

## چشم انداز جهانی چالشهای آموزش و پژوهش مهندسی و توسعه پایدار\*

محمد مهدی غفاری<sup>۱</sup> و حسن ظهور<sup>۲</sup>

**چکیده:** امروزه، مسائل مربوط به محیط زیست تقریباً بر تمام فعالیتهای انسانی، به ویژه در بخشهای تجارت و صنعت، تأثیرگذارند و در مرکز توجهات مردم، دولتها و حتی روابط بین الملل قرار دارند. اعلام سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ به عنوان دهه آموزش توسعه پایدار را می توان به منزله هشدار تلقی کرد که سازمان ملل جامعه جهانی را به جنبش بیداری زیست محیطی برای ارتقای بیشتر توسعه پایدار فرا خوانده است. این فراخوان نظامهای آموزش و پژوهش مهندسی کشورهای جهان را با چالشهای جدی روبه رو کرده است. پیرو این دعوت صاحب نظران و متخصصان متعهد به تحکیم بنیادهای توسعه پایدار مصرانه دانشگاههای مهندسی کشورهای صنعتی را به بازنگری در برنامه های درسی و دگرگون سازی ساختارهای پژوهشی برای به حداقل رساندن اثرهای منفی ناشی از فعالیتهای مهندسی بر محیط زیست ترغیب می کنند. در عین حال، کشورهای در حال توسعه تلاش خود را بر ایجاد زیرساختهای مورد نیاز برای بهبود و ارتقای شرایط زندگی شهروندان خود متمرکز کرده اند. از آنجا که یکی از ارکان مهم توسعه پایدار آموزش مهندسان در زمینه های علمی و کسب مهارتهای حرفه ای است، بار این مسئولیت بر عهده دانشکده های مهندسی است تا مهندسان را از آثار و خطرهای ناشی از تصمیمات آتی آنان بر محیط زیست آگاه سازند. در این مقاله با مرور تجربه های کشورهای صنعتی در به کارگیری مفاهیم بنیادی توسعه پایدار برای اصلاح نظام آموزش و پژوهش مهندسی، چالشهای پیش روی آموزش و پژوهش مهندسی تحلیل و بررسی و تلاش شده است با مرور تجربه های جهانی، راهبردی برای تدوین چارچوب یا نقشه راه توسعه پایدار برای آموزش مهندسی ایران ارائه شود.

واژه های کلیدی: توسعه پایدار، آموزش مهندسی، نقشه راه، محیط زیست، مهندسی پایدار.

\* این مقاله در سومین کنفرانس آموزش مهندسی (آموزش مهندسی بر پایه توسعه پایدار) در آبان ماه ۱۳۹۲ ارائه شده است.

۱. عضو هیئت علمی فرهنگستان علوم ج.ا.ا، تهران، ایران. mmsolar@yahoo.com

۲. استاد دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران. hzohoor@ias.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۲/۱۶)

(پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۴/۱)

### ۱. مقدمه

آموزش به طور عام و آموزش مهندسی به طور خاص، اثربخشترین سازکار جامعه برای مقابله با بزرگترین چالش این قرن؛ یعنی توسعه پایدار است. وقتی از توسعه پایدار صحبت می‌شود، منظور توسعه‌ای است که به بقای بشر و رفاه کامل و همه جانبه آن می‌نگرد. توسعه پایدار با تمام زنجیره‌ها، فرایندهای پویا، منابع انسانی، منابع طبیعی و نظام سخت افزاری جامعه در یک شکل تعاملی است و به دنبال ایجاد تعامل بین حال و آینده انسان و طبیعت و عدالت و رفاه بین و درون نسلهاست [۱].

با نزدیک شدن جمعیت جهان به مرز ۷ میلیارد نفر، مهندسان موظفاند همراه با بهبود نسبی استانداردهای زندگی در سرتاسر دنیا، بیش از هر زمان دیگر در استفاده از منابع طبیعی محدود جهان برای تأمین نیازهای رو به افزایش انسانها دقت به خرج دهند. برای مثال، به منظور احتراز از آسیب به سیستم بقای حیات در روی زمین، به مهندسان توصیه می‌شود در ابداع روشهایی برای تولید انرژی بدون کربن، طراحی ساختمانهایی با استفاده از مصالح محلی و قابل بازیافت و عرضه خودروهای سریع‌تر و ایمن‌تر بدون استفاده از سوختهای فسیلی به بازار، اهتمام شایسته‌ای از خود نشان دهند. چنین چالشهایی آموزش و تربیت مهندسان را در مرکز توجه توسعه پایدار قرار داده و آموزشهای نوین مهندسی را در سرتاسر جهان ضروری ساخته است [۲].

خوشبختانه، در سه دهه گذشته جنبشهای زیست محیطی با گرایش توسعه پایدار در کشورهای صنعتی موجب ترغیب پژوهشگران و صاحبان صنایع برای یافتن راهکارهایی به منظور به حداقل رساندن اثرهای منفی فعالیتهای صنعتی بر محیط زیست شده است. در حالی که کشورهای در حال توسعه عزم خود را برای ایجاد زیرساختهای ضروری مربوط به ارتقای شرایط زندگی و رفاه مردم خود جزم کرده‌اند، ولی در خصوص رعایت معیارهای توسعه پایدار توجه درخوری ندارند [۳].

با توجه به حضور حرفه مهندسی در کلیه فعالیتهای اقتصادی جامعه، لازم است مهندسان برای آگاهی از خطرهای بالقوه و تأثیر کار خود بر محیط زیست و نیز نقدپذیری آثار زیست محیطی تصمیماتشان تربیت شوند. به منظور تحقق این امر، دانشگاهها می‌توانند با هدایت طرحهای تحقیقاتی و تولید دانشهای مورد نیاز برای توسعه مهارتهای دانشجویان در رعایت هر چه بیشتر معیارهای توسعه پایدار نقش مؤثری ایفا کنند [۴].

بررسی پیشرفتهای علمی و صنعتی در چند دهه اخیر نشان می‌دهد که مهندسان با عرضه فناوریهای جدید در عرصه تولید انرژی، ارتباطات و حمل و نقل نقش و سهم بسزایی در ارتقای استانداردهای زندگی و توسعه رفاه مادی جوامع انسانی داشته‌اند. با افزایش اشتیاق فراوان به توسعه صنعتی و اقتصادی از یک طرف و نبود دانش کافی در خصوص اثرهای زیانبار فعالیتهای صنعتی بر عوامل محیط زیست از طرف دیگر، جوامع بشری در اواخر قرن بیستم با مشکلات مشهود زیست محیطی نظیر آلودگی خاک، آب و هوا و اثرهای نامحسوسی نظیر تغییر آب و هوا، رقیق شدن

لایه ازن و افزایش بیماریها رو به رو شده است. خوشبختانه، برای غلبه بر این مشکلات اصلاح قوانین، ارتقای استانداردهای صنعتی و ارتقای فناوریهای موجود در دستور کار دولتها قرار گرفته است [۵]. بنابراین، از مهندسان به عنوان افرادی نوآور، خلاق، مدبر و طراح انتظار می رود برای ایجاد فناوریهای سازگار با محیط زیست و همچنین، برای دستیابی به دانشها و مهارتهای لازم از طریق به کارگیری مفاهیم و تجربه های توسعه پایدار در آموزش مهندسی تلاش کنند.

## ۲. اندیشه توسعه پایدار و آموزش مهندسی

اندیشه توسعه پایدار در معنای امروزی خود برای اولین بار در گزارش کمیسیون براندت لاند<sup>۱</sup>، با عنوان آینده مشترک ما تعریف شد. در این گزارش یک فکر خیلی ساده و روشن ارائه شد و از نوعی توسعه سخن به میان آمد که نیازهای امروز انسانها را برآورده سازد و در عین حال، قدرت نسلهای آینده را نیز برای بر آورده ساختن نیازهایشان به مخاطره نیندازد [۶].

در سال ۲۰۰۲ کنفرانس سران کشورها با عنوان «اجلاس جهانی توسعه پایدار» در شهر ژوهانسبورگ برگزار شد که در آن توسعه و محیط زیست به صورت یکپارچه و با عنوان «توسعه پایدار» مطرح شد. جامع ترین تعریف برای توسعه پایدار عبارت است از: «استفاده بهینه از کلیه منابع برای توسعه نسل امروز با در نظر گرفتن حقوق نسلهای آینده». مفهوم این عبارت امکان استفاده همه نسلهای بشری از امکانات خدادادی کره زمین است [۷].

همچنین، بر اساس دستور کار کنفرانس ریو + ۵، دولتها موظف شدند تا از دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی در خصوص گسترش آموزش، به ویژه در زمینه میانی توسعه پایدار، حمایت کنند [۸]. آموزش مهندسان قرن ۲۱ در جهت اهداف توسعه پایدار می تواند در اصلاح دید آنان و به کارگیری این مبانی در زندگی و فعالیتهای تخصصی آنها نقش بسیار مهمی داشته باشد.

بیانیه بارسلونا در حاشیه کنفرانس آموزش مهندسی و توسعه پایدار در سال ۲۰۰۴ در کشور اسپانیا شکل گرفت. در این بیانیه توانمند ساختن مهندسان قرن ۲۱ در زمینه هایی مانند شناخت چالشها، خطرها و اثرهای احتمالی فعالیت خویش بر جامعه و محیط زیست، افزایش بازدهی استفاده از منابع، سازگار کردن فناوریهای رایج با شاخصها و الگوهای زندگی پایدار، کنترل ضایعات صنعتی و فعالیت در کارگروههای چند رشته ای توصیه شده است [۹].

بنابراین، یکی از وظایف مهم دانشگاهها فراهم آوردن زمینه مناسب برای بازنگری برنامه های آموزش و پژوهش مهندسی در ارتباط با تحقق معیارها و شاخصهای توسعه پایدار است. خوشبختانه، در سالهای اخیر فعالیتهایی در این زمینه در دانشگاههای مختلف کشور انجام شده است که می توان

به برنامه‌های دانشگاه‌های فردوسی مشهد و دانشگاه صنعتی امیرکبیر اشاره کرد. دانشگاه فردوسی مشهد، با تشکیل کمیته سبز دانشگاه، فعالیتهای زیادی را از جمله تقویت و حمایت از تشکلهای دانشجویی فعال در زمینه توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست انجام داده است. همچنین، دانشگاه صنعتی امیرکبیر برنامه‌های راهبردی مختلفی برای ارتقای سطح آموزش و پژوهش در خصوص اهداف محیط زیست و توسعه پایدار تدوین و اجرا کرده است [۷].

در سطح جهانی تمایل در به‌کارگیری مفاهیم توسعه پایدار در آموزش مهندسی در دهه اخیر به‌طور پیوسته افزایش یافته است. این روند در تعداد درسهایی که در باره توسعه پایدار در سطح دانشگاهها تدریس می‌شوند، تأمین اعتبار برای پژوهشهای مربوط، انتشار تعداد زیاد مقاله و کتاب در ارتباط با موضوع توسعه پایدار و استخدام اعضای هیئت علمی مشاهده می‌شود. نظرسنجیهای انجام شده در ایالات متحده آمریکا نشان داد که از میان ۲۷۰ عضو هیئت علمی دانشگاهها، ۸۰ درصد آنها درسهایی مربوط به توسعه پایدار را تدریس می‌کردند. در میان درسهایی ارائه شده در مهندسی پایدار، تقریباً ۵۰ درصد آنها مبتنی بر ابزارهای ارزیابی نظیر ارزیابی چرخه طول عمر بود. حدود ۲۵ درصد از مفاهیم توسعه پایدار در آموزش دوره‌های مهندسی رایج برای گسترش مجموعه مهارتها و آگاهی دانشجویان استفاده شده است. ۱۵ درصد از دوره‌ها با همکاری سایر دپارتمانها، برای ارائه درسهایی در ارتباط با جنبه‌های اقتصادی، سیاسی و اجتماعی مهندسی پایدار بوده است. در این نظرسنجیها همچنین، گزارش شد که ۷۰ درصد پاسخ دهندگان به نحوی در تحقیقات مربوط به توسعه پایدار در مهندسی فعالیت داشته‌اند [۱۰].

علاوه بر این، حدود ۲۵۰ میلیون دلار برای حمایت از پروژه‌های مربوط به توسعه پایدار در ایالات متحده آمریکا از سوی بنیاد ملی علم<sup>۱</sup> هزینه شد [۱۱]. روند رو به افزایش اقبال به توسعه پایدار در افزایش مقالات ارائه شده در انجمن آمریکایی آموزش مهندسی<sup>۲</sup> نیز بازتاب یافته است [۱۲]. همچنین، اهمیت پایداری در آموزش با استقبال سیاستمداران جهانی روبه‌رو شده است و از این رو، یونسکو سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ را به‌عنوان دهه آموزش برای توسعه پایدار اعلام کرده است.

هر چند آموزش توسعه پایدار قرین پیشرفتهایی بوده است، اما هنوز چالشهای بسیاری در روند ادغام موفقیت آمیز آموزش مهندسی برای توسعه پایدار به دلیل نو بودن نسبی موضوع پایداری و پیچیدگیهای مربوط به آن باقی است. شناخت این چالشهای حیاتی و همچنین، راهبردهای مناسب می‌تواند تأثیر زیادی در یاددهی مفاهیم پایداری به مهندسان آینده داشته باشد.

---

1. National Science Foundation (NSF)

2. American Society of Engineering Education (ASEE)

در مطالعات چالشهای فرا روی آموزش توسعه پایدار به موضوعاتی نظیر محدودیتهای مالی، موانع برنامه‌های آموزشی و نبود رویکرد شفاف دولتها در خصوص جهت‌دهی ارتباط آموزش مهندسی و توسعه پایدار اشاره شده است [۱۳ و ۱۷].

به هر حال، تاکنون مطالعه و بررسی دقیق و نظام‌مندی در باره چالشهای یادشده مشاهده نشده است. در سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ دو کارگاه، با عنوان «تلفیق مفاهیم پایداری و آموزش مهندسی» برگزار شد. در این دو کارگاه مشکلات اعضای هیئت علمی در زمان طراحی برنامه‌های درسی برای یافتن راهبردهای مؤثر به‌کارگیری مقولات پایداری در نظام آموزش مهندسی بحث و بررسی شد. توضیحات کامل‌تر مربوط به نتایج و دستاوردهای این دو کارگاه در سایت انجمن آمریکایی آموزش مهندسی و انجمن پیشبرد علم آمریکا قابل دسترسی است [۱۷].

چالشهای شناسایی شده در کارگاههای مذکور عمدتاً در چهار زمینه ساماندهی و به‌شرح زیر به‌عنوان موانع اصلی تلفیق مفاهیم پایداری در نظام آموزش مهندسی معرفی شدند:

- تغییر دیدگاهها راجع به مقوله پایداری؛
- ساختار انعطاف‌ناپذیر برنامه‌های آموزشی موجود؛
- ضرورت روشهای یاددهی نوین؛
- ناکافی بودن منابع برای آموزش و پژوهش.

شرکت کنندگان در دو کارگاه به اتفاق آرا اعلام کردند موانع یادشده ارتباط وثیقی با موضوع فناوری ندارند، بلکه از جنس باورهایی هستند که با «پذیرش توسعه پایدار به‌عنوان یک مقوله مهندسی» یا «اندیشه‌های نوین و مشارکت نوین» سر و کار دارد.

### ۳. ارتباط درونی چالشها

ملاحظه می‌شود که چالشهای مذکور مستقل و بی‌ارتباط با یکدیگر نیستند، بلکه از یک پیوند درونی برخوردارند. برای مثال، اندیشه نوین و مشارکت نوین (مربوط به موضوع تغییر دیدگاهها) می‌تواند یاری رسان ابداع روشهای یاددهی نوین (مربوط به موضوع الگوهای نوین)، تنظیم مواد درسی مؤثر و تعاون و مشارکت در پژوهش (مربوط به موضوع منابع نا کافی) شود. قطعاً این مواد درسی و پژوهشی موجب توسعه تخصصهای اعضای هیئت علمی یا آموزشگران در حوزه توسعه پایدار خواهد شد [۱۷].

با توجه به مطالعات انجام شده با رویکردهای متنوعی برای پیشبرد آموزش توسعه پایدار مواجه می‌شویم که از جمله به‌بالا بردن تقاضا برای آموزش پایداری، ایجاد آموزشهای نوین یاددهی، تدوین مواد درسی مؤثر در آموزش مهندسی و کاهش مخالفت دانشجویان و اعضای هیئت علمی می‌توان

اشاره کرد [۱۸]. به نظر می‌رسد که ارتباط درونی بین چالش تغییر دیدگاهها و چالش آزادسازی ساختار برنامه‌های آموزشی از پیوند وثیقی برخوردار باشد. بنابراین، در زمینه تغییر دیدگاهها به منظور پیشبرد آموزش پایداری، حضور دولتها برای تدوین اسنادی در قالب راهبردها و سیاستهای توسعه ملی ضروری است [۱۷].

در بیانیه دو کارگاه مذکور، سازمان ارزشیابی مهندسی و فناوری<sup>۱</sup> بر لزوم تهیه و تدوین استانداردهایی برای شاخصهای توسعه پایدار تأکید کرد. بدون شک، شفاف‌سازی و تبیین استانداردهای مناسب برای توسعه پایدار بر ساختار برنامه‌های آموزشی مؤسسات ارائه دهنده آموزش مهندسی تأثیرگذار خواهد بود [۱۸].

یکی دیگر از اثرهای مهم تغییر دیدگاهها این است که می‌تواند در گسترش شناخت اعضای هیئت علمی در خصوص مقوله توسعه پایدار و در کاستن از مقاومت آنان مؤثر واقع شود. علاوه بر این، با تغییر بنیادین ساختار مؤسسات آموزشی انتظار می‌رود دانشکده‌های مهندسی جدیدی با راهبرد آموزش مهندسی پایدار تأسیس شوند. این دانشکده‌ها می‌توانند نه تنها در منابع و مواد درسی با هم تعامل و مشارکت داشته باشند، بلکه زمینه روان سازی توسعه تخصصهای اعضای هیئت علمی را نیز فراهم سازند و انگیزه مشارکت و همکاریهای نوین را در آنان تقویت و نهادینه کنند [۱۷].

#### ۴. چارچوب یا نقشه راه آموزش مهندسی پایدار

گرایشهای عمده زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی در سطح جهان تفکر پایداری را در حرفه مهندسی و در سازمانهای استخدام کننده مهندسان دگرگون کرده است.

ماهیت چند بخشی و فراگیر موضوع پایداری یا توسعه پایدار، آموزشگران را با چالشهای خاصی در آموزش علوم مورد نیاز در کلاسهای درس مواجه می‌سازد. با توجه به این واقعیت که بیشتر مهندسان شاغل و اعضای هیئت علمی فعلی حرفه خود را پیش از آشنایی با مفاهیم و اصول پایداری و سر و کار داشتن با آن آغاز کرده‌اند، تلقی انتزاعی بسیاری از آنها از موضوع پایداری تعجب برانگیز نخواهد بود. گرایشهای جهانی به موضوعات با اهمیتی نظیر مسائل زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی با محوریت توسعه پایدار موجب دگرگونی درونی حرفه مهندسی در ارتباط با مفاهیم پایداری شده است. هنوز بحث و گفت‌وگوی زیادی راجع به تعریف، ابعاد و حوزه کاربرد توسعه پایدار در ارتباط با چالشهای مهندسی و تحولات آینده آن در جریان است [۱۹]. رویکردهای عمده زیست محیطی،

اقتصادی و اجتماعی که موجب دگرگونی درونی حرفه مهندسی در خصوص کاربرد تفکر پایداری شده، عبارت است از:

- نیاز روز افزون بخش خصوصی و سایر بخشها به دانش و مهارتهای مبتنی بر اصول پایداری و توسعه توانمندیهای لازم برای پاسخگویی به تحولات عمده جهانی مانند رشد طبقات متوسط در کشورهای در حال توسعه، الگوهای متراکم شهرنشینی در کشورهای غیر غربی، چالشهای مربوط به تهیه و عرضه مقادیر کافی غذا و آب و تغییرات شدید آب و هوا؛
  - افزایش آگاهی و شناخت دانشجویان مهندسی راجع به چالشهای پایداری، همراه با استقبال از گنجانیدن مقولات توسعه پایدار در تمرینات و مطالعات موردی و تجربی و آشنایی گسترده با حرفه‌های مهندسی که با موضوع توسعه پایدار سر و کار دارند؛
  - فراهم شدن گنجینه‌ای از دانشهای نوین در دانشگاهها، انجمنهای مهندسی، بخش خصوصی، نهادهای دولتی و سازمانهای غیر دولتی. در نتیجه این پیشرفتهای کاربرد مفهوم پایداری به طور روز افزون مورد توجه و پذیرش نهادها و مشاغل کثیری قرار گرفته است.
- به‌منظور تهیه نقشه راه یا چارچوبی برای آموزش مهندسی پایدار لازم است چهار پرسش بنیادی زیر مورد توجه قرار گیرد:

- چرا تهیه یک نقشه راه ضروری است؟
- ارکان اصلی نقشه راه کدام‌اند؟
- اجزای تشکیل دهنده هسته مرکزی دانش و تجربه مبتنی بر توسعه پایداری کدام‌اند؟
- چگونه دانشکده‌های مهندسی می‌توانند به‌طور یکپارچه در دانشگاههای خود یا با همکاری و مشارکت مؤسسات دیگر فرایند یادگیری مفاهیم پایداری را سرعت بخشند [۲۰]؟

##### ۵. دلایل پیشنهاد نقشه راه

در حال حاضر، برنامه آموزش مهندسی مجموعه‌ای انباشته از درسها، دوره‌ها، واحدها، استادان مدعو و مطالعات موردی است. بنابراین، ممکن است با این پرسش روبه‌رو شویم که دلیلی ندارد مجدداً از رؤسای دانشکده‌های مهندسی و استادان تقاضا شود تا مجموعه فشرده دیگری از علوم را در برنامه آموزش مهندسی وارد سازند. شاید یکی از دلایل عمده آن تغییر سمت و سوی پرسشها از مهندسان باشد، همچنان که نیازها و انتظارات جهانی در خصوص مهارتها و خدمات مهندسان دچار دگرگونی شده است. به علاوه، حوزه‌های میان رشته‌ای نوینی در عرصه نظریه، مفاهیم و محتوای مهندسی شکل گرفته است. برای مثال، ساختمانها یا سایر زیرساختهای مربوط به حمل و نقل یا آبرسانی بر اساس گزینه‌ها و روشهای محدودی به دست مهندسان طراحی می‌شوند که در نتیجه به‌کارگیری این

گزینه‌ها یا روشها، حاصل کار آنها قابل اندازه‌گیری و قابل پیش‌بینی است. اما، اگر عرصه گزینه‌های پیش روی مهندسان به اندازه‌ای گسترش یابد که تأثیر طول عمر مواد به کار رفته در یک پروژه، ضرورت بهره‌گیری از «فناوریهای هوشمند»<sup>۱</sup> در طراحی زیرساختها و عملیات ارزیابی اثرهای بعدی و نیز لزوم توجه به موجودیت منابع طبیعی و جوامع انسانی را شامل شود، در این صورت حیطه‌های مرزی طراحی مهندسی به نحو شگفت‌انگیزی گسترش می‌یابد. علایم و شواهد ناشی از بازار و سایر گرایشهای جهانی نشان دهنده این موضوع است که این‌گونه موارد و پرسشهایی نظیر آن رو به افزایش است.

دومین دلیل این است که خواسته‌ها و نیازهای سازمانهایی که از خدمات مهندسان بهره‌مند می‌شوند، دچار دگرگونی شده است. اساساً سازمانهای استخدام کننده مهندسان در بخش خصوصی، مهندسان مشاور و نهادهای دولتی بیش از پیش از ایده «یادگیری مبتنی بر تجربه»<sup>۲</sup> طرفداری می‌کنند، ایده‌ای که دانشجویان و استادان را به فراگیری تجربه مستقیم از طریق کار در کارخانه‌ها ترغیب می‌کند. کسب این تجربه‌ها برای به دست آوردن مهارت و توانمندیهای نوینی مانند موارد زیر ضروری به نظر می‌رسد:

جامع‌نگری، ارزیابی طول عمر، تحلیل داده‌ها و تفسیر مبتنی بر رعایت شرایط اجتماعی و تصمیم‌گیری، مدیریت و کنترل در شرایط بحرانی و ناپایدار، پذیرفتن عواقب پیش‌بینی نشده، کسب مهارت‌های انفرادی از طریق کار گروهی با همکارانی متشکل از تنوع جنسیتها، زبانها، سرزمینها و فرهنگها، توانمندی در برقراری ارتباط با ذینفعان در بیان طرحها و سیاستهای اتخاذ شده و دفاع از آنها و مشارکت در شبکه‌های نوین نوآوری و تأثیرگذاری.

چنانچه مهندسان همچون گذشته بر ادامه حضور و رسالت تاریخیشان در پیشبرد و توسعه تمدن کنونی جهان مصمم باشند، لازم است خود را برای پاسخگویی به موارد مذکور و چالشهای آینده، که از نیازهای آتی جوامع ناشی خواهد شد، آماده سازند [۲۱].

دلیل سوم اینکه آگاهی و اهداف دانشجویان نیز در حال دگرگونی است و آنها انگیزه و اشتیاق زیادی برای اصلاح برنامه‌های آموزش مهندسی از خود نشان می‌دهند. امروزه، دانشجویان در بدو ورود به دانشکده‌های مهندسی می‌دانند در آینده در دنیایی با محدودیت منابع و نابرابریهای اجتماعی زندگی خواهند کرد. آنان با حضور در شبکه‌های اجتماعی و کسب آگاهی از طریق شرکت در کارگاههای تخصصی، با واقع نگری و با رویکرد استفاده بهینه از منابع محدود موجود، راههای اصلاح شرایط کار و زندگی را جست‌وجو خواهند کرد.



در مجموع، عوامل یادشده باعث اشتیاق و انگیزه زیادی در گروهی از دانشگاههای جهان شده است. در صورت طراحی و اجرای مناسب، یکپارچگی توسعه پایدار و برنامه‌های آموزش مهندسی، فرصت نوآوریهای نوین و زمینه ایفای نقش جامع‌تر مهندسان را در توجه به مسائل جامعه در زمان کنونی و آینده فراهم می‌سازد [۲۲ و ۲۳].

شایان توجه است که یکپارچگی مفاهیم و دانش توسعه پایدار و برنامه‌های آموزش مهندسی موجب استحکام مبانی فنون و روشهای یاددهی فعلی خواهد شد. بنابراین، نقشه راه یا چارچوب آموزش مهندسی پایدار الزاماً باید بر شالوده فنون مرسوم و جا افتاده فعلی بنا شود و به هیچ‌وجه جایگزین یا بدیلی برای آنها نخواهد بود.

#### ۶. اجزای نقشه راه مهندسی پایدار

با توجه به مطالعات انجام شده به نظر می‌رسد در سه سطح می‌توان یکپارچگی مفاهیم و دانش توسعه پایدار و برنامه‌های آموزش مهندسی را سازماندهی کرد [۱۹]:

- تبیین چالش‌های پایدار. اطلاعات متناسب با این سطح دانش می‌تواند شامل بررسی قوانین و مقررات، استانداردها و اسناد دولتی مربوط به توسعه پایدار، گزارشهای جمعی توسعه پایدار در خصوص اسناد راهبردی کسب و کار، سیاستها و سایر تعهدات با بررسی روندهای کلان جهانی در ارتباط با رشد جمعیت، شهرنشینی، الگوهای مصرف و کمبود منابع طبیعی، میزان آلاینده‌های منابع آلاینده، تحلیلهای اقتصادی «زنجیره‌های ارزش اقتصادی» و اثرهای آن بر مواد، منابع طبیعی و مردم و چارچوبهای ریسک و چرخه زندگی مربوط به ارزیابی موضوعات ویژه و نیز گرایشهای کلان‌تر شود.
- ارزیابی و طراحی. پرداختن به موضوعات توسعه پایدار نه تنها با روشهای دایر و رسمی یاددهی رشته‌های مختلف مهندسی سازگار است، بلکه زمینه توسعه مرزهای این روشها را نیز فراهم می‌سازد. برای مثال، ابعاد تفکر توسعه پایدار از مقیاسهای ملکولی و عوامل فرایندی آغاز می‌شود و تا تولید محصول و محدوده سیستم ادامه می‌یابد. سایر ابعاد نه تنها شامل اطلاعاتی در باره اصول طراحی توسعه پایدارند، بلکه تا کسب اطلاعاتی در خصوص اهداف توسعه پایدار طرح قابل تعمیم اند.
- تفکر جامع و کل‌نگر. مهندسان مشارکتهای ارزشمند و چشمگیری در توسعه و پیشرفت آسایش و رفاه جوامع انسانی داشته‌اند. بدون شک، این توانمندیها ریشه در برنامه‌های آموزش و تربیت مهندسان در یافتن راه‌حل برای مشکلات دارد. ملاحظه می‌شود که مدیران و

تصمیم‌گیران امروز با یک سلسله مسائل رو به رشد مواجه‌اند که علاوه بر ارتباط درونی با هم، همزمان در مقیاسهای محلی، منطقه‌ای و جهانی نیز خودنمایی می‌کنند. برای مثال، آینده‌نگری در خصوص طراحی نسل بعدی خودروها نه تنها مستلزم توجه به نوع مواد در طراحی و ساخت خودرو است، بلکه نیازمند بهره‌مندی از فناوریهای «هوشمندی» خواهد بود که خودروها بتوانند از طریق برقراری ارتباط، یکدیگر را از وضعیت بهینه جریان ترافیک در طول روز مطلع کنند، موجب توسعه تولید انرژی به‌منظور تأمین برق مورد نیاز خودروهای مرتبط با شبکه شوند و زمینه افزایش قدرت مانور مصرف‌کننده و ایجاد محدودیتهای بالقوه در ورود تعداد خودروهای مجاز به مناطق شهری با حجم ترافیکی بالا را فراهم سازند. بنابراین، در پرتو یک چشم‌انداز سیستمی، جامع و کل‌نگر، مهندسان و سایر افراد متخصص می‌توانند راه‌حلهای نوآورانه‌ای برای چالشهای مهندسی و اجتماعی آینده عرضه کنند.

#### ۷. یادگیری سریع با روشهای نامتداول

بنگاههای اقتصادی، نهادهای دولتی، سازمانهای غیر دولتی و دانشگاهها به این واقعیت وقوف یافته‌اند که توفیق دستیابی به اهداف فردی زمانی میسر می‌شود که راههای توسعه همکاری و مشارکت با سایر شرکای خود را همواره ساخته باشند، زیرا با پیروی از این شیوه زمینه هم‌افزایی منابع، دانش و ظرفیتهای سازمانی آنها فراهم می‌شود. بیش از یک دهه از توافق ایجاد تشکلی به نام «ائتلاف مسئولیت جمعی» می‌گذرد. این ائتلاف به موضوعاتی نظیر تغییر آب و هوا، دسترسی به آب آشامیدنی سالم، بیماری ایدز، بیماریهای استوایی و محافظت از زیست بوم می‌پردازد [۲۴]. به بیان دقیق‌تر، در نتیجه شکل‌گیری همکاری فیما بین کمپانیهای جهانی، سازمانهای غیر دولتی و نهادهای دولتی، نوآوری‌هایی در تولید دانش و مهندسی نوین پدید آمده است.

#### ۸. نتیجه‌گیری

دانشکده‌های مهندسی لازم است با اتخاذ شیوه‌های ابتکاری در ارزیابی توان مشارکت خود هم در درون و هم با بیرون از دانشگاه خود تجدید نظر کنند. در این خصوص، راهکارهای زیر توصیه می‌شود: الف. توجه به موانع و کمبودها و یافتن راه‌حلهای امری ضروری است. در این زمینه پیشنهاد می‌شود موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

- کاستن از موانع تعامل رشته‌ها با یکدیگر
  - دانش فنی متعلق به هر یک از رشته‌های مهندسی به خودی خود ارزشمند است، اما اهتمام در بهره‌مندی از مفاهیم و روشهای ایجاد شده در سایر رشته‌ها، برای دانشجویان مهندسی امروز و فردا که امید دستیابی به موقعیتهای شغلی برتر را در سر می‌پرورانند، ضروری است.
  - توسعه و گسترش شرکت در فرصتهای یادگیری غیرکلاسی
  - این مقوله می‌تواند به شکلهای مختلف صورت پذیرد، از جمله کارورزی دانشجویان در صنایع و بنگاههای اقتصادی، سخنرانی اعضای هیئت علمی و اجرای پروژه‌های عملی و تجربی در صنایع یا مشارکت در سایر مشاغل
  - پرهیز از اجرای پروژه‌های انفرادی و استثنایی و اتفافی و استقبال از روابط راهبردی مؤثر در گسترش دیدگاه و ارتقای جایگاه
  - برای نمونه، دانشگاه میشیگان شبکه دانش‌آموختگان خود را از طریق رسانه‌های اجتماعی فعال کرده است. بدین ترتیب، دانشگاه تلاش می‌کند با شناسایی دانش‌آموختگان خود در صنایع و بنگاههای اقتصادی، فرصتهای کاری جدیدی برای استادان و دانشجویان فراهم آورد.
  - ب. بخش خصوصی هم با شیوه‌های گوناگون می‌تواند زمینه تقویت جایگاه خود را از طریق تشریح مساعی با دانشکده‌های مهندسی فراهم سازد: در این خصوص پیشنهاد می‌شود به نکات زیر توجه شود.
  - اتخاذ افق برنامه‌ریزی بلند مدت (حداقل ده سال) برای سرمایه‌گذاری در تولید دانش
  - این اقدام اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا یافتن پاسخ برای چالشها و مشکلاتی که جامعه مدرن در آینده با آنها مواجه خواهد شد، به زمان زیادی نیاز دارد
  - فراهم ساختن فرصتهایی برای مدیران اجرایی ارشد صنایع و بنگاههای اقتصادی به‌منظور مشارکت با اعضای هیئت علمی و دانشجویان در بخشهایی از برنامه‌های آموزشی
  - این حرکت در سرعت بخشیدن به شناخت و تطابق مطالعات موردی و آموخته‌های کلاسهای درس با شرایط واقعی کسب و کار و تجربه مؤثر است.
  - راهبردهای همکاری با دانشکده‌های مهندسی
- در مواقع بسیاری معمولاً حمایت مالی شرکتها از یک پروژه اتفافی یا از حضور یک فرد دانشگاهی در طرح ناشی می‌شود. شرکتهایی مانند Exxon MOBILE, Dow Chemical, CH2MHLL و Royal Dutch Shell اسناد راهبردی رسمی برای همکاری تدوین کرده‌اند که در آنها مشارکتهای بلندمدت برای پاسخ به نیازهای بسیار ویژه مانند بسط و توسعه تقاضای بازار یا ایجاد تواناییهای نوین پیش‌بینی

شده است. بدین ترتیب، بخش خصوصی با حمایت مالی خود زمینه آشنایی دانشگاههای مهندسی با چالشهای صنعت را فراهم می‌سازد.

- تهیه سازکارهای نوین همکاری و مشارکت در دانشکده‌های مهندسی، شرکتهای جهانی، نهادهای دولتی و سازمانهای غیر دولتی
- توصیه می‌شود اولین هدف این مشارکت و همکاری به شناسایی و گردآوری موارد مفید برای ارتقای استانداردهای آموزشی، توفیق در اصلاح برنامه‌های فعلی آموزش مهندسی و آماده سازی دانشجویان برای تحقق مفاهیم توسعه پایدار در آینده اختصاص یابد
- کلیشه‌ای نبودن چارچوب یا نقشه راه توسعه پایدار

هر چند اصول مشترک رشته‌های گوناگون مهندسی مطلوب همگان است، اما به‌کاربردن مفاهیم توسعه پایدار در برنامه‌های اصلی آموزش مهندسی به ظرافت و ابتکار عمل نیاز دارد. مطلوب این است که هر دانشگاهی بتواند مطابق با اهداف، شایستگیها و اولویتهای خود در این عرصه فعالیت و برنامه‌ریزی کند، زیرا چارچوب مهندسی پایدار نمی‌تواند از یک الگوی واحد و کلیشه‌ای پیروی کند.

پ. دانشکده‌های مهندسی مظهر تولید و اشاعه گنجینه‌هایی از دانشهای مورد نیاز جوامع بشری و جایگاه پرورش توانمندیهایی هستند که می‌توانند پاسخگوی چالشهای امروز و فردای جهان باشند. ابعاد این چالشها از نظر زمان و اندازه به شدت رو به افزایش و به مرز هشدار رسیده است. بنابراین، اهتمام به‌موقع برای گنجانیدن مفاهیم و تجربه‌های توسعه پایدار در برنامه‌های آموزش مهندسی بسیار حیاتی است. در نتیجه، مهندسان قرن ۲۱ علاوه بر فراگیری مبانی طراحی رشته تخصصی خود، باید با مبانی و اصول پایدار، الزامات اخلاقی و اجتماعی و پیامد فعالیتهای خویش آشنا شوند تا بتوانند نقش خود را با دیدگاهی همه جانبه و سیستمی به نحو احسن در جامعه ایفا کنند. در این خصوص پیشنهاد می‌شود تشکلی برای تهیه و تدوین استانداردهای لازم در به‌کارگیری مفاهیم توسعه پایدار در آموزش مهندسی کشور ایجاد شود.

## مراجع

۱. رسایی، میثم و احمدزاده، مریم (۱۳۸۸)، آموزش توسعه‌ای و توسعه پایدار، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، /هبرد، شماره ۱۸، تابستان ۸۸، ۱.
2. Davidson, C.L. et al. (2010), Preparing future engineers for challenges of the 21st Century: Sustainable engineers, *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, 18.

3. Chini, Abdol R. and Nasri, E. (2011), Sustainable development, engineering education and Iranian academy: Strategies and related issues, *Journal of Fac. of Eng.* Vol. 43, Special Issue on Con. Eng. Edu. in 2025, RR.191-198, Iran.
4. EVEN (2003), Environmental Engineering Degree Guidelines.
5. Zhang, Q., et al. (2012), Challenges for integration of sustainability into engineering education, AC2012- 4565, American Society for Engineering Education.
۶. گاف، استیفن و اسکات، ویلیام (۱۳۸۹)، آموزش عالی و توسعه پایدار، پژوهشکده مطالعات فرهنگی و اجتماعی، ترجمه ارسالان قربانی شیخ نشین.
۷. علوی مقدم، سید محمدرضا، مکنون، رضا و طاهر شمسی، احمد (۱۳۸۷)، ارتقای آموزش و پژوهش مهندسی در راستای توسعه پایدار - راهبردها، مجله فناوری و آموزش، سال دوم، جلد ۲، شماره ۳.
8. World Bank (2007), Available at: <http://www.worldbank.org/depweb/english/sd.html>.
9. AFGS (2006), The observatory: Status of engineering education for sustainable development in European higher education, The alliance for global sustainability, Available at: <http://www.agschalmers.se>.
10. Allenby, B., Allen, D., Bridges, M., et al. (2009), Benchmarking sustainable engineering education, Final Report, University of Texas at Austin, Carnegie Mellon University, Arizona State University.
11. Murphy, C.F., Allenby, B., et al. (2009), Sustainability in engineering education and research at U.S. Universities, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 43, No. 15, pp. 5558- 5564.
12. Bielefeldt, A.R. (2011), Incorporating a sustainability module into first-Year courses for civil and environmental engineering students, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, Vol. 137, No. 2, pp. 78-85.
13. Ashford, N.A. (2004), Major challenges to engineering education for sustainable development: What has to change to make it creative, effective, and acceptable to the established disciplines? *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 5, No. 3, pp. 239-250.
14. Boyle, C. (2004), Considerations on educating engineers in sustainability, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 5, No. 2, pp. 147-155.
15. Bryce, P., Johnston, S. and Yusukawa, K. (2004), Implementing a program in sustainability for engineers at University of Technology, Sydney: A story of interesting agendas, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 5, No. 3, pp. 267-277.
16. Vandenburg, W.H. (1999), On the measurement and integration of sustainability in engineering education, *Journal of Engineering Education*, Vol. 88, No. 2, pp. 231-235.
17. Meadows, D.H. (2008), *Thinking in systems: A primer*, Edited by D. Wright, Chelsea Green Publishing, White River Junction, Vermont.
18. Mihelcic, J.R., Crittenden, J.C., Small, M. J., Shonnard, D.R., Hokanson, D. R., Zhang, Q., et al. (2003), Sustainability science and engineering: The emergence of a new metadiscipline, *Environmental Science and Technology*, Vol. 37, No. 23, pp. 5314-5324.
19. Allen, D. T. and Shonnard, D.R. (2012), Sustainability in chemical engineering education: Identifying a core body of knowledge, *AIChE Journal*, pp. 2296-2300.

20. Hawkins, Neil C., Patterson, R.W., et al. (2013), Perspectives of a roundtable organized by the world environment center on June 10- 12, 2013 in Washington, D.C., on the topic of Preparing the Next Generation of Engineering Students to Implement Sustainable Development.
21. U.S. National Academy of Engineering (2008), Grand Challenges for Engineering.
22. Minter, S. (2013), *How sustainability is sparking innovation*, Industry Week, May 8.
23. Nidumolu, R., Prahalad, C. K. and Rangaswami, M. R. (2009), Why sustainability is now the key driver of innovation?, *Herv. Bus. Rev.*
24. Grayson, D. and Nelson, J. (2013), *Corporate Responsibility Coalitions*, Stanford Business Books, U.S.

