

## روند تکامل آموزش مهندسی در جهان و ایران

حسین مطهری نژاد<sup>۱</sup>

**چکیده:** تاریخ آموزش مهندسی شاهد پیشرفتهای باشکوهی بوده است و بر تکامل آموزش مهندسی دلالت دارد. آگاهی از تکامل تاریخی آموزش مهندسی به درک وضعیت موجود آن و همچنین، بهبود و اصلاح آموزش مهندسی متناسب با شرایط جدید کمک می‌کند. در این مقاله ابتدا روندهای اصلی آموزش مهندسی در قالب سه رویکرد شامل رویکرد مبتنی بر عمل مهندسی، رویکرد مبتنی بر علم مهندسی و رویکرد مبتنی بر تلفیق علم و عمل مهندسی مطرح شده‌اند؛ تاریخ آموزش مهندسی در کشور ایران نشان می‌دهد که برنامه‌های آموزش مهندسی از دو مرحله اول تکامل آموزش مهندسی در سطح جهانی تبعیت کرده‌اند، اما تغییر و گرایش اساسی به سمت رویکرد مبتنی بر تلفیق علم و عمل مهندسی مشاهده نمی‌شود. سپس، بر اساس چالشهای قرن بیست و یکم دورنمایی از آینده آموزش مهندسی ترسیم شده است. در پایان، نتیجه گرفته شد برای اینکه آموزش مهندسی به تربیت مهندسانی منجر شود که بتوانند مسائل را تشخیص دهند و راه‌حلهای مؤثری برای برآوردن نیاز جامعه طرح کنند، باید در برنامه‌های آموزش مهندسی به سه موضوع عمده و تلفیق آنها با یکدیگر توجه شود که عبارت‌اند از: علم (چه چیز)، مباحث اجتماعی و انسانی (چرا) و مهندسی (چگونه).

واژه‌های کلیدی: آموزش مهندسی، تاریخ، علم و عمل، قرن بیست و یکم.

۱. استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، بخش علوم تربیتی، کرمان، ایران.

hmotahhari@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۵/۲۱)

(پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۲۶)

## ۱. مقدمه

حرفه‌های مهندسی در طول قرن نوزدهم ظاهر شدند. در ابتدا، مهندسی عمران به‌عنوان یک شاخه فرعی از مهندسی نظامی ایجاد شد که بر ساخت تسلیحات نظامی، استحکامات و زیرساخت‌ها تمرکز داشت. کارهای صنعتی اولیه مبتنی بر مهارت‌های عملی و دستی بود و به ایجاد مدارس فنی منجر شد. از سوی دیگر، مهندسی مبتنی بر چشم‌اندازی از توسعه فنی و کاربرد رویکردهای سیستماتیک و تحلیلی مشابه با ایده فرانسوی «پلی تکنیک»<sup>۱</sup> بود. ایده‌ای که در نیمه اول قرن نوزدهم هم در اروپا و هم در ایالات متحده نفوذ کرد و به ایجاد نوع جدیدی از مؤسسات آموزش عالی منجر شد [۱]. در آن زمان، آموزش مهندسی شکل کلاسیک فعلی را نداشت و به جای استفاده از نظریه‌ها و تحلیلهای ریاضی مقدماتی در آموزش مهندسی به کارگاه‌های عملی و درسهای آزمایشگاهی اکتفا می‌شد [۲]. قرن بیستم با «مدل مبتنی بر کار عملی»<sup>۲</sup> در آموزش مهندسی آغاز شد که به‌طور گسترده مهندسان با تجربه آن را تدریس می‌کردند. اواسط قرن بیستم «مدل علم مهندسی»<sup>۳</sup> مطرح شد که به‌طور کلی، دانشمندان و پژوهشگران مهندسی آن را تدریس می‌کردند و بدون تأکید بر عمل واقعی مهندسی، شالوده قوی از زیربنایها را مطرح می‌ساختند. اخیراً، به این مدل انتقاد و بر نبود تناسب آن با نیازهای قرن بیست و یکم تأکید شده است [۳]. مطالعات انجام شده در اواخر قرن بیستم و اوایل قرن بیست و یکم بیانگر آن است که دانش‌آموختگان مهندسی از دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای عمل مهندسی برخوردار نیستند. بیان کوتاهی از این مسئله می‌تواند سؤال زیر باشد [۴]:

با توجه به اینکه مهندسی چیزی بیشتر از معادلات دیفرانسیل است و اینکه کاربرد فناوری برای کمک به جامعه مستلزم چیزی بیشتر از مهندسی است، چگونه باید دانشجویان مهندسی را آموزش داد؟ در این مقاله سعی شده است با توجه به روند تکامل آموزش مهندسی و چالش‌های قرن بیست و یکم به این سؤال پاسخ داده شود.

## ۲. روند تکامل آموزش مهندسی

ادبیات آموزش مهندسی در قرن نوزدهم و بیستم دو پدیده تقریباً عمومی را نشان داده است [۵]: پدیده اول اینکه برنامه‌های درسی در بین دانشکده‌های فنی به‌طور گسترده متفاوت بوده‌اند. برخی از دانشکده‌ها «علم محور»<sup>۴</sup> و برخی دیگر از آنها «عمل محور»<sup>۱</sup>

- 
1. Polytechnique
  2. Hands-on Practice-Based Model
  3. Engineering Science Model
  4. Science-Oriented

بودند؛ پدیده دوم اینکه برنامه‌های درسی رشته‌های مهندسی به تغییر جهت از عمل به سوی علم تمایل داشته‌اند. در دانشکده‌های علم محور مهندسان یا سؤالهای پژوهشی را از علوم پایه می‌گیرند و تلاش می‌کنند آنها را از طریق کاربرد داده‌ها پاسخ دهند یا این سؤالها را از حوزه عملی می‌گیرند و می‌پذیرند که راه حلها بر اساس کاربرد صحیح نظریه علمی قرار دارند. از سوی دیگر، در دانشکده‌های عمل محور مهندسان سؤال های پژوهشی را از حوزه عملی می‌گیرند و برای حل آنها تلاش می‌کنند؛ هر چند آنها تا اندازه‌ای از نظریه‌ها و روشهای علمی استفاده می‌کنند، بدون اینکه فرض کنند آنها به تنهایی برای ارائه راه حل کافی هستند. در عوض، مهندسان به دنبال راه حلهایی هستند که تحت شرایط ویژه‌ای که در آن مشتریان‌شان در دنیای عمل در حال کارکردن هستند، از نظر اقتصادی ممکن و از نظر عملی واقعی باشند. بنابراین، رویکردهای عملی و نظری به ساختارهای متفاوتی از آموزش فنی و مهندسی در اروپا و ایالات متحده منجر شد.

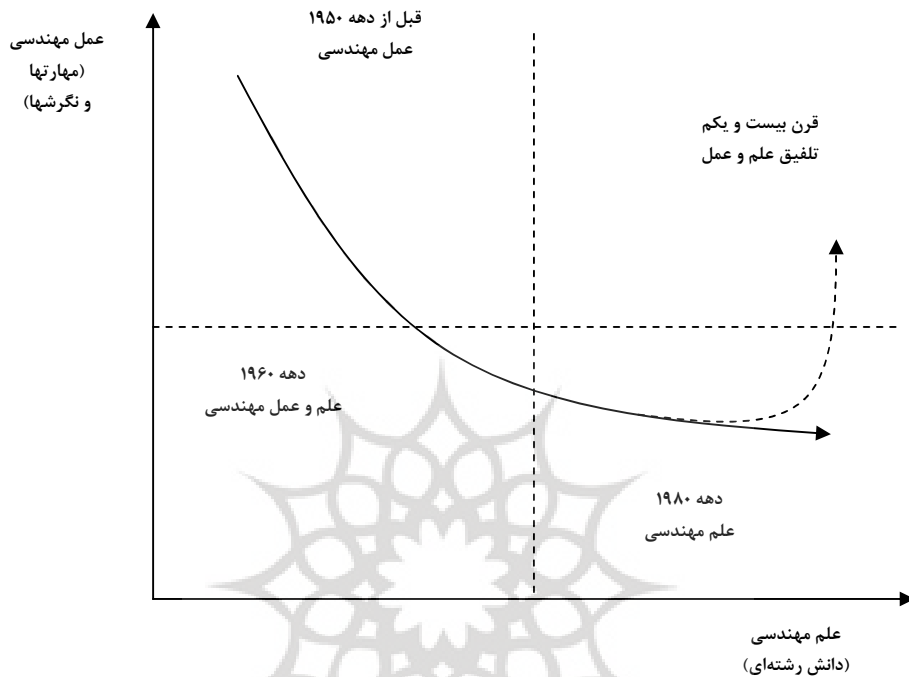
فایل شدن «ماهیت دو چهره‌ای»<sup>۲</sup> برای مهندسی به‌عنوان یک فعالیت باعث شده است که مهندسی از قرن نوزدهم بین کلمه‌های علم و عمل قرار گیرد. اغلب بیان شده است که بین علم و عمل تمایزی وجود دارد و از عباراتی چون کار در مقابل اندیشه، عمل در مقابل نظریه، کارگاه در مقابل اتاق مطالعه و چکش در مقابل کتاب برای توصیف آموزش مهندسی استفاده شده است [۵]. از این‌رو، تنشها بین نظریه و عمل در آموزش مهندسی از زمان شکل‌گیری رسمی آن در قرن نوزدهم به‌وجود آمد. دانش‌پژوهان در ایالات متحده استعاره «آونگ شناور»<sup>۳</sup> را برای شرح موجهای متنوع جهتگیری عملی در مقابل اولویتهای نظری در تعیین بحث روز آموزش مهندسی به‌کار بردند [۱].

همان‌طور که آموزش مهندسی در گذشته برای انطباق با نیازهای جامعه تغییر یافته است، این تکامل و تغییر برای نشان دادن نیازهای قرن بیست و یکم نیز ضروری است و باید تداوم یابد. در این خصوص، روندهای اصلی آموزش مهندسی را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد [۶]:

- قرن نوزدهم و نیمه اول قرن بیستم: «مهندس حرفه‌ای»<sup>۴</sup> - همان‌طور که مهندسی یک حرفه متفاوت می‌شد، در برنامه‌های اولیه آموزش مهندسی بر آماده کردن دانش‌آموختگان از طریق کارآموزی عملی تمرکز می‌شد. به هر حال، نقش علم و مدلسازی ریاضی به‌ندرت افزایش یافت و مورد پذیرش قرار گرفت.

- نیمه دوم قرن بیستم: «مهندس علمی»<sup>۱</sup> - در اواسط قرن بیستم پیشرفتهای تکنولوژیکی از جمله مهار موفقیت‌آمیز انرژی هسته‌ای و همچنین، واقعیت‌های مربوط به جغرافیای سیاسی مانند ابزارهای ماهواره‌ای به نیاز مهندسان به ماهر شدن در علم و ریاضیات منجر و برنامه درسی مهندسی با نیازهای تغییر یافته منطبق شد. این تغییر ساختار تا اندازه زیادی تا زمان حال تداوم پیدا کرد، اگرچه محتوای طراحی به تدریج افزایش یافت. در اوایل دهه ۱۹۹۰ مشخص شد که چیزی بیش از علم مورد نیاز است و بسیاری از دانشکده‌های مهندسی شروع به تأکید بر مهارت‌های غیرفنی از قبیل کار تیمی و ارتباطات کردند.
- قرن بیست و یکم: «مهندس کارآفرین و مولد»<sup>۲</sup> - تغییرات سریعی که جهان هم اکنون با آن مواجه است، همراه با تغییراتی که در دهه ۱۹۹۰ در آموزش مهندسی شروع شد، به مهندسی مجدد گسترده آموزش مهندسی منجر شد. در حالی که ساختار جدید بر اساس آمادگی زیاد در علم و ریاضیات استوار است، به احتمال زیاد بر نقش حرفه‌ای مهندس تأکید دارد و سپس، خواستار شایستگی‌های جدید مرتبط با نظم نوین جهانی است. با توجه به روند تکامل آموزش مهندسی در جهان، سه مدل یا رویکرد شامل رویکرد مبتنی بر عمل مهندسی، رویکرد مبتنی بر علم مهندسی و رویکرد مبتنی بر تلفیق علم و عمل مهندسی در طراحی و اجرای برنامه‌های آموزش مهندسی مطرح است. شکل ۱ بیانگر سیر تکامل آموزش مهندسی از گذشته تاکنون است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱: سیر تکامل آموزش مهندسی (اقتباس با اندکی تغییر) [۱]

قبل از دهه ۱۹۵۰ زمینه عمل کردن حاکم بود. در دهه ۱۹۶۰ توازن بیشتری بین علم و عمل مهندسی ایجاد شد. در دهه ۱۹۸۰ علم مهندسی با تأکید بیشتری بر زیربنای فنی مسلط شد. این روند در شکل ۱ به صورت یک منحنی نزولی نشان داده شده است، زیرا فرض بر این است که آموزش فعالیت انتقال اطلاعات است و محدودیتهای زمانی و توانایی انسان فقط اجازه می‌دهد مقدار معینی از محتوا پوشش داده شود [۱]. اخیراً، به این مدل انتقاد و بر تلفیق علم و عمل مهندسی تأکید شده است؛ یعنی دانشکده‌های مهندسی باید نه تنها از نظر فنی مهندسان متخصصی را آموزش دهند، بلکه

۱. شکل ۱ با اندکی تغییر از کتاب «تفکر مجدد نسبت به آموزش مهندسی» نوشته کراولی و همکاران (۲۰۰۷) اقتباس شده است. در شکل اصلی؛ برای محور X فقط عنوان دانش رشته‌ای آمده است، محور Y با عنوان مهارت‌های فردی، بین فردی و ساخت سیستم مشخص شده است و برای نشان دادن وضعیت آموزش مهندسی در قرن بیست و یکم از یک مدل آموزش مهندسی به نام CDIO که بر تلفیق علم و عمل مهندسی دلالت دارد سخن به میان آمده است.

لازم است کسانی را آموزش دهند که بتوانند نظامهای مهندسی جدید و با ارزش افزوده در یک محیط مدرن و مبتنی بر کار تیمی بسازند و از آن بهره‌برداری کنند [۳]. بنابراین، بیشتر افراد خواستار کاهش محتوای ریاضیات و علم در برنامه درسی مهندسی نیستند، بلکه در باره تلفیق بهتر علم و عمل مهندسی بحث می‌کنند [۴].

#### ۲.۱. رویکرد مبتنی بر عمل مهندسی

در قرن نوزدهم و نیمه اول قرن بیستم آموزش مهندسی به جای ارائه نظریه بیشتر بر اجرای پروژه‌ها و عمل مبتنی بود [۷]، بر سازماندهی دوره‌ها حول آزمایشگاهها و کارگاهها برای تدریس طراحی و بهره‌برداری تجهیزات و فرایندهای مهندسی تمرکز داشت [۷] و بر نقش علم و مدلسازی ریاضی چندان تأکید نمی‌شد [۶]. دانش‌آموختگان مهندسی که بدین ترتیب آموزش می‌دیدند، قادر بودند بلافاصله در صنایع مشغول به کار شوند و نیازهای صنایع آن زمان را برطرف کنند. مدرسان دوره‌های مهندسی در آن زمان مهندسان با تجربه بودند که اطلاعات عملی و تجربی در بخش صنعت داشتند و تحقیقات بخش بسیار کمی از فعالیت آنان را به خود اختصاص می‌داد [۲].

با گذشت زمان درسهای ریاضی و علوم پایه به تدریج وارد برنامه درسی آموزش مهندسی شدند و تحقیقات بخش بزرگ‌تری از فعالیتها را به خود اختصاص داد. تأکید بیشتر بر عمل مهندسی تا جنگ جهانی دوم ادامه یافت و در آن برهه زمانی دیگر آموزش مهندسی جوابگوی نیازهای روز جامعه نبود. تغییرات ناشی از جنگ جهانی که صنایع را تحت تأثیر قرار داده بود، روندها و راهکارهای متفاوتی را در حرفه مهندسی ایجاد می‌کرد. بنابراین، رخدادهای جنگ جهانی دوم اهمیت دانش علمی برای مهندسان را به اثبات رساند و به طور اساسی دمیدن<sup>۱</sup> علم به درون آموزش مهندسی را تقویت کرد [۴] که از آن با عنوان یک نقطه عطف و سرنوشت‌ساز برای حرفه و آموزش مهندسی یاد می‌شود.

#### ۲.۲. رویکرد مبتنی بر علم مهندسی

رویکرد علم مهندسی<sup>۲</sup> که در اروپا شروع شد، بعد از جنگ جهانی دوم در ایالات متحده آمریکا تقویت شد و توسعه یافت. دلیل اصلی مطرح شدن رویکرد علم مهندسی این بود که در آن زمان دانشمندان آمادگی بیشتری نسبت به مهندسان برای رو به رو شدن با فناوریهای جدید مانند رادار را داشتند. در نتیجه، محتوای علمی و ریاضیات برنامه‌های درسی مهندسی افزایش یافت، در حالی که مقدار زمانی که دانشجویان برای کار آزمایشگاهی و فعالیتهای تخصصی و حرفه‌ای مهندسی صرف می‌کردند،

---

1. Infusion

2. Engineering Science Approach

کاهش یافت [۹]. به‌طور کلی، در این برهه از زمان، آموزش مهندسی را دانشمندان و پژوهشگران مهندسی تدریس می‌کردند و بدون تأکید بر عمل واقعی مهندسی، شالوده قوی از زیربنایها را مطرح می‌ساختند [۳]. اهمیت فعالیتهای پژوهشی استادان روز به روز بیشتر شد و تحقیق و تدریس به‌عنوان فعالیتهای رقیب و کاملاً ناسازگار دیده می‌شدند، موقعیتی که از بسیاری جنبه‌ها غیرمولد و زیان بخش است [۸]. بنابراین، در نیمه دوم قرن بیستم علم مهندسی پیشی گرفت و فاصله و جدایی بین آموزش و عمل مهندسی افزایش یافت، تغییر ساختاری که به اندازه زیادی تا زمان حال تداوم یافته است.

در طول چند دهه گذشته، آموزش مهندسی در کشورهای چندی پشت سر هم مورد انتقاد قرار گرفته است. در کشور فرانسه صاحبان صنعت در طول دهه ۱۹۹۰ در باره نبود تواناییهای عملی مهندسان شکایت کردند، در حالی که در کشور بریتانیا یک دهه زودتر نارضایتی مشابهی بیان شد. در ایالات متحده آمریکا در طول دهه ۱۹۹۰ اعضای هیئت علمی بسیاری از دانشکده‌های مهندسی در باره بهترین شیوه اصلاح آموزش مهندسی در مقطع کارشناسی بحث و گفت‌وگو کردند. در بسیاری از دانشکده‌ها بحث اصلی این بود که آموزش مهندسی متناسب با نیازهای صنعتی باشد و در دانشکده‌های دیگر توجه جدی بر پایین بودن مهارتهای طراحی دانش‌آموختگان مهندسی متمرکز بود. در تمام موارد، منتقدان از این شکایت کردند که آموزش مهندسی از جهت‌گیریهایی عملی اولیه‌اش فاصله گرفته و با نیازهای واقعی بیش از پیش نامتناسب شده است [۵].

همچنین، در طول سه دهه گذشته، آموزش فنی و مهندسی در کشورهای در حال توسعه رشد زیادی یافته و تمرکز آموزش مهندسی در این کشورها بر تدریس مبانی فناوری از طریق کتابهای درسی بوده است. فقط تعداد کمی از مؤسسات دانش و مهارتهای مرتبط با نیازهای صنعت را به‌عنوان قسمتی از برنامه درسی به دانشجویان خود ارائه می‌کنند. برخی از دانشکده‌های مهندسی در دوره‌های زمانی کوتاهی دانشجویان خود را به محیطهای صنعتی می‌فرستند، ولی بیشتر دانشکده‌ها چشم‌انداز روشنی در زمینه راهبردهای مورد نیاز برای آگاه ساختن دانشجویان خود از نیازهای حال و آینده صنعت ندارند [۱۰]. این وضعیت در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بیانگر فاصله گرفتن آموزش مهندسی از عمل است، فرایندی که بعضی وقتها از آن با عنوان «انحراف آکادمیک» یاد می‌شود؛ یعنی تغییر جهت از عمل به سوی علم [۵].

۲.۳. رویکرد مبتنی بر تلفیق علم و عمل مهندسی درست است که بعد از جنگ جهانی دوم پیدایش علم مهندسی بر آموزش مهندسی تأثیر گذاشت و زیربناهای علمی مهندسی را تقویت کرد، لیکن بعد از چند دهه تأکید زیاد بر علم مهندسی، آموزش مهندسی به مقدار زیادی از عمل مهندسی فاصله گرفت و تأکید بر تحلیل<sup>۱</sup> از ایجاد «ترکیب و طراحی»<sup>۲</sup> پیشی گرفت. هماهنگ با تأکید بر تحلیل در طول چند دهه، تجربه آموزش مهندسی در مقطع کارشناسی بیش از پیش تکه تکه شد و به عنوان قسمتهای مستقل از هم در اختیار دانشجویان قرار گرفت [۱۱]. از این رو، دیدگاه رایج در خصوص زیربنای آموزشی مهندسی حرفه‌ای تا قبل از دهه ۱۹۹۰ می‌تواند با سه عنوان به شرح زیر خلاصه شود [۱۲]:

- کسب دانش علوم پایه (برای نمونه، فیزیک و ریاضیات)؛
- کسب دانش علوم کاربردی که مبتنی بر «مسئله و راه‌حلهای تکراری»<sup>۳</sup> هستند (مانند مکانیک و مواد)؛
- کسب مهارتهای معین برای پشتیبانی از عمل (مثلاً نقشه‌کشی و برنامه‌نویسی).

این دیدگاه از آموزش مهندسی باعث شد تا دانش‌آموختگان مهندسی در مواجه شدن با موقعیتهای مسئله‌داری که مبهم هستند [مسائل نامعین و غیرقطعی] ناکام باشند، زیرا توانایی حل مسئله آنها وابسته به مسائل تعریف شده است.

در اواخر دهه ۱۹۸۰ برخی از دانشگاههای پیشرو به وجود داشتن فاصله بین آموزش و عمل مهندسی توجه کردند و به‌منظور کاهش این فاصله برخی پیشنهادها مطرح شد. در این خصوص، نقش اصلی را چندین شرکت آمریکایی از جمله «شرکت بوئینگ»<sup>۴</sup> بازی کردند. این شرکتها فهرستی از ویژگیهایی را که تمایل داشتند مهندسان برای استخدام شدن داشته باشند، منتشر کردند. تحت تأثیر صنعت پیشرو آمریکا، «شورای اعتباربخشی مهندسی و فناوری»<sup>۵</sup> نیز فهرستی از تواناییها و مهارتهایی را که دانش‌آموختگان مهندسی باید داشته باشند و دانشکده‌های مهندسی برای اعتباربخشی دوره‌هایشان باید آنها را مورد توجه قرار دهند، با عنوان معیارهای مهندسی ۲۰۰۰ منتشر کرد [۷]. وجه اشتراک این فهرستها، انتقاد ضمنی از آموزش مهندسی فعلی بود که برای تدریس نظریه از جمله ریاضیات، علم و موضوعهای فنی اولویت قایل می‌شد، در حالی که بر ایجاد پایه و

- 
1. Analysis
  2. Synthesis and Design
  3. Routine Problem-Solutions
  4. Boeing Company
  5. Accreditation Board of Engineering and Technology (ABET)



اساسی برای عمل مهندسی، که بر مهارتهایی از قبیل طراحی، کار تیمی و ارتباطات تأکید می‌شد، تمرکز کافی نداشت [۱].

وفاق گسترده‌ای وجود دارد مبنی بر اینکه رویکرد علم مهندسی، که بیش از پنجاه سال است دانش‌آموختگان مهندسی را با توانایی فنی بالا آماده می‌کند، باید در ارتباط با نیازهای قرن بیست و یکم مورد بازبینی قرار گیرد [۹]. در این خصوص، شناخت در باره اینکه موانع بین تدریس و تحقیق و بین نظریه و عمل تصنعی هستند و اینکه این فعالیتها هم‌افزایی دارند، افزایش یافت [۸] و بسیاری از دانشگاهها به ترکیب جدیدی از علم و عمل مهندسی روی آوردند [۱۳].

مهندسی در واقع، بین علم در یک دست و جامعه در دست دیگر قرار گرفته است و با کاربرد سیستماتیک اصول علمی و ریاضیات در جهت نتایج عملی برای بهبود شرایط زندگی واقعی سر و کار دارد [۹]. بنابراین، در آموزش مهندسی باید هم بر علم و هم بر عمل تأکید شود [۱۴] تا دانشجویان رشته‌های مهندسی بتوانند شایستگیهای مورد نیاز برای کار کردن در صنعت و محیط‌های کاری قرن بیست و یکم را کسب کنند. مطهری‌نژاد [۱۵] از طریق تحلیل محتوای چهارده مدل مستخرج از ائتلافها و توافقنامه‌های بین‌المللی آموزش مهندسی به این نتیجه دست یافت که در تمام مدل‌های مورد مطالعه، بر آموزش هم‌زمان علم و عمل مهندسی تأکید شده است. این موضوع بیانگر گرایش آموزش مهندسی در سطح جهانی به سمت تلفیق علم و عمل در برنامه‌های آموزش مهندسی است.

### ۳. آموزش مهندسی در کشور ایران

بررسی روند تاریخی آموزش عالی در کشور ایران نشان می‌دهد که تا سال ۱۳۸۷ شمسی از عمر قدیمی‌ترین مرکز آموزش مهندسی ایران؛ یعنی دارالفنون ۱۶۰ سال و از عمر قدیمی‌ترین دانشگاه جامع کشور؛ یعنی دانشگاه تهران ۷۴ سال می‌گذرد. در این مدت از دارالفنون جز نامی باقی نمانده و نظام آموزش عالی ایران نیز فراز و نشیبهای بسیاری را پشت سرگزارده است [۱۶]. دوره‌های اولیه آموزش مهندسی در ایران عموماً بر مبنای درسهای عملی و توسط استادان با تجربه صنعتی تدریس می‌شد، ولی به تدریج با دایر شدن دانشگاههای جدید طی چهل سال گذشته، آموزش علوم مهندسی با سطح نظری بسیار بالا و با اولویت بسیار کمتر برای مسائل عملی رواج یافت. دانش‌آموختگان چنین دانشگاههایی به دلیل اینکه اولاً از پایه نظری بسیار بالایی برخوردار بودند و ثانیاً به طور معمول از باهوش‌ترین و با استعدادترین افراد جامعه بودند، پس از ورود به صنعت و طی دوره‌های کارورزی و آموزشهای اولیه بر مسائل عملی تسلط پیدا می‌کردند و تا حدود زیادی جوابگوی حل مسائل صنعتی می‌شدند [۲]. اما با توجه به پیشرفتهای چشمگیری که در حوزه علوم مهندسی، فناوری و صنایع در سطح جهانی حاصل شده است، این روند دیگر جوابگو نیست و آموزش مهندسی در ایران با چالشی

بسیار بزرگ روبه‌روست. لازم است در خصوص روش متداول آموزش مهندسی در کشور بازنگری و در آن تغییرات اساسی ایجاد شود [۱۷].

آنچه امروزه در دانشکده‌های مهندسی کشور انجام می‌شود، انتقال دانش به دانشجویان و قوی کردن پایه علمی آنان و تا اندازه‌ای توانا ساختن آنان برای فراگیری دانشهای جدید است [۱۸]. در حالی که در تربیت مهندسان از مهارتها و نگرشهای مورد نیاز آنان چندان خبری نیست و این موضوع بسیار مهمی است که باید در آموزش مهندسی ایران به آن توجه شود [۱۹ و ۲۰]. در این خصوص، بررسی دیدگاه مدیران بخش صنعت و اعضای هیئت علمی دانشکده‌های مهندسی نشان داد که اصلاح و تغییر برنامه‌های آموزش مهندسی در ایران ضروری است [۲۱].

با توجه به روند تاریخی آموزش مهندسی در کشور می‌توان نتیجه گرفت که آموزش مهندسی در ایران از دو مرحله اول تکامل آموزش مهندسی در سطح جهانی؛ یعنی ابتدا تأکید بر عمل مهندسی و سپس، تأکید بر علم مهندسی تبعیت کرده است. اما تغییر و گرایش اساسی به سمت رویکرد مبتنی بر تلفیق علم و عمل مهندسی مشاهده نمی‌شود. مطهری‌نژاد [۱۵] با بررسی دیدگاه اعضای هیئت علمی دانشکده‌های مهندسی کشور به این نتیجه دست یافت که در طراحی و اجرای برنامه‌های آموزش مهندسی باید به‌طور همزمان بر علم و عمل مهندسی تأکید شود. همچنین، نتایج بررسی نظر استادان و دانشجویان سال آخر رشته‌های مهندسی دانشگاههای استان کرمان نشان داد که هم از دیدگاه استادان و هم از دیدگاه دانشجویان میزان تأکید همزمان برنامه‌های آموزش مهندسی کشور بر علم و عمل مهندسی پایین‌تر از حد متوسط است و با وضعیت مطلوب فاصله زیادی دارد [۱۵]. در این خصوص، توجه نظام آموزش مهندسی کشور به رویکرد تلفیق علم و عمل در برنامه‌های آموزش مهندسی می‌تواند مبنای بسیاری از پژوهشها و اصلاحات در این زمینه باشد.

#### ۴. چالشهای معاصر و آینده آموزش مهندسی

نیمه آخر قرن بیستم به‌وسیله فیزیک، الکترونیک، ارتباطات سریع و حمل و نقل سریع و طولانی تحت الشعاع قرار گرفت که دوران سرعت و قدرت بود. قرن بیست و یکم به طور کاملاً متفاوتی ظاهر شد و به‌وسیله زیست‌شناسی و اطلاعات و همچنین، موضوعهایی با مقیاس کلان مانند انرژی، آب و پایداری تحت الشعاع قرار گرفت. بنابراین، اموری وجود دارد که باید مهندسان در آنها توانا باشند، اما زمینه مهندسی به‌طور سریع در حال تکامل است [۲۲]. چالشها و واقعیتهای قرن جدید نشان می‌دهد زمانی که صحبت از تلفیق علم و عمل در برنامه‌های آموزش مهندسی به میان می‌آید، عمل مهندسی به جنبه‌های فنی و مادی محدود نمی‌شود، بلکه مباحث اجتماعی و انسانی را نیز در بر می‌گیرد.

نقل قول کردن حرفی که به نئودور کارمن<sup>۱</sup> نسبت داده شده است و آن اینکه «دانشمند آنچه را وجود دارد کشف می‌کند و مهندس آنچه را که هرگز وجود ندارد خلق می‌کند»، بیانگر این حقیقت است که مهندسی فقط علم نیست. بنابراین، مهندسی به خاطر خودش انجام نمی‌شود، بلکه در یک زمینه گسترده‌تر انجام می‌شود. الزامات تولید و کسب و کار، شرایط جامعه و محیط جهانی همگی بر عمل مهندسی تأثیر می‌گذارند و مهندسی بدون توجه به آنها نمی‌تواند انجام شود [۲۳]. اگرچه هویت مهندسان به‌عنوان ایجادکنندگان و طراحان در نوشته‌های تاریخی مطرح شده است و با گزارشهای استراتژیک در باره نقش مهندسی در آینده حمایت می‌شود، اما واقعیت نشان می‌دهد که مهندسان نقشهایی مشابه با تحلیل‌گران و دانشمندان در آزمایشگاهها و صنایع فنی مدرن بر عهده دارند. لذا، بیشتر مهندسان به حل مسائل فنی تعریف شده می‌پردازند تا مسائل تعریف نشده. با توجه به چالشهای معاصر این سؤال مطرح است که آیا مهندسان در فرایندهای اجتماعی و فنی استاندارد نشده جایی که مسائل تعریف نشده و شیوه‌های جدید ترکیب دانش مطرح است شایستگی لازم را دارند [۱]؟

اگر مهندسی خود را به جنبه‌های فنی و مادی محدود سازد و از فرصتهای جدید استفاده نکند، بیش از پیش بدون قدرت خواهد شد [۲۴] و ایده قرن بیستم که مهندسان مسئولیت‌پذیری اجتماعی دارند و سازندگان حماسی ساختارهای مادی جامعه مدرن هستند با تصویری کمتر حماسی و بیشتر پیش پا افتاده از مهندسان به‌عنوان خدمتگزاران<sup>۲</sup> صنعت جایگزین خواهد شد. این تصور از مهندسی کاهش تأثیر مهندسان در جهنگیری و محتوای نوآوری تکنولوژیکی را نشان می‌دهد و از جایگاه مهندسان در نقشی کمتر اثرگذار و زبردست در تلاشهای قرن جدید پشتیبانی می‌کند [۱]. لذا، همان‌طور که در قرن بیستم نشان داده شد، مهندسی نمی‌تواند بدون توجه به علم و ریاضیات به حیات خود ادامه دهد و چالشهای قرن بیست و یکم بیانگر آن هستند که مهندسی نمی‌تواند بدون توجه به زمینه اجتماعی و انسانی که در آن عمل می‌کند، مؤثر واقع شود. این ضرورت، نیاز به بهبود در آموزش مهندسی را طلب می‌کند.

پارادایم جدید آموزش مهندسی با این حقیقت هماهنگ است که تقاضاهای حال و آینده حل مسائلی را در بر می‌گیرد که با ارزشها، نگرشها و رفتار انسان و همچنین، روابط متقابل و پویاییهای نظامهای اجتماعی، سیاسی، محیطی و اقتصادی در یک زمینه جهانی سروکار دارند. این موضوع فراتر

---

1. Theodore Von Karman

2. Servants

از نگه داشتن دانشجویان مهندسی در «خط مقدم فناوری»<sup>۱</sup> و ایجاد توازن بهتر در حوزه‌های متنوع دانش‌پژوهی مهندسی است [۲۵]. از این‌رو، اصلاح آموزش مهندسی از طریق اضافه کردن چند درس جدید و تأکید بر حل مسائل فنی و اجرای پروژه که در آنها عمل مهندسی شبیه‌سازی می‌شود به طور کامل اتفاق نمی‌افتد، بلکه اصلاح آموزش مهندسی نیازمند درک جدیدی از نقش علم در نوآوری و کاربرد فناوری در این زمینه است. این رویکرد بر نیاز به ایجاد پیوند بین دانش رشته‌ای حاصل از علوم فنی و علوم اجتماعی و همچنین، حوزه‌های عملی مهندسی تأکید دارد که به تلفیق جنبه‌های اجتماعی، عملی و فنی فناوری منجر می‌شود [۱].

### ۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله به‌منظور پاسخگویی به این سؤال که در قرن بیست و یکم چگونه باید دانشجویان مهندسی را آموزش داد، روند تکامل آموزش مهندسی بررسی و با توجه به چالش‌های قرن جدید بر رویکردی متفاوت در آموزش مهندسی نسبت به قرن بیستم تأکید شد. در این رویکرد که برخاسته از روند تکامل آموزش مهندسی و شرایط قرن بیست و یکم است، مشخص شد که علاوه بر تلفیق علم و عمل در برنامه‌های آموزش مهندسی، باید زمینه عمل مهندسی؛ یعنی مباحث اجتماعی، سیاسی، محیطی و اقتصادی در آموزش مهندسان نیز مد نظر قرار گیرد تا مهندسان بتوانند نقش مؤثری در نوآوری و کاربرد اجتماعی فناوری بر عهده داشته باشند.

از نظر تاریخی، مهندسی تا حدودی خارج از زمینه نیاز و تأثیر اجتماعی تدریس شده است. این موضوع باعث شده است مهندسی ناقص باشد. برای از بین بردن این کمبود، در برنامه‌های آموزش مهندسی باید دانشجویان تشویق شوند که زمینه گسترده‌تری را که در آن کار خواهند کرد، درک کنند؛ یعنی ادراک روشنی را از اینکه مهندسی چگونه بر زمینه، جامعه و دورانی که در آن قرار دارد تأثیر می‌گذارد و از آن تأثیر می‌پذیرد، به‌دست آورند. در دنیایی با پیچیدگی روز افزون، نیاز به رویکردی میان رشته‌ای در مهندسی مطرح است؛ رویکردی که علم و همچنین، مباحث انسانی و اجتماعی را با مهندسی تلفیق کند. از این‌رو، مهندسی به‌عنوان کاربرد ریاضیات و علم در خدمت بشریت و به‌عنوان پلی که علوم را به موضوعهای انسانی و اجتماعی ارتباط می‌دهد، تعریف می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع مطرح شده در این مقاله، چالش‌های آموزش مهندسی در قرن بیست و یکم و نحوه پاسخ به این چالش‌ها باید به طور جامع‌تری بررسی شود تا مدیران و مربیان آموزش مهندسی کشور بتوانند با آگاهی بیشتر به اصلاح و تغییر برنامه‌های آموزش مهندسی دست بزنند.

## مراجع

1. Crawley, E. F., Malmqvist, J., Ostlund, S. and Brodeur, D. (2007), *Rethinking engineering education: The CDIO Approach*, New York: Springer.
۲. شیرانی، ابراهیم (۱۳۸۶)، "ضرورت تحول در آموزش مهندسی مکانیک"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال نهم، شماره ۳۳، صص. ۵۰-۳۹.
3. Bankel, J., Berggren, K., Engstrom, M., Wiklund, I., Crawley, E. F., Soderholm, D. K. Gaidi, E. and Ostlund, S. (2005), "Benchmarking engineering curricula with the CDIO syllabus", *International Journal of Engineering Education*, Vol. 21, No. 1, pp. 121-133.
4. Magee, C. L. (2004), Needs and possibilities for engineering education: One industrial/academic perspective, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 20, No. 3, pp. 341-352.
5. Harwood, J. (2006), Engineering education between science and practice: Rethinking the historiography, *History and Technology*, Vol. 22, No. 1, pp. 53-79.
6. Apelian, D. (2007), The engineering profession in the 21st century: Educational needs and societal challenges facing the profession, *International Journal of Metal casting*, fall, pp. 21-30.
7. De Magalhaes, A. B., Estima, M. and Almada-Lobo, B. (2007), PUKHA: a new pedagogical experience, *European Journal of Engineering Education*, Vol. 32, No. 6, pp. 711-719.
8. Felder, R. D., Sheppard, S. D. and Smith, K. A. (2005), A new journal for a field in transition, *Journal of Engineering Education*, Vol. 94, No. 1, pp. 7-10.
9. Grimson, J. (2002), Re-engineering the curriculum for the 21st century", *European Journal of Engineering, Education*, Vol. 27, No. 1, pp. 31-37.
10. Moubayed, N., Bernard, M. and Jammal, A. (2009), A survey of engineering education in developing countries: The Lebanese case, *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, Vol. 6, pp. 430-441.
11. Fromm, E. (2003), The changing engineering educational paradigm, *Journal of Engineering Education*, Vol. 92, No. 2, pp. 113-121.
12. Green, G. and Kennedy, P. (2001), Redefining engineering education: The reflective practice of product design engineering, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 17, No. 1, pp. 3-9.
13. Crawley, E. F., Malmqvist, J., Lucas, W. A. and Brodeur, D. R. (2011), The CDIO syllabus v2.0: An updated statement of goals for engineering education", *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*, Technical University of Denmark, Copenhagen, June 20-23.
14. John, V. (2000), Engineering education: Finding the centre or back to the future, *European Journal of Engineering Education*, Vol. 25, No. 3, pp. 215-225.
۱۵. مطهری نژاد، حسین (۱۳۹۱)، ارائه مدلی برای مدیریت آموزش مهندسی در ایران، رساله دکتری، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

#### ۱۴ روند تکامل آموزش مهندسی در جهان و ایران

۱۶. معماریان، حسین (۱۳۸۸)، طراحی درس جدید حرفه مهندسی برای دوره‌های کارشناسی مهندسی ایران، نشریه دانشکده فنی، دوره ۴۳، شماره ۱، صص. ۸۹-۱۰۰.
۱۷. خداپرست حقی، اکبر (۱۳۸۴)، دیدگاه نوین در آموزش مهندسی: ارتقای مدل‌های سنتی به راهکارهای خلاق، فصلنامه آموزش مهندسی/ایران، سال هفتم، شماره ۲۸، صص. ۱-۱۲.
۱۸. بهادری‌نژاد، مهدی و نمکی، علی (۱۳۸۷)، آموزش موازی مهندسی در دانشگاه و صنعت، فصلنامه آموزش مهندسی/ایران، سال دهم، شماره ۳۹، صص. ۶۳-۷۴.
۱۹. رحیمی، غلامحسین (۱۳۷۸)، آموزش مهندسی در برنامه‌های آینده توسعه کشور، فصلنامه آموزش مهندسی/ایران، سال اول، شماره ۳، صص. ۱-۱۱.
۲۰. مطهری‌نژاد، حسین، یعقوبی، محمود و دوامی، پرویز، (۱۳۹۰)، الزامات آموزش مهندسی با توجه به نیازهای صنعت در کشور ایران، فصلنامه آموزش مهندسی/ایران، سال سیزدهم، شماره ۵۲، صص. ۳۹-۲۳.
۲۱. مطهری‌نژاد، حسین، یعقوبی، محمود و دوامی، پرویز، (۱۳۹۱)، ضرورت‌های اصلی در تدوین راهبردهای آموزش مهندسی ایران (بخش دوم: مقایسه دیدگاه مدیران بخش صنعت و اعضای هیئت علمی)، فصلنامه آموزش مهندسی/ایران، سال سیزدهم، شماره ۵۵، صص. ۲۰-۱.
22. Vest, C. M. (2008), Context and challenge for twenty-first century engineering education, *Journal of Engineering Education*, Vol. 97, No. 3, pp. 235-236.
23. McMasters, J. H. (2004), Influencing engineering education: One (aerospace) industry perspective, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 20, No. 3, pp. 353-371.
24. Holt, J. E. (Tim) (2002), The status of engineering in the age of technology: Part II. principles of practice, *International Journal of Engineering Education*, Vol. 18, No. 1, pp. 2-7.
25. Splitt, F. G. (2003), The challenge to change: On realizing the new paradigm for engineering education, *Journal of Engineering Education*, Vol. 92, No. 2, pp. 181-187.