

آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در ایران

صادق مطهر^۱، علی اکبر رجبی

^۱ دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، s.motahar@me.iut.ac.ir

چکیده

توجه به انرژیهای تجدیدپذیر به عنوان جایگزین انرژیهای فسیلی، باعث توسعه علمی و فنی کشورهای مختلف در این زمینه شده است. دانش انرژیهای تجدیدپذیر شامل مجموعه‌ای از علوم و فنون مهندسی است که ماهیت میان رشته‌ای آنرا آشکار می‌کند. با توجه به گستردگی منابع تجدیدپذیر مانند انرژی‌های خورشیدی، باد، زیست توده و زمین گرمایی در ایران، گسترش آموزش و پژوهش به همراه صنعت و فناوری در این زمینه امری اجتناب ناپذیر است. در این مقاله، ابتدا ضرورت آموزش انرژیهای تجدیدپذیر به عنوان یک رشته میان رشته‌ای و با توجه اهداف سند جامع علمی کشور، یعنی تربیت نیروی انسانی توانا در تولید علم و فناوری، مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس، مروری بر تجارب و برنامه‌های آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در چند کشور جهان و مقایسه‌ای با برنامه‌های در حال اجرا در دانشگاههای ایران صورت می‌گیرد. در پایان، راهکارها و پیشنهادهایی در زمینه آموزش انرژیهای تجدیدپذیر که توسعه پایدار را در پی داشته باشد، ارائه می‌شود.

کلمات کلیدی

انرژیهای تجدیدپذیر، آموزش، توسعه پایدار، برنامه درسی

۱- مقدمه

علم و فناوری کمال آفرین، توانمند ساز، ثروت آفرین و هماهنگ با محیط زیست از مبانی و ارزشهای بنیادین عنوان شده در نقشه جامع علمی کشور است. در این سند، اولویتهای علم و فناوری کشور ترکیب رویکردهای نیاز محور، مزیت محور، مرز شکن و آینده نگر بیان شده است. این اولویتهای بر اساس تخصیص منابع اعم از مالی و انسانی و توجه مسئولین کشور به سه سطح الف، ب و ج تقسیم شده‌اند. در اولویتهای سطح الف، شاخه علوم پایه و کاربردی، بازیافت و تبدیل انرژی، انرژیهای نو و تجدیدپذیر از موارد مهمی است که به چشم می‌خورد. همچنین راهبرد کلان ۷ و ۸ در سند جامع علمی کشور، لزوم پژوهش و نوآوری با توجه به اقتضات کشور و تربیت نیروی انسانی توانا در تولید علم و فناوری را تبیین کرده است [17].

آموزش، نقش مهمی در توسعه صنایع جدید ایفا کرده است. به عنوان مثال، آموزش رشته‌های جدیدی مانند کامپیوتر و هوا فضا کمک زیادی به توسعه صنایع مربوطه داشته است. بنابراین در رشته‌های جدید مانند انرژیهای تجدیدپذیر، آموزش می‌تواند راه توسعه این صنعت نوپا را در ایران باز کند. به بیان دیگر، فراوانی منابع انرژیهای تجدیدپذیر در ایران، فرصتی را در جهت به کارگیری این موهبت به منظور نیل به توسعه پایدار فراهم می‌آورد. فرصتی که در سایه آموزش کارآمد و آینده‌نگر می‌تواند رشد صنعتی، علمی و اقتصادی را برای کشور به ارمغان بیاورد. این تجربه در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه آزموده شده است. عثمان و سوپیان [8] با اشاره به چالشهای استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه، اهداف راه‌اندازی یک رشته دانشگاهی انرژیهای تجدیدپذیر را اینگونه بیان می‌کنند: افزایش سطح بینش و آگاهی دانشجویان در مورد بحران انرژی، شناسایی و آگاهی از منابع تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر انرژی در کشور خود، توانایی دانشجویان برای تحلیل سیاسی، اقتصادی و جامعه شناختی انرژی و بهبود اخلاقیات و کیفیت زندگی در سایه حفظ محیط زیست. همچنین آنها یک سرفصل کلی از این رشته بیان کرده اند که در آن علاوه بر دروس فنی و مهندسی، دروسی مانند اخلاق انرژی به چشم می‌خورد. جینگز و لوند [9] راه‌اندازی یک دوره تحصیلات تکمیلی انرژی بر پایه توسعه پایدار اکولوژیک را در دانشگاه مورداک^۱ استرالیا بررسی کردند. از نظر آنها نقش آموزش در توسعه پایدار جوامع، افزایش آگاهی زیست محیطی و اخلاقی جامعه و بهبود ظرفیت مردم یک نقش کلیدی است. از این رو دروسی مانند انرژی در جامعه، مدیریت انرژی، اقتصاد انرژی، سیاست گذاری انرژی، مولدهای انرژیهای تجدیدپذیر و منابع انرژیهای تجدیدپذیر در این برنامه آموزشی گنجانده شدند. این گروه در پژوهش دیگری [10]، شبکه جهانی اینترنت را ابزاری سودمند در آموزش انرژیهای تجدیدپذیر، هم برای دانشجویان و هم برای استادان، بیان کردند. باتاچاریا [11] برنامه آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در دانشگاههای آمریکا را بررسی و نقد کرده است. فقدان یکنواختی در دروس آموزشی و مسیر تحقیقات از جمله مواردی است که به آنها اشاره کرده است. وی همچنین این مشکل را در کشورهای در حال توسعه که درصد راه‌اندازی رشته

به ذکر است که این سیاست در کل اتحادیه اروپا، آمریکا و چین دنبال می‌شود [18].

یکی از الزامات پیاده‌سازی این سیاستها، آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر در تمام سطوح است. توسعه صنایع مربوط به انرژیهایی تجدیدپذیر علاوه بر افزایش آگاهی عمومی جامعه نسبت به استفاده از این فناوریها، نیازمند تربیت نیروهای متخصص برای اشتغال در این صنایع است. تربیت مهندسان و پژوهشگران در این زمینه راهی به سوی توسعه فناوریها جدید و نوآورانه خواهد بود. چراکه مهندسان دانش آموخته رشته‌هایی مانند مهندسی مکانیک و برق معمولاً به طور تخصصی در زمینه‌های فنی و اقتصادی انرژیهایی تجدیدپذیر کار نکرده‌اند، در برنامه‌های درسی رشته‌های موجود دانشگاهی هم درس پراکنده‌ای در زمینه دانش کلی انرژیهایی تجدیدپذیر وجود دارد که کارایی لازم برای آماده کردن مهندسان برای انجام و به‌ربرداری عملی از پروژه‌ها را ندارد. بنابراین آموزش مهندسان در یک رشته میان رشته‌ای مانند انرژیهایی تجدیدپذیر ضروری به نظر می‌رسد. یکی دیگر از سطوح آموزشی، آموزش تصمیم‌سازان، مدیران و سیاست‌گذاران انرژی است. اتخاذ تصمیمات درست در زمینه سیاستهای انرژیهایی تجدیدپذیر، توانایی تحلیل حال و آینده منابع انرژی، ایجاد بازارهای جدید برای انرژیهایی تجدیدپذیر، برنامه‌ریزی استراتژیک انرژیهایی تجدیدپذیر، حفظ محیط زیست، مدیریت آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر، توسعه زیرساختها و ... از جمله مواردی است که اهمیت و ضرورت آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر به تصمیم‌سازان کلان را آشکار می‌سازد.

۳- برنامه‌های آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر در ایران و جهان

به دلیل مقبولیت استفاده از انرژیهایی تجدیدپذیر و توسعه صنایع مربوطه در بسیاری از کشورها برنامه‌های دانشگاهی آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر به طور تخصصی اجرا شده است. این آموزشها در سطوح کارشناسی تا دکتری ارائه می‌شود. در زمینه آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر برنامه یا سرفصل استاندارد در کشورهای جهان دنبال نمی‌شود و دانشگاههای مختلف معمولاً با توجه به امکانات و صنایع موجود و تخصص اعضای هیأت علمی خود این برنامه‌ها را ارائه می‌دهند. در زیر دوره‌های دانشگاهی آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر در چند دانشگاه مختلف بررسی می‌شود:

- کارشناسی مهندسی انرژیهایی تجدیدپذیر، دانشگاه UNSW^۲ استرالیا [19].

این برنامه چهارساله از سال ۲۰۰۳ میلادی شروع شده است. محتوای دروس این دوره با همکاری انجمن صنایع انرژی خورشیدی استرالیا، صنایع مربوطه و مصرف‌کنندگان عمده و دولت‌های محلی تدوین شده است. طرح و برنامه این رشته با همکاری دانشکده‌های

انرژیهایی تجدیدپذیر هستند عنوان کرده است و خواهان به وجود آوردن یک راهبرد کلی و استاندارد در برنامه دانشگاهی آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر در سطح جهانی شده است. جنینگز [12] با معرفی رهیافتهای جدید در آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر، آموزش متخصصان را محور توسعه صنعت انرژیهایی تجدیدپذیر و آموزش پژوهشگران را به عنوان تولیدکنندگان دانش فنی و توسعه سیستمهای جدید ضروری دانسته است. با توجه به تجربیات وی، آموزش از راه دور انرژیهایی تجدیدپذیر نسبت به آموزش چهره به چهره در کلاس در بین دانشجویان مقبولیت بیشتری پیدا کرده است. آسیکگوز [13] مشکل آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر در ترکیه را مناسب نبودن محتوای دروس دوره‌های آموزشی بر شمرده است. همچنین به دلیل نیاز مبرم به آموزشهای حین اشتغال، توسعه دوره‌های الکترونیکی را به دلیل افزایش مخاطب ضروری دانسته است.

با اینکه ایران کشوری است که دارای منابع فراوان انرژیهایی تجدیدپذیر است، تاکنون مطالعه‌ای در مورد آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر در ایران انجام نگرفته و یا گزارش نشده است. در این مقاله، با بیان ضرورت‌های آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر، برنامه‌های موجود آموزشی دانشگاهی بررسی و راهکارهایی برای بهبود کیفیت آموزش آن ارائه می‌شود.

۲- ضرورت و اهمیت آموزش انرژیهایی تجدیدپذیر

بعد از بحران جهانی انرژی در دهه هفتاد قرن بیستم میلادی، جهان متوجه این مهم شد که امکان کمیاب شدن نفت هم وجود دارد و از همین رو، دولت‌های مختلف به فکر جایگزین کردن سوخت‌های فسیلی با منابع ایمن، بویژه انرژیهایی تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و زیست توده^۱ افتادند. از سوی دیگر معضلاتی مانند افزایش آلودگی محیط زیست و پدیده گرم شدن کره زمین که در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی به وجود می‌آید و بر سلامتی و کیفیت زندگی انسانها تأثیر می‌گذارد، توجه بیش از پیش به انرژیهایی تجدیدپذیر را باعث شد [14]. بنابراین اهمیت حرکت به سمت استفاده از انرژیهایی تجدیدپذیر بر کسی پوشیده نیست. از طرفی، امروزه در کشورهای توسعه یافته، سیاست‌گذاری در حوزه انرژیهایی تجدیدپذیر، فقط رویکرد کاهش مصرف انرژی نیست، بلکه انرژیهایی تجدیدپذیر به عنوان یک صنعت نوپا در خدمت توسعه پایدار جوامع نیز مطرح است. این صنعت همانند تمام صنایع نیاز به زنجیره تأمین، تولید محصولات، بازاریابی، فروش، تعمیرات و نگهداری دارد و می‌تواند عامل مهمی در اشتغال‌زایی باشد [15]. برای نمونه، کشورهای اروپایی از جمله سوئد و نروژ بزرگترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان سلولهای فتوولتائیک خورشیدی در اروپا هستند در حالی که بهره آنها از انرژی خورشیدی ناچیز است. لازم

پمپها، سیستمهای قدرت، شبیه‌سازی، آزمایشگاه)، انرژی باد (شامل فناوری انرژی باد، تبدیل انرژی باد، مولدهای کوچک بادی، آزمایشگاه)، انرژی خورشیدی (شامل سیستمهای فتوولتائیک، کلکتورهای خورشیدی، آزمایشگاه)، روشهای اندازه‌گیری در انرژی و فناوریهای ذخیره (اندازه‌گیری، سیستمهای ذخیره، باتری، هیدروژن و پیل سوختی، آزمایشگاه)، زیست توده و انرژی آب (شامل زیست توده، میکرو-هیدرو)، سیستمهای انرژی و جامعه (سیستمهای انرژی، اقتصاد انرژی، انرژی و جامعه، انرژی پایدار، سیاست‌گذاری انرژی).

علاوه بر رشته‌های مربوط به فناوریهای انرژی‌های تجدیدپذیر، برخی از دانشگاههای آلمان با توجه به نیازهای موجود و پیشرفت در صنایع مربوطه رشته‌های جدیدی را تأسیس کرده‌اند. رشته مدیریت انرژیهای تجدیدپذیر در دانشگاه فرایبورگ^۱ از این جمله است [22]. هدف از ایجاد این دوره پر کردن فاصله بین جنبه‌های فناوری انرژیهای تجدیدپذیر و چشم انداز توسعه پایدار است. اخیراً اتحادیه اروپا برای استفاده از پتانسیل دانشگاههایی که در اروپا در زمینه انرژی فعالیت می‌کنند دوره‌های تحصیلات تکمیلی تحت عنوان SELECT+ برگزار کرده است. هدف این دوره تربیت افرادی از سراسر دنیا است که توانایی کارآفرینی، راهبری صنعت و اشتغال‌زایی صنعتی در زمینه انرژی و انرژیهای تجدیدپذیر را پیدا کنند و به عبارتی توانایی تفکر در مورد احساس مسؤلیت همگانی برای توسعه پایدار را کسب کنند [23].

در ایران دوره کارشناسی انرژیهای تجدیدپذیر اجرا نمی‌شود. اما، طبق مصوبه هفتصد و چهل و چهارمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخه ۱۳۸۸/۱۰/۱۹، در برنامه آموزش و سرفصل دروس کارشناسی مهندسی مکانیک دروسی مانند کاربردهای انرژی خورشیدی، انرژیهای تجدیدپذیر و کاربرد آنها، اقتصاد و انرژی در ایران و جهان، بهینه‌سازی سیستمهای انرژی و کاربرد انرژیهای نو در خودرو گنجانده شده است [24]. در سالهای اخیر در تعدادی از دانشگاههای کشور دانشکده‌هایی تحت عنوان فناوریهای نوین ایجاد شده‌اند که رشته انرژی هم در برخی از آنها در سطح کارشناسی ارشد دایر شده است. دانشگاههایی که در آنها دوره کارشناسی ارشد انرژیهای تجدیدپذیر موجود است عبارتند از: دانشگاه اصفهان، دانشگاه صنعتی آب و برق شهید عباسپور، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، پژوهشگاه مواد و انرژی، دانشگاه تهران، دانشگاه بزد و واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی [۷].

از بین مؤسسات فوق گروه انرژی دانشکده فناوریهای نوین دانشگاه اصفهان در گرایش مهندسی انرژیهای تجدید پذیر از ترم اول سال تحصیلی ۱۳۹۰ شروع به جذب دانشجو نمود. از منظر این گروه با تربیت نیروی کارآمد در زمینه مهندسی انرژی موقعیت کشور ایران به لحاظ صنعتی و اقتصادی بسیار ممتاز خواهد شد [25]. دانشجویان این رشته در دو دوره آموزش محور و آموزشی-پژوهشی جذب

مهندسی مکانیک، مهندسی برق و ارتباطات و محیط زیست تهیه شده است. از مفاد درسی این رشته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: دروس طراحی مهندسی، مکانیک سیالات، ترمودینامیک، مهندسی برق و ارتباطات، آشنایی با ماشینهای الکتریکی، مواد مهندسی و شیمی، فتوولتائیک کاربردی، ترموسیال پیشرفته، طراحی گرما خورشیدی^۲، مبدلهای انرژی باد، زیست توده، ساختمانهای با مصرف انرژی پایین، ارزش‌گذاری چرخه زندگی^۳، استفاده مؤثر از انرژی^۴، مدیریت استراتژیک و اخلاق. همچنین این دوره شامل پروژه و کارآموزی در صنایع مربوطه است.

• کارشناسی مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر، دانشگاه صنعتی اورگن^۵
[16]

این برنامه از سال ۲۰۰۵ میلادی، پس از تجربه دانشگاه مورداک و UNSW استرالیا، و برای اولین بار در آمریکای شمالی اجرا شد. این دوره ترکیبی از رشته‌های مهندسی مکانیک، مهندسی برق سیستمهای قدرت و مهندسی شیمی است که با تکیه بر انرژیهای تجدیدپذیر اجرا می‌شود. در این دوره دانشجویان دروس تخصصی و اختیاری خود را با توجه به علاقه مندی انتخاب نموده و در یکی از زمینه‌های فوق پروژه‌ای انجام می‌دهند. برخی از مفاد درسی این رشته عبارتند از تولید و توزیع برق، طراحی مدار، فیزیک نیمه رساناها، مکانیک سیالات و سیستمهای گرمایی، سیستمهای حمل و نقل با استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر، پیلها سوختی، تولید هیدروژن، سوختهای زیستی^۶ و ...

• کارشناسی ارشد انرژی تجدیدپذیر، دانشگاه مورداک استرالیا
[20]

این دوره دوساله در سطح کارشناسی ارشد و با سه گرایش انجام می‌شود. برخی از دروسی که در هر گرایش تدریس می‌شود عبارتند از: الف) گرایش سیستمهای انرژیهای تجدیدپذیر دروسی مانند منابع انرژیهای تجدیدپذیر، تجهیزات انرژیهای تجدیدپذیر، طراحی سیستمهای انرژیهای تجدیدپذیر، انرژیهای تجدیدپذیر و توسعه پایدار؛ ب) گرایش سیاست‌گذاری انرژیهای تجدیدپذیر درروس دانش و سیاست گلخانه‌ای، جامعه و اکولوژی، انرژیهای تجدیدپذیر و توسعه پایدار، بازار برق، محاسبات گلخانه‌ای و ارزش-گذاری چرخه زندگی، مدیریت خلاق و ج) گرایش استفاده مؤثر از انرژی دروس تحلیل و ممیزی انرژی، استفاده صنعتی و تجاری مؤثر از انرژی، ساختمانهای دوستدار محیط زیست.

• دوره کارشناسی ارشد انرژیهای تجدیدپذیر، دانشگاه اولدنبرگ^۶
[21]

انستیتوی فیزیک دانشگاه، از سال ۱۹۸۷ اقدام به پذیرش دانشجو در این رشته نموده است. بسته‌های آموزشی در این دوره عبارتند از اصول انرژیهای تجدیدپذیر(شامل اصول اولیه، فیزیک نیمه رساناها،

سایه تولیدات علمی است که اولاً بر اساس نیازهای بومی ایران باشد و ثانیاً در تولیدات علمی، توجه به افزایش تعداد مقالات چاپ شده در مجلات بین‌المللی باعث پائین آمدن کیفیت پژوهش نگردد. با مرور سیاست‌گذاریها در زمینه انرژیهای تجدیدپذیر در ایران، این پرسش در ذهن شکل می‌گیرد که چرا در کشوری مانند ایران که جزو مناطق پرافتاب دنیا با متوسط تابش kWh/m².year2000 و تعداد ساعات آفتابی ۲۰۰۰ ساعت در سال است [۱]، کمیته راهبردی انرژی خورشیدی وجود ندارد اما کمیته راهبردی پیل سوختی وجود دارد. البته کسی مخالفت با پیشرفت علمی ندارد اما پرداختن به اولویتها هم مهم است.

در بین سالهای ۱۹۹۶-۲۰۱۲ میلادی، تعداد مقالات چاپ شده از کشور ایران در زمینه انرژیهای تجدیدپذیر ۱۰۳۶ بوده که با این تعداد ایران رتبه ۱۸ دنیا را داشته است [26]. کشورهای امریکا، چین و هند به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند. اما در رتبه‌های بعد از ایران کشورهایی مانند دانمارک، سوئیس و اتریش به ترتیب در رتبه‌های ۲۱، ۲۲ و ۳۲ قرار دارند. به دلیل توسعه دوره‌های تحصیلات تکمیلی در سالهای اخیر تعداد مقالات رشد چشمگیری داشته است. به عنوان نمونه، در مجله Renewable Energy، تعداد مقالات ایران سال ۲۰۱۳ نسبت به ۲۰۰۰ بیشتر از ده برابر شده است [27]. اما با این تعداد تولیدات علمی، ایران واردکننده محصولات انرژیهای تجدیدپذیر مانند آبگرمکنها و سلولهای خورشیدی است. بنابراین سیاست و کارایی پژوهش در کشوری مانند دانمارک که در زمینه انرژی باد صاحب فناوری و استاندارد است و یا کشوری مانند اتریش که از بزرگترین تولیدکنندگان محصولات خورشیدی است، مشخص می‌شود. در کشوری مانند دانمارک آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در خدمت توسعه پایدار است؛ این طرز تفکر باعث می‌شود که مؤسسات آموزشی پژوهشی پیشرو مانند [28] Risø استانداردهای ایزو برای توربینهای بادی را تدوین کنند و بزرگترین شرکتهای تولید کننده توربین بادی در دانمارک شکل بگیرند.

۴- چالش‌ها و نکات قابل توجه در آموزش انرژیهای

تجدیدپذیر در ایران

طبق آنچه که به عنوان چشم انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران تعیین شده است، ایران باید تا سال ۱۴۰۴ ده درصد برق مورد نیاز خود را از انرژیهای تجدیدپذیر تأمین کند. این در حالی است تا انتهای سال ۱۳۸۸ تنها یک درصد برق مصرفی حاصل از انرژیهای تجدیدپذیر بوده است [۱]. متأسفانه در ایران یک راهبرد کلی در زمینه توسعه صنعت انرژیهای تجدیدپذیر وجود ندارد. از این روست که با تصویب افزایش قیمت حاملهای انرژی طبق قانون هدفمندی یارانه‌ها، موجی از افتتاح پروژه‌های انرژیهای تجدیدپذیر همه و همه برای کاهش هزینه

می‌شوند. در دوره آموزش محور دانشجو موظف به گذراندن ۱۸ واحد اصلی و ۱۲ واحد اختیاری است. در دوره آموزشی- پژوهشی دانشجویان ۱۸ واحد اصلی، ۶ واحد اختیاری و ۶ واحد پایان نامه می‌گذرانند. جدول دروس اصلی و اختیاری پیشنهاد شده توسط این دانشکده در جدول ۱ آورده شده است. سایر دانشگاهها روند مشابهی در ارائه دروس دنبال می‌کنند.

به نظر می‌رسد برنامه‌های تدوین یافته برای آموزش مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر در ایران از قاعده آموزش بقیه رشته‌های مهندسی مستثنی نبوده است و این شیوه آموزش در انرژیهای تجدیدپذیر همان شیوه‌های آموزش عالم و دانشمند پرور به جای مهندس و تکنسین پرور است [۲] که به جای پرورش خلاقیت در آن بیشتر تکیه بر محفوظات است.

ماهیت رشته انرژیهای تجدیدپذیر، میان رشته‌ای است. بنابراین ورود به مباحثی مانند ریاضیات مهندسی پیشرفته که در رشته‌هایی مانند مهندسی مکانیک یا مهندسی شیمی مطرح می‌شود، ضروری به نظر نمی‌رسد. معمولاً برای فهم دانش و فناوری انرژیهای تجدیدپذیر دروس پایه‌ای که در مقاطع کارشناسی مهندسی تدریس می‌شود مانند ریاضیات مهندسی، انتقال گرما و مکانیک سیالات کافی است.

جدول (۱): دروس اصلی و اختیاری پیشنهاد شده توسط دانشکده فناورهای نوین دانشگاه اصفهان در کارشناسی ارشد مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر

دروس اصلی-تخصصی	دروس اختیاری
مبانی انرژیهای تجدیدپذیر	انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی آب، انرژی زیستی، تحلیل سیستمها و ممیزی انرژی، مدیریت و اقتصاد انرژی، هیدروژن و پیلای سوختی، طراحی سیستمهای انرژی، انرژی محیط زیست و توسعه پایدار، پدیدههای انتقال
ریاضیات مهندسی پیشرفته	انرژی زمین گرمایی، انرژی بادی و بهره‌برداری از منابع زمین گرمایی
آزمایشگاه انرژیهای تجدیدپذیر	انرژی امواج و دریاهای باتری، الکتروشیمی برای کاربردهای مرتبط با انرژی، کاتالیزورهای پیل سوختی، مباحث نوین در انرژیهای تجدیدپذیر
تبدیل و ذخیره سازی انرژی	
پدیدههای انتقال	
مدلسازی سیستمهای انرژی	
طراحی آزمایشها و تحلیل داده‌ها	

در کشورهای در حال توسعه، پژوهش در علوم و فناوری کلید توسعه محسوب می‌شود ولی معمولاً مسائل تبلیغاتی و نمایش ظاهری پیشرفت همه چیز را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. برنامه‌های پژوهشی نمایشی در کشورهای پیشرفته هم وجود دارد اما شدت آن در کشورهای در حال توسعه بیشتر است [۳]. با توسعه دوره‌های تحصیلات تکمیلی انرژیهای تجدیدپذیر مسیر پژوهش نیز شکل تازه‌ای به خود می‌گیرد؛ اما نباید به دلیل جدید بودن آن در ایران دچار آفت نمایش و تبلیغات شد. هدف از این دوره‌ها باید تربیت انسانهای متفکری باشد که دانش انرژیهای تجدیدپذیر را به پیش ببرند و این در

آموزش به گونه‌ای باشد که علاوه بر کسب دانش آسازگی فعالیت صنعتی را نیز در دانشجویان تقویت کند.

از دیگر مواردی که می‌توان در راستای بهتر شدن آموزش به آن اشاره کرد، تأسیس یک نهاد به‌نام انجمن آموزش انرژیهای تجدیدپذیر است. در این انجمن علاوه بر اساتید صاحب‌نظر دانشگاهی، مدیران تصمیم‌سازی و شرکتهای خصوصی نیز می‌توانند نظرات خود را برای بهتر شدن برنامه‌های آموزشی و تعریف درست نیازها ارائه کنند.

اولویتهای پژوهشی در انرژیهای تجدیدپذیر باید در راستای رفع نیازهای صنایع داخلی باشد. بنابراین راه‌اندازی مجلاتی با عنوان انرژیهای تجدیدپذیر یا عنوانهای خاص‌تر مانند انرژی خورشیدی و زیست توده به زبان فارسی می‌تواند تأثیر زیادی در گسترش همکاری دانشگاهها و صنایع داشته باشد.

شاید یکی از چالشهای آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در ایران نبود اساتید و مدرسانی است که به طور تخصصی در این زمینه کار کرده باشد. از این رو می‌توان برای برگزاری کارگاههای آموزشی برای اساتید ایران از اساتید و متخصصان دیگر کشورها بهره گرفت یا آنها را به دوره‌های آموزشی پژوهشی کوتاه مدت در دانشگاههای صاحب نام اعزام نمود. همچنین اعزام دانشجویان برتر برای ادامه تحصیل به این دانشگاهها، البته با نظارت بر کار آموزشی و پژوهشی آنان، می‌تواند کمبود نیروی انسانی را در حال حاضر جبران کند. از طرفی، راه اندازی دوره‌های مشترک با دانشگاههای برتر جهان اسلام و دنیا به قطع کیفیت آموزش را بالا خواهد برد.

۵- نتیجه‌گیری

مکرر این جمله را شنیده‌ایم که نفت روزی به پایان می‌رسد؛ بحران انرژی، توسعه پایدار و حفظ محیط زیست هم واژگان آشنایی هستند. انرژیهای تجدیدپذیر به یقین راهی است که بحران انرژی را پشت سر خواهد گذاشت و منجر به توسعه پایدار و حفظ محیط زیست خواهد شد. اهمیت انرژیهای تجدیدپذیر نه فقط به خاطر حفظ ذخایر زیرزمینی یا تبدیل آنها به مواد با ارزش افزوده بالاتر است، بلکه در کشوری با جمعیت جوان مانند ایران صنایع انرژیهای تجدیدپذیر عامل تولید ثروت و اشتغال‌زایی خواهد بود. آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در سطوح مختلف از آموزش عمومی جامعه گرفته تا آموزش دانشگاهی مطرح است. در زمینه آموزشهای دانشگاهی باید برنامه‌ریزیهای آموزشی به گونه‌ای باشد که دانشجویان پس از فراغت از تحصیل مهارتهای ورود به بازار کار و کارآفرینی را کسب کرده باشند. به همین دلیل دروس مدیریت، اقتصاد و بازرگانی از مواردی است که در تدوین برنامه باید مد نظر قرار گیرد. تأسیس انجمن آموزش انرژیهای تجدیدپذیر، به روز کردن اطلاعات اساتید، برگزاری دوره‌های مشترک و

مصرف انرژی به راه می‌افتد. بنابراین اولین چالشی که آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در ایران با آن روبروست مسأله تصمیم‌سازی و مدیریت کلان در انرژیهای تجدیدپذیر است. سیاست‌گذاران کلان کشور، با فرهنگ‌سازی و آموزش عمومی جامعه می‌توانند زمینه رشد صنعت بومی و بازار انرژیهای تجدیدپذیر را فراهم بیاورند. ایجاد زیرساختهای صنعتی-تولیدی، به وجود آوردن این باور که انرژیهای تجدیدپذیر توسعه پایدار را به همراه دارد، تقویت زیرساختهای آموزش نیروی انسانی کارآمد و... از مقدماتی است که باید در سطوح بالای مدیریتی به آن پرداخته شود.

از طرفی، فرهنگ دانشگاهی نه تنها در این زمینه خاص، بلکه در تمام رشته‌ها باید یک فرهنگ کارآفرین باشد [۴]. در رشته‌های تازه تأسیس مانند انرژیهای تجدیدپذیر که صنعت و بازار آن هم در ابتدای راه است، دانشگاهها باید به گونه‌ای برنامه‌های آموزشی را تدوین کنند که خلاقیت و روحیه کارآفرینی در دانشجویان تقویت شود و توانایی تعریف و راه‌اندازی کسب و کار جدید را پیدا کنند. لذا آموزش باید با یک دید آینده‌نگرانه صورت گیرد.

از مواردی که در برنامه‌ریزی آموزشی برای رشته انرژیهای تجدیدپذیر باید به آن توجه ویژه نمود آموزش مدیریت است، چرا که یک دانش آموخته کارآفرین باید توانایی مدیریت منابع انسانی و مالی را داشته باشد [۵]. از دیگر مفاد درسی مغفول، یعنی برنامه‌ای که باید آموخته شود، ولی تدریس نمی‌شود [۶] و می‌تواند بستر لازم برای نقش کارآفرینی دانشگاه را فراهم سازد، دروس مربوط به اقتصاد، بازرگانی و تجارت است. دروسی مانند اصول تجارت، تجارت الکترونیک و بازاریابی انرژیهای تجدیدپذیر علاوه بر ایجاد تنوع و جذابیت، دانش آموختگان را برای ورود به بازار کار آماده می‌کند.

از مباحثی که امروز در آموزشهای مهندسی مطرح می‌شود توجه به نرم‌افزارهای مهندسی است. توصیه می‌شود که دانشگاهها نرم‌افزارهای مهندسی مربوط به طراحیهای فنی و اقتصادی انرژیهای تجدیدپذیر را تهیه نموده و در اختیار دانشجویان خود قرار دهند تا یادگیری دروس مورد نظر همراه با طراحی به کمک نرم‌افزارهای مربوطه باشد و دانشجویان بتوانند بر شبیه‌سازی تسلط پیدا کنند.

در ایران معمولاً دوره‌های کارشناسی ارشد مهندسی شامل دروس محض مهندسی است که بعضاً با پسوند "پیشرفته" ارائه می‌گردد و دانش آموخته کارشناسی ارشد معمولاً خود را بر سر دوراهی می‌بیند که اگر بخواهد وارد محیط صنعتی شود همان دانش مهندسی کارشناسی برایش کافی بوده، پس تنها راه استفاده از دروس کارشناسی ارشد ادامه آن در دوره دکتری است. بنابراین اشکالی ندارد که در یک رشته میان رشته ای مانند انرژیهای تجدیدپذیر که دانشجویان آن از میان دانش آموختگان کارشناسی رشته‌های دیگر پذیرفته می‌شوند، برنامه

چاپ مقالات در مجلات فارسی زبان از راههای ارتقایبخش آموزش
انرژیهای تجدیدپذیر خواهد بود.

- [21] <http://www.uni-oldenburg.de/en/ppre/>.
- [22] www.rem.uni-freiburg.de.
- [23] <http://www.exploresselect.eu/>.
- [24] http://iausep.com/silabes/sim_inputcombo.asp.
- [25] <http://ast.ui.ac.ir/>.
- [26] <http://www.scimagojr.com/>.
- [27] <http://www.journals.elsevier.com/renewable-energy/>.
- [28] <http://www.vindenergi.dtu.dk/>.

مراجع

- [۱] فدایی امیر، داود، شمس اسفندآبادی، زهرا، عباسی، آزاده، ۱۳۸۹
"بررسی علل عدم تحقق اهداف کشور در بخش انرژیهای تجدیدپذیر
در برنامه چهارم توسعه"، ۱۳(۲)، ۲۳-۳۴.
- [۲] مطهری نژاد، حسین، یعقوبی، محمود، دوامی، پرویز، ۱۳۹۰. "الزامات
آموزش مهندسی با توجه به نیازهای صنعت در کشور ایران"، فصلنامه
آموزش مهندسی ایران، ۵۲، ۲۳-۳۹.
- [۳] دانشی، غلامحسین، ۱۳۸۵. "مدیریت و سمت و سوی تحقیقات
صنعتی در ایران: نگاهی انتقادی به وضعیت موجود"، فصلنامه آموزش
مهندسی ایران، ۳۲، ۶۵-۸۴.
- [۴] توفیقی، جعفر، نورشاهی، نسرين، ۱۳۹۱. "ارائه راهکارهایی برای توسعه
همکاریهای دانشگاه و صنعت در ایران"، فصلنامه آموزش مهندسی
ایران، ۵۶، ۲۵-۹۵.
- [۵] ستوده قره باغ، رحمت، ۱۳۸۲. "نقش آموزش مدیریت در رشته‌های
مهندسی در دوره کارشناسی"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، ۱۸،
۴۵-۵۶.
- [۶] مدنی فر، محمدرضا، سجادی، نرگس، ۱۳۸۸. "برنامه درسی مغفول در
آموزش مهندسی"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، ۴۳، ۸۱-۹۸.
- [۷] دفترچه انتخاب رشته کارشناسی ارشد سال ۹۲.
www.sanjesh.org

- ¹ Murdoch University
- ² Biomass
- ³ University of New South Wale
- ⁴ Solar Thermal
- ⁵ Life Cycle Assessment
- ⁶ Energy Efficiency
- ⁷ Oregon Institute of Technology, USA
- ⁸ Biofuel
- ⁹ Carl von Ossietzky University of Oldenburg
- ¹⁰ University of Freiburg

- [8] Othman, M.Y., Sopian, K., 1999. "Renewable energy education for ASEAN". *Renewable Energy*, 16, pp. 1225-1230.
- [9] Jennings, P., Lund, C., 2001. "Renewable energy education for sustainable development". *Renewable Energy*, 22, pp.113 – 118.
- [10] O'Mara, K.L., Jennings, P., 2001. "Innovative renewable energy education using the World Wide Web". *Renewable Energy*, 22, pp.135-141.
- [11] Bhattacharya, S.C., 2001. "Renewable energy education at the university level". *Renewable Energy*, 22, pp.91-97.
- [12] Jennings, P., 2009. "New directions in renewable energy education". *Renewable Energy*, 34, pp. 435-439.
- [13] Acikgoz, C., 2011. "Renewable energy education in Turkey". *Renewable Energy*, 36, pp.608-611.
- [14] Biresselioglu, M. E., Karaibrahimoglu, Y. Z., 2012. "The government orientation and use of renewable energy: Case of Europe", *Renewable Energy*, 47, pp. 29-37.
- [15] San Cristóbal Mateo, J.R., 2012. *Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry*, Springer-Verlag, London.
- [16] Bass, R.B., October 28 – 31, 2006. "A Bachelors Degree Program in Renewable Energy Engineering", 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Diego, USA.
- [17] http://utcan.ut.ac.ir/wseri/file/scientific_map_IRAN.pdf.
- [18] <http://www.irena.org/>.
- [19] <http://www.pv.unsw.edu.au>.
- [20] <http://www.murdoch.edu.au>.