

ارزشیابی آموزش مهندسی در قرن بیست و یکم در آمریکا

سعید شاکرین

بخش مهندسی مکانیک دانشگاه پاسیفیک، کالیفرنیا، آمریکا

چکیده: هیئت ارزشیابی مهندسی و فناوری^۱ در آمریکا اخیراً چهارچوب 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 چهارچوب جدید اصل مهم این است که فراگیری دانشجویان فارغ‌التحصیل تا چه حد 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، توضیحاتی در مورد اهداف و فرایند ارزشیابی داده می‌شود. سپس انتظارات صنعت مهندسان مکانیک تازه فارغ‌التحصیل ذکر و چند مثال از نوآوری‌ها در آموزش مهندسی مکانیک در ارتباط با 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 بهینه‌کردن 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 برآمد 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، توسط دست‌اندرکاران آموزش و صنعت به این استاندارد و نحوه ارزشیابی ایرادهایی گرفته شد. عدم انعطاف‌پذیری و عدم ایجاد موقعیت 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، چهارچوب 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 و رشته‌های مختلف رسید. این استاندارد به نام ABET ۲۰۰۰ مشهور است که از سال ۲۰۰۰ میلادی در سراسر آمریکا به اجرا درآمد.

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 به عهده بخش (یا برنامه) مهندسی مربوط گذاشته شده است؛ به عبارت دیگر، هر بخش مهندسی موظف است که از طرق مختلف نشان دهد که فارغ‌التحصیلان آن رشته افراد قابل هستند که می‌توانند به طور 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 صفحات بسیار کمتری نسبت به سابق دارد 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. همان‌طوری 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 به چاپ 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 به چاپ می‌رسد [۱]. برای اطلاع خوانندگان از وضع کمی آموزش مهندسی خلاصه‌ای از این آمار در جدول زیر عرضه می‌شود.

جدول خلاصه آمار مربوط به سال ۱۹۹۹ میلادی

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

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

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، ۵۶۱ نفر

دانشیار، ۳۴۹۴ نفر استادیار، ۲۳۵۶ نفر مدرس غیررسمی و تمام وقت معادل پاره وقت می باشند. 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.

۳. هیئت ارزشیابی مهندسی و فناوری (ABET)

این هیئت که کار خود را از سال ۱۹۳۳ شروع کرده است، از طرف وزارت آموزش آمریکا^۱ به عنوان 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 می دهند. اکثر قریب به اتفاق این افراد که از استادان با سابقه یا مدیران صنعت هستند، به طور داوطلبانه کار خود را در خصوص ارزیابی آموزش برای چند سال انجام می دهند و بعد از پایان دوره مقرر، افراد جدیدی به جای آنها انتخاب می شوند. افرادی که نقش ارزیاب آموزش مهندسی به آنها محول می شود، ابتدا طی چند سمینار آموزشی با جزئیات ضوابط و اجرای آنها به خوبی آشنا می شوند، سپس یک سال به عنوان ناظر در کنار ارزیاب های با سابقه تر به امر ارزیابی مشغول می شوند و از سال بعد به عنوان ارزیاب خدمت خود را آغاز می کنند.

همان طور که قبلاً گفته شد، از سال ۲۰۰۰ میلادی استاندارد جدیدی برای ارزیابی آموزش

مهندسی اجرا شد. در اینجا اهداف چهارگانه ABET ۲۰۰۰ را ذکر می کنیم:

الف. تضمین آمادگی فارغ التحصیلان برای ورود به حرفه مهندسی؛

ب. ایجاد انگیزه برای توسعه و بهبود آموزش مهندسی؛

ج. تشویق برای نوآوری در آموزش مهندسی؛

د. اعلام فهرست برنامه های موفق آموزشی به سازمان ها و افراد مربوط.

برنامه ارزیابی ABET ۲۰۰۰ شامل هفت ضابطه است. هر بخش مهندسی که خواهان دریافت مهر استاندارد ABET می باشد، باید با توجه به این ضوابط برنامه آموزش 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 می پردازیم.

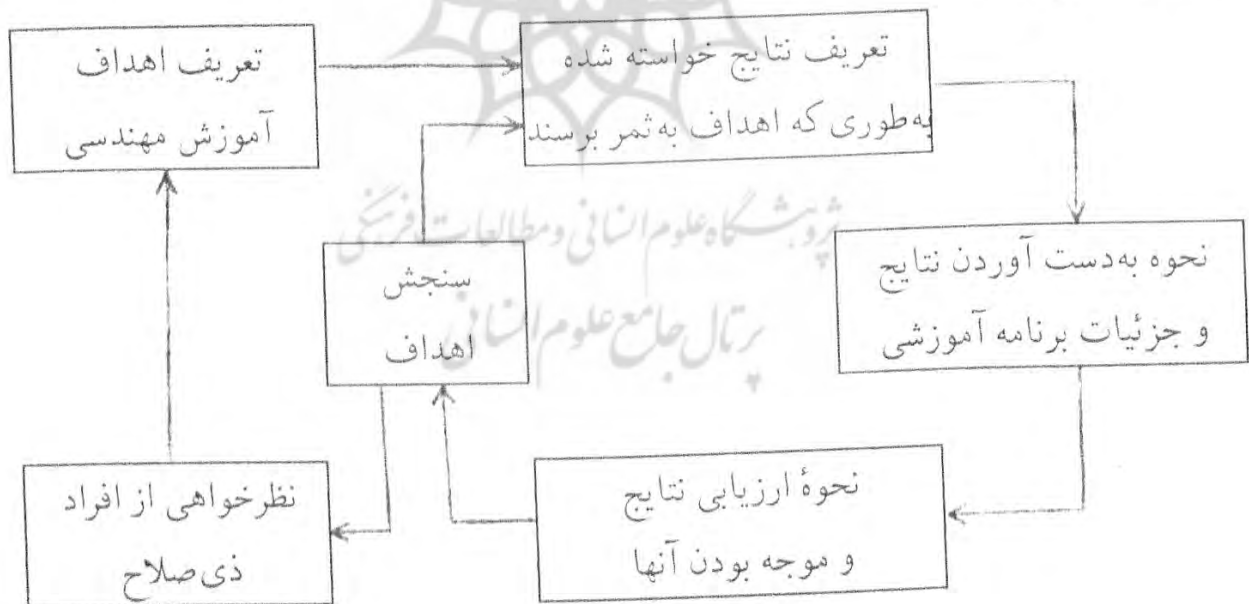
۴. ضوابط ۲۰۰۰ ABET^۱

۱.۴. ضابطه شماره ۱ - دانشجویان^۲

این ضابطه در مورد نحوه و شرایط پذیرش ورود دانشجویان و همین طور راهنمایی آنها در طول مدت تحصیل توسط استادان راهنماست. چگونگی قوانین بخش، دانشکده و دانشگاه که برای ارتقای کیفیت آموزش وضع می شوند، از دیگر موارد این ضابطه هستند.

۲.۴. ضابطه شماره ۲ - اهداف برنامه آموزشی^۳

هر بخش مهندسی موظف است اهداف کلی آموزشی 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 ذی صلاح در مورد اهداف کلی برنامه آموزش باید کاملاً مشخص شده باشند. شکل زیر ارکان اصلی این ضابطه و رابطه مابین آنها را نشان می دهد.



۱. ABET 2000 Criteria

۲. Criterion # 1. Student

۳. Criterion # 2. Program Educational Objectives

۳.۴. ضابطه شماره ۳ - نتایج برنامه و ارزیابی^۱

این ضابطه خصوصیات و توانایی های فارغ التحصیلان مهندسی را به شرح ذیر اعلام می کند:

۱. به کار بردن دانش ریاضی، فیزیک، شیمی و مهندسی؛
 ۲. طراحی و انجام دادن آزمایش و تجزیه و تحلیل داده ها؛
 ۳. طراحی اجزا و سیستم؛
 ۴. مشارکت در پروژه های گروهی؛
 ۵. مشخص کردن، مدل سازی و حل مسائل مهندسی؛
 ۶. درک و آشنایی با اخلاق مهندسی؛
 ۷. ایجاد ارتباط مؤثر (کتبی، شفاهی، مکالمه ای و گرافیکی)؛
 ۸. درک اثرهای کلی و گستره مهندسی بر روی جامعه؛
 ۹. تشخیص لزوم یادگیری در سراسر طول عمر حرفه ای؛
 ۱۰. آشنایی با موضوعات روز؛
 ۱۱. استفاده کردن از روش ها، مهارت ها و ابزارهای لازم برای انجام دادن کارهای مهندسی.
- برنامه آموزش مهندسی باید طوری طراحی و اجرا شود که فارغ التحصیلان آن دارای توانایی های ذکر شده باشند و در ارزیابی آن برنامه این امر اثبات شود. در پیوست "الف" معادل انگلیسی این خصوصیات ارائه شده است.

۴.۴. ضابطه شماره ۴ - اجزای حرفه ای^۲

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^۳ بنابراین، مشاهده می شود که بخش مهندسی در یک دوره چهارساله کارشناسی می تواند حدود یک سال آن را آزادانه با توجه به اهداف خود برنامه ریزی و از نوآوری های آموزشی برای تنظیم برنامه ای مترقی و منحصر به فرد استفاده کند. این آزادی

۱. Criterion # 3. Program Outcomes and Assessment

۲. Criterion # 4. Professional Components ۳. General Education

مشخصه بزرگ ABET ۲۰۰۰ است.

۵.۴. ضابطه شماره ۵ - استادان^۱

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.

۶.۴. ضابطه شماره ۶ - امکانات فیزیکی^۲

کمیت و کیفیت کلاس‌های درس، آزمایشگاه‌ها، وسایل سمعی و بصری، امکانات کامپیوتری، کتابخانه و حتی خوابگاه‌های مربوط به دانشجویان مهندسی مورد توجه این ضابطه است.

۷.۴. ضابطه شماره ۷ - بودجه و حمایت دانشگاه^۳

در این ضابطه به میزان بودجه تخصیص داده شده برای آموزش مهندسی و حمایت مدیران دانشگاه از رشته‌های مهندسی توجه می‌شود.

۵. فرایند ارزیابی

برای اینکه 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 می‌آورد. 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 توسط استادان بخش مربوط تهیه و در اختیار ABET گذاشته می‌شود. در این گزارش به تمام جزئیات مندرج در ضوابط هفتگانه

۱. Criterion #5. Faculty

۲. Criterion #6. Facilities

۳. Criterion #7. Institutional Support and Financial Resources

۲۰۰۰ ABET 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 تحویل ABET داده می‌شود.

ج. پس از دریافت گزارش‌ها، گروه ارزیاب از طرف ABET و از میان نمایندگان آن انتخاب می‌شود. اعضای این گروه به تعداد بخش‌های مهندسی مورد ارزیابی 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 آن را تجزیه و تحلیل کند.

د. در اواسط پاییز گروه ارزیاب ABET طی بازدید دو روزه از دانشکده مربوط دیدن می‌کنند. در این بازدید، وظیفه هر ارزیاب تطبیق مفاد گزارش با واقعیت‌های 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 تحویل ABET بشود.

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

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

۶. انتظارات صنعت از فارغ التحصیلان مهندسی مکانیک

در سال ۱۹۹۵ میلادی، انجمن مهندسان مکانیک آمریکا^۱ بررسی جامعی را به چاپ رساند که هدف آن جمع بندی نظرهای مدیران صنعت و استادان مهندسی در زمینه خصوصیات مهم و مورد نیاز در مهندسان مکانیک بود [۲]. انگیزه انجام دادن این بررسی، کاهش نسبی موفقیت صنعت تولید آمریکا در رقابت جهانی بوده است. در این مطالعه، گروه مهندسان تعریف شده اند؛ گروه اول شامل فارغ التحصیلان جدید و گروه دوم شامل مهندسان با ۱۰ سال تجربه کاری است. در مقاله حاضر به دلیل ارتباط نزدیک بین برنامه های آموزشی و فارغ التحصیلان جدید فقط به نتایج مربوط به گروه اول اشاره می شود.

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 دانشگاه های مختلف شرکت داشتند و نظرهای خود را در مورد ۲۰ خصوصیت مهم و مورد نیاز صنعت در مهندسان مکانیک تازه فارغ التحصیل اعلام کردند. نتایج این نظرها در دو جدول خلاصه شد که یک جدول نظرهای مدیران صنعت و جدول دیگر نظرهای استادان را در بر می گرفت. 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 فارغ التحصیل برای کسب موفقیت در کارهای صنعتی باید با این موارد آشنایی داشته باشد: کار گروهی، ایجاد ارتباط مؤثر، سیستم های CAD، اخلاق مهندسی، تفکر خلاق، ترسیم شماتیک، کار با آمار، روش های تولید، طراحی برای 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 آمده است.

همان طور که مشاهده می شود، موضوعات کار گروهی، ارتباط مؤثر، اخلاق مهندسی و مسائل مربوط به طراحی که در بررسی ASME ذکر شده است، عین مواردی است که در ضابطه شماره ۳ ABET هم آمده است. این تشابه اهمیت ضابطه ABET را نشان می دهد. در راستای بررسی ASME و ضوابط ABET برنامه های نوآورانه در آموزش مهندسی به شرح ذیل اعلام می شوند:

۱. American Society of Mechanical Engineers (ASME), www.ASME.ORG

- 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 انجام دادن یک یا دو پروژه طراحی نسبتاً ساده می‌توان دانشجویان را با فرایند طراحی آشنا کرد؛
- ب. تدوین و ارائه دروسی که یادگیری بر اساس انجام دادن 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 انجام دادن این 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 گنجاندن مباحث مربوط در دروس موجود نظیر طراحی مهندسی؛
- ه. برگزاری مسابقات طراحی در بین دانشجویان برای پرورش قدرت خلاقیت آنها؛
- و. ادغام تحصیل مهندسی و کارآموزی صنعتی.

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله پس از معرفی هیئت ABET اهداف ارزشیابی آموزش مهندسی در آمریکا برشمرده شدند. جزئیات هفت ضابطه تعیین شده و 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 به‌صورت فهرست‌وار اعلام شد. در مورد این مشخصات و ضوابط ارزشیابی چند مثال نیز برای نوآوری در آموزش مهندسی مکانیک ارائه شد. امید است که مفاد این مقاله خصوصاً مثال‌های ذکر شده در مورد پروژه‌های طراحی مورد استفاده همکاران محترم قرار بگیرد.

تشکر و قدردانی

از آقای دکتر محمود یعقوبی که مرا تشویق به تهیه این مقاله کردند، تشکر می‌کنم.

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 Engineers, pp. 1-17, New York, 1995.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۸/۹/۸۰)



«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 cotemporary issues
- k. Use techniques, skills, and tools necessary for engineering practice

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

((پیوست ب))

Industry and Academe's 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

