United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

UNESCO Chair on
Engineering Education
University of Tehran

دیروز، امروز و فردای آموزش مهندس*

از ابتدای قرن بیستم میلادی تغییرات زیادی در آموزش مهندسی صورت گرفته، که برخی از آنها آموزش مهندسی را متحول کرده است. بارزترین این تغییرات در برنامهٔ آموزشی، سازوکار یاددهی-یادگیری، سنجش میزان یادگیری، تاکید بر طراحی و استفاده از فناوری، صورت گرفته است. با شروع پاندمی کرونا تغییرات ناخواسته دیگری نیز بر آموزش مهندسی تحمیل شد. هر یک از این تحولات، در کنار چالش‌ها، دستاوردهای با ارزشی را نیز برای آموزش مهندسی به‌همراه داشته است.

اولین زمینهٔ تغییر در آموزش مهندسی «**تحول در برنامه درسی**» است. آموزش مهندسی از دیرباز بر فعالیت‌های عملی و آزمایشگاهی استوار بوده است. از میانه‌های قرن بیستم آموزش مهندسی متحول شد و مبنای آن بر علوم مهندسی قرار گرفت و در نتیجه، تاکید بر کار حرفه‌ای کم و کمتر شد. به‌دنبال این تحول، مهندسی توسط عالمان مهندسی، که اغلب سابقه کار عملی مهندسی نداشتند، تدریس می‌شد. به این ترتیب، پژوهش مهندسی به‌طور تلویحی به‌صورت زمینه و قالب آموزش مهندسی در آمد. در شرایط جدید، دانشجویان اغلب به‌گونه‌ای آموزش داده می‌شوند که یک پژوهشگر مهندسی بشوند و نه یک مهندس حرفه‌ای. در واپسین سال‌های سدهٔ گذشته میلادی گزارش‌های متعددی از سوی شرکت‌های صنعتی بزرگ کشورهای پیشرفته منتشر شد، که ضمن اظهار ناخورسندی از وضع موجود آموزش مهندسی، اغلب به‌این نتیجه می‌رسیدند که در شرایط کنونی هدف‌های دانشگاه و صنعت از هم فاصله گرفته‌اند. به‌دنبال این اظهار نظرها، توانایی‌های مورد لزوم یک دانش‌آموختهٔ مهندسی مورد بازنگری قرار گرفت، که تحول دیگری را در برنامه درسی و آموزش مهندسی، به‌دنبال داشت. این تحول، بار دیگر آموزش مهندسی را بر زمینه یا قالب یا کار مهندسی استوار کرد. در همین رابطه، در سال 2004 میلادی، دانشگاه MIT و گروهی دیگر از دانشگاه‌ها، 12 استاندارد را معرفی کردند که به ابتکار CDIO[1] معروف شد. طراحان این ابتکار بر این باورند که نقش اصلی مهندسان طراحی و ساخت راه حل‌هاست. راه حل‌هایی که ممکن است یک محصول، یک فرایند و یا یک سیستم باشد. مهندسان برای توسعه این راه حل‌ها از یک مدل چهار مرحله‌ای استفاده می‌کنند. شناسایی یا درک مسئله، طراحی آن، ساخت و بالاخره بهره‌برداری از آن. این چهار مراحله در بر گیرندهٔ چرخهٔ حیات هر محصول، فرایند و یا سیستم است. ابتکار CDIO به‌سرعت مورد استقبال قرار گرفت و دانشگاه‌های متعددی به آن پیوستند و با شرکت در گردهمآیی‌ها و دیگر فعالیت‌های این جمع، در اصلاح و ارتقای آن مشارکت نمودند. در کشور ما، به‌کارگیری ابتکار CDIO هنوز رایج نشده و هیچ یک از دانشگاه های مهندسی کشور، به این ابتکار نپیوسته اند.

تحول عمده دیگر آموزش مهندسی در زمینه «**تدریس و یادگیری**» است. این امر با استفاده از دستاوردهای علوم اجتماعی و رفتاری در آموزش مهندسی، حاصل شده است. تاکید بر هدف‌های آموزشی و دستاوردهای یادگیری دانشجویان، درگیر نمودن دانشجویان در فرایند یاددهی یادگیری، رویکردی یکپارچه به طراحی درس و برنامه آموزشی از جمله این موارد هستند. به‌کارگیری این دستاوردها محتاج رویکردی علمی به آموزش توسط اساتید مهندسی است. امری که از طریق «دانشوری یاددهی یادگیری» (SoTL)[2]، و پژوهش در آموزش مهندسی، حاصل می‌شود. در نگاه جدید به آموزش و تدریس مهندسی، مدرسان به پنج دسته یا سطح تقسیم می‌شوند. سطح صفر «مدرس سنتی» است، که آنگونه آموزش می‌دهد که پیشتر آموخته است. سطح یک «مدرس موثر» است که با استفاده از تئوری‌ها و تجربیات تایید شده آموزش می‌دهد. سطح دو «مدرس علمی است»، که عملکرد خود را به‌طور مستمر ارزیابی کرده و بهبود می‌بخشد. سطح سه «دانشوری یاددهی-یادگیری» است که در آن مدرس درگیر تجربه‌های آموزشی جدید شده و نتایج و دستاوردهایش را به اشتراک می‌گذارد. و بالاخره سطح چهار که «پژوهشگر آموزش مهندسی» است؛ که در زمینهٔ آموزش مهندسی، پژوهش می‌کند و نتایج آنرا منتشر می‌نماید. مدرسان موثر و علمی (سطح 1 و 2)، مصرف کننده اطلاعات و یافته‌های موجود در مورد یاددهی-یادگیری هستند و از بازخورد کسب شده از کلاس، برای بهبود تدریس استفاده می‌کنند. دانشور یاددهی-یادگیری (سطح 3)، علاوه بر مصرف کننده بودن، تولید کنندهٔ نوآوری‌های آموزشی است. این مدرسان دستاوردها جدید علم و هنر یاددهی-یادگیری (پداگوژی) را در تدریس خود به‌کار می‌برند. با کسب بازخورد از کلاس، تدریس خود را ارتقا می‌بخشند؛ و به‌دنبال آن یافته‌ها و نوآوری‌های خود را با دیگران به‌اشتراک می‌گذارند.

تحول عمده دیگر در آموزش مهندسی «**ارزشیابی دستاورد محور**» است. ارزشیابی فرایندی برای اطمینان از کسب استانداردهای کیفیت است. در ارزشیابی دستاوردمحور، به‌جای تاکید بر ورودی‌ها و نیازها (چه آموزش داده می‌شود؟)؛ بر خروجی‌ها و دستاوردها (چه یاد گرفته می‌شود؟)، تاکید می‌شود. سازمان ارزشیابی مهندسی و فناوری آمریکا (ABET) در آغاز قرن حاضر ملاک‌های مهندسی جدیدی را، به نام EC2000، عرضه کرد که به سرعت مبنای ارزشیابی آموزش مهندسی، در بیشتر کشورها قرار گرفت. امروزه، برای ارزشیابی آموزش مهندسی، از الگوی کم و بیش واحدی استفاده می‌شود. این الگوی جدید برنامه‌های آموزشی (و نه مراکز آموزشی) را ارزشیابی می‌کند، ملاک‌های ارزشیابی در سطح کارشناسی را کم و بیش استاندارد نموده است. الگوی جدید دستاورد محور بوده و متکی بر توانایی‌های دانشی، مهارتی و نگرشی کسب شده توسط دانش‌آموختگان و بهبود مداوم برنامه آموزشی است. و بالاخره سازمان های مردم نهاد و غیر انتفاعی (NGO) مجری فرایند ارزشیابی هستند.

---

[1] Conceive-Design-Implement-Operate (CDIO)

[2] Scholarship of Teaching and Learning (SoTL)

در کشور ما نیز «موسسه ارزشیابی آموزش مهندسی ایران» در سال 1390 تاسیس شد. دو هدف اصلی این موسسه تضمین کیفیت و ارتقاء کیفیت آموزش مهندسی است. سازوکار و ملاک‌های ارزشیابی، که توسط این موسسه به‌کار گرفته میشود، با توجه به روش‌های رایج در جهان، تدوین شده است.

تحول عمده دیگر در آموزش مهندسی «**تاکید بر طراحی**» است. در یک تعریف فشرده، طراحی مهندسی عبارتست از فرایند به‌وجود آوردن یک محصول، فرایند و یا سیستم، برای برطرف کردن یک نیاز. طراحی، اوج فعالیت‌های مهندسی است و مهندسان، با به‌کارگیری قوه تخیل و مهارت‌های حرفه‌ای خود، نقش موثری در طراحی و شکل‌گیری دنیای کنونی داشته‌اند. توجه به طراحی در آموزش مهندسی توسط مراکز محتلف، از جمله موسسات عمده ارزشیابی آموزش مهندسی مورد تاکید قرار گرفته است. به‌عنوان مثال، موسسه ارزشیابی آموزش مهندسی آمریکا (ابت) یازده دستاورد را برای یک دانش اموخته مهندسی در نظر گرفته است؛ که سومین دستاورد آن «توانایی طراحی یک سیستم، وسیله یا فرایند، جهت رفع نیازها، با درنظر گرفتن واقع بینانه محدودیت‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، اخلاقی، تندرستی و ایمنی» است. کشورهای اتحادیه اروپا نیز دستاورد سوم از شش دستاوردی را که برای یک دانش آموخته مهندسی درنظر گرفته اند، به طراحی اختصاص داده‌اند. دانش‌آموختگان اروپایی باید بتوانند طراحی‌های مهندسی مناسب با سطح دانش و درک خود را، در کار مشترک با مهندسان و غیر مهندسان، انجام دهند. طراحی ممکن است در بارهٔ وسایل، فرایندها، روش‌ها و مصنوعات بوده و ویژگی‌های آن ممکن است فراتر از مسایل فنی بوده و شامل توجه به‌ملاحظات اجتماعی، تندرستی، ایمنی، زیست محیطی و تجاری باشد. ابتکار CDIO نیز، استاندارد شماره پنج از 12 استاندارد خود را به طراحی مهندسی اختصاص داده است. و بالاخره، پیمان واشنگتن، که متشکل از کشورهایی است که هم ارزی برنامه‌های کارشناسی مهندسی یکدیگر را قبول دارند، نیز دوازده دستاورد را برای یک دانش آموخته مهندسی در نظر گرفته است. دستاورد سوم این پیمان، که در باره طراحی است، چنین بیان می‌دارد: «طراحی راه حل‌ها برای مسایل پیچیده مهندسی و طراحی محصولات، فرایندها و سیستم‌ها، برای نیازی خاص، با درنظر گرفتن سلامت و ایمنی جامعه و ملاحظات فرهنگی، اجتماعی و زیست محیطی». همچنان که دیده می‌شود، امروزه در کشورهای پیشرفته طراحی یکی از ارکان اصلی آموزش مهندسی در نظر گرفته می‌شود و آموزش آن جزو ضروریات یک دورهٔ کارشناسی مهندسی است. در چنین شرایطی، نیاز به‌ارتقاء جایگاه تفکر خلاق و طراحی‌مهندسی در آموزش مهندسی کشور، به‌شدت احساس می‌شود. دستیابی به‌این هدف می‌تواند به‌صورت‌های مختلف، از جمله با اختصاص درس مستقل طراحی مهندسی، در سال‌های پایانی دوره‌کارشناسی؛ و هدایت هرچه بیشتر پروژه‌های کارشناسی به‌سمت فعالیت‌های تیمی و دارای محتوای طراحی، محقق شود.

تحول دیگر در آموزش مهندسی ناشی از پیشرفت‌ها در فناوری و حاصل تلفیق «**فناوری اطلاعات و ارتباطات**» (ICT)[۳] است. این تحول، از طریق به‌کارگیری فناوری‌هایی چون رادیو، تلویزیون، نوار ویدیوئی، اینترنت؛ سیستم‌های پاسخگویی فردی (کلیکر، کاهوت، ...)، فناوری‌های محاسباتی، شبیه سازی‌ها، بازخورد فردی، مربی (توتور) هوشمند، بازی‌ها و مسابقات، محقق گردیده است. در تمام سال‌هایی که فناوری‌های نوین در آموزش به‌کار گرفته شده است، این نکته مورد تاکید قرار گرفته که «گرچه فناوری واسطه‌ای برای کمک به یادگیریست، ولی همواره باید توجه داشت که آموزش یک فعالیت انسانیست».

استفاده از فناوری در آموزش، که با روندی کم و بیش یکنواخت رو به رشد بود، با یک رخداد ناخواسته، و در زمانی کوتاه، گسترشی انفجار گونه پیدا کرد. و به‌این ترتیب جدیدترین تحول در آموزش مهندسی، با شروع پاندمی کرونا، به‌صورت **یاددهی یادگیری فراگیر مجازی**، آغاز شد. در ابتدای کار، ناآشنایی آموزشگران و فراگیران با شرایط جدید و ضعف زیرساخت‌های فناوری، چالش‌های متنوعی را ایجاد کرد. فقدان ارتباط انسانی/ اجتماعی؛ ارایه‌های ویدئویی خسته کننده؛ مشکلات سنجش میزان یادگیری؛ ناراستی‌های آکادمیک، از جمله این چالش‌های تحمیلی است. آیا می‌توان ضمن حفظ دستاوردهای گذشته آموزش مهندسی، بر چالش‌های ناشی از پاندمی کرونا غلبه کرد؟ تعدای از این چالش‌ها با پیشرفت فناوری و کسب تجربه آموزشگران، به‌تدریج برطرف خواهد شد ولی برطرف کردن برخی دیگر به‌سادگی امکان پذیر نخواهد بود. گرچه تجربیات اخیر نشان داده است که یاددهی یادگیری مجازی مهندسی امکان پذیر است؛ با اینحال، فقدان ارتباط انسانی/ اجتماعی، یکی از مهم‌ترین چالش‌های تاثیرگذار آموزش غیرحضوری، است. چنین به‌نظر می‌رسد که «آموزش ترکیبی» (حضوری+ غیرحضوری)، تا حدی این مشکل را برطرف نماید. چشم انداز آتی آموزش مهندسی، در کنار غلبه بر چالش‌های ناشی از پاندمی کرونا؛ کوشش برای برقراری **آموزش عادلانه، برابر، متنوع و فراگیر مهندسی**، در سال‌های پیش روست.

** این نوشته پیشتر، به‌عنوان پیشگفتار ترجمهٔ فارسی کتاب «باز اندیشی آموزش مهندسی، رویکرد سی دی آی او»، از انتشارات موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی (1400)، نیز منتشر شده است.*

دکتر حسین معماریان، آذر 1400

[3] Information & Communication Technologies (ICT)