود [17]؛ البته

این روش نکات منفی نیز دارد؛ برای مثال: زمان بر بودن، دشواری کار، هزینه بر بودن و دشواری ارزیابی. باید توجه داشت که پژوهش از طرف شرکت‌ها یا نهادها اغلب فقط هنگامی حمایت مالی می‌شود که هدف‌ها و نتایج مورد انتظار در شرح پروژه‌ی پژوهشی واقع بینانه و مطابق با مسائل دنیای واقعی باشد [16]. همچنین رویکرد «یادگیری از حل مسئله» باید با شرایط و وضعیت خاص هر مؤسسه و نیز ماهیت رشته‌ای که این رویکرد در آن اعمال می‌شود تطبیق داده شود و بنابراین در دنیا مدل‌های مختلفی از PBL وجود دارد [13]. اما صورت مسئله فقط تدریس بر مبنای حل مسئله نیست، بلکه مهندس باید بتواند مسئله را درست نیز تبیین کند. مسئله وقتی در دانشگاه حل می‌شود از محیط واقعی خود منفک شده است دانشجو باید بتواند در محیط مسئله را تمیز بدهد، تعریف کند و بعد حل کند. مسائل در محیط واقعی الزامات جواب ندارند، الزامات داده‌ها به اندازه‌ی کافی نیستند و در عمل خیلی از مسائل بیش از یک راه‌حل دارند، این موارد باید به مهندس آموزش داده شود. برخی اوقات خنده‌دارترین راه‌حل‌ها بهترین راه‌حل هستند [7].

### وضعیت آموزش مهندسی پلیمر\* در دنیا

در این بررسی به مطالعه‌ی وبگاه دانشگاه‌های موثر در آموزش بسپارها پرداخته و مکاتباتی نیز با روسای دپارتمان‌های مهندسی یا علوم بسپار دانشگاه‌ها انجام شده است. دانشگاه‌های برگزیده عموماً در سطح جهانی در حوزه‌ی مهندسی از شهرتی بسزا برخوردارند و در رتبه‌بندی دانشگاه‌های برتر جهان عموماً جزو صد دانشگاه برتر جهان بودند. البته تمام دانشگاه‌های مهندسی معتبر دنیا در حوزه‌ی مهندسی بسپار به صورت خاص فعالیت نداشته‌اند. یکی از دلایل انتخاب این دانشگاه‌ها این بوده که در حوزه‌ی کارشناسی یا کارشناسی ارشد حداقل یک رشته تحت نام مهندسی پلیمر داشته باشند. گرچه می‌توان دانشگاه‌های معتبر بسیاری را یافت که به لحاظ پژوهشی و یا در سطح دکتری از گرایش‌های مختلف به علوم بسپاری (پلیمری) پرداخته‌اند ولی به جهت مقایسه با وضعیت ایران لازم بود که گرایشی در سطح کارشناسی یا کارشناسی ارشد در حوزه‌ی مهندسی پلیمر وجود داشته باشد. دانشگاه‌های مورد مطالعه به شرح زیر بودند: 1-ETH دانشگاه فنی زوریخ [21] (سوئیس) 2-دانشگاه لاف بورو [22] شهر لاف بورو (انگلستان) 3- دانشگاه اینسا [23] لیون (فرانسه) 4-دانشگاه ماساچوست لُوول [24] (آمریکا) 5- دانشگاه فنی دانمارک [25] کپنهاک (دانمارک) 6- دانشگاه جیائوتونگ [26] شانگهای (چین) و 7- انستیتو فناوری توکیو [27] (ژاپن).

دانشگاه‌های کمی در دنیا به تاسیس مهندسی پلیمر در سطح کارشناسی به صورت خاص پرداخته‌اند که از میان دانشگاه‌های مورد بررسی ما می‌توان به دانشگاه لُوول ماساچوست اشاره کرد که به صورت خاص مدرکی به نام کارشناسی مهندسی پلاستیک دارد که متناسب با حوزه‌ی مورد بررسی این مقاله است جالب این که در میان دانشگاه‌های مورد بررسی همان‌طور که در مقدمه ذکر آن رفت تنها دانشگاه‌های آمریکا هستند که امکان برنامه‌ریزی مستقل برای برنامه‌ی درسی و رشته‌های دانشگاهی خود متناسب با نیاز بازار را دارا هستند و سایر دانشگاه‌ها به خصوص در اروپا کم یا بیش از نظامی با نوعی کنترل مرکزی بهره می‌برند. البته در آمریکا بررسی در مورد تغییرات مورد نیاز بسپارها متناسب با تغییرات شرایط مدت‌ها مورد ارزیابی بوده است و در مورد نحوه‌ی تغییرات بحث می‌شده است [28]. البته در بسیاری از کشورها در دانشگاه‌های مختلف رشته‌ی مهندسی پلیمری در سطح کارشناسی وجود دارد [4] که البته ایران نیز جزو کشورهایی است که در سطح کارشناسی از این رشته بهره می‌برد. ولی این امر در سطح دنیا در آن حد که مهندسی شیمی یا مهندسی مواد تدریس می‌شوند همه‌گیر نیست. در واقع آن چه که در دیگر دانشگاه‌ها در حوزه‌ی بسپارها صورت گرفته است پرداختن به بسپارها به صورت مستقل در سطح کارشناسی ارشد و دکتری بوده است و در سطح کارشناسی بسپارها در دانشگاه‌های ETH زوریخ و نیز اینسای لیون و نیز لاف‌بورو به صورت زیرمجموعه‌ای از رشته‌ی مهندسی مواد دیده شده است. اما در برخی دانشگاه‌ها مانند دانشگاه فنی کپنهاک و یا دانشگاه جیائوتانگ شانگهای به صورت شاخه‌ای از مهندسی شیمی به آن پرداخته شده است، مانند نگاه غالب در دانشگاه‌های ایران. در دانشگاه‌های ایران اولین بار دانشکده‌ی مهندسی پلیمر در دانشگاه امیرکبیر از دانشکده‌ی مهندسی شیمی منشعب شد و از آن پس با همان میراث که منبعث از درس‌های گروه مهندسی شیمی است به کار خود ادامه داده است. سایر دانشگاه‌هایی که در ایران به مهندسی پلیمر رو آورده‌اند (دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه تبریز، دانشگاه تربیت مدرس، دانشگاه تهران و دانشگاه آزاد، علوم و تحقیقات) چه در مقطع کارشناسی چه در مقاطع بالاتر نیز یا در دل گروه مهندسی شیمی حیات دارند و یا از آن منشعب شده‌اند.

\* در این مقاله متناسب با مصوبه‌ی فرهنگستان زبان و ادب فارسی همه جا از واژه‌ی بسپار به جای پلیمر استفاده شده است، فقط عنوان مهندسی پلیمر که عنوان رسمی این رشته در وزارت علوم است به همان صورت آمده است.



آن چه که مشهود است از هر دو زاویه‌ی مهندسی شیمی و مهندسی مواد می‌توان به این حوزه نگاه کرد ولی به نظر می‌رسد تلفیق این دو حوزه با دشواری‌هایی رو به رو باشد. در این که بسپارها شاخه‌ای از مواد هستند در عمل هیچ شکی نیست و به تبع باید شاخه‌ای از مهندسی مواد نیز محسوب شوند ولی در میان سایر مواد مانند فلزات و سرامیک‌ها که هر یک شاخه‌های مستقلی از مواد هستند، می‌توان گفت با توجه به وابستگی خواص مواد بسپاری به فرایندهای بسپارش که عموماً پیچیده‌تر از فرایندهای استخراج مواد اولیه‌ی سرامیک‌ها و فلزات هستند و از سوئی به علت ساخت بشر بودن این فضا را نیز در اختیار قرار می‌دهند که بتوان پیوسته مواد اولیه‌ی جدیدی را فراهم کرد که خواصی متفاوت داشته باشد، از این رو وابستگی آن به مهندسی شیمی و یا شیمی قابل تامل است. از سوئی به نظر می‌رسد رویکرد دانشگاه‌هایی که گروه بسپارها در آنها از مهندسی شیمی منشعب شده است متناسب نگاه غالب جهانی چندان متناسب با نیازهای بازار نیست. صنایع مخاطب علوم و فنون بسپاری شامل صنایع پتروشیمیایی، صنایع، پلاستیک، صنایع لاستیک، چندسازه‌ها (کامپوزیت‌ها)، چسب و رنگ و الیاف می‌شوند. در این میان صنایع پتروشیمیایی و الیاف با مهارت‌هایی که یک مهندس از مهندسی شیمی کسب می‌کند هماهنگ‌تر هستند تا لاستیک و پلاستیک و چندسازه‌ها که یک‌سره در گروه‌بندی مهندسی مواد می‌توانند یا می‌باید قرار گیرند. گرچه وسعت علوم بسپارها، برخی دانشگاه‌ها مانند اینسای لیون را وادار کرده است که رشته‌ی مهندسی مواد را در 5 سال ارائه کند و در دوسال آخر در صورت تمایل از میان دیگر تخصص‌های موجود به صورت خاص به بسپارها بپردازند و یا ETH که به نوعی به گسترده‌ترین وجه مهندسی بسپارها را دنبال می‌کند در چهار گروه مختلف در دپارتمان مواد: فیزیک بسپارها، شیمی بسپارها، فناوری بسپارها و مواد بسپاری به این رشته می‌پردازد. دانشگاه لُول ماساچوست نیز رویکردی مهندسی موادی اختیار کرده است و در عمل در تمام مقاطع فقط به لاستیک‌ها و پلاستیک‌ها می‌پردازد و نام رشته را نیز مهندسی پلاستیک قرار داده است. در این میان به نظر می‌رسد که نوعی ناهمگونی میان دروس مهندسی پلیمر در گروه‌های ملهم از مهندسی شیمی وجود دارد که می‌تواند مهندسانی نه چندان ماهر برای رفع نیازهای صنایع ایجاد کند. عنایت به کتاب‌های درسی مهندسی بسپارها که در سال‌های اخیر با جا افتادن این رشته به عنوان یک رشته‌ی مستقل در دنیا تالیف شده‌اند می‌توان مشاهده کرد که گرایش مهندسی مواد چیره است و شاید لازم باشد گروه‌های ملهم از مهندسی شیمی به بازنگری دروس و یا تقسیم‌گرایش‌ها در این رشته متناسب با صنایع مخاطب خود بپردازند. خوش‌بختانه در ایران بسیار به موقع به تاسیس این رشته پرداخته شده است ولی لازم است رشد آتی آن با عنایت به مباحث طرح شده همراه با نوعی مهندسی مجدد با توجه به مخاطب صنعتی رشته باشد.

### بازاندیشی مهندسی پلیمر در ایران

متناسب با حوزه‌هایی که اکنون برای تغییر مهندسی در دنیا طرح است و نیز مقایسه‌ای با دانشگاه‌های برتر دنیا می‌توان در سرفصل‌های مشخصی به مقایسه‌ی وضعیت مهندسی پلیمر در ایران و دنیا پرداخت و بر این مبنا به نتیجه‌گیری برای حرکت به سمت آینده در جهت مهندسی مجدد آموزش مهندسی پلیمر در ایران در چشم‌انداز 1404 پرداخت.

- **تدریس مبتنی بر حل مسئله:** عموم دانشگاه‌های مورد بررسی تقریباً به طور کامل صورت مسئله‌ی خود را حل مشکلات صنعت برشمرده‌اند و دوره‌های 6 ماهه تا یکساله برای دانشجویان ترتیب داده‌اند [25] که مبتنی بر آن دانشجو امکان درک دقیق‌تر محیط صنعتی را داشته باشد [8] و تقریباً عمده‌ی پروژه‌های دانشگاهی را مبتنی بر اعلام نیازمندی از صنعت در وبگاه خود ابراز کرده‌اند برخی مانند ETH که اعلام کرده‌اند صددرصد مسیرهای پژوهشی از صنعت می‌آید [29]، توجه به این نکته مهم است که گویا دانشگاه مزبور دومین دانشگاه برتر اروپا در حوزه‌ی مهندسی شناخته می‌شود. به نظر می‌رسد رویکرد دانشگاه‌های ایران حداقل در حوزه‌ی مهندسی پلیمر (گرچه در تمام رشته‌ها عمومیت دارد) مهندسانی کم‌تر نوآور و بیشتر متصلب ایجاد می‌کند، که بخش عمده‌ای از آن ناشی از شیوه‌ی تدریس قدیمی دانش‌آموز پرور به جای دانشجو پرور دارد. البته کمبود امکانات دانشگاه‌ها نیز تقویت‌کننده‌ی این رویکرد بوده است. از سوی دیگر رشد سریع دانشگاه‌ها در ایران در دو-سه دهه‌ی اخیر منجر به این شده که چندان ضوابط خشک یک دانشگاه پژوهشی و اصول مرتبط با کار دانشگاهی به ویژه در دانشگاه‌های جدیدالتاسیس رعایت نشود که گرچه عیوبی به همراه خود دارد ولی از سوئی قید و بند فکری کمتری برای فارغ از تحصیل ایجاد می‌کند که می‌تواند به تغییر راحت‌تر پارادایم‌دانشگاهی به پارادایم بازار یا صنعت منتهی شود. این وضعیت گرچه از سوی جامعه‌ی جاافتاده‌ی دانشگاهی یک تهدید محسوب می‌شود ولی در صورت برنامه‌ریزی درست می‌تواند به عنوان یک فرصت نیز تلقی گردد. در این راستا لازم است به تالیف کتاب‌های علمی بیشتری پرداخته شود و همزمان با تقویت زبان انگلیسی دانشجویان امکان استفاده‌ی ایشان از منابع اصلی را فراهم کرد. این امر به ویژه در زمینه‌هایی پیشرو هم‌چون بسپارها که پیشرفت علم در آن روز به روز است اهمیت بیش‌تری دارد. پس از ایجاد این زیرساخت است که می‌توان تعریفی واقعی از



دانشجو ایجاد کرد که بتواند به علمی فراتر از علم جزوه‌ای نیز بپردازد تا در مراحل بعد به یافتن راهکارهای علمی مبتنی بر حل مسئله پرداخت. متأسفانه بنییه صنعتی در ایران آن قدر قوی نیست که از مسیر ارتباط قوی دانشگاه و صنعت بتوان مسائلی واقعی برای تمام دانشجویان و استادان فراهم کرد که چنین روش تدریسی همه‌گیر شود ولی به هر رو حرکت در این جهت هم ممکن است و هم لازم.

- **مهندسی جهانی:** برخی دانشگاه‌ها مانند ETH که کاملاً مبتنی بر این مفهوم سیاست‌گذاری می‌کنند، درصد قابل توجهی از دانشجویان و استادان خود را از میان افراد غیر بومی انتخاب می‌کنند ضمن این که مبتنی بر طرح اراسموس در اروپا دانشجویان حداقل در سطح اتحادیه‌ی اروپا تجربه‌ی یک محیط دانشگاهی دیگر را نیز دارند و از واحدهای درسی مرتبط با مهندسی جهانی نیز بهره می‌برند. این رویه البته همه‌گیر نیست و مثلاً در دانشگاه کپنهاک و یا لاف‌بورو چنین رویه‌ای به این شدت وجود ندارد. دانشگاه‌های ایران نیز در این حوزه فعالیت خاصی جز فرصت مطالعاتی در مقطع دکتری ندارند که البته متناسب نیازمندی‌های جامعه‌ی ایران نیز انتخابی مناسب است. از سوئی تا زمانی که اقتصاد کشور به اقتصاد جهانی گروه نخورد، محملی برای تدریس واحدهایی در حوزه‌ی آشنائی با جهان وجود ندارد، در سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی نیز به طور مشخص راهبردی مبتنی بر مشارکت جمهوری اسلامی ایران در اقتصاد جهانی به چشم نمی‌خورد که در این حوزه رهنما باشد و باید در این میان به مذاقه‌ی بیشتری پرداخت.

- **محیط زیست:** دانشگاه‌های ایران در سطح کارشناسی در مهندسی پلیمر رویکرد مناسبی (هر چند هنوز جای بهبود دارد) در این حوزه داشته‌اند و دروسی به صورت اجباری در مورد بسپارهای زیستی و نیز به صورت اختیاری در مورد محیط‌زیست تدوین کرده‌اند که نسبت به دانشگاه‌های دنیا ایران را در وضعیت مطلوبی قرار می‌دهد. با توجه به این که یکی از معضلات زیست‌محیطی جامعه‌ی بشری ناشی از بسپارها است، این رویکرد بسیار مناسب است که چندان در میان رویکردهای دانشگاه‌های مورد مطالعه به جز دانشگاه لاف‌بورو و انستیتو فناوری توکیو این نکته جلب توجه نمی‌کرد.

- **انعطاف‌پذیری و دروس پودمانی:** تقریباً در عمده‌ی دانشگاه‌های مورد مطالعه دوره‌های صنعتی و پودمانی به چشم می‌خورد [24,22] که مفهوم آموزش مستمر برای صنعت‌گران و نیز مهندسان فارغ از تحصیل در آن به چشم می‌خورد، در ایران البته نه در همه‌ی دانشگاه‌ها ولی پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران از این رویکرد به خوبی استفاده می‌برد ولی به نظر می‌رسد باید در سطح دانشگاه‌های کشور در دپارتمان‌های مهندسی پلیمر انعطاف‌پذیری بیشتری در دروس ارائه شده و انتخاب آنها و نیز دانشجو محوری و گسترش زمان تحصیل متناسب با نیازمندی‌های عملی دانشجو وجود داشته باشد. در دانشگاه آزاد و دانشگاه علمی-کاربردی این انعطاف بیشتر از دانشگاه‌های دولتی سنتی وجود دارد، متأسفانه مسائل مالی هر روز دانشگاه‌ها را به سمت تصلب بیشتر در دروس ارائه شده پیش می‌برد و به نظر می‌رسد لازم است در این حوزه راهکارهایی برای تقویت انعطاف‌پذیری دانشگاه‌ها اندیشیده شود و گر نه در آینده نمی‌توان نیازهای صنعت را به خوبی برآورده کرد.

- **مزیت رقابتی تخصصی:** با توجه به گسترش فناوری اطلاعات در دنیا نقش استادان عموماً از مدرس به تسهیل‌کننده‌ی یادگیری تغییر کرده است. از این رو یکی از مزایای رقابتی محیط دانشگاهی به علتی آسانی دست‌یابی به اطلاعات در سال‌های گذشته در دانشگاه‌ها از دست رفته است، بسیاری از دانشگاه‌های مورد بررسی سعی کرده‌اند برای بقا مزیت‌های رقابتی دیگری برای خود ایجاد کنند که عموماً به شکل پژوهشکده‌های تخصصی و یا تدریس خاص نمایان‌گر می‌شود (کما این که لؤلؤل ماساچوست علاوه بر این که روی لاستیک و پلاستیک تمرکز کرده است مراکز پژوهشی روی بسپارهای زیست‌تخریب‌پذیر و نانوفناوری دارد و دانشگاه لاف‌بورو نیز روی لاستیک و پلاستیک تمرکز کرده است. ولی دانشگاه‌های ایران به رغم تاسیس مراکز پژوهشی درون دانشگاهی این امکان که از آنها به نحو مطلوب بهره ببرند و به تولید فناوری بپردازند را حداقل تاکنون نداشته‌اند. البته از چند سال پیش در حوزه‌ی مهندسی پلیمر نیز مراکز رشدی برای ایجاد فناوری ایجاد شده‌اند و حرکت به سمت ایجاد شرکت‌های فناوریک و کوچک فراهم شده است که در صورت مهیا بودن سایر شرایط کسب و کار می‌تواند منجر به رشدی مطلوب در این حوزه گردد.

- **مشتری‌محوری:** واقعیت این است که شاید به دلیل تامین بودجه‌ی دانشگاه‌ها از دلارهای نفتی هیچ‌گاه در دانشگاه‌ها سیاست تثبیت‌شده‌ای برای تقویت ارتباط صنعت پدید نیامده است. گرچه روندهای مثبتی در سالیان اخیر در دانشگاه‌های ایران به چشم می‌خورد ولی این امر تا کنون منجر به تغییر دروس دانشگاهی مبتنی بر نیازهای صنعت و یا جامعه نشده است. اگر این اتفاق بیفتد باید تعریف مجددی از سوی مراجع صورت بگیرد که آیا ما مهندسی چند-مهارت‌ه نیاز داریم که مثلاً دوره‌ی آموزش وی 5 سال باشد که بتواند در کارگاه‌های کوچک صنعتی فعال باشد و یا نیازمند متخصصانی عمیق در یک حوزه‌ی خاص در مقاطع دکتری و کارشناسی ارشد هستیم که آماده‌ی کار در صنایع بزرگ و نیازمند تخصص‌های خاص باشند. حداقل در صنایع بسپاری عمده‌ی کارگاه‌ها کوچک محسوب

می‌شوند و نیازمند مهندسی هستند که اندکی از همه‌ی امور عملی بدانند ولی در حال حاضر به دلیل گرایش به تولید مقاله در سطح بین‌المللی (که بسیاری اوقات متعارض با رفع نیازهای صنعت داخلی است) در دانشگاه‌ها همان تعداد مهندس فارغ‌التحصیل (که متناسب نیز الزاماً تربیت نشده‌اند) به سمت مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری سوق داده می‌شوند تا برای جامعه ناکارآمدتر و یا احیاناً ناراضی‌تر باشند. باید دقت کرد که تربیت مهندسانی با توقعات خاص کشورهای پیش‌رفته که اکنون در دانشگاه‌های ایران رایج است در نهایت به علت نبود کار متناسب با توقعات ایجاد شده منجر به ایجاد نارضایتی و موج بزرگی از مهاجرت (یا تمایل به آن) نیز می‌شود و نباید مهاجرت فارغ‌التحصیلان را همه یکسر به عهده‌ی نهادهای خارج از دانشگاه دانست.

در مقاطع بالاتر مانند دکتری و یا کارشناسی ارشد می‌توان مانند دانشگاه لوول به تربیت فارغ‌التحصیلانی دارای مهارت‌های مدیریتی و شناخت فضای کسب و کار اقدام کرد که مهارت‌های ایشان هم‌خوانی بیشتر با نیازهای صنعت داشته باشند. ایجاد روند هماهنگی با صنعت با ایجاد محمل‌های قانونی درون دانشگاه‌ها برای خبرگان صنعتی برای تعریف پروژه‌ها و مشارکت در راهبری دانشجویان می‌تواند از فاصله‌ی فعلی بین این دو حوزه بکاهد.

مسأله‌ی به کارگیری دوره‌ی آموزشی مثلاً 5 ساله که مهندسان چند مهارته‌ای تحویل اجتماع دهد به ویژه در رشته‌ی مهندسی پلیمر اهمیت می‌یابد چندان که این رشته در ایران در دوره‌ی کارشناسی نیز ارائه می‌گردد و به دلیل گستردگی مطالب در زمینه‌ی بسپارها دوره‌ی 5 ساله علاوه بر فراهم آوردن دانش عمومی در این زمینه، فرصت آن را نیز به دانشجو می‌دهد که به صورت تخصصی‌تری در یکی از زمینه‌های مربوط به بسپارها کسب دانش و تجربه کند و متناسب با علم به دست آمده بتواند با تخصص بیشتری در رفع نیازهای صنعت مرتبط، مثمر واقع گردد.

### نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد به صورت خاص در زمینه‌ی بسپارها لازم است به بازنگری دوره‌ی مهندسی کارشناسی متناسب با صنایع پرداخت و مثلاً گرایش بسپارش را که مبتنی بر پایه‌های مهندسی شیمی است از گرایش مهندسی پلیمر تفکیک کرد چنان که دومی هم‌خوانی بیشتری با مهندسی مواد داشته باشد.

تقویت گرایش‌های زیست‌محیطی و زیست‌بسپاری در مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد و پررنگ کردن آن تأثیری بسزا در تربیت مهندسانی متناسب با نیازهای آتی دارد.

در مقاطع تکمیلی لازم است مهارت‌های مدیریتی و شناخت فضای کسب و کار از اولویت‌های آموزشی مهندسی پلیمر در ایران باشد و قوانینی برای امتیاز ناشی از پروژه‌ها در سطح دانشگاهی به تصویب برسد که استادان دانشگاه‌ها تشویق به تعریف پروژه‌ی مشترک با خبرگان صنعتی داشته باشند. بسیار مهم است که همراه با این فرایند امتیاز ناشی از چاپ مقاله در مراجع داخلی همسان با مراجع بین‌المللی انگاشته شود که تعامل با صنعت داخلی قابلیت عرضه‌ی آسان‌تری به صورت مقاله داشته باشد چه نیازهای صنعت داخلی در ایران الزاماً در مرزهای دانش نیست که منجر به تولید مقالاتی در سطح بین‌المللی باشد.

تغییر فضای آموزشی و تقویت شدید گرایش فضای یادگیری مبتنی بر حل مسئله مسئله‌ای اساسی در این حوزه است که دانشگاه‌های داخلی دچار ضعف شدیدی در این حوزه هستند. البته این مسئله منحصر به رشته‌ی مهندسی پلیمر نمی‌شود و می‌تواند به عنوان اولویتی در کل حوزه‌های مهندسی طرح شود.



## مراجع:

- 1-H. Anjelino, Engineering education and personal development in Germany, France and united kingdom examples for establishing continuing professional development of engineers in Japan, **NIJ journal**, No. 6, 2003.
- 2- یعقوبی، محمود؛ سهراب پور، سعید؛ اسلامی، محمدرضا؛ غفاری، محمدمهدی؛ "توسعه‌ی علمی و فناوری در زمینه علوم مهندسی در ایران و مقایسه‌ی آن با چند کشور جهان"، **فصلنامه‌ی آموزش مهندسی ایران**؛ سال هشتم، شماره 31، پاییز 1385
- 3- خدایپرست حقی، اکبر، "مروری بر استراتژی بین‌المللی برای بهبود شیوه‌ی تدریس استادان دانشگاه در آموزش مهندسی در دانمارک"، **فصلنامه‌ی آموزش مهندسی ایران**، سال هشتم، شماره 30، تابستان 1385
- 3-C.J. Steiner, "Teaching scientists to be incompetent: Educating for industry work", **BSTS**, No.20, 2000.
- 4- خدایپرست حقی، اکبر، "آموزش مهندسی مبتنی بر رفع مشکل، مروری بر تجربه‌های دانشگاه Aalborg دانمارک"، **فصلنامه‌ی آموزش مهندسی ایران**، سال نهم، شماره 34، تابستان 1386.
- 5-Z. T. Beiniawski, S.R. Beiniawski, "Curriculum initiatives in United states, Germany and Japan for world class education in the 21st century", **BSTS**, No. 16, 1996.
- 6-J.C. Lucena, "Flexible engineers: History, Challenges and Opportunities for engineering education", **BSTS** No.23, 2003.
- 7-T. Glidel (editor), In search of global engineering excellence, [www.engineering-excellence.org](http://www.engineering-excellence.org), Continental AG Hanover, 2006. (ترجمه‌ی علی عباسیان، پگاه محمد حسین پور، 1386)
- 8- توفیقی داریان، جعفر، "آسیب‌شناسی مبانی ارتباط دانشگاه و صنعت"، **فصلنامه آموزش مهندسی ایران**، سال نهم، شماره 34، تابستان 1386.
- 9- <http://web.mit.edu/> (accessed in Jan. 2009)
- 10-K.H.MOK, "The quest for world class university", **Quality Assurance in Education**, Vol 13, No.4, 2005.
- 11- K. M. Yusof, Z. Tasir, J. Harum, S.A. Helmi, "Global Promoting Problem-Based Learning (PBL) in Engineering Courses at the Universiti Teknologi Malaysia", **J. of Eng. Educ.**, Vol.9, No.2.
- 12- R.S. Stein, "Polymer Education in united states", **Macromol. Symp.**, 118, 1997.
- (آموزش بسپارها در ایالات متحده، مجله‌ی شیمی، سال 12، 1378، ترجمه‌ی علی عباسیان)
- 13-G.Bugliallero, "The Science-Technology-Society matrix", **BSTS**, 8, 1988.
- 14- S.F. Clarke, N. Morris, M.Rhodes, "Managing engineering for a sustainable future", **Engineering Management J.**, Dec. 2000.
- 15- F.K. Fink, "Problem-Based Learning in engineering education: a catalyst for regional industrial development", **World Transactions on Engineering and Technology Education**, Vol.1, No.1, 2002.
- 16- D. R. Woods, **Preparing for PBL**, McMaster University, Hamilton, ON, Canada, 3<sup>rd</sup> Edition, Mar 2006.
- 17- D-C. Rau, S-T. Chu, Y-P. Lin, "Strategies for Constructing Problem-Based Learning Curriculum in Engineering Education", International Conference on Engineering Education, October 16-21, 2004, Gainesville, Florida.
- 18- V G Gomes, G W Barton," Problem Based Learning in a New Chemical Engineering Curriculum", Proceedings of the ASEE/AaeE 4th Global Colloquium on Engineering Education, 2005.



- 19- H. Sobol, "Future directions ins Engineering education: A view from industry and Academia", **IEEE communication Magazine**, 25, 1990.
- 20- R. M. Felder, J. E. Stice, A. Rugarcia, "The future of engineering education IV. Making reform happen", **Chem. Eng. Education**, 34 , 3, 2000.
- 21- <http://www.mat.ethz.ch> (accessed in Jan. 2009)
- 22- <http://www.lboro.ac.uk/departments/materials/> (accessed in Jan. 2009)
- 23-<http://www.insa-lyon.fr> (accessed in Jan. 2009)
- 24- [http://www.uml.edu/college/arts\\_sciences/Chemistry/](http://www.uml.edu/college/arts_sciences/Chemistry/) (accessed in Jan. 2009)
- 25- [http://www.dtu.dk/Centre/DPC/Edu/Graduate\\_School.aspx](http://www.dtu.dk/Centre/DPC/Edu/Graduate_School.aspx) (accessed in Jan. 2009)
- 26- <http://www2.sjtu.edu.cn/newweb/english/admission/schools/02.htm> (accessed in Jan. 2009)
- 27- <http://www.cms.titech.ac.jp/index-e.html>, <http://www.op.titech.ac.jp/>, <http://www.op.titech.ac.jp/polymer/index-e.htm>, <http://www.op.titech.ac.jp/op/index-e.html> , (accessed in Jan. 2009)
- 28-J.C.Jung, "Polymer Education in Korea", **Macromol. Symp.**, 118, 1997.

(آموزش بسپارها در کره، مجله‌ی شیمی، سال 11، 1377، ترجمه‌ی علی عباسیان)

29- مکاتبه‌ی خصوصی، لودویگ گاکلر، رئیس دپارتمان مواد دانشگاه ETH زوریخ، بهمن 1387.