

## کارشناسی علوم مهندسی، نگاهی نو در آموزش مهندسی

دکتر حسین معماریان

استاد دانشکده فنی دانشگاه تهران

[Memarian@ut.ac.ir](mailto:Memarian@ut.ac.ir)

### 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 به کار 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 به درستی 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 نظرمی 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 1387، 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، دوره کارشناسی، آموزش مهندسی، ایران

## 1. مقدمه

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 بین رشته‌ای 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 پیوندزدن آن با فنون و روش‌های مهندسی، از استعداد و علاقه خود به بهترین نحو بهره‌گیرند و زمینه رشد و شکوفائی مهندسی نوین را، که ماهیتی بین رشته‌ای و چند رشته‌ای دارد، فراهم آورند.

به توسط تمرکز بیشتر بر مبانی علوم در مهندسی، برنامه‌دستی 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 به صورت شایسته‌تری آنها را مرتفع نمایند. از سوی دیگر، به علت 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 توانائی‌های 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 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.

## 2. 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 70 سال، یعنی به اندازه طول عمر آموزش عالی مدرن در ایران است. البته آموزش علوم مهندسی، به گونه نوین آن تنها در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته و به سرعت 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 به برنامه‌های ارائه 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 [1].

### کانادا

**دانشگاه تورنتو:** در کشور کانادا دانشگاه‌های متعددی آموزش مهندسی را عرضه می‌کنند. علوم مهندسی برنامه ای منحصر به فرد در دانشکده علوم کاربردی و مهندسی دانشگاه تورنتو کانادا است [1]. این برنامه که از دیرباز به نوآوری در آموزش مهندسی شهره بوده، با نام اولیه "فیزیک مهندسی"، در سال 1930 میلادی در این دانشگاه متولد شد. اولین تعریفی که از این دوره در دست است آنرا به گونه زیر عرضه می‌کند:

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

هدف فوق در دو سال اولیه آموزش، و با نگرشی مهندسی در آموزش ریاضیات، علوم و مهارت‌های پایه‌مهندسی، به‌دست‌می‌آید. به دنبال این دو سال ابتدایی، دانشجویان یکی از 6 گرایش ارتباطات، الاستیسیته مواد و سازه‌ها، ژئوفیزیک، هیدرودینامیک کاربردی، آکوستیک و روشنایی، و پرتو ایکس و اسپکتروسکوپی را انتخاب می‌کرده‌اند. در سال 1938 برای اولین بار 6 نفر از این دوره فارغ‌التحصیل شدند. با گذشت زمان گرایش‌های اولیه تغییر یافتند، و با افزوده شدن گرایش شیمی، در سال 1964 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 به فرد 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 به ترتیب 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 یکپارچگی 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"<sup>1</sup> 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 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 4 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 "مقدمه‌ای 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 8 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 [1].

- **شیمی مهندسی:** رشته‌ای منحصر به فرد در کانادا است 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، الکترونیک، مواد و یا مکانیک است.
- **مهندسی زمین‌شناسی:** آموزش اولیه این دوره از حدود 100 سال پیش آغاز شده است، امروزه 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"<sup>2</sup> 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 [1]. آموزش علوم مهندسی این دانشگاه، که در سال 1983 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 به آموزش خود را ادامه دهند:

- **گرایش مهندسی الکترونیک:** تخصص در مهندسی برق به طور 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 آن‌دسته از فعالیت‌های مهندسی و 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 همچنین کسب مهارت‌های لازم جهت ادامه تحصیل در زمینه‌های سیستم‌های رباتیک و مکاترونیک، 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، تصویر برداری 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. ارایهٔ خلاقیت و نوآوری در شناسایی راه حل‌ها.
  - **مهارت در کارگروهی:** 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 محدودهٔ زمان تعیین شده. برنامه ریزی، طراحی و اجرای پروژه‌های دارای اهداف و پیامدهای تعریف شده، از آغاز تا انجام.
  - **ارزشهای اخلاقی:** توانایی در نظر گرفتن هزینه، سود و پیامدهای پروژه‌ها بر افراد درگیر، و کل جامعه.

دورهٔ کارشناسی علوم مهندسی در دانشگاه سایمون فریزر 4 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 2005 میلادی تاسیس گردید [1]. 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 دامنهٔ 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، بهینه‌سازی محاسباتی و علوم زیستی محاسباتی.

<sup>2</sup> dual degree

## 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 [1]. 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 قادر می‌سازد تا مسایلی را حل کنند که با روش‌های دیگر قابل دستیابی نمی‌باشند. برنامه علوم مهندسی محاسباتی، علاوه بر ایجاد شالوده‌ای مستحکم در ریاضیات و علوم مهندسی، مهارت‌های لازم را برای مدل‌سازی، شبیه‌سازی و حل مشکلات پیچیده، ایجاد می‌نماید. این برنامه، پایه‌ای قوی برای تحصیلات تکمیلی در مهندسی و علوم کاربردی به وجود می‌آورد. علاوه بر آن توانایی‌های لازم را برای مدل‌سازی فناوری‌های بزرگ مقیاس و شبیه‌سازی‌های مورد نیاز تحقیقات در صنعت، پرورش می‌دهد. این برنامه از چهار مولفه تشکیل شده است: الف) ایجاد شالوده‌ای گسترده در علوم به توسط درس‌هایی در فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی؛ ب) توسعه مهارت در مدل‌سازی تحلیلی و محاسباتی توسط دروس نظری و کاربردی در ریاضیات و علوم کامپیوتر؛ ج) گسترش دانش با انتخاب یکی از خوشه‌های مهندسی یا علوم؛ د) به کار گرفتن ابزارهای محاسباتی و تحلیلی در پروژه‌های مهندسی و علوم کاربردی.

- **ریاضیات و آمار مهندسی:** این برنامه بین رشته‌ای فرصتی را برای دانشجویان مهندسی به وجود می‌آورد تا با ریاضیات محض و کاربردی، به عنوان مولفه‌ای ضروری برای مهندسی مدرن، آشنا شوند. انتخاب بین ریاضیات محض، ریاضیات کاربردی، آمار و مهندسی، دانشجویان را قادر می‌سازد که برنامه را با توجه به علایق خود در زمینه‌های تئوریک، عملی و یا هر دو آنها، انتخاب کنند. این برنامه شالوده‌ای قوی برای انجام تحصیلات تکمیلی در شاخه‌های تئوریک مهندسی و همچنین ریاضیات و آمار، ایجاد می‌نماید.

- **فیزیک مهندسی:** این گرایش مبانی فیزیک کلاسیک و مدرن، شیمی و ریاضی را با کاربردهای مهندسی در هم می‌آمیزد. از نقاط قوت این برنامه انعطاف پذیری آن است. کسب پایه‌ای قوی در فیزیک و ریاضی، به همراه انتخاب درس‌های مهندسی، دانشجویان را برای مقابله با مسایل پیچیده‌ای که جامعه با آن روبروست، آماده می‌سازد. نظر به اینکه این برنامه بر علوم و ریاضی تأکید دارد، دانش‌آموختگان آن قادر خواهند بود تا تحصیلات تکمیلی خود را در فیزیک یا مهندسی ادامه دهند. این دانشجویان همچنین با انتخاب واحدهای مناسب قادرند در رشته‌های سنتی‌تر مهندسی، ادامه تحصیل دهند.

- **علوم مهندسی زیست محیطی:** گرایشی بین رشته‌ای است که مستلزم تلفیق اصول فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی با تحلیل مهندسی، جهت محافظت و بازسازی‌های زیست محیطی است. این برنامه درس‌هایی از گروه‌های آموزشی مختلف را عرضه می‌کند تا زمینه‌ای بسازد، که گرچه قویا متکی بر علوم و مهندسی است ولی در باره تنوع گسترده‌ای از مسایل زیست محیطی بحث می‌کند. گزینه مهندسی محیط زیست در گروه‌های آموزشی مهندسی شیمی، عمران، مکانیک و مواد نیز وجود دارد، ولی برنامه علوم مهندسی، پایه گسترده‌تری در علوم، فراتر از آنچه که در گروه‌های پیش گفته عرضه می‌شود، ایجاد می‌کند. این برنامه دانشجویان را برای تحصیلات تکمیلی یا فعالیت‌های حرفه‌ای در بسیاری از زمینه‌های زیست محیطی، آماده می‌نماید.

یک برنامه متفاوت نیاز به آموزشگران متبحر دارد. به دلیل توانایی زیاد و ویژگی‌های خاص دانشجویان علوم مهندسی، راهبری کلاس‌های این دوره نیاز به تجربه قابل توجه دارد. از این‌رو، در دانشگاه برکلی، برای ارائه دروس علوم مهندسی ورزیده‌ترین اساتید مهندسی و دیگر رشته‌ها انتخاب می‌شوند. نظر به اینکه برنامه آموزش مهندسی تنها آغاز، و نه اوج فعالیت‌های 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، درس‌های عملی، گرایش‌های متنوع، کارگاه‌های آموزشی و سمینارهای مختلف، ابزارهایی در اختیار دانشجویان علوم مهندسی قرار می‌دهند تا آموزش خود را راسا ترتیب دهند. این دانشجویان در عمل: "یاد می‌گیرند که چگونه یاد بگیرند و آموزش می‌بینند که چگونه آموزش بدهند".

بسیاری از دانشجویان علوم مهندسی علاقمند به پژوهش هستند. آموزش مهندسی در برکلی راه‌هایی را برای رسیدن دانشجویان به این هدف ارائه می‌دهد. مهمترین این موارد پایان‌نامه کارشناسی است که در سال چهارم عرضه می‌شود. برای انجام پایان‌نامه، دانشجو باید در یکی از پژوهش‌های سطح بالای اساتید درگیر شود. پایان‌نامه‌های علوم مهندسی در دانشگاه برکلی از سطح علمی قابل توجهی برخوردار است، تاحدی که برخی از دانشجویان نتیجه تحقیقات خود را به صورت مقالات پژوهشی در نشریات علمی معتبر به چاپ می‌رسانند. گروهی از دانشجویان علوم مهندسی به عنوان دستیاران تحقیقاتی در دانشکده مهندسی به کار گرفته 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 40% دانش‌آموختگان این دوره در بزرگترین دانشگاه‌های دنیا، همچون هاروارد، ام آی تی، استنفورد، تورنتو و برکلی ادامه تحصیل می‌دهند. 15% نیز کار خود را در مدیریت بازرگانی، حقوق و پزشکی ادامه داده و بقیه وارد حرفه مهندسی می‌شوند.

**دانشگاه ایالتی کلرادو:** این دانشگاه دوره کارشناسی علوم مهندسی را به نحو زیر به متقاضیان معرفی کرده است [1]: "اگر علاقمند به یک آموزش بین رشته ای 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 به حرفه ای پردازید 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 رشته ای 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 عبارتند از: فیزیک مهندسی، مهندسی فضا و کارشناسی مضاعف علوم انسانی است.

- **گرایش فیزیک مهندسی:** دانشجویان را برای کار در زمینه فناوری‌های پیشرفته، که نیاز به آموزش مهندسی به همراه دانشی عمیق‌تر در فیزیک دارد، آماده می‌کند. توسط دروس انتخابی مناسب دانشجویان 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 5 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 کلرادو 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 جرئیات؛
  - توانایی کسب اطلاعات و ایده‌ها از منابع مختلف؛
  - نوآوری در کارها؛
  - نمایش قدرت رهبری و مهارت در ارتباطات فردی؛
  - ارایه کار موثر در گروه‌ها، و به طور انفرادی؛
  - توانایی موثر در ارتباط شفاهی و کتبی؛
  - نمایش استعداد و توجه در کاربرد و طراحی رایانه.
- نظر به اینکه دانش‌آموختگان علوم مهندسی این دانشگاه آموزش‌های لازم را در زمینه‌های ریاضیات، علوم، علوم انسانی و علوم اجتماعی و رفتاری، دریافت می‌کنند از اینرو به خوبی 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 به کار حرفه‌ای در پزشکی، حقوق، دامپزشکی، یا بازرگانی می‌پردازند.

**دانشگاه بیرجینیاتک:** گروه علوم مهندسی و مکانیک دانشگاه بیرجینیا تک آمریکا یک برنامه آموزش کارشناسی بین رشته‌ای را با اهداف زیر، ارایه می‌دهد [1]:

- 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 به‌نیازی 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 درگیرشدن 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 200 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، ارایه می‌شد، تاحدی متفاوت بوده است. در سال‌های پایانی قرن بیستم سازمان‌های بین‌المللی و برخی از کشورها بازنگرایی‌هایی 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، 8 کشور انگلیسی زبان آمریکا، کانادا، انگلستان، استرالیا، ایرلند، نیوزیلند، آفریقای جنوبی و هنگ‌کنگ؛ آموزش‌ها و مدارک حرفه‌ای مهندسی یکدیگر را به رسمیت شناختند [3]. 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 برداشته شد. در طلیعه سده حاضر، کشورهای اروپایی یک برنامه آموزشی سراسری را، که به **فرایند بولونیا**<sup>3</sup> معروف شده است آغاز کردند. این برنامه که در سال 1999 با 29 عضو آغاز گردید به سرعت گسترش یافت و در سال 2008 اعضای آن به 45 کشور رسید [4، 5، 6، 7]. 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 2010 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 2006 میلادی آموزش علوم مهندسی را آغاز کرده است [1]. 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 12 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 5 ساله مهندسی (3+2) دارند.

**دانشگاه آکسفورد:** گروه علوم مهندسی در دانشگاه آکسفورد انگلستان، حدود یک قرن سابقه دارد و هم اکنون سالیانه حدود 160 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 [1].

## 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.

<sup>۲</sup> Bologna Process



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 [1].

### 3. 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 1374 تأسیس آن در دانشگاه تهران مورد توجه واقع شد. این دوره در سال 1387، 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 [1].

#### 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. به زبانی، علوم مهندسی محاسباتی برنامه علوم کامپیوتر نیست. دانشجویان این فرصت را دارند که دروسی را از رشته‌های گوناگون انتخاب کنند. این برنامه دانشجو را برای دروس کارشناسی‌ارشد و دکتری در مهندسی و علوم کاربردی آماده می‌کند. به علاوه، 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 بین رشته‌ای این فرصت را برای دانشجویان فراهم می‌کند تا به مطالعه ریاضیات محض و کاربردی، به عنوان مؤلفه‌های اصلی مهندسی مدرن، بپردازند. با ترکیب درس‌هایی از ریاضیات محض، ریاضیات کاربردی، آمار، فیزیک و مهندسی؛ دانشجو می‌تواند برنامه‌ای را دنبال کند 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. به علاوه، 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 اعطاف‌پذیری آن است. پایه قوی در فیزیک و ریاضیات و انتخاب درس‌های اختیاری مهندسی، دانشجو را برای حل مسائل کاربردی آماده می‌کند. چون برنامه بر علوم و ریاضیات تأکید دارد، دانشجویان به خوبی 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 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 همچنین دانشجویان را برای کار یا تحصیل در دوره‌های کارشناسی‌ارشد در شاخه‌های مرتبط با مهندسی محیط زیست، آماده می‌کند.

تعداد واحدهای دوره کارشناسی علوم مهندسی 141 است که به نحو مندرج در جدول 1 توزیع شده است. همچنان‌که در این جدول، دیده می‌شود دروس عمومی، پایه و اصلی، در تمام گرایش‌های برنامه، مشابه است.

جدول 1. توزیع واحدهای درسی در گرایش‌های مختلف برنامه کارشناسی علوم مهندسی

دروس	علوم مهندسی محاسباتی	ریاضی مهندسی	فیزیک مهندسی	علوم مهندسی زیست محیطی
عمومی	21	21	21	21
پایه	32	32	32	32
اصلی	21	21	21	21
تخصصی	26	25	29	25
تخصصی خوشه انتخابی	30-35	30-35	30-35	30-36
اختیاری	6-12	7-12	3-8	6-12
جمع واحدها	141	141	141	141

در جدول 2 عنوان‌های دروس پایه، اصلی و تخصصی برنامه کارشناسی علوم مهندسی فراهم آمده است. علاوه بر این دروس، دانشجویان با توجه به گرایش انتخابی، بین 26 تا 29 واحد دروس تخصصی را می‌گذرانند. دروس تخصصی هر یک از چهار گرایش برنامه علوم مهندسی در جدول 3 نشان داده شده است. این دانشجویان، علاوه بر دروس تخصصی، جمعاً 41 واحد نیز از دروس خوشه تخصصی و دروس اختیاری، انتخاب می‌نمایند. برای چهار گرایش طراحی شده این برنامه، جمعاً 12 خوشه زیر در نظر گرفته شده است:

- 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 2. دروس پایه، اصلی و تخصصی برنامه کارشناسی علوم مهندسی

دروس عمومی	دروس پایه	دروس اصلی
معارف اسلامی (1)	ریاضی 1	3
معارف اسلامی (2)	ریاضی 2	3
اخلاق و تربیت اسلامی	معادلات دیفرانسیل	3
انقلاب اسلامی و ریشه‌های آن	مبانی کامپیوتر و برنامه‌سازی	4
تاریخ اسلام	روش‌های محاسبات عددی	3
متون اسلامی (آموزش زبان عربی)	آمار و احتمالات مهندسی	3
فارسی	فیزیک 1	3
زبان خارجی	آز فیزیک 1 (حرارت و مکانیک)	1
تربیت بدنی (1)	فیزیک 2	3
تربیت بدنی (2)	آز فیزیک 2 (الکتریسته و مغناطیس)	1
تنظیم خانواده	شیمی عمومی	3
	شیمی عمومی مهندسی شیمی	3
	آز شیمی عمومی	1
	مقدمه‌ای بر علوم مهندسی	1
جمع	جمع	جمع
21	35	26

**جدول 3. دروس تخصصی هر یک از چهار گرایش برنامه علوم مهندسی**

ریاضی مهندسی		علوم مهندسی محاسباتی	
3	جبر 1	3	اصول شبیه‌سازی
3	نظریه گراف	3	روشهای تقریبی در مهندسی
3	تحقیق در عملیات 1	3	روش اجزاء محدود
3	مدارهای منطقی	3	برنامه‌سازی پیشرفته
1	آز مدارهای منطقی	3	تحقیق در عملیات 1
3	حساب تغییرات (وردشها)	3	پروژه
3	سیستم‌های دینامیکی	3	مبانی مهندسی برق
3	اختلالات جزئی	1	آز مبانی مهندسی برق
3	پروژه	3	مدارهای منطقی
		1	آز مدارهای منطقی
25	<b>جمع</b>	26	<b>جمع</b>

علوم مهندسی زیست محیطی		فیزیک مهندسی	
3	زیست‌شناسی عمومی	3	فیزیک نور
1	آز زیست‌شناسی عمومی	1	آز فیزیک نور
3	شیمی آلی (مهندسی شیمی)	3	فیزیک مدرن
1	آز شیمی آلی (مهندسی شیمی)	3	الکترومغناطیس
3	استاتیک	3	فیزیک الکترونیک
3	دینامیک	3	مبانی مهندسی برق
3	مکانیک سیالات 1	1	آز مبانی مهندسی برق
3	ترمودینامیک 1	3	مکانیک کوانتومی
2	مهندسی محیط زیست	3	استاتیک
3	برنامه‌سازی پیشرفته	3	دینامیک
		3	پروژه
25	<b>جمع</b>	29	<b>جمع</b>

واحد های درسی هر یک از دوازده خوشه تخصصی برنامه کارشناسی علوم مهندسی در جدول 4 نشان داده شده‌اند. دانشجویان گرایش‌های علوم کاربردی محاسباتی، ریاضی مهندسی و فیزیک مهندسی، علاوه بر دروس تخصصی جدول 3، باید یک خوشه تخصصی، از خوشه‌های I الی VII، را بگذرانند (جدول 4). دانشجویان گرایش علوم مهندسی زیست محیطی نیز باید، علاوه بر دروس تخصصی جدول 3، یک خوشه تخصصی از خوشه‌های A، B، C یا D را بگذرانند (جدول 4).

**جدول 4. خوشه های تخصصی برنامه کارشناسی علوم مهندسی**

خوشه I: بهینه سازی	خوشه II: علم مواد	خوشه III: مهندسی هسته‌ای
تحقیق در عملیات 1	اصول مهندسی علم مواد	3 فیزیک مدرن
تحقیق در عملیات 2	خواص فیزیکی مواد 1	4 فیزیک هسته‌ای (واکنشهای هسته‌ای و تابش)
بهینه‌سازی مدل‌های غیرخطی	ترمودینامیک مواد 1	1 آزمایشگاه فیزیک هسته‌ای
هوش مصنوعی	استاتیک	3 مقدمه‌ای بر تئوری راکتورهای هسته‌ای
برنامه‌ریزی متغیرهای صحیح	مقاومت مصالح	1 آزمایشگاه راکتورهای هسته‌ای
برنامه‌ریزی پویا	مواد پیشرفته	3 مواد هسته‌ای
تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه	شناخت و انتخاب مواد فلزی	3 تکنولوژی نیروگاه‌های هسته‌ای
برنامه‌ریزی خطی پیشرفته	خواص مکانیکی مواد 1	3 چرخه سوخت هسته‌ای و پسمانداری
تحلیل شبکه‌ها	اصول الکتروشمیی و خوردگی	3 ایمنی راکتورهای هسته‌ای
	انجماد فلزات	3 حفاظت در برابر تابش و حفاظت‌سازی
	روشهای تولید و کارگاه	3 مقدمه‌ای بر همجوشی هسته‌ای کنترل شده
	آز متالوگرافی	
	آز خواص مکانیکی مواد	
<b>جمع</b>	<b>جمع</b>	<b>جمع</b>
27	32	30

خوشه IV: طراحی کاربردی	خوشه V: حرارت و سیالات	خوشه VI: مخابرات
استاتیک	استاتیک	3 الکترومغناطیس
دینامیک	دینامیک	3 میدانها و امواج
مقاومت مصالح	مقاومت مصالح	1 آز میدانها و امواج
طراحی اجزاء 1	ترمودینامیک 1	3 مخابرات 1
طراحی اجزاء 2	ترمودینامیک 2	3 الکترونیک 2
ارتعاشات مکانیکی	آز ترمودینامیک 1	3 سیستم‌های انتقال مخابراتی
آز دینامیک و ارتعاشات	مکانیک سیالات 1	3 مخابرات 2
طراحی مکانیزم‌ها	مکانیک سیالات 2	3 پردازش سیگنالهای دیجیتالی
دینامیک ماشین	آز مکانیک سیالات	3 میکروویو 1
کنترل اتوماتیک	انتقال حرارت 1	3 آنتن 1
رباتیک	انتقال حرارت 2	3 پردازش تصویر
طراحی به کمک کامپیوتر	آز انتقال حرارت	
	روشهای محاسباتی در مکانیک سیالات	
<b>جمع</b>	<b>جمع</b>	<b>جمع</b>
33	33	31

خوشه VII: الکترونیک	خوشه A: مهندسی فرآیند	خوشه B: مهندسی ذخائر
الکترونیک 1	مکانیک سیالات 1	زمین‌شناسی مهندسی
الکترونیک 2	انتقال حرارت 1	هیدرولوژی مهندسی
الکترونیک دیجیتال	انتقال حرارت 2	مهندسی آب و فاضلاب و پروژه
آز الکترونیک 1	انتقال جرم	آلودگی هوا و روشهای کنترل آن
آز الکترونیک 2	عملیات واحد 1	میکروبیولوژی زیست محیطی
الکترونیک 3	عملیات واحد 2	شیمی آب
فیزیک مدرن	آز عملیات واحد	ژئوشیمی زیست محیطی
مکانیک کوانتومی	سینتیک و طراحی راکتورهای شیمیایی	مواد زائد خطرناک
فیزیک الکترونیک	کنترل فرآیند	مدیریت مواد زائد جامد
فیزیک حالت جامد	شبیه‌سازی فرآیند	تصفیه آب و فاضلاب
خواص الکترونیکی مواد	طرح و اقتصاد	مدیریت کیفی منابع آب
الکترومغناطیس	مهندسی بیوشیمی	آلودگی خاک
میدانها و امواج	آزمایشگاه بیوتکنولوژی	
جمع	جمع	جمع
35	35	34

خوشه C: سیاست‌گذاری زیست محیطی	خوشه D: مهندسی زمین (نقشه‌برداری)	خوشه E: مهندسی زمین (ژئومکانیک)
ارزیابی اقتصادی منابع محیط زیست	تئوری خطاها	زمین‌شناسی برای مهندسی
برنامه‌ریزی محیط زیست (آمایش سرزمین)	سرشکنی	آبهای زیرزمینی
اقتصاد محیط زیست	نقشه‌برداری ژئوتیک	ژئوتکنیک
انرژی و محیط زیست	ژئودزی فیزیک	اکتشافات ژئوتکنیکی
ابعاد کمی مشکلات زیست محیطی جهانی	ژئودزی ماهواره‌ای	ژئوفیزیک کاربردی
انرژی‌های تجدید پذیر برای تولید برق	کار توگرافی اتوماتیک	خطرهای زمین‌شناختی
تجزیه و تحلیل روش‌های ارزیابی محیط زیست	فتوگرامتری	مکانیک سنگ
مقدمه‌ای بر تحلیل سیاست عمومی	سیستم‌های اطلاعات مکانی	حفاری
خطرپذیری و بی‌ثباتی در سیاست عمومی	ژئودزی	مقاومت مصالح
سیاست‌گذاری در علوم و فناوری	سنجش از راه دور	مکانیک سیالات 1
		سنگ‌شناسی
		زمین‌شناسی ساختاری
جمع	جمع	جمع
30	30	36

#### 4. 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 آموزشی اند. موفقیت هر برنامه آموزش مهندسی مستلزم دستیابی به سطح قابل قبولی از هر یک از ملاک‌های تاثیرگذار پیش گفته است. پیشنهاد هر اقدامی در جهت ارتقاء برنامه آموزش 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 شده اند. از این میان می توان هیئت اعتبار سنجی برای مهندسی و فناوری آمریکا (ABET)<sup>4</sup>؛ هیئت اعتبار سنجی مهندسی کانادا (CEAB)<sup>5</sup> انجمن اعتبار سنجی آموزش عالی اروپا (ENQA)<sup>6</sup>، سیستم اعتبار سنجی مهندسی استرالیا (AMS)<sup>7</sup>، و مراکز مشابه در دیگر کشورها را نام برد [8, 9, 10, 11]. امروزه دانشگاه‌های معتبر برنامه های آموزشی خود را به گونه ای سامان می دهند که اعتبار آن توسط یکی از این مراکز بین المللی، مورد تایید قرارگیرد [12, 13, 14]. متأسفانه در کشور ما اعتبار سنجی برنامه های آموزش مهندسی، به صورتی 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 ملاک های در نظر گرفته شده برای رشته تحصیلی مورد نظر، باشد. رسالت آموزش مهندسی به توسط موارد مختلفی، از جمله اهداف برنامه و دستاوردهایی که دانشجویان آن، پس از اتمام دوره کسب خواهند کرد، سنجیده می شود. به منظور ایجاد معیاری 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 بین المللی (همچون ABET) برای آموزش مهندسی، و نیازهای جاری و آتی کشور، اهداف سه گانه زیر برای برنامه کارشناسی علوم مهندسی در ایران، پیشنهاد می شود.

1. آماده کردن دانشجویان برای ورود به کار حرفه ای، یا ادامه تحصیل در زمینه مهندسی، توسط ارایه آموزش پیشرفته در ریاضیات، علوم و مهندسی.
2. ایجاد مهارت های لازم جهت موفقیت در پست های مدیریتی توسط کسب تجربه در ارتباطات موثر، کارگروهی و سرپرستی پروژه.
3. توسعه نگرشی جهانی و شناخت فرهنگ های دیگر، درک طبیعت جهانی فناوری و شناخت نیاز به مهندسی و فناوری برای حل مسایل جامعه.

در جدول 5 اهداف سه گانه فوق، به همراه دستاوردهای مورد انتظار از هر یک از آنها، پیشنهاد شده است. دستاوردها<sup>8</sup> مواردی هستند که در دانش آموختگان ارزیابی می شوند تا از حصول اهداف برنامه اطمینان حاصل شود. هر یک از دروس برنامه علوم مهندسی باید بخشی از یک یا چند دست آورد مندرج در جدول 5 را تامین کند. علاوه بر اینکه عنوان دروس و سرفصل های آنها باید در راستای اهداف آموزشی برنامه باشد، آموزشگران نیز باید ارایه دروس را در راستای دستیابی هر چه بهتر به دستاوردهای برنامه، سامان دهند. اهداف پیشنهادی در جدول 5، و دستاوردهای مورد انتظار از هر یک از آنها، پس از انجام اصلاحات احتمالی و تایید دانشگاه تهران به عنوان راهنمای اجرا و ارزیابی برنامه آموزش کارشناسی علوم مهندسی در این دانشگاه، در نظر گرفته خواهند شد.

<sup>4</sup> Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)

<sup>5</sup> Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

<sup>6</sup> European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA)

<sup>7</sup> Engineers Australia Accreditation Management System (AMS)

<sup>8</sup> outcomes



جدول 5. اهداف پیشنهادی برنامه کارشناسی علوم مهندسی و دستاوردهای مورد انتظار از دانش‌آموختگان آن.

هدف 1: آماده کردن دانشجویان برای ورود به کار حرفه‌ای یا ادامه تحصیل در زمینه مهندسی، توسط ارایه آموزش‌های پیشرفته در ریاضیات، علوم و مهندسی.

**دستاوردها:**

- 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.

هدف 2: ایجاد مهارت لازم جهت موفقیت در پست‌های مدیریتی توسط کسب تجربه در ارتباطات موثر، کارگروهی و سرپرستی پروژه.

**دستاوردها:**

- 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.

هدف 3: توسعه نگرشی جهانی و شناخت فرهنگ‌های دیگر، درک طبیعت جهانی فناوری و شناخت نیاز به مهندسی و فناوری برای حل مسایل جامعه.

**دستاوردها:**

- 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.

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 صورت 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 ارایه آنرا، در دستیابی به دستاوردهای مورد 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.

## مراجع

وبگاه‌های آموزش "علوم مهندسی"، در برخی از دانشگاه‌های دنیا [۱]

[www.engsci.utoronto.ca](http://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.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.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](http://www.miami.edu/umbulletin/und/eng/engsci.htm)

[www.trinity.edu/departments/engineering/program.htm](http://www.trinity.edu/departments/engineering/program.htm)

### آمریکای شمالی

- تورنتو کانادا

- کوئینز کانادا

- مک مستر کانادا

- سایمون فریزر کانادا

- برکلی آمریکا

- ایالتی پنسیلوانیا آمریکا

- هاروارد آمریکا

- ایالتی کلرادو آمریکا

- ویرجینیا آمریکا

- ویرجینیا تک آمریکا

- MIT آمریکا

- میامی آمریکا

- ترینییتی آمریکا

### اروپا

- آکسفورد انگلستان

- دوبلین ایرلند شمالی

### آسیا و اقیانوسیه

- فلاندرز استرالیا

- کوئینزلند استرالیا

- اوکلند نیوزیلند

- اوزاکا ژاپن

- کانسایی ژاپن

- چنگ کونگ چین

- ملی سنگاپور

- قاعد عوام پاکستان

- دانشگاه تهران ایران

[www.eng.ox.ac.uk](http://www.eng.ox.ac.uk)

<https://myucd.ucd.ie/program.do?programID=۶۹>

[http://www.flinders.edu.au/courses/undergrad/bengsc/bengsc\\_home.cfm](http://www.flinders.edu.au/courses/undergrad/bengsc/bengsc_home.cfm)

[http://www.uq.edu.au/study/program.html?acad\\_prog=۲۰۹۴](http://www.uq.edu.au/study/program.html?acad_prog=۲۰۹۴)

<http://www.esc.auckland.ac.nz/study-engineering-science>

[www.es.osaka-u.ac.jp/eng/index.html](http://www.es.osaka-u.ac.jp/eng/index.html)

[www.kansai-u.ac.jp/English/academics/fac\\_eng.html](http://www.kansai-u.ac.jp/English/academics/fac_eng.html)

[www.es.ncku.edu.tw/english/index.php](http://www.es.ncku.edu.tw/english/index.php)

[www.esp.nus.edu.sg](http://www.esp.nus.edu.sg)

[www.quest.edu.pk](http://www.quest.edu.pk)

<http://engsci.ut.ac.ir>

[۲] Herakovich C. T. ۲۰۰۸. On mechanics/engineering science education,



- [۳] Heywood J. ۲۰۰۵. Engineering Education Research and Development in Curriculum and Instruction. IEEE Press, ۴۹۳ pp.
- [۴] McGraph D., The Bologna declaration and engineering education in Europe.  
[http://www.mie.uth.gr/labs/lte/grk/quality/..%۵Cquality%۵Cbologna\\_declaration\\_engene.pdf](http://www.mie.uth.gr/labs/lte/grk/quality/..%۵Cquality%۵Cbologna_declaration_engene.pdf)
- [۵] Hedberg T. ۲۰۰۴. The Bologna Process – challenges and chances for engineering education. Lulea University of Technology.
- [۶] Bologna Declaration. The European Higher Education Area, Joint Declaration of the European Ministers of Education, Bologna, ۱۹ June ۱۹۹۹.
- [۷] European Society for Engineering Education (SEFI), <http://www.sefi.be/>
- [۸] Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), [www.abet.org](http://www.abet.org)
- [۹] Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB), [http://www.engineerscanada.ca/e/pr\\_accreditation.cfm](http://www.engineerscanada.ca/e/pr_accreditation.cfm)
- [۱۰] European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA), <http://www.enqa.eu/>
- [۱۱] Engineers Australia Accreditation Management System (AMS),  
<http://www.engineersaustralia.org.au/education/program-accreditation/>
- [۱۲] Felder R, Brent R. ۲۰۰۲. Designing and teaching courses to satisfy the ABET Engineering Criteria. Journal of Engineering Education, ۹۲(۱), pp ۷-۲۵.
- [۱۳] Mathur R. M., Venter R. D. ۲۰۰۰. Quality assurance of engineering education in Canada: its suitability for graduate working in global market. International Journal of Engineering Education, Vol ۱۶, No ۲, pp. ۱۰۴-۱۰۸.