

ارزشیابی آموزش مهندسی مکانیک در قرن ۲۱ در آمریکا

سعید شاکرین

بخش مهندسی مکانیک، دانشگاه پاسیفیک کالیفرنیا، آمریکا

چکیده: هیئت ارزشیابی مهندسی و فناوری^۱ در آمریکا اخیراً چارچوب ارزیابی و استاندارد برنامه‌های آموزش مهندسی را کاملاً عوض کرده و این تغییر از سال ۲۰۰۰ میلادی به اجرا در آمده است. در گذشته، ملاک ارزشیابی مطالب و امکانات ارائه شده به دانشجویان بود، لیکن در چارچوب جدید اصل مهم این است که فراگیری دانشجویان فارغ‌التحصیل تا چه حد میسر است. به دلیل این تغییر اساسی برنامه‌های آموزشی تمام رشته‌های مهندسی دچار تحول شده است. در این مقاله پس از ارائه آمار مربوط به تعداد دانشجویان مهندسی و خلاصه‌ای راجع به ساختار ABET، در مورد اهداف و فرایند ارزشیابی توضیحاتی داده می‌شود. سپس انتظارات صنعت از مهندسان مکانیک تازه فارغ‌التحصیل بیان و چند مثال از نوآوری‌ها در آموزش مهندسی مکانیک در خصوص ضوابط جدید ارزشیابی ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارزشیابی و استاندارد آموزش مهندسی، آموزش مهندسی مکانیک، احتیاجات صنعت، نوآوری در آموزش مهندسی مکانیک.

۱. مقدمه

وجود استاندارد و فرایند ارزشیابی می‌تواند نقش مهمی در بهینه کردن امر آموزش ایفا کند، بدین معنی که برنامه آموزشی موجود با توجه به ضوابط مندرج از طرف ABET ارزیابی و نقاط مثبت و منفی آن شناخته می‌شود، سپس با برنامه‌ریزی بجا و با استفاده از نتایج ارزیابی می‌توان در رفع نقایص کوشید و نقاط مثبت را همچنان به قوت خود نگاه داشت. مسئله ارزشیابی در سطوح بخش، دانشکده و دانشگاه در آمریکا امری است که از چندین دهه قبل شروع و در مورد مهندسی از اوائل دهه ۱۹۳۰ میلادی توسط ABET انجام شده است.

ضوابطی که این سازمان برای چندین دهه از آن استفاده می‌کرد بر این اساس بود که در یک برنامه آموزش مهندسی [به عنوان مثال مهندسی مکانیک] چه مواد درسی، آزمایشگاهی، تجربی و همین‌طور چه امکاناتی در اختیار دانشجویان آن برنامه قرار می‌گیرد. اگر این موارد مطابق با ضوابط تعیین شده بودند، برنامه مورد نظر قابل قبول شناخته می‌شد یا به عبارت دیگر، از استاندارد ABET تبعیت می‌کرد. از اواسط دهه ۱۹۸۰ میلادی دست‌اندرکاران آموزش و صنعت به این استاندارد و نحوه ارزشیابی ایرادهایی گرفتند. انعطاف‌ناپذیری و ایجادنشدن موقعیتی برای نوآوری در آموزش از ایرادهای مهم به استاندارد قبلی ارزشیابی بود، لذا طی جلسات متعددی بین مقامات بلندپایه آموزش مهندسی با نظرخواهی از مدیران صنعت، چارچوب ارزیابی آموزش مهندسی دچار تغییر و تحول اساسی شد. ضوابط و استاندارد جدید پس از نظرخواهی از گروه‌های ذی‌صلاح در نهایت به تصویب انجمن‌های مهندسان رشته‌های مختلف رسید. این استاندارد به نام ABET ۲۰۰۰ مشهور است که از سال ۲۰۰۰ میلادی در سراسر آمریکا به اجرا در آمد.

در چهارچوب ABET ۲۰۰۰ نگرش اصلی بر کارایی و سطح دانش مهندسی دانشجویان تازه فارغ‌التحصیل است. در این چهارچوب ضوابط کلی برای آموزش تمام رشته‌های مهندسی تعیین، ولی جزئیات بر عهده بخش (برنامه) مهندسی مربوط گذاشته شده است؛ به عبارت دیگر، هر بخش مهندسی موظف است تا از طرق مختلف نشان دهد که فارغ‌التحصیلان آن رشته افراد قابل‌هستند که می‌توانند به‌طور مؤثر وارد عرصه کار در رشته مهندسی بشوند. علاوه بر تغییر در نگرش کلی ABET ۲۰۰۰ در مقایسه با استاندارد قبلی،

یکی از مزایای آن این است که دفترچه راهنمای آن شامل صفحات بسیار کمتر نسبت به سابق است و این خود نشانه دادن اختیار و آزادی بیشتر به مسئولان آموزش مهندسی [یعنی استادان] است تا در مورد طراحی برنامه‌های آموزشی خود بتوانند از نوآوری استفاده کنند.

هدف اصلی این مقاله مروری است بر استاندارد و ضوابط ABET ۲۰۰۰ و نحوه انجام شدن ارزیابی آموزش مهندسی به‌طور کلی و ذکر چند مثال از نوآوری در آموزش مهندسی مکانیک که با ضوابط جدید تطابق دارند. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، مفاد ABET ۲۰۰۰ برای تمام رشته‌های مهندسی یکسان است، ولی جزئیات برنامه آموزشی توسط بخش مربوط تنظیم و تدوین می‌شود که البته، در نهایت باید مطابق ضوابط تعیین شده باشد.

۲. آمار مربوط به آموزش مهندسی

انجمن آموزش مهندسی آمریکا^۱ هر ساله آمار کاملی از تعداد دانشجویان، فارغ‌التحصیلان و مدرسان رشته‌های مهندسی به‌چاپ می‌رساند که بخشی از آن در سایت اینترنت انجمن قابل دسترس است. علاوه بر آمار اطلاعات کلی در مورد دانشکده‌های مهندسی و رشته‌های ارائه شده، امکانات تحقیقاتی و غیره در یک جلد کتاب توسط این انجمن به‌چاپ می‌رسد [۱].

برای اطلاع خوانندگان از وضع کمی آموزش مهندسی خلاصه‌ای از این آمار در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. حدود ۳۴۰ دانشکده مهندسی از آمریکا و کانادا در این آمارگیری شرکت داشته‌اند. تعداد مدرسان مهندسی در این آمار ۲۱۲۰۲ نفر ذکر شده است که از این عده ۹۷۴۲ نفر استاد، ۵۶۱۰ نفر دانشیار، ۳۴۹۴ نفر استادیار و ۲۳۵۶ نفر مدرس غیر رسمی و تمام وقت معادل پاره‌وقت هستند. با توجه به اینکه اکثر مدرسان در مقام استادی هستند، لذا در ده - پانزده سال آینده با بازنشسته شدن این افراد نیاز برای جذب مدرسان مهندسی افزایش خواهد یافت.

جدول ۱. خلاصه آمار مربوط به سال ۱۹۹۹ میلادی

(اعداد داخل پرانتز از طرف چپ مهندسی برق، مهندسی مکانیک و مهندسی عمران می‌باشند)

مقطع تحصیلی	تعداد دانشجویان رشته‌های مهندسی	تعداد فارغ‌التحصیلان رشته‌های مهندسی
کارشناسی	۳۱۰۰۰۰	(۹۵۵۱)، (۱۲۳۲۰)، (۱۷۴۹۲) ۵۹۱۳۴
کارشناسی ارشد	۶۸۰۰۰	(۳۸۶۶)، (۳۳۱۲)، (۹۲۲۰) ۲۸۰۱۷
دکترا	۳۷۰۰۰	(۵۹۸)، (۸۲۴)، (۱۶۰۲) ۵۵۰۶

۳. هیئت ارزشیابی مهندسی و فناوری

این هیئت که کار خود را از سال ۱۹۳۳ شروع کرده است، از طرف وزارت آموزش آمریکا^۱ به‌عنوان تنها مرجع برای استاندارد کردن آموزش مهندسی شناخته شده است. تنظیم استاندارد، نحوه ارزیابی و ایجاد فضای فکری که موجب بهبود کیفیت آموزش مهندسی بشود، از وظایف این هیئت است. اعضای این هیئت را نمایندگان ۲۸ انجمن مختلف مهندسان آمریکا تشکیل می‌دهند. اکثریت قریب به اتفاق این افراد که از استادان با سابقه یا مدیران صنعت هستند، داوطلبانه کار خود را در خصوص ارزیابی آموزش برای چند سال انجام می‌دهند و بعد از پایان دوره مقرر افراد جدیدی به‌جای آنها انتخاب می‌شوند. افرادی که نقش ارزیاب آموزش مهندسی به آنها محول می‌شود، ابتدا طی چند سمینار آموزشی با جزئیات ضوابط و اجرای آنها به‌خوبی آشنا می‌شوند، سپس یک سال به‌عنوان ناظر در کنار ارزیاب‌های با سابقه‌تر به امر ارزیابی مشغول می‌شوند و از سال بعد به‌عنوان ارزیاب خدمت خود را آغاز می‌کنند.

همان‌طور که قبلاً گفته شد، در سال ۲۰۰۰ میلادی استاندارد جدیدی برای ارزیابی آموزش مهندسی اجرا شد. در اینجا اهداف چهارگانه ABET^{۲۰۰۰} را ذکر می‌کنیم:

- الف. تضمین آمادگی فارغ‌التحصیلان برای ورود به حرفه مهندسی؛
- ب. ایجاد انگیزه برای توسعه و بهبود آموزش مهندسی؛
- ج. تشویق برای نوآوری در آموزش مهندسی؛

د. اعلام فهرست برنامه‌های موفق آموزشی به سازمان‌ها و افراد مربوط.
برنامه ارزیابی ABET ۲۰۰۰ شامل هفت ضابطه است. هر بخش مهندسی که خواهان دریافت مهر استاندارد ABET می‌باشد، باید با توجه به این ضوابط برنامه آموزشی خود را طراحی، تنظیم، اجرا و نظارت کند و تمام مراحل را به صورت مکتوب (نوشته کتابی یا الکترونیک) برای بازبینی ABET به صورت گزارش کاملی تهیه کند. در بخش بعدی به ذکر این ضوابط می‌پردازیم.

۴. ضوابط ABET ۲۰۰۰^۱

ضابطه شماره ۱، دانشجویان^۲: این ضابطه در مورد نحوه و شرایط پذیرش و ورود دانشجویان و همین‌طور نحوه راهنمایی آنها در طول مدت تحصیل توسط استادان راهنماست. چگونگی قوانین بخش، دانشکده و دانشگاه که برای ارتقای کیفیت آموزش وضع می‌شوند، از دیگر موارد این ضابطه است.

ضابطه شماره ۲، اهداف برنامه آموزشی^۳: هر بخش مهندسی موظف است اهداف کلی آموزش خود را به طور واضح در کاتالوگ دانشگاه به چاپ برساند تا در دسترس همگان قرار گیرد. فرایند آموزشی متناسب با اهداف، نحوه سنجش نتایج به دست آمده و مقایسه آن با اهداف و نحوه نظرخواهی از افراد ذی‌صلاح در مورد اهداف کلی برنامه آموزشی باید کاملاً مشخص شده باشند. شکل ۱ ارکان اصلی این ضابطه و رابطه مابین آنها را نشان می‌دهد.

ضابطه شماره ۳، نتایج برنامه و ارزیابی^۴: این ضابطه خصوصیات و توانایی‌های فارغ‌التحصیلان مهندسی را به شرح ذیل اعلام می‌کند:

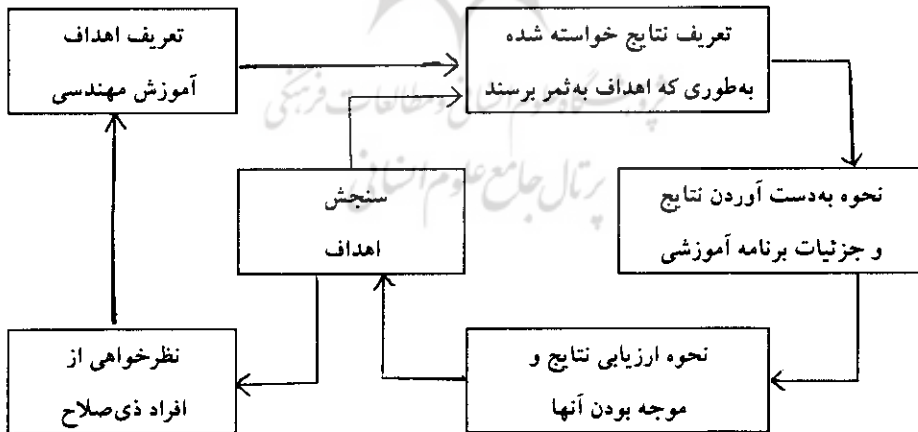
۱. ABET 2000 Criteria

۲. Criterion # 1. Students

۳. Criterion # 2. Program Educational Objectives

۴. Criterion # 3. Program Outcomes and Assessment

- الف. به کار بردن دانش ریاضی، فیزیک، شیمی و مهندسی؛
 ب. طراحی و انجام دادن آزمایش و تجزیه و تحلیل داده‌ها؛
 ج. طراحی اجزا و سیستم؛
 د. مشارکت در پروژه‌های گروهی؛
 ه. مشخص کردن، مدلسازی و حل مسائل مهندسی؛
 و. درک اخلاق مهندسی و آشنایی با آن؛
 ز. ایجاد ارتباط مؤثر (کتبی، شفاهی، مکالمه‌ای و گرافیکی)؛
 ح. درک اثرهای کلی و گسترده مهندسی بر روی جامعه؛
 ط. تشخیص لزوم یادگیری در سراسر طول عمر حرفه‌ای؛
 ی. آشنایی با موضوعات روز؛
 ک. استفاده از روش‌ها، مهارت‌ها و ابزار لازم برای اجرای کارهای مهندسی.
- برنامه آموزش مهندسی باید طوری طراحی و اجرا شود که فارغ‌التحصیلان آن دارای توانایی‌های یاد شده باشند و در ارزیابی آن برنامه این امر اثبات شود. در پیوست الف معادل انگلیسی این خصوصیات ارائه می‌شود.



شکل ۱

ضابطه شماره ۴، اجزای حرفه‌ای^۱: در این ضابطه میزان حداقل دروسی که باید ارائه شوند به این شرح است: یک سال دروس ریاضی و علوم همراه با آزمایشگاه، یک سال و نیم دروس علوم مهندسی و طراحی مهندسی و نیم سال دروس عمومی دانشگاهی^۲. بنابراین، مشاهده می‌شود که بخش مهندسی در یک دوره چهارساله کارشناسی می‌تواند حدود یک سال آن را آزادانه با توجه به اهداف خود برنامه‌ریزی و از نوآوری‌های آموزشی برای تنظیم برنامه‌ای مترقی و منحصر به فرد استفاده کند. این آزادی مشخصه بزرگ ABET^۳ است.

ضابطه شماره ۵، استادان^۳: این ضابطه در مورد تعداد استادان و کیفیت کار آنهاست. تعداد و تخصص استادان و تجربه‌های آموزشی، تحقیقاتی و خدماتی آنها باید مطابق با اهداف آموزشی باشد.

ضابطه شماره ۶، امکانات فیزیکی^۴: کمیت و کیفیت کلاس‌های درسی، آزمایشگاه‌ها، وسایل سمعی و بصری، امکانات کامپیوتری، کتابخانه و حتی خوابگاه‌های مربوط به دانشجویان مهندسی در این ضابطه مورد توجه قرار گرفته است.

ضابطه شماره ۷، بودجه و حمایت دانشگاه^۵: در این ضابطه به میزان بودجه تخصیص داده شده برای آموزش مهندسی و حمایت مدیران دانشگاه از رشته‌های مهندسی توجه می‌شود.

۱. Criterion # 4. Professional Components

۲. General Education

۳. Criterion # 5. Faculty

۴. Criterion # 6. Facilities

۵. Criterion # 7. Institutional Support and Financial Resources

۵. فرایند ارزیابی

برای اینکه یک بخش مهندسی تأیید و مهر استاندارد ABET را به دست آورد باید سلسله مراتب زیر را رعایت کند:

الف. بخش مربوط از ABET برای بررسی و ارزشیابی برنامه آموزشی خود دعوت به عمل می آورد. یادآوری این نکته لازم است که تبعیت از استاندارد ABET اختیاری است، ولی تمام برنامه‌های آموزشی معتبر این تبعیت را قبول می‌کنند.

ب. گزارش کاملی از برنامه آموزشی و نتایج آن را استادان بخش مربوط تهیه می‌کنند و در اختیار ABET قرار می‌دهند. در این گزارش به تمام جزئیات مندرج در ضوابط هفت‌گانه ABET ۲۰۰۰ توجه و به آنها پاسخ داده می‌شود.

معمولاً سعی بر این است که یک دانشکده مهندسی برای ارزیابی تمام بخش‌های خود در یک زمان از ABET دعوت به عمل آورد و در این صورت گزارش‌های بخش‌های مختلف در اواخر فصل بهار به ABET تحویل داده می‌شود.

ج. پس از دریافت گزارش‌ها گروه ارزیاب از طرف ABET و از میان نمایندگان آن انتخاب می‌شود. تعداد اعضای این گروه به تعداد بخش‌های مهندسی ارزیابی شونده هستند که با راهنمایی یک رهبر کار خود را شروع می‌کنند. هر عضو این گروه با توجه به تخصصی که دارد مسئول ارزیابی یک بخش مهندسی است و باید گزارش مربوط را با دقت بخواند و تجزیه و تحلیل کند.

د. در اواسط پاییز گروه ارزیاب ABET طی دیدار دو روزه از دانشکده مربوط دیدن می‌کنند. در این دیدار وظیفه هر ارزیاب تطبیق مفاد گزارش با واقعیات موجود است که این امر پس از مصاحبه با رئیس بخش و استادان و نمایندگان دانشجویان و بازدید از امکانات فیزیکی بخش انجام می‌شود. وظیفه رهبر گروه مصاحبه با رئیس دانشکده و مدیران دانشگاه و جمع‌آوری اطلاعات کلی است.

ه در پایان دیدار دو روزه، هر ارزیاب گزارش کوتاه و غیررسمی خود را در مورد نواقص مشاهده شده به رئیس بخش ارائه می‌دهد. گزارش رهبر گروه نیز به رئیس دانشکده داده می‌شود. هر بخش به‌طور انفرادی و دانشکده به‌طور گروهی به موارد ذکر شده در این گزارش‌ها پاسخ کتبی می‌دهد که باید تا اوایل بهار به ABET تحویل داده شود.

و. پس از دریافت پاسخ‌های بخش به نظرهای ارزیاب و با توجه به گزارش اولیه، در طی نشست سالیانه اعضای ABET، در مورد رعایت یا عدم رعایت استاندارد و ضوابط ارزشیابی از طرف بخش مهندسی مربوط تصمیم نهایی گرفته و با یک نامه رسمی در اواخر تابستان به رئیس دانشگاه اعلام می‌شود.

ز. اگر تمام ضوابط ارزشیابی رعایت شده باشد و استاندارد بودن برنامه مهندسی اعلام شود، این امتیاز تا مدت شش سال اعتبار دارد؛ به عبارت دیگر، در ابتدای سال پنجم دوباره موارد یادشده به مرحله اجرا در می‌آید.

۶. انتظارات صنعت از فارغ‌التحصیلان مهندسی مکانیک

در سال ۱۹۹۵ میلادی، انجمن مهندسان مکانیک آمریکا^۱ نتایج یک بررسی جامع را به چاپ رساند که هدف آن جمع‌بندی نظرهای مدیران صنعت و استادان مهندسی در ارتباط با خصوصیات مهم و مورد نیاز در مهندسان مکانیک بود [۲]. انگیزه انجام شدن این بررسی کاهش نسبی موقعیت صنعت تولید آمریکا در رقابت جهانی بوده است. در این مطالعه دو گروه از مهندسان تعریف شده‌اند: گروه اول شامل فارغ‌التحصیلان جدید و گروه دوم شامل مهندسان با ۱۰ سال تجربه کاری است. در مقاله حاضر به دلیل ارتباط نزدیک بین برنامه‌های آموزشی و فارغ‌التحصیلان جدید فقط به نتایج مربوط به گروه اول اشاره می‌شود.

در این بررسی ۶۶ مدیر صنعتی از ۳۳ شرکت بزرگ سازنده هواپیما، خودرو، وسایل خانه، وسایل جراحی و پزشکی و غیره و همچنین، ۲۴۳ بخش مهندسی مکانیک از

دانشگاه‌های مختلف شرکت داشتند و نظرهای خود را در مورد ۲۰ خصوصیت مهم و مورد نیاز صنعت در مهندسان مکانیک تازه فارغ‌التحصیل اعلام کردند. جمع‌بندی این نظرها در دو جدول خلاصه شد که یک جدول نظرهای مدیران صنعت و جدول دیگر دیدگاه‌های استادان را در بر می‌گرفت. نکته قابل توجه این است که ۱۶ مورد از خصوصیات در دو جدول مشترک هستند که این امر مبین اهمیت این موارد است. در نتیجه، یک مهندس مکانیک تازه فارغ‌التحصیل برای کسب موفقیت در کارهای صنعتی باید با موارد مذکور که در ذیل آمده است، آشنایی داشته باشد:

کار گروهی، ایجاد ارتباط مؤثر، سیستم‌های CAD، اخلاق مهندسی، تفکر خلاق، ترسیم شماتیک، کاربرد آمار، روش‌های تولید، طراحی بر تولید، طراحی برای اجرا، طراحی برای اطمینان، طراحی برای ایمنی، طراحی برای نصب قطعات، طراحی برای قیمت، بررسی طراحی و دیدگاه مهندسی سیستم. در پیوست «ب» معادل انگلیسی این عوامل برای اطلاع آمده است.

همان طور که مشاهده می‌شود، موضوعات کار گروهی، ارتباط مؤثر، اخلاق مهندسی و مسائل مربوط به طراحی که در بررسی ASME ذکر شده، مانند مواردی است که در ضابطه شماره ۳ ABET هم آمده است. این تشابه اهمیت ضابطه ABET را نشان می‌دهد. در راستای بررسی ASME و ضوابط ABET برنامه‌های نوآورانه در آموزش مهندسی به شرح ذیل اعلام می‌شوند:

الف. ادغام مباحث و پروژه‌های طراحی در تمام سطوح درسی. به‌عنوان مثال، در اولین درس مهندسی به‌نام مقدمه مهندسی که در ترم اول سال اول ارائه می‌شود، با اجرای یک یا دو پروژه طراحی نسبتاً ساده می‌توان دانشجویان را با فرایند طراحی آشنا کرد.

ب. تدوین و ارائه دروسی که یادگیری بر اساس اجرای پروژه باشد.

ج. ایجاد پروژه‌های گروهی که احتیاج به دانش مابین رشته‌ای و چندرشته‌ای دارد. به‌عنوان مثال، یک پروژه در مبحث مکاترانیک^۱ می‌تواند از دانش دانشجویان مهندسی مکانیک، برق و کامپیوتر بهره‌گیرد. در ضمن، با انجام شدن کار گروهی، دانشجویان به

اهمیت و نقش دیگر تخصص‌های مهندسی پی می‌برند و برای اجرای پروژه‌های بزرگتر آماده می‌شوند.

د. تدوین و ارائه دروس مربوط به اخلاق مهندسی یا ادغام مباحث مربوط در دروس موجود نظیر طراحی مهندسی.

ه. برگزاری مسابقات طراحی بین دانشجویان برای پرورش قدرت خلاقیت و ادغام تحصیل مهندسی و کارآموزی صنعتی.

نتیجه‌گیری

در این مقاله پس از معرفی هیئت ABET اهداف ارزشیابی آموزش مهندسی در آمریکا برشمرده شده است. جزئیات هفت ضابطه تعیین شده، فرایند ارزیابی و مسئولیت دانشگاه و سازمان ارزشیابی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج گزارش انجمن مهندسان مکانیک آمریکا در مورد مشخصات مهندسان تازه فارغ‌التحصیل نیز به صورت فهرست وار اعلام شد. درخصوص این مشخصات و ضوابط ارزشیابی چند مثال نیز برای نوآوری در آموزش مهندسی مکانیک ارائه گردید. امید است که این مقاله به خصوص مثال‌های ذکر شده در مورد پروژه‌های طراحی مورد استفاده همکاران محترم قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

از آقای دکتر محمود یعقوبی که مشوق من در تهیه این مقاله بودند، تشکر می‌نمایم.

مراجع

1. Profiles of Engineering Colleges, Prepared by American Society for Engineering Education, pp. 14-24, Washington, D.C., 2000.
2. Product Realization Process, Prepared by American Society of Mechanical Engineering, pp. 1-17, New York, 1995.

پیوست «الف»

ABET 2000, Criterion # 3. Program Outcomes and Assessment

- a. Apply knowledge of math, science, and engineering
- b. Design and conduct experiment and analyze data
- c. Design component and system
- d. Function in teams
- e. Identify, formulate, and solve engineering problems
- f. Understand professional ethics
- g. Communicate effectively
- h. Understand broad impact of engineering
- i. Recognize the need for life - long learning
- j. Know contemporary issues
- k. Use techniques, skills, and tools necessary for engineering practice

پیوست «ب»

Industry and Academics Top 16 Best Practices for New BS – Level
Mechanical Engineers

Teams / Teamwork

Communication

CAD Systems

Professional Ethics

Creative Thinking

Sketching / Drawing

Application of Statistics

Manufacturing Processes

Design for Manufacture

Design for Performance

Design for Reliability

Design for Safety

Design for Assembly

Design for Cost

Design Reviews

Systems Perspective

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۱/۱۰/۷)