



نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل

"فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار"

۱۰ تا ۱۲ آبان ماه ۱۳۹۰

ATS11-031

## آموزش مهندسی برای فردا

دکتر حسین معاریان<sup>۱</sup>

استاد مهندسی زمین، دانشکده فنی دانشگاه تهران memarian@ut.ac.ir

### چکیده

دانشجویان در زمان فارغ التحصیلی چه دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرشی‌هایی را باید بدانند چگونه می‌توانیم مطمئن شویم که دانشجویان به این توانایی‌ها دست یافته‌اند؟ اینها سوالات اساسی در آموزش مهندسی، در طی دو دهه گذشته بوده است. کوشش‌هایی که برای پاسخ به این سوال‌ها صورت گرفته، منجر به تغییرات شگرفی در آموزش مهندسی و ارزشیابی دستاوردهای آن شده است. در طی این مدت، دانشگاه‌ها و نهادهای مختلف، به ویژه در کشورهای غربی، روش‌های نوین آموزش و یادگیری را به خدمت گرفتند و نهادهای ملی و بین‌المللی متعددی نیز جهت ارزشیابی برنامه‌های آموزشی، ایجاد شده است. همه این کوشش‌ها برای تربیت افرادی با توانایی‌های حرفه‌ای مناسب برای کار مهندسی، در دنیای جدید بوده است. توانایی حرفه‌ای را می‌توان ارتباط پیچیده بین سه مقوله دانش، مهارت و نگرش به حساب آورد. به این منظور، یک دوره آموزش مهندسی باید بتواند دانش آموختگانی تربیت کند که ضمن داشتن دانش کافی از مبانی علوم و مهندسی، دارای مهارت و توانایی در ارتباطات، کارگروهی و خود آموزی بوده و نگرش درستی به محتوی اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی مهندسی داشته باشند. تاکید بیش از حد بر آموزش علوم مهندسی، در دهه‌های پایانی قرن بیستم، فاصله بین آموزش‌های عرضه شده و نیازهای واقعی دنیای کار حرفه‌ای را افزایش داد. برای پر کردن این خلاء تعدادی از دانشگاه‌های عرضه کننده آموزش مهندسی، ابتکاری جدید را برای توسعه چشم‌اندازی تازه در آموزش مهندسی، شکل دادند. از مهم‌ترین وجوه این برنامه، که به CDIO معروف شده است، تاکید بر فعالیت‌های عملی و هدایت آموزش‌های دانشگاهی به سمت نیازهای صنعت و بازار کار می‌باشد. نگرش جدید بر این پیش فرض استوار است که دانش آموختگان مهندسی باید بتوانند سیستم‌های پیچیده مهندسی را، در محیطی مدرن و مبتنی بر کارگروهی، برای خلق محصولات و سیستم‌ها تعریف نموده، طراحی کرده، اجرا نموده و به کار برند. سمت‌گیری کلی این برنامه می‌تواند جهت ارتقاء برنامه‌های آموزش مهندسی کشور، و همخوانی آن با آموزش‌های عرضه شده در دیگر کشورها، به کار گرفته شود.

### کلمات کلیدی

شناسایی، طراحی، ساخت، بهره‌برداری، CDIO، قالب آموزش مهندسی، استانداردهای آموزش مهندسی، سرفصل‌های آموزش

دانش‌آموختگان برای کار موثر در صنعت مشخص شد. پس از آنکه هدف و مقصد آموزش مهندسی نوین تعیین گردید، این وظیفه آموزشگران مهندسی بود که مسیر رسیدن به این هدف را تعیین نمایند. با توجه به فاصله ایجاد شده بین توانایی‌های علمی و عملی دانش‌آموختگان، مراکز آموزشی مهندسی به‌بازنگری برنامه‌های خود پرداختند. در همین راستا گروهی از دانشگاه‌ها، به‌محوریت دانشگاه ام‌آی‌تی آمریکا، طرحی ابتکاری را برای انجام اصلاحات در آموزش مهندسی آغاز کردند.

از مهم‌ترین وجوه این برنامه تاکید بر فعالیت‌های عملی و هدایت آموزش‌های دانشگاهی به سمت نیازهای صنعت و بازار کار می‌باشد. هدف‌های کلی این برنامه تربیت دانشجویانی با توانایی‌های چون دانش کاربردی عمیق از مبانی فنی؛ خلق و بهره‌برداری از محصولات، فرایندها و سیستم‌های جدید؛ و درک اهمیت و تاثیر استراتژیک پژوهش و توسعه فناوری در جامعه است. نگرش جدید بر این پیش فرض استوار است که دانش‌آموختگان مهندسی باید بتوانند سیستم‌های پیچیده مهندسی را، در محیطی مدرن و مبتنی بر کارگروهی، برای خلق محصولات و سیستم‌ها تعریف نموده، طراحی کرده، اجرا نموده و به‌کاربرد (شناسایی- طراحی- ساخت - بهره‌برداری، یا CDIO)<sup>۱</sup> این ابتکار الگویی را ارائه می‌دهد، که ضمن اتکا به مبانی مهندسی، بر چهار وجه فوق تاکید می‌نماید. روش پیشنهادی غنی از پروژه‌های دانشجویی است که با کارآموزی در صنعت تکمیل می‌شود. همچنین متکی بر یادگیری فعال و گروهی، هم در کلاس و هم در کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌های مدرن؛ و همچنین فرایندهای ارزیابی و قضاوت دقیق است. مراکز آموزشی مختلف می‌توانند این برنامه را بسته به شرایط خود به‌کاربندند [۵].

تا این تاریخ بیش از ۵۰ موسسه آموزش عالی مهم از قاره‌های مختلف، به این ابتکار ملحق شده‌اند [۶]. در این مقاله، به دنبال تعریف مفهوم مهندسی، هدف‌ها، محتوی و روش اجرای این نگرش تازه مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- مفهوم مهندسی

اگر قرار باشد که آموزش مهندسی در راستای نیازهای حرفه مهندسی باشد باید قبل از هر چیز تعریفی را برای مهندسی به‌دست‌دهیم. با یک جستجوی کوتاه در کتابخانه، یا در وب، به تعاریف متعددی از مهندسی برخورد خواهیم خورد.

- مهارت حرفه‌ای در کاربرد علوم، برای تبدیل بهینه منابع طبیعی جهت استفاده نوع بشر. (فرهنگ فشرده بریتانیکا)
- حرفه‌ای که در آن دانش ریاضی و علوم طبیعی کسب شده توسط مطالعه، کار و تجربه؛ جهت توسعه راه‌هایی برای استفاده اقتصادی از مواد و نیروهای طبیعی در جهت رفاه نوع بشر؛

گروه کاری یونسکو در مورد آموزش در قرن ۲۱، در گزارشی که در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۸ عرضه کرد، ضمن تاکید بر نقش آموزش مداوم، به این نتیجه رسیده است که آموزش دایمی در تمام طول حیات بر چهار پایه یا ستون اصلی استوار است. یادگیری برای دانستن، یادگیری برای انجام دادن، یادگیری برای زندگی با هم، و یادگیری برای بودن [۱]. گرچه این الگو در مورد همه آموزش‌ها صادق است ولی دستمایه زیادی برای تفکر، در اختیار آموزشگران مهندسی قرار می‌دهد. فرهنگستان ملی مهندسی آمریکا نیز، در گزارشی که در ابتدای قرن حاضر انتشار داد توانایی‌های مورد نظر برای یک دانش‌آموخته مهندسی در سال ۲۰۲۰ را به‌نحو زیر پیش بینی کرده است [۲].

- مهارت‌های تحلیلی قوی همانند مهندسان دیروز و امروز خواهد داشت
- خلاق خواهد بود
- در عمل از خود فراست نشان خواهد داد
- به‌خوبی ارتباط برقرار خواهد کرد
- اصول تجارت و مدیریت خوب را خواهد دانست
- اصول رهبری را درک کرده و خواهد توانست آنها را به‌کار بندد
- از مبانی اخلاقی و یک حس حرفه‌ای قوی برخوردار خواهد بود
- برخوردار از ویژگی‌هایی چون پویایی، زیرکی، عکس‌العمل و انعطاف‌پذیری، خواهد بود
- یک فراگیر مادام‌العمر خواهد بود

به دنبال انتشار گزارش‌هایی از این دست، این سوال مطرح شد که آیا آموزش‌هایی که هم اکنون ارائه می‌دهیم می‌تواند دانش‌آموختگانی شایسته را برای کار در دنیای فردا، تربیت نماید؟

برنامه‌های آموزش مهندسی در بیشتر طول قرن بیستم میلادی تجربیات و مهارت‌های عملی زیادی را به دانشجویان عرضه می‌کردند. ولی با گذشت زمان و گسترش سریع دانش فنی، آموزش مهندسی به سمت علوم مهندسی گرایش پیدا کرد. در نتیجه این گرایش به مبانی علمی، تاکید بر فعالیت‌های تجربی مهندسی کم و کمتر شد. در یکی دو دهه گذشته، صنعت متوجه شد که دانش‌آموختگان مهندسی، با وجود آنکه از نظر علمی و فنی شایسته‌اند، ولی فاقد بسیاری از توانایی‌های مورد نیاز برای کار در دنیای واقعی مهندسی هستند. برای رفع این مشکل، برخی از موسسات بزرگ مهندسی فهرست توانایی‌های مورد نیاز مهندسان را انتشار دادند [۳]. هدف این امر ترغیب مراکز آموزش مهندسی به بازنگری استراتژی‌های آموزشی، با توجه به نیازهای دنیای واقعی حرفه مهندسی بوده است. به‌طور همزمان نهادهای دیگری همچون شورای ارزشیابی آموزش مهندسی و فناوری (ابت)، فهرست انتظارات از دانش‌آموختگان مهندسی را تدوین کردند [۴]. به این ترتیب شایستگی‌های

<sup>۱</sup> Conceive – Design – Implement – Operate (CDIO)

به کار گرفته می‌شود. (شورای ارزشیابی مهندسی و فناوری آمریکا، ایت)

- مهارت هدایت منابع عظیم نیروهای طبیعی، برای استفاده و رفاه نوع بشر. (فرهنگ علوم و فنون مک گراوهیل)
- الف) کاربرد اصول علمی و ریاضی در کارهای عملی چون طراحی، تولید و بهره‌برداری سازه‌ها، ماشین‌ها، فرایندها و سیستم‌های کارا و اقتصادی. (ب) حرفه یا کاری که توسط مهندس انجام می‌شود. (واژه‌نامه آمریکایی هریتیج)
- الف) کاربرد علوم و ریاضیات، که توسط آن ویژگی‌های مواد و منابع انرژی طبیعت مفید به حال مردم می‌شود. (ب) فعالیت‌ها یا عملکرد یک مهندس. (واژه‌نامه ویستر-مریام)

بهره‌برداری‌ها توسط مصرف‌کننده صورت می‌گیرد، مثل وضعیتی که در مورد اتومبیل و وسایل منزل وجود دارد؛ ولی سیستم‌های پیچیده‌تر معمولاً توسط افراد حرفه‌ای، از جمله مهندسان، به کار گرفته می‌شوند. حتی در مواردی که برای بهره‌برداری و به کارگیری نیازی به مهندسان نیست، مهندسان بر عملکرد آنها نظارت داشته و در تعمیر و یا بهینه‌سازی آنها، مشارکت می‌کنند. در نگرش جدید، تمام مرحله بعد از تولید را بهره‌برداری<sup>8</sup> می‌نامیم. مدت زمان صرف شده برای شناسایی-طراحی-ساخت-بهره‌برداری را می‌توان چرخه حیات<sup>9</sup> محصول، فرایند و یا سیستم در نظر گرفت [۵].

### تحول در مهندسی

چارچوب و قالب فعالیت‌های مهندسی و حرفه مهندسی به طور دایم در حال گسترش است. بسیاری از وجوه مهندسی همواره ثابت و بدون تغییر مانده و برخی از وجوه آن نیز با توجه به تغییر در شرایط متحول می‌شود. بد نیست به مواردی که نسبتاً ثابت بوده و آنهایی که به سرعت بیشتری در حال تغییر و گسترش هستند، اشاره کنیم [۵]. عناصری از چارچوب مهندسی که در طول ۵۰ سال گذشته به نحو بارزی تغییر نکرده اند عبارتند از [۶]:

- تمرکز بر نیازهای مصرف‌کننده و جامعه: مهندسی از زمان‌ها دور نگاهی به بیرون داشته و مشتاق درک و حل این مشکلات بوده است.
- ارایه محصولات، فرایندها و سیستم‌های تازه: دستاورد نهایی مهندسی ارایه راه حل‌هایی است که وقتی به اجرا در می‌آید در جهت رفع نیازهای مصرف‌کننده یا جامعه است.
- نقش نوآوری‌ها و فناوری‌های نوین در شکل دهی آینده: آسیاب بادی، سدها، راه آهن، هواپیما و اینترنت، همه توسط مهندسان توسعه داده شده و به شکل‌گیری عصری که در آن توسعه یافته، و تمام دوران بعد از آن، کمک کرده‌اند.
- استفاده از زمینه‌های متنوع برای توسعه راه‌حل: مهندسان بر راه حل تمرکز دارند و از هر زمینه دیگری که برای دستیابی به آن لازم باشد، استفاده می‌کنند. واژه میان‌رشته‌ای<sup>10</sup> مفهوم به نسبت تازه‌ای است که نیاز به همکاری بین رشته‌ها و زمینه‌های مختلف را، برای رسیدن به راه‌حل، بیان می‌کند.
- نیاز مهندسان به کار مشترک، ارتباطات موثر، و راهبری تلاش‌های فنی: مهندسی یک حرفه منزوی نیست، بلکه فعالیتی اجتماعی بوده و برای عرضه محصول، فرایند یا سیستم، نیاز به همکاری با دیگر مهندسان و غیر مهندسان دارد.
- نیاز به کار موثر در محدوده منابع و یا سوددهی: در کارهای عمومی، مهندسان کوشش می‌کنند که به موقع و برطبق برنامه

با مرور تعارف فوق مشخص می‌شود که فعالیت محوری مهندسی<sup>۲</sup>، طراحی و اجرای راه‌حل‌هایی است که بیشتر وجود نداشته، و به صورتی مستقیم یا غیرمستقیم در جهت خدمت به جامعه یا بخشی‌هایی از آن است. مهندسی به دلیل برخورداری از فرایند آفرینش، از علوم<sup>۳</sup> تفکیک می‌شود. به‌زبانی، عالمان دنیایی را که موجود است کشف می‌کنند، ولی مهندسان دنیایی را می‌آفرینند که بیشتر وجود نداشته است [۷]. به‌زبانی، یکی از وجوه مهم مهندسی استفاده از محصولات طبیعی، علوم کاربردی، و فناوری، برای آفرینش دنیایی است که پیش از آن وجود نداشته. آنچه مهندسان می‌آفرینند، بسته به زمینه فعالیت آنها، متفاوت است. حاصل آفرینش‌های مهندسی می‌تواند محصولات، فرایندها و یا سیستم‌ها باشد. محصولات می‌توانند انواع اشیاء، کالاها یا وسایل باشند. فرایندها عبارتند از هر عمل یا تبدیل صورت گرفته در راستای یک هدف بوده، و سیستم نیز عبارت از ترکیب اشیاء و فرایندها برای حصول به دستاوردی خاص است. از اینرو، عبارت محصولات، فرایندها و سیستم‌ها<sup>۴</sup> چکیده همه راه‌حل‌هایی است که مهندسان می‌آفرینند.

صرف‌نظر از رشته تخصصی، نقش اصلی مهندسان طراحی<sup>۵</sup> و ساخت<sup>۶</sup> راه‌حل‌هاست. علاوه بر این، مهندسان درگیر تعریف راه‌حل نیز می‌باشند، که مستلزم درک نیازهای مصرف‌کننده یا جامعه، شناسایی فناوری‌های نوینی که می‌تواند به کار گرفته شود، و آفرینش نیازها و استراتژی‌هایی برای حل مسئله است. کلیه فعالیت‌های که جهت آماده شدن برای طراحی صورت می‌گیرد را در اینجا شناسایی<sup>۷</sup> می‌نامیم. از سوی دیگر، تقریباً همه طراحی‌ها، برای اینکه ارزش پیدا کنند، باید مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرند. گروهی از

<sup>۲</sup> engineering

<sup>۳</sup> sciences

<sup>۴</sup> Products, Processes, Systems

<sup>۵</sup> design

<sup>۶</sup> implement

<sup>۷</sup> conceive

<sup>۸</sup> operation

<sup>۹</sup> life cycle

<sup>۱۰</sup> Interdisciplinary

عمل کنند. در بخش خصوصی باید سوددهی را هم در نظر بگیرند.

شاید مهم‌ترین رخداد در قرن بیستم، که مهندسی را از یک قالب بدون تغییر به‌قالبی با تغییرات زیاد تبدیل کرد، ارتباط مشخص‌تر مهندسی با مبانی علمی آن بوده است. این ارتباط تازه نیست، و از پیشتر نیز وجود داشته است. موتور بخار در ۲۰۰ سال پیش همان ترمودینامیکی را به‌کاربرد که امروزه به‌کار می‌رود. آنچه تازه است استفاده از تجزیه و تحلیل‌های دارای مبانی علمی و تأثیر توسعه فناوری نوین بر زندگی بشر است. با این تغییرات، که مهم‌ترین آنها در ادامه آمده، آموزش مهندسی در پنجاه سال گذشته متحول شد، و مبنای آن بر علوم مهندسی<sup>11</sup> قرار گرفت [۶].

- تغییر از سلطه بر طبیعت به‌همزیستی با آن. بر طبق یک تعریف، مهندسی عبارت از هنر هدایت منابع عظیم نیروی موجود در طبیعت، برای استفاده و رفاه بشر است. امروزه، به‌خلاف گذشته، بشر نیاز به‌حفاظت و پایداری منابع زمین را تشخیص داده است.
  - جهانی‌شدن و رقابت جهانی. تا همین اواخر، راه‌حل‌های مهندسی عمدتاً به‌صورت محلی یا ملی ایجاد می‌شد، ولی امروزه، کوشش‌ها بعدی جهانی پیدا کرده و بیشتر به‌جاهایی معطوف شده که می‌توانند به‌نحو کارا تر و شایسته‌تری، به‌نتیجه برسند.
  - پاره‌پاره شدن و پراکندگی جغرافیایی فعالیت‌های مهندسی. به‌عنوان مکملی برای جهانی‌شدن، امروزه در هر پروژه‌ای، مهندسان باید فراتر از مرزهای جغرافیایی، ملی و فرهنگی خود فعالیت کنند.
  - انسان محورتر شدن طبیعت فعالیت‌های مهندسی. با افزایش درک ما از نیازهای بشر، و کاهش هزینه ساخت؛ عرضه فرایندها و محصولاتی که به‌طور مداوم دنیای تقاضا را بازتعریف می‌کنند، بیشتر می‌شوند.
  - گسترش صنایع خدماتی، و کاهش صنایع تولیدی.
  - کاهش طول عمر محصولات و فناوری‌ها. در دنیای کنونی فناوری‌ها به‌سرعت تغییر یافته و یا جایگزین می‌شوند. از اینرو، دانش‌آموختگان کنونی مهندسی نیاز دارند که در طور کار حرفه‌ای خود به‌دفعات بازآموزی شوند.
- مرور مطالب فوق نشان می‌دهد که اساس مهندسی در طول زمان بدون تغییر مانده است. به‌زبانی، قالب و چارچوب مهندسی دارای اشکال بادوام و پایدار متعدد است. همراه باین وجوه پایدار، موارد معدودی هم وجود دارد که به‌علت نیروهای فعال در دنیای معاصر، در حال تغییر و تکامل‌اند. آموزشگران مهندسی باید قالب و چارچوب فعالیت‌های حرفه‌ای مهندسی را به‌خوبی بشناسند، تا بتوانند آنرا به‌صورت چارچوبی برای آموزش مهندسی در آورند.

### ۳- قالب آموزشی مهندسی

برای هر نوع آموزش، قبل از هر چیز باید قالبی در نظر گرفت. قالب آموزش مهندسی عبارت است از چارچوبی که در آن دانش فنی و دیگر مهارت‌ها تدریس، تمرین و یادگرفته می‌شوند. از دیر باز نظر مسلط این بوده است که قالب آموزش مهندسی باید برمبنای قالب کار حرفه‌ای مهندسی، تعریف شود. اگر قرار باشد که قالب آموزش را برمبنای کار حرفه‌ای مهندسی تعیین کنیم، باید تکیه اصلی آموزش را بر وجوه بدون تغییر و پایدار قالب حرفه‌ای، که پیشتر اشاره شدند، قراردهیم. از جمله این موارد عبارتند از: تمرکز بر نیازهای مصرف‌کننده‌ها؛ ارایه محصولات، فرایندها و سیستم‌های تازه؛ تلفیق اختراعات و فناوری‌های تازه؛ تمرکز بر راه‌حل‌های بین‌رشته‌ای؛ کارگروهی؛ ارتباطات موثر و کار در محدوده منابع. علاوه بر این موارد، دانشجویان را باید نسبت به‌عناصر تازه و در حال تکوین قالب حرفه‌ای مهندسی، آگاه کرده و مواردی چون توسعه پایدار، جهانی شدن، پراکندگی فعالیت‌ها و طبیعت انسان محور کار مهندسی را به‌آنها معرفی نماییم.

در شرایطی که وجوه اصلی چارچوب و قالب کار مهندسی تغییر زیادی نکرده است، آنچه در ۵۰ سال گذشته تغییر کرده کاهش تاکید آموزش مهندسی بر قالب کار حرفه‌ای است. این کاهش ارتباط با کار عملی، به‌دهه‌های ۵۰ و ۶۰ قرن بیستم و آغاز استفاده از نگرش علوم مهندسی در آموزش مهندسی، باز می‌گردد. باید توجه داشت که هدف اعلام شده پایه‌گذاران این حرکت، تقویت آموزش مهندسی به‌توسط غنی کردن آن با مبانی مستحکم‌تر علمی و تحلیلی بوده است، و نه تضعیف آن. به‌زبانی، هدف آنها جایگزینی علوم مهندسی به‌جای کار عملی نبوده بلکه افزودن آن به‌محتوی برنامه آموزشی، بوده است. با این حال، این تغییر به‌طور ناخواسته منجر به‌کاهش نقش کار حرفه‌ای در آموزش مهندسی شده است.

نتیجه اینکه، در دو دهه اخیر، مهندسی هرچه بیشتر توسط عالمان مهندسی، که بیشتر آنها سابقه کار عملی مهندسی نداشتند، تدریس می‌شده است. آموزشی که این گروه با آن آشنا هستند بیشتر قالب پژوهش مهندسی دارد. از اینرو، در قالب و چارچوبی که بیشتر با آن آشنا هستند فکر می‌کنند، کار می‌کنند و تدریس می‌نمایند. پژوهش مهندسی در جای خود امر با ارزشی است ولی در این سال‌ها به‌طور تلویحی به‌صورت قالب آموزش مهندسی در آمده و دانشجویان به‌گونه‌ای آموزش داده می‌شوند که یک پژوهشگر مهندسی بشوند و نه یک مهندس حرفه‌ای. با توجه به این نکته مهم است که نگرش جدیدی در آموزش مهندسی طرح شده، و به سرعت مورد استقبال قرارگرفته است.

نگرش جدید بر این اصل استوار است که باید به‌گذشته خود باز گردیم و آموزش مهندسی را بار دیگر در قالب کار مهندسی قراردهیم. قالبی که بر توسعه و گسترش چرخه حیات تولیدات مهندسان (یعنی محصول، فرایند یا سیستم)، استوار است. این نگرش

<sup>11</sup> engineering science

#### ۴- استانداردهای آموزش مهندسی

گروهی از دانشگاه‌های جهان، با محوریت دانشگاه ام آی تی آمریکا، برنامه‌ای ابتکاری، متشکل از ۱۲ استاندارد را در سال ۲۰۰۴ جهت راهنمایی مسئولان برنامه‌های آموزشی جهت قضاوت در مورد برنامه‌ها و مبنایی برای پیشرفت آنها در مقیاس جهانی عرضه کردند که با توجه به محتوی آن، به ابتکار CDIO معروف شده است [۱۰] و [۱۱]. در جدول ۱ عنوان هر یک از این ۱۲ استاندارد و در ادامه آن شرح مختصری از هر یک از آنها، آمده است. از این ۱۲ استاندارد، تعداد ۷ عدد آنها از اولویت بیشتری برخوردار بوده (با ستاره مشخص شده‌اند). این دوازده استاندارد بر شش زمینه زیر تاکید دارند:

- قالب برنامه CDIO (استاندارد ۱)
- برنامه درسی (۲ و ۳ و ۴)
- کار تجربی (۵ و ۶)
- تدریس و یادگیری (۷ و ۸)
- شایستگی اساتید (۹ و ۱۰)
- ارزیابی (۱۱ و ۱۲)

**الف) قالب آموزش مهندسی:** برای هر نوع آموزش، قبل از هر چیز باید قالبی در نظر گرفت. قالب آموزش مهندسی عبارت است از چارچوبی که در آن دانش فنی و دیگر مهارت‌ها تدریس، تمرین و یادگرفته می‌شود. بررسی‌ها صورت گرفته نشان داده است که توسعه و ارتقاء محصولات و سیستم‌ها قالب مناسبی برای آموزش مهندسی است. مهندسان برای توسعه محصولات، فرایند‌ها و سیستم‌ها از یک مدل چهار مرحله‌ای متشکل از شناسایی-طراحی-ساخت- بهره‌برداری، استفاده می‌کنند [۶ و ۱۰].

- **مرحله شناسایی**<sup>۱۲</sup> عبارتست از تعیین نیازهای مصرف کننده، مشخص کردن فناوری، استراتژی و رویه‌های اقتصادی، و توسعه برنامه‌های مفهومی، فنی و تجاری.
- **مرحله طراحی**<sup>۱۳</sup> بر خلق طراحی متمرکز است که عبارت است از طرح‌ها، نقشه‌ها و الگوریتم‌هایی که نشان می‌دهد که چه اجرا خواهد شد.
- **مرحله ساخت**<sup>۱۴</sup> که به تبدیل طرح به محصول مربوط می‌شود، و عبارتست از تولید، برنامه‌نویسی، آزمایش و راستی آزمایی.
- **مرحله بهره برداری**<sup>۱۵</sup> عبارتست از کسب ارزش مورد نظر توسط محصول ساخته شده شامل استفاده، نگهداری، ارتقاء، و پایان استفاده از آن.

بر این باور است که "شناسایی-طراحی-ساخت-بهره‌برداری" قالب (و نه محتوای) آموزش مهندسی است [۶]. تقریباً همه آموزشگران مهندسی بر این اعتقاد هستند که دانشجویان در دانشگاه باید اصول دانش فنی و نگرش‌های یک رشته مهندسی (معدن، عمران، برق، مکانیک، و غیره) را یاد بگیرند. آنچه این نگرش تازه از آن حمایت می‌کند این است که دانشجویان این محتوی را در قالب مناسب، بهتر درک خواهند کرد. در نتیجه، مهارت‌های فردی، جمعی و سیستم ساز آنها با قراردادن آنها در قالب تازه (یعنی شناسایی-طراحی-ساخت-بهره‌برداری)، افزوده خواهد شد [۵].

شناسایی-طراحی-ساخت-بهره‌برداری واژه‌هایی هستند که فعالیت‌های عمومی مهندسی را بیان می‌کنند. عنوان این مراحل در رشته‌های مختلف مهندسی ممکن است تاحدی با هم متفاوت باشد (مثلاً در یک‌جا به صورت برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت و کاربرد؛ و در جای دیگر دارای عناوین طرح مسئله، طراحی، اجرا و مصرف است) ولی همه آنها در واقع همان چهار مرحله کلی را بیان می‌کنند. در هر یک از این حالت‌ها مهم اینست که آموزش دانشجویان را در قالب توسعه و گسترش چرخه حیات محصول، فرایند و سیستم قراردهیم. نکات زیر، این اصل را که چرخه حیات محصول، فرایند و سیستم (یعنی شناسایی-طراحی-اجرا و بهره‌برداری) قالب مناسبی برای آموزش مهندسی است، تایید می‌کنند [۶]:

- آن چیزی است که مهندسان انجام می‌دهند
- نیازها اساسی و فهرست مهارت‌هایی است که صنعت به آموزشگران دانشگاه پیشنهاد می‌کند.
- قالبی طبیعی است که در آن این مهارت‌ها به دانشجویان آموخته می‌شود
- یادگیری مبانی فنی را به نحو بهتری امکان‌پذیر می‌سازد.
- در یکی دو دهه اخیر آموزش مهندسی در سرتا سر دنیا در حال تغییر بوده است. از علل این نیاز به تغییر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۸ و ۹]:
- کاهش دانش آموختگان مهندسی، که در عمل به حرفه مهندسی اشتغال پیدا می‌کنند
- نیاز به آموزش مهندسانی که مشارکت و رهبری موثرتری را عرضه نمایند
- نیاز به آموزش مهندسانی که توانایی بیشتری برای کار بین‌رشته‌ای داشته باشند
- نیاز بیشتر به کسب همکاری و انتقال دانش بین دانشگاه و صنعت
- ارایه آموزشی که دانشجویان را به نحو بهتری برای پدیده جهانی شدن آماده نماید
- نیاز به افزایش آگاهی و پاسخ به تغییرات زیست محیطی، توسط مهندسان.

<sup>۱۲</sup> conceiving

<sup>۱۳</sup> designing

<sup>۱۴</sup> implementing

<sup>۱۵</sup> operating

## جدول ۱. دوازده دستاورد CDIO برای آموزش مهندسی [۵] و [۱۰].

۱. قالب آموزش مهندسی\*: تبیین این اصل که توسعه و گسترش چرخه حیات محصول و سیستم (یعنی شناسایی-طراحی-ساخت- بهره برداری)، قالب آموزش مهندسی است.
۲. دستاوردهای برنامه درسی\*: دستاوردهای یادگیری مشخص و دقیق برای مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم، متناسب با هدف‌های کلی برنامه، و مورد تایید طرف‌های ذینفع.
۳. برنامه درسی یکپارچه\*: یک برنامه تحصیلی طراحی شده، در برگیرنده رشته تحصیلی و دارای طرحی جامع جهت ادغام مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم.
۴. درآمدی بر مهندسی: یک درس مقدماتی، که چارچوبی برای انجام کار مهندسی در ساخت محصول و سیستم را معرفی و اصول مهارت‌های فردی و جمعی را ارائه دهد.
۵. تجربیات طراحی و ساخت\*: یک برنامه تحصیلی، با حداقل دو تجربه طراحی-ساخت<sup>۱۶</sup>، یکی در سطح مقدماتی و یکی در سطح پیشرفته.
۶. کارگاه: آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌هایی که یادگیری عملی ساخت محصول و سیستم، و دانش رشته تحصیلی و اجتماعی را حمایت می‌کنند.
۷. تجربیات یادگیری یکپارچه\*: تجربیات یادگیری که به کسب دانش رشته تحصیلی، به همراه مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم، منجر می‌شود.
۸. یادگیری فعال: تدریس و یادگیری، با استفاده از روش‌های یادگیری فعال.
۹. مهارت‌های حرفه‌ای اساتید\*: ارتقاء توانایی اساتید در مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم.
۱۰. مهارت‌های تدریس اساتید: افزایش توانایی اساتید در استفاده از روش‌های نوین تدریس، یادگیری فعال، و ارزیابی یادگیری دانشجویان.
۱۱. ارزیابی مهارت‌ها\*: ارزیابی دانشجویان در مورد مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم، و هم چنین دانش رشته تخصصی.
۱۲. قضاوت CDIO در مورد برنامه: برقراری سیستمی که برنامه آموزشی را بر حسب این ۱۲ استاندارد مورد قضاوت قرار داده و بازخورد لازم جهت بهبود برنامه به دانشجویان، اساتید و دیگر طرف‌های ذینفع، ارائه کند.

ب) دستاوردهای یادگیری: دستاوردها عبارت از دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌های کسب شده از آموزش مهندسی می‌باشند. دستاوردهای یادگیری، یا هدف‌های یادگیری، عبارتند از آنچه دانشجویان باید در زمان تکمیل برنامه بدانند و قادر به انجام آن باشند. دستاوردهای یادگیری را به سه گروه می‌توان تقسیم کرد [۱۰]:

• دستاوردهای یادگیری فردی بر توسعه شناختی و عاطفی تک‌تک دانشجویان متمرکز است. به‌عنوان مثال می‌توان توانایی استدلال مهندسی، مشکل‌گشایی، تفکر سیستمی، تفکر خلاقانه، تفکر نقادانه، و اخلاق حرفه‌ای را نام برد.

• دستاوردهای یادگیری جمعی بر کنش‌های جمعی، مثل کارگروهی، رهبری و ارتباطات، متمرکز است.

• مهارت‌های ساخت محصول و سیستم بر شناسایی، طراحی، ساخت و بهره برداری از سیستم‌ها، در چارچوب اقتصادی و اجتماعی، متمرکز است.

ج) برنامه تحصیلی یکپارچه: برنامه تحصیلی مورد نظر شامل تجربیات یادگیری است که به کسب مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم (استاندارد ۲)، همراه با یادگیری محتوی رشته تحصیلی، منجر می‌شود. تدریس مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم نباید به‌عنوان بخشی اضافه نسبت به برنامه تحصیلی موجود، بلکه به‌عنوان جزئی از آن باشد.

د) درآمدی بر مهندسی: طراحی و اجرای یک درس مقدماتی، که به‌طور معمول یکی از اولین درس‌های اجباری برنامه بوده و چارچوب کارمهندسی ۱۷ را ارائه می‌دهد. هدف این درس برانگیختن توجه و افزایش انگیزه دانشجویان به مهندسی، به‌توسط تمرکز بر کاربرد رشته‌های اصلی مهندسی است. در این درس سرفصلی کلی از کارها و مسئولیت‌های یک مهندس، و نحوه استفاده از دانش مهندسی برای به‌اجرا درآوردن آن وظایف، عرضه می‌شود. در این درس همچنین دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌های فردی و جمعی ضروری، آموزش داده شده و دانشجویان، توسط حل مسایل و تمرینات ساده طراحی، به‌طور فردی و گروهی، با کار مهندسی آشنا می‌شوند [۱۰].

ه) تجربیات طراحی و ساخت: عبارت تجربه طراحی و ساخت، معرف دامنه‌ای از فعالیت‌های اصلی مهندسی در مورد فرایند توسعه محصولات، فرایندها و سیستم‌های جدید است. تجربیات طراحی-ساخت به دو سطح مبتدی و پیشرفته تقسیم می‌شوند. به‌عنوان مثال، محصولات و سیستم‌های ساده‌تر در قسمت‌های اولیه برنامه عرضه شده، و تجربیات پیچیده‌تر طراحی-ساخت در درس‌های انتهایی، منظور می‌شوند. فرصت‌هایی برای شناسایی، طراحی، ساخت و بهره برداری ممکن است در فعالیت‌های کمک درسی، مثل پروژه‌های پژوهشی کارشناسی و کارورزی‌ها نیز منظور شوند. تکرار تجربیات طراحی-ساخت و افزایش سطح پیچیدگی طراحی، درک دانشجویان را نسبت به فرایند توسعه محصول و سیستم، تقویت می‌کند. تاکید بر ساختن محصولات و انجام فرایندها در قالب دنیای واقعی، به دانشجویان فرصت می‌دهد که ارتباط بین محتوای مطالب

فنی که یاد می‌گیرند، و علایق حرفه‌ای و شغلی خود را پیدا کنند.

نفره، سوالات مفهومی و کسب بازخورد از دانشجویان در باره آنچه یاد گرفته‌اند، استفاده کرد.

**و) کارگاه:** محیط فیزیکی یادگیری سنتی شامل کلاس‌های درس، سالن‌های سخنرانی، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها، است. در حال حاضر آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها محل یادگیری مهارت‌ها ساخت محصول و سیستم، در راستای رشته تحصیلی اند. این محیط‌ها بر یادگیری عملی تاکید داشته و در آنها دانشجویان به‌طور مستقیم در یادگیری خود درگیر می‌شوند و هم‌چنین فرصت‌هایی برای یادگیری اجتماعی، یعنی جایی که دانشجویان می‌توانند از یکدیگر یاد بگیرند و با چندین گروه دیگر، ارتباط داشته باشند، به‌وجود می‌آید. کارگاه‌ها و دیگر محیط‌هایی که یادگیری عملی را پشتیبانی می‌کنند منابع اساسی برای فرایند یادگیری طراحی، ساخت و آزمایش محصولات و سیستم‌ها هستند. دانشجویانی که به‌ابزارها، نرم افزارها و آزمایشگاه‌های مدرن مهندسی دسترسی دارند این فرصت را می‌یابند که دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌های موثر در ساخت محصول و سیستم را، به‌دست آورند. این توانایی‌ها بیش از همه در کارگاه‌های دانشجوی محور، توسعه می‌یابد.

**ز) تجربیات یادگیری یکپارچه:** تجربیات یادگیری یکپارچه عبارت از نگرش‌های آموزشی است که به‌طور هم‌زمان یادگیری دانش رشته تحصیلی و مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم را پرورش می‌دهد. این روش‌ها، موضوعات حرفه‌ای مهندسی را، با قالبی که در آن با موضوعات رشته هم‌زیستی دارند، ادغام می‌کنند. به‌عنوان مثال، دانشجویان ممکن است تحلیل یک محصول، طراحی یک محصول و مسئولیت‌های اجتماعی طراح محصول را باهم در یک تجربه در نظر داشته باشند. با ادغام تجربیات یادگیری، اساتید به‌طور موثرتری خواهند توانست به دانشجویان در مورد کاربرد دانش رشته تحصیلی در کار مهندسی کمک کرده و ایشان را به‌نحو بهتری برای دستیابی به نیازهای حرفه مهندسی آماده نمایند.

**ح) یادگیری فعال:** روش‌های یادگیری فعال دانشجویان را به‌طور مستقیم درگیر فعالیت‌های فکری و حل مسایل می‌نماید. دانشجویان تنها کمتر از یک چهارم آنچه را که می‌شنوند و نیمی از آنچه را که می‌بینند و می‌شنوند، به‌خاطر می‌آورند. با درگیر کردن دانشجویان به‌تفکر در باره مفاهیم، به‌ویژه ایده‌های تازه، دانشجویان نه‌تنها بیشتر یاد می‌گیرند، بلکه فرا می‌گیرند که چه و چگونه یاد بگیرند. این فرایند انگیزه دانشجویان را به‌کسب دستاوردهای یادگیری برنامه و ایجاد عادت یادگیری مداوم، افزایش می‌دهد. به‌توسط روش‌های یادگیری فعال آموزشگران می‌توانند به دانشجویان کمک کنند که ارتباط بین مفاهیم کلیدی را پیدا نموده و کاربرد این دانش‌ها را در شرایط جدید تسهیل نمایند. در درس‌های سخنرانی محور از یادگیری فعال می‌توان به‌صورت روش‌هایی چون گروه‌های بحث دو یا چند

**ط) مهارت‌های حرفه‌ای اساتید:** به‌اساتید باید کمک شود که شایستگی خود را در زمینه مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم، بالا ببرند. این مهارت‌ها به‌بهترین وجه در قالب کار حرفه‌ای مهندسی کسب می‌شود. نوع و میزان توسعه حرفه‌ای اساتید، بسته به‌منابع و اهداف برنامه و موسسه آموزشی، متغیر است. برخی از اقداماتی که شایستگی اساتید را افزایش می‌دهد عبارتند از: ایجاد فرصت کار حرفه‌ای در صنعت، همکاری با افرادی در صنعت در پروژه‌های آموزشی و پژوهشی، افزودن تجربه مهندسی به‌عنوان ملاکی برای استخدام و ارتقاء اساتید، و امکان توسعه حرفه‌ای مناسب در دانشگاه. اساتیدی که قرار است برنامه‌ای را تدریس کنند که در آن مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم با دانش رشته تحصیلی تلفیق شده باشد، باید خود چنین مهارت‌هایی را داشته باشند. بسیاری از اساتید مهندسی متخصص پژوهش و دانش رشته خود بوده، و تجربه محدودی در کار مهندسی در محیط‌های صنعتی دارند. علاوه بر آن، سرعت زیاد نوآوری‌های فناوری، به‌روز شدن مداوم مهارت‌های مهندسی را ضروری می‌سازد.

**ی) مهارت‌های تدریس اساتید:** کمک به‌اساتید جهت بهبود شایستگی‌هایشان در تجربیات یکپارچه یادگیری (استاندارد ۷)، یادگیری فعال (استاندارد ۸) و ارزشیابی یادگیری دانشجویان (استاندارد ۱۱). از اقداماتی که شایستگی اساتید را افزایش می‌دهد عبارتند از: کمک به‌شرکت در برنامه‌های توسعه اساتید در داخل و خارج از دانشگاه، برگزاری جلساتی برای اشتراک ایده‌ها و تجربیات حاصل از تدریس، و تاکید بر بازنگری عملکرد و استفاده از روش‌های موثر تدریس. اگر از اساتید انتظار داریم که روش‌های جدیدی را در تدریس خود و ارزیابی دانشجویان استفاده نمایند، باید امکان تقویت این مهارت‌ها برای ایشان، ایجاد شود. بسیاری از دانشگاه‌ها برنامه‌هایی را برای پیشرفت اساتید خود در این زمینه‌ها ایجاد کرده‌اند.

**ک) ارزیابی مهارت‌ها:** ارزیابی یادگیری دانشجویان عبارت از سنجش میزان دستیابی هر دانشجو به دستاوردهای یادگیری است. آموزشگران معمولاً این ارزیابی را در درس‌های خود به‌انجام می‌رسانند. یک ارزیابی یادگیری موثر، روش‌های متنوعی را، که مطابقت خوبی با دستاوردها دارند، به‌کار می‌گیرد. این روش‌ها می‌تواند شامل آزمون‌های کتبی و شفاهی، مشاهده عملکرد دانشجویان، ارزیابی شخصی، و توسط هم‌کلاس‌ها، باشد. وقتی مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سیستم را مهم دانسته و به‌صورت دستاوردهای یادگیری بیان کرده و آنها را در برنامه تحصیلی و تجربیات یادگیری

(شکل ۱) [۵].

۴. شناسایی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری از سیستم‌ها		
۱. دانش و استدلال فنی	۲. مهارت‌ها فردی و حرفه‌ای	۳. مهارت‌های جمعی (کارگروهی و ارتباطات)

شکل ۱. ساختار سرفصل‌های نگرش جدید [۵].

همانگونه که پیشتر هم ذکر شد، گزارش یونسکو در مورد آموزش در قرن ۲۱، به این نتیجه رسیده است که آموزش دایمی در تمام طول حیات بر چهار پایه یا رکن اصلی استوار است. یادگیری برای دانستن، یادگیری برای بودن، یادگیری برای همکاری، و یادگیری برای انجام دادن [۱]. در جدول ۲ رابطه بین این چهار رکن پیشنهادی با چهار زمینه اصلی سرفصل‌های CDIO نشان داده شده است [۵ و ۸].

جدول ۲. رابطه سرفصل‌ها و چهار رکن پیشنهادی یونسکو برای آموزش در قرن ۲۱ [۵].

یونسکو	CDIO
یادگیری برای دانستن	۱. دانش و استدلال فنی
یادگیری برای بودن	۲. مهارت‌ها و شایستگی‌های فردی
یادگیری برای همکاری (ارتباطات)	۳. مهارت‌های جمعی (کارگروهی و ارتباطات)
یادگیری برای انجام دادن	۴. شناسایی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری

**دانش و استدلال فنی:** این بخش از سرفصل‌ها توصیف دقیقی از مبانی لازم برای هر آموزش مهندسی را در خود جای داده است. جزئیات این بخش در رشته‌های مختلف متفاوت است. قراردادن این بخش در ابتدای فهرست تحصیلی تاکید بر این مطلب است که توسعه دانشی عمیق از مبانی فنی، همانند گذشته باید هدف اولیه آموزش دوره کارشناسی مهندسی باشد. زمینه‌های اصلی بخش دانش و استدلال فنی عبارتند از:

دانش علوم پایه (ریاضیات، فیزیک، شیمی، بیولوژی)

دانش مبانی پایه مهندسی

دانش مبانی پیشرفته مهندسی

**مهارت‌ها و شایستگی‌های فردی و حرفه‌ای:** همه مهندسان رشته‌های مختلف، از مهارت‌های فردی و جمعی کم و بیش مشابهی استفاده می‌کنند و فرایندهای عمومی کم و بیش یکسانی را دنبال می‌نمایند. مهندسان باید توانایی استفاده از سه وجه عمده تفکر، یعنی تفکر مهندسی، تفکر علمی و تفکر سیستمی را داشته باشند.

منظور می‌نماییم؛ باید فرایندهای ارزیابی موثری نیز برای سنجش این مهارت‌ها داشته باشیم. انواع دستاوردهای یادگیری، نیاز به روش‌های ارزیابی متفاوتی دارند. به عنوان مثال، دستاوردهای یادگیری مرتبط با دانش رشته مربوطه را می‌توان با امتحانات کتبی و شفاهی ارزیابی کرد؛ در حالی که دستاوردهای مربوط به مهارت‌های طراحی-ساخت را شاید به نحو بهتری بتوان با ثبت مشاهدات سنجید. استفاده از تنوعی از روش‌های ارزیابی، سبک‌های یادگیری متنوع‌تری را پوشش داده و قابلیت اعتماد و اعتبار داده‌های ارزیابی را بیشتر می‌کند. و در نتیجه آن، تعیین میزان دستیابی دانشجویان به دستاوردهای یادگیری با اعتماد بیشتری تعیین می‌شود.

ل) قضاوت در مورد برنامه: داوری در مورد ارزش کلی یک برنامه، برحسب شواهد پیشرفت آن در جهت دستیابی به اهدافش، صورت می‌گیرد. برنامه باید بر حسب این ۱۲ استاندارد ارزیابی شود. شواهد مربوط به ارزش برنامه را می‌توان از قضاوت در مورد درس‌ها، کسب بازخورد از آموزشگران، مصاحبه با دانشجویان ورودی و سال آخر، گزارش بررسی کننده‌های خارج از برنامه، و نظرخواهی‌های صورت گرفته از دانش‌آموختگان و کارفرمایان آنها، به دست آورد. شواهد می‌تواند به طور منظم به آموزشگران، دانشجویان، مدیران برنامه، دانش‌آموختگان و دیگر طرف‌های ذینفع، گزارش شود. این بازخوردها مبنای تصمیم‌گیری در باره برنامه و در نظر گرفتن طرح‌هایی برای بهبود مداوم آن می‌باشد. فعالیت کلیدی برای قضاوت در مورد برنامه، تعیین موثر بودن و کارایی آن در رسیدن به هدف‌های آموزشی برنامه است. شواهد گردآوری شده در خلال فرایند قضاوت، به عنوان مبنایی برای بهبود مداوم برنامه، به کار گرفته می‌شود. به عنوان مثال، اگر در مصاحبه با دانشجویان سال آخر اکثریت دانشجویان بگویند که نتوانسته‌اند برخی از دستاوردهای یادگیری را کسب کنند، باید برنامه‌ای برای تعیین علت این امر و اعمال تغییرات لازم، به اجرا در آید.

## ۵- توسعه‌ی برنامه آموزشی بر مبنای نگرش جدید

در آموزش دوره‌های کارشناسی مهندسی معاصر دو نیاز در مقابل هم قرار گرفته‌اند. از یک سو حجم در حال افزایش دانش فنی است که به نظر می‌رسد دانش‌آموختگان مهندسی باید از آنها آگاه باشند؛ و از سوی دیگر، ضرورت فراگیری دامنه‌ای از دانش‌های فردی، جمعی و ساخت سیستم است، تا دانش‌آموختگان بتوانند در گروه‌های کاری مهندسی عملکرد مناسبی داشته و محصولات و سیستم‌ها را تولید نمایند. برای پوشش مناسب این دو نیاز، در این نگرش تازه، سرفصل‌هایی پیشنهاد شده که در واقع مشروح اهداف آموزش نوین مهندسی است. سرفصل‌های پیشنهاد شده دارای چهار رکن اساسی به نام‌های دانش و استدلال فنی، مهارت‌های فردی و حرفه‌ای، مهارت‌های جمعی (کارگروهی و ارتباطات)، و بالاخره CDIO، است



- طراحی
- ساخت
- بهره برداری

## ۶- بحث و نتیجه گیری

آموزش مهندسی، در دو دهه گذشته، برای همگامی با پیشرفت‌های دنیای مدرن و تربیت مهندسانی شایسته، متحول شده است. کوشش‌های صورت گرفته در طی این مدت برای تعیین شایستگی‌های دانش‌آموختگان مهندسی به تدوین فهرستی از دستاوردها منجر شده است که دانش‌آموختگان مهندسی باید بدانند و قادر به انجام آنها باشند. در دهه گذشته دانشگاه‌های پیشرو در آموزش مهندسی در حال طراحی نوعی از آموزش بوده‌اند که دانش‌آموختگان آن بتوانند به این دستاوردها دست یابند.

برنامه CDIO چارچوبی ابتکاری برای تربیت نسل آینده مهندسان بوده و آموزشی را به دانشجویمان عرضه می‌کند که بر شناسایی-طراحی-ساخت و بهره‌برداری محصولات و سیستم‌ها در دنیای واقعی، تمرکز دارد. این ابتکار به دنبال آموزشی است که دانش‌آموختگان آن بتوانند به دستاوردها و توانایی‌های در نظر گرفته شده توسط مراکز معتبر ارزشیابی جهانی، دست یابند [۱۳ و ۱۴].

در دهه گذشته کوشش‌های زیادی برای عرضه روشی کارآمد جهت دستیابی به این دستاوردها صورت گرفته است. یکی از موفق‌ترین این کوشش‌ها برنامه‌ای ابتکاری CDIO است که در این نوشته، کلیات آن معرفی شد. این نگرش تازه در آموزش مهندسی، به سرعت توسط دیگر دانشگاه‌ها، در سرتاسر جهان، مورد استقبال قرار گرفته است [۵]. مراکز آموزشی که به این نگاه تازه می‌پیوندند، با استفاده از استانداردها، سرفصل‌ها و دستورالعمل‌های تدوین شده، برنامه‌های آموزشی مهندسی خود را، در جهت رسیدن به دستاوردهای مورد نظر، مورد بازنگری قرار می‌دهند. دوازده استاندارد است. این ابتکار دانشگاه‌ها را قادر می‌سازد که برنامه‌های آموزشی خود را برحسب اهداف آن ارزیابی کنند. این استانداردها می‌توانند به عنوان راهنمایی برای بازنگری و اصلاحات آموزشی برنامه‌ها، به کار گرفته شوند. استانداردها همچنین معیار و اهدافی را برای ارزیابی درونی برنامه‌ها، ایجاد می‌کنند. سرفصل‌های پیشنهادی اساس این نگاه تازه بوده و هدف‌هایی منطقی، کامل، جهانی و عام را برای آموزش مهندسی عرضه می‌کند. سرفصل‌ها بر مهارت‌های فردی، جمعی، و طراحی و ساخت سیستم تمرکز دارند و در واقع مکمل و گسترش دهنده ملاک‌های در نظر گرفته شده توسط مراکز ارزشیابی معتبری همچون ایت، هستند.

همه مراکز آموزش عالی عرضه کننده آموزش مهندسی می‌توانند به این برنامه بپیوندند و در گردهم‌آیی‌های آن شرکت کنند. دانشگاه‌هایی که به این ابتکار ملحق می‌شوند به عنوان همکاران منطقه‌ای شناخته شده و می‌توانند در گردهم‌آیی‌های مناطق شرکت

علاوه بر این دانش‌های پایه، مهندسان باید شایستگی‌هایی چون رفتار مناسب حرفه‌ای و همچنین مهارت‌ها و شایستگی برنامه‌ریزی برای کار حرفه‌ای و به روز ماندن در دنیای پویای مهندسی، داشته باشند. مهندسان همچنین باید دارای خصلت‌های ابتکار و پشتکار، آگاهی از نقاط قوت و ضعف خود، کنجکاوی و یادگیری مداوم، و بالاخره مدیریت زمان باشند. بخش مهارت‌های فردی و حرفه‌ای به پنج زیربخش تقسیم شده است.

۱. استدلال مهندسی و مشکل گشایی
۲. آزمایش و کشف دانش
۳. تفکر سیستمی
۴. شایستگی‌ها و مهارت‌های فردی
۵. شایستگی‌ها و مهارت‌های حرفه‌ای

**مهارت‌های جمعی (کارگروهی و ارتباطات):** مهارت در کارگروهی و ارتباطات، امری حیاتی برای مهندسان است. کارگروهی متشکل از مواردی چون تشکیل گروه، عضویت در گروه، سرپرستی گروه؛ همراه با برخی مهارت‌های خاص کارگروهی فنی است. ارتباطات نیز متشکل از تنوعی از مهارت‌ها جهت استفاده از چهار رسانه رایج شفاهی، کتبی، تصویری و الکترونیک است. در این برنامه، تسلط به یک زبان خارجی نیز جزو مهارت‌های ضروری مهندسان مدرن در نظر گرفته شده است.

۶. کارگروهی
۷. ارتباطات
۸. ارتباطات به زبان خارجی

## شناسایی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری از سیستم‌ها:

محصولات و سیستم‌ها در قالب شرکت‌ها و مشاغل مختلف شناسایی، طراحی، ساخته و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. مهندسان باید این مراحل را به خوبی درک کنند تا بتوانند عملکرد مناسبی داشته باشند. مرحله شناسایی از تعیین نیاز بازار تا تجسم طراحی را در بر گرفته و شامل مرحله مدیریت پروژه هم می‌شود. طراحی شامل وجوه مختلفی چون فرایند طراحی؛ و طراحی رشته‌ای، بین رشته‌ای و چندمنظوره می‌شود. ساخت شامل فرایندهای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری ساخت و تولید، آزمایش و راستی‌آزمایی و همچنین طراحی و مدیریت فرایند ساخت می‌شود. بهره‌برداری نیز دامنه گسترده‌ای از موضوعات از طراحی و مدیریت بهره‌برداری تا حمایت از چرخه حیات محصول و بهبود آن و مسایل مربوط به پایان مصرف آن می‌شود. این قسمت از شش زیر بخش تشکیل یافته است.

- قالب خارجی و اجتماعی
- قالب تشکیلاتی و شغلی
- شناسایی و مهندسی سیستم‌ها

## مراجع

- [1] UNESCO website, <http://www.unesco.org/delors/fourpil.htm> (accessed January 2011).
- [2] National Academy of Engineering. 2004. The Engineer of 2020. Vision of Engineering in the New Century. 118 p. <http://www.nae.edu>
- [3] The Boeing Company, "Desired Attributes of an Engineer, 1996. Available at <http://www.boeing.com/companyoffices/pwu/attributes/attributes/html>
- [4] Accreditation Board of Engineering and Technology, ABET, [www.abet.org](http://www.abet.org)
- [5] Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., & Brodeur, D. R., Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach, Springer, New York, 2007.
- [6] Crawley E. F., Jianzhong Cha, Malmqvist J, Brodeur D R. 2009. The context in Engineering Education. 2008. 4th International Conference on CDIO, Belgium. 18 pp.
- [7] Mackay, A. L. 1994. Dictionary of Scientific Quotations, Hilger, London.
- [8] CDIO website [www.cdio.org](http://www.cdio.org) (accessed January 2011)
- [9] China's Looming Talent Shortage, The McKinsey Quarterly: The Online Journal of McKinsey & Co. Available at [http://www.mckinseyquarterly.com/Organization/Talent/China\\_as\\_looming\\_talent\\_shortage\\_1685\\_abstract](http://www.mckinseyquarterly.com/Organization/Talent/China_as_looming_talent_shortage_1685_abstract)
- [10] Crawley E., Gray P., Malmquist J., Goodhew P. 2010. CDIO Standards (ppt). [www.cdio.org](http://www.cdio.org)
- [11] Crawley, E. F. The CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education, MIT CDIO Report #1, 2001. Available at <http://www.cdio.org>
- [12] Hugo R., Goodhew P. 2010. The CDIO approach to engineering education; designing and integrating design-implement. [www.cdio.org](http://www.cdio.org) (accessed January 2011)
- [13] European Network for Accreditation of Engineering Education (ENAE), 2008. EUR-ACE framework standards. 14 pp. (<http://www.enaee.eu>).
- [14] Engineering Accreditation. <http://www.accreditation.org/> (accessed Feb 2010).

کنند. پیوستن به این ابتکار بارمالی ندارد؛ تمام اسناد و مدارک در اختیار عموم قرار می‌گیرد؛ و دانشگاه‌ها تشویق می‌شوند که از این منابع به صورتی متناسب با شرایط خود، استفاده نمایند. این ابتکار به توسط شورایی متشکل از موسسان آن (دانشگاه ام‌ای‌تی آمریکا و چالمرز سوئد) و همراهان اولیه آن (دانشگاه فنی دانمارک، دانشگاه کوئینز ایرلند، دانشگاه کوئینز کانادا، دانشگاه پرتوریای آفریقای جنوبی و آکادمی دریایی آمریکا) اداره می‌شود [۵ و ۸].

پس از آنکه یک دانشگاه تمایل به پیوستن به این ابتکار را اعلام کرد، مدارک لازم در اختیارش قرار داده می‌شود. دانشگاه‌هایی که مایل به پیوستن به این برنامه هستند باید پرسشنامه‌ای را که به این منظور تهیه شده، تکمیل نمایند. این پرسشنامه به دنبال اطلاعات زیر است: طرح موسسه آموزشی برای پیوستن به این برنامه چیست، کدام برنامه‌های آموزشی به این منظور در نظر گرفته شده‌اند و چه منابعی را برای این کار حاضرند اختصاص دهند. پس از اینکه مراتب مورد قبول واقع شد، دانشگاه به عنوان یک همکار منطقه‌ای شناخته می‌شود.

حال که ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی کشور، جهت اطمینان از کسب دستاوردهای مورد نظر، توسط دانش‌آموختگان آنها، مورد توجه قرار گرفته است؛ مراکز آموزشی باید با بازنگری محتوی برنامه‌های آموزشی و روش ارزیابی آنها، خود را برای همسویی با این روند نوین در آموزش مهندسی، هرچه بیشتر آماده نمایند.