

تربیت مهندسان جدید

مترجمان: دکتر فرهاد دانشجو
عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس
رئیس موسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی
و رامین آموخته، عضو هیأت علمی
مؤسسه پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی
مؤلف: د، ج، المز^۱، بخش ۶ مهندسی عمران
دانشگاه کنتربری

معرفی مقاله

در این مقاله، ماهیت و ویژگیهای مهندسان جدید و مهارتهای کاربردی و ضروری برای آنان مورد بحث قرار می‌گیرد و استدلال می‌گردد که نظم بنیادین نهفته در کار و عملکرد این مهندسان، خود مجموعه‌ای از مهارتهای مدل سازی است. به علاوه، در مقاله حاضر، قواعد و خصوصیات لازم برای ایجاد این مدلها همراه با مجموعه‌ای از مهارتهای جانبی مورد نیاز برای مهندسان، پس از بررسی و طبقه‌بندی انواع مدلها ارائه می‌گردد. در پایان، تجارب حاصل از ارائه دوره‌های آموزشی جدید و شاخصهای موفقیت این رویکرد در این مقاله به طور اجمالی مورد بحث قرار می‌گیرند.

«فصلنامه»

مقدمه

آموزش مهندسی، تحت فشار روزافزون حرفه‌ها و مشاغل مرتبط با آن و تقاضاهای متفاوت بازارکار، اخیراً برای تربیت مهندسان مجرب و کارآزموده مجبور به تجدیدنظر درباره دانش و مهارت‌های آموزش داده شده به فارغ‌التحصیلان مهندسی در سطحی بنیادین گشته است. در حال حاضر، مهارت‌های فنی و سنتی مهندسان، جوابگوی نیازهای شغلی جامعه نمی‌باشد؛ چرا که تکنولوژی بسرعت در حال توسعه و گسترش است؛ نیمه عمر دانش^۲ بسیار کوتاه شده است؛ مسایل جدیدتری در رشته‌های مهندسی مطرح گردیده‌اند؛ نیازهای سیاسی و اجتماعی در تعامل بیشتری با مسایل فنی قرار گرفته‌اند و بالاخره نیاز به وجود یک رویکرد میان رشته‌ای به گونه‌ای بارزتر در این حوزه تجلی یافته است.

امروزه، علاوه بر استعداد و مهارت‌های فنی خاص که در گذشته به عنوان تنها ویژگی ضروری برای متخصصان و متقاضیان کار در رشته‌های مهندسی به حساب می‌آمدند، مهارت‌های بسیار بیشتر و متنوعتری برای این افراد ضروری شناخته شده است. این مهارت‌ها در سطح بنیادین خود از خصوصیات و ویژگیهای خاصی برخوردار می‌باشند؛ به طوری که مهندسان حرفه‌ای دارای این ویژگیها و خصوصیات کاملاً از مهندسان قدیمی و سنتی متمایز می‌گردند. مهندسانی که از چنین قابلیت‌های خاص و سودمند برخوردار باشند و به بیانی، مجموعه‌ای از هر دو مهارت سنتی و نوین را در خود گرد آورند، «مهندسان جدید» خوانده می‌شوند.

۱- ویژگیها و مشخصات «مهندس جدید»

مهندس جدید علاوه بر داشتن توان و استعداد فنی که در گذشته در زمره ویژگیهای ضروری افراد شاغل به این حرفه شناخته می‌شد، دارای مشخصات دیگری نیز می‌باشد که شش مورد از مهمترین این خصوصیات در زیر طرح شده است:

۱-۱- انعطاف پذیری :

مهندس جدید باید انعطاف پذیر باشد؛ یعنی نه تنها با شرایط و موقعیتهای متفاوت، پیچیده و اغلب جدید مهندسی آشنا باشد، بلکه باید بتواند خود را با نیمه عمر دانش که با گذشت زمان پیوسته کوتاه و کوتاهتر می گردد، هماهنگ سازد.

۱-۲- قابلیت های تعمیم یافته :

مهندس جدید برای کسب قابلیت های تعمیم یافته باید در همه جا حضور فعال داشته باشد و لذا لازم است با همه مهارت های بنیادین و پایه ای که برای حل مشکلات و مسائل مهندسی ضروری هستند، آشنا باشد. به همین دلیل، آموزش این مهندسان باید بیشتر بر اصول کلی متمرکز گردد تا تخصص های فنی خاص. البته داشتن مهارت و تخصص در یکی از رشته های زمینه ای خاص نیز در زمره ویژگی های اساسی و الزامی برای آنان قرار می گیرد.

۱-۳- خلاقیت :

مهندس جدید باید از خلاقیت بالایی برخوردار باشد. البته خلاقیت مهارتی است که تقریباً در اغلب مهندسان وجود دارد؛ اما این مهارت بویژه در شرایطی ضرورت می یابد که یک مهندس از در پیش گرفتن روال های معمول و متداول و مسیرهای پیموده شده و تکامل یافته (یعنی راه هایی که دیگر چیزی برای اکتشاف و پیگیری در آنها وجود ندارد) سرباز زند و به نوآوری و تحقیق در زمینه های نو و ناشناخته پردازد.

۱-۴- آشنایی با علم اخلاق :

مهندس جدید باید درک کاملی از علم اخلاق داشته باشد. علم اخلاق حرفه ای، از یک سو، اولویتها و خط مشی های نظام یافته ای را برای پرداختن به شرایط و موقعیتهای جدید ارائه می نماید و از سوی دیگر، بنیانی برای پیشرفتهای آتی فراهم می آورد. دلیل عمده دیگری که می تواند اهمیت رسیدن به درکی صحیح از علم اخلاق را توجیه کند، آن است که یک مهندس باید بتواند به خوبی با افرادی که به نوعی با او در ارتباط هستند و اغلب از دیدگاه های اخلاقی بسیار متفاوتی نیز برخوردار می باشند، ارتباط مؤثر برقرار کند.

۱-۵- مهارت‌های ارتباطی قوی :

مهندس جدید باید از مهارت‌های ارتباطی قوی برخوردار باشد. این امر نه تنها به معنای توانایی خوب نوشتن، بدقت گوش دادن و شمرده سخن گفتن است، بلکه نیاز به برقراری ارتباط با درون یا به عبارت دیگر نیاز به اندیشیدن را نیز در بر می‌گیرد.

۱-۶- وسعت نظر:

مهندس جدید علاوه بر پنج ویژگی فوق باید به وسعت نظر کافی نیز مسلح باشد. منظور از وسعت نظر در حقیقت همان وسعت تجربه و دانش است و این توانایی، بویژه هنگامی ضرورت می‌یابد که این افراد با مسایل پیچیده و تازه مواجه می‌گردند. داشتن تجارب گسترده، نه تنها بنیان و اساس دانش عمومی این مهندسان را تشکیل می‌دهد، بلکه با فراهم آوردن یک منبع قیاس و تحلیل از طریق استعاراتی که اغلب در ترکیب بسیار سودمند هستند، به توسعه خلاقیت‌های آنان نیز کمک می‌کند.

۲- مهارت بنیادین

۲-۱- مدلها و ساختارها

مهارت بنیادین یک مهندس جدید، ترکیبی از مدلها و ساختارهاست. در بیشتر موقعیت‌های زندگی، ما به مدل‌های مورد استفاده خود توجه چندانی نمی‌نماییم و اغلب، آنها را به صورت عادت، بدون فکر و بویژه در شرایطی کاملاً آشنا، به کار می‌بریم. با وجود این، مسایل مربوط به سیستمها در زمره مسایلی هستند که مهندس جدید باید به خوبی قادر به حل آنها باشد. این مسایل، خود دارای سه جنبه تازگی، پیچیدگی و اهمیت می‌باشند که همگی توجهی عمیق به تناسب و کیفیت مدل‌های به کار رفته در هر سطح را می‌طلبند. بدین ترتیب، یکی از مهارت‌های اصلی و بنیادین مهندسان جدید، توانایی به کارگیری و توسعه مدلهاست. این مطلب نیز به نوبه خود مستلزم حصول درکی عمیق از ماهیت مدلها، قوانین و قواعد حاکم بر آنها و دیگر ملزوماتی است که در تشکیل و کاربرد آنها موثرند.

در اینجا لازم است به بررسی انواع مدل‌های پیردازیم. به طور کلی، مدلها به سه دسته کاملاً متفاوت تقسیم می‌شوند. این تقسیمات عبارتند از: الف - مدل‌های عملیاتی، ب -

مدلهای سیستمی و ج - مدلهای جهانی که مجموعه آنها به یک نظام سلسله مراتبی منجر می‌گردد.

الف) مدلهای عملیاتی :

مدلهای عملیاتی، در واقع، مدلهای بلافصل و کمی هستند که در صورت لزوم می‌توان آنها را به مرحله اجرا درآورد. نقشه‌های اجرایی و نیز مدلهای تحلیل سازه‌ای که با قراردادن داده‌های مربوط به بار و سازه در آنها، اثرات بار و میزان جابجایی عناصر به دست می‌آید، از جمله مدلهای عملیاتی مهم به شمار می‌روند. مدلهای شبیه‌سازی نیز از دیگر صورتهای مدلهای عملیاتی هستند. این مدلها نتایج مشخص و کمی شده‌ای را به دست می‌دهند که در نهایت به عملیات حقیقی و اجرا منجر می‌شوند و دقیقاً به همین جهت نیز به آنها «مدلهای عملیاتی» اطلاق می‌گردد.

ب) مدلهای سیستمی :

مدلهای سیستمی، بر کلیت موضوع مورد بررسی، اجزا و واحدهای تشکیل دهنده آن و ارتباط بین این اجزا متمرکز هستند. با وجود این، تاکید این مدلها بر تعریف دقیق هر یک از اجزا از یک سو و بر کل مجموعه و روابط منطقی حاکم در بین اجزا آن از سوی دیگر قرار گرفته است. مدلهای سیستمی، زمینه را برای مدلهای عملیاتی مساعد می‌نمایند؛ بدین صورت که آنها به ساختار مسأله می‌پردازند؛ در حالی که مدلهای عملیاتی جزئیات و نتایج را نقطه تمرکز خود قرار می‌دهند.

ج) مدلهای جهانی :

هدف مدلهای جهانی، ایجاد بافت، شرایط و محیط مناسب برای مدلهای سیستمی است و در واقع از مجموعه فرضیاتی تشکیل می‌شوند که یک مهندس الزاماً در حیطه این فرضیات به کار و ایجاد مدلهای سیستمی می‌پردازد. این فرضیه‌ها همیشه روشن و آشکار نیستند و اغلب ممکن است ناخودآگاه باشند یا در قالب فرضیاتی در مورد مسایل به تحقیق درنیامده فرهنگی مطرح گردند. مدلهای جهانی نه فقط زمینه را برای مدلهای سیستمی آماده می‌سازند، بلکه به ایجاد اهدافی منجر می‌گردند که لزوم کنترل تعاریف و

روش ایجاد مدل‌های دیگر را توجیه می‌نمایند.

مهندس جدید باید به این سه مدل اشراف کامل داشته باشد و بتواند به راحتی آنها را مورد استفاده قرار دهد. با وجود این، در خصوص مهندسان جدید باید تأکید را بر مدل‌های سیستمی قرار داد؛ چرا که مدل‌های عملیاتی معمولاً وابسته به بافت مشخصی هستند و مدل‌های جهانی نیز بسیار کلی و فراگیر می‌باشند و کاربردشان فقط به مسایل مهندسی محدود نمی‌گردد. لذا یک مهندس در وهله اول باید در زمینه توسعه و استفاده از مدل‌های سیستمی مناسب، مهارت لازم و کافی را کسب کند.

۲-۲- ماهیت مدل‌های سیستمی

چهار اصل بنیادین درباره مدل‌های سیستمی طرح شده‌اند که کلیت آنها به قرار زیر است:

الف) سیستم باید کاملاً تعریف شده باشد.

ب) تعریف سیستم باید بر اساس هدفی خارج از سیستم انجام شود.

ج) سیستم باید از سیستم‌های فرعی دیگر تشکیل شده باشد و خود نیز بتواند به عنوان یکی از سیستم‌های فرعی یک ابرسیستم منظور گردد یا به عبارت دیگر جزئی از یک نظام سلسله وار باشد.

د) سیستم الزاماً دارای یک محیط است و این محیط در حقیقت بخشی از دنیای خارج سیستم را در بر می‌گیرد که هم بر سیستم اثر می‌گذارد و هم سیستم از آن متاثر می‌گردد.

۲-۳- ملزومات مدل‌های سیستمی

مدل‌های سیستمی باید از قواعد و قوانین خاصی پیروی کنند. البته ورای این قواعد، معیارهای دیگری نیز وجود دارند که رعایت آنها در ایجاد یک مدل سیستمی خوب (در مقایسه با سیستم‌های متوسط) ضروری است. در زیر ابتدا معیارهای لازم برای ایجاد مدل‌های سیستمی ارائه شده‌اند و سپس قواعد و قوانین ناظر بر این سیستم‌ها طرح و شرح گردیده‌اند.

۱-۳-۲- ویژگیهای لازم برای مدل‌های سیستمی

ویژگیهای لازم برای یک مدل سیستمی مناسب عبارتند از:

الف) کامل بودن: تمام عناصر مربوط باید در این مدلها منظور گردند.
 ب) پیوستگی و ثبات: تمام عناصر باید حداقل از یک جهت مشابه یکدیگر باشند.
 این کار را می‌توان به راحتی با تعریف تمام عناصر در چارچوب ساختاری مشابه به انجام رساند.

ج) تعادل: تمام عناصر باید بزرگی تقریباً یکسانی داشته باشند.
 د) تمایز: مرز بین عناصر باید کاملاً روشن باشد و بنابراین لازم است عناصر از حداقل همپوشی برخوردار باشند.

ه) انسجام: ساختار کل مجموعه بایستی کاملاً روشن باشد و اجزا چنان در کنار هم قرار گیرند که مدل سیستمی حاصل همیشه ماهیتی بیش از اجتماع ساده اعضای آن باشد (درست مثل یک کتاب که همیشه وجودی بیش از مجموع کلمات بدون ارتباط و مستقل تشکیل دهنده آن است).

و) اقتصاد (صرفه‌جویی): اجزا و بخشهای نامربوط و غیر ضروری در سیستم باید حذف شوند.

۴-۲- قواعد و قوانین

مدل‌های سیستمی باید از قواعد و قوانین خاصی پیروی نمایند که برخی خارجی (خاص تعریف محدوده و حدود و ثغور سیستم) و برخی داخلی (مربوط به ساختار و رفتار سیستم) هستند.

قوانین خارجی اصلی و پایه، در واقع قوانین بقا هستند. در اصطلاح فیزیک صوری، این بدان معناست که قوانین بقای جرم، اندازه حرکت و انرژی باید در مورد آنان صادق باشند. آن دسته از ملزومات بقا نیز که از قطعیت فیزیکی کمتری برخوردارند و دیگر موارد مربوط به آنها اغلب برای کمیتهای غیر فیزیکی (نظیر مردم یا پول) به کار برده می‌شوند. قانون دوم ترمودینامیک از جمله دیگر قوانینی است که هم از نظر میزان انرژی و هم از نظر داده‌ها و اطلاعات در مورد این سیستم به عنوان یک کل صادق است.

در درون مدل علاوه بر قوانین بقا، ملزومات دیگری نیز به صورت داخلی موجود

می‌باشد. قوانین کیرشهوف و قواعد منطق در حقیقت اساسی‌ترین انواع این قوانین هستند. قوانین کیرشهوف در مورد بسیاری از جفت‌های متغیر دوگانه از قبیل ولتاژ-جریان در الکتروسیسته، جابه‌جایی-نیرو در مکانیک جامدات و فشار-جریان در مکانیک سیالات صادق هستند. قواعد منطق نیز بر ساختار کلی مدل‌های سیستمی و به طور خاص بر مدل‌های سیستمی توصیفی و کمی‌تر حکمفرما می‌باشند؛ اما مسأله مهم آن است که قواعد و قوانین ناظر بر مدل‌های سیستمی، خود مدلی را تشکیل نمی‌دهند و بیشتر می‌توان آنها را به عنوان حد و مرزهایی تلقی نمود که نباید از آنها عدول شود.

۳- دانش و مهارت‌های تحکیم‌کننده

مهارت یک مهندس جدید فقط به ایجاد، توسعه و استفاده از مدل‌های سیستمی محدود نمی‌گردد و لذا دانش و مهارت‌های عمومی دیگری نیز باید به آن ضمیمه گردد. فراگیری، ارتباط، خلاقیت، اخلاق، و فائق آمدن بر تردید، همگی در زمره ویژگی‌ها و مهارت‌هایی قرار دارند که باید در فرد به نوعی کاربردی و به کمال تجلی نمایند. دلایل لزوم اجتماع این عوامل در زیر بررسی شده است:

۳-۱- توانایی فراگیری

یکی از اولین اقداماتی که انجام آن برای یک مهندس در هنگام مواجهه با حوزه‌های ناآشنا ضروری است، سعی در به دست آوردن و فراگیری اطلاعاتی درباره آن شرایط ویژه است. توان به دست آوردن اطلاعات مربوط به یک سیستم خاص، خود مهارتی است که باید به خوبی فراگرفته شود. در برخی از رشته‌ها نظیر روان‌شناسی شناختی، هوش مصنوعی، آموزش، جامعه‌شناسی و علم مدیریت، به زعم مشارکت فعال دست‌اندرکاران، پیشرفت‌های چشمگیری حاصل شده است. در این راستا، مشکل اساسی در ارتباط با مهندسانی مطرح می‌گردد که در حال ساخت یک مدل سیستمی مناسب از شرایطی هستند که بتدریج از آن اطلاع حاصل می‌کنند. بنابراین، دست‌اندرکاران این امر برای تشخیص زیرساخت شرایط موجود که به نوبه خود منجر به ایجاد شناختی کامل از اطلاعات مطلوب و مورد نیاز می‌گردد، باید روشها و سیاست‌های خاصی را در پیش گیرند.

۳-۲- ارتباط

برقراری ارتباط با دیگران که در قرن حاضر خود به عنوان یک هنر یا مهارت مطرح گردیده است، فرآیند یادگیری را تسریع بسیار می‌بخشد و تاثیر چشمگیری نیز بر زمینه‌های کاری مهندسان جدید دارد. برخورد با ارباب رجوع، اجتماع و دیگر متخصصان حرفه‌ای دست‌اندرکار در یک پروژه همیشه به صورت متقابل و دو طرفه وجود داشته و دارد. تمامی این برخوردها حائز اهمیت می‌باشند، لیکن مورد اخیر (برخورد با همکاران حرفه‌ای) از اهمیت بسیار بیشتری برخوردار است؛ زیرا متخصصان حرفه‌ای که اغلب در رشته‌هایی کاملاً متفاوت تبحر دارند، برای حل مسایل گسترده باید مرتباً با یکدیگر همکاری نمایند که این خود مستلزم برقراری ارتباط کاری بسیار نزدیک با یکدیگر است. یکی از مشکلات متداول در این رهگذر آن است که هر رشته علمی، از زبان خاص خود استفاده می‌نماید و این مسأله برقراری ارتباط بین متخصصان حوزه‌های متفاوت را تا حدی با مشکل مواجه می‌سازد؛ اما دلیل مهم دیگر برای لزوم داشتن مهارت‌های ارتباطی بالا، قابلیت برقراری ارتباط با درون یا به عبارت دیگر ارتباط با خود است. فکر کردن بدون استفاده از زبان ممکن نیست. لذا هرچه مهارت‌های زبانی یک فرد بیشتر باشد، وی از قوه تفکر بهتری نیز برخوردار خواهد بود.

۳-۳- خلاقیت

برای ایجاد و توسعه مدل‌های سیستمی، به قابلیت‌های خلاق بالایی نیاز خواهیم داشت. در زمینه خلاقیت، مقالات بسیار زیادی وجود دارد و همگی بیانگر این مطلب هستند که خلاقیت، مهارتی قابل فراگیری است. با وجود این، خلاقیت تنها با آموختن یک سری فنون خاص توسعه نمی‌یابد. وسعت تجارب که خود به مثابه یک منبع قیاس و استعاره است و تفکر صوری را تا حد زیادی امکان‌پذیر می‌سازد، از جمله دیگر ملزومات اساسی خلاقیت می‌باشند.

۳-۴- علم اخلاق

هرگاه یک مهندس در حوزه‌ای غریب که هیچ آشنایی با آن یا زمینه قبلی آن ندارد، علم اخلاق به عنوان بنیاد فعالیت‌های آتی و نیز یکی از محدودیت‌های تعیین‌کننده‌ای که

میزان عملی بودن و حدود و ثغور امکانات طرح را تعیین می‌نماید، حائز اهمیت می‌گردد. دقیقاً به همین سبب، مسأله اخلاق در اینجا مطرح شده است و البته مراد از آن اساساً اخلاق حرفه‌ای است؛ اما دلیل دیگری نیز برای لزوم آموختن و درک علم اخلاق بویژه در مورد مهندسان جدید وجود دارد. یک مهندس لازم است هنگام برقراری ارتباط با دیگران به این امر واقف باشد که مردم بر مبنای اصول اخلاقی متفاوتی رفتار می‌نمایند. البته شایان ذکر است که در اینجا مسأله برخورداری از اخلاق خوب یا بد مطرح نیست، بلکه هدف فقط بررسی دیدگاه‌های مختلف اخلاقی نهفته در بطن مسایل می‌باشد. به عنوان مثال، مهندسی با دیدگاه مصرف‌گرایی در هنگام برقراری ارتباط با یکی از اعضای گروه تولید که پیرو مکتب غایت‌شناسی باشد و از آن دریچه به مسایل بنگرد، با مشکلات بسیاری مواجه خواهد بود.

۵-۳- تردید (عدم اطمینان)

مهارت رفع تردید نیز از جمله مهارت‌های لازم برای مهندسانی است که پیوسته در پی انجام اقداماتی برای دستیابی هرچه سریعتر به اهداف موردنظر و انجام عملیات آتی هستند و ناگزیر چه بوضوح و چه پنهانی در این جریان به نقاط تردید می‌رسند. البته بهتر است در چنین مواردی تردید آشکارا بروز نماید. نگارنده به تجربه به این مسأله رسیده است که دو مسأله خطرکردن و تردید اغلب در هنگام پرداختن به وظایف و امور سیستمی می‌توانند سبب بروز بزرگترین مشکلات مفهومی و کاربردی گردند.

۴- تجربه آموزشی

دوره‌ای براساس عقاید و نظریات ذکر شده در این مقاله در طول چندین سال برای دانشجویان مهندسی عمران دانشگاه کنتربری تشکیل گردید و طی آن تمام آموزشها بر مبنای اصول مذکور ارائه شدند. اکنون پس از برگزاری این دوره در مدت زمانی نسبتاً طولانی (که برای دستیابی به اهداف این طرح کاملاً کافی بوده است) شاخصهای موفقیت این رویکرد بوضوح آشکار گردیده است. این شاخصها به سه دسته عمده تقسیم می‌گردند:

نخست آنکه دانشجویان خود با اشتیاق فراوان این دوره‌ها را طی و نمرات

برجسته‌ای در آنها کسب می‌کنند. دوم اینکه از دیدگاه نگارنده و بنا به اظهارات دانشجویانی که این دوره‌ها را طی کرده‌اند و اکنون مشغول فعالیتهای حرفه‌ای خود می‌باشند، این دوره در زمره ارزشمندترین دوره‌های طول تحصیل آنان قرار داشته‌است. به علاوه، بازخوردهای مطلوبی از عملکرد فارغ‌التحصیلان این دوره‌ها در کار حرفه‌ای آنها به عمل آمده است که همگی حاکی از تقویت خلاقیت در این افراد می‌باشند و بالاخره، از دیدگاه مدرسان این دوره‌ها نیز کارکردن با دانشجویان علاقه‌مند و مشتاقی که کاملاً از فراگرفته‌های خود در این دوره‌ها راضی هستند و به گونه‌ای مطلوب آنها را به کار می‌بندند، بسیار لذت بخش است.

□ پی‌نویسها

1 - D.J. Elms

۲- منظور از نیمه عمر دانش، زمان حیات، کارآیی و اعتبار یک دانش خاص قبل از جایگزین شدن آن به وسیله دانش و تکنولوژی‌های جدیدتر (و احتمالاً منسوخ شدن آنها) می‌باشد. (مترجم)