فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال یازدهم، شماره ۴۳، ، پاییز ۱۳۸۸، ص۲۸- ۱۳

آموزش مهندسی با نگاه به محیط زیست: توسعه هرم فکری هالیستیک (اکولوژیکی)

محمد کارآموز [۱] و سارا نظیف [۲]

چکیده: تربیت مهندسان آگاه به چالشهای امروز، فرصتهای آینده و دانش روز نقش بسیار مهمی در توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع مختلف ایفا می‌کند. ساختار فعلی آموزش مهندسی سعی دارد تا هر چه بیشتر اطلاعات مهندسان در زمینه‌های تخصصی مربوط افزایش یابد و متأسفانه، جوانب فعالیتهای آنها که عمدتاً محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مورد غفلت قرار گرفته است. این ساختار فکری که معمولاً از آن با عنوان رویکرد نیوتنی (مکانیسمی) یاد می‌شود، تفکری عمودی مبتنی بر فرایندهای پشت‌سرهم و خطی است که در آن برنامه‌های آموزشی مهندسان به منظور استفاده هر چه بیشتر از امکانات طبیعی موجود در محیط اطراف خود و نیز کنترل طبیعت تدوین شده‌اند. با گذشت زمان و آشکار شدن اثرهای نامطلوب این نگرش مهندسی بر وضعیت محیط زیست و همچنین، مشاهده علایم عدم تعادل در نظامهای مهندسی که عملاً کاربری آنها را در طول زمان با مشکل مواجه می‌ساخت، لزوم تغییر نگرش در توسعه دانش مهندسی و توجه بیشتر به محیط زیست آشکار شد. بر این مبنا رویکرد فکری هالیستیک (اکولوژیکی) که تفکری افقی مبتنی بر فرایندهای موازی و غیرخطی است، در آموزش مهندسی مطرح شده است. در این رویکرد در کنار توسعه دانش مهندسان در زمینه‌های تخصصی سعی می‌شود تا مهندسان با اندرکنشهای فرایندها و طرحهای مهندسی و محیط زیست آشنا شوند. بدین ترتیب، می‌توان از امکانات موجود بیشترین استفاده را کرد و در کنار آن آثار نامطلوب فعالیتهای مهندسی را به حداقل مقدار ممکن کاهش داد. در این مقاله روند تغییر رویکرد فکری در آموزش مهندسی و آثار آن بر توسعه نظامهای مهندسی و محیط زیست و چشم‌انداز تکاملی آن بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: آموزش مهندسی، محیط زیست، رویکرد هالیستیک (اکولوژیکی)، رویکرد نیوتنی.

---

۱. استاد دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران. karamouz@ut.ac.ir
۲. کاندیدای دریافت درجه دکتری، دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

۱. مقدمه

نیروی انسانی بزرگ ترین سرمایه هر کشور محسوب می‌شود. این سرمایه با ارزش می‌تواند با پرورش و بهره‌گیری مؤثر پایه‌های اقتصاد کشور را دگرگون و راه دشوار توسعه را هموار سازد. در بعد انسانی توسعه پایدار، توسعه منابع انسانی و بهبود تعلیم و تربیت و آموزش اهمیت بسیاری دارد. در بسیاری از کشورهای توسعه یافته سهم چشمگیری از رشد درآمد سرانه [برای مثال، در آمریکا بیش از ۸۵٪] ناشی از تغییرات تکنولوژیکی ایجاد شده در فرایند توسعه و مهندسی نظامهاست. این تغییرات مرهون تلاشهای چشمگیر در توسعه دانش و همچنین، مهندسی نظامهاست [۱].

هدف نظامهای آموزش مهندسی تجهیز مهندسان جدید به مهارتهای حل مسائل، برقراری ارتباط مؤثر، کارگروهی، خود ارزیابی، مدیریت مبتنی بر بازخور و تفکر بر مبنای عمر مفید است. آموزش و تربیت مهندسان جدید باید گسترده و در عین حال، عمیق باشد تا با دنیای واقعی مهندسی انطباق داشته باشد. به همین دلیل، آموزش مهندسی یکی از ارکان حیاتی در توسعه کشورها به شمار می رود که باید پایداری نظامها در سازماندهی برنامه و همچنین، تعیین ارزشها و خروجیهای مورد انتظار آن لحاظ شوند؛ به عبارت دیگر، برای دستیابی به توسعه پایدار باید ابتدا مبانی آن در آموزش مهندسان لحاظ شود.

مهم ترین چالش مهندسی در قرن ۲۱ بازنگری ساختار آموزش مهندسی است تا از بی‌توجهی به دانش حرفه‌ای و کاربردی و نگاه یک بعدی به مهندسی به عنوان یک عامل اقتصادی جلوگیری شود. در قرن حاضر، باید به آموزش مهندسی به عنوان پرورش‌دهنده راهبران خلاق و کارگشای جهان آتی؛ یعنی تصمیم‌گیرندگان توجه شود. تصمیم‌گیرندگان فعالانه شرایط آتی زندگی بشر را با دانش تکنولوژیکی و خلاقیت و لحاظ کردن اصول مدیریت نوین بر مبنای خلاقیت، بهینه‌سازی هزینه در نظامهای اقتصادی و اجتماعی و محیط زیستی و توجه به ارتباطات پروژه‌های نوین مهندسی شکل می‌دهند. در سالهای گذشته، در مقالات متعددی به مفهوم مهندسی هالیستیک یا آموزش هالیستیک و تحول مهندسی اشاره شده است. در این مطالعات از عبارت مهندسی هالیستیک برای توصیف نگرشی بین تخصصی و سیستماتیک در آموزش مهندسی استفاده شده است. در مهندسی هالیستیک بر فرمولاسیون جزء به جزء مسائل تأکید و در شیوه‌های متداول تربیت مهندسان تحولات اساسی ایجاد شده است[۲].

با توجه به ضرورتهای آموزش مهندسان با تفکر هالیستیک برای توسعه دنیای کنونی، در این مقاله جایگاه این رویکرد در نظام آموزش مهندسی کشور بررسی و تبیین شده است. برای این منظور، ابتدا لزوم تحول روند آموزش مهندسان با توجه به اهمیت پایداری در نظامهای مختلف جهان بررسی و در ادامه، روند تغییر هرم فکری در تربیت دانشجویان مهندسی و مزایای به دست آمده از آن تشریح شده است. از آنجا که برنامه‌های درسی در توسعه رویکردهای مختلف و موفقیت آنها نقش حساسی

دارند، در بخش بعدی چگونگی لحاظ کردن نگرش هالیستیک در برنامه‌ریزی دروس دانشجویان مهندسی مورد بررسی قرار گرفته است. در انتها دغدغه‌های حال حاضر جهان و همچنین، کشورمان در آموزش مهندسی بررسی و خلاصه و جمع‌بندی از بحثهای صورت گرفته ارائه شده است.

۲. پایداری و لزوم تحول در آموزش مهندسان

بر اساس توصیه‌های Agenda21، برای اطمینان از وجود محیط زیستی سالم و قابل سکونت برای نسلهای آتی، تجارت، صنعت، دولتها و اشخاص حقیقی باید فعالیتهای خود را با هدف دستیابی به پایداری جهانی تطبیق دهند. در سالهای اخیر، تلاشهایی برای طرح مسئله پایداری در سطوح دانشگاهها، دولتها و صنایع صورت گرفته، ولی این حرکتها عموماً کند و میزان تأثیر آنها محدود بوده است. از آنجا که غایت فعالیتهای مهندسی بهبود شرایط زندگی انسانها از طریق توسعه و کاربرد فناوری است، لذا، نقش مؤثری در دستیابی بشر به جنبه‌های مختلف پایداری با توجه به گرایشهای متنوع مهندسی دارد [۳]. بنابراین، برای تبدیل اصول پایداری به یکی از ارکان فرهنگ جهانی ناگزیر تحول باید از اصول آموزش مهندسی آغاز شود.

علی رغم نقش مؤثر مهندسی در پایداری جهانی، متأسفانه، آموزش مهندسی کمتر در مباحث جهانی‌سازی مورد توجه قرار گرفته است و مسئولان آموزش مهندسی هنوز با پدیده آموزش مهندسی فراگیر در چالش هستند. در حال حاضر، بسیاری از موضوعات مهندسی که مؤسسات دانشگاهی ارائه می‌کنند، به تنهایی و بدون توجه به جنبه‌های اقتصادی، محیط‌زیستی، سیاسی، فرهنگی، تکنولوژیکی و جهانی تدریس می‌شوند. این در حالی است که دانشگاههای مهندسی باید از رویکردهای هالیستیک در آموزش مهندسان استفاده کنند تا بدین ترتیب، دانشجویان قادر باشند ارتباطات و اندرکنشهای میان نظامهای مختلف و جامعه جهانی را با مهندسی دریابند.

با توجه به مطالب بیان شده، مسئولیت دستیابی به پایداری جهانی در میان مسئولیتهای متعدد نسل حاضر مهندسان نسبت به نسلهای آتی در اولویت قرار دارد. برای تأمین این هدف ابتدا باید به دو سؤال اساسی زیر پاسخ داد [۳]:

- چه کارهایی برای رسیدن به این هدف در حال انجام شدن است؟
- چه کارهایی برای طرح موضوع و جلب حمایت نهادهای مختلف به منظور پیاده‌سازی مفهوم پایداری در آموزش مهندسان نسل جدید باید انجام شود؟

آموزش و آماده‌سازی نیروی انسانی برای رسیدن به مراحل بالای تعالی و پیشرفت و ایجاد محیطی مناسب برای پرورش خلاقیت و مدیریت صحیح منابع ضروری است. لازمه ایجاد خلاقیت که جزء انکارناپذیر مهندسی به خصوص در قرن اخیر است، استفاده صحیح از قدرت فکر، تخیل و ایجاد

ذهنیت و فرهنگ‌سازی است که محیط و سازکار لازم را برای پرورش و شکوفایی نیروی انسانی فراهم می‌کند. یکی از مشکلات مبتلابه بشر امروز، نحوه فکر کردن وی است. با تغییر نحوه تفکر می‌توان تحول شگرفی در مجموعه مهندسی ایجاد کرد که برای این منظور، اولین گام تغییر ساختار آموزشی فعلی است. بر این مبنا، در رویکرد جهانی به آموزش مهندسی موارد زیر را می‌توان به عنوان ضرورتهای دنیای امروز مطرح کرد:

الف. تحول در هرم فکری به سمت تفکر هولستیک (اکوسیستمی)

آموزش تفکر نوین هالیستیک باید در کلیه مراحل آموزش عمومی (تحصیلات ابتدایی و متوسطه) و همچنین، در تمام زمینه‌های تحصیلات عالی به خصوص مهندسی مورد نظر قرار گیرد. آموزش عمومی برای فراهم ساختن زمینه برای پذیرش عمومی در برخورد جدید با مسائل دنیای اطراف ضروری است. مهندسان به عنوان شکل دهندگان دنیای اطراف، نقش مؤثری در سازماندهی رویکردهای آتی جامعه در حل مسائل جدید دارند و لذا، آموزش آنها بر اساس رویکرد هالیستیک از ضروریات دنیای امروز است.

ب. توجه به الگوی I_2e (نوآوری ـ خلاقیت ـ کارآفرینی) در مهندسی

پ. توسعه الگوی I_3 (نوآوری ـ رویکرد بین‌المللی ـ رویکرد بین رشته‌ای) در مهندسی

ت. چالشهای جدید و فناوریهای در حال ظهور

- توسعه شاهراه اطلاعاتی
- گرمایش عمومی زمین
- فرسودگی زیرساختها
- جهانی‌سازی
- زیست فناوری
- ریز فناوری
- کانالهای انتقال وسیع
- پیشرفت فناوری لیزر
- روابط اقتصادی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ساختار آموزش کشور ما، به خصوص در زمینه‌های فنی و مهندسی، تفکرات عمودی؛ یعنی تفکرات پله به پله را تشویق می‌کند. در این نحوه تفکر، هر زمان که یکی از پله‌ها بیفتد یا قطع شود، رشته تفکر قطع می‌شود. در این تفکر تصور این است که برای رسیدن به یک هدف فقط یک راه وجود دارد و بازگشت از یک نقطه به نقطه اولیه فقط با پیمودن مسیر طی شده در مرحله اول امکان‌پذیر است. این طرز فکر سد و مانعی بر سر راه پرورش خلاقیت است. این در حالی است که در

تفکر افقی یا موازی (هالیستیک)؛ یعنی تفکر در جهات مختلف تصور این است که برای رسیدن به یک هدف راههای مختلف و متنوعی وجود دارد. این نحوه تفکر موجب بروز خلاقیت می شود و شیوه‌ای است که در تحلیلهای سیستمی به کار برده می‌شود[۴]. با توجه به نیازهای امروز کشور و با توجه به ضرورتهای زیر تحول در نظام آموزش مهندسی کشور ضروری است:

- الگوسازی
- اصلاح الگوها و برنامه‌های آموزشی (اقتصاد مهندسی، ترمودینامیک و تحلیل سیستم)
- بازسازی جایگاههای دانشگاهی از نظر سلسله مراتبی
- IT در مهندسی
- ظرفیت‌سازی کیفی نیروی انسانی
- اصلاح الگوهای تولید انبوه دانشجو در سطح کارشناسی ارشد و دکتری
- ایجاد هویت در حرفه مهندسی

۳. تغییر هرم فکری در آموزش مهندسی

برای دستیابی به پایداری و مفاهیم آن نیاز به تغییر رویکرد و بازبینی درک بشر از محیط اطراف است. بر این مبنا، هرم فکری متداول در محیط اطراف؛ یعنی هرم فکری نیوتنی به هرم فکری هالیستیک تغییر می‌یابد. در سه دهه اخیر، هرم فکری هالیستیک به عنوان گزینه جدیدی در رفع مشکلات ناشی از فعالیتهای انسان در محیط‌زیست و بهبود پایداری سیستم‌های هالیستیک مطرح شده است. بر اساس این تفکر اکتشافات و نظریه‌های جدیدی در علوم مختلف مطرح شده‌اند. در تقابل با دنیای مکانیکی نیوتنی، این تئوریها مبانی و اصول مورد استفاده در تفکر نیوتنی؛ یعنی مدلهای کارتزین را نقض کرده‌اند، چرا که رویکرد فعلی جهان اطراف بیشتر بر پایه اصول کارتزین است و این تغییر نگرش نیازمند تغییر چگونگی نگرش و فهم ما از جهان اطراف است. آموزش مهندسان نیز از این قاعده مستثنا نیست و اصول نگرش هالیستیک باید در آموزش مهندسان لحاظ شود[۵].

در رویکرد هالیستیک با برخورد سیستماتیک با کلیه فعالیتهای بشری، به خصوص فعالیتهای مهندسی، سعی می‌شود تا عواقب منفی ناشی از فعالیتهای بشری بر محیط‌زیست به حداقل برسد و بشر خود را با مشخصات و شرایط طبیعی وفق دهد. بدین ترتیب، گام مهمی به منظور افزایش پایداری برداشته می شود. در هرم فکری هالیستیک درک مهندسان از روابط میان بخشهای مختلف طبیعت و چگونگی اثرگذاری و اثرپذیری آنها افزایش می یابد. تفکر غلبه بر طبیعت به زیستن با آن تبدیل شده است. برای مثال، تفکر مقابله با سیل به استفاده از پتانسیلهای آبی آن در محیطهای خشک و نیمه‌خشک تبدیل شده است.

شکل ۱: مدل IOO برای شیوه سنتی آموزش مهندسی

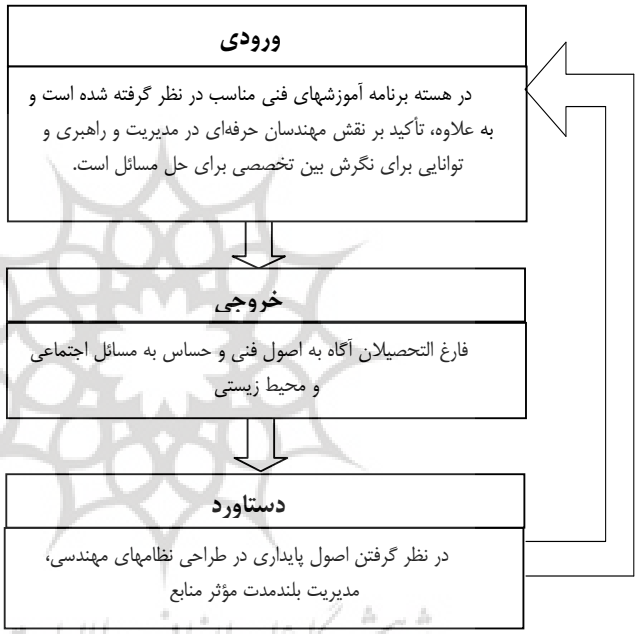
برای ارزیابی تفاوتهای این هرم فکری می‌توان برنامه‌های مهندسی گذشته و نوین را با استفاده از "رویکرد ورودی ـ خروجی ـ دستاورد[1] " مقایسه کرد. برنامه‌های گذشته (شکل۱) دارای مبانی فنی یک جانبه است. این رویکرد در زمان توسعه آن که تأکید بر استفاده از منابع طبیعت برای کسب سود بیشتر بشر بود، مناسب است. در این برنامه تلاش می شود تا مهندسانی با سطح بالای اطلاعات فنی تربیت شوند. در این حالت تأکید بیشتر بر خروجی به دلیل نیاز مبرم جامعه به استفاده از دستاوردهای مهندسی برای بهبود زندگی است و مواردی چون عملکرد پایدار لحاظ نشده یا بی‌اهمیت تلقی شده‌اند[۶].

در رویکرد فکری جدید (شکل۲)، مؤلفه‌های محیط زیستی مانند تولید پاک‌تر و مدیریت منابع در

---

1. Input-Output-Outcome-IOO

مفاهیم مهندسی وارد شده‌اند. به علاوه، تأکید بیشتری بر مطالعات موردی می‌شود تا دانشجویان با مسائل و مشکلات واقعی در مهندسی هرچه بیشتر آشنا شوند. در این رویکرد با لحاظ کردن یک حلقه بازخور، میزان اثرگذاری برنامه با توجه به دستاوردهای آن مشخص می شود و بر اساس آن به طور پیوسته ورودیهای سیستم مورد بازنگری قرار می‌گیرد[۶].



شکل ۲: مدل IOO برای شیوه هالیستیک آموزش مهندسی

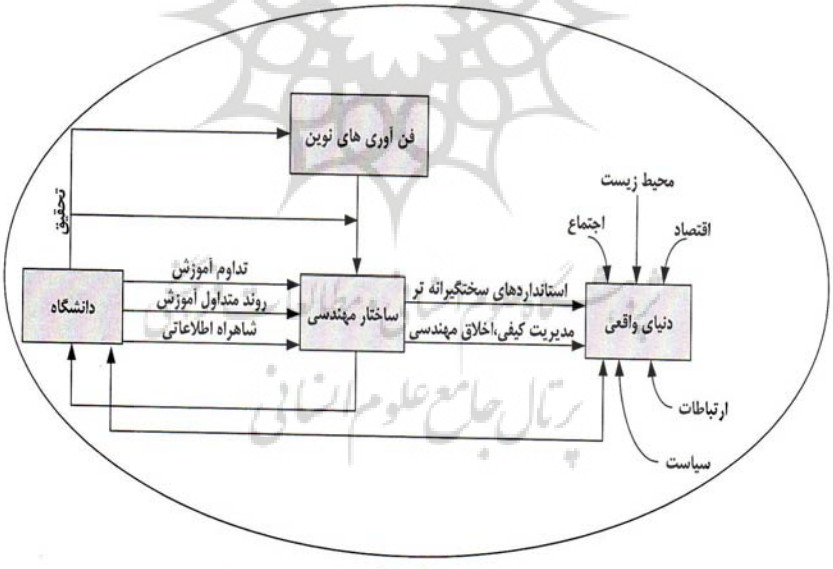
در شکل ۳ مشخصات رویکرد هالیستیک در مهندسی دنیای امروز نشان داده شده است. در این رویکرد دانشگاهها به عنوان مراکز آموزش مهندسان آینده از دنیای واقعی بازخور می‌گیرند و بر ساختار مهندسان حرفه‌ای و پیشرفت تکنولوژیک محیط اثر می‌گذارند. در چنین ساختاری همواره آموزش مهندسان متناسب با نیازهای محیط بیرونی است و مهندسان سعی می‌کنند فناوریهای متناسب با نیازها را توسعه دهند. مهم ترین نکته در این رویکرد لحاظ کردن عنصر پایداری محیط زیست در کنار بهبود سطح رفاه زندگی بشر است.

در پیاده‌سازی نظام آموزش هالیستیک در دانشگاهها شناخت اجزای مختلف سیستم و وظایف و

مسئولیتهای آنها نقش کلیدی ایفا می‌کند. نظام آموزش مهندسان از سه رکن اصلی تشکیل شده است:

- دانشگاه: محیطی برای تبادل ایده‌ها و تعالی دانشجویان در زمینه‌های فنی، اخلاقی و حرفه‌ای است.
- اعضای هیئت علمی: سیستم عاملی با ابعاد انسانی برای اجرایی کردن فرایند تفکر و اطمینان از دستیابی به کیفیت مورد نظر است. اعضای هیئت علمی سازنده، هدایت کننده و مدیران نظام آموزش عالی هستند.
- دانشجویان: اثرپذیرندگان اصلی و در عین حال، محصولات نهایی سیستم دانشگاهی هستند.

در رویکرد سنتی نقش اعضای هیئت علمی فقط تدریس، تحقیق و ارائه فعالیتهای خدماتی به دانشگاه در نظر گرفته می‌شود. راهبری و الگوسازی در رویکرد هالیستیک دو مؤلفه مهم برای دستیابی به موفقیتهای بزرگ هستند که در تعریف نقش استادان در پیشبرد فعالیتهای دانشگاهی نادیده گرفته شده‌اند.



شکل ۳: رویکرد هالیستیک در مهندسی

➢ راهبری

در هرم موفقیت، مفهوم راهبری کمک بسیاری به ارتقای سطح موفقیت می‌کند. حرکت مثلثی گروه پرندگان در مقابل باد نمـونه جالبی از چگونگی اثرگذاری قبول مسئولیت راهبری توسط یک فرد و انتقال آن به افراد دیگر در دستیابی به موفقیت در مسیر حرکت یک جامعه است. در تفویض مسئولیت راهبری باید اولویت‌بندی و ارتقای مرحله‌ای لحاظ شود؛ یعنی به طور سلسله مراتبی سطـــح آمادگی هدایت‌کننـــدگان بالقوه ارتقا داده شود تا آنها به تدریج و در زمان مناسب بتوانند نقش مسئولانه و سازنده‌ای را در راهبری دانشگاهی تقبل کنند. باید توجه داشت که راهبری فقط وسیـــله‌ای برای حل مشـــکلات مالی و اداری نیست، بلکه مکتبی فکری است که باید در درون هر واحد دانشگاهی متناسب با اهداف آن طراحی و ایجاد شود.

➢ الگوسازی

الگوسازی یکی از عوامل کلیدی در دستیابی به موفقیت است و ماهیت خلاقیت و خوداتکایی را در دانشجویان به وجود می‌آورد. بسیاری از دانشجویان با مسائل دنیای واقعی آشنا نیستند. بسیاری از استادان در دنیای ایده‌آلی زندگی می‌کنند که شرایط فرضی بر آن حاکم است. برخورد با محدودیتهای دنیای واقعی و اثرهای اجتماعی آن، برخورد با اطلاعات مفهومی مانند ریسک، عدم قطعیت و عدم دقت، چالشهای مهمی در زمینه‌های علمی و تحقیقاتی دانشگاهی هستند که در قالب رویکرد هالیستیک راهکارهایی مناسب برای برخورد با آنها در زمینه‌های مختلف علوم مهندسی ارائه می‌شود. از طرفی، ارتباط با فارغ‌التحصیلان سیستم بازخور مؤثری را برای بهبود برنامه‌های آموزشی دانشگاه ایجاد می‌کند. بدین ترتیب، ارتباط قوی بین اثرپذیران و محصولات (Alumni) گذشته برنامه‌های دانشگاهی و همچنین، خروجیهای آن در آینده نزدیک فراهم می‌کند. فارغ‌التحصیلان بهترین شاخص برای ارزیابی موفقیت برنامه دانشگاهی در آموزش و تربیت دانشجویان محسوب

می‌شوند. توسعه مشارکت فارغ‌التحصیلان نشان دهنده موفقیت یک برنامه آموزشی در ارتباط با عوامل انسانی وابسته به خود و استفاده از وابستگی و امکانات مالی فارغ‌التحصیلان خود در پیشبرد اهداف دانشگاه است. این امر نیازمند مشارکت فعال اعضای هیئت علمی دانشگاه است.

٤. مزایای رویکرد هالیستیک

تربیت یک مهندس هالیستیک شامل آشنایی با مسائل جهانی و سازماندهی دانش فنی در قالب مسائل پیچیده اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی قرن ۲۱ است. آینده هدایت و برتری در حرفه ما

چیزی است که ما برای آن سرمایه‌گذاری می‌کنیم و مهندسان حرفه‌ای را آموزش می‌دهیم. مهندسانی که دارای دانش بین رشته‌ای اند و مسائل متعدد فنی و حرفه‌ای را در شغل خود مدیریت می‌کنند، دارای رویکرد هالیستیک هستند و امکان انطباق با چالشهای مختلف را دارند. این مهندسان قادرند همواره دستاوردهای با ارزشی را برای جامعه با شرایط اقتصادی مختلف فراهم کنند. ایشان بسیار خلاق و پویا و تشویق کننده نسل آتی مهندسان برای سرمایه‌گذاری در مسائل کاربردی هستند. از آنجایی که کلیه ایده‌های نو، بحثها و تفکرات متفاوتی را به دنبال دارند، سرمایه‌گذاری برای مهندسی هالیستیک ـ نه به عنوان یک ایده نو، بلکه به عنوان دستاورد سالها تلاش برای تغییر هرم فکری آموزش مهندسی ـ جزو ضرورتهای اجتناب‌ناپذیر برای حفظ قدرت رقابت کشور با سایر ملل است. دانش فنی مهندسی را می‌توان از فرای مرزها فراهم کرد، اما ابداع و خلاقیت مهندسی همراه با آشنایی فنی را نمی‌توان از خارج وارد کرد. آینده حرفه مهندسی وابسته به سرمایه‌گذاری در رویکرد هالیستیک آموزش مهندسی و آموزش مهندسان حرفه‌ای قرن ۲۱ است، افرادی که می‌توانند به خوبی با پیچیدگیهای اجتماعی، محیط‌زیستی، انرژی، اقتصاد و چالشهای فنی به منظور توسعه مهارتهای مهندسی مواجه شوند. جامعه مهندسی باید رویکرد هالیستیک را به عنوان یک عامل محرک و رقابتی برای آموزش نسلهای بعدی مورد توجه قرار دهد[۲].

در این میان، فعالیتهای زیر به ایجاد فضای آموزشی مؤثر در فرایند توسعه مهارتهای مهندسی با رویکرد هالیستیک کمک زیادی می‌کنند[۷]:

- شناسایی مهارتهایی که از دانشجویان انتظار می‌رود و منظور کردن آنها در برنامه درسی و تشریح اهمیت آنها برای دانشجویان؛
- تعیین مهارتهای هدف بر اساس تحقیق و نه حدس و گمان شخصی و سهیم کردن دانشجویان در روند تحقیق؛
- روشن و شفاف کردن فعالیتهای ضمنی که به کاربرد موفق مهارتها منجر می‌شوند؛
- کاربرد گسترده مهارتها با استفاده از فعالیتهای سازماندهی شده و فراهم کردن سیستم بازخور سازنده از فعالیتهای دانشجویان؛
- توسعه نظامهای پایش برای افزایش اشتیاق و رغبت دانشجویان؛
- ارزیابی آثار فعالیتهای قبلی و لحاظ کردن آنها در تصمیمات آتی؛
- ارزیابی فرایندهایی چون حل مسئله و کار گروهی در کنار ارزیابی دستاوردهای فعالیت؛
- استفاده از یک فرم ارزیابی و بازخور استاندارد.

۵. نگرش هالیستیک در تدوین برنامه‌های درسی مهندسان

در کلاسهای مهندسی امروزی، به مباحث پایداری بیشتر در قالب دوره‌های مقدماتی آشنایی مهندسی

محیط زیست پرداخته می‌شود که البته، این بحث برای بیشتر مدارج مهندسی ضروری است. علاوه بر این، در بسیاری از دوره‌های سطح بالاتر از مهندسی موضوعات درسی در جهت تمرکز بر پایداری تغییر کرده‌اند. این دوره‌های مقدماتی باید بتوانند در زمینه اصول پایداری نسبت به سایر بخشهای برنامه آموزشی پایه‌ای قوی ایجاد کنند تا در ظرف دوره‌های موجود بتوانند کاربرد خود را از این مفاهیم ایجاد یا تقویت کنند. در دوره‌های آموزشی آینده باید دوره یا دوره‌هایی وجود داشته باشند تا برخی از جنبه‌های پایداری (جلوگیری از آلودگی، پراکندگیهای صفر، هزینه‌های عمر مفید و...) به عنوان دروس اصلی ارائه شوند.

در بررسی اولیه به نظر می‌رسد که فهرست موضوعات و زمینه‌هایی که می‌توانند در ذیل عنوان پایداری قرار بگیرند، همگی به محیط زیست مربوط می‌شوند. این درک موجب درک اشتباه از این موضوع می‌شود، زیرا بیشتر دانشگاههای مهندسی دوره‌هایی در مهندسی محیط زیست، مهندسی زمین‌شناسی، انرژی و تولید نیرو برگزار می‌کنند. اگرچه برای بخش اعظمی دوره‌های موجود در محدوده محیط زیست موضوع این نیست که در چه دانشکده‌ای هستند و مواد تشکیل‌دهنده دروس دوره به دورنما، جنبه عملی و فلسفه پایداری ارتباطی ندارند. برای نمونه، مدیریت محیط زیست به عنوان موضوعی در دوره‌های مقدماتی مهندسی محیط زیست معرفی می‌شود. این موضوع به طور معمول در محدوده مباحث قواعد دوره‌های مهندسی محیط زیست حرکت می‌کند. هدف از این ارزیابی برشمردن و کمّی کردن تغییرات در محیط زیست است که ممکن است در طول ساخت، توسعه، بهره‌برداری، خاتمه و دوره‌های پس از اتمام پروژه رخ بدهد. آثار در طول هر یک از سه مرحله ممکن است باعث ایجاد انواع آلودگیها از جمله صوتی، حواس‌پرتی بصری، هوا، آب یا آب زیرزمینی، اجتماعی، اقتصادی و حتی پیامدهای فرهنگی شود.

بسیاری از بخشهای تحت پوشش به حداقل دو گزینه قابل قبول برای ارزشیابی پروژه مورد بررسی در سند ارزیابی نیاز دارند. سپس، سند جامع برای ارائه نظرهای عموم چاپ می‌شود و پیش از قبول کردن آن، با توجه به نظرهای عموم و واکنشهای مربوط بازنگری می‌شود. این فرایند به طور امیدوارکننده‌ای زمان کافی برای اتخاذ بهترین تصمیم برای موکلان و ذینفعان در اختیار قرار می‌دهد. این ایده ساده و منصفانه‌ای است که از کنار دانشجویان مهندسی محیط زیست دانشگاه بگذریم. اگرچه در کلاس دوره مدیریت محیط زیست ضعف عمده که برای برنامه تحصیلی رشته های عمران و محیط زیست مرسوم است، مشاهده می‌شود. اول اینکه ایده‌های مدیریت محیط زیست معمولاً فقط در زمینه دوره‌های مهندسی محیط زیست تدریس می‌شوند و ممکن است دانشجو تنها یک بار در برنامه تحصیلی با آن برخورد کند. همچنین، این بخش معرفی باید فقط یکی از بسیار مواردی باشد که برای رو به رو شدن با این پیامدهای مهم و دشوار مورد نیاز است.

دوم اینکه هدف بسیاری از طرحهای ارزیابیهای آثار زیست محیطی تضمین‌کننده پایداری یک

طرح یا یک راه‌حل نیست و جنبه‌های مسائل ارزیابی ریسک معمولاً در آنها لحاظ نمی‌شود. در نهایت، این ایده‌ها باید با جنبه‌های طراحی دروس مختلف ترکیب شوند، چون لازمه لحاظ کردن پایداری این است که ارزیابی اثرها طرح را در یک شمای وسیع و یک بازه زمانی طولانی‌تر از اثرپذیران فعلی مورد نظر قرار دهد.

با وجود این، آموزش پایداری و توسعه پایدار نمی‌تواند فقط در یک درس خلاصه شود و برای آن باید جایگاه خاصی در جنبه‌های مختلف مهندسی در نظر گرفت. یکی از رویکردهای تفکر هالیستیک توسعه نگرش مشترک[1] در مهندسی است. برای نمونه، در شکل ۴ چگونگی توسعه نگرش مشترک در فضای مهندسی عمران نشان داده شده است. در این ساختار کلیه چالشها و عوامل تأثیرگذار در مهندسی عمران شناسایی و با لحاظ کردن مبانی نگرش مشترک در مهندسی حرفه‌ای و آموزش مهندسان عمران دخالت داده می‌شوند.

مثال دیگری در مهندسی عمران می‌تواند در بخشهای مختلف همچون انتخاب مصالح برای طرحها، انتخاب محل، برنامه‌ریزی و توسعه، برنامه‌ریزی ترافیک و حمل و نقل، محل و اندازه تأسیسات، ارزیابی آب و منابع مربوط، بازسازی زیرساختها، کنترل، تصفیه و تخلیه روانابهای شهری، حذف منابع طبیعی و انرژی در نظر گرفته شود. البته، چگونگی لحاظ کردن مفاهیم و تفکر هالیستیک در این درسها بدون وارد کردن لطمه به ماهیت تکنیکی آنها باید مورد توجه جدی قرار گیرد. برای رفع این مشکل نیز راه‌حلهای بسیار متنوعی وجود دارد، همان گونه که امروزه بسیاری از استادان خلاق و متعهد در حال اجرای آن هستند [۳].

٦. دغدغه‌های آموزش مهندسی

امروزه، بسیاری از برنامه‌های دانشگاهی در آموزش مهندسی بدون اعتبارات لازم، دارای دانشجویان بیش از ظرفیت و مبتنی بر بحثهای علمی و فنی منسوخ و قدیمی هستند که با دنیای متغیر کنونی هماهنگی ندارد. نظامهای ارزیابی دانشگاهی به ندرت انگیزه‌های لازم را برای ارتقای کیفی کلاسهای درسی فراهم می‌کنند. این موضوع همچنین، باعث می‌شود تا زمینه‌های لازم برای پرداختن به مفاهیم جدید علمی به خصوص مباحثی که به نظر می‌آید از نظر علمی دارای مضامین کوتاهی باشند، ایجاد نشود. تمام این واقعیتها باعث دشواری در تحول روند برنامه‌ریزی و آموزش رشته مهندسی می شوند [۶]. در سده اخیر، نگرانیهای رو به رشدی در خصوص زمینه‌های خاصی از آموزش مهندسی شامل موارد زیر وجود داشته است:

- حجم وسیع و در حال گسترش اطلاعات مهندسی که باید در برنامه درسی چهار ساله دوره

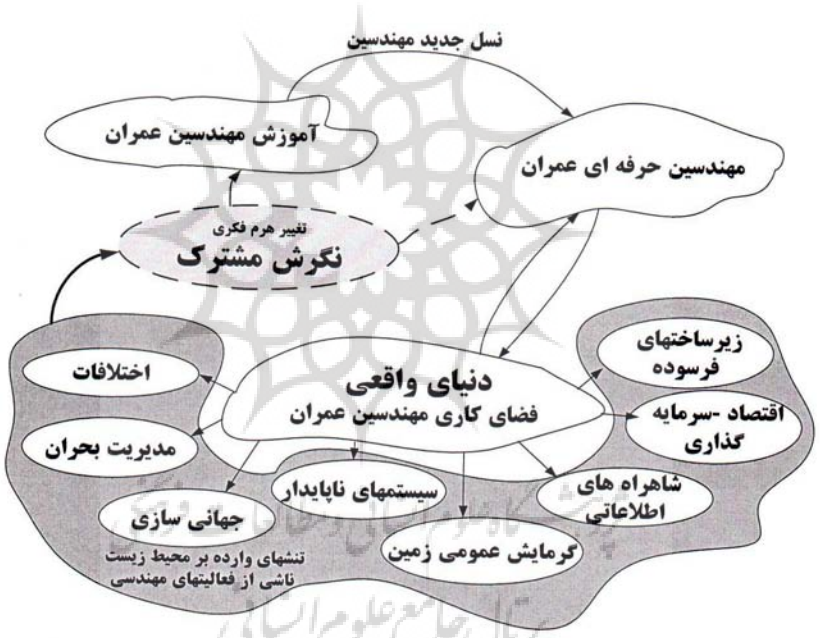
---

1. Shared Vision

کارشناسی گنجانده شود.

- نیاز شدید مهندسان به مسئولیت پذیری در فعالیتهایشان. این موضوع از روابط سنتی کارشناس ـ مشتری فراتر رفته است و پاسخگویی در برابر اجتماع و محیط زیست را نیز در بر می‌گیرد.
- نیاز رو به رشد به منظور به کارگیری روشهای همسان و یکنواخت جهانی در آموزش مهندسی.

این نگرانیها موجب یک تحول فکری عمده در روند آموزش مهندسان از جنبه‌های مختلف در قرن ۲۱ با توجه به ضرورتهای اجتماعی، فرهنگی، فناوری و زیست محیطی شده‌اند. به این ضرورتها در ادامه به طور خلاصه اشاره شده است.



شکل ٤: رویکرد نگرش مشترک در آموزش مهندسی عمران

➢ ضرورتهای فناوری

رشد سریع فناوری اطلاعات از دهه هفتاد میلادی منتج به جهانی شدن دانش شده است. امروزه، پنهان سازی و توقیف اطلاعات یا دانش بسیار دشوار است؛ یعنی انتشار مفاهیم و رخدادها در سراسر دنیا به سرعت صورت می‌گیرد.

➢ ضرورتهای اجتماعی ـ فرهنگی

از اواسط قرن بیستم حرکتهایی برای جدایی از امپریالیسم سنتی شروع شد. دهه های ۷۰، ۸۰ و ۹۰ میلادی به عنوان دوره شکست امپراتوریهای قدرتهای بزرگ شناخته شده است. نتایج این اتفاق دو وجه دارند: ۱. ایجاد تغییراتی اجتناب ناپذیر از قدرت سیاسی-نظامی به حاکمیتهای مالی؛ ۲. ایجاد تغییراتی که نتیجه آن را امروزه به جهانی شدن بازارها و اقتصاد جهانی می‌شناسند. اثرهای بازار جهانی شبیه به تسلط نظامی است، با این تفاوت که در آن یکی از اجزای آن کمرنگ‌تر می‌شود. توسعه همراه با فناوری اطلاعات که در این شرایط اطلاعات بدون موانع خاصی مبادله می شود. این موضوع تقریباً مانند ترمزی بر سر راه عناصر مضر زیست کره و بشر عمل کرده است.

➢ ضرورتهای زیست محیطی

محیط زیست جهان به‌طور جدی در دوره‌های اخیر تهدید شده است. در واقع، با نزدیک شدن به هزاره جدید، بشر با علایمی روبه رو می‌شود که نشان می دهد تمام جنبه های زیستی کره زمین رو به زوال و نابودی هستند. اگر چه برخی از این نابودی به پدیده‌های طبیعی مربوط می‌شود [مانند فعالیتهای آتشفشانی]، ولی بیشتر این آثار به صراحت به فعالیتهای انسان نسبت داده می‌شوند. در این میان، عوامل بحرانی برای حرفه مهندسی می تواند به صورت زیر فهرست شود:

- جهانی شدن رو به رشد صنعت، بازرگانی و شغلی؛
- انتظارات فزاینده اجتماع از متخصصان؛
- حذف صنایع ارائه دهنده خدمات کلیدی از محدوده مسئولیتهای دولتی؛
- رقابت بیشتر تجارت محیط زیست که متوجه تشکیلات کوچک تا متوسط می شود؛
- ساختارهای مدیریتی جدید فعالیتها که بر مبنای ارتباطات و نظامهای اطلاعاتی است.

موضوع اصلی ادراک صحیح مهندس از جامعه است، با اعتراف به این موضوع که ادراک و آگاهیهای قدیمی تر همیشه مطلوب نیستند؛ از مهندسان به عنوان شخصیتهایی یاد می‌شود که نقش محوری در ایجاد رابطه بین اجتماع و فناوری دارند. به هر حال، برای دستیابی به این هدف آنها نه تنها باید رابطهای مؤثری باشند، بلکه باید بتوانند کفایت بالای علمی خود را نیز نشان دهند.

در جامعه کنونی ما، علی رغم کلیه این ضرورتها، متأسفانه، به لزوم تغییر رویکرد و برخورد هالیستیک با مسائل دنیای امروز در آموزش مهندسی توجه چندانی نمی‌شود. برای نمونه، در آموزش مهندسان عمران که در تصمیم‌سازیها و توسعه کشور نقشهای کلیدی دارند، ضعفهای عمده ای وجود دارد که اصلی‌ترین آنها به شرح زیر است [۶]:

- اصول درسی مهندسی عمران در جهت تفکر هالیستیک که نیاز به در نظر گرفتن ابعاد مختلف

اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و محیط‌زیستی دارد، برنامه‌ریزی نشده‌اند. دروس محدودی در این زمینه مانند مهندسی محیط زیست، اقتصاد مهندسی و مهندسی سیستم‌ها ارائه می‌شوند که اکثراً اختیاری‌اند و اهمیت کافی به آموزش آنها داده نمی‌شود. همچنین، بحثهای اجتماعی فعالیتهای مهندسی عمران به طور کلی مسکوت گذاشته شده است.

- توازن منطقی بین گرایشهای مختلف مهندسی عمران وجود ندارد. در رشته مهندسی عمران اساساً آموزشها و دروس سازه‌ای است و گرایشهایی چون آب، محیط‌زیست، خاک و راه و ترابری به دلیل نبود سرمایه‌گذاری مناسب، مورد بی‌مهری و بی‌توجهی هم از سوی استادان و هم دانشجویان قرار می‌گیرند.
- فضاهای آموزش عملی و ارزیابی کاربردی نتایج همچون آزمایشگاهها و همچنین، سایتهای کامپیوتری محدود است و استادان اغلب به ارائه مطالب تئوریک بسنده می‌کنند. همچنین، محدودیت فعالیتهای بازدیدی و امکان همکاری با صنعت هرچه بیشتر دانشجویان را از فضای عملیاتی رشته مهندسی عمران بیگانه و جدا کرده است.
- علی رغم پیشرفتهای صورت گرفته، متأسفانه، همچنان تأکید بر شیوه های سنتی آموزش و ارزیابی دانشجویان است که انگیزه کافی را برای درک مفاهیم و تلاش برای یافتن موضوعات جدید در دانشجویان ایجاد نمی‌کند. همچنین، فضاهای آموزشی نیز از استانداردهای دنیای روز بی‌بهره‌اند.
- علی رغم اهمیت دروس پایه در درک فرایندهای مهندسی و تصمیم‌سازی در شرایط مختلف و ایجاد خلاقیت مهندسی، این دروس به صورت گذرا ارائه می‌شوند و علاقه‌مندی کافی را در دانشجویان ایجاد نمی‌کنند.

۷. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در دنیای امروز با پیچیدگیهای متنوع آن و تغییرات چشمگیر و سریع، رویکردهای قبلی در آموزش مهندسان جوابگو نیستند. امروزه، مفاهیم پایداری و موارد مشابه آن استفاده از دانش فنی صرف را با مشکل مواجه ساخته است و خلاقیت و نوآوری مهندسان در برخورد با مسائل جدید را طلب می‌کند. در دنیای مهندسی امروز، تفکرات عمودی و یکسویه کارایی لازم را ندارند و تأثیرگذار و موفقیت آمیز نیستند، مگر اینکه شیوه‌های فکری متناسب با شرایط موجود تغییر کنند و تفکر چند سویه و افقی جایگزین کنند. در دنیای امروز باید مهندسان را به نحوی آموزش داد تا بتوانند به راه‌حلهای مختلف و بعضاً نامتعارف فکر کنند تا در نهایت، بتوانند بر اساس آنها راهکارهای کاربردی و بهینه را برای بهبود سطح زندگی و رفاه بشری که متأثر از فعالیتهای مهندسی است، ارائه دهند. برای نیل به این هدف هر

سه رکن آموزش مهندسی؛ یعنی دانشگاه، استاد و دانشجو باید جایگاه خود را بشناسند و تفکری متناسب با رویکرد هالیستیک را ایجاد و پیاده کنند. بر این اساس، توجه به فرایندهای مختلف در کنار خروجیهای نظام آموزشی موجب انتقال تفکر سیستمی به جامعه می‌شود. در چنین انتقال نظام فکری، دغدغه‌های آموزشی و مهندسی به فرصتهای برخورد خلاقانه با مسائل چندجانبه تبدیل می‌شوند.

مراجع

1. Rogers, P. P., "Problems with Civil and Environmental Engineering Education in the U.S.", **Journal of Contemporary Water Research & Education**, 139, pp. 3-5, 2008.
2. Grasso, D., Burkins, M.B., Helble, J. and Martinelli, D., "Dispelling the Myths of Holistic Engineering", **The Magazine of Professional Engineers**, pp. 27-29, 2008.
3. Barger, M. and Hall, M. W., "Sustainability in Environmental Engineering Education", 2000.

۴. کارآموز، م.، "روابط و عوامل انسانی در مدیریت منابع آب"، **مجله آب و توسعه**، جلد ۲، شماره ۴، صص. ۲۹-۲۳، ۱۳۷۳.

5. Nguyen, D.Q. and Z. J. Pudlowski, "Environmental Engineering Education in an Era of Globalisation", **Global Journal of Engineering Education**, Vol. 99. No. 1, pp. 59-68. 2005.
6. Buckeridge, J. S., "A Y2K Imperative: The Globalisation of Engineering Education", **Global Journal of Engineering Education**, Vol. 4, No.1, pp. 4 (1), 19-24, 2000.
7. Woods, D. R., R. M. Felder, A. Rugarcia and J. E. Stice, "The Future of Engineering Education III. Developing Critical Skills", **Chemical Enginee. Education**, Vol. 34, No. 2, pp. 108–117, 2000.

(پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۴/۱۴)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی