

ضرورت تحول در آموزش مهندسی مکانیک

ابراهیم شیرانی

دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی مکانیک

چکیده: سیر تحول فناوریانه و صنعتی و توسعه علوم و ظهور فناوری‌های جدید تغییرات اساسی و ژرفی را در صنعت و زندگی روزمره بشری موجب می‌شود. پاسخگویی به نیازهای روز و آتی صنعت توسط مهندسان مکانیک به ابزار و دانش متفاوتی از آنچه در دانشکده‌های مهندسی مکانیک ارائه می‌شود، نیاز دارد و باید همگام با تغییرات و تحولات صنعتی آموزش مهندسی مکانیک نیز متحول شود.

در این مقاله ابتدا به تاریخچه آموزش مهندسی به طور اعم و آموزش مهندسی مکانیک پرداخته و روند تغییر و تحولات در این خصوص ارائه شده است. همچنین، لزوم تأکید بر مسائل کاربردی و "آموزش مهندسی" به جای "آموزش علوم مهندسی"، بدون اینکه بخواهیم از اهمیت آموزش‌های نظری و مطالب پایه‌ای بکاهیم، در برنامه‌های درسی مهندسی مکانیک اشاره شده است. توجه به "تحقیقات" در آموزش مهندسی مکانیک در ایران از جمله مواردی است که در این مقاله بر آن تأکید شده است.

تغییرات لازم در آموزش مهندسی مکانیک در چهار زمینه "محیط آموزشی"، "فرایند مکانیکی آموزش"، "همکاری دانشگاه با صنعت" و "محتوای آموزش با توجه به ظهور فناوری‌های نو و نقش مهندسی مکانیک در آنها" ارائه شده است؛ این فناوری‌ها شامل فناوری نانو، میکرو فناوری، بیومکانیک، فناوری اطلاعات و انرژی و محیط زیست است. در پایان راهکارهای برای ایجاد تحول در آموزش مهندسی مکانیک ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: مهندسی مکانیک، فناوری‌های نوین، تاریخچه، تحقیقات.

۱. مقدمه و تاریخچه

آموزش مهندسی در امریکا: آموزش مهندسی از قدمت زیادی برخوردار است. اولین بار مهندسی در آکادمی نظامی وست یونیت امریکا در قرن هیجدهم میلادی آموزش داده می‌شد. در آن زمان، آموزش مهندسی شکل کلاسیک فعلی را نداشت. حتی تا قرن بیستم میلادی و تا قبل از جنگ جهانی اول به جای استفاده از تئوری‌ها و تحلیل‌های ریاضی مقدماتی در آموزش مهندسی به کارگاه‌های عملی و دروس آزمایشگاهی اکتفا می‌شد [۱ تا ۳]. فارغ‌التحصیلان مهندسی که بدین ترتیب آموزش می‌دیدند، قادر بودند بلافاصله در صنایع مشغول به کار شوند و نیازهای صنایع آن زمان را برطرف کنند. مدرسان دوره‌های مهندسی آن زمان دارای اطلاعات عملی و تجربی در بخش صنعت بودند و تحقیقات بخش بسیار کمی از فعالیت آنان را به خود اختصاص می‌داد.

پس از جنگ جهانی اول، با مهاجرت دانشمندان و محققان اروپایی به امریکا، علوم و از جمله دروس ریاضی وارد برنامه درسی آموزش مهندسی در امریکا شد. همچنین، تحقیقات بخش بزرگ‌تری از فعالیت‌ها را به خود اختصاص داد [۴] و این روند تا جنگ جهانی دوم ادامه یافت. آموزش مهندسی در آن برهه زمانی دیگر جوابگوی نیازهای روز جامعه نبود و تغییرات ناشی از جنگ جهانی برصنعت، نیاز به روندها و راهکارهای متفاوتی را در حرفه مهندسی ایجاد می‌کرد. لذا، روند تغییرات در آموزش مهندسی و اجرای تحقیقات و رسیدن به نوآوری‌های جدید به شکل فوق‌العاده‌ای شتاب گرفت. رقابت بین کشورهای امریکا و شوروی سابق در مسائل فضایی و رسیدن به کره ماه سبب صرف اعتبارات پژوهشی فراوانی در دهه ۱۹۶۰ گردید و موجب شد تا دانشکده‌های مهندسی شکل بگیرند و جایگاه مناسب‌تری به خود اختصاص دهند.

در سال ۱۹۵۵، انجمن آموزش مهندسی امریکای طی گزارشی تأکید کرد که باید دروس ریاضی و علوم دیگر به شکل قوی‌تری در دروس پایه مهندسی قرار گیرند [۵]. در آن زمان بود که آموزش مهندسی که شکل عملی داشت، به تدریج به شکل آموزش "علوم مهندسی" درآمد و برای سال‌های متمادی که هنوز هم ادامه دارد این مسئله غالب شد. در

این روند جزوات درسی و دروس عملی مهندسی به تدریج با کتب علمی و دروس ظری جایگزین شد و پایه آموزش مهندسی را به خود اختصاص داد. این روند تغییرات دیگری را نیز به همراه داشت، از جمله اینکه استادان علوم مهندسی دیگر آن افراد با تجربه عملی در صنعت نبودند، بلکه افرادی بودند که مدرک دکتری [که مدرک استاندارد برای استادان علوم مهندسی است] داشتند [۶]. معیار انتخاب یا ارتقای استادان علوم مهندسی بر اساس میزان تحقیقات آنها استوار شد و استادان با سابقه قوی در مسائل عملی مهندسی و آشنا با صنایع جای خود را به استادان با قابلیت‌های اجرای تحقیقات علوم و بدون داشتن تجربه‌های صنعتی دادند. بودجه‌های زیادی از طرف دولت‌های کشورهای پیشرفته در خصوص انجام شدن تحقیقات علمی صرف می‌شد و همین امر سبب شد جاذبه زیادی برای جذب دانشجویان و نیز اعضای هیئت علمی در رشته‌های مهندسی به وجود آید. لذا، دوره تحصیلی مهندسی که تا قبل از سال ۱۹۵۰ ترکیبی از دروس و جزوات مرتبط با مسائل عملی صنعتی بود، جای خود را به "علوم مهندسی" داد و بخش زیادی از دروس نقشه‌کشی و طراحی تجهیزات مکانیکی به تحلیل‌های علمی و مدلسازی ریاضی تبدیل شد. دروس طراحی مهندسی و بهره‌برداری به یکی دو درس در کل دوره تقلیل یافت.

آموزش مهندسی در ایران: تغییرات مشابهی را می‌توان در ایران نیز مشاهده کرد. دوره‌های اولیه مهندسی که در ایران دایر شد، عموماً بر مبنای دروس عملی و توسط استادان با تجربه صنعتی تدریس می‌شد، ولی به تدریج با دایر شدن دانشگاه‌های جدید طی چهل سال گذشته، آموزش علوم مهندسی با سطح نظری بسیار بالا، ولی با اولویت بسیار کمتر برای مسائل عملی در ایران دایر شد. فارغ‌التحصیلان چنین دانشگاه‌هایی به دلیل اینکه اولاً از پایه نظری بسیار بالایی برخوردار بودند و ثانیاً عموماً از باهوش‌ترین و با استعدادترین افراد جامعه بودند، پس از ورود به صنعت مسائل عملی را به طور غیر کلاسیک و متناسب با موقعیت مکانی و فضای صنعتی که در آن قرار می‌گرفتند و اینکه آیا صنعت مربوط آموزش‌های اولیه را تا چه حد به آنان می‌داد، بر مسائل عملی

تسلط پیدا می کردند و تا حدود زیادی جوابگوی حل مسائل صنعتی می شدند. البته، بر اساس آنچه بعداً در این مقاله بیان خواهد شد، با توسعه فناوری و تغییرات شگرفی که در بخش صنعت ایجاد شده است و این روند دیگر جوابگو نخواهد بود، نیاز روز افزون به تغییرات اساسی در آموزش مهندسی احساس می شود.

جمع‌بندی: علی‌رغم تغییر روند آموزش مهندسی از مسائل کاربردی به مسائل اصولی و پایه‌ای در دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی در آن زمان، انتظارات از فارغ‌التحصیلان مهندسی در بخش صنعت تغییر نکرد و در محیط کاری همچنان از فارغ‌التحصیلان، آشنا بودن با مسائل عملی و انجام دادن امور "مهندسی" انتظار می‌رفته است. مقصود از امور مهندسی "استفاده از روش‌های تقریبی" برای به دست آوردن بهترین راه حل با استفاده از منابع موجود در مواردی است که به خوبی قابل درک نیستند [۷]. روش‌های تقریبی شامل روش‌هایی است که موجه است یا مسیری است که به حل یک مسئله منجر می‌شود، ولی اثبات کردنی نیست و امکان خطا در آن وجود دارد. این روش‌ها برای راهنمایی، کشف یا به دست آوردن مطالب به کار گرفته می‌شوند. یک مسئله نوعی تقریبی مهندسی شامل سرانگشتی و دارای ضریب اطمینان^۱ است. روش‌های تقریبی ریسک‌پذیر است، ولی در محدوده قابل قبول قرار دارد. در مهندسی مکانیک برای مثال، مطالبی در درس طراحی اجزا و مباحث منتخب در مکانیک مطرح می‌شود که برای فرموله کردن و مدل کردن یک مسئله به کار می‌روند و از روش‌های تقریبی استفاده می‌شود. این موارد از ملزومات دانش مهندسی مکانیک است. این نوع دروس فقط در ترم‌های آخر تحصیل و در زمان نزدیک به فارغ‌التحصیلی و به طور محدود به دانشجوی ارائه می‌شود. لذا، به دانشجویان در طول دوره تحصیل خود عمدتاً روش‌های تحلیلی و بدون تقریب‌های مهندسی آموزش داده می‌شود و نه مسائل کاربردی که به تقریب مهندسی نیاز دارند. چنین دانشجویانی در مواجهه با مسائل عملی مهندسی دچار مشکل می‌شوند.

در این مقاله ابتدا روند پیشرفت تحقیقات در آموزش مهندسی و به طور اخص آموزش مهندسی مکانیک بررسی و سپس، به روند تغییرات در آموزش مهندسی مکانیک طی سده‌های قبل پرداخته شده است. همچنین، در خصوص آموزش مهندسی و نیازهای روز و عوامل مهم در سامانه آموزش مهندسی مکانیک و فناوری‌های نو مطالبی بیان شده است و سپس، توصیه‌هایی برای برنامه ریزی آموزش نوین در مهندسی مکانیک و استراتژی آموزش نوین در مهندسی مکانیک ارائه شده و در پایان در خصوص مباحث مطرح شده نتیجه‌گیری صورت گرفته است.

۲. تحقیقات آموزش مهندسی در آمریکا

در طی چند دهه اخیر، و به خصوص از دهه ۱۹۸۰ به بعد، به آموزش مهندسی توجه شده است و همزمان با اجرای تحقیقات در علوم مختلف مهندسی بودجه‌هایی از طرف دولت‌های کشورهای پیشرفته و به خصوص آمریکا صرف تحقیقات در آموزش مهندسی شده است. تحقیقات آموزش مهندسی آموزش در دوره کارشناسی را نیز شامل شده است. اولین بار در سال ۱۹۱۰ آموزش مهندسی به صورت یک "بولتن" توسط انجمن آموزش مهندسی در آمریکا (ASEE) منتشر شد. سپس این بولتن با عنوان "آموزش مهندسی" انتشار یافت و مطالب آن ترکیبی از خبرنامه و مقالات ژورنالی بود. بعداً دو مجله به نام‌های منشور ASEE در سپتامبر ۱۹۹۱ و "مجله آموزش مهندسی" در ژانویه ۱۹۹۳ جایگزین این مجله شد. مجلات دیگری که در زمینه مهندسی منتشر می‌شوند، عبارت اند از: مجله آموزش مهندسی شیمی، ترانزاکشن IEEE در زمینه آموزش، مجله بین‌المللی آموزش پیوسته مهندسی، مجله بین‌المللی آموزش مهندسی برق، مجله بین‌المللی آموزش مهندسی و مجله بین‌المللی آموزش مهندسی مکانیک. علاوه بر مجلات علمی - پژوهشی یاد شده، مجله ترویجی ASEE PRISM و مجموعه مقالات در کنفرانس‌های سالانه ASEE و پیشروان در آموزش نیز از دیگر منابع علمی مربوط به آموزش مهندسی هستند. همچنین،

کتاب مختلفی در زمینه آموزش مهندسی چاپ شده است که در مراجع [۸ تا ۱۰] آورده شده است.

تحقیقات آموزش مهندسی سبب شد تا همکاری میان محققان و استادان رشته‌های مهندسی و علوم اجتماعی در خصوص آموزش مهندسی صورت گیرد و گسترش یابد. در ابتدای قرن حاضر نظام امتیاز دهی استاندارد جدیدی برای آموزش مهندسی توسط مرکز ABET در امریکا ارائه شد [۱۱]. دانشگاه‌ها در امریکا برای آماده‌سازی استادان خود به‌منظور رسیدن به این استانداردها فعالیت‌هایی را نظیر ارائه کارگاه‌های آموزشی و دروس مربوط و نظارت بر تدریس انجام دادند. این فعالیت‌ها هم برای استادان و هم دانشجویان تحصیلات تکمیلی دانشگاه‌ها انجام شده است [۱۲].

تحقیقات "آموزش مهندسی" از نظر محتوایی متفاوت از تحقیقات مهندسی است [۴]. تحقیقات مهندسی کاملاً تعریف شده و معین هستند، درحالی که تحقیقات آموزش مهندسی چنین نیست. هدف اصلی در تحقیقات آموزش مهندسی بهبود و بالا بردن کیفیت آموزش و یادگیری است. مشکل این است که حتی دو نفر را نمی‌توان یافت که در باره معانی دقیق این کلمات با هم توافق داشته باشند. وقتی می‌گوییم "تنش برشی" یا "راندمان"، دقیقاً می‌دانیم مقصودمان از این کلمات چیست. ولی وقتی صحبت از "مهارت"، "درک صحیح"، "طرز تلقی" و... می‌شود، اینها موضوعات کیفی است و نمی‌توان فرمولی برای آنها به دست آورد که بتوان آنها را اندازه‌گیری کرد. این عبارات را نمی‌توان حتی به راحتی تعریف کرد، به طوری که همه در باره تعاریف آنها اتفاق نظر داشته باشند. همچنین، آنها را نمی‌توان مستقیماً اندازه‌گیری یا محاسبه کرد، بلکه آنها را می‌توان از روی رفتار دانشجویان استنباط کرد. هم تعیین این رفتار و هم قوانینی که بر آنها حاکم و تأثیرگذارند، موضوعات بحث برانگیزی است. برای بررسی میزان بهبود هر پارامتری به وسایل اندازه‌گیری و روش تعیین مقادیر آن نیاز است. سیستم‌های اندازه‌گیری و وسایل اندازه‌گیری قابل اطمینان برای اندازه‌گیری متغیرهای علمی و مهندسی بسیار ساده‌تر از متغیرهای آموزشی است. یکی از بهترین و معمولی‌ترین روش‌های ارزیابی

آموزش مهندسی نظرخواهی از دانشجویان است.

۳. روند تغییرات در آموزش مکانیک امریکا در گذشته

با توجه به مطالب بیان شده، وضعیت آموزش مهندسی مکانیک را می‌توان به سه دوره زمانی مختلف زیر تفکیک کرد:

الف- مهندسی عملی بدون تأکید بر علوم پایه و تئوری‌های اساسی که عمدتاً در قرن‌های هیجدهم و نوزدهم میلادی بوده است. شاخصه این دوران تأکید بر آموزش‌های عمدتاً عملی و آزمایشگاهی و دروس همراه با جزوات کاربردی است که توسط استادان آشنا با مسائل صنعت تدریس می‌شده است. در این دوره تحقیقات بخش کوچکی از فعالیت‌ها را به خود اختصاص داده است. همچنین، تفکیک بین رشته‌های مهندسی به شکل امروزی نبوده است.

ب- از اواسط نیمه اول قرن بیستم تا پایان این قرن بر آموزش‌های نظری و پایه تأکید شد و نقش آموزش‌های عملی و کاربردی در تحصیلات دانشگاهی کمرنگ‌تر شد؛ به عبارت دیگر، "آموزش علوم مهندسی" جایگزین "آموزش مهندسی" شد. این دوره تفکیک رشته‌های مختلف مهندسی، ظهور مهندسی مکانیک به عنوان یکی از رشته‌های مهم و تأثیرگذار و جدا شدن تعداد زیادی از رشته‌های مهندسی از مهندسی مکانیک نظیر رشته‌های مهندسی صنایع، مهندسی هسته‌ای، مهندسی هوا فضا، مهندسی شیمی و مهندسی کشتیرانی را در بر داشت.

فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی مکانیک با نظام آموزشی متکی بر مسائل نظری در این دوره مجبور بودند پس از فراغت از تحصیل و در محل کار خود در صنعت، مهارت‌های عملی را آموزش ببینند و مهارت‌های مهندسی لازم را کسب کنند.

در این دوره همچنین، تحقیقات رشد چشمگیری یافت و بخش مهمی از فعالیت‌های دانشگاهی و دانشگاهیان را به خود اختصاص داد، به طوری که در دانشگاه‌های پژوهش‌محور حتی آموزش در مرحله دوم اهمیت قرار گرفت. معیارهای انتخاب، ارتقا و ترفیع اعضای هیئت علمی بر مبنای شاخص‌های تحقیقاتی تعیین شدند. در این دوره

همچنین، تحقیقات "آموزش مهندسی" جایگاه مناسبی پیدا کرد و فعالیت‌های زیادی در این خصوص صورت گرفت.

پ- از اواخر قرن بیستم به بعد تغییرات ژرفی در حوزه علم و فناوری و صنعت در شرف وقوع است که دگرگونی‌های فراوانی هم در عرصه زندگی روزمره بشری و هم در صنعت و به تبع آن در محیط‌های آموزشی به اجبار رخ خواهد داد. نظام آموزشی قرن بیستم به هیچ وجه جوابگوی نیازهای قرن بیست و یکم نیست و باید تغییرات اساسی در آن صورت گیرد، همان طور که نظام آموزشی قرن هفدهم و هجدهم با تغییرات اساسی و شگرفی در قرن بیستم مواجه شد. البته، این بار تغییرات وسیع تر و در زمان بسیار کوتاه‌تری اتفاق خواهد افتاد.

۴. آموزش مهندسی مکانیک و نیازهای روز

تحصیلات دانشگاهی با درخواست‌های جدیدی در قرن جدید روبه روست. آموزش مهندسی نیز باید با همان شدت پیشرفت تحقیقات، علوم و فناوری و همگام با آنها پیش برود. روند فزاینده تولید و رشد فناوری‌های جدید، تأثیر جهانی شدن در تغییرات در صنایع و روند تغییرات در بازار از اقتصاد مبتنی بر تولید به اقتصاد مبتنی بر دانش، همه و همه ساختارهای موجود جامعه را به شدت تغییر خواهد داد. فضای کار انعطاف بیشتری پیدا خواهد کرد و خود را در ارتباط با نیازهای روز تغییر خواهد داد. یکی از نیازهای اساسی برای فایق آمدن بر مشکلات، پاسخگویی به نیازها و همسو شدن با روند رو به رشد جامعه، تجدید نظر و ایجاد سازکارهای جدید آموزشی است، به طوری که بتواند نیازهای متغیر و دینامیک جامعه را پاسخگو باشد. برای روشن تر شدن این مطلب تغییراتی که در قرن حاضر در شرف ایجاد است و اثرهای زیادی بر صنایع و به تبع آن بر جامعه خواهد داشت، فهرست‌وار بیان می‌شود [۱۳]:

الف- تغییرات شدید در فناوری‌ها، توسعه و رشد فناوری‌های جدید و کوتاه شدن عمر فناوری‌ها؛

ب - کاهش زمان ایجاد فناوری، تولید و معرفی آن به بازار؛

پ - جهانی شدن که سبب انتقال فناوری سریع تر بین کشورها و سازمان‌ها می‌شود؛

ت - رشد نمایی فناوری‌های نو؛

ث - رقابت شدید بین المللی؛

ج - نقش IT در رشد سریع و مؤثر در فناوری، علم و صنعت.

برخی معتقدند که امروزه آموزش مهندسی با بحران رو به روست. بدون تحول در نظام فعلی آموزش مهندسی، فارغ‌التحصیلان نمی‌توانند کارایی لازم را، چه در محیط کاری و چه در محیط‌های تحقیقاتی، داشته باشند. نظام آموزشی فعلی با القای ایده‌ها سبب محدودیت رشد و توانایی افراد و نیز باعث کاهش قدرت ابتکار و تفکر از آنها می‌شود، به طوری که قادر به کاربرد ظرفیت کامل خود نیستند. این امر سبب می‌شود که برای بروز خلاقیت و ابتکار، محیط‌های کار وارد عمل شوند و بخشی از این نواقص را جبران و انرژی فراوانی برای آموزش و به روز کردن اطلاعات فارغ‌التحصیلان صرف کنند.

۵. عوامل مهم در سامانه آموزش مهندسی مکانیک

تغییراتی که در نظام‌های آموزشی باید اعمال شود و در بسیاری از مؤسسات بزرگ

آموزشی در شرف انجام شدن است، می‌توان به عوامل زیر تقسیم کرد [۱۴]:

- عوامل مرتبط با محیط آموزشی

- عوامل مرتبط با فرایند مکانیکی آموزش

- عوامل مرتبط با همکاری دانشگاه و صنعت

- عوامل مرتبط با محتوای دروس آموزش مهندسی مکانیک

هر یک از عوامل یاد شده به اختصار توضیح داده می‌شود.

الف. عوامل مرتبط با محیط آموزشی

- اهداف آموزشی دانشگاه‌ها: باید این نکته که هدف اصلی دانشگاه آموزش است، به

رسمیت شناخته شود. با توجه به اینکه ارتقای مرتبه علمی استادان عمدتاً بر اساس

- امتیازات پژوهشی صورت می‌گیرد، در عمل آموزش در اولویت دوم قرار می‌گیرد که باید از بروز این امر به طور جدی جلوگیری شود.
- نقش آموزش‌های علمی کاربردی: باید استادان و دانشجویان را به اهمیت نقش فعالیت‌های عملی، کاربردی و ساخت آگاه کرد. بسیاری از فارغ‌التحصیلان فکر می‌کنند که صرف کسب دانش و معلومات مهندسی آنها را از سایر افراد متمایز می‌کند. این مسئله همچنین، در بین استادان نیز جا افتاده است؛ به عبارت دیگر، اکثر استادان و فارغ‌التحصیلان به کسب دانش و علوم مهندسی می‌پردازند و نه مهندسی. اکثر مهندسان فکر می‌کنند که فعالیت‌های ساخت امری پست است و خود را از آن دور می‌کنند. این در حالی است که فرایند ساخت به افراد با تبحر خاص نیاز دارد که مهارت‌های بین‌رشته‌ای داشته باشند.
- مسئولیت‌پذیری: نظام استخدامی اعضای هیئت علمی به شکلی است که پس از رسمی - قطعی شدن یا حتی قبل از آن، امنیت شغلی ایجاد می‌کند و انگیزه فعالیت بیشتر را از اعضای هیئت علمی می‌گیرد. همچنین، نظام ارتقا به شکلی است که فرایند آموزش در آن نقش بسیار کلی دارد. این مسائل باعث می‌شود که مسئولیت‌پذیری به علاقه شخصی افراد مرتبط شود، نه به نظام آموزشی دانشگاه‌ها.
- تأکید بر جامعیت آموزش: عمدتاً در محیط کار و صنعت، یک مهندس مکانیک با مسائل متنوعی روبه‌رو می‌شود که فقط بخشی از آنها تخصصی و تکنیکی است، در حالی که در آموزش دانشگاهی به دلیل آموزش دروس علمی پایه و دروس تخصصی در محدوده رشته مورد نظر، دانشجو تخصص‌های باریکی را آموزش می‌بیند و آمادگی برای چگونگی حل مسایل نا آشنا با ابعاد مختلف را ندارد.
- نوآوری، بصیرت و خلاقیت: فارغ‌التحصیل مهندسی مکانیک باید در حین آموزش دانشگاهی به شکلی قابلیت‌هایش تقویت شود تا قدرت نوآوری، بصیرت و خلاقیت بیشتری پیدا کند. در آموزش‌های کلاسیک فعلی بعضاً در جهت عکس عمل می‌شود.

- بالا نگه داشتن استاندارد آموزشی: دادن نمرات بالا به دانشجویان متوسط و بالا بردن سطح نمرات تأثیر منفی بر کیفیت آموزش دارد. میل به تلاش بیشتر برای بهبود وضعیت دانشجو کم می‌شود و انگیزه در دانشجویان ممتاز از بین می‌رود؛ به عبارت دیگر، باید استانداردهای آموزشی را در سطح بالا نگه داشت.

- کار و فعالیت زیاد: صرف با هوش بودن دانشجو کافی نیست. کار و فعالیت زیاد برای بالا بردن کیفیت فارغ‌التحصیلان بسیار مهم است و لذا، وادار کردن دانشجویان به انجام دادن تکالیف و مطالعات درسی جنبی بر کیفیت آموزش تأثیر مثبت می‌گذارد.

- پیوستگی آموزش: دانشگاه‌ها محل مناسبی برای بازآموزی فارغ‌التحصیلان است و دانشگاه‌ها باید فعالیت‌های خود را بر اساس نیازها تنظیم کنند. نیازهای حرفه‌ای مهندسان مکانیک بسیار متفاوت از فعالیت دانشجویان این رشته برای اخذ مدرک است.

ب. عوامل مرتبط با فرایند مکانیکی آموزش

انجام دادن مطالعات موردی^۱ در کلیه دروس تخصصی مهندسی مکانیک می‌تواند تفاوت بین تئوری و عمل را به دانشجو نشان دهد و وی را برای انجام دادن کارهای حرفه‌ای آماده سازد.

پ. عوامل مرتبط با ارتباط با صنعت و سایر مؤسسات

ارتباط نزدیک‌تر با صنعت و سایر سازمان‌ها باعث غنای آموزش دانشگاهی به خصوص در رشته مهندسی مکانیک می‌شود و لذا، باید در دروس تخصصی بیشتر به مثال‌ها و مطالعات موردی تکیه کرد. دعوت از متخصصان صنعت برای سخنرانی در دانشگاه‌ها، دید واقعی‌تری به دانشجو می‌دهد. همچنین، کارآموزی دانشجویان تأثیر مناسبی بر آموزش آنان دارد. در این خصوص، درگیری اعضای هیئت علمی با مسائل صنعتی نیز بسیار مهم

است.

ت. عوامل مربوط به محتوای دروس مهندسی مکانیک

- تغییرات در برنامه‌های درسی: دروس دوره کارشناسی و تحصیلات تکمیلی باید به صورت جدی تغییر کند. در دوره کارشناسی محتوای تخصصی دروس باید از غنای بیشتری برخوردار باشد. از تکرار مطالب در دروس مختلف جلوگیری شود. بر اساس نیازهای روز، فناوری‌های جدید، تخصص‌های مختلف نوظهور و دروس تخصصی جدیدی باید اضافه شوند. در این خصوص، در بخش‌های دیگر مقاله بحث خواهد شد. در سطح تحصیلات تکمیلی برنامه درسی برای تربیت کادر هیئت علمی بسیار مناسب است، نه تربیت مهندس متخصص در صنعت و باید این برنامه‌ها بر اساس نیازهای صنایع تغییر کند.

- تغییر در بخش غیر تکنیکی برنامه درسی: مسائلی که یک مهندس مکانیک با آن مواجه می‌شود بسیار فراتر از دانش‌های تکنیکی است. در اینجاست که نقطه ضعف اصلی آموزش مهندسی و حرفه‌ای آشکار می‌شود. در سال‌های اول و دوم دوره مهندسی مکانیک باید دروسی شامل اقتصاد و حسابداری، مهارت‌های ارتباطی (نوشتاری، گفتاری و روابط انسانی) و بازاریابی و فروش به برنامه درسی اضافه و به دانشجوی آموزش داده شود [۱۴].

۶. آموزش نوین در مهندسی مکانیک و فناوری‌های نو

یکی از مباحثی که باید در آموزش مهندسی مکانیک مد نظر قرار گیرد و به شکل کاملاً جدی و حرفه‌ای در برنامه‌های درسی مهندسی مکانیک لحاظ شود، پدیده ظهور فناوری‌های جدید است. در حال حاضر، ترکیب علوم و فناوری دوران علمی جدیدی با تغییرات اساسی در عرصه‌های صنعتی و زندگی روزمره بشری به وجود آورده است که مهندسی مکانیک نقش مهمی در بارور کردن آن دارد. مهندسی مکانیک نه تنها در زمینه

به کارگیری فناوری‌های نوظهور باید فعال باشد، بلکه باید در توسعه آنها مشارکت داشته باشد و آنها را در تحقیقات و آموزش مهندسی مکانیک برای مهندسان آینده وارد کند.

فناوری‌های جدید که نقش اساسی در تغییرات گسترده ایفا خواهد کرد، عبارت‌اند از: فناوری میکرو و نانو، بیومکانیک‌های سلولی و ملکولی، فناوری اطلاعات و انرژی محیط زیست. در ادامه مقاله در خصوص این فناوری‌ها و نقش جایگاه مهندسی مکانیک و تغییراتی که باید در آموزش مهندسی مکانیک در این زمینه ایجاد شود، شرح داده شده است [۱۵].

الف. فناوری میکرو و نانو

موضوعات مربوط به سیستم‌های میکرو الکترومکانیک (MEMS) طی ۱۵ سال گذشته توسعه یافته است و در حال حاضر از صنایع مطرح در دنیا محسوب می‌شود و انتظار می‌رود طی سال‌های آتی همچنان رشد یابد. در MEMS نیاز به حل بسیاری از مسائل مربوط به مهندسی مکانیک در اشل میکرو مثل میکروسیال و میکرو انتقال حرارت است. همچنین، اثرهایی نظیر الکترو استاتیک که در سیستم‌های معمولی مهندسی مکانیک مهم نبودند، در MEMS بسیار مهم می‌شوند. لذا، مفاهیم اساسی و اصولی مکانیک باید در سطح میکرو توسعه یابد. همچنین، روش‌های طراحی و ساخت مرسوم در مهندسی مکانیک نمی‌توانند برای طراحی و ساخت میکرو الکترونیک جوابگو باشند. این موارد حتی در خصوص سطوح نانو که در آنها اثرهای کوانتومی مهم هستند، از اهمیت بیشتری برخوردار است.

امروزه، سیستم‌های میکرو الکترونیک در وسایل ارتباطی بی سیم، سنسورهای فشار، شتاب‌سنج‌ها و حتی سمعک‌ها به کار برده می‌شوند. مباحث نانو و میکرو سیال شامل طراحی وسایل میکرو سیال، میکرو پمپ‌های تحریک شونده توسط نیروهای الکترواستاتیک، ساختارهای نانو یا میکرو سیال شامل بیوسنسورها، دتکتورهای جرمی، نوسانگرها، پلی‌مرهایی که با ساختار نانو هستند، روش‌های ساخت میکرو نانو و سنسورها،

چاپگرهای نانو و پوشش‌های سطوح با صنعت نانومهندسی مکانیک را در مرکز توسعه فناوری نانو قرار داده است.

تغییرات ناشی از علوم و فناوری نانو اثرهای فاحشی در مواد، ساخت، محاسبات، بهداشت و داروها، انرژی و محیط زیست و حتی موارد حفاظتی و امنیتی خواهد داشت. در زمینه ساخت، فناوری نانو می‌تواند ساخت محصولات را با دقت بالا با نرخ بهره‌وری بیشتر (ضایعات کمتر) و طول عمر بیشتر انجام دهد. از این روش می‌توان حتی برای استفاده از مواد شامل بیو استفاده کرد که خود ترمیم و سبک‌تر و محکم‌تر و قابل برنامه‌ریزی شدن و چند منظوره بودن هستند. طبیعی است که در پیشرفت مهندسی نانو و تجاری کردن محصولات نانو، مهندسی مکانیک نقش اساسی و مهمی ایفا می‌کند. برای این منظور باید در برنامه‌های درسی آموزش مهندسی مکانیک مواردی در خصوص بیولوژی و نیز فناوری نانو اضافه شود و استنادی با تخصص‌ها و مراتب علمی در زمینه‌های غیر متعارف در مهندسی مکانیک مثل مهندسی بیو، فناوری نانو، IT، بیولوژی معکوس و سایر رشته‌های مهندسی جذب و دوره‌های جدیدی در رشته مهندسی مکانیک راه اندازی شود. پیش‌بینی می‌شود فناوری میکرو در میان مدت و فناوری نانو در دراز مدت (۲۰ سال آتی) تأثیر فراوانی در نظام‌های مهندسی بگذارد و مهندسی مکانیک در این خصوص نقش محوری ایفا کند.

آموزش مهندسی مکانیک باید فعالانه در زمینه فناوری‌ها و موضوعات مربوط به میکرو و نانو وارد عمل شود تا بتواند دانشجویان را برای زمینه‌های جدید و نوظهور جذب و آماده سازد. برای رسیدن به این هدف برنامه‌های زیر باید در برنامه کاری دانشکده‌های مهندسی مکانیک قرار گیرد:

MEMS یا میکرو سیستم‌های الکترومکانیکی به صورت دروس آزمایشگاهی ارائه شود؛

مثال‌های عملی و کاربردی در زمینه‌های یاد شده توسعه و تدوین یابد و در دروس ارائه شوند؛

- نقش مهندسی مکانیک در فناوری نانو مشخص و به شکلی کلاسه‌بندی شود؛
- برای سیستم‌های میکرو-نانو شبیه‌سازی صورت گیرد.
- فعالیت‌های تحقیقاتی در ابعاد مختلف فناوری نانو و عملیاتی کردن این فناوری‌ها صورت گیرد.

ب. بیو مکانیک

هزینه بیو مکانیک در زمان‌های گذشته دورتری به عنوان یک موضوع اصلی در مهندسی مکانیک مطرح بوده است، ولی اخیراً بیو مکانیک سلولی و ملکولی اهمیت یافته و مسائل بیو مکانیک در این سطوح نیز کاربرد پیدا کرده است. چنین مسائلی لزوم ایجاد تغییرات در برنامه‌های دروس مکانیک و ایجاد دوره‌های جدید را می‌طلبد. در این خصوص، لزوم تأکید بیشتر بر اصول مکانیک کوانتمی محسوس است.

توسعه در بیولوژی سلولی و مکانیکی نه تنها در توسعه مطالب علمی نقش دارد، بلکه در تولیدات مهندسی انقلابی ایجاد خواهد کرد. چنین پیشرفت‌هایی توسعه فاحشی در صنایع وابسته به بیولوژی ایجاد کرده است و به کلیه رشته‌های مهندسی نیاز دارد. مهندسی بافت مثالی از این صنعت است، در حالی که محصولات اولیه این رشته در جایگزینی پوست بدن و بهبود زخم‌ها به کار گرفته شده است و در نسل بعد می‌تواند در کاشتن اجزای بدن نقش اساسی ایفا کند. در دیگر موارد بالقوه این علم، توسعه تجهیزات پزشکی، درمان شناسی، مواد و مواد شیمیایی است. بر اساس نظر انجمن قلب امریکا در سال ۲۰۰۱، مهندسی مکانیک در زمینه‌های زیر می‌تواند نقش مهمی ایفا کند:

- آزاد کردن دارو در بدن

- هدایت تجهیزات در ورود به اجزای داخلی بدن

- مهندسی بافت

در خصوص آموزش مهندسی مکانیک در زمینه بیو مکانیک لازم است دروس بیولوژی، مکانیک سلولی، مواد بیولوژی و دینامیک ملکولی در برنامه درسی این رشته قرار گیرد. همچنین، استادان این رشته باید قادر باشند مسائل بیولوژی را در دروس مهندسی

مکانیک در تمام سطوح وارد کنند و دانشجویان را با مفاهیم کلی محدوده وسیع بیولوژی آشنا سازند. دانشکده‌های مهندسی مکانیک باید استادان مهندسی و غیر مهندسی را در زمینه‌های بیو مهندسی و فناوری بیو به کادر هیئت علمی خود اضافه کنند.

پ. فناوری اطلاعات (IT)

فناوری اطلاعات از دیگر مواردی است که تأثیر فراوانی بر مهندسی مکانیک دارد. روش‌های عددی نقش بسیار مهمی در طراحی و حتی ساخت مجازی نمونه‌ها (شبیه‌سازی عددی) داشته است. با توسعه IT نقش محاسبات در مهندسی مکانیک دگرگون می‌شود. ابزارهای محاسباتی معمول نظیر CAD, FEM, CFD و تحلیل‌های عددی که به آنها "محاسبات سخت" گفته می‌شود، جای خود را به "محاسبات نرم" می‌دهد. این نوع

محاسبات شامل موارد زیر است:

- منطق فازی و کنترل
- الگوریتم‌های ژنتیک
- محاسبات شبکه عصبی
- محاسبات DNA و ملکولی
- محاسبات کوانتومی

چنین محاسباتی در مهندسی مکانیک برای طراحی محصولات و فرایندها به کار گرفته و سبب تولید بیشتر نوآوری می‌شود. طبیعی است که دروس مربوط به موضوعات یاد شده باید در گرایش‌های جدید مهندسی مکانیک گنجانده شود. طراحی مجازی سیستم‌ها و شبیه‌سازی رفتاری آنها از کاربردهای اساسی IT در مهندسی مکانیک است.

در دسترس بودن اطلاعات مختلف در شبکه‌های اطلاع‌رسانی این امکان را ایجاد کرده است که به جای تحصیل و طراحی اجزای یک سیستم، سیستم به طور یکجا طراحی و تحلیل شود. همچنین، IT این امکان را فراهم کرده است که در شکل مناسب تری مفاهیم مهندسی مکانیک آموزش داده شود.

ت. انرژی و محیط زیست

تولید انرژی و کار در مراکز تولید انرژی از فعالیت‌های اصلی مهندس مکانیک است. بهبود راندمان سیستم‌های تولید انرژی و به کارگیری انرژی از مسائلی است که مدت مدیدی است مورد توجه قرار گرفته است. مسائل زیست محیطی برای سلامت انسان، مثل کیفیت هوا، مورد توجه مهندسان مکانیک در دهه‌های گذشته بوده است. توجه در مهندسی محیط زیست از درمان کردن و جبران خسارات ناشی از ضایعات صنعتی [مثل تسویه فاضلاب] به طراحی محصولات سازگار با محیط که ضایعات کمتری ایجاد کنند، معطوف شده است. نقش مهندسی مکانیک در این خصوص کلیدی است. مهندسی مکانیک نه تنها باید در زمینه موضوع یاد شده فعال باشد، بلکه باید در توسعه این مطلب و ایجاد فناوری‌های مناسب مشارکت داشته باشد و آنها را در تحقیقات و آموزشی آینده خود وارد کند.

تغییر در آب و هوای کره زمین در اثر گازهای گلخانه‌ای سبب شده است تا مقررات بین‌المللی وضع شود. این مقررات شامل کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و اعمال روش‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی برای کاهش CO_2 اتمسفر است. نقش مهندسی مکانیک در این زمینه بسیار مهم است. همچنین، سایر مسائل زیست محیطی نظیر توسعه پایدار، ساخت تجهیزات سازگار با محیط زیست و طول عمر مناسب از دیگر مواردی است که موقعیت‌ها و شرایط جدیدی را برای مهندسان مکانیک فراهم می‌کند. برای اینکه مهندسان مکانیک برای کار در زمینه این مسائل آماده شوند، باید برنامه درسی مهندسی مکانیک تغییر یابد.

۷. توصیه‌هایی برای برنامه ریزی آموزش نوین در مهندسی مکانیک ایران

با توجه به مباحث یاد شده، دانشکده‌های مهندسی مکانیک باید به فراخور حال خود برنامه‌های جدیدی را برای توسعه و تکوین دوره‌های مهندسی طرح ریزی و اجرا کنند، به طوری که با اجرای این برنامه‌ها پاسخگوی نیازهای فزاینده صنعت با توجه به بروز

فناوری‌های جدید باشند. در این خصوص، موارد زیر توصیه می‌شود [۴]:

الف - مهارت‌های استادان مهندسی مکانیک باید توسعه و ترقی یابد و شامل تخصص‌های جدید باشد. برای این منظور، می‌توان در خصوص استخدام اعضای هیئت علمی جدید و تشویق استادان موجود به کسب مهارت‌های لازم اقدام کرد. در این زمینه، برگزاری کارگاه‌های آموزشی و اعزام اعضای هیئت علمی به مراکز علمی دنیا می‌تواند راهگشا باشد.

ب - در برنامه درسی مهندسان مکانیک و گرایش‌های موجود در آن باید تجدید نظر صورت گیرد و بر اساس زمینه‌های جدید تغییراتی اساسی در آنها داده شود؛ برای مثال، موارد جدیدی نظیر فیزیک اتم و ملکول، زیست‌شناسی، شیمی آلی، روش‌های ساخت در سطح میکرو باید به دروس اضافه شوند و در مثال‌های ارائه شده در دروس و آزمایشگاه‌ها مسائل نو مطرح شود. همچنین، در برنامه درسی از IT استفاده بیشتر و برنامه‌ها تجدید ساختار شود.

ج - در آزمایشگاه‌های دانشکده‌های مهندسی مکانیک باید تجدید نظر صورت گیرد و با توجه به زمینه‌های علمی جدید طرح‌ریزی مجدد شود.

استراتژی آموزش نوین در مهندسی مکانیک ایران

استراتژی آموزش مهندسی مکانیک باید شامل موارد زیر شود:

الف - بسط محدوده فعالیت‌های مهندسی مکانیک، به طوری که بتواند بر فناوری‌های نو ظهور تأثیرگذار باشد. در برنامه آموزش مهندسی مکانیک باید به سرعت ابزار جدید و توسعه گرایش‌های دیگر مدنظر قرار گیرد. اصول مهندسی مکانیک باید به شکلی تغییر یابد که بتواند بسیاری از فناوری‌های جدید در علوم زیست‌شناسی و مینیاتوری کردن اجزا و دستگاه‌ها را شامل شود.

استادان در تمام سطوح باید در زمینه ارتقای سطح دانش خود برای مشارکت و همکاری و تحقیق و توسعه زمینه‌های جدید فعالیت کنند و امکان آموزش آنان فراهم شود.

پ - مهندسان مکانیک آتی باید توانایی لازم برای جذب گرایش‌های دیگر و استفاده از توسعه تولیدات جدید را با توجه به فناوری‌های نوظهور اساسی داشته باشند و این در دستور کار آموزش مهندسی مکانیک قرار گیرد.

تمرکز بر جنبه سیستمی که برای فناوری‌های نوظهور اساسی است، در دستور کار آموزش مهندسی مکانیک قرار گیرد.

ث - دانشکده‌های مکانیک باید به مدیریت کارا و قابل برای توسعه مدرنیته کردن و تغییرات اساسی در مواد درسی و برنامه‌های درسی مجهز شوند.

۸. جمع‌بندی

تحول در مهندسی مکانیک منعکس کننده طبیعت دینامیک این رشته است و ما را به توسعه، تعمیق و بهبود همیشگی آن وامی‌دارد. سیر تحولات در آموزش مهندسی مکانیک در چند قرن اخیر نشان می‌دهد که این رشته با آموزش‌های کاربردی و عملی شروع و سپس، به تدریج به آموزش‌های علمی مهندسی منجر شده است. با توجه به تحولات اساسی در فناوری‌های روز و اثرهای اساسی آن در صنعت و زندگی روزمره، تحول در آموزش مهندسی مکانیک اجتناب ناپذیر است و لحاظ ساختن فناوری در آموزش مهندسی الزامی است.

از آنجا که فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی مکانیک در ابعاد مختلف جامعه اعم از بهره‌برداری از سیستم‌ها و صنایع، تحقیق و توسعه، مدیریت واحدهای صنعتی، تولید، توسعه و استفاده از فناوری مسئولیت دارند و انتظار جامعه از آنها این است که در این زمینه‌ها نقش اساسی و مناسبی ایفا کنند، آموزش مهندسی مکانیک از حساسیت زیادی برخوردار است و باید بتواند پاسخگوی نیازهای جامعه باشد. دینامیک بودن و رشد سریع تحولات در فناوری و صنعت نیاز به همگام شدن آموزش‌های مهندسی مکانیک با این تحولات را نشان می‌دهد.

برای این کار باید مطالعات دقیق و تحقیقات لازم در خصوص آموزش مهندسی مکانیک صورت گیرد و به طور مرتب نتیجه این تحقیقات در نظام‌های آموزشی اجرا شود.

با توجه به تغییرات شدید در فناوری‌ها، بروز و رشد نمایی فناوری‌های نوظهور، کوتاه شدن عمر فناوری‌ها، جهانی شدن، رقابت‌های بین‌المللی و نقش IT، آموزش مهندسی مکانیک باید متحول شود. این تحول باید در کلیه زمینه‌ها اعم از محیط‌های آموزشی، فرایند مکانیکی آموزش، همکاری دانشگاه و صنعت و محتوای دروس آموزش مهندسی مکانیک صورت گیرد. مهندسی مکانیک باید همگام با سایر علوم و فناوری‌های جدید نقش اساسی خود را در پیدایش، تکوین و توسعه موضوعات جدید ایفا کند.

آموزش مهندسی مکانیک باید مورد تجدید نظر کلی قرار گیرد و شامل موارد زیر شود:

- بسط و توسعه یافتن مهندسی مکانیک، به طوری که شامل علوم و فناوری‌های جدید شود. برای این کار لازم است گرایش‌های جدیدی در مهندسی مکانیک تعریف شود. این گرایش‌ها شامل علوم میکرو و نانو وابسته به مهندسی مکانیک، بیومکانیک با تعریف و فناوری‌های جدید، IT و مهندسی مکانیک (مکاترونیک) و ... می‌شود.

- در برنامه درسی کلاسیک مهندسی مکانیک تجدید نظر کلی شود. از تکرار مطالب در دروس مختلف کاسته و دروس جدیدی به برنامه درسی اضافه شود؛ این دروس شامل اقتصاد و حسابداری، مهارت‌های ارتباطی، بازاریابی و فروش و نیز مکانیک کوانتومی، زیست‌شناسی، شیمی آلی و ... است. به همین ترتیب، لازم است در آزمایشگاه‌های موجود در برنامه درسی مهندسی مکانیک تجدید نظر صورت گیرد و زمینه‌های علمی جدید به آنها اضافه شود.

- ساختار دانشگاه‌ها طوری تغییر یابد که سهولت بیشتری در فعالیت‌های آموزشی بین رشته‌ای [علاوه بر فعالیت‌های پژوهشی بین رشته‌ای] صورت گیرد.

- دانشکده‌های مکانیک از استادان با تخصص‌های متفاوت مثل بیولوژی، فیزیک کوانتومی و غیره استفاده کنند و استادان موجود خود را در زمینه‌های نو آموزش دهند، به عبارت دیگر، مهارت‌های اعضای هیئت علمی توسعه یابد و شامل زمینه‌های جدید شود و استخدام کادرهای هیئت علمی با تخصص‌های منطبق با نیازهای روز صورت گیرد.

۹. نتیجه گیری

با توجه به مطالب مذکور، موارد زیر به عنوان نتیجه گیری ارائه می شود:

- لزوم بازنگری منظم در آموزش مهندسی مکانیک؛
- لحاظ کردن فناوری در آموزش مهندسی مکانیک و توجه به آموزش های کاربردی و عملی، بدون اینکه به آموزش های نظری و پایه ای لطمه ای وارد شود و در عین حال، مهندس مکانیک بتواند جوابگوی نیازهای روز، چه در صنعت و چه در مراکز علمی و تحقیقاتی، باشد؛
- توجه بیشتر به اجرای تحقیقات در آموزش مهندسی مکانیک و به کارگیری نتایج آن؛
- تکمیل کادر هیئت علمی دانشکده های مهندسی مکانیک و اضافه کردن تخصص های متفاوت نظیر بیولوژی و فیزیک کوانتومی.

مراجع

1. Grayson, L.P., "The Making of an Engineer: An Illustrated History of Engineering Education in the United States and Canada", New York: John Wiley & Sons, 1993.
2. Reynolds, T.S. and B.E. Seely, "Striving for Balance: A Hundred Years of the American Society for Engineering Education", Journal of Engineering Education, 82(2), 136-151, 1993.
3. Selly, B.E., The Other Re-Engineering of Engineering Education, 1900-1965, Journal of Engineering Education, 88 (3), 285-294, 1999.
4. Huber M.T. and Morreale, S., "Disciplinary Styles in the Scholarship of Teaching and Learning: Exploring Common Ground", AAHE/Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Washington, Chatter 11, 2002.
5. Grinter, L.E., Report, 1955 (see ref. 4).
6. Felder, R.M., "The Myth of the Superhuman Professor", Journal of Engineering Education, 1994.
7. Koen, B.V., "Definition of the Engineering Method", Washington,

- American Society for Engineering Education, 1985.
8. Wankat and Oreovicz, "Teaching Engineering", 1993.
 9. Davidson and Ambrose, "The New Professor's Handbook: A Guide to Teaching and Research in Engineering and Science", 1994.
 10. Reis, "Tomorrow's Professor: Preparing for Academic Careers in Science and Engineering", 1997.
 11. ABET of Engineering Criteria, 2000, See www.abet.org.
 12. Stice, J.E., R.M. Felder, D.R. Woods and A. Rugaricia, "The Future of Engineering Education: 4 Learning How to Teach", Chemical Engineering Education, 34 (2), 118-127, 2000.
 13. Aje, J.O., "A New Paradigm for Continuing Engineering Education", Open End, Technology Management, Elsevier Science Inc. 1995.
 14. Grieger, R.D. and Kapoor R.R., "Reengineering the Engineering Education", Technology Management Elsevier Science Inc., 1995.
 15. "New Directions in Mechanical Engineering", Report from Workshop Organized by the Big-Ten-Plus Mechanical Engineering Dept. Heads, Florida, 2002.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۵/۶/۱۴)