فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال بیست و ششم، شماره ۱۰۴، زمستان ۱۴۰۳، صص.۴۸-۲۹

راهکارهایی برای ارتقای کیفیت آموزش مهندسی ایران

حسین معماریان[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/ ۵/۲۱

DOI: 10.22047/ijee.2024.447763.2065

DOR: 20.1001.1.16072316.1403.26.104.2.3

چکیده: چه دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌هایی را دانشجویان باید در زمان فارغ‌التحصیلی کسب نموده باشند؟ و چگونه می‌توانیم مطمئن شویم که دانشجویان به این توانایی‌ها دست یافته‌اند؟ اینها دو سؤال اساسی است که آموزش مهندسی در چند دهه اخیر، به دنبال پاسخ به آن بوده و قدم‌های ارزنده‌ای را برای پاسخ به آنها برداشته است. به طور هم‌زمان، دو سؤال عمده در آموزش مهندسی کشور عبارتند از: کاستی‌های برنامه‌های آموزش کارشناسی مهندسی ایران کدام است؟ و چگونه می‌توان با رفع این کاستی‌ها کیفیت آموزش مهندسی را ارتقا داد؟ در چند دهه گذشته، برنامه‌ریزی آموزش مهندسی ایران، به صورت متمرکز صورت گرفته است. در نتیجه، بخش قابل توجهی از نقاط قوت و ضعف برنامه‌های آموزشی مصوب کشور، مشترک هستند. هدف این پژوهش شناسایی کاستی‌های برنامه‌های آموزش مهندسی و ارائه راهکارهای اجرایی برای برطرف‌کردن آنهاست. به این منظور، با استفاده از دو الگوی معتبر جهانی، کاستی‌های برنامه‌ها شناسایی شد و در هر مورد، راهکار اجرایی برای برطرف نمودن آنها تدوین و پیشنهاد گردید. در ادامه، راهکارهای پیشنهادی مورد راستی‌آزمایی قرار گرفت و کارایی آنها به اثبات رسید. اجرای راهکارهای پیشنهادی، قدمی مثبت برای گذر از کمیت به کیفیت در آموزش مهندسی ایران است.

واژگان کلیدی: آموزش مهندسی ایران، ارزشیابی برنامه‌های آموزشی، کیفیت، CDIO ،EC2000.

۱- استاد دانشکدگان فنی دانشگاه تهران memarian@ut.ac.ir و رئیس کرسی یونسکو در آموزش مهندسی ucee.ut.ac.ir و enged.ir

۱. مقدمه

آموزش عالی ایران، در طول چند دهه گذشته، سال‌های پر فراز و نشیبی را پشت سر گذارده است. در طول دهه هشتاد شمسی تعداد دانشجویان کشور به سرعت افزایش یافت. در طی این مدت متوسط نرخ رشد سالیانه دانشجویان ۹/۸٪ بوده است. در همین مدت، رشد تعداد دانشجویان در گروه فنی و مهندسی، به مراتب بیشتر و سالیانه ۱۳/۴٪ بوده است. حاصل این امر افزایش قابل توجه سهم دانشجویان مهندسی، در آموزش عالی کشور بوده است. بر طبق آماری که در سال ۲۰۱۵ میلادی منتشر شد، ایران پس از روسیه و آمریکا، سومین کشور از نظر تعداد دانش‌آموختگان مهندسی بوده است.

در سال‌های اخیر، و با گذر تدریجی حباب جمعیتی از مانع کنکور، تعداد متقاضیان این آزمون به تدریج کاهش یافته است. روند کاهشی متقاضیان کنکور، به ویژه متقاضیان گروه فنی و مهندسی، می‌تواند هشداری برای مراکز آموزش مهندسی کشور باشد. پدیده صندلی‌های خالی که در سال‌های اخیر در چند دانشگاه خودنمایی کرده است، می‌رود تا به تدریج در دیگر مراکز آموزش عالی مهندسی نیز خود را به صورتی نشان دهد. در فردایی نه چندان دور، متقاضیان آموزش عالی به تدریج امکان انتخاب بیشتری خواهند داشت. در چنین شرایطی دو عامل کیفیت بهتر آموزش‌های ارائه شده و هزینه کمتر آن آموزش‌ها، جزو اولویت‌هایی خواهند بود که مورد توجه قرار خواهند گرفت.

در چند دههٔ گذشته آموزش مهندسی در سطح جهان، تحولات زیادی را پشت سر گذارده و ملاک‌های مشخصی برای یک آموزش مهندسی معیار پیشنهاد شده است (IEA, 2009). امروزه، مراکز آموزش مهندسی پیشرو، برنامه‌های آموزشی خود را به‌گونه‌ای عرضه می‌نمایند که دانش‌آموختگانی توانا برای ورود به بازار کار مهندسی، در سطح ملی و بین‌المللی به دست دهد. در چنین شرایطی است که ارتقای کیفیت برنامه‌های آموزشی کشور، در اولویت قرار می‌گیرد. یکی از در دسترس‌ترین روش‌ها برای آگاهی از نقاط قوت و ضعف برنامه‌های آموزشی و ارتقای کیفیت آن، گذر موفقیت از فرایند ارزشیابی است؛ که با توجه به ملاک‌ها و استانداردهای مورد قبول جهانی، تدوین شده است.

به نظر می‌رسد زمان آن فرا رسیده است که برنامه‌ریزان و مدیران مراکز عرضه‌کننده آموزش عالی مهندسی کشور به دنبال ایجاد جاذبه هایی در خور برای آموزش‌های ارائه شده خود باشند. یکی از در دسترس‌ترین این جاذبه‌ها گذر موفقیت‌آمیز از فرایند ارزشیابی است که برنامه‌های آموزشی را در مقایسه با استانداردهای مورد قبول جهانی ارزیابی می‌کند. چنین به نظر می‌رسد مراکزی که این فرصت را از دست بدهند، به تدریج با مشکلات متعددی، از جمله افزایش پدیده صندلی‌های خالی، و یا متقاضیان با پیشینه علمی ضعیف‌تر، روبه‌رو خواهند بود.

در این مقاله، ضمن تشریح فشرده فرایند ارزشیابی، کاستی‌های برنامه‌های آموزش مهندسی ایران برای گذر موفقیت‌آمیز از فرایند ارزشیابی مورد بحث قرار گرفته است. به دنبال آن، الگویی شناخته‌شده، حاوی ۱۲ استاندارد، با هدف ارتقای برنامه‌های آموزش مهندسی کشور و همخوانی آن

با آموزش‌های پیشرفته در جهان، عرضه شده است و در هر مورد اقدامات اجرایی برای دستیابی به این استانداردها، عرضه شده است. تحقق این استانداردها، ضمن ارتقای کیفیت آموزش مهندسی، گذر موفقیت‌آمیز از فرایند اعتبارسنجی و اخذ اعتبارنامه کیفیت برنامه‌های آموزش مهندسی را تسهیل نموده و علاوه بر آن مسیر پیوستن به پیمان‌های جهانی هم ارزی مدارک دانشگاهی مهندسی را هموار می‌کند.

۲. شناسایی کاستی‌های برنامه‌های آموزش مهندسی ایران

پیش‌نیاز هر اقدامی در جهت ارتقای یک برنامه آموزش مهندسی، شناسایی کمبودهای احتمالی آن است. روشی کارآمد جهت ارزیابی برنامه و تعیین کاستی‌های آن، بررسی شایستگی‌های دانش‌آموختگان در ارتباط با نیازهای صنعت است. این شایستگی‌ها ثابت نیست و به دلیل ماهیت پویای مهندسی، با گذر زمان تغییر می‌کنند (NAE, 2024). روش مناسب‌تر برای تعیین کارایی برنامه‌های آموزش مهندسی کشور، ارزیابی آنها با توجه به ضوابط و ملاک‌هایی است که هم‌اکنون برای تضمین کیفیت برنامه‌های آموزش مهندسی، در دیگر نقاط جهان، به کار گرفته می‌شود. شناسایی و برطرف کردن این کاستی‌ها، موفقیت در فرایند ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی را تضمین خواهد کرد (Memarian, 2011). برای ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی کشور، هم‌راستا با بسیاری از کشورهای جهان، هشت ملاک در نظر گرفته شده است. مرور جدول ۱ کاستی‌های عمومی برنامه‌های آموزش مهندسی کشور را، برای تحقق هر یک از این ملاک‌ها، نشان می‌دهد.

جدول ۱. ملاک‌های ارزیابی برنامه‌های آموزش مهندسی (ABET 2018, Engineering Accreditation 2010)

۱. دانشجویان: برنامهٔ آموزشی باید بتواند عملکرد دانشجویان را بسنجد؛ به دانشجویان در مورد برنامهٔ درسی و آینده حرفه‌ای راهنمایی ارائه دهد؛ پیشرفت دانشجویان را در رابطه با دستاوردهای برنامه دنبال کند؛ و آنها را قادر سازد که در زمان فارغ‌التحصیلی، به تمام الزامات برنامه دست یابند. در بسیاری از مراکز آموزشی کشور، تعداد زیاد دانشجویان و مشغلهٔ اساتید باعث شده که ارائهٔ راهنمایی به دانشجویان، توسط اساتید درس و یا استاد راهنما و گروه آموزشی، زیاد جدی گرفته نشود.
۲. هدف‌ها: هر برنامه آموزشی باید حاوی هدف‌های آموزشی مکتوب، همخوان با مأموریت واحد آموزشی و ملاک‌های ارزیابی، باشد؛ مطابقت اهداف برنامه آموزشی با نیازهای طرف‌های درگیر در آن را، هر چند مدت یکبار، توسط فرایندی مشخص تعیین و ثبت نماید؛ همچنین با استفاده از فرایندهای ارزیابی و قضاوت، به طور ادواری میزان دستیابی به اهداف را تعیین و مستند نماید. خلاصه اینکه، هم برنامهٔ آموزشی و هم هر یک از درس‌های آن، باید دارای هدف‌های مشخص باشند. در برنامه‌های آموزش مهندسی کشور، هدف‌های آموزشی، حتی اگر به درستی تهیه شده باشند، کمتر مورد توجه و استفاده قرار می‌گیرند.
۳. دستاوردها: دستاوردها توصیف دقیق آن چیزی است که انتظار می‌رود تا دانشجویان بدانند و در زمان فارغ‌التحصیلی قادر به انجام آن باشند. این موارد شامل دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌های کسب‌شده توسط دانشجویان، در طول برنامه است. هر برنامهٔ آموزش مهندسی باید نشان دهد که دانش‌آموختگان آن، به یازده دستاورد در نظر گرفته‌شده، رسیده‌اند. برنامه‌های آموزش مهندسی کشور، اغلب فاقد دستاوردهای برنامه و هدف‌های یادگیری برای درس‌ها بوده‌اند و یا به درستی تعریف نشده‌اند. دستاوردها، اساس آموزش مهندسی مدرن است و کل فرایند آموزش (چون طراحی و تهیهٔ مواد درسی، انتخاب روش تدریس و نحوهٔ ارزیابی میزان یادگیری دانشجویان)، با توجه به آنها صورت می‌گیرد.

ادامه جدول ۱

۴. ارتقای مداوم کیفیت: ارائهٔ یک برنامهٔ آموزشی که از معیارهای تعیین‌شده برخوردار باشد، کافی نیست. برنامه‌های آموزش مهندسی باید حالتی پویا داشته باشند و هر برنامهٔ باید بتواند به طور ادواری، شواهد اقداماتی را که در راستای بهبود آن صورت گرفته است، نشان دهد. ملاک‌های ۲ (هدف‌ها) و ۳ (دستاوردها)، مبنای خوبی برای نشان دادن بهبود کیفیت برنامهٔ آموزشی است. در چند دههٔ گذشته، برنامه‌ریزی آموزش مهندسی کشور حالتی متمرکز داشته است و دانشگاه‌ها، یک برنامهٔ درسی واحد را به اجرا در می‌آوردند. این روش جایی برای خلاقیت‌ها و نوآوری‌های آموزشی دانشگاه‌های مختلف، باقی نمی‌گذاشت.
۵. برنامهٔ درسی: سازمان‌های ارزشیابی معمولاً جزئیات برنامه درسی را مشخص نکرده بلکه تنها ساختار کلی آن را مشخص می‌کنند. با این شرط که توسط برنامهٔ درسی، که اوج آن یک تجربهٔ کامل طراحی است، دانشجویان جهت فعالیت‌های حرفهٔ مهندسی آماده شوند. یکی از مشکلات برنامه‌های کنونی، عدم توجه به دستاوردهای نوین آموزش مهندسی است که در چند دههٔ اخیر، حاصل شده است.
۶. آموزشگران: تعداد مدرسان تمام‌وقت باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر آموزش و راهنمایی دانشجویان، فرصت کافی برای پژوهش، شرکت در فعالیت‌های اجرایی، توسعه توانایی‌های تخصصی و حرفه‌ای و ارتباط با صنعت را داشته باشند. به همین ترتیب، میزان تدریس اساتید باید به‌گونه‌ای باشد که فعالیت‌های فوق، امکان‌پذیر گردد. در دو دهه گذشته، گروهی از مراکز آموزش عالی مهندسی کشور، به خصوص در بخش غیردولتی، عمدتاً متکی به اساتید دیگر مراکز آموزشی (اساتید پروازی) بوده‌اند. مسئله دیگری که به طور غیرمستقیم بر آموزش تأثیر می‌گذارد، کمبود درآمد اعضای هیئت علمی است که باعث می‌شود اغلب آنها، در بیش از یك محل به‌کار مشغول باشند.
۷. امکانات: کلاس‌های درس، آزمایشگاه‌ها و تجهیزات مرتبط با آنها باید متناسب با اهداف برنامه آموزشی باشد و محیطی مناسب برای آموزش و فراگیری فراهم کند. امکانات و تجهیزات باید به‌گونه‌ای باشند که ارتباط بین اساتید و دانشجویان تسهیل شود و فعالیت‌های تخصصی ترغیب گردد. برنامه باید فرصت فراگیری کاربردهای ابزارهای مهندسی مدرن را برای دانشجویان فراهم نماید. امکانات مناسب برای کسب اطلاعات و محاسبات باید در دسترس باشد تا فعالیت‌های پژوهشی دانشجویان و استادان، و اهداف آموزشی برنامه و دانشگاه را برآورده سازد. در کشور ما، افزایش بی‌رویهٔ تعداد دانشجویان، درکنار ثابت ماندن وسایل و امکانات آزمایشگاهی در برخی از مراکز آموزشی، فعالیت‌های عملی، آزمایشگاهی و کارگاهی را با مشکلاتی روبه‌رو ساخته است.
۸. پشتیبانی: برای تضمین کیفیت و کمیت برنامه، باید حمایت دانشگاه، منابع مالی لازم و مدیریت سازنده به نحو مناسبی وجود داشته باشد. منابع باید به حدی باشد که جذب، حفظ و ارتقای حرفه‌ای اعضای هیئت علمی شایسته را امکان‌پذیر سازد. منابع همچنین باید برای تامین، نگهداری و استفاده از وسایل و تجهیزات مورد نیاز برنامهٔ مهندسی، کافی باشد. نیروی پشتیبانی و خدماتی نیز باید متناسب با نیازهای برنامه باشند. یکی از مشغله‌های ذهنی اغلب مدیران مراکز آموزش مهندسی کشور، کمبود منابع مالی تخصیص‌یافته از بخش دولتی و نیز نازل بودن منابع مالی جذب‌شده از بخش صنعت است.

از میان ملاک‌های درنظرگرفته‌شده برای ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی (جدول ۱)، دستاوردها، یعنی آنچه دانش‌آموختگان باید در پایان برنامه بدانند و یا قادر به آنجام آن باشند، از بیشترین اهمیت برخوردار است. بررسی فهرست دستاوردها یا شایستگی‌های درنظرگرفته‌شده توسط نهادهای مختلف ارزشیابی بین‌المللی، هماهنگی بسیار زیاد بین آنها را نشان می‌دهد (Memarian 2011, ABET 201). در جدول ۲ یازده دستاورد پایه درنظرگرفته‌شده برای برنامه‌های کارشناسی آموزش مهندسی کشور ارائه شده است. یازده دستاورد درنظرگرفته‌شده برای آموزش مهندسی را می‌توان به دو دسته مهارت‌های تحصیلی و حرفه‌ای تقسیم کرد (Memarian, 2011). مهارت‌های تحصیلی، شامل پنج دستاورد دانش مهندسی، بررسی‌های مهندسی، طراحی مهندسی، تحلیل مهندسی و کار با ابزارهای مدرن است. مهارت‌های حرفه‌ای نیز شامل ۶ دستاورد کارگروهی، مسئولیت‌های حرفه‌ای،

ارتباطات مهندسی، مهندسی و جامعه، یادگیری مداوم و آگاهی از مسائل معاصر است.

مهارت‌های تحصیلی، گروهی از شایستگی‌ها هستند که به طور سنتی در برنامه‌های تحصیلی منظور می‌شوند. هر یک این مهارت‌ها به صورت درس‌هایی با سرفصل‌های مشخص آموزش داده می‌شوند. مهارت‌های حرفه‌ای اغلب کمتر مورد توجه قرار می‌گیرند و یا به صورت یک محصول فرعی، از فعالیت‌های گروه اول حاصل می‌شوند. مهارت‌های حرفه‌ای را می‌توان آموزش داد ولی نه الزاماً با روش سنتی سخنرانی. این مهارت‌ها را با استفاده از روش‌های مدرن یادگیری فعال و مشارکتی، توجه به تفاوت‌ها در شیوه یادگیری و آگاهی از تدریس مهندسی در غالب مناسب آن می‌توان تدریس کرد.

برنامه‌ریزی آموزش مهندسی در ایران، در سه دهه گذشته حالتی متمرکز داشته و در نتیجه ساختار و محتوی برنامه‌ها، در مؤسسات آموزشی مختلف، کم‌وبیش مشابه است. از این رو، بررسی یک برنامه آموزشی در یک دانشگاه و تعیین نقاط قوت و ضعف آن، در ارتباط با دستاوردهای مورد نظر می‌تواند تا حدی وضعیت کلی برنامه‌های آموزش مهندسی کشور را مشخص نماید. در جدول ۲ توانایی برنامه‌های آموزش مهندسی کشور برای دستیابی دانش‌آموختگان به یازده شایستگی و دستاورد یک برنامه آموزش مهندسی موفق، مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۲. توانایی آموزش مهندسی کشور برای دستیابی به دستاوردهای مورد نظر برای یک دوره کارشناسی مهندسی (ABET, 2018; Memarian, 2011/b&c)

۱. دانش مهندسی: دانش‌آموختگان مهندسی باید بتوانند ریاضیات، علوم، مبانی مهندسی و یک زمینه تخصصی مهندسی را برای حل مشکلات پیچیده مهندسی، به‌کارگیرند. بیشترین تأکید برنامه‌های موجود آموزش مهندسی کشور بر این بخش متمرکز است. این دستاورد در سرفصل‌های برنامه‌های آموزش مهندسی ایران کم‌وبیش منظور شده است و در مواردی نیز ممکن است بیش از مقادیر تجویز شده باشد.
۲. بررسی‌های مهندسی: دانش‌آموختگان باید بتوانند در مورد مسائل فنی از روش‌های مناسب برای پژوهش و یا بررسی‌های دقیق دیگر، استفاده نمایند. این دستاورد متشکل از طراحی آزمایش‌ها، انجام آزمایش‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج آن است. آزمون‌های آماری، آزمایش‌های آزمایشگاهی و میدانی نیز در این دستاورد در نظر گرفته می‌شوند. این دستاورد به خوبی در برنامه‌های آموزش مهندسی کشور پوشش داده نمی‌شود.
۳. طراحی مهندسی: توانایی طراحی یک وسیله، فرایند یا سامانه (سیستم)، جهت رفع نیازها با در نظر گرفتن واقع‌بینانه محدودیت‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، اخلاقی، تندرستی و ایمنی از مهم‌ترین فعالیت‌های مهندسان است. بررسی عناوین و سرفصل‌های دروس مصوب، کم‌توجهی به طراحی در برنامه آموزشی را تأیید می‌کند. پیش‌زمینه طراحی، باروری خلاقیت است. دانشجویان در جایی می‌توانند خلاقیت‌های خود را به ظهور برسانند که اجازه بیان و عرضهٔ آنها را داشته باشند. این هدف به هیچ وجه در کلاس‌های استادمحور، که تنها متکی به ارائهٔ سخنرانی‌های سنتی است، حاصل نمی‌شود.
۴. کار گروهی: امروزه مهندسی، حاصل مشارکت جمعی است. برای تقویت این توانایی، دانشجویان باید در طول دورهٔ تحصیلی کار و ارتباط متقابل با دیگران را تجربه کنند. در ایران کار گروهی دانشجویان اغلب به فعالیت‌های آزمایشگاهی، که معمولاً به صورت دو یا چند نفره انجام می‌شود، محدود می‌گردد. امروزه در دنیا دانشجویان به صورت‌های مختلفی در کار گروهی درگیر می‌شوند. به عنوان مثال پروژهٔ کارشناسی مهندسی در اغلب دانشگاه‌های بزرگ دنیا، به صورت گروهی انجام می‌شود
۵. تحلیل مهندسی: دانش‌آموختگان باید بتوانند با استفاده از اصول اولیه ریاضیات، علوم طبیعی و علوم مهندسی مسائل مهندسی را شناسایی، ساماندهی و حل نمایند. در برنامه‌های آموزش مهندسی کشور این دستاورد تا حد زیادی منظور شده است، گرچه گزارشی در مورد میزان حصول به آن در دسترس نیست.

ادامه جدول ۲

۶. مسئولیت‌های حرفه‌ای: درک مسئولیت‌های حرفه‌ای و اخلاقی، از دیگر توانایی‌های دانش‌آموختگان مهندسی است. این دستاورد متشکل از چهار مؤلفه است. توانایی شناختن گزینه‌های اخلاقی، آگاهی از دستورالعمل‌های اخلاقی، قضاوت در مورد ابعاد اخلاقی فعالیت‌های حرفه‌ای و نشان دادن رفتار اخلاقی. برنامه‌های کنونی آموزش مهندسی کشور در این زمینه دارای کمبودهایی است و باید با اصلاح برخی از درس‌های موجود، یا در نظر گرفتن درسی جدید، این دستاورد را پوشش داد.
۷. ارتباطات مهندسی: دانش‌آموختگان مهندسی باید بتوانند به طور مؤثری با دیگر مهندسان و جامعه ارتباط شفاهی، نوشتاری، الکترونیکی و تصویری برقرار کنند. ارتباطات مهندسی مهارت‌هایی هستند که به خوبی می‌توان آنها را آموزش داد و ارزیابی کرد. در اغلب دانشگاه‌های بزرگ، در سال اول دوره کارشناسی مهندسی، درسی جهت تقویت مهم‌ترین مهارت‌های مورد نیاز، از جمله ارتباطات مهندسی، منظور شده است. در طی برنامه نیز این مهارت‌ها به تدریج در دروس مختلف تقویت می‌شوند.
۸. مهندسی و جامعه: درک تأثیر راه حل‌های مهندسی بر جامعهٔ محلی و جهانی از دیگر توانایی‌های مورد نیاز دانش‌آموختگان مهندسی است. دستیابی کامل به این دستاورد در برنامه‌های آموزش مهندسی کشور، نیاز به فرهنگ‌سازی و اطلاع‌رسانی مناسب دارد.
۹. یادگیری مداوم: یادگیری و کسب مداوم آموزش در طول کار حرفه‌ای نگرشی است که دانش‌آموختگان باید به آن دست یابند. اجتناب از محور قرار دادن جزوه یا یک کتاب درسی، به عنوان تنها منابع درس، تشویق دانشجویان به جستجوی مطالب مورد نیاز در کتابخانه، بانک‌های اطلاعاتی یا اینترنت و در اختیار داشتن اساتیدی که در زمینه‌های علمی و حرفه‌ای به روز باشند، به تدریج به نهادینه شدن نگرش یادگیری مداوم در دانشجویان کمک می‌کند.
۱۰. آگاهی از مسائل معاصر. چون پدیدهٔ جهانی شدن، به مهندسی نیز سرایت کرده است، دانشجویان مهندسی باید با مسائل دنیای معاصر آشنایی داشته باشند. امروزه، گسترش وسایل ارتباط جمعی و شبکه‌های اجتماعی این امر را تسهیل کرده است ولی برنامهٔ درسی نیز باید بتواند اطلاعات لازم را در زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی، تجاری ، فرهنگی، سیاسی و زیست‌محیطی، در اختیار دانشجویان قرار دهد. در مورد این دستاورد نیز برنامه‌های آموزش مهندسی ایران کاستی‌هایی دارد.
۱۱. کار با ابزارهای مدرن: استفاده از فناوری‌ها، مهارت‌ها، و ابزارهای مدرن از دیگر توانایی‌هایی است که دانش‌آموختگان باید در طول آموزش دانشگاهی به آن دست‌یابند. این دستاورد، متشکل از دامنه گسترده‌ای از ابزارها و مهارت‌های مورد نیاز دانش‌آموختگان مهندسی شامل: نرم‌افزار رایانه‌ای، بسته‌های شبیه‌سازی، وسایل تشخیص، استفاده از منابع فنی و ابزارهای جستجوی منابع است. تحقق این دستاور وابسته به وجود امکانات کافی و سهولت دسترسی دانشجویان به آنها دارد. سطح دسترسی دانشجویان به وسایل و ابزارهای مدرن مهندسی، در مراکز آموزشی مختلف کشور، بسیار متفاوت است.

در سال‌های اخیر، بیشتر گروه‌ها و واحدهای آموزش مهندسی کشور، صرف نظر از امکانات و توانایی‌هایشان، تمایل داشته‌اند که همه یا بیشتر تخصص‌ها یا گرایش‌های مصوب را، حتی در سطوح کارشناسی ارشد و دکتری، راه‌اندازی نمایند (Memarian, 2013). تأسیس پرشتاب گروه‌های جدید و گسترش سریع فعالیت‌های آنها در کشور، مصادف است با ادغام گروه‌های آموزشی و تخصصی کردن هر چه بیشتر فعالیت‌های آنها در کشورهای پیشرفته. فرایند ادغام در این کشورها به‌گونه‌ای سامان می‌یابد که گروه‌های آموزشی جدید، هرکدام در یکی دو گرایش خاص از امکانات و تخصص ویژه برخوردار باشند (IEA 2007, NAE 2024).

ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی مناسب‌ترین راه برای آگاهی از کمبودها، و الگویی شایسته برای انتخاب اقدامات اصلاحی، جهت چیره شده بر آنهاست. برطرف کردن کاستی‌های موجود و

ارتقای کیفیت آموزش مهندسی در کشور مستلزم انجام اقدامات متنوعی از سوی طرف‌های ذی‌نفع، از جمله وزارت علوم تحقیقات و فناوری، مراکز آموزش مهندسی، آموزشگران و مؤسسه ارزشیابی آموزش مهندسی ایران است.

برنامه‌های آموزش مهندسی ایران، در کنار نکات قوتی که دارد، دارای کاستی‌های متعددی نیز هست. این کاستی‌ها را، می‌توان به دو گروه عام و مشترک بین همه برنامه‌ها و خاص هر یک از برنامه‌های آموزش مهندسی، تقسیم کرد. کاستی‌های عمومی برنامه‌ها تا حد زیادی ناشی از توجه بیش از حد به دانش‌افزایی و کم‌توجهی به توسعه مهارت‌ها و نگرش‌های ضروری چون کار گروهی، ارتباطات و طراحی در دانشجویان است. تأکید هر برنامه آموزشی به دستاوردهایش، یعنی آنچه دانش‌آموختگان فرا گرفته‌اند و یا قادر به انجام آن هستند، قدمی بزرگ در جهت ارتقای آن برنامه خواهد بود (Memaria, 2011).

تجربه جهانی نشان می‌دهد که ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی، بهترین روش برای آگاهی از کاستی‌های آنهاست. کسب مدرک ارزشیابی از یک سازمان معتبر، نشانگر این است که حداقل شرایط مورد توافق جهانی برای یک برنامه آموزش مهندسی، برآورده شده است (Memarian, 2011). رسیدن به چنین شرایطی مستلزم این است که هر یک از طرف‌های ذی‌نفع در آموزش مهندسی کشور، سهم خود را در برطرف کردن کاستی‌ها ایفا نمایند.

۳. راهکارهای اجرایی برای برطرف کردن کاستی‌ها

شناسایی کاستی‌های آموزش مهندسی، از طریق ارزشیابی برنامه‌های آموزشی توسط الگوی پیشنهادشده توسط ابت آمریکا (EC2000)، به طور گسترده‌ای در کشورهای مختلف، به کار گرفته می‌شود. به منظور رفع کاستی‌های شناسایی‌شده توسط EC۲۰۰۰ پیشنهادهای مختلفی عرضه شده است. در سال ۲۰۰۴ دانشگاه MIT، همراه با گروهی از دانشگاه‌های پیشرو، ۱۲ استاندارد را معرفی کردند که به ابتکار CDIO معروف شد. هدف این استانداردها ارائه روش‌های اجرایی برای انجام تغییرات ضروری در برنامه‌های آموزش مهندسی است، به گونه‌ای که بتوانند فرایند ارزشیابی را با موفقیت پشت سر بگذارند و مدرک تأیید کیفیت در سطح ملی و بین‌المللی را کسب نمایند. تا این تاریخ بیش از ۱۰۰ دانشگاه و مرکز آموزشی، از قاره‌های مختلف، به این ابتکار ملحق شده‌اند و با به کار گرفتن استانداردهای پیشنهادی آن، کیفیت برنامه‌های آموزش مهندسی خود را ارتقاء داده‌اند (Crawley et al., 2007). ما نیز در ادامه با به کارگیری استانداردهای پیشنهادشده توسط CDIO، کاستی‌های برنامه‌های آموزش مهندسی ایران را بررسی و در هر مورد راهکارهای اجرایی، برای مرتفع کردن آنها، عرضه می‌کنیم.

۴. استانداردهای کیفیت آموزش مهندسی

فعالیت محوری مهندسان طراحی و اجرای راه‌حل‌هایی است که پیشتر وجود نداشته و به صورتی مستقیم یا غیرمستقیم در جهت خدمت به جامعه یا بخشی‌هایی از آن است. حاصل آفرینش‌های مهندسی محصولات، فرایندها و سامانه‌هاست.

- محصولات (انواع اشیا، کالاها یا وسایل)
- فرایندها (هر عمل صورت‌گرفته در راستای یک هدف)
- سامانه‌ها (ترکیب اشیا و فرایندها برای حصول به دستاوردی خاص)

مهندسان برای توسعه محصولات، فرایندها و سامانه‌ها از یک مدل چهارمرحله‌ای شناسایی- طراحی- ساخت و بهره‌برداری (CDIO)، استفاده می‌کنند. این مراحل، در عمل در برگیرندهٔ چرخهٔ حیات محصول، فرایند و یا سامانه است (Crawley et al., 2007).

- شناسایی[1]: تعیین نیازهای بازار و مصرف‌کننده، مشخص کردن فناوری، راهبرد و رویه‌های اقتصادی، مدیریت پروژه، ...
- طراحی[2]: خلق طراحی (تهیه طرح‌ها، نقشه‌ها و الگوریتم‌هایی که نشان می‌دهد که چه اجرا خواهد شد)
- ساخت[3]: تبدیل طرح به محصول (تولید، آزمایش و راستی‌آزمایی)
- بهره‌برداری[4]: کسب ارزش مورد نظر توسط محصول ساخته‌شده (استفاده، نگهداری، ارتقاء و خاتمهٔ استفاده)

ابتکار CDIO معتقد است که آموزش مهندسی را باید بار دیگر بر زمینه یا قالب کار مهندسی استوار کرد. برای دستیابی به این هدف، ۱۲ استاندارد را معرفی کرده است که بر شش زمینهٔ: قالب برنامه، برنامهٔ درسی، کار تجربی، تدریس و یادگیری، شایستگی اساتید، و ارزیابی آموزش تأکید دارد (جدول ۳). تحقق استانداردهای CDIO، نیازهای ملاک‌های ارزشیابی EC2000 را، برآورده می‌سازد.

جدول ۳. دوازده استاندارد CDIO برای ارتقای کیفیت آموزش مهندسی (Crawley et al., 2010; Memarian, 2012)

زمینه	استاندارد
قالب برنامه	**۱. قالب آموزش مهندسی:** تبیین این اصل که توسعه و گسترش چرخهٔ حیات محصول و سامانه (یعنی شناسایی- طراحی- ساخت - بهره‌برداری)، قالب آموزش مهندسی است
برنامه درسی	**۲. دستاوردهای برنامه درسی:** طراحی دستاوردهای یادگیری مشخص و دقیق برای مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سامانه، متناسب با هدف‌های کلی برنامه و مورد تأیید طرف‌های ذی‌نفع

1- Conceive
2- Design
3- Implement
4- Operation

ادامه جدول ۳

زمینه	استاندارد
	۳. برنامه درسی یکپارچه: طراحی برنامه تحصیلی، در برگیرندهٔ رشتهٔ تحصیلی و دارای طرحی جامع جهت ادغام مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سامانه
	۴. درس درآمدی بر مهندسی: ارائه یک درس مقدماتی، که چارچوبی برای انجام کار مهندسی در ساخت محصول، فرایند و سامانه را معرفی و اصول مهارت‌های فردی و جمعی را ارائه دهد
کار تجربی	**۵. تجربیات طراحی و ساخت:** یک برنامه تحصیلی، با حداقل دو تجربه طراحی- ساخت[1]، یکی در سطح مقدماتی و یکی در سطح پیشرفته
	۶. کارگاه: آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌هایی که یادگیری عملی ساخت محصول و سامانه، و دانش رشته تحصیلی و اجتماعی را حمایت می‌کنند
تدریس و یادگیری	**۷. تجربیات یادگیری یکپارچه:** تجربیات یادگیری که به کسب دانش رشته تحصیلی، به همراه مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سامانه، منجر می‌شود
	۸. یادگیری فعال: تدریس و یادگیری با استفاده از روش‌های دانشجومحور و یادگیری فعال
شایستگی اساتید	**۹. مهارت‌های حرفه‌ای اساتید:** ارتقای توانایی اساتید در مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سامانه
	۱۰. مهارت‌های تدریس اساتید: افزایش توانایی اساتید در استفاده از روش‌های نوین تدریس، یادگیری فعال و ارزیابی یادگیری دانشجویان
سنجش یادگیری	**۱۱. ارزیابی مهارت‌ها:** سنجش توانایی‌های دانشجویان در مورد مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سامانه و همچنین دانش رشته تخصصی
	۱۲. قضاوت در مورد برنامه: برقراری سامانه‌ای که برنامهٔ آموزشی را بر حسب این ۱۲ استاندارد مورد قضاوت قرار دهد و بازخورد لازم جهت بهبود برنامه به دانشجویان، اساتید و دیگر طرف‌های ذی‌نفع ارائه کند

استاندارد ۱: قالب آموزش

برای هر نوع آموزش، قبل از هر چیز باید قالبی در نظر گرفت. قالب آموزش چارچوبی است که در آن، دانش فنی و دیگر مهارت‌ها تدریس، تمرین و یاد گرفته می‌شود. قالب آموزش مهندسی، کار مهندسی است. توسعه و گسترش چرخهٔ حیات محصول، فرایند یا سامانه (یعنی شناسایی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری، یا CDIO). همهٔ آن چیزی است که مهندسان انجام می‌دهند. اینها مهارت‌هایی است که صنعت از دانش‌آموختگان طلب می‌کند. کار مهندسی، قالبی طبیعی برای آموزش این مهارت‌ها به دانشجویان مهندسی است (Crawley, 2001).

عناصری از فعالیت‌های مهندسی حالتی پایدار داشته و در طول دهه‌های گذشته، به نحو بارزی تغییر نکرده‌اند. از آن جمله است: تمرکز بر نیازهای مصرف‌کننده و جامعه؛ ارائه محصولات، فرایندها و سامانه‌های تازه؛ توجه به نقش نوآوری‌ها و فناوری‌های نوین در شکل‌دهی آینده؛ استفاده از زمینه‌های متنوع برای توسعهٔ راه‌حل‌ها؛ نیاز مهندسان به کار گروهی، ارتباطات کارآمد، و راهبری تلاش‌های فنی و

1- Design-built

همچنین نیاز به کار مؤثر در محدودهٔ منابع و محدودیت‌ها. از سوی دیگر، وجوه دیگری از مهندسی نیز در دهه‌های اخیر تغییر کرده‌اند. از آن جمله است: جهانی شدن و رقابت جهانی؛ پراکندگی جغرافیایی فعالیت‌های مهندسی؛ تغییر از سلطه بر طبیعت به هم‌زیستی با آن؛ انسان‌محورتر شدن فعالیت‌های مهندسی؛ گسترش صنایع خدماتی، و کاهش صنایع تولیدی و نیز کاهش طول عمر محصولات و فناوری‌ها.

همراه با این تغییرات، آموزش مهندسی نیز تغییر کرده است. آموزش مهندسی که به طور سنتی به کار عملی متکی بود، از اواسط قرن بیستم متحول شد و مبنای آن بر علوم مهندسی قرار گرفت. به این ترتیب تأکید بر کار حرفه‌ای، کم و کمتر شد. به دنبال این تغییر، مهندسی بیشتر توسط عالمان مهندسی، که اغلب سابقه کار عملی مهندسی نداشتند، تدریس می‌شد و به این ترتیب، پژوهش مهندسی به طور ضمنی به صورت قالب آموزش مهندسی در آمد. در چنین شرایطی، دانشجویان به گونه‌ای آموزش داده می‌شوند که یک پژوهشگر مهندسی بشوند و نه یک مهندس حرفه‌ای. در چند دهه اخیر، عواملی چون کاهش دانش‌آموختگان مهندسی، که در عمل به حرفهٔ مهندسی اشتغال پیدا می‌کنند؛ نیاز به مهندسانی که مشارکت و مدیریت مؤثرتری را عرضه نمایند؛ تربیت مهندسانی با توانایی بیشتری برای کار بین‌رشته‌ای؛ نیاز روزافزون به کسب همکاری و انتقال دانش بین دانشگاه و صنعت؛ ارائه آموزشی که مهندسان را برای پدیده جهانی شدن آماده نماید؛ نیاز به افزایش آگاهی و پاسخ به تغییرات زیست‌محیطی توسط مهندسان؛ ضرورت تغییر در آموزش مهندسی و تمرکز آن بر کار مهندسی را مطرح کرده‌اند.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ برنامه‌های آموزش مهندسی ایران کماکان بر آموزش علوم مهندسی تمرکز بیشتری دارند. به نظر می‌رسد که اعمال ۱۲ استاندارد پیشنهادی، که در ادامه آمده، قالب آموزش مهندسی کشور را بار دیگر بر کار مهندسی استوار خواهد کرد.

استاندارد ۲: دستاوردهای یادگیری

دستاوردها آن چیزی است که دانشجویان باید در زمان تکمیل برنامه آموزشی بدانند و قادر به انجام آن باشند. دستاوردهای دانشجویان، شامل سه دسته توانایی یا مهارت فردی، جمعی و مهندسی است:

- **مهارت‌های فردی:** توانایی استدلال مهندسی، مشکل‌گشایی، تفکر نظام‌مند، تفکر خلاق و نقاد، اخلاق حرفه‌ای، ...
- **مهارت‌های جمعی:** توانایی کار گروهی، رهبری، ارتباطات شفاهی و کتبی، ...
- **مهارت‌های مهندسی:** توانایی ساخت محصول، فرایند و سامانه

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ در چند دهه گذشته برنامه‌های آموزش مهندسی ایران

به طور متمرکز تدوین و برای اجرا، ابلاغ می‌شده است. با مرور برنامه‌های مصوب مشخص می‌شود که اغلب درس‌ها و برنامه‌های آموزش مهندسی کشور فاقد هدف‌های یادگیری و دستاوردهای قابل اندازه‌گیری هستند. تدوین هدف‌های یادگیری درس‌ها و دستاوردهای برنامه آموزشی، امری تخصصی است و نیاز به آموزش دارد. در مواردی نیز که هدف‌ها و دستاوردها به درستی تدوین شده‌اند، متأسفانه کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. اجرای یک درس زمانی موفق و به اصطلاح هم‌تراز است که تهیه مواد آموزشی، تدریس مطالب درسی، فرصت‌های یادگیری و سنجش میزان یادگیری آن، بر مبنای هدف‌های یادگیری درس طراحی و به اجرا در آید. به همین ترتیب اجرای یک برنامه آموزشی، زمانی موفق است که دانش‌آموختگان آن دستاوردهای درنظرگرفته‌شده را کسب نموده باشند. در جدول ۴ منابعی که در زمینه هدف‌های یادگیری و دستاوردها، به طور خاص برای آموزش مهندسی تهیه شده و به اجرا درآمده، فراهم آمده است.

جدول ۴. پیشنهادهایی برای تحقق استاندارد ۲ (دستاوردهای یادگیری)

- کارگاه آموزشی*: تدارک تدریس هدف‌دار، با هدف کسب توانایی تهیه هدف‌های یادگیری یک درس و دستاوردهای برنامه آموزشی
- کارگاه آموزشی*: طراحی درس و تدریس، با هدف کسب توانایی طراحی یک درس، که در آن هدف‌های درس، نحوهٔ تدریس استاد و روش ارزیابی آموخته‌ها، هم‌تراز باشند
- مقاله: تدارک هدف‌ها و دستاوردهای آموزش مهندسی، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال ۱۳، شماره ۴۹، به ار ۱۳۹۰، صفحات ۴۳ الی ۶۹.

* کارگاه‌های آموزشی به صورت مجازی (برنامه‌های ویدیویی) نیز تهیه و عرضه شده است (ucee.ut.ac.ir).

استاندارد ۳: برنامه تحصیلی یکپارچه

دستاوردهای مهارتی با یک درس حاصل نمی‌شوند. توانایی‌های مهارتی باید به تدریج و در چند درس برنامه، توسعه یابد. برنامه آموزشی باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شود که توانایی‌هایی چون ارتباطات شفاهی و نوشتاری، کارگروهی، طراحی و مانند آن، در دروس سال‌های مختلف دوره کارشناسی، مورد توجه قرار گرفته تا به تدریج این مهارت‌ها در دانشجویان نهادینه شود.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ در آموزش مهندسی ایران، برنامه تحصیلی یکپارچه، کمتر مورد توجه بوده است. پیشنهاد می‌شود که در بازنگری برنامه‌های آموزشی فعالیت‌های مهارتی در دروس مختلف گنجانده شود، تا بتوان نسبت به کسب تسلط دانشجویان در هر یک از این توانایی‌ها، اطمینان حاصل کرد.

استاندارد ۴: درآمدی بر مهندسی

ارائه یک درس مقدماتی، که چارچوبی برای انجام کار مهندسی در ساخت محصول و سامانه را معرفی و اصول مهارت‌های فردی و جمعی را ارائه دهد. از جمله هدف‌های این درس برانگیختن توجه و افزایش

انگیزه دانشجویان به مهندسی است. سرفصل‌های این درس کارها و مسئولیت‌های یک مهندس و نیز نحوهٔ استفاده از دانش مهندسی برای به اجرا درآوردن آنها را پوشش می‌دهد. چگونه یاد بگیریم، چگونه با هم کار کنیم، چگونه ارتباط برقرار کنیم، چگونه نوآوری کنیم، چگونه اخلاق حرفه‌ای را رعایت کنیم، چگونه پژوهش کنیم، چگونه زمان را مدیریت کنیم و چگونه فکر کنیم، از جمله مواردی است که این درس به دنبال ارائه آن است.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ جای چنین درسی در اغلب برنامه‌های مصوب آموزش مهندسی ایران خالی است. در جدول ۵ مجموعه اقداماتی که برای دستیابی به این استاندارد صورت گرفته است، از جمله طراحی درس و تألیف کتاب درسی آن، کارگاه آموزشی روش ارائه درس و مقالاتی که در راستای تحقق این استاندارد نگاشته شده، معرفی شده‌اند. در هر مورد نیز تارنمای دستیابی به اصل منبع قید شده است.

جدول ۵. پیشنهادهایی برای تحقق استاندارد ۴ (درآمدی بر مهندسی)

- کتاب: نوآوری در آموزش مهندسی. کتاب درسی تألیف‌شده برای تحقق استاندارد شماره ۴. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸
- درس: درآمدی بر مهندسی، برای دوره‌های کارشناسی مهندسی. این درس از سال ۱۳۸۹ در دانشکده فنی دانشگاه تهران به اجرا در آمده است.
- مقاله: طراحی درس جدید حرفه مهندسی برای دوره‌های کارشناسی مهندسی ایران. ۱۳۸۸. نشریه دانشکده فنی، دوره ۴۳، ویژه کنفرانس آموزش مهندسی در ۱۴۰۴، صفحات ۱۰۰-۸۹
- مقاله: بررسی علل بی‌انگیزگی دانشجویان مهندسی. ۱۳۹۹. فصلنامه آموزش مهندسی ایران، دوره ۲۲، شماره ۸۶.
- مقاله: ده توانایی آینده‌ساز برای دانشجویان مهندسی. ۱۳۹۸. ششمین همایش بین‌المللی آموزش مهندسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۵ صفحه

استاندارد ۵: تجربیات طراحی و ساخت

عبارت تجربه طراحی و ساخت معرف دامنه‌ای از فعالیت‌های اصلی مهندسی برای تولید محصولات، فرایندها و جدید است. تجربیات طراحی- ساخت به دو سطح مبتدی و پیشرفته تقسیم می‌شوند. محصولات و سامانه‌های ساده‌تر در قسمت‌های اولیه برنامه آموزشی عرضه‌شده و تجربیات پیچیده‌تر طراحی- ساخت، در درس‌های انتهایی منظور می‌شوند. فرصت‌هایی برای شناسایی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری ممکن است در فعالیت‌های کمک‌درسی، 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، فرایند و سامانه، تقویت می‌کند. تأکید 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.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ در بیشتر برنامه‌های آموزش مهندسی ایران، تجربیات طراحی و ساخت در اولویت نبوده است. در اغلب این برنامه‌ها روش طراحی مهندسی نیز تدریس نمی‌شود. بسیاری از پروژه‌های کارشناسی مهندسی ایران نیز فاقد یک مؤلفه طراحی است. در

جدول ۶ پیشنهادهایی برای تحقق این استاندارد فراهم آمده است.

جدول ۶. پیشنهادهایی برای تحقق استاندارد ۵ (تجربیات طراحی و ساخت)

- کتاب درسی: طراحی مهندسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۷ صفحه، ۱۳۹۲
- کارگاه آموزشی: آموزش طراحی مهندسی، با هدف آشنایی با سازوکار آموزش طراحی در دوره‌های کارشناسی مهندسی
- مقاله: ارتقای جایگاه طراحی در آموزش مهندسی ایران، اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی آموزش مهندسی، دانشگاه شیراز، ۱۲ صفحه. ۱۳۹۴
- مقاله: جایگاه تفکر خلاق در آموزش مهندسی ایران. فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال ۱۶، شماره ۶۱، ۱۸ صفحه، ۱۳۹۳

استاندارد ۶: 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 سامانه، در راستای رشته تحصیلی هستند این محیط‌ها بر یادگیری عملی تأکید دارند و در آنها، دانشجویان به طور 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، به وجود می‌آید. کارگاه‌ها و دیگر محیط‌هایی که یادگیری عملی را پشتیبانی می‌کنند، منابع اساسی برای فرایند یادگیری طراحی، ساخت و آزمایش محصولات و سامانه‌ها هستند. دانشجویانی که به ابزارها، نرم‌افزارها و آزمایشگاه‌های مدرن مهندسی دسترسی دارند این فرصت را می‌یابند که دانش‌ها، مهارت‌ها و نگرش‌های مؤثر در ساخت محصول و سامانه را، به دست آورند. این توانایی‌ها بیش از همه در کارگاه‌های دانشجومحور، توسعه می‌یابد.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ طراحی کارگاه‌ها، وسایل و تجهیزات و نحوهٔ اجرای آزمایش‌ها در دانشگاه‌ها و برنامه‌های آموزش مهندسی مختلف کشور، از دامنه کیفیت گسترده‌ای برخوردارند.

استاندارد ۷: تجربیات یادگیری یکپارچه

تجربیات یادگیری یکپارچه عبارت است از نگرش‌های آموزشی که به طور هم‌زمان یادگیری دانش رشته تحصیلی و مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سامانه را پرورش می‌دهد. این روش‌ها، موضوعات حرفه‌ای مهندسی را با قالبی که در آن با موضوعات رشته هم‌زیستی دارند، ادغام می‌کنند. به عنوان مثال، دانشجویان ممکن است تحلیل یک محصول، طراحی یک محصول و مسئولیت‌های اجتماعی طراح محصول را با هم در یک تجربه، داشته باشند. با ادغام تجربیات یادگیری، اساتید به طور مؤثرتری خواهند توانست به دانشجویان در مورد کاربرد دانش رشته تحصیلی در کار مهندسی کمک کند و ایشان را به نحو بهتری برای دستیابی به نیازهای حرفه مهندسی، آماده نمایند.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ در طراحی و برنامه‌ریزی، همچنین تدریس و ارائه برنامه‌های آموزش مهندسی ایران لازم است تا تجربیات یادگیری یکپارچه با عمق بیشتری در نظر گرفته شود.

استاندارد ۸: یادگیری فعال

سخنرانی‌ها و آزمایشگاه‌های سنتی فرصت کمی برای توسعه مهارت‌های فردی، جمعی و حرفه‌ای فراهم می‌کنند. این در حالی است که استفاده از روش‌های یادگیری فعال دانشجویان را به طور مستقیم درگیر فعالیت‌های فکری و حل مسائل می‌نماید. بر طبق مخروط تجربی یادگیری، که توسط ادگار دیل ارائه شده است، آنچه دو هفته بعد از یادگیری یک مطلب، در حافظه فرد باقی می‌ماند، از الگوی زیر طبعیت می‌کند (Growth in Engineering 2023; Dale E. 1946):

- ۱۰٪ آنچه را که خوانده‌ایم
- ۲۰٪ آنچه را که شنیده‌ایم
- ۳۰٪ آنچه را که دیده‌ایم
- ۵۰٪ آنچه که هم‌زمان دیده و شنیده‌ایم
- ۷۵٪ آنچه را که گفته‌ایم
- ۹۰٪ آنچه را که گفته‌ایم و تجربه کرده‌ایم

با درگیرکردن دانشجویان به تفکر درباره مفاهیم، به ویژه ایده‌های تازه، ایشان نه‌تنها بیشتر یاد می‌گیرند بلکه فرا می‌گیرند که چه و چگونه یاد بگیرند. این فرایند، انگیزه دانشجویان را به کسب دستاوردهای یادگیری برنامه و ایجاد عادت یادگیری مداوم، افزایش می‌دهد. آموزشگران می‌توانند توسط روش‌های یادگیری فعال، به دانشجویان کمک کنند که ارتباط بین مفاهیم کلیدی را پیدا کنند و کاربرد این دانش‌ها را در شرایط جدید تسهیل نمایند.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ در سال‌های اخیر کوشش‌هایی، توسط برخی از اساتید مهندسی، برای استفاده از روش‌های یادگیری فعال و دانشجو محور، در آموزش مهندسی، صورت گرفته است. در جدول ۷ پیشنهادهایی برای عملیاتی کردن روش‌های یادگیری فعال در آموزش مهندسی، ارائه شده است.

جدول ۷. پیشنهادهایی برای تحقق استاندارد ۸ (یادگیری فعال)

- کارگاه آموزشی: «یادگیری فعال»، با هدف آشنایی با انواع و نحوهٔ کاربرد روش‌های یادگیری فعال، به منظور ارتقای کیفیت یادگیری. این کارگاه آموزشی به صورت مجازی (برنامه ویدیویی) نیز تهیه و عرضه شده است.
- مقاله: روش‌های نوین دانشجومحور در آموزش مهندسی، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، جلد ۱۳، شماره ۵۲، صفحات ۲۱-۱، ۱۳۹۰
- مقاله: تلفیق سخنرانی سنتی و روش‌های یادگیری فعال برای تدریس مهندسی، دومین کنفرانس آموزش مهندسی با نگرشی به آینده، دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحات ۲۶-۱، ۱۳۹۰

استاندارد ۹. مهارت‌های حرفه‌ای اساتید

بسیاری از اساتید مهندسی ایران فاقد سابقه کار حرفه‌ای در صنعت هستند. باید به اساتید کمک شود که شایستگی خود را در زمینهٔ مهارت‌های حرفه‌ای، بالا ببرند. این مهارت‌ها به بهترین وجه در قالب کار حرفه‌ای مهندسی، کسب می‌شود. نوع و میزان توسعهٔ حرفه‌ای اساتید، بسته به منابع و اهداف برنامه و مؤسسه آموزشی، متغیر است. امروزه، بسیاری از اساتید مهندسی کشور متخصص پژوهش در دانش رشتهٔ تخصصی خود هستند و تجربه محدودی در کار مهندسی در محیط‌های صنعتی دارند. این در حالی است که شتاب زیاد معرفی نوآوری‌های جدید در فناوری، به‌روز شدن مداوم مهارت‌های حرفه‌ای مهندسی اساتید را ضروری می‌سازد.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ برنامه مدونی برای توسعه مهارت‌های فردی، جمعی و ساخت محصول و سامانه، مدرسان مهندسی ایران وجود ندارد. برخی از اقداماتی که شایستگی حرفه‌ای اساتید را افزایش می‌دهد، عبارتند از: ایجاد فرصت کار حرفه‌ای در صنعت، همکاری با افرادی در صنعت در مورد پروژه‌های آموزشی و پژوهشی، دعوت از ارباب صنعت برای ارائه مشاوره و برگزاری کارگاه آموزشی در دانشگاه، افزودن داشتن تجربه کار مهندسی به عنوان ملاکی برای استخدام و ارتقاء اساتید و تسهیل شرایط توسعه حرفه‌ای، از جمله تشویق اساتید به گذراندن فرصت مطالعاتی ادواری خود در صنعت.

استاندارد ۱۰. مهارت‌های تدریس اساتید

در چند دهه اخیر، علم و هنر یاددهی- یادگیری (پداگوژی)، دستاوردهای مثبت زیادی داشته است. دستاوردهایی که یادگیری بهتر، عمیق‌تر و ماندگارتر را امکان‌پذیر می‌سازد. مدرسان مهندسی در بدو استخدام و در طول دوران فعالیت آموزشی خود لازم است که به طور مداوم آموزش‌های لازم را در زمینه‌های مختلف مرتبط با یاددهی و یادگیری، کسب نمایند. کمک به اساتید جهت بهبود شایستگی‌هایشان در تجربیات یادگیری یکپارچه (استاندارد ۷)، یادگیری فعال (استاندارد ۸) و ارزیابی یادگیری دانشجویان (استاندارد ۱۱)، از جمله خدماتی است که دانشگاه می‌تواند در این راستا ارائه دهد.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ تا این تاریخ برنامه مدون و یکپارچه‌ای برای توسعه مهارت‌های یاددهی- یادگیری اساتید مهندسی کشور، عرضه نشده است. اگر از اساتید انتظار داریم که روش‌های جدیدی را در برنامه‌ریزی آموزشی، تدریس و انتقال مفاهیم و ارزیابی دانشجویان استفاده نمایند، باید امکان تقویت این مهارت‌ها برای ایشان ایجاد شود. از اقداماتی که مهارت‌های یاددهی- یادگیری اساتید را افزایش می‌دهد، عبارتند از: طراحی و اجرای کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی توسعه حرفه‌ای اساتید؛ تسهیل شرکت اساتید در برنامه‌ها و کارگاه‌های آموزشی خارج از دانشگاه، برگزاری جلساتی با حضور اساتید برای اشتراک ایده‌ها و تجربیات تدریس؛ و در نظر گرفتن نقشی

درخور در آیین‌نامه‌های ترفیع و ارتقاء برای کسب این‌گونه شایستگی‌ها. در سال‌های اخیر معدودی از دانشگاه‌ها برنامه‌هایی را برای پیشرفت اساتید خود در این زمینه، ایجاد کرده‌اند. از حدود یک دهه پیش و به دنبال تأسیس کرسی یونسکو در آموزش مهندسی، فعالیت‌های متنوعی در مورد توسعه مهارت‌های یاددهی- یادگیری اساتید مهندسی طراحی شد و در دانشگاه تهران و برخی دیگر از مراکز آموزش مهندسی کشور، به اجرا در آمد. در جدول ۸ چکیده این فعالیت‌ها فهرست شده است.

جدول ۸. پیشنهادهای اجرایی برای تحقق استاندارد ۱۰ (مهارت‌های تدریس اساتید)

- کتاب: «نوآوری در آموزش مهندسی»، با هدف توسعه مهارت‌های یاددهی و یادگیری مدرسان مهندسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۸ صفحه، ۱۳۹۱
- کتاب: «یاددهی و یادگیری؛ ۵۰ راهکار برای بهبود کیفیت آموزش مهندسی». انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۴ صفحه، ۱۳۹۸
- دوره آموزشی: طراحی و اجرای دورهٔ توسعه حرفه‌ای اعضای هیئت علمی، مشتمل بر ۸ کارگاه آموزشی (۳۲ ساعت). کارگاه‌های آموزشی این دوره، به صورت مجازی (برنامه ویدیویی) نیز تهیه و عرضه شده است.
- مقاله: توسعهٔ مهارت‌های آموزشی استادان مهندسی ایران. فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال ۱۹، شماره ۷۵، ۱۸ صفحه، ۱۳۹۶
- مقاله: توسعهٔ مهارت‌های یاددهی یادگیری در دستیاران آموزشی برنامه‌های مهندسی. فصلنامه آموزش مهندسی ایران، جلد ۱۷، شماره ۶۵، ۱۹ صفحه، ۱۳۹۴

استاندارد ۱۱. ارزیابی توانایی‌ها

ارزیابی دانشجویان، برای تعیین میزان دستیابی آنها به چهار دسته توانایی: مهارت‌های فردی، مهارت‌های جمعی، مهارت‌های ساخت محصول و سامانه، و دانش رشته تخصصی، انجام می‌شود. آموزشگران معمولاً این ارزیابی را در درس‌های خود به انجام می‌رسانند. یک ارزیابی یادگیری مؤثر، روش‌های متنوعی را، که مطابقت خوبی با دستاوردهای برنامه دارند، به کار می‌گیرد. این روش‌ها می‌تواند شامل آزمون‌های کتبی و شفاهی، مشاهده عملکرد دانشجویان، خودارزیابی و یا ارزیابی توسط هم‌کلاس‌ها، باشد. انواع هدف‌های یادگیری، نیاز به روش‌های ارزیابی متفاوتی دارند. به عنوان مثال، هدف‌های یادگیری مرتبط با دانش رشتهٔ مربوطه را می‌توان با آزمون‌ها کتبی و شفاهی ارزیابی کرد، در حالی که هدف‌های یادگیری مربوط به مهارت‌های طراحی- ساخت را شاید به نحو بهتری بتوان با ثبت مشاهدات سنجید. استفاده از روش‌های ارزیابی گوناگون، شیوه‌های یادگیری متنوع‌تری را پوشش داده و قابلیت اعتماد و اعتبار نتایج ارزیابی را بیشتر می‌کند و در نتیجه آن، تعیین میزان دستیابی دانشجویان به هدف‌های یادگیری با اعتماد بیشتری تعیین می‌شود.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ در کشور ما، سنجش میزان یادگیری دانشجویان، اغلب با توجه به هدف‌های یادگیری درس، انجام نمی‌شود. در حالتی که محدوده انتظارات آموزشگر از دانشجویان مشخص نباشد، مثل این است که: «این کتاب ۵۳۴ صفحه‌ای درس ... شماست؛ باید همه آن را فرابگیرید و خودتان حدس بزنید که به نظر من چه چیزهایی مفیدترند و در امتحان خواهند آمد». آموزش زمانی نتیجه‌بخش است که فراگیران بدانند که آموزشگر چه هدف و سطحی از یادگیری را

در نظر دارد. اهداف یادگیری نیز، زمانی کارسازند که از ابتدا به اطلاع دانشجویان رسانده شود، تدریس و یادگیری بر مبنای آنها صورت گیرد، و به عنوان مبنایی برای طراحی سؤال‌های امتحان، به کار گرفته شوند. در جدول ۹. پیشنهادهای اجرایی برای برآورده شدن استاندارد ۹ آمده است.

جدول ۹. پیشنهادهایی برای تحقق استاندارد ۱۱ (ارزیابی توانایی‌ها)

کارگاه‌های آموزشی: سنجش دستاوردهای یادگیری، با هدف کسب مهارت در زمینهٔ ارزیابی و سنجش بایسته میزان دستیابی دانشجویان به هدف‌های یادگیری درس. این کارگاه‌ها، به صورت مجازی (برنامه ویدیویی) نیز تهیه و عرضه شده است.
مقاله: تدارک هدف‌ها و دستاوردهای آموزش مهندسی، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال سیزدهم، شماره ۴۹، صفحات ۶۹-۴۳، ۱۳۹۰

استاندارد ۱۲. قضاوت در مورد برنامه

برقراری سامانه‌ای که برنامهٔ آموزشی را بر حسب این ۱۲ استاندارد مورد قضاوت دهد و بازخورد لازم را جهت بهبود برنامه به دانشجویان، اساتید و دیگر طرف‌های ذی‌نفع، ارائه کند. داوری در مورد ارزش کلی یک برنامه، برحسب شواهد پیشرفت آن در جهت دستیابی به اهدافش، صورت‌می‌گیرد. شواهد مربوط به ارزش برنامه را می‌توان از قضاوت در مورد درس‌ها، کسب بازخورد از آموزشگران، مصاحبه با دانشجویان ورودی و سال آخر، گزارش ارزیابان خارج از برنامه، و نظرخواهی‌های صورت‌گرفته 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 بارهٔ برنامه و در نظر گرفتن طرح‌هایی برای بهبود مداوم آن است. فعالیت کلیدی برای قضاوت در مورد برنامه، تعیین مؤثر بودن و کارایی آن در رسیدن به هدف‌های آموزشی برنامه است. شواهد گردآوری‌شده 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. امروزه در دنیا قضاوت در مورد برنامه، بیشتر از طریق ارزشیابی آن توسط مؤسسات مستقل و خارج از دانشگاه انجام می‌شود.

برای دستیابی به این استاندارد چه باید کرد؟ در ایران، ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی، به منظور ارتقای کیفیت آنها، به گونه‌ای که در دنیا رایج است، در اولویت نبوده است. در حدود یک دهه قبل پیشنهاد تأسیس مرکزی برای ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی ایران تدوین و به فرهنگستان علوم پیشنهاد شد. به دنبال موافقت فرهنگستان، و با مشارکت انجمن آموزش مهندسی ایران و نمایندگانی از ۷ انجمن حرفه‌ای مهندسی اصلی کشور، مؤسسه ارزشیابی آموزش مهندسی ایران در سال ۱۳۹۰ تأسیس شد. تدوین سازوکار ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی؛ تهیه و انتشار ملاک‌ها، استانداردها و پرسش‌نامه‌های ارزشیابی؛ اجرای سازوکارهای پیشنهادی برای ارزشیابی در چند دانشگاه

کشور؛ برگزاری سخنرانی‌ها و کارگاه‌های آموزشی متعدد برای ترویج ارزشیابی؛ شناسایی کاستی‌های عمومی برنامه‌های آموزش مهندسی ایران و تعیین راهکارهایی برای برطرف‌کردن کاستی‌های مشترک برنامه‌ها، از جمله اقداماتی است که در طی این مدت از طرف مؤسسه ارزشیابی، و با همکاری کرسی یونسکو در آموزش مهندسی، به انجام رسیده است. نظر به اینکه در چند دهه گذشته تمرکز بر کمیت، فرصت پرداختن به کیفیت را کم‌رنگ کرده بوده است، حمایت‌های لازم از فعالیت‌های این مؤسسه، به گونه‌ای که در دیگر کشورها رایج است، صورت نگرفته است. در جدول ۱۰، فعالیت‌هایی که در ارتباط با ارتقای کیفی برنامه‌های آموزش مهندسی، از طریق ارزشیابی آنها طراحی و به اجرا درآمده، فراهم آمد است.

جدول ۱۰. پیشنهادهایی برای تحقق استاندارد ۱۲ (قضاوت در مورد برنامه)

- دوره آموزشی: کنترل کیفیت آموزش. با هدف آموزش سازوکار فرایند ارزشیابی برنامه‌های آموزشی (۷ کارگاه، جمعاً ۲۸ ساعت). کارگاه‌های این دوره، به صورت مجازی (برنامه ویدیویی) نیز تهیه و عرضه شده است.
- مقاله: نهضت جهانی آموزش مهندسی، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، جلد ۱۳، شماره ۵۰، صفحات ۳۱-۱، ۱۳۹۰
- مقاله: فرایند ارزشیابی برنامه‌های آموزش مهندسی ایران، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، جلد ۱۳، شماره ۵۰، صفحات ۶۱-۳۳، ۱۳۹۰
- مقاله: سازوکار ارزیابی درونی برنامه‌های آموزش مهندسی ایران، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، جلد ۱۳، شماره ۵۱، صفحات ۳۰-۱، ۱۳۹۰
- • مقاله: سازوکار ارزیابی بیرونی برنامه‌های آموزش مهندس ایران. فصلنامه آموزش مهندسی ایران، جلد ۱۶، شماره ۶۴، صفحات ۲۲-۱، ۱۳۹۳
- مقاله: ارزیابی درونی و برونی، برای ارتقای کیفیت در آموزش مهندسی؛ تجربه های بین‌المللی و تلاش‌های ملی، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، دوره ۲۵، شماره ۱۰۰، صفحات ۵۵-۲۹، ۱۴۰۲.

در کنار پژوهش‌ها و فعالیت‌هایی که برای برآورده شدن ۱۲ استاندارد CDIO در سطور قبل ارائه گردید، اقدامات جانبی دیگری نیز در ارتباط با ارتقای کیفیت آموزش مهندسی ایران صورت گرفته است. در جدول ۱۱ چکیده‌ای از این فعالیت‌ها، فهرست شده است.

جدول ۱۱. پیشنهادهای تکمیلی برای ارتقای کیفیت آموزش مهندسی ایران

- برنامه آموزشی جدید: طراحی، تصویب و اجرای دوره «کارشناسی ارشد آموزش مهندسی» در دانشکدگان فنی دانشگاه تهران، ۱۳۹۸
- درس جدید: طراحی و تدریس درس جدید «یاددهی و یادگیری در مهندسی»، ۱۳۹۸ تا کنون
- مقاله: طراحی و اجرای برنامه کارشناسی ارشد آموزش مهندسی، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، دوره ۲۲، شماره ۸۵، صفحات ۲۱-۱، ۱۳۹۹
- مقاله: تشکیل دفتر دادوری در مراکز دانشگاهی: گامی به سوی بهبود کیفیت آموزش عالی. دومین کنفرانس بین‌المللی و سیزدهمین کنفرانس ملی ارزیابی کیفیت در نظام‌های دانشگاهی، دانشگاه شیراز، صفحات ۱۰۲-۸۸، ۱۳۹۸
- مقاله: آینده‌نگری و بازاندیشی در آموزش مهندسی. کنفرانس ملی بازاندیشی و آینده‌نگری در نظام آموزش و یادگیری ایران با توجه به تغییرات پرشتاب جهان معاصر. کمیسیون ملی یونسکو، تهران،۱۰ صفحه، ۱۳۹۴

• مقاله: آموزش مهندسی برای فردا، ۱۳۹۰. نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل " فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار"، تهران، صفحات ۱۰-۱، ۱۳۹۰
• مقاله: کاستی‌های برنامه‌های آموزش مهندسی ایران، ۱۳۹۰. فصلنامه آموزش مهندسی ایران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، جلد ۱۳، شماره ۵۱، صفحات ۷۴-۵۳، ۱۳۹۰
• مقاله: بازنگری برنامه‌های آموزش مهندسی برای قرن ۲۱، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، جلد ۱۳، شماره ۵۲، صفحات ۶۵-۴۱، ۱۳۹۰
• دیروز، امروز و فردای آموزش مهندسی. مقدمه بر ترجمه کتاب بازاندیشی آموزش مهندسی، رویکرد CDIO، انتشارات مؤسسه پژوهش و برنامه‌ریزی آموزش عالی، ۱۴۰۰

۵. نتیجه‌گیری

در آموزش کارشناسی مهندسی باید بین دو نیاز تعادل برقرار شود: از یک سو حجم در حال افزایش دانش فنی و از سوی دیگر، ضرورت فراگیری دامنه‌ای از مهارت‌های فردی، جمعی و حرفه‌ای. به کار گرفتن یک الگوی جهانی و انطباق آن با شرایط ملی، راهکار مناسبی برای ارتقای کیفیت آموزش مهندسی است. برنامه آموزشی پیشنهادی CDIO از چهار رکن اساسی تشکیل شده است که با چهار رکن پیشنهادی یونسکو برای آموزش مداوم برای همهٔ عمر، مطابقت دارد (جدول ۱۱) (Crawley, 2001).

جدول ۱۲. انطباق چهار رکن CDIO با چهار رکن یونسکو برای آموزش مداوم

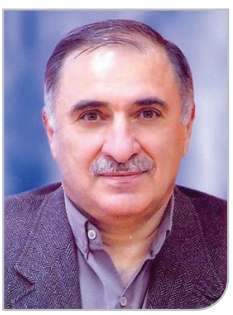
CDIO	UNESCO
• دانش و استدلال فنی	• یادگیری برای دانستن
• مهارت‌ها و شایستگی‌های فردی	• یادگیری برای بودن
• مهارت‌های جمعی	• یادگیری برای همکاری
• شناسایی، طراحی، ساخت و بهره‌برداری	• یادگیری برای انجام دادن

ترویج راهکارهای پیشنهادی در سطح ملی، به منظور ارتقای کیفیت برنامه‌های آموزش مهندسی، توسط مراکز ذی‌نفع: وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، گروه علوم مهندسی فرهنگستان علوم، انجمن آموزش مهندسی ایران، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، کرسی یونسکو در آموزش مهندسی، مؤسسه ارزشیابی آموزش مهندسی ایران، مراکز آموزش مهندسی کشور، اعضای هیئت علمی آموزش مهندسی و دیگر علاقه‌مندان به ارتقای آموزش مهندسی کشور.

نسخه‌ای از منابع و جزئیات بیشتر در مورد پیشنهادهای ارائه‌شده در این مقاله، از وبگاه‌های کرسی یونسکو در آموزش مهندسی، قابل دستیابی است. (ucee.ut.ac.ir, enged.ir). کرسی یونسکو آماده ارائه مشاوره و خدمات آموزشی به دانشگاه‌هایی است که مایلند از این پیشنهادها، برای ارتقای کیفیت برنامه‌های آموزش مهندسی خود، استفاده کنند.

Refrences

- ABET (2018). Accreditation board of engineering and technology, www.abet.org.
- ABET (2010). Accreditation board for engineering and technology. Criteria for accrediting engineering programs; www.abet.org.
- 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.
- Crawley E.F., Gray P., Malmquist J., Goodhew P. (2010). CDIO standards (ppt). www.cdio.org.
- Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., & Brodeur, D. R., (2007). *Rethinking engineering education: The CDIO approach*, Springer, New York.
- Crawley, E.F. (2001). The CDIO Syllabus: a statement of goals for undergraduate engineering education, MIT CDIO Report #1, (2001). Available at http://www.cdio.org.
- Dale Edgar, (1946). *Audio-visual methods in teaching*. NY: Dryden Press, 33 pages.
- Engineering Accreditation. (2010). http://www.accreditation.org/ (accessed Feb 2010).
- Growth in engineering, (2023). https://www.growthengineering.co.uk/what-is-edgar-dales-cone-of-experience/ (accessed June 2024).
- IEA (2009). International Engineering Alliance. http://www.washingtonaccord.org/ (accessed Dec 2010).
- Memarian H. (2011/a). The global movement for engineering education accreditation. *Iranian Journal of Engineering Education*, The Academy of Science of Iran, Vol.13 No 50, Summer 2011. Pp 1-31.
- Memarian H. (2011/b). Accreditation process of Iran's engineering education programs, *Iranian Journal of Engineering Education*, The Academy of Science of Iran, Vol.13 No 50, Summer 2011, Pp 33-61.
- Memarian H. (2011/c). Mechanism of internal assessment of Iran's engineering education programs. *Iranian Journal of Engineering Education*, The Academy of Science of Iran, Vol.13 No 51, Fall 2011, Pp 1-31.
- Memarian H. (2011/d). Deficiencies of Iran's engineering education programs. *Iranian Journal of Engineering Education*, The Academy of Science of Iran, Vol.13 No 51, Fall 2011, Pp 53-74.
- Memarian H. (2012). Revision of engineering education for the 21st century. *Iranian Journal of Engineering Education*, The Academy of Science of Iran, Vol.13 No 52, Winter 2012, Pp 41-65.
- Memarian H., (2013). Revaluation of engineering education, *Iranian Journal of Engineering Education*, The Academy of Science of Iran, vol 15, No. 57, pp. 1-18.
- NAE (2024). The Engineer of 2020: Visions of engineering in the new century. National Academy of Engineering. National Academies Press. 118 pp.



حسین معماریان: استاد مهندسی زمین دانشکده فنی دانشگاه تهران، مؤسس و رئیس کرسی یونسکو در آموزش مهندسی؛ عضو وابسته فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران؛ انتشار بیش از ۲۵۰ مقاله پژوهشی در نشریات و همایش‌های ملی و بین‌المللی (بیش از ۴۰مقاله در زمینهٔ آموزش مهندسی). مؤلف ۲۶ کتاب، از این میان ۶ کتاب در زمینه‌های مرتبط با آموزش مهندسی. هشت کتاب ایشان برنده جایزه کتاب برگزیده و تقدیری از کتاب سال جمهوری اسلامی ایران و کتاب‌های برگزیده دانشگاهی بوده است (ucee.ut.ac.ir & enged.ir).