

کارشناسی علوم مهندسی، نگاهی نو در آموزش مهندسی

حسین معماریان

استاد دانشکده مهندسی معدن - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

چکیده

دانش‌آموختگان علوم و مهندسی پیشینه کم و بیش مشترکی در ریاضیات، علوم و محاسبات دارند. با این تفاوت که دانش‌آموختگان علوم دانش خود را برای کشفیات جدید و افزایش دانش ما از طبیعت به‌کار می‌گیرند، در حالی که مهندسان از دانش خود برای طراحی محصولات، فرایندها و ساختارهایی سود می‌جویند که نیازهای جامعه را برآورده می‌نماید. تجربه نشان داده است که برخی از دانشجویان علاقمند به آموزشی هستند که هر دو این توانایی‌ها را تقویت نماید. این خواسته‌ای است که بخش‌های گسترده‌ای از صنعت و بازار کار متحول کنونی نیز به دنبال آن است. متأسفانه هیچ یک از برنامه‌های آموزش سنتی مهندسی این هدف را به‌درستی تامین نمی‌کنند. یکی از قدم‌های موثری که در این زمینه برداشته شده عرضه برنامه بین‌رشته‌ای کارشناسی علوم مهندسی است، که ارتباط نزدیک حوزه‌های مختلفی از علوم مانند فیزیک، ریاضیات و مهندسی را برقرار می‌کند. امروزه، بسیاری از دانشگاه‌های بزرگ دنیا دوره کارشناسی علوم مهندسی را عرضه می‌کنند. به نظری رسد که علوم مهندسی، در آینده‌ای نه چندان دور، به هسته مرکزی آموزش مهندسی تبدیل شود. در این مقاله، به دنبال بررسی ضرورت ایجاد یک برنامه جدید بین رشته‌ای در آموزش مهندسی، وضعیت آموزش این رشته در تعدادی از دانشگاه‌های تراز اول جهان، مورد بررسی قرار می‌گیرد. به دنبال آن، ساختار و محتوی برنامه آموزش کارشناسی علوم مهندسی، که از سال ۱۳۸۷، برای اولین بار در کشور، در دانشکده فنی دانشگاه تهران راه اندازی شده، عرضه گردیده و اهداف برنامه و دستاوردهایی که از دانش‌آموختگان آن انتظار می‌رود، عرضه می‌شود.

واژه های کلیدی: علوم مهندسی، آموزش مهندسی، دوره کارشناسی، ایران

مقدمه

فراهم آورند.
به توسط تمرکز بیشتر بر مبانی علوم در مهندسی، برنامه درسی تغییر قابل توجهی خواهد یافت تا رهبری مهندسان در حل مسایل جامعه را به‌نحو موثرتری تداوم بخشد. آشنایی عمیق‌تر و گسترده‌تر با علوم پایه دانشجویان را قادر می‌سازد تا به‌نحو بهتری طبیعت مشکلات تکنیکی را، که در آینده با آن روبرو خواهند شد، درک کنند و به‌صورت شایسته‌تری آنها را مرتفع نمایند. از سوی دیگر، به‌علت ماهیت چند رشته‌ای علوم مهندسی، دانش‌آموختگان آن، در کنار اشتغال در بخش پژوهش و توسعه (R&D) صنایع، امکان ادامه تحصیل در رشته‌های سنتی مهندسی را نیز خواهند داشت. توانایی کار در چند زمینه مختلف مهندسی، از توانایی‌های برتر دانش‌آموختگان این رشته، در بازار کار رقابتی امروز است زمینه‌های حرفه‌ای مهندسی بسیار متنوع است و بسیاری از دانشجویان در بدو ورود به دانشگاه در مورد انتخاب یکی از شاخه‌های مهندسی تردید دارند. از دیگر مزیت‌های دوره علوم مهندسی آن است که شرایطی را

با توجه به ضرورت توانمندسازی مهندسان در تحلیل مسائل پیچیده و اغلب بین رشته‌ای موجود در صنعت، تربیت افرادی که بتوانند هدایت و اجرای این چنین پروژه‌هایی را به‌عهده گیرند، اجتناب ناپذیر شده است. متأسفانه، جمع بزرگی از علاقه‌مندان رشته‌های علوم پایه، عمدتاً به علت فضای عمومی جامعه، که رشته‌های مهندسی را برتر می‌پندارند همه ساله راهی رشته‌های مهندسی می‌شوند، و عمر و استعداد خود را در رشته‌هایی صرف می‌کنند که غالباً از علاقه اصلی آنها فاصله دارد. به‌نظر می‌رسد که یک برنامه تحصیلی کارشناسی با محتوی بین‌رشته‌ای علوم و مهندسی می‌تواند قدم بزرگی جهت تربیت مهندسانی بردارد که بتوانند نقش موثرتری در دنیای متحول کنونی داشته باشند. رشته "علوم مهندسی" این امکان را برای این افراد فراهم می‌آورد که با برخورداری از دانش علوم پایه قوی و پیوند زدن آن با فنون و روش‌های مهندسی، از استعداد و علاقه خود به بهترین نحو بهره‌گیرند و زمینه رشد و شکوفایی مهندسی نوین را، که ماهیتی بین رشته‌ای و چند رشته‌ای دارد،

"این دوره جهت آموزش ریاضیات و فیزیک، فراتر از آنچه که به دیگر دانشجویان مهندسی ارایه می‌شود، طراحی شده است".

هدف فوق در دو سال اولیه آموزش، و با نگرشی مهندسی در آموزش ریاضیات، علوم و مهارت‌های پایه‌مهندسی، به‌دست می‌آید. به‌دنبال این دو سال ابتدایی، دانشجویان یکی از ۶ گرایش ارتباطات، الاستیسیته مواد و سازه‌ها، ژئوفیزیک، هیدرودینامیک کاربردی، اکوستیک و روشنایی، و پرتو ایکس و اسپکتروسکوپی را انتخاب می‌کرده‌اند. در سال ۱۹۳۸ برای اولین بار ۶ نفر از این دوره فارغ‌التحصیل شدند. با گذشت زمان، گرایش‌های اولیه تغییر یافتند، و با افزوده شدن گرایش شیمی، در سال ۱۹۶۴ نام برنامه به "علوم مهندسی" تغییر یافت.

یکی از نقاط قوت آموزش علوم مهندسی در دانشگاه تورنتو سیال بودن آن است، که با توجه به نیازهای صنعت، به‌طور مستمر در حال تغییر است. به این ترتیب گرایش‌های جدید متولد شده و گرایش‌هایی که دیگر بازار کافی ندارند، حذف می‌شوند. در حال حاضر، در دو سال اول آموزش این برنامه، پایه‌ای قوی در علوم، ریاضیات، فناوری و طراحی ایجاد می‌شود. گستردگی و عمق مطالبی که در این دو سال عرضه می‌شود منحصر به‌فرد بوده و دانشجویان را برای ورود به گرایش‌هایی که در پایان سال دوم انتخاب می‌کنند، آماده می‌سازد. برای هر یک از چهار نیم‌سال اولیه این دوره مجموعه درس‌هایی طراحی یا فراهم آمده که با هم در ارتباط می‌باشند. این چهار نیم‌سال به‌ترتیب دارای زمینه‌های ماده و حرکت، سیستم‌ها و حالت‌ها، میدان‌ها و امواج و بالاخره اتم و ملکول، هستند. این زمینه‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شده‌اند که اختلاط و یک پارچگی بین درس‌ها میسر بوده و دانشجویان از هر نیم‌سال تجربه‌ای واحد، به‌دست آورند.

یکی از مولفه‌های کلیدی برنامه علوم مهندسی در دانشگاه تورنتو دروسی عملی است که اختصاراً "پراکسیز" نامیده شده است. این دروس منعکس‌کننده نقطه برخورد تئوری و عمل است. و این جایی است که مهندسان اغلب فعالیت‌های خود را به‌انجام می‌رسانند. سری درس‌هایی که با این نام شناخته می‌شوند منحصر در دوره علوم مهندسی این دانشگاه عرضه می‌شود. در این درس‌ها دانشجویان رابطه بین درس‌های نظری و جهان

فراهم می‌کند تا دانشجویان، رشته یا گرایش تحصیلی خود را بعد از گذراندن تعدادی از دروس دانشگاهی و آشنایی بهتر با زمینه‌های مختلف آموزش مهندسی، انتخاب نمایند.

در این مقاله ابتدا آموزش علوم مهندسی را در تعدادی از دانشگاه‌های آمریکای شمالی، اروپا و آسیا، مورد بررسی قرار خواهیم داد و سپس ساختار پیشنهادی برای دوره کارشناسی علوم مهندسی، که به تازگی در دانشکده فنی دانشگاه تهران راه اندازی شده، به همراه پیشنهاداتی برای ارزیابی کیفی آن، عرضه می‌شود.

آموزش علوم مهندسی در جهان

آموزش "علوم مهندسی" در بعضی کشورها سابقه ای طولانی دارد. به عنوان مثال عمر این برنامه آموزشی در دانشگاه تورنتو کانادا بیش از ۷۰ سال، یعنی به اندازه طول عمر آموزش عالی مدرن در ایران است. البته آموزش علوم مهندسی، به‌گونه نوین آن تنها در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته و به‌سرعت نیز در حال گسترش است. در ادامه، مواردی از آموزش علوم مهندسی را در دانشگاه‌های کشورهای آمریکای شمالی، اروپا، اقیانوسیه و آسیا، مرور می‌کنیم. در این بررسی توجه بیشتری به‌برنامه‌های ارایه شده در آمریکای شمالی، که ساختار آموزشی آنها همخوانی بیشتری با آموزش مهندسی در کشور ما دارد، صورت گرفته است. اطلاعات بیشتر در مورد آموزش علوم مهندسی در این دانشگاه‌ها و برخی دانشگاه‌های کشورهای دیگر را می‌توان از وبگاه‌های این مراکز، که در فهرست منابع پایان مقاله فراهم آمده، به دست آورد [۱].

کانادا

دانشگاه تورنتو: در کشور کانادا دانشگاه‌های متعددی آموزش مهندسی را عرضه می‌کنند. از این میان، علوم مهندسی برنامه‌ای منحصر به فرد در دانشکده علوم کاربردی و مهندسی دانشگاه تورنتو کانادا است [۱]. این برنامه که از دیرباز به نوآوری در آموزش مهندسی شهره بوده، با نام اولیه "فیزیک مهندسی"، در سال ۱۹۳۰ میلادی در این دانشگاه متولد شد. اولین تعریفی که از این دوره در دست است آنرا به گونه زیر عرضه می‌کند:

• **مهندسی زمین‌شناسی:** آموزش اولیه این دوره از حدود ۱۰۰ سال پیش آغاز شده است. امروزه این دوره شامل آموزش زمین‌شناسی همراه با آموزش اکتشاف مواد معدنی، مهندسی ژئوتکنیک، مهندسی زیست محیطی و یا ژئوفیزیک کاربردی است.

• **ریاضیات و مهندسی:** این دوره نیز در کانادا منحصر به فرد است. دانشجویان این دوره ضمن کسب پایه‌ای قوی در ریاضیات کاربردی، در زمینه‌های مهندسی ارتباطات و محاسبات، مکانیک کاربردی، مهندسی سازه و مهندسی فرایندهای شیمیایی نیز آموزش می‌بینند.

دانشگاه کوئینز "مدرک مظاعف"^۲ نیز عرضه می‌کند. به این ترتیب که، دانشجویان علوم کاربردی این دانشگاه می‌توانند همراه با مدرک مهندسی خود مدرک دیگری نیز از دانشکده علوم یا دانشکده‌های دیگر بگیرند. کسب مدرک دوم نیاز به یکسال آموزش اضافه دارد.

دانشگاه سایمون فریزر: در این دانشگاه دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد علوم مهندسی، عرضه می‌شود [۱]. آموزش علوم مهندسی این دانشگاه، که در سال ۱۹۸۳ میلادی آغاز شده، ترکیبی از فعالیت‌های فشرده نظری، آزمایشگاهی و کار در صنعت است. دانشجویان این دوره در سال‌های اول و دوم دروس پایه و اصلی را می‌گذرانند و سپس می‌توانند در یکی از پنج گرایش زیر، آموزش خود را ادامه دهند:

- **گرایش مهندسی الکترونیک:** تخصص در مهندسی برق به‌طور مستقیم وابسته به میکروالکترونیک و کاربردهای آن در ارتباطات، کنترل و محاسبات است. تاکید آموزش این گرایش بر طراحی و ساخت سیستم‌ها، با استفاده از مولفه‌های الکترونیکی است.
- **گرایش مهندسی کامپیوتر:** توسعه و کاربردهای جاری رایانه و سیستم‌های دیجیتال نیاز به مهندسان سیستم‌های کامپیوتری، دارد، که همراه با توانایی در سخت‌افزار و نرم‌افزار، از یک پایه مهندسی قوی نیز برخوردار باشند.
- **گرایش فیزیک مهندسی:** در این گرایش، دانشجویان جهت گروهی از فعالیت‌های مهندسی و

واقعی را تجربه می‌کنند. علاوه بر آن، فرصت می‌یابند تا خلاقیت و مهارت‌های خود را توسط فعالیت‌ها و پروژه‌های طراحی، ارتباطات و انجام آزمایش‌ها، توسعه دهند. هر یک از ۴ درس عملی، که به ترتیب در چهار نیم سال اول عرضه می‌شوند، از محتوی یا تم خاصی برخوردار است، که مکمل برنامه آموزشی ارائه شده در آن نیم سال می‌باشد. محتوی اولین درس در زمینه اکتشاف سازه‌های مهندسی است، محتوی دروس دوم و سوم توسعه پایدار و راهبری مهندسی است. و بالاخره درس چهارم یک تجربه کامل طراحی را به دانشجویان عرضه می‌کند. به این منظور دانشجویان، در گروه‌های کوچک، یک نمونه مکترونیکی قابل کار را طراحی نموده و می‌سازند. این درس اوج تجربه دانشگاهی در برنامه علوم مهندسی این دانشگاه است.

در سال‌های سوم و چهارم، دانشجویان در یکی از گرایش‌هایی، که دروس آن حول یک رشته مهندسی سامان یافته، آموزش می‌بینند. اولین سال هر گرایش مشتمل به درس‌های "مقدمه ای بر تخصص" مورد نظر، اختصاص یافته است. گرچه گرایش‌ها و محتوی آنها به‌طور دایم در حال تغییر است ولی فلسفه اصلی آموزش علوم مهندسی در دانشگاه تورنتو کماکان ثابت باقی مانده است. در حال حاضر ۸ گرایش مختلف در برنامه علوم مهندسی این دانشگاه عرضه می‌شود که عبارتند از: هوا-فضا، مهندسی پزشکی، کامپیوتر، برق، سیستم‌های انرژی، زیرساخت‌ها، مهندسی نانو و فیزیک. امروزه معمولاً مستعدترین دانشجویان به دوره علوم مهندسی این دانشگاه جذب می‌شوند.

دانشگاه کوئینز: در این دانشگاه دوره کارشناسی علوم مهندسی در دانشکده علوم کاربردی عرضه می‌شود. این دانشگاه چهار گرایش متفاوت را در زمینه علوم مهندسی عرضه می‌کند [۱].

- **شیمی مهندسی:** رشته‌ای منحصر به فرد در کاناداست که بیش از یک قرن سابقه دارد. در این دوره، شیمی همراه با مهندسی شیمی، بیوشیمی، محیط زیست و یا مهندسی مواد، ارائه می‌شود.
- **فیزیک مهندسی:** در این دوره آموزش فیزیک همراه با آموزش مهندسی در کامپیوتر، الکتریسته، مواد و یا مکانیک است.

• **ارزشهای اخلاقی:** توانایی در نظر گرفتن هزینه، سود و پیامدهای پروژه‌ها بر افراد درگیر، و کل جامعه.

دوره کارشناسی علوم مهندسی در دانشگاه سایمون فریزر ۴ سال است و در صورتی که همراه با اخذ پایان نامه باشد، پنج سال به درازا می‌کشد.

دانشگاه مک مستر: در این دانشگاه، مدرسه مهندسی و علوم محاسباتی در سال ۲۰۰۵ میلادی تاسیس گردید [۱]. این برنامه بین‌رشته‌ای، که به سرعت در حال گسترش است، علوم پایه، علوم کامپیوتر، ریاضیات و مهندسی را در هم می‌آمیزد. اساس این برنامه ایجاد همگرایی بین روش‌ها و زمینه‌های مختلف، جهت ایجاد ابزاری تازه و قدرتمند، برای حل مسایل در دامنه گسترده‌ای از کاربردها، در علوم و مهندسی، است. این دانشگاه برنامه تحصیلات تکمیلی کارشناسی ارشد و دکتری را نیز در مهندسی و علوم محاسباتی برقرار کرده است. زمینه‌های اصلی مطالعات در این مقاطع عبارتند از: علوم فیزیکی محاسباتی، بهینه سازی محاسباتی و علوم زیستی محاسباتی.

آمریکا

دانشگاه برکلی: در این دانشگاه، دوره علوم مهندسی برنامه‌ای بین‌گروهی و بین رشته‌ای است که تنوعی از زمینه‌های علوم فیزیکی و زیستی، ریاضیات و مهندسی را در بر می‌گیرد [۱]. این دوره بر آن است که وسیله‌ای به دست دهد تا دانشجویان در خلال فراگیری روش‌های مهندسی، بتوانند علایق خود را در زمینه‌های دیگری همچون علوم طبیعی نیز دنبال کنند. گزینه‌هایی که در این برنامه عرضه می‌شود دانشجویان را قادر می‌سازد تا تحصیلات تکمیلی خود را در زمینه‌های مهندسی، علوم، مهندسی زیستی و پزشکی، ادامه دهند. در حال حاضر چهار گرایش علوم مهندسی محاسباتی، ریاضی و آمار مهندسی، فیزیک مهندسی، علوم مهندسی زیست محیطی، در این برنامه عرضه می‌شود.

• **علوم مهندسی محاسباتی:** این برنامه بین رشته‌ای توجه خاصی به نقش مهم محاسبات، به صورت روشی برای برخورد با مسایل مهندسی و علمی پیچیده، دارد. محاسبات علمی، همراه با مدل‌سازی ریاضی و مشاهدات تجربی، مهندسان و دانش‌آموختگان علوم را

علوم کاربردی آماده می‌شوند، که محتاج دانش قوی در فیزیک به همراه آشنایی با مبانی مهندسی، است.

• **گرایش سیستم:** این گرایش، دانشجویان را برای کار در زمینه طراحی و ماشین‌ها و ابزارهای کنترل شونده توسط کامپیوتر، و هم چنین کسب مهارت‌های لازم جهت ادامه تحصیل در زمینه‌های سیستم‌های رباتیک و میکروترنیک، آماده می‌سازد. دانشجویان این گرایش آگاهی‌های مهندسی الکترونیک، مهندسی مکانیک و مهندسی کامپیوتر را با فرایند طراحی در هم می‌آمیزند. زمینه‌های مطالعات این گرایش عبارتند از ساختارها و سازوکارهای مکانیکی، حسگرها و محرک‌های الکترومکانیکی، مهندسی کنترل و سیستم‌های همزمان.

• **گرایش مهندسی پزشکی:** آموزش‌های این گرایش بر مسایل موجود در پزشکی، جراحی، تجهیزات پزشکی، تصویربرداری پزشکی و بایوفتونیک، متمرکز شده است.

مهارت‌هایی را که دانشجویان علوم مهندسی این دانشگاه، صرفنظر از گرایش تحصیلی، به دست می‌آورند، به نحو زیر می‌توان خلاصه کرد:

• **مهارت‌های ارتباطی:** توانایی انتقال روشن و موثر ایده‌ها به صورت‌های شفاهی، نوشتاری، تصویری و الکترونیکی.

• **مدیریت اطلاعات:** شناسایی، گردآوری و ساماندهی اطلاعات با استفاده از فناوری مناسب و سیستم‌های اطلاعات و همچنین به‌کارگیری مهارت‌های پژوهشی جهت دستیابی، تحلیل و به‌کاربردن دانش.

• **مشکل‌گشایی:** به‌کارگیری تفکر انتقادی جهت ارزیابی و حل مسایل. ارایه خلاقیت و نوآوری در شناسایی راه حل‌ها.

• **مهارت در کار گروهی:** توانایی کار موثر در گروه‌ها. توانایی رهبری و همکاری در یک گروه برای رصد کردن پیشرفت یک پروژه و پیدا کردن روش‌های بهبود آن.

• **مهارت در مدیریت فردی:** توانایی کار موثر و مستقل در محدوده زمان تعیین شده. برنامه ریزی، طراحی و اجرای پروژه‌های دارای اهداف و پیامدهای تعریف شده، از آغاز تا انجام.

انتخاب واحدهای مناسب قادرند در رشته های سنتی تر مهندسی، ادامه تحصیل دهند.

• **علوم مهندسی زیست محیطی:** گرایشی بین رشته‌ای است که مستلزم تلفیق اصول فیزیک، شیمی و زیست شناسی با تحلیل مهندسی، جهت محافظت و بازسازی‌های زیست محیطی است. این برنامه درسهایی از گروه های آموزشی مختلف را عرضه می کند تا زمینه‌ای بسازد، که گرچه قویا متکی بر علوم و مهندسی است ولی در باره تنوع گسترده ای از مسایل زیست محیطی، بحث می کند. گزینه مهندسی محیط زیست در گروه های آموزشی مهندسی شیمی، عمران، مکانیک و مواد نیز وجود دارد، ولی برنامه علوم مهندسی، پایه گسترده تری در علوم، فراتر از آنچه که در گروه های پیش گفته عرضه می شود، ایجاد می کند. این برنامه، دانشجویان را برای تحصیلات تکمیلی یا فعالیت های حرفه ای در بسیاری از زمینه های زیست محیطی، آماده می نماید.

یک برنامه متفاوت نیاز به آموزشگران متبحر دارد. به دلیل توانایی زیاد و ویژگی های خاص دانشجویان علوم مهندسی، راهبری کلاس های این دوره نیاز به تجربه قابل توجه دارد. از این رو، در دانشگاه برکلی، برای ارایه دروس علوم مهندسی ورزیده ترین اساتید مهندسی و دیگر رشته ها انتخاب می شوند. نظر به اینکه برنامه آموزش مهندسی تنها آغاز، و نه اوج فعالیت های دانشجویان این دوره خواهد بود، لذا یک عنصر کلیدی در نگرش آموزشی این دوره، آموزش توسط خود دانشجویان است. با در نظر گرفتن این سازوکار به عنوان هسته برنامه، درس های عملی، گرایش های متنوع، کارگاه های آموزشی و سمینارهای مختلف، ابزارهایی در اختیار دانشجویان علوم مهندسی قرار می دهند تا آموزش خود را راسا ترتیب دهند. این دانشجویان در عمل: "یاد می گیرند که چگونه یاد بگیرند و آموزش می بینند که چگونه آموزش بدهند".

بسیاری از دانشجویان علوم مهندسی علاقمند به پژوهش هستند. آموزش مهندسی در برکلی راه هایی را برای رسیدن دانشجویان به این هدف ارایه می دهد. مهمترین این موارد پایان نامه کارشناسی است که در سال چهارم عرضه می شود. برای انجام پایان نامه، دانشجو باید در یکی از پژوهش های سطح بالای اساتید درگیر شود.

قادر می سازد تا مسایلی را حل کنند که با روش های دیگر قابل دستیابی نمی باشند. برنامه علوم مهندسی محاسباتی، علاوه بر ایجاد شالوده ای مستحکم در ریاضیات و علوم مهندسی، مهارت های لازم را برای مدل سازی، شبیه سازی و حل مشکلات پیچیده، ایجاد می نماید. این برنامه، پایه ای قوی برای تحصیلات تکمیلی در مهندسی و علوم کاربردی به وجود می آورد. علاوه بر آن توانایی های لازم را برای مدل سازی فناوری های بزرگ مقیاس و شبیه سازی های مورد نیاز تحقیقات در صنعت، پرورش می دهد. این برنامه از چهار مولفه تشکیل شده است: الف) ایجاد شالوده ای گسترده در علوم به توسط درس هایی در فیزیک، شیمی و زیست شناسی؛ ب) توسعه مهارت در مدل سازی تحلیلی و محاسباتی توسط دروس نظری و کاربردی در ریاضیات و علوم کامپیوتر؛ ج) گسترش دانش، با انتخاب یکی از خوشه های مهندسی یا علوم؛ د) به کار گرفتن ابزارهای محاسباتی و تحلیلی در پروژه های مهندسی و علوم کاربردی.

• **ریاضیات و آمار مهندسی:** این برنامه بین رشته ای فرصتی را برای دانشجویان مهندسی به وجود می آورد تا با ریاضیات محض و کاربردی، به عنوان مولفه ای ضروری برای مهندسی مدرن، آشنا شوند. انتخاب بین ریاضیات محض، ریاضیات کاربردی، آمار و مهندسی، دانشجویان را قادر می سازد که برنامه را با توجه به علایق خود در زمینه ای تئوریک، عملی و یا هر دو آنها، انتخاب کنند. این برنامه شالوده ای قوی برای انجام تحصیلات تکمیلی در شاخه های تئوریک مهندسی و همچنین ریاضیات و آمار، ایجاد می نماید.

• **فیزیک مهندسی:** این گرایش مبانی فیزیک کلاسیک و مدرن، شیمی و ریاضی را با کاربردهای مهندسی درهم می آمیزد. از نقاط قوت این برنامه انعطاف پذیری آن است. کسب پایه ای قوی در فیزیک و ریاضی، به همراه انتخاب درس های مهندسی، دانشجویان را برای مقابله با مسایل پیچیده ای که جامعه با آن روبروست، آماده می سازد. نظر به اینکه این برنامه بر علوم و ریاضی تاکید دارد، دانش آموختگان آن قادر خواهند بود تا تحصیلات تکمیلی خود را در فیزیک یا مهندسی ادامه دهند. این دانشجویان همچنین با

• **گرایش فیزیک مهندسی:** دانشجویان را برای کار در زمینه فناوری‌های پیشرفته، که نیاز به آموزش مهندسی به‌همراه دانشی عمیق‌تر در فیزیک دارد، آماده می‌کند. دانشجویان، توسط دروس انتخابی مناسب، می‌توانند در زمینه‌هایی همچون: فیزیک لیزر مدرن، الکترونیک حالت جامد و تبدیل انرژی، تخصص ببینند. دروس انتخابی این گرایش معمولاً از گروه‌های آموزشی علوم کامپیوتر، مهندسی برق و کامپیوتر، ریاضیات، مهندسی مکانیک و فیزیک، انتخاب می‌شوند.

• **گرایش مهندسی فضا:** شالوده استواری در زمینه هوا-فضا و مهندسی فضا در دانشجویان ایجاد می‌کند. برنامه درسی این گرایش عمدتاً بر اصول مهندسی، ریاضیات، مهندسی مکانیک و فیزیک، استوار است.

• **گرایش علوم انسانی:** در واقع یک برنامه ۵ ساله است که منتهی به اخذ دو مدرک علوم انسانی و مهندسی می‌شود. این برنامه دانشجویان را برای دامنه گسترده‌ای از فعالیت‌های حرفه‌ای، آماده می‌سازد. یکی از خوشه‌های این دوره پنج ساله، که شاید در دنیا منحصر به فرد باشد، "آموزش مهندسی" است، که در آن دانشجویان ضمن کسب پایه‌ای قوی در ریاضیات، علوم فیزیکی و اصول مهندسی، تجربیاتی در زمینه تدریس فناوری کسب می‌کنند. دانش‌آموختگان این خوشه، توانایی تدریس طراحی مهندسی را در دوره‌های کاردانی، مدارس حرفه‌ای، دبیرستان‌ها و آزمایشگاه‌های مربوطه، خواهند داشت.

آموزش علوم مهندسی در دانشگاه کلورادو در صدد تقویت توانایی‌ها و مهارت‌ها زیر در دانش‌آموختگان خود است:

- علاقه‌مندی به توسعه راه‌حلی برای مشکلات و نیازهای واقعی؛
- کنجکاوی در مورد نحوه کارکرد چیزهای مختلف،
- توسعه شایستگی در ریاضیات و علوم فیزیکی،
- کنکاش و توجه به جزئیات؛
- توانایی کسب اطلاعات و ایده‌ها از منابع مختلف؛
- نوآوری در کارها؛
- نمایش قدرت رهبری و مهارت در ارتباطات فردی؛
- ارائه کار موثر در گروه‌ها، و به‌طور انفرادی؛

پایان نامه‌های علوم مهندسی در دانشگاه برکلی از سطح علمی قابل توجهی برخوردار است، تاحدی که برخی از دانشجویان نتیجه تحقیقات خود را به‌صورت مقالات پژوهشی در نشریات علمی معتبر، به چاپ می‌رسانند. گروهی از دانشجویان علوم مهندسی به‌عنوان دستیاران تحقیقاتی در دانشکده مهندسی به‌کارگرفته می‌شوند. این فعالیت‌ها، که در طول سال تحصیلی و فصل تابستان صورت می‌گیرد، تجربیات آزمایشگاهی و تحقیقات عملی سطح بالایی را برای دانشجویان میسر ساخته و گاه درآمدی نیز برای آنها به همراه دارد. برخی از دانشجویان این تحقیقات را به پایان نامه کارشناسی خود تبدیل کرده و برخی دیگر این تجربیات را در مقطع کارشناسی ارشد، ادامه می‌دهند. کیفیت بالای دانشجویان ورودی به این رشته و آموزش‌هایی که در طول دوره کسب می‌کنند، فرصت‌های شغلی گسترده‌ای را در اختیار آنها قرار می‌دهد. بیش از ۴۰٪ دانش‌آموختگان این دوره در بزرگترین دانشگاه‌های دنیا، همچون هاروارد، ام آی تی، استنفورد، تورنتو و برکلی ادامه تحصیل می‌دهند. ۱۵٪ نیز کار خود را در مدیریت بازرگانی، حقوق و پزشکی ادامه داده و بقیه وارد حرفه مهندسی می‌شوند.

دانشگاه ایالتی کلورادو: این دانشگاه دوره کارشناسی علوم مهندسی را به‌نحو زیر به متقاضیان معرفی کرده است [۱]: "اگر علاقمند به یک آموزش بین رشته‌ای کارشناسی، مناسب برای ادامه تحصیل در رشته‌های متفاوت، حتی پزشکی و حقوق، هستید. و یا مایلید در خلال تحصیل در یک برنامه مهندسی، آموزش‌های مناسبی را نیز در علوم انسانی کسب کنید. و بالاخره اگر مایلید به‌حرفه‌ای بپردازید که نیاز به دانش عمیق در علوم پایه و مهندسی دارد، دوره کارشناسی علوم مهندسی گزینه مناسبی برای شما خواهد بود."

علوم مهندسی در این دانشگاه، یک برنامه کارشناسی بین رشته‌ای است که ضمن ایجاد دانش عمیقی در ریاضیات، علوم فیزیکی و مبانی مهندسی، اطلاعات کافی در علوم انسانی و دیگر زمینه‌های ضروری برای کار حرفه‌ای موفق، یا ادامه تحصیل را در اختیار دانشجویان قرار می‌دهد. سه گرایش اصلی این برنامه عبارت از: فیزیک مهندسی، مهندسی فضا و کارشناسی مضاعف علوم انسانی است.

- توانایی موثر در ارتباط شفاهی و کتبی؛
 - نمایش استعداد و توجه در کاربرد و طراحی رایانه.
 - نظر به این که دانش‌آموختگان علوم مهندسی این دانشگاه آموزش‌های لازم را در زمینه‌های ریاضیات، علوم، علوم انسانی و علوم اجتماعی و رفتاری، دریافت می‌کنند از این‌رو به‌خوبی آماده کار در زمینه حرفه مهندسی، یا ادامه تحصیل در یکی از رشته‌های سنتی مهندسی هستند. دانش‌آموختگان کارشناسی مضاعف مهندسی - علوم انسانی نیز علاوه بر مهندسی برای دامنه وسیعی از حرفه‌ها، مناسب هستند. گروهی از دانش‌آموختگان این دانشگاه به‌کار حرفه‌ای در پزشکی، حقوق، دامپزشکی، یا بازرگانی می‌پردازند.
 - **دانشگاه ویرجینیانک:** گروه علوم مهندسی و مکانیک دانشگاه ویرجینیانک آمریکا یک برنامه آموزش کارشناسی بین‌رشته‌ای را با اهداف زیر، ارائه می‌دهد [۱]:
 - به‌کاربردن مبانی مهندسی مکانیک و زمینه‌های مرتبطی از علوم کاربردی؛ برای تعریف، مدل‌سازی و حل دامنه گسترده‌ای از مسایل مهندسی؛
 - به‌کاربردن اصول ریاضی و علوم، به همراه تکنیک‌های محاسباتی و تجربی، در فعالیت‌های مورد نیاز مهندسی و علوم؛
 - همراهی و سرپرستی گروه‌های درگیر در زمینه‌های جدید تحقیق و توسعه مهندسی، به‌خصوص آنهایی که از مرز رشته‌های سنتی فراتر می‌روند؛
 - بهره‌وری زیاد و استانداردهای اخلاقی بالا؛
 - حفظ و ارتقا مستمر دانش خود در طول فعالیت‌های حرفه‌ای؛
 - ارتباط موثر با دامنه گسترده‌ای از مخاطبین؛
 - اهداف فوق توسط یک برنامه آموزشی، که به دنبال دستیابی به توانایی‌ها دستاوردهای زیر در دانش‌آموختگان است، تقویت می‌شود.
 - توانایی به‌کارگیری دانش پایه ریاضی، علوم و مهندسی؛
 - توانایی طراحی و اجرای آزمایش‌های مکانیکی؛
 - توانایی تحلیل و تفسیر داده‌های تجربی و محاسباتی مکانیک؛
 - توانایی طراحی یک سیستم، وسیله یا فرایند برای دستیابی به نیازی خاص توسط تلفیق مکانیک مواد، مکانیک سیالات و دینامیک؛
 - توانایی عملکرد موثر به‌عنوان سرپرست و یا عضو یک تیم چند رشته‌ای؛
 - توانایی شناسایی، فرموله کردن و حل مشکلات موجود در مکانیک مواد، مکانیک سیالات و دینامیک؛
 - درک مسئولیت‌های حرفه‌ای و اخلاقی؛
 - توانایی ارتباط موثر (شفاهی، تصویری و نوشتاری)؛
 - کسب آموزش لازم جهت درک تاثیر راه‌حل‌های مهندسی بر جامعه و محیط زیست؛
 - شناسایی نیاز و توانایی درگیر شدن در آموزش مداوم در طول کار حرفه‌ای؛
 - کسب دانش از مسایل معاصر (اجتماعی، سیاسی، فنی و اقتصادی)؛
 - شناخت لازم جهت استفاده و توسعه تکنیک‌ها، مهارت‌ها و ابزارهای نوین مهندسی در عملیات حرفه‌ای مهندسی.
 - تشخیص اهمیت ایمنی در طراحی و عملیات مهندسی
- اروپا**
- آموزش مدرن مهندسی در اروپا در بیش از ۲۰۰ سال پیش و به دنبال انقلاب فرانسه، آغاز شد. در تمام این سال‌ها، ساختار آموزش مهندسی در اروپا، با آموزش‌هایی که در آمریکای شمالی و دیگر کشورهای انگلیسی زبان، رایج می‌شد، تاحدی متفاوت بوده است. در سال‌های پایانی قرن بیستم سازمان‌های بین‌المللی و برخی از کشورها بازنگری‌هایی را در مورد وجوه مختلف آموزش، از جمله آموزش عالی به انجام رساندند که نتایج آن در مواردی منجر به انعقاد قراردادهای بین‌المللی گردید. یکی از این معاهدات بین‌المللی در امر آموزش، موافقتنامه واشنگتن است که توسط آن، ۸ کشور انگلیسی زبان آمریکا، کانادا، انگلستان، استرالیا، ایرلند، نیوزیلند، آفریقای جنوبی و هنگ‌کنگ؛ آموزش‌ها و مدارک حرفه‌ای مهندسی یکدیگر

۱۲ مدول عرضه می‌شود، که حداکثر دو عدد آنها را می‌توان خارج از شاخه‌های مهندسی انتخاب کرد. مدول‌های سال اول و بخشی از سال دوم به طور عمده ریاضیات، فیزیک، شیمی و علوم مهندسی اند. نیمه دیگر سال دوم و تمام سال سوم به دروس تخصصی اختصاص یافته است. دانشجویانی که مایل به کسب پروانه مهندس حرفه‌ای (مهندس چارتر) کشور ایرلند می‌باشند، نیاز به گذاردن چرخه دوم، یعنی دوره ۵ ساله مهندسی (۳+۲) دارند.

دانشگاه آکسفورد: گروه علوم مهندسی در دانشگاه آکسفورد انگلستان، حدود یک قرن سابقه دارد و هم اکنون سالیانه حدود ۱۶۰ نفر از آن فارغ‌التحصیل می‌شوند. گروه علوم مهندسی در این دانشگاه تمام رشته‌های مهندسی را در یک ساختار واحد متشکل از علوم ریاضی، فیزیکی و زیستی، عرضه می‌کند [۱].

آسیا و اقیانوسیه

در بسیاری از کشورهای دیگر دنیا نیز آموزش علوم مهندسی به سرعت در حال گسترش است. به عنوان مثال، **دانشگاه فلاندرز**، واقع در ادلاید استرالیا یک دوره سه ساله کارشناسی علوم مهندسی عرضه می‌کند. تمرکز این دوره بر الکترونیک، سیستم‌های کامپیوتری و رباتیک است که در کنار آن زمینه‌هایی همچون مهندسی پزشکی و نرم افزار نیز مورد توجه قرار می‌گیرد.

علوم مهندسی یکی از پنج گروه مهندسی در **دانشگاه اوکلند نیوزیلند** است. این گروه دوره‌های کارشناسی علوم مهندسی و مهندسی پزشکی را عرضه می‌کند. گروه مهندسی زیستی این دانشگاه بسیار موفق بوده تا حدی که انستیتوی مهندسی زیستی اوکلند را تاسیس کرده است.

امروزه دانشگاه‌های متعددی در آسیا، از جمله در کشورهای ژاپن، چین، سنگاپور، مالزی، پاکستان نیز برنامه‌های کارشناسی علوم مهندسی را عرضه می‌کنند. اطلاعات بیشتر در مورد آموزش علوم مهندسی در این دانشگاه‌ها را می‌توان از وبگاه‌های مربوطه، که تعدادی از آنها در پایان همین مقاله آمده است، به دست آورد [۱].

را به رسمیت شناختند [۳]. به دنبال همگرایی سال‌های اخیر بین کشورهای اروپایی، که منجر به تشکیل اتحادیه اروپا گردید، اقدامات مشابهی نیز جهت یکنواخت کردن آموزش عالی در کشورهای عضو این اتحادیه برداشته شد. در طلیعه سده حاضر، کشورهای اروپایی یک برنامه آموزشی سراسری را، که به فرایند بولونیا^۲ معروف شده است آغاز کردند. این برنامه که در سال ۱۹۹۹ با ۲۹ عضو آغاز گردید به سرعت گسترش یافت و در سال ۲۰۰۸ اعضای آن به ۴۵ کشور رسید [۴، ۵، ۶، ۷]. در این برنامه جدید، یک نگرش دو مرحله‌ای یا دو چرخه‌ای برای آموزش مهندسی، در نظر گرفته شده است.

• چرخه کوتاه حداقل سه ساله کارشناسی، برای تربیت مهندسان تولید یا فناوری؛

• چرخه پنج ساله کارشناسی ارشد، برای تربیت مهندسان محقق و طراح.

هدف فرایند بولونیا این است که تا سال ۲۰۱۰

میلادی آموزش مهندسی با استاندارد کم و بیش واحدی در سرتاسر اروپا عرضه شود. به این ترتیب، مدارک قابل مقایسه‌ای عرضه شده و ضمن تسهیل جابجایی و انتقال دانشجویان و اساتید، دانشجویان مهندسی قادر خواهند بود تا به راحتی تحصیلات خود را در دانشگاه‌های کشورهای متفاوت، ادامه دهند.

دانشگاه دوبلین: از مراکز آموزش عالی اروپایی که فرایند بولونیا را به کار بسته است، دانشگاه دوبلین در ایرلند شمالی است. این دانشگاه از سال ۲۰۰۶ میلادی آموزش علوم مهندسی را آغاز کرده است [۱]. همه دانشجویان این برنامه در سال اول و بخشی از سال دوم دروس مشابهی را می‌گذرانند و با پیشرفت تحصیل گرایش مورد علاقه خود را برمی‌گزینند. دوره سه ساله چرخه اول، که بر بستری مستحکم در ریاضیات و مهندسی استوار است، به مدرک مهندسی منتهی می‌شود. دانشجویان علوم مهندسی می‌توانند با توجه علاقه شخصی و برنامه‌ای که برای آینده خود در نظر دارند، از بین گرایش‌های مهندسی پزشکی، مهندسی سیستم‌های زیستی، مهندسی برق/ کامپیوتر، مهندسی عمران و محیط زیست، مهندسی سیستم‌های انرژی، مهندسی مکانیک و بالاخره مهندسی و بازرگانی، زمینه دلخواه را انتخاب کنند. دوره کارشناسی در این دانشگاه برنامه‌ای مدولار است. در این برنامه در هر سال

آموزش علوم مهندسی در ایران

آموزش علوم مهندسی، به صورت برنامه‌ای مستقل، در کشور ما سابقه ندارد. نظر به اهمیت دروه کارشناسی علوم مهندسی، از سال ۱۳۸۴ تأسیس آن در دانشگاه تهران مورد توجه واقع شد. به دنبال برنامه ریزی‌های مقدماتی، این دوره در سال ۱۳۸۷، با چهار گرایش و دوازده خوشه تخصصی، برای اولین بار در کشور، در دانشکده فنی دانشگاه تهران، راه‌اندازی شد. در طراحی این دوره، بیش از همه به ساختار آموزش مهندسی در دانشگاه برکلی آمریکا، توجه شده است. در ادامه، برنامه مصوب علوم مهندسی را، که هم اکنون در دانشکده فنی دانشگاه تهران در حال اجراست، به طور خلاصه مورد بررسی قرار می‌دهیم. جزئیات بیشتر در مورد این برنامه در وبگاه مربوطه قابل دستیابی است [۱].

برنامه مصوب کارشناسی علوم مهندسی

علوم مهندسی دوره‌ای بین رشته‌ای است. این برنامه از ارتباط نزدیک حوزه‌های مختلفی از علوم فیزیکی، ریاضیات و مهندسی ایجاد شده و محیطی را فراهم می‌کند که در آن دانشجویان ضمن فراگیری فنون مهندسی می‌توانند علائق خود در حوزه‌های مختلف علوم، نیز دنبال کنند. گرایش‌های طراحی شده برای این رشته، دانشجویان را برای مطالعات پیشرفته و عمیق در مهندسی و علوم آماده می‌کند. از دیگر اهداف این رشته می‌توان توسعه پایه‌های نظری برای تحلیل پدیده‌های علمی و کاربردهای مهندسی آنها، آینده پژوهی در فناوری، و انتقال فناوریهای نو به صنعت، نام برد. طول دوره کارشناسی علوم مهندسی چهار سال است. در حال حاضر چهار گرایش علوم مهندسی محاسباتی، ریاضی مهندسی، فیزیک مهندسی و علوم مهندسی زیست محیطی؛ برای برنامه تحصیلی رشته علوم مهندسی طراحی شده است.

• **گرایش علوم مهندسی محاسباتی:** این برنامه بین رشته‌ای اهمیت رشد محاسبات را برای حل مسائل علمی پیچیده و مسائل مهندسی، مشخص می‌کند. در صورتی که مدل‌های ریاضی و مشاهدات تجربی با محاسبات علمی ترکیب شوند، مهندسان خواهند توانست مسائلی را که به نظر غیرقابل حل می‌رسند، حل نمایند. برنامه علوم مهندسی محاسباتی، پایه بسیار مستحکمی در ریاضیات، علوم و مهندسی بنا

می‌کند و مهارت‌های مورد نیاز را برای مدل‌سازی، شبیه‌سازی و حل مسائل پیچیده، پرورش می‌دهد. در این برنامه، تأکید بر محاسبات علوم، بجای علوم محاسباتی، است. به‌زبانی، علوم مهندسی محاسباتی برنامه علوم کامپیوتر نیست. دانشجویان این فرصت را دارند که دروسی را از رشته‌های گوناگون انتخاب کنند. این برنامه، دانشجویان را برای دروس کارشناسی‌ارشد و دکتری در مهندسی و علوم کاربردی آماده می‌کند. به‌علاوه، علوم مهندسی محاسباتی مهارت‌هایی را که مورد نیاز مدل‌سازی فناوری‌های بزرگ مقیاس و شبیه‌سازی مناسب برای پژوهش در صنعت است، پرورش می‌دهد.

• **گرایش ریاضی مهندسی:** این برنامه بین‌رشته‌ای این فرصت را برای دانشجویان فراهم می‌کند تا به مطالعه ریاضیات محض و کاربردی، به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی مهندسی مدرن، بپردازند. با ترکیب درس‌هایی از ریاضیات محض، ریاضیات کاربردی، آمار، فیزیک و مهندسی؛ دانشجویان می‌توانند برنامه‌ای را دنبال کنند که نظری یا کاربردی یا حاوی هر دو باشد. برنامه ریاضی مهندسی پایه‌ای قوی برای کارشناسی‌ارشد و دکتری در شاخه‌های علوم نظری یا مهندسی فراهم می‌کند. به‌علاوه، انتخاب مناسب درس‌ها می‌تواند دانشجویان را برای کار در بخش‌های مختلف صنعت، آماده کند.

• **گرایش فیزیک مهندسی:** این برنامه، فیزیک کلاسیک و مدرن، شیمی و ریاضیات را با کاربردهای مهندسی درهم می‌آمیزد. توانمندی اصلی این برنامه انعطاف‌پذیری آن است. پایه قوی در فیزیک و ریاضیات و انتخاب درس‌های اختیاری مهندسی، دانشجویان را برای حل مسائل کاربردی آماده می‌کند. چون برنامه بر علوم و ریاضیات تأکید دارد، دانشجویان به‌خوبی آماده می‌شوند تا درس‌های کارشناسی‌ارشد را، در زمینه‌های مهندسی یا فیزیک، دنبال نمایند.

• **گرایش علوم مهندسی زیست‌محیطی:** علوم مهندسی زیست محیطی، حوزه‌ای چند وجهی است که نیازمند همراهی اصول فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی، با تجزیه و تحلیل مهندسی، برای محافظت محیط زیست و ترمیم آن است. رشته علوم مهندسی

پایه و اصلی، در تمام گرایش‌های برنامه، مشابه است. در جدول (۲) عنوان‌های دروس پایه، اصلی و تخصصی برنامه کارشناسی علوم مهندسی فراهم آمده است. علاوه بر این دروس، دانشجویان با توجه به گرایش انتخابی، بین ۲۶ تا ۲۹ واحد دروس تخصصی را می‌گذرانند. دروس تخصصی هر یک از چهار گرایش برنامه علوم مهندسی در جدول (۳) نشان داده شده است. این دانشجویان، علاوه بر دروس تخصصی، جمعاً ۴۱ واحد نیز از دروس خوشه تخصصی و دروس اختیاری، انتخاب می‌نمایند. برای چهار گرایش طراحی شده این برنامه، جمعاً ۱۲ خوشه زیر در نظر گرفته شده است

زیست‌محیطی درس‌هایی از گروه‌های آموزشی گوناگون را ترکیب می‌کند تا برنامه‌ای با شالوده‌ای قوی در علوم و مهندسی، ایجاد نماید. با وجودی که گرایش مهندسی محیط زیست در رشته مهندسی عمران نیز وجود دارد، برنامه علوم مهندسی پایه‌ای وسیع‌تر از آنچه در مهندسی عمران وجود دارد، ایجاد می‌کند. این گرایش هم چنین دانشجویان را برای کار یا تحصیل در دوره‌های کارشناسی‌ارشد در شاخه‌های مرتبط با مهندسی محیط زیست، آماده می‌کند. تعداد واحدهای دوره کارشناسی علوم مهندسی ۱۴۱ است که به نحو مندرج در جدول (۱) توزیع شده است. هم چنان که در این جدول، دیده می‌شود دروس عمومی،

جدول ۱. توزیع واحدهای درسی در گرایش‌های مختلف برنامه کارشناسی علوم مهندسی.

دروس	علوم مهندسی محاسباتی	ریاضی مهندسی	فیزیک مهندسی	علوم مهندسی زیست محیطی
عمومی	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
پایه	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲
اصلی	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
تخصصی	۲۶	۲۵	۲۹	۲۵
تخصصی خوشه انتخابی	۳۰-۳۵	۳۰-۳۵	۳۰-۳۵	۳۰-۳۶
اختیاری	۶-۱۲	۷-۱۲	۳-۸	۶-۱۲
جمع واحدها	۱۴۱	۱۴۱	۱۴۱	۱۴۱

- خوشه I: بهینه سازی
- خوشه II: علم مواد
- خوشه III: مهندسی هسته‌ای
- خوشه IV: طراحی کاربردی
- خوشه V: حرارت و سیالات
- خوشه VI: مخابرات
- خوشه VII: الکترونیک
- خوشه A: مهندسی فرآیند
- خوشه B: مهندسی ذخائر
- خوشه C: سیاست‌گذاری زیست‌محیطی
- خوشه D: مهندسی زمین (نقشه‌برداری)
- خوشه E: مهندسی زمین (ژئومکانیک)

جدول ۲: دروس پایه، اصلی و تخصصی برنامه کارشناسی علوم مهندسی.

دروس عمومی		دروس پایه		دروس اصلی	
معارف اسلامی (۱)	۲	ریاضی ۱	۳	ریاضی مهندسی	۳
معارف اسلامی (۲)	۲	ریاضی ۲	۳	جبر خطی	۳
اخلاق و تربیت اسلامی	۲	معادلات دیفرانسیل	۳	ریاضیات گسسته	۳
انقلاب اسلامی و ریشه‌های آن	۲	مبانی کامپیوتر و برنامه‌سازی	۴	اقتصاد مهندسی	۳
تاریخ اسلام	۲	روش‌های محاسبات عددی	۳	تجزیه و تحلیل سیستم‌ها	۳
متون اسلامی (آموزش زبان عربی)	۲	آمار و احتمالات مهندسی	۳	زبان تخصصی	۲
فارسی	۳	فیزیک ۱	۳	سیستم‌های کنترل خطی	۳
زبان خارجی	۳	آز فیزیک ۱ (حرارت و مکانیک)	۱	آز سیستم‌های کنترل خطی	۱

ادامه جدول ۲:				
۱	نقشه‌کشی صنعتی	۳	۱	تربیت بدنی (۱)
		۱	۱	تربیت بدنی (۲)
		۳	۱	تنظیم خانواده
		۳		
		۱		
		۱		
۲۶	جمع	۳۵	۲۱	جمع

جدول ۳: دروس تخصصی هر یک از چهار گرایش برنامه علوم مهندسی.

ریاضی مهندسی		علوم مهندسی محاسباتی	
۳	جبر ۱	۳	اصول شبیه‌سازی
۳	نظریه گراف	۳	روشهای تقریبی در مهندسی
۳	تحقیق در عملیات ۱	۳	روش اجزاء محدود
۳	مدارهای منطقی	۳	برنامه‌سازی پیشرفته
۱	آز مدارهای منطقی	۳	تحقیق در عملیات ۱
۳	حساب تغییرات (وردشها)	۳	پروژه
۳	سیستم‌های دینامیکی	۳	مبانی مهندسی برق
۳	اختلالات جزئی	۱	آز مبانی مهندسی برق
۳	پروژه	۳	مدارهای منطقی
		۱	آز مدارهای منطقی
۲۵	جمع	۲۶	جمع
علوم مهندسی زیست محیطی		فیزیک مهندسی	
۳	زیست‌شناسی عمومی	۳	فیزیک نور
۱	آز زیست‌شناسی عمومی	۱	آز فیزیک نور
۳	شیمی آلی (مهندسی شیمی)	۳	فیزیک مدرن
۱	آز شیمی آلی (مهندسی شیمی)	۳	الکترومغناطیس
۳	استاتیک	۳	فیزیک الکترونیک
۳	دینامیک	۳	مبانی مهندسی برق
۳	مکانیک سیالات ۱	۱	آز مبانی مهندسی برق
۳	ترمودینامیک ۱	۳	مکانیک کوانتمی
۲	مهندسی محیط زیست	۳	استاتیک
۳	برنامه‌سازی پیشرفته	۳	دینامیک
		۳	پروژه
۲۵	جمع	۲۹	جمع

خوشه‌های I الی VII، را بگذرانند (جدول ۴). دانشجویان گرایش علوم مهندسی زیست محیطی نیز باید، علاوه بر دروس تخصصی جدول ۳، یک خوشه تخصصی از خوشه‌های A، B، C یا D را بگذرانند (جدول ۴).

واحد‌های درسی هر یک از دوازده خوشه تخصصی برنامه کارشناسی علوم مهندسی در جدول (۴) نشان داده شده‌اند. دانشجویان گرایش‌های علوم کاربردی محاسباتی، ریاضی مهندسی و فیزیک مهندسی، علاوه بر دروس تخصصی جدول (۳)، باید یک خوشه تخصصی، از

جدول ۴: خوشه های تخصصی برنامه کارشناسی علوم مهندسی.

خوشه I: بهینه سازی		خوشه II: علم مواد		خوشه III: مهندسی هسته‌ای	
تحقیق در عملیات ۱	۳	اصول مهندسی علم مواد	۲	فیزیک مدرن	۳
تحقیق در عملیات ۲	۳	خواص فیزیکی مواد ۱	۳	فیزیک هسته‌ای (واکنشهای هسته‌ای و تابش)	۴
بهینه‌سازی مدل‌های غیرخطی	۳	ترمودینامیک مواد ۱	۳	آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای	۱
هوش مصنوعی	۳	استاتیک	۳	مقدمه‌ای بر تئوری راکتورهای هسته‌ای	۳
برنامه‌ریزی متغیرهای صحیح	۳	مقاومت مصالح	۳	آزمایشگاه راکتورهای هسته‌ای	۱
برنامه‌ریزی پویا	۳	مواد پیشرفته	۳	مواد هسته‌ای	۳
تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه	۳	شناخت و انتخاب مواد فلزی	۳	تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای	۳
برنامه‌ریزی خطی پیشرفته	۳	خواص مکانیکی مواد ۱	۳	چرخه سوخت هسته‌ای و پسمانداری	۳
تحلیل شبکه‌ها	۳	اصول الکتروشمیی و خوردگی	۳	ایمنی راکتورهای هسته‌ای	۳
		انجماد فلزات	۱	حفاظت در برابر تابش و حفاظت‌سازی	۳
		روشهای تولید و کارگاه	۳	مقدمه‌ای بر همجوشی هسته‌ای کنترل شده	۳
		آز متالوگرافی	۱		
		آز خواص مکانیکی مواد	۱		
جمع	۲۷	جمع	۳۲	جمع	۳۰

خوشه IV: طراحی کاربردی		خوشه V: حرارت و سیالات		خوشه VI: مخابرات	
استاتیک	۳	استاتیک	۳	الکترومغناطیس	۳
دینامیک	۳	دینامیک	۳	میدانها و امواج	۳
مقاومت مصالح	۳	مقاومت مصالح	۳	آز میدانها و امواج	۱
طراحی اجزاء ۱	۳	ترمودینامیک ۱	۳	مخابرات ۱	۳
طراحی اجزاء ۲	۳	ترمودینامیک ۲	۳	الکترونیک ۲	۳
ارتعاشات مکانیکی	۳	آز ترمودینامیک ۱	۱	سیستم‌های انتقال مخابراتی	۳
آز دینامیک و ارتعاشات	۱	مکانیک سیالات ۱	۳	مخابرات ۲	۳
طراحی مکانیزم‌ها	۳	مکانیک سیالات ۲	۳	پردازش سیگنال‌های دیجیتالی	۳
دینامیک ماشین	۳	آز مکانیک سیالات	۱	مایکروویو ۱	۳
کنترل اتوماتیک	۳	انتقال حرارت ۱	۳	آنتن ۱	۳
رباتیک	۳	انتقال حرارت ۲	۳	پردازش تصویر	۳
طراحی به کمک کامپیوتر	۲	آز انتقال حرارت	۱		
		روشهای محاسباتی در مکانیک سیالات	۳		
جمع	۳۳	جمع	۳۳	جمع	۳۱

خوشه VII: الکترونیک		خوشه A: مهندسی فرآیند		خوشه B: مهندسی ذخائر	
الکترونیک ۱	۳	مکانیک سیالات ۱	۳	زمین‌شناسی مهندسی	۲
الکترونیک ۲	۳	انتقال حرارت ۱	۳	هیدرولوژی مهندسی	۲
الکترونیک دیجیتال	۳	انتقال حرارت ۲	۳	مهندسی آب و فاضلاب و پروژه	۳
آز الکترونیک ۱	۱	انتقال جرم	۳	آلودگی هوا و روشهای کنترل آن	۳
آز الکترونیک ۲	۱	عملیات واحد ۱	۳	میکروبیولوژی زیست محیطی	۳
الکترونیک ۳	۳	عملیات واحد ۲	۳	شیمی آب	۳
فیزیک مدرن	۳	آز عملیات واحد	۱	ژئوشیمی زیست محیطی	۳
مکانیک کوانتمی	۳	سینتیک و طراحی راکتورهای شیمیایی	۳	مواد زائد خطرناک	۳

ادامه جدول ۴:					
۳	مدیریت مواد زائد جامد	۳	کنترل فرآیند	۳	فیزیک الکترونیک
۳	تصفیه آب و فاضلاب	۳	شبیه‌سازی فرآیند	۳	فیزیک حالت جامد
۳	مدیریت کیفی منابع آب	۳	طرح و اقتصاد	۳	خواص الکترونیکی مواد
۳	آلودگی خاک	۳	مهندسی بیوشیمی	۳	الکترومغناطیس
		۱	آزمایشگاه بیوتکنولوژی	۳	میدانها و امواج
۳۴	جمع	۲۵	جمع	۲۵	جمع

خوشه E: مهندسی زمین (ژئومکانیک)		خوشه D: مهندسی زمین (نقشه‌برداری)		خوشه C: سیاست‌گذاری زیست محیطی	
۳	زمین‌شناسی برای مهندسی	۳	تئوری خطاها	۳	ارزیابی اقتصادی منابع محیط زیست
۳	آبهای زیرزمینی	۳	سرشکنی	۳	برنامه‌ریزی محیط زیست (آمایش سرزمین)
۳	ژئوتکنیک	۳	نقشه‌برداری ژئوتکنیک	۳	اقتصاد محیط زیست
۳	اکتشافات ژئوتکنیکی	۳	ژئودزی فیزیک	۳	انرژی و محیط زیست
۳	ژئوفیزیک کاربردی	۳	ژئودزی ماهواره‌ای	۳	ابعاد کمی مشکلات زیست محیطی جهانی
۳	خطرهای زمین‌شناختی	۳	کار توگرافی اتوماتیک	۳	انرژی‌های تجدید پذیر برای تولید برق
۳	مکانیک سنگ	۳	فتوگرامتری	۳	تجزیه و تحلیل روش‌های ارزیابی محیط زیست
۳	حفاری	۳	سیستم‌های اطلاعات مکانی	۳	مقدمه‌ای بر تحلیل سیاست عمومی
۳	مقاومت مصالح	۳	ژئودزی	۳	خطر پذیری و بی‌ثباتی در سیاست عمومی
۳	مکانیک سیالات ۱	۳	سنجش از راه دور	۳	سیاست‌گذاری در علوم و فناوری
۳	سنگ‌شناسی				
۳	زمین‌شناسی ساختاری				
۳۶	جمع	۳۰	جمع	۳۰	جمع

ارزیابی برنامه کارشناسی علوم مهندسی

طراحی یک برنامه آموزشی پیشرو و روزآمد، تنها یکی از عوامل موثر در موفقیت یک دوره آموزشی است. انتخاب دانشجویان مناسب، اساتید کارآمد و دلسوز، امکانات آموزشی و آزمایشگاهی بایسته، منابع مالی کافی، و مدیریت موثر، از دیگر عوامل تاثیرگذار در موفقیت یک برنامه آموزشی‌اند. موفقیت هر برنامه آموزشی مهندسی مستلزم دستیابی به سطح قابل قبولی از هر یک از ملاک‌های تاثیرگذار پیش گفته است. پیشنهاد هر اقدامی در جهت ارتقاء برنامه آموزشی علوم مهندسی، که به تازگی در کشور راه اندازی شده، شناسایی کمبودهای احتمالی آن است. روشی کارآمد جهت ارزیابی برنامه و تعیین کاستی‌های آن، بررسی ضوابط و ملاک‌هایی است که برای یک آموزش استاندارد، در سطح جهان پیشنهاد شده است. امروزه در دنیا موسسات مختلفی برای ارزیابی آموزش مهندسی ایجاد شده‌اند. از این میان می‌توان هیئت اعتبار سنجی برای مهندسی و فناوری آمریکا

(ABET)^۴؛ هیئت اعتبار سنجی مهندسی کانادا (CEAB)^۵ انجمن اعتبار سنجی آموزش عالی اروپا (ENQA)^۶، سیستم اعتبار سنجی مهندسی استرالیا (AMS)^۷، و مراکز مشابه در دیگر کشورها را نام برد [۸]. امروزه دانشگاه‌های معتبر برنامه‌های آموزشی خود را به‌گونه‌ای سامان می‌دهند که اعتبار آن توسط یکی از این مراکز بین‌المللی، مورد تایید قرارگیرد [۱۲، ۱۳، ۱۴]. متأسفانه در کشور ما اعتبار سنجی برنامه‌های آموزش مهندسی، به‌صورتی که در دنیا برقرار است، رایج نیست.

فرایند ارزیابی نیاز به این دارد که اهداف برنامه متناسب با رسالت آموزش مهندسی، ماموریت موسسه آموزشی، و ملاک‌های در نظر گرفته شده برای رشته تحصیلی مورد نظر، باشد. رسالت آموزش مهندسی به‌توسط موارد مختلفی، از جمله اهداف برنامه و دستاوردهایی که دانشجویان آن، پس از اتمام دوره کسب خواهند کرد، سنجیده می‌شود. به‌منظور ایجاد معیاری

نیاز به مهندسی و فناوری برای حل مسایل جامعه.

در جدول ۵ اهداف سه‌گانه فوق، به همراه دستاوردهای مورد انتظار از هر یک از آنها، پیشنهاد شده است. دستاوردها^۱ مواردی هستند که در دانش‌آموختگان ارزیابی می‌شوند تا از حصول اهداف برنامه اطمینان حاصل شود. هر یک از دروس برنامه علوم مهندسی باید بخشی از یک یا چند دست‌آورد مندرج در جدول (۵) را تامین کند. علاوه بر آن، عنوان دروس و سرفصل‌های آنها باید در راستای اهداف آموزشی برنامه باشد، آموزشگران نیز باید از این دستاوردهای برنامه، سامان دهند. اهداف پیشنهادی در جدول ۵، و دستاوردهای مورد انتظار از هر یک از آنها، پس از انجام اصلاحات احتمالی و تایید دانشگاه تهران به‌عنوان راهنمای اجرا و ارزیابی برنامه آموزش کارشناسی علوم مهندسی در این دانشگاه، در نظر گرفته خواهند شد.

جهت ارزیابی کیفیت آموزش دوره کارشناسی علوم مهندسی، باید هدف‌ها و دستاوردهای مناسبی برای آن در نظر گرفت. با توجه به رسالت اعلام شده توسط موسسات ارزیابی بین‌المللی (هم چون ABET) برای آموزش مهندسی، و نیازهای جاری و آتی کشور، اهداف سه‌گانه زیر برای برنامه کارشناسی علوم مهندسی در ایران، پیشنهاد می‌شود.

۱. آماده کردن دانشجویان برای ورود به کار حرفه‌ای، یا ادامه تحصیل در زمینه مهندسی، توسط ارایه آموزش پیشرفته در ریاضیات، علوم و مهندسی.
۲. ایجاد مهارت‌های لازم جهت موفقیت در پست‌های مدیریتی توسط کسب تجربه در ارتباطات موثر، کارگروهی و سرپرستی پروژه.
۳. توسعه نگرشی جهانی و شناخت فرهنگ‌های دیگر، درک طبیعت جهانی فناوری و شناخت

جدول ۵: اهداف پیشنهادی برنامه کارشناسی علوم مهندسی و دستاوردهای مورد انتظار از دانش‌آموختگان آن.

<p>هدف ۱: آماده کردن دانشجویان برای ورود به کار حرفه‌ای یا ادامه تحصیل در زمینه مهندسی، توسط ارایه آموزش‌های پیشرفته در ریاضیات، علوم و مهندسی.</p> <p>دستاوردها:</p> <ul style="list-style-type: none"> • توانایی به کار بردن دانش‌های ریاضی، علوم و مهندسی؛ • توانایی شناسایی و ساماندهی مشکلات مهندسی؛ • توانایی انتخاب ابزارها و روش‌های مناسب برای انجام آزمایش‌های مهندسی؛ • توانایی تحلیل و تفسیر اطلاعات تجربی و آماری؛ • توانایی به کار بردن ابزارها و تکنیک‌های محاسباتی مدرن برای حل مسایل و تحلیل داده‌ها.
<p>هدف ۲: ایجاد مهارت لازم جهت موفقیت در پست‌های مدیریتی توسط کسب تجربه در ارتباطات موثر، کارگروهی و سرپرستی پروژه.</p> <p>دستاوردها:</p> <ul style="list-style-type: none"> • توانایی انجام وظیفه به عنوان عضو یا سرپرست یک گروه چند وجهی؛ • مهارت موثر در ارتباطات شفاهی و کتبی و استفاده از رسانه‌های مدرن الکترونیکی؛ • توانایی انجام عملیات بازرگانی و ساماندهی پروژه‌ها در سطح مقدماتی؛ • حفظ مهارت‌ها و آگاهی‌ها توسط آموزش مداوم در طول کار حرفه‌ای؛ • شناخت نقش و تاثیر سازمان‌های حرفه‌ای مهندسی.
<p>هدف ۳: توسعه نگرشی جهانی و شناخت فرهنگ‌های دیگر، درک طبیعت جهانی فناوری و شناخت نیاز به مهندسی و فناوری برای حل مسایل جامعه.</p> <p>دستاوردها:</p> <ul style="list-style-type: none"> • وفادار به ضوابط اخلاقی مهندسی؛ • درک طبیعت جهانی فناوری‌های مدرن؛ • توانایی نوشتن و صحبت کردن به یک زبان خارجی در سطح قابل قبول؛ • درک نقش تاریخ، فرهنگ و علوم انسانی در جامعه جهانی؛ • شناسایی و در نظر گرفتن مسایل معاصر در پروژه‌ها و تصمیم‌گیری‌های مهندسی.

نظر، تعیین خواهد کرد. به این ترتیب دروسی که نقش قابل توجهی در دستیابی به اهداف برنامه ندارند حذف شده و یا محتوی آنها در راستای رسیدن به دستاوردهای مورد نیاز برنامه، تغییر خواهد کرد.

با توجه به اهداف در نظر گرفته شده برای این برنامه، در صورتی که با ارزیابی موثر، دستاوردهای در نظر گرفته شده برای آن حاصل شود، دانش‌آموختگان کارشناسی علوم مهندسی قادر به ارائه خدمات متنوعی به صنعت خواهند بود. از آن جمله است توانایی کار در چند زمینه مهندسی گوناگون در بازار کار رقابتی امروز، امکان اشتغال در بخش پژوهش و توسعه صنایع مختلف، هدایت و اجرای فعالیت‌های حرفه‌ای و پژوهش‌های صنعتی بین رشته‌ای، و بالاخره امکان ادامه تحصیل در رشته‌های متعارف مهندسی؛ و حتی رشته‌هایی همچون بازرگانی، مدیریت و زمینه‌های فنی وابسته به محیط زیست و پزشکی.

میزان دستیابی به اهداف و دستاوردهای برنامه، به روش‌های مختلفی سنجیده می‌شود. از آن جمله است نظرخواهی از دانشجویان، بررسی عنوان‌ها و سرفصل‌های دروس، نظرخواهی از دانش‌آموختگان و کارفرمایان آنها. در نتیجه این ارزیابی‌ها نقاط قوت و ضعف برنامه شناسایی شده و فرصت لازم برای بهبود آن فراهم می‌شود. برنامه آموزش کارشناسی علوم مهندسی حالتی پویا داشته و اهداف و دستاوردها، گرایش‌ها و خوشه‌ها، و دروس و سرفصل‌های آن؛ به ضرورت و بسته به اهداف و ماموریت آموزشی دانشگاه، نیازهای صنعت و بازار کار کشور، و نتیجه نظرخواهی‌ها، تغییر خواهد یافت. به منظور ارزیابی مرتب این برنامه، رصد نمودن دستاوردهای آن و انجام تغییرات و اصلاحات لازم، کمیته‌ای دائمی در دانشکده فنی دانشگاه تهران تاسیس شده است. این کمیته اجرای برنامه را به‌طور دائم زیر نظر داشته و نقش هر یک از دروس، و نحوه ارائه آنرا، در دستیابی به دستاوردهای مورد

مراجع

۱ - وبگاه‌های آموزش "علوم مهندسی"، در برخی از دانشگاه‌های دنیا.

آمریکای شمالی

- تورنتو کانادا
- کوئینز کانادا
- مک‌مستر کانادا
- سایمون فریزر کانادا
- برکلی آمریکا
- ایالتی پنسیلوانیا آمریکا
- هاروارد آمریکا
- ایالتی کلورادو آمریکا

- ویرجینیا آمریکا
- ویرجینیا تک آمریکا
- ام‌ای‌تی آمریکا
- میامی آمریکا
- ترینییتی آمریکا

اروپا

- آکسفورد انگلستان
- دوبلین ایرلند شمالی

آسیا و اقیانوسیه

- فلاندرز استرالیا
- کوئینزلند استرالیا
- اوکلند نیوزیلند
- اوزاکا ژاپن

- www.engsci.utoronto.ca
- <http://appsci.queensu.ca/prospective/engineering/science>
- <http://computational.mcmaster.ca>
- <http://www.ensc.sfu.ca>
- www.coe.berkeley.edu/engsci
- <http://www.esm.psu.edu>
- <http://www.seas.harvard.edu/>
- <http://www.engr.colostate.edu/students/future-students/undergraduate/engineering-science.html>
- www.seas.virginia.edu/producedinva/engsci.php
- <http://www.esm.vt.edu>
- <http://cee.mit.edu/research/parsonslaboratory>
- www.miami.edu/umbulletin/und/eng/engsci.htm
- www.trinity.edu/departments/engineering/program.htm

- www.eng.ox.ac.uk
- <https://myucd.ucd.ie/program.do?programID=69>

- http://www.flinders.edu.au/courses/undergrad/bengsc/bengsc_home.cfm
- http://www.uq.edu.au/study/program.html?acad_prog=2094
- <http://www.esc.auckland.ac.nz/study-engineering-science>
- www.es.osaka-u.ac.jp/eng/index.html

- www.kansai-u.ac.jp/English/academics/fac_eng.html - کانسایی ژاپن
- www.es.ncku.edu.tw/english/index.php - چنگ کونگ چین
- www.esp.nus.edu.sg - ملی سنگاپور
- www.quest.edu.pk - قاعد عوام پاکستان
- <http://engsci.ut.ac.ir> - دانشگاه تهران ایران
- 2 - Herakovich, C. T. (2008). *On mechanics/engineering science education*.
- 3 - Heywood, J. (2005). *Engineering Education Research and Development in Curriculum and Instruction*. IEEE Press, PP. 493.
- 4 - McGraph, D. *The Bologna declaration and engineering education in Europe*.
[http://www.mie.uth.gr/labs/lte/grk/quality/..%5Cquality%5Cbologna_declaration_engenee.pdf](http://www.mie.uth.gr/labs/lte/grk/quality/..%5Cquality%5Cbologna_declaration_engene.pdf)
- 5 - Hedberg, T. (2004). *The Bologna Process – challenges and chances for engineering education*. Lulea University of Technology.
- 6 - Bologna Declaration. (1999). *The European Higher Education Area*, Joint Declaration of the European Ministers of Education, Bologna, 19 June.
- 7 - *European Society for Engineering Education (SEFI)*, <http://www.sefi.be/>
- 8 - *Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)*, www.abet.org
- 9 - *Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)*, http://www.engineerscanada.ca/e/pr_accreditation.cfm
- 10 - *European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA)*, <http://www.enqa.eu/>
- 11 - *Engineers Australia Accreditation Management System (AMS)*,
<http://www.engineersaustralia.org.au/education/program-accreditation/>
- 12 - Felder, R. and Brent, R. (2003). "Designing and teaching courses to satisfy the ABET Engineering Criteria." *Journal of Engineering Education*, Vol. 92, No. 1, PP. 7-25.
- 13 - Mathur, R. M. and Venter, R. D. (2000). "Quality assurance of engineering education in Canada: its suitability for graduate working in global market." *International Journal of Engineering Education*, Vol 16, No. 2, PP. 104-108.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - PROXIS
- 2 - Dual Degree
- 3 - Bologna Process
- 4 - Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)
- 5 - Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)
- 6 - European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA)
- 7 - Engineers Australia Accreditation Management System (AMS)
- 8 - Outcomes