

چشم انداز جهانی چالش های آموزش و پژوهش مهندسی و توسعه پایدار

حسن ظهور^۱، محمد مهدی شغاری^۲

^۱استاد، دانشگاه صنعتی شریف، hzohoor@ias.ac.ir

^۲مربی پژوهشی، گروه علوم مهندسی، فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، msolar@yahoo.com

چکیده

امروز، مسائل محیط زیستی تقریباً بر تمام فعالیت های انسانی به ویژه در بخش های تجارت و صنعت تأثیرگذارند و در مرکز توجهات مردم، دولت ها و حتی روابط بین المللی قرار دارند. اعلام سال های 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 بیش تر توسعه پایدار فرا خوانده است. این فراخوان نظام های آموزش و پژوهش مهندسی کشورهای جهان را با چالش های جدی رو برو کرده است. پیرو این دعوت صاحب نظران و متخصصان متعهد به تحکیم بنیان های توسعه پایدار مصرانه دانشگاه های مهندسی کشورهای صنعتی را به بازنگری برنامه های درسی و دگرگون سازی ساختارهای پژوهشی برای به حداقل رساندن اثرات منفی ناشی از فعالیت های مهندسی بر محیط زیست ترغیب می کنند. در عین حال، کشورهای در حال توسعه تلاش خود را بر ایجاد زیر ساخت های 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 مهارت های حرفه ای است، بار این مسئولیت به عهده دانشکده های مهندسی است تا مهندسان را نسبت به آثار و خطرات ناشی از تصمیمات آنها بر محیط زیست آگاه سازند. این مقاله، با مرور تجربیات کشورهای صنعتی در به کارگیری مفاهیم بنیادی توسعه پایدار برای اصلاح نظام آموزش و پژوهش مهندسی، چالش های پیش روی آموزش و پژوهش مهندسی را تحلیل و بررسی می کند و سرانجام اهتمام دارد با مرور تجربه های جهانی راهبردی برای تدوین چارچوب و یا نقشه راه توسعه پایدار برای آموزش مهندسی ارائه دهد.

کلمات کلیدی

توسعه پایدار، آموزش مهندسی، نقشه راه، محیط زیست، مهندسی پایدار

۱- مقدمه

آموزش به طور عام و آموزش مهندسی به طور خاص، اثر بخش ترین ساز و کار جامعه برای مقابله با بزرگترین چالش این قرن، یعنی توسعه پایدار است. وقتی از توسعه پایدار صحبت می شود، منظور توسعه ای است که به بقای بشر و رفاه کامل و همه جانبه آن می نگرد. توسعه پایدار با تمام زنجیره ها، 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 نسل ها است [۲].

با نزدیک شدن جمعیت جهان به مرز ۷ میلیارد نفر مهندسان موظفانند 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 انسان ها دقت به خرج دهند. به طور مثال، برای احتراز از آسیب به سیستم بقای حیات در روی زمین، به مهندسان توصیه می شود در ابداع روش هایی برای تولید انرژی بدون کربن، طراحی ساختمان هایی با استفاده از مصالح محلی و قبل بازیافت و عرضه خودروهای سریع و ایمن تر بدون استفاده از سوخت های فسیلی به بازار اهتمام شایسته ای از خود نشان دهند. چنین چالش هایی آموزش و تربیت مهندسان را در مرکز توجه توسعه پایدار قرار داده و آموزش های نوین مهندسی را در سرتاسر جهان ضروری ساخته است. [6].

خوشبختانه در سه دهه گذشته جنبش های زیست محیطی با گرایش توسعه پایدار در کشورهای صنعتی موجب ترغیب پژوهشگران و صاحبان صنایع برای یافتن راهکارهایی جهت به حداقل رساندن اثرات منفی فعالیت های صنعتی بر محیط زیست شده است. در عین حال کشورهای در حال توسعه عزم خود را برای ایجاد زیر ساخت های ضروری مربوط به ارتقای شرایط زندگی و رفاه مردم خود جزم کرده اند، لاجرم توجه در خوری در رعایت معیارهای توسعه پایدار ندارند.

[7]



آموزش خصوصاً در زمینه مبنای توسعه پایدار حمایت نمایند [22]. آموزش مهندسان قرن ۲۱ در راستای اهداف توسعه پایدار می تواند نقش بسیار مهمی در اصلاح دید آنها و به کارگیری این مبنای در زندگی و فعالیت های تخصصی مهندسان داشته باشد.

بیانیه بارسلونا در حاشیه کنفرانس آموزش مهندسی و توسعه پایدار در سال ۲۰۰۴ در اسپانیا شکل گرفت. در این بیانیه توأمند ساختن مهندسان قرن ۲۱ در زمینه هایی مانند شناخت چالش ها، خطرات و اثرات احتمالی فعالیت خویش بر جامعه و محیط زیست، افزایش بازدهی استفاده از منابع، سازگار کردن فناوری های رایج با شاخص ها و الگوهای زندگی پایدار، کنترل ضایعات صنعتی، فعالیت در کارگروه های چند رشته ای توصیه شده است [23].

بنابراین، یکی از وظایف مهم دانشگاه ها، فراهم آوردن بستر مناسب برای بازنگری برنامه های آموزش و پژوهش مهندسی در ارتباط با تحقق معیارها و شاخص های توسعه پایدار است. خوشبختانه در سال های اخیر، فعالیت هایی در این زمینه در دانشگاه های مختلف کشور انجام گرفته است که می توان به برنامه دانشگاه های فردوسی مشهد و دانشگاه صنعتی امیر کبیر اشاره کرد. دانشگاه فردوسی مشهد با تشکیل کمیته سبز دانشگاه، فعالیت های زیادی از جمله تقویت و حمایت از تشکل های دانشجویی فعال در زمینه توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست انجام داده است. همچنین دانشگاه صنعتی امیر کبیر برنامه های راهبردی مختلفی برای ارتقاء سطح آموزش و پژوهش در راستای اهداف محیط زیست و توسعه پایدار تدوین و اجرا کرده است [۳].

در سطح جهانی، تمایل در به کارگیری مفاهیم توسعه پایدار در آموزش مهندسی در دهه اخیر به طور پیوسته افزایش یافته است. این روند در تعداد درس هایی که درباره توسعه پایدار در سطح دانشگاه ها تدریس می شوند، تأمین اعتبار برای پژوهش های مربوط، انتشار تعداد زیاد مقاله و کتاب در ارتباط با موضوع توسعه پایدار، و استخدام اعضای هیأت علمی، مشاهده می شود. نظر سنجی های انجام شده در ایالات متحده آمریکا نشان داد که از میان ۲۷۰ عضو هیأت علمی دانشگاه ها ۸۰ درصد آنها درس های مربوط به توسعه پایدار تدریس می کردند. در میان درس های ارائه شده در مهندسی پایدار، تقریباً ۵۰ درصد آنها مبتنی بر ابزارهای ارزیابی نظیر ارزیابی چرخه طول عمر بود. در حدود ۲۵ درصد از مفاهیم توسعه پایدار در آموزش دوره های مهندسی رایج برای گسترش مجموعه مهارت ها و آگاهی دانشجویان مورد استفاده قرار گرفته است. فقط ۱۵ درصد از دوره ها با همکاری سایر دپارتمان ها برای ارائه درس هایی در ارتباط با جنبه های اقتصادی، سیاسی و اجتماعی مهندسی پایدار بوده است. در این نظر سنجی ها همچنین گزارش شد که ۷۰ درصد پاسخ دهندگان به نحوی در تحقیقات مربوط به توسعه پایدار در مهندسی فعالیت داشته اند [20]

با توجه به حضور حرفه مهندسی در کلیه فعالیت های اقتصادی جامعه، لازم است مهندسان برای آگاهی از خطرات بالقوه و تأثیر کارشان بر محیط زیست و برای نقد پذیری اثرات زیست محیطی تصمیماتشان تربیت شوند. به منظور تحقق این امر دانشگاه ها می توانند با هدایت طرح های تحقیقاتی، تولید دانش های مورد نیاز برای توسعه مهارت های دانشجویان در رعایت هر چه بیش تر معیارهای توسعه پایدار نقش مؤثری ایفا کنند. [8].

بررسی پیشرفت های علمی و صنعتی در چند دهه اخیر نشان می دهد که مهندسان با عرضه فناوری های جدید در عرضه تولید انرژی، ارتباطات و حمل و نقل نقش و سهم به سزایی در ارتقای استاندارد های زندگی و توسعه رفاه مادی جوامع انسانی داشته اند. با افزایش اشتیاق فراوان به توسعه صنعتی و اقتصادی از یک طرف و عدم دانش کافی نسبت به اثرات زیان بار فعالیت های 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 اثرات غیر محسوس نظیر تغییر آب و هوا، رقیق شدن لایه ازن و افزایش بیماری ها روبرو شده است. خوشبختانه برای غلبه بر این مشکلات، اصلاح قوانین، ارتقای استاندارد های صنعتی و ارتقای فناوری های موجود در دستور کار دولت ها قرار گرفته است [9]. بنابراین، از مهندسان به عنوان افرادی نو آور، خلاق، مدبر و طراح انتظار می رود برای ایجاد فناوری های سازگار با محیط زیست و همچنین برای دستیابی به دانش ها و مهارت های لازم از طریق یکسازگاری مفاهیم و تجربیات 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، تحت عنوان آینده مشترک ما تعریف شد. در این گزارش، یک فکر خیلی ساده و روشن ارائه گردید، و از نوعی توسعه سخن به میان آمد که نیازهای امروز را برآورده سازد، ولی در عین حال قدرت نسل های آینده را نیز برای بر آورده ساختن نیازهای شان به مخاطره نمی اندازد [۱].

در سال ۲۰۰۲ کنفرانس سران کشورها تحت عنوان اجلاس جهانی توسعه پایدار در ژوهانسبورگ برگزار گردید که توسعه و محیط زیست را به صورت یکپارچه و تحت عنوان « توسعه پایدار » مطرح نمود. جامع ترین تعریف برای توسعه پایدار عبارت است از: « استفاده بهینه از کلیه منابع برای توسعه نسل امروز با در نظر گرفتن حقوق نسل های آینده ». مفهوم این عبارت، امکان استفاده همه نسل های بشری از امکانات خدادادی کره زمین می باشد [۳].

همچنین بر اساس دستور کار کنفرانس ریو + ۵، دولت ها موظف گردیدند تا از دانشگاه ها و مؤسسات آموزش عالی در راستای گسترش



۳- ارتباط درونی چالش ها

ملاحظه می شود که چالش های مذکور مستقل و بی ارتباط با یکدیگر نیستند بلکه از یک پیوند درونی برخوردارند. به عنوان مثال، اندیشه نوین و مشارکت نوین (مربوط به موضوع تغییر دیدگاه ها) می تواند یاری رسان ابداع روش های یاد دهی نوین (مربوط به موضوع الگوهای نوین)، تنظیم مواد درسی مؤثر، و تعاون و مشارکت در پژوهش (مربوط به موضوع منابع غیر کافی) گردد. قطعاً این مواد درسی و پژوهشی موجب توسعه تخصص های اعضای هیأت علمی یا آموزشگران در حوزه توسعه پایدار خواهد شد [4].

با توجه به مطالعات انجام شده با رویکردهای متنوعی برای پیشبرد آموزش توسعه پایدار مواجه می شویم. از جمله می توان به بالابردن تقاضا برای آموزش پایدار، ایجاد آموزش های نوین یاد دهی، تدوین مواد درسی مؤثر در آموزش مهندسی و پایین آوردن مخالفت دانشجویان و اعضای هیأت علمی اشاره کرد [16].

به نظر می رسد ارتباط درونی بین چالش تغییر دیدگاه ها و چالش آزاد سازی ساختار برنامه های آموزشی از پیوند وثیقی برخوردار باشد. بنابراین در زمینه تغییر دیدگاه ها، به منظور پیشبرد آموزش پایدار، حضور دولت ها برای تدوین اسنادی در قالب راهبردها و سیاست های توسعه ملی ضروری است [4].

در رهنمودهای ارائه شده همچنین بر لزوم تدوین استاندارد های مربوط به شاخص های توسعه پایدار توسط سازمان ارزشیابی مهندسی* (ABET) تأکید شد. بدون شک شفاف سازی و تبیین استانداردهای شایسته برای توسعه پایدار بر ساختار برنامه های آموزشی مؤسسات ارائه دهنده آموزش مهندسی تأثیرگذار خواهد بود [16].

یکی دیگر از اثرات مهم تغییر دیدگاه ها این است که می تواند در گسترش شناخت اعضای هیأت علمی نسبت به مقوله توسعه پایدار و در کاستن از مقاومت آن ها مؤثر واقع شود.

علاوه بر این، با تغییر بنیادین ساختار مؤسسات آموزشی انتظار می رود دانشکده های مهندسی جدیدی با راهبرد آموزش مهندسی پایدار تأسیس شوند. این دانشکده ها می توانند نه تنها در منابع و مواد درسی با هم تعاضل و مشارکت داشته باشند بلکه آن ها نیز زمینه روان سازی توسعه تخصص های اعضای هیأت علمی و انگیزه مشارکت و همکاری های نوین را در آن ها تقویت و نهادینه خواهند کرد [4].

۴- چارچوب یا نقشه راه آموزش مهندسی پایدار

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

علاوه بر این حدود ۲۵۰ میلیون دلار برای حمایت از پروژه های مربوط به توسعه پایدار در ایالات متحده آمریکا یا حمایت بنیاد ملی علم (NSF) هزینه شد [10]. روند رو به افزایش اقبال به توسعه پایدار نیز در افزایش مقالات ارائه شده در انجمن آمریکایی آموزش مهندسی (ASEE) بازتاب یافته است [11]. همچنین اهمیت پایداری در آموزش با استقبال سیاست مداران جهانی روبرو شده است و از این رو سال های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ را یونسکو به عنوان دهه آموزش برای توسعه پایدار اعلام کرده است.

هرچند آموزش توسعه پایدار قرین پیشرفت هایی بوده است، هنوز چالش های بسیاری در روند ادغام موفقیت آمیز آموزش مهندسی برای توسعه پایدار، به واسطه نبودن نسبی موضوع پایداری و پیچیدگی های مربوط به آن باقی است. شناخت این چالش های حیاتی و همچنین راهبردهای مناسب می تواند تأثیر زیادی در یاد دهی مفاهیم پایداری به مهندسان آینده داشته باشد.

در مطالعات چالش های فراوری آموزش توسعه پایدار به موضوعاتی نظیر محدودیت های مالی، موانع برنامه های آموزشی، و فقدان رویکرد شفاف دولت ها نسبت به جهت دهی ارتباط آموزش مهندسی و توسعه پایدار اشاره شده است [4, 12-15].

به هر حال، تاکنون مطالعه و بررسی دقیق و نظامندی در مورد چالش های فوق الذکر مشاهده نشده است. در سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ دو کارگاه تحت عنوان «تلفیق مفاهیم پایداری و آموزش مهندسی» برگزار شد. در این دو کارگاه مشکلات اعضای هیأت علمی در زمان طراحی برنامه های درسی برای یافتن راهبردهای مؤثر بکارگیری مقولات پایداری در نظام آموزش مهندسی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. توضیحات کامل تر مربوط به نتایج و دستاوردهای این دو کارگاه در سایت انجمن آمریکایی آموزش مهندسی و انجمن پیشبرد علم آمریکا قابل دسترسی است [4].

چالش های شناسایی شده در کارگاه های مذکور عمدتاً در چهار زمینه ساماندهی و به شرح زیر به عنوان موانع اصلی تلفیق مفاهیم پایداری در نظام آموزش مهندسی معرفی شدند:

- ۱) تغییر دیدگاه ها راجع به مقوله پایداری
 - ۲) ساختار انعطاف ناپذیر برنامه های آموزشی موجود
 - ۳) ضرورت روش های یاد دهی نوین
 - ۴) غیر کافی بودن منابع برای آموزش و پژوهش
- شرکت کنندگان در دو کارگاه به اتفاق آرا اعلام کردند موانع فوق

الذکر ارتباط وثیقی با موضوع فناوری نداشته، بلکه از جنس باورهایی است که با «پذیرش توسعه پایدار به عنوان یک مقوله مهندسی» یا «اندیشه های نوین و مشارکت نوین» سروکار دارد.



دیگر فرایند یادگیری مفاهیم پایداری را سرعت بخشند؟
[18]

۵- دلایل پیشنهاد نقشه راه

در حال حاضر برنامه آموزش مهندسی مجموعه است اثبات شده از درس ها، دوره ها، واحد ها، اساتید مدعو و مطالعات موردی. بنابراین ممکن است با این پرسش روبرو شد که دلیلی ندارد مجدداً از رؤسای دانشکده های 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 پرسش ها از مهندسان است. همچنین که نیازها و انتظارات جهانی نسبت به مهارت ها و خدمات مهندسان دچار دگرگونی شده است. به علاوه، حوزه های میان رشته ای نوینی در عرصه نظریه، مفاهیم و محتوی مهندسی شکل گرفته است. به طور مثال، مهندسان بر اینتسای گزینه ها و روش های کلی مبادرت به طراحی ساختمان ها یا سایر زیر ساخت های مربوط به حمل و نقل و با آبرسانی کرده و در نتیجه به کارگیری این گزینه ها یا روش ها حاصل کار آن ها قابل اندازه گیری و قابل پیش بینی می شود. اما، اگر عرصه گزینه های پیش روی مهندسان به اندازه ای گسترش یابد که شامل تأثیر طول عمر مواد به کار رفته در یک پروژه، ضرورت بهره گیری از « فناوری های هوشمند » در طراحی زیر ساخت ها، و عملیات ارزیابی اثرات بعدی و یا شامل لزوم توجه به موجودیت منابع طبیعی و جوامع انسانی گردد، در این صورت شرایط مرزی طراحی مهندسی به نحو شگفت انگیزی گسترده می شود. علائم و شواهد ناشی از بازار و سایر گرایش های جهانی نشانگر این موضوع است که این گونه موارد و پرسش هایی نظیر آن رو به افزایش است.

دومین دلیل این است که حتی، خواسته ها و نیازهای سازمان هایی که از خدمات مهندسان بهره مند می شوند، دچار تحول و دگرگونی شده است. اساساً، سازمان های استخدام کننده مهندسان در بخش خصوصی، مهندسان مشاور و نهادهای دولتی بیش از پیش از ایده « یادگیری مبتنی بر تجربه » طرفداری می کنند. ایده ای که دانشجویان و استادان را به فراگیری تجربه مستقیم از طریق کار در کارخانه ها ترغیب می کند. کسب این تجربه ها برای بدست آوردن مهارت و توانمندی های نوینی مانند موارد زیر ضروری به نظر می رسد:

جامع نگری؛ ارزیابی طول عمر؛ تحلیل داده ها و تفسیر مبتنی بر رعایت شرایط اجتماعی و تصمیم گیری؛ مدیریت و کنترل در شرایط بحرانی و ناپایداری؛ پذیرفتن عواقب غیر قابل پیش بینی؛ کسب مهارت های انفرادی از طریق کار گروهی یا همکاری متشکل از تنوع جنسیت ها، زبان ها، سرزمین ها و فرهنگ ها؛ توانمندی در برقراری ارتباط با

ماهیت چند بخشی و فراگیر موضوع پایداری یا توسعه پایدار آموزشگران را با چالش های خاصی در آموزش علوم مورد نیاز در کلاس های درس مواجه می سازد. با توجه به این حقیقت که اکثریت مهندسان شاغل و اعضای هیات علمی فعلی حرفه خود را پیش از آشنایی و سروکار با مفاهیم و اصول پایداری آغاز کردند، تلقی انتزاعی بسیاری از استادان از موضوع پایداری تعجب برانگیز نخواهد بود. گرایش های 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 گفتگوی زیادی راجع به تعریف، ابعاد و حوزه کاربرد توسعه پایدار در ارتباط با چالش های مهندسی و تحولات آینده آن در جریان است [17]. در هر صورت، رویکرد های عمده زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی ای که باعث دگرگونی درونی حرفه مهندسی نسبت به کاربرد تفکر پایداری شده عبارت است از:

- نیاز روز افزون بخش خصوصی و سایر بخش ها به دانش و مهارت های مبتنی بر اصول پایداری و ایجاد توسعه توانمندی های لازم برای پاسخگویی به تحولات عمده جهانی مانند رشد طبقات متوسط در کشورهای در حال توسعه، الگوهای متراکم شهر نشینی در کشورهای غیر غربی، چالش های مربوط به تهیه و عرضه مقادیر کافی غذا و آب و تغییرات شدید آب و هوا؛
- افزایش آگاهی و شناخت دانشجویان مهندسی راجع به چالش های پایداری همراه با استقبال از گنجاندن مقولات توسعه پایدار در تمرینات و مطالعات موردی و تجریمی و آشنایی گسترده با حرفه های مهندسی که با موضوع توسعه پایدار سروکار دارند؛

- گنجینه ای از دانش های نوین توسط دانشگاه ها، انجمن های مهندسی، بخش خصوصی، نهادهای دولتی و سازمان های غیر دولتی فراهم شده است. در نتیجه این پیشرفت ها کاربرد مفهوم پایداری به طور روز افزون مورد توجه و پذیرش نهاد ها و مشاغل کثیری قرار گرفته است.

به منظور 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 کدام اند؟
- اجزای تشکیل دهنده هسته مرکزی دانش و تجربه مبتنی بر توسعه پایداری کدام اند؟
- چگونه دانشکده های مهندسی می توانند به طور یکپارچه در دانشگاه های خود و یا با همکاری و مشارکت مؤسسات



- ۴۲ **ارزیابی و طراحی**. پرداختن به موضوعات توسعه پایدار نه تنها با روش های دایر و رسمی یاددهی رشته های مختلف مهندسی سازگار است بلکه زمینه توسعه مرزهای این روش ها را نیز فراهم می سازد. به طور مثال، ابعاد تفکر توسعه پایدار از مقیاس های ملکولی و عوامل فرآیند آغاز و تا تولید محصول و محدوده سیستم ادامه می یابد. سایر ابعاد نه تنها شامل اطلاعاتی درباره اصول طراحی توسعه پایدارند بلکه تا کسب اطلاعاتی در خصوص اهداف توسعه پایدار طرح قابل تعمیم اند.
- ۴۳ **تفکر جامع و کل نگر**. مهندسان مشارکت های ارزشمند و چشمگیری در توسعه و پیشرفت آسایش و رفاه جوامع انسانی داشته اند. بدون شک این توانمندی ها ریشه در برنامه های آموزش و تربیت مهندسان در یافتن راه حل برای مشکلات دارد. ملاحظه می شود که، مدیران و تصمیم گیران امروز با یک سلسله مسائل رو به رشد مواجه اند که علاوه بر ارتباط درونی با هم، همزمان در مقیاس های محلی، منطقه ای و جهانی نیز خودنمایی می کنند. به طور مثال، آینده نگری در مورد طراحی نسل بعدی خودروها نه تنها مستلزم توجه به نوع مواد در طراحی و ساخت خودرو است بلکه همچنین نیازمند بهره مندی از فناوری های 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 به منظور تأمین برق مورد نیاز خودروهای مرتبط با شبکه شده و زمینه افزایش قدرت مانور مصرف کننده، و محدودیت های بلقوه در ورود تعداد خودروهای مجاز به مناطق شهری با حجم ترافیکی بالای را فراهم سازند. بنابراین در پرتو یک چشم انداز سیستمی، جامع و کل نگر مهندسان و سایر افراد متخصص می توانند راه حل های نوآورانه ای برای چالش های مهندسی و اجتماعی آینده، عرضه کنند.
- دینفعان در بیان و دفاع از طرح ها و سیاست های اتخاذ شده، و مشارکت در سبک های نوین نوآوری و تأثیرگذاری.
چنانچه مهندسان همچون گذشته مصمم بر ادامه حضور و رسالت تاریخی شان در پیشبرد و توسعه تمدن کنونی جهان باشند، لازم است خود را برای پاسخگویی به موارد مذکور و چالش های آینده که از نیازهای آتی جوامع ناشی خواهد شد آماده سازند [21].
سوم این که آگاهی و اهداف دانشجویان نیز در حال دگرگونی است و انگیزه و اشتیاق زیادی برای اصلاح برنامه های آموزش مهندسی از خود نشان می دهند. امروز دانشجویان در بدو ورود به دانشکده های مهندسی می دانند در آینده در دنیایی با محدودیت منابع و ناهمبازی های اجتماعی زندگی خواهند کرد. آنان با حضور در شبکه ها و سایر دوره های غیر کلاسی یادگیری با واقع نگری درباره چگونگی اصلاح شرایط کار و زندگی در جهان با رویکرد استفاده بهینه از منابع محدود موجود می اندیشند.
در مجموع، فاکتورهای فوق الذکر باعث اشتیاق و انگیزه قابل ملاحظه ای در گروهی از دانشگاه های جهان شده است. در صورت طراحی و اجرای مناسب، یکپارچگی توسعه پایدار و برنامه های آموزش مهندسی فرصت نوآوری های نوین و زمینه ایفای نقش جامع تر مهندسان را در توجه به مسایل جامعه در زمان کنونی و آینده فراهم می سازد [19].
شایان توجه است که یکپارچگی مفاهیم و دانش توسعه پایدار و برنامه های آموزش مهندسی موجب استحکام مبانی فنون و روش های یاد دهی فعلی خواهد شد. بنابراین نقشه راه یا چارچوب آموزش مهندسی پایدار الزاماً می بایست بر شالوده فنون مرسوم و جا افتاده فعلی بنا شود و به هیچ وجه جایگزین یا بدیلی برای آن ها نخواهد بود.

۶- اجزای نقشه راه مهندسی پایدار

با توجه به مطالعات انجام شده به نظر می رسد در سه سطح می توان یکپارچگی مفاهیم و دانش توسعه پایدار و برنامه های آموزش مهندسی را سازماندهی کرد [17].

۷- یادگیری سریع با روش های غیر متداول

بنگاه های اقتصادی، نهاد های دولتی، سازمان های غیر دولتی و دانشگاه ها به این واقعیت وقوف یافته اند که توفیق دستیابی به اهداف فردی زمانی میسر می شود که راه های توسعه همکاری و مشارکت با سایر شرکای خود را همواره ساخته باشند. زیرا با پیروی از این شیوه، زمینه هم افزایی منابع، دانش و ظرفیت های سازمانی آنها فراهم می شود. بیش از یک دهه از توافق ایجاد تشکلی به نام «ائتلاف مسئولیت جمعی»^۱ می گذرد. این ائتلاف به موضوعاتی نظیر تغییر آب و هوا، دسترسی به آب آشامیدنی سالم، HIV، بیماری ایدز، بیماری های استوایی و محافظت از زیست بوم می پردازد. [5]. به بیان دقیق تر، در نتیجه شکل گیری همکاری فیما بین کمپانی های جهانی،

۱ **تبیین چالش پایداری**. اطلاعات متناسب با این سطح دانش می تواند شامل بررسی قوانین و مقررات، استانداردها و اسناد دولتی مربوط به توسعه پایدار؛ گزارش های جمعی توسعه پایدار در خصوص اسناد راهبردی کسب و کار؛ سیاست ها و سایر تعهدات با بررسی روند های کلان جهانی در ارتباط با رشد جمعیت، شهر نشینی؛ الگوهای مصرف و کمبود منابع طبیعی؛ میزان آلودگی منابع آلاینده؛ تحلیل های اقتصادی «تجزیه های ارزش اقتصادی»^۲ و اثرات آن بر مواد، منابع طبیعی و مردم؛ و چارچوب های ریسک و چرخه زندگی مربوط به ارزیابی هم موضوعات ویژه و هم گرایش های کلان تر.



سازمان های غیر دولتی و نهادهای دولتی نوآوری هایی در تولید دانش و مهندسی نوین پدید آمده است.

۸- بحث و نتیجه گیری

دانشکده های مهندسی لازم است با اتخاذ شیوه های ابتکاری در ارزیابی توان مشارکت خود هم در درون و هم با بیرون از دانشگاه خود تجدید نظر کنند. در این ارتباط راهکارهای زیر توصیه می شود:

(الف)

۱) کاستن از موانع تعامل رشته ها با یکدیگر

دانش فنی متعلق به هریک از رشته های مهندسی به خودی خود ارزشمند است، اما اهتمام در بهره مندی از مفاهیم و روش های ایجاد شده در سایر رشته ها، برای دانشجویان مهندسی امروز و فردا که امید دستیابی به موقعیت های شغلی برتر را در سر می پروراند، ضروری است.

۲) توسعه و گسترش شرکت در فرصت های یادگیری غیرکلاسی.

این مقوله می تواند به شکل های مختلف صورت پذیرد، از جمله اینترشیپ دانشجویان در صنایع و بنگاه های اقتصادی، سخنرانی اعضای هیأت علمی، پروژه های عملی و تجربی در صنایع یا مشارکت در سایر مشاغل.

۳) **پرهیز از پروژه های انفرادی و استثنایی و اتفاقی و استقبال از روابط راهبردی تر که هم باعث گسترش دیدگاه و هم ارتقای جایگاه شود** به عنوان نمونه، دانشگاه میشیگان شبکه فارغ التحصیلان خود را از طریق رسانه های اجتماعی فعال کرده است. بدین ترتیب دانشگاه تلاش می کند با شناسایی دانش آموختگان خود در صنایع و بنگاه های اقتصادی فرصت های کاری جدیدی برای استادان و دانشجویان خود فراهم آورد.

(ب)

بخش خصوصی هم با شیوه های گوناگون می تواند زمینه تقویت جایگاه خود را از طریق تشریک مساعی با دانشکده های مهندسی فراهم سازد:

- ۱) **اتخاذ افق برنامه ریزی بلند مدت (حداقل ده سال) برای سرمایه گذاری در تولید دانش.** این اقدام از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا یافتن پاسخ برای چالش ها و مشکلاتی که جامعه مدرن در آینده با آنها مواجه خواهد شد به زمان زیادی نیاز دارد.
- ۲) **فراهم ساختن فرصت هایی برای مدیران اجرایی ارشد صنایع و بنگاه های اقتصادی جهت مشارکت با اعضای هیأت علمی و دانشجویان در بخش هایی از برنامه های آموزشی به منظور تسریع در شناخت و تطبیق مطالعات موردی و آموخته های کلاس درس با شرایط واقعی کسب و کار و تجربه.**

۳) **راهبردهای همکاری با دانشکده های مهندسی.** در مواقع بسیاری معمولاً حمایت مالی کمپانی ها از یک پروژه اتفاقی و یا از حضور یک فرد دانشگاهی در طرح ناشی می شود. کمپانی هایی مانند Exxon MOBILE, Dow Chemical, CH2MILL و Royal Dutch Shell اسناد راهبردی رسمی برای همکاری تدوین کرده اند. در این اسناد، مشارکت های بلند مدت تر برای پاسخ به نیازهای بسیار ویژه مانند بسط و توسعه تقاضای بازار یا ایجاد توانایی های نوین پیش بینی شده است. بدین ترتیب بخش خصوصی با حمایت مالی زمینه آشنایی دانشگاه های مهندسی را با چالش های صنعت فراهم می سازد.

۴) **در تهیه چارچوب و یا نقشه راه آموزش مهندسی پایدار ضروری است دانشکده های مهندسی، کمپانی های جهانی، نهادهای دولتی و سازمان های غیر دولتی مسئولیت تنظیم ساز و کارهای نوینی را برای همکاری و مشارکت تقبل کنند** توصیه می شود اولین هدف این مشارکت و همکاری به شناسایی و گرد آوری موارد مفید برای ارتقای استانداردهای آموزشی، توفیق در اصلاح برنامه های فعلی آموزش مهندسی و آماده سازی دانشجویان برای تحقق مفاهیم توسعه پایدار در آینده اختصاص یابد.

۵) **چارچوب یا نقشه راه توسعه پایدار قابل کپی و کلیشه ای نیست.** هر چند اصول مشترک رشته های گوناگون مهندسی مطلوب همگان است اما به کاربردن مفاهیم توسعه پایدار در برنامه های اصلی آموزش مهندسی نیاز به ظرافت و ابتکار عمل دارد. مطلوب این است که هر دانشگاهی بتواند مطابق با اهداف، شایستگی ها و اولویت های خود در این عرصه فعالیت و برنامه ریزی کند. چارچوب مهندسی پایدار از یک الگوی واحد و کلیشه ای پیروی نمی کند.

سخن آخر این که دانشکده های مهندسی مظهر تولید و اشاعه گنجینه هایی از دانش های مورد نیاز جوامع بشری و جایگاه پرورش توانمندی هایی است که می توانند پاسخگوی چالش های امروز و فردای جهان جهان باشند. ابعاد این چالش ها از نظر زمان و اندازه به شدت رو به افزایش و به مرز هشدار رسیده است. بنابراین اهتمام به موقع برای گنجانیدن مفاهیم و تجربه های توسعه پایدار در برنامه های آموزش مهندسی بسیار حیاتی است. در نتیجه مهندسان قرن ۲۱ می بایست علاوه بر فراگیری مبانی طراحی رشته تخصصی خود با مبانی اصول پایدار، الزامات اخلاقی و اجتماعی و پیامد فعالیت های خویش آشنا گردند تا بتوانند نقش خود را با دیدگاهی همه جانبه و سیستمی به نحو احسن در جامعه ایفا نمایند.

پیشنهاد می شود با حمایت و محوریت فرهنگستان علوم و با همکاری دانشگاه های صنعتی، نهادهای دولتی ذیربط، صنایع بزرگ و انجمن های علمی مهندسی به ویژه انجمن آموزش مهندسی ایران و



- [15] Vandenburg, W. H. (1999). On the measurement and integration of Sustainability in engineering education. *Journal of Engineering Education*, 88 (2), 231-235
- [16] Mihelcic, J. R., J. C. Crittenden, M. J. Small, D. R. Shonnard, D. R. Hokanson, Q. Zhang et al. (2003) Sustainability Science and Engineering : The Emergence of a New Meta discipline. *Environmental Science and Technology*, 37(23), 5314-5324
- [17] Allen, D.T. Shonnard, D.R. (2012), sustainability in chemical Engineering Education : Identifying a core Body of knowledge. *AlChE Journal*, 2296, 2300
- [18] Hawkins, Nelice, 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.
- [19] Minter, S. Innovation, (2013): How Sustainability is sparking Innovation, Industry week, May 8, 2013 and Nidumolu, R., prahled, C. K., Rangaswami, M.R. Why sustainability is Now the Key Driver of Innovation. *Herv. Bus. Rev.*, (2009).
- [20] Allen, D.B. Allenby, M. Bridges, etal. (2009), Benchmarking Sustainable Engineering Education Final Report. University of Texas at Austin, Carnegie Mellon University, Arizonal state University.
- [21] U.S. National Academy of Engineering. Grand Challenges for Engineering. (2008).
- [22] World Bank (2007), from <http://www.worldbank.org/depweb/english/sd.html>.
- [23] AFGS (2006), the observatory : Status of Engineering Education for Sustainable Development in European Higher Education. The Alliance for Global Sustainability, Available from <http://www.agschalmers.se>
- مؤسسه ارزشیابی آموزش مهندسی ایران موضوع ایجاد تشکلی برای تهیه و تدوین استانداردهای لازم در به کار گیری مفاهیم توسعه پایدار در آموزش مهندسی کشور در دستور کار سومین کنفرانس آموزش مهندسی کشور قرار گیرد.

مراجع

- [۱] گلف، استیفن و اسکات، ویلیام (۱۳۸۹)، آموزش عالی و توسعه پایدار، پژوهشکده مطالعات فرهنگی و اجتماعی، ترجمه ارسلان قربانی شیخ نشینی.
- [۲] رسایی، میثم و احمد زاده، مریم (۱۳۸۸)، آموزش توسعه ای و توسعه پایدار، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، راهبرد شماره ۱۸ تابستان ۸۸، ۱
- [۳] علوی مقدم، سید محمدرضا، مکتون، رضا و طاهر شمسی، احمد (۱۳۸۷)، ارتقاء آموزش و پژوهش مهندسی در راستای توسعه پایدار- راهبردها، مجله فناوری و آموزش سال دوم، جلد ۲، شماره ۳، بهار ۱۳۸۷.
- [4] Meadoes, D. H. (2008), *Thinking in Systems: A primer*. Edited by D. Wright. Chelso Green Publishing : White River Junction, Vermont.
- [5] Grayson, D. Nelson, J., (2013). *Corporate Responsibility coalitions*, Stanford Business Books, U.S..
- [6] Davidson, CL. et al. (2010), preparing future engineers for challenges of the 21st century: sustainable engineers, *Journal of Cleaner Production*. Elsevier, 18 (2010).
- [7] Chini, Abdol R, Nasri, E.(2011), Sustainable Development, Engineering Education and Iranian Academe: Strategies and Related Issues, *Journal of Fac. of Eng. Vol. 43, special issue on Con. Eng. Edu. In 2025*, pp. 191-198, Iran.
- [8] EVEN. *Environmental Engineering Degree Guidelines 2003*.
- [9] zhang, Qiong. et al. (2012), Challenges for integration of sustainability into Engineering Education. *AC2012- 4565*, American Society for Engineering Education.
- [10] Murphy, C.F., D. Allenby, et al., (2009). Sustainability in Engineering Education and Research at U.S. Universities. *Environ Sci. Technol*, 43 (15), 5558- 5564.
- [11] 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*, 137 (2), 78-85.
- [12] 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*, 5 (3), 239-250
- [13] Boyle, C. 2004. Considerations on educating engineers in sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 5 (2), 147-155
- [14] 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*, 5(3), 267-277

زیر نویس ها

- ¹ Brandtland Report
- ² National Science Foundation
- ³ American Society of Engineering Education
- ⁴ Accreditation Board for Engineering and Technology
- ⁵ Smart Technologies
- ⁶ Action Based Learning
- ⁷ Economic Value Chains
- ⁸ Corporate Responsibility Coalitions