فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال هجدهم، شماره ۶۹، بهار ۱۳۹۵، صص. ۹۰-۷۷

آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در ایران*

صادق مطهر[۱] و علی‌اکبر عالم رجبی[۲]

چکیده: توجه به انرژیهای تجدیدپذیر به‌عنوان جایگزین انرژیهای فسیلی، باعث توسعهٔ علمی و فنی کشورهای مختلف در این زمینه شده است. دانش انرژیهای تجدیدپذیر شامل مجموعه‌ای از علوم و فنون مهندسی است که ماهیت میان‌رشته‌ای آن را آشکار می‌کند. باتوجه‌به گستردگی منابع تجدیدپذیر مانند انرژیهای خورشیدی، باد، زیست‌توده و زمین‌گرمایی در ایران، گسترش آموزش و پژوهش به همراه صنعت و فنّاوری در این زمینه امری اجتناب‌ناپذیر است. در این مقاله، ابتدا ضرورت آموزش انرژیهای تجدیدپذیر به‌عنوان یک رشتهٔ میان‌رشته‌ای و باتوجه‌به اهداف سند جامع علمی کشور، یعنی تربیت نیروی انسانی توانا در تولید علم و فنّاوری، موردبحث قرار می‌گیرد. سپس، مروری بر تجارب و برنامه‌های آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در چند کشور جهان و مقایسه‌ای با برنامه‌های درحال‌اجرا در دانشگاههای ایران صورت می‌گیرد. در پایان، راهکارها و پیشنهاداتی در زمینهٔ آموزش انرژیهای تجدیدپذیر، که توسعهٔ پایدار را در پی داشته باشد، ارائه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: انرژیهای تجدیدپذیر، آموزش، توسعهٔ پایدار، برنامهٔ درسی.

---

*این مقاله در سومین کنفرانس آموزش مهندسی (آموزش مهندسی بر پایه توسعه پایدار) مورخ ۸ و ۹ آبان ماه ۱۳۹۲ در دانشگاه صنعتی شریف ارائه شده است.

۱. استادیار گروه فنی و مهندسی، دانشگاه شهرضا، شهرضا، ایران. (نویسنده مسئول). sadegh.motahar@shahreza.ac.ir

۲. استاد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. rajabi@cc.iut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۴/۱۹)

(پذیرش مقاله:۱۳۹۴/۱۰/۷)

۱. مقدمه

علم و فنّاوری کمال‌آفرین، توانمندساز، ثروت‌آفرین و هماهنگ با محیط‌زیست از مبانی و ارزش‌های بنیادین عنوان‌شده در نقشهٔ جامع علمی کشور است. در این سند، اولویتهای علم و فنّاوری کشور ترکیب رویکردهای نیازمحور، مزیت‌محور، مرزشکن و آینده‌نگر بیان شده است. این اولویتها 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، شاخهٔ 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 را باتوجه‌به اقتضائات کشور و تربیت نیروی انسانی توانا در تولید علم و فنّاوری تبیین کرده است (شورای عالی انقلاب فرهنگی، ۱۳۹۰).

آموزش، نقش مهمی در توسعهٔ صنایع جدید ایفا کرده است. مثلاً، آموزش رشته‌های جدیدی مانند رایانه و هوافضا کمک زیادی به توسعهٔ صنایع مربوط داشته است. بنابراین آموزش در رشته‌های جدید مانند انرژیهای تجدیدپذیر می‌تواند راه توسعهٔ این صنعت نوپا را در ایران باز کند. به بیان دیگر، فراوانی انرژیهای تجدیدپذیر در ایران، فرصتی را در جهت به کارگیری این موهبت به‌منظور رسیدن به توسعهٔ پایدار فراهم می‌آورد. فرصتی که در سایهٔ آموزش کارآمد و آینده‌نگر می‌تواند رشد صنعتی، علمی، و اقتصادی را برای کشور به ارمغان بیاورد. این تجربه در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه آزموده شده است. عثمان و سوپیان (۱۹۹۹) با اشاره به چالشهای استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر در کشورهای درحال‌توسعه، اهداف راه‌اندازی یک رشتهٔ دانشگاهی انرژیهای تجدیدپذیر را این‌گونه بیان می‌کنند: افزایش سطح بینش و آگاهی دانشجویان دربارهٔ بحران انرژی، شناسایی و آگاهی از منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر انرژی در کشور خود، توانایی دانشجویان برای تحلیل سیاسی، اقتصادی و جامعه‌شناختی انرژی و بهبود اخلاقیات و کیفیت زندگی در سایهٔ حفظ محیط‌زیست. همچنین آنها سرفصلی کلی از این رشته بیان کرده‌اند که در آن علاوه بر دروس فنی ـ مهندسی، دروسی مانند اخلاق انرژی به چشم می‌خورد. جنینگز و لوند (۲۰۰۱) راه‌اندازی یک دوره تحصیلات تکمیلی انرژی بر پایهٔ توسعهٔ پایدار بوم‌شناختی[۱] را در دانشگاه موردوک استرالیا بررسی کردند. از نظر آنها نقش آموزش در توسعهٔ پایدار جوامع، افزایش آگاهی زیست‌محیطی و اخلاقی جامعه و بهبود ظرفیت مردم نقشی کلیدی است. ازاین‌رو، دروسی مانند انرژی در جامعه، مدیریت انرژی، اقتصاد انرژی، سیاست‌گذاری انرژی، مولدهای انرژیهای تجدیدپذیر و منابع انرژیهای تجدیدپذیر در این برنامهٔ آموزشی گنجانده شد. اومارا و جنینگز (۲۰۰۱)، شبکهٔ جهانی اینترنت را

---

۱. معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژه «اکولوژیک»

ابزاری سودمند در آموزش انرژیهای تجدیدپذیر، هم برای دانشجویان و هم برای استادان، بیان کردند. باتاچاریا (۲۰۰۱) برنامهٔ آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در دانشگاههای آمریکا را بررسی و نقد کرده است. یکنواخت نبودن دروس آموزشی و مسیر تحقیقات از جمله مواردی است که به آنها اشاره کرده است. وی همچنین این مشکل را در کشورهای درحال‌توسعه، که درصدد راه‌اندازی رشتهٔ انرژیهای تجدیدپذیر هستند، عنوان کرده است و خواهان به وجود آوردن راهبرد کلی و استاندارد در برنامهٔ دانشگاهی آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در سطح جهانی شده است. جنینگز (۲۰۰۹) با معرفی رهیافتهای جدید در آموزش انرژیهای تجدیدپذیر، آموزش متخصصان را محور توسعهٔ صنعت انرژیهای تجدیدپذیر و آموزش پژوهشگران را به‌عنوان تولیدکنندگان دانش فنی و توسعهٔ سیستمهای جدید ضروری دانسته است. باتوجه‌به تجربیات وی، آموزش از راه دور انرژیهای تجدیدپذیر نسبت به آموزش چهره به چهره در کلاس در بین دانشجویان مقبولیت بیشتری پیدا کرده است. آسیکگوز (۲۰۱۱) مشکل آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در ترکیه را مناسب نبودن محتوای دروس دوره‌های آموزشی برشمرده است. همچنین به دلیل نیاز مبرم به آموزشهای حین اشتغال، توسعهٔ دوره‌های الکترونیکی را به دلیل افزایش مخاطب ضروری دانسته است.

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

۲. ضرورت و اهمیت آموزش انرژیهای تجدیدپذیر

پس از بحران جهانی انرژی در دههٔ هفتاد قرن بیستم میلادی، جهان متوجه این مهم شد که امکان کمیاب شدن نفت هم وجود دارد و به همین سبب، دولتهای مختلف به فکر جایگزین کردن سوختهای فسیلی با منابع ایمن، به‌ویژه انرژیهای تجدیدپذیر مانند باد، خورشید، و زیست‌توده[1] افتادند. از سوی دیگر معضلاتی مانند افزایش آلودگی محیط‌زیست و پدیدهٔ گرم شدن کرهٔ زمین، که در اثر احتراق سوختهای فسیلی به وجود می‌آید و بر سلامتی و کیفیت زندگی انسانها تأثیر می‌گذارد، عامل توجه بیش از پیش به انرژیهای تجدیدپذیر شد (بیرسیوگلو و کارابراهیمگلو، ۲۰۱۲). بنابراین اهمیت حرکت به سمت استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر بر کسی پوشیده نیست. از طرفی، امروزه در کشورهای توسعه‌یافته، سیاستگذاری در حوزهٔ انرژیهای تجدیدپذیر، فقط رویکرد کاهش مصرف انرژی نیست، بلکه انرژیهای تجدیدپذیر به‌عنوان صنعتی نوپا در خدمت توسعهٔ پایدار جوامع نیز مطرح است.

---

1. Biomass

این صنعت همانند تمام صنایع نیاز به زنجیرهٔ تأمین، تولید محصولات، بازاریابی، فروش، تعمیرات و نگهداری دارد و می‌تواند عامل مهمی در اشتغال‌زایی باشد (سان کریستوبال ماتئو، ۲۰۱۲). برای نمونه، کشور آلمان از جمله بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان محصولات خورشیدی در اروپاست، درحالی‌که بهرهٔ آن از انرژی خورشیدی در مقایسهٔ با کشوری چون ایران ناچیز است. لازم به ذکر است که این سیاست در کل اتحادیهٔ اروپا، آمریکا، و چین دنبال می‌شود (سازمان بین‌المللی توسعه پایدار، ۲۰۱۴).

یکی از الزامات پیاده‌سازی این سیاستها، آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در تمام سطوح است. توسعهٔ صنایع مربوط به انرژیهای تجدیدپذیر علاوه بر افزایش آگاهی عمومی جامعه نسبت به استفاده از این فنّاوریها، نیازمند تربیت نیروهای متخصص برای اشتغال در این صنایع است. تربیت مهندسان و پژوهشگران در این زمینه راهی به سوی توسعهٔ فنّاوریهای جدید و نوآورانه خواهد بود؛ چراکه مهندسان دانش‌آموختهٔ رشته‌هایی مانند مهندسی مکانیک و برق معمولاً در زمینه‌های فنی و اقتصادی انرژیهای تجدیدپذیر کار تخصصی نکرده‌اند، در برنامه‌های درسی رشته‌های موجود دانشگاهی هم دروس پراکنده‌ای در زمینهٔ دانش کلی انرژیهای تجدیدپذیر وجود دارد که کارآیی لازم را برای آماده کردن مهندسان برای انجام و بهره‌برداری عملی از پروژه‌ها ندارند. بنابراین آموزش مهندسان در یک رشتهٔ میان‌رشته‌ای مانند انرژیهای تجدیدپذیر ضروری به نظر می‌رسد. یکی دیگر از سطوح آموزشی، آموزش تصمیم‌سازان، مدیران و سیاست‌گذاران انرژی است. اتخاذ تصمیمات درست در زمینهٔ سیاستهای انرژیهای تجدیدپذیر، توانایی تحلیل حال و آیندهٔ منابع انرژی، ایجاد بازارهای جدید برای انرژیهای تجدیدپذیر، برنامه‌ریزی راهبردی انرژیهای تجدیدپذیر، حفظ محیط‌زیست، مدیریت آموزش انرژیهای تجدیدپذیر، توسعهٔ زیرساختها و ... از جمله مواردی است که اهمیت و ضرورت آموزش انرژیهای تجدیدپذیر را به تصمیم‌سازان کلان آشکار می‌سازد.

۳. برنامه‌های آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در ایران و جهان

به دلیل مقبولیت استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر و توسعهٔ صنایع مربوطه در بسیاری از کشورها برنامه‌های دانشگاهی آموزش انرژیهای تجدیدپذیر به طور تخصصی اجرا شده است. این آموزشها در سطوح کارشناسی تا دکتری ارائه می‌شود. در زمینهٔ این آموزش برنامه یا سرفصل استانداردی در کشورهای جهان دنبال نمی‌شود و دانشگاههای مختلف معمولاً باتوجه‌به امکانات و صنایع موجود و تخصص اعضای هیئت‌علمی خود این برنامه‌ها را ارائه می‌دهند. دوره‌های دانشگاهی آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در چند دانشگاه مختلف بررسی می‌شود:

- کارشناسی مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر در دانشکدهٔ فتوولتائیک و مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر دانشگاه UNSW استرالیا[1]، ۲۰۱۵

این برنامهٔ چهارساله از سال ۲۰۰۳ میلادی شروع شده است. محتوای دروس این دوره با همکاری انجمن صنایع انرژی خورشیدی استرالیا، صنایع مربوط و مصرف‌کنندگان عمده و دولتهای محلی تدوین شده است. طرح و برنامهٔ این رشته با همکاری دانشکده‌های مهندسی مکانیک، مهندسی برق و ارتباطات، و محیط‌زیست 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 گرمای خورشیدی[2]، مبدلهای انرژی باد، زیست‌توده، ساختمانهای با مصرف انرژی پایین، ارزش‌گذاری چرخهٔ زندگی[3]، استفادهٔ مؤثر از انرژی[4]، مدیریت راهبردی و اخلاق. همچنین این دوره شامل پروژه و کارآموزی در صنایع مربوط است.

- کارشناسی مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر، دانشگاه صنعتی اورگن[5] (باس، ۲۰۰۶)

این برنامه از سال ۲۰۰۵ میلادی، پس از تجربهٔ 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 می شود. در این دوره دانشجویان دروس تخصصی و اختیاری خود را باتوجه‌به علاقه‌مندی انتخاب می‌کنند و در یکی از زمینه‌های نام‌برده پروژه‌ای انجام می‌دهند. برخی از مفاد درسی این رشته عبارت‌اند از تولید و توزیع برق، طراحی مدار، فیزیک نیمه‌رساناها، مکانیک سیالات و سیستمهای گرمایی، سیستمهای حمل‌ونقل با استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر، پیلهای سوختی، تولید هیدروژن، سوختهای زیستی[6] و ... .

- کارشناسی ارشد انرژی تجدیدپذیر، دانشگاه مورداک[7] استرالیا (برنامهٔ آموزش انرژی دانشگاه مورداک، ۲۰۱۵)

این دورهٔ دوساله در سطح کارشناسی ارشد و با سه گرایش دانشجو می‌پذیرد. برخی از دروسی که در هر گرایش تدریس می‌شود عبارت‌اند از: الف) گرایش سیستمهای انرژیهای تجدیدپذیر دروسی

---

1. University of New South Wale (UNSW)
2. Solar thermal
3. Life Cycle Assessment
4. Energy efficiency
5. Oregon Institute of Technology, USA
6. Biofuel
7. Murdoch University

مانند منابع انرژیهـای تجدیدپـذیر، تجهیـزات انرژیهـای تجدیدپـذیر، طراحـی سیـستمهای انرژیهـای تجدیدپذیر، انرژیهای تجدیدپذیر و توسعهٔ پایدار؛ ب) گـرایش سیاسـت‌گـذاری انرژیهـای تجدیدپـذیر دروس دانش و سیاست گلخانه‌ای، جامعه و بوم‌شناسی، انرژیهای تجدیدپذیر و توسعهٔ پایدار، بازار برق، محاسبات گلخانه‌ای و ارزش‌گذاری چرخهٔ زندگی، مدیریت خلاق؛ پ) گرایش استفادهٔ مـؤثر از انـرژی دروس تحلیل و ممیزی انـرژی، اسـتفادهٔ صـنعتی و تجـاری مـؤثر از انـرژی، سـاختمانهای دوسـتدار محیط‌زیست.

- دورهٔ کارشناسی ارشد انرژیهای تجدیدپذیر، دانشگاه اولدنبرگ[1] (انستیتوی فیزیـک، دانـشگاه اولدنبرگ، ۲۰۱۵)

انستیتوی فیزیک دانشگاه، از سال ۱۹۸۷ اقدام بـه پـذیرش دانـشجو در ایـن رشـته کـرده اسـت. نیمه‌رساناها، پمپها، سیستمهای قدرت، شبیه‌سازی، آزمایشگاه، انرژی باد (شـامل فنّـاوری انـرژی بـاد، تبـدیل انـرژی بـاد، مولـدهای کوچـک بـادی، آزمایـشگاه)، انـرژی خورشـیدی (شـامل سیـستمهای فتوولتائیک، کلکتورهای خورشیدی، آزمایشگاه)، روشهای اندازه‌گیری در انـرژی و فنّاوریهـای ذخیـره (اندازه‌گیری، سیستمهای ذخیره، باتری، هیدروژن و پیل سوختی، آزمایشگاه)، زیست‌توده و انرژی آب (شامل زیست‌توده، میکرو ـ هیدرو)، سیستمهای انرژی و جامعه (سیستمهای انـرژی، اقتـصاد انـرژی، انرژی و جامعه، انرژی پایدار، سیاست‌گذاری انرژی).

علاوه بر رشته‌های مربوط به فنّاوریهای انرژیهای تجدیدپذیر، برخی از دانشگاههای آلمان باتوجه‌به نیازهای موجود و پیشرفت در صنایع مربوط رشته‌هـای جدیـدی تأسـیس کـرده‌انـد. رشـتهٔ مـدیریت انرژیهای تجدیدپذیر در دانشگاه فرایبورگ[2] از این جمله است (دانشکده مدیریت و مهندسی انرژیهـای تجدیدپذیر دانشگاه فرایبورگ، ۲۰۱۵). هدف از ایجاد این دوره پر کردن فاصله بین جنبه‌های فنّـاوری انرژیهای تجدیدپذیر و چشم‌انداز توسعهٔ پایدار است. اخیـراً اتحادیـهٔ اروپـا بـرای اسـتفاده از ظرفیـت دانشگاههایی، که در اروپا در زمینهٔ انرژی فعالیت می‌کننـد، دوره‌هـای تحـصیلات تکمیلـی بـا عنـوان +SELECT برگزار کرده است. هدف این دوره تربیت افرادی از سراسر دنیاست که توانایی کارآفرینی، راهبری صنعت و اشتغال‌زایی صنعتی در زمینهٔ انرژی و انرژیهای تجدیدپذیر را پیدا کنند و به عبارتی توانایی تفکر دربارهٔ احساس مسؤلیت همگانی برای توسعهٔ پایدار را کسب کنند (+SELECT، ۲۰۱۵).

در ایران دورهٔ کارشناسی انرژیهای تجدیدپذیر اجرا نمی‌شود. اما، طبق مـصوبهٔ هفتـصد و چهـل و چهارمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۱۳۸۸/۱۰/۱۹، در برنامـهٔ آمـوزش و سرفـصل

1. Carl von Ossietzky University of Oldenburg
2. University of Freiburg

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 (دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، ۱۳۸۸). در ششصد و شانزدهمین جلسه شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری مورخ ۱۳۸۵/۱۱/۷، مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس دورهٔ کارشناسی ارشد مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر به تصویب رسید. آنچه که به‌عنوان کارآیی دانش‌آموختهٔ این رشته بیان شده است شامل فعالیت پژوهشی در زمینهٔ انرژیهای تجدیدپذیر در مؤسسات پژوهشی، فعالیتهای آموزشی در مؤسسات آموزش عالی و همکاری در گروههای تحلیل و بررسی سیستمهای نرم‌افزاری است. در جدول ۱ دروس اجباری و اختیاری دورهٔ کارشناسی ارشد مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر آورده شده است. در سالهای اخیر در تعدادی از دانشگاههای کشور دانشکده‌هایی تحت‌عنوان فنّاوریهای نوین ایجاد شده‌اند که رشتهٔ انرژی هم در برخی از آنها در سطح کارشناسی ارشد دایر شده است. دانشگاههایی که در آنها دورهٔ کارشناسی ارشد انرژیهای تجدیدپذیر موجود است عبارت‌اند از: دانشگاه اصفهان، دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فنّاوری پیشرفتهٔ کرمان، پژوهشگاه مواد و انرژی، دانشگاه تهران، دانشگاه یزد و واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی (سازمان سنجش آموزش کشور، ۱۳۹۲).

از بین مؤسسات نام‌برده گروه انرژی دانشکدهٔ فنّاوریهای نوین دانشگاه اصفهان در گرایش مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر از ترم اول سال تحصیلی ۱۳۹۰ شروع به جذب دانشجو کرد. از منظر این گروه با تربیت نیروی کارآمد در زمینهٔ مهندسی انرژی موقعیت کشور ایران به لحاظ صنعتی و اقتصادی بسیار ممتاز خواهد شد (دانشکدهٔ علوم و فنّاوریهای نوین دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۰). دانشجویان این رشته در دو دورهٔ آموزش محور و آموزشی ــ پژوهشی جذب می‌شوند. در دورهٔ آموزش‌محور دانشجو موظف به گذراندن ۱۸ واحد اصلی و ۱۲ واحد اختیاری است. در دورهٔ آموزشی ـ پژوهشی دانشجویان ۱۸ واحد اصلی، ۶ واحد اختیاری و ۶ واحد پایان‌نامه می‌گذرانند. جدول دروس اصلی و اختیاری پیشنهادشدهٔ این دانشکده در جدول ۲ آورده شده است.

به نظر می‌رسد برنامه‌های مدوّن برای آموزش مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر در ایران از قاعدهٔ آموزش بقیه رشته‌های مهندسی مستثنی نبوده است و این شیوهٔ آموزش در انرژیهای تجدیدپذیر همان شیوه‌های آموزش عالم و دانشمندپرور به‌جای مهندس و فن‌ورز[1] پرور است که پرورش خلاقیت در آن بیشتر تکیه بر محفوظات است (مطهری‌نژاد، یعقوبی و دوامی، ۱۳۹۰).

---

۱. معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ «تکنسین»

ماهیت رشتهٔ انرژیهای تجدیدپذیر، میان‌رشته‌ای 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 فنّاوری انرژیهای تجدیدپذیر دروس پایه‌ای، که در مقاطع کارشناسی مهندسی تدریس می‌شود، مانند ریاضیات مهندسی، انتقال گرما و مکانیک سیالات کافی است.

جدول ۱: دروس اجباری و اختیاری دورهٔ کارشناسی ارشد مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری

دروس اجباری	دروس اختیاری
مبانی انرژیهای تجدیدپذیر (۱) مبانی انرژیهای تجدیدپذیر (۲) آمار کاربردی و ریاضیات طراحی سیستمهای انرژی تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی انرژی و محیط‌زیست آزمایشگاه اندازه‌گیری و انرژی‌سنجی	تحلیل سیستمها و ممیزی انرژی انرژی خورشیدی (مبانی و کاربردها) انرژی هسته‌ای (مبانی و کاربردها) انرژی بادی (مبانی و کاربردها) انرژی آبی (مبانی و کاربردها) انرژی بیوماس و بیوگاز (مبانی و کاربردها) انرژی بیوانرژی (مبانی و کاربردها) انرژی هیدروژن و پیلهای سوختی منابع و مصارف انرژی مدیریت و اقتصاد انرژی

جدول ۲: دروس اصلی و اختیاری پیشنهادشدهٔ دانشکدهٔ فنّاوریهای نوین دانشگاه اصفهان دورهٔ کارشناسی ارشد مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر

دروس اصلی ـ تخصصی	دروس اختیاری
مبانی انرژیهای تجدیدپذیر ریاضیات مهندسی پیشرفته آزمایشگاه انرژیهای تجدیدپذیر تبدیل و ذخیره‌سازی انرژی پدیده‌های انتقال مدلسازی سیستمهای انرژی طراحی آزمایشها و تحلیل داده‌ها	انرژی خورشیدی، انرژی باد، انرژی آب، انرژی زیستی، تحلیل سیستمها و ممیزی انرژی، مدیریت و اقتصاد انرژی، هیدروژن و پیلهای سوختی، طراحی سیستمهای انرژی، انرژی محیط‌زیست و توسعهٔ پایدار، اکتشاف زمین گرمایی، ارزیابی و بهره‌برداری از منابع زمین گرمایی، انرژی امواج و دریاها، باتری، الکتروشیمی برای کاربردهای مرتبط با انرژی، کاتالیزورهای پیل سوختی، مباحث نوین در انرژیهای تجدیدپذیر

در کشورهای درحال‌توسعه، پژوهش در علوم و فنّاوری کلید توسعه محسوب می‌شود ولی معمولاً مسائل تبلیغاتی و نمایش ظاهری پیشرفت همه‌چیز را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. برنامه‌های پژوهشی نمایشی در کشورهای پیشرفته هم وجود دارد اما شدت آن در کشورهای درحال‌توسعه بیشتر است (دانشی، ۱۳۸۵). با توسعهٔ 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 پیش ببرند و این در سایهٔ تولیدات علمی است که اولاً بر اساس نیازهای بومی ایران باشد و ثانیاً در تولیدات علمی، توجه به افزایش تعداد مقالات چاپ‌شده در مجلات بین‌المللی باعث پایین آمدن کیفیت پژوهش نشود.

با مرور سیاست‌گذاریها در زمینهٔ انرژیهای تجدیدپذیر در ایران، این پرسش در ذهن شکل می‌گیرد که چرا در کشوری مانند ایران که جزء مناطق پرآفتاب دنیا با متوسط تابش ۲۰۰۰kWh/m2.year و تعداد ساعات آفتابی ۲۰۰۰ ساعت در سال است (فدایی‌امیر، شمس اسفندآبادی و عباسی، ۱۳۸۹)، کارگروه راهبری انرژی خورشیدی وجود ندارد اما کارگروه راهبری پیل سوختی وجود دارد. البته کسی مخالف پیشرفت علمی نیست اما پرداختن به اولویتها هم مهم است. طبق آنچه که به‌عنوان چشم‌انداز بیست‌سالهٔ جمهوری اسلامی ایران تعیین شده است، ایران باید ۱۰ درصد برق مورد نیاز خود را تا سال ۱۴۰۴ از انرژیهای تجدیدپذیر تأمین کند. این در حالی است که تا انتهای سال ۱۳۸۸ تنها ۱ درصد برق مصرفی از انرژیهای تجدیدپذیر تولید شده است (فدایی‌امیر و همکاران، ۱۳۸۹). متأسفانه در ایران یک راهبرد کلی در زمینهٔ توسعهٔ صنعت انرژیهای تجدیدپذیر وجود ندارد. ازاین‌رو با تصویب افزایش قیمت حاملهای انرژی طبق قانون هدفمندی یارانه‌ها، موجی از افتتاح پروژه‌های انرژیهای تجدیدپذیر همه و همه برای کاهش هزینه مصرف انرژی به راه افتاد.

در بین سالهای ۱۹۹۶-۲۰۱۲ میلادی، تعداد مقالات چاپ‌شده از کشور ایران در زمینهٔ انرژیهای تجدیدپذیر ۱۰۳۶ بوده که با این تعداد ایران رتبهٔ ۱۸ دنیا را کسب کرده است (SJI، ۲۰۱۲). کشورهای امریکا، چین و هند به‌ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند. اما در رتبه‌های پس از ایران کشورهایی مانند دانمارک، سوئیس و اتریش به‌ترتیب در رتبه‌های ۲۱، ۲۲ و ۳۲ قرار دارند. به دلیل توسعهٔ دوره‌های تحصیلات تکمیلی در سالهای اخیر تعداد مقالات رشد چشمگیری داشته است. به عنوان نمونه، تعداد مقالات ایران سال در ۲۰۱۳ نسبت به سال ۲۰۰۰ بیشتر از ده برابر شده است (مجلهٔ بین‌المللی انرژیهای تجدیدپذیر، ۲۰۱۵). اما با این تعداد تولیدات علمی، ایران واردکنندهٔ محصولات انرژیهای تجدیدپذیر مانند آبگرمکنها و سلولهای خورشیدی است. بنابراین سیاست و کارآیی پژوهش در کشوری مانند دانمارک، که در زمینهٔ انرژی باد صاحب فنّاوری و استاندارد است، یا کشوری مانند اتریش، که از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان محصولات خورشیدی است، مشخص می‌شود.

در کشوری مانند دانمارک آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در خدمت توسعهٔ پایدار است؛ این طرز تفکر باعث می‌شود که مؤسسات آموزشی پژوهشی پیشرو مانند Risø (انستیتو انرژی باد DTU، ۲۰۱۵) استانداردهای ایرفویل توربینهای بادی را تدوین کنند و بزرگ‌ترین شرکتهای تولیدکنندهٔ توربین بادی در این کشور شکل بگیرند.

۴. نتایج پژوهش

در قسمتهای پیش دیدگاههای مختلف در زمینهٔ انرژیهای تجدیدپذیر در ایران و جهان با هم مقایسه شد و ضرورت پرداختن به این مقوله آشکار شد. در پرداختن به یک برنامهٔ درسی در زمینهٔ انرژیهای تجدیدپذیر، یافته‌ها و نتایج زیر از پژوهش حاضر ارائه می‌شود:

الف. آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در سیاست‌گذاریهای کلان: اولین چالشی که آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در ایران با آن روبه‌رو است مسئلهٔ تصمیم‌سازی و مدیریت کلان است. سیاست‌گذاران کلان کشور، با فرهنگ‌سازی و آموزش عمومی جامعه می‌توانند زمینهٔ رشد صنعت بومی و بازار انرژیهای تجدیدپذیر را فراهم آورند. ایجاد زیرساختهای صنعتی ـ تولیدی، به وجود آوردن این باور که انرژیهای تجدیدپذیر توسعهٔ 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.

ب. توسعهٔ فرهنگ کارآفرینی: فرهنگ دانشگاهی نه‌تنها در این زمینهٔ خاص، بلکه در تمام رشته‌ها باید کارآفرین باشد (توفیقی و نورشاهی، ۱۳۹۱). در رشته‌های تازه‌تأسیس 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 روحیهٔ 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.

پ. ارائهٔ آموزشهای کسب و کار: از مواردی که در برنامه‌ریزی آموزشی برای رشته انرژیهای تجدیدپذیر باید به آن توجه ویژه کرد آموزش مدیریت است، چرا که یک دانش‌آموختهٔ کارآفرین باید توانایی مدیریت منابع انسانی و مالی را داشته باشد (ستوده قره‌باغ، ۱۳۸۲). از دیگر مفاد درسی فراموش‌شده‌ای که باید آموخته شود، ولی تدریس نمی‌شود (مدنی‌فر و سجادیه، ۱۳۸۸) 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

بازایابی انرژیهای تجدیدپذیر علاوه بر ایجاد تنوع و جذابیت، دانش‌آموختگان را بـرای ورود بـه بازار کار آماده می‌کند.

ت. توجه به نرم‌افزارها: از مباحثی که امروز در آموزشـهای مهندسـی مطـرح مـی‌شـود توجـه بـه نرم‌افزارهای مهندسی است. توصیه می‌شود که دانشگاهها نـرم‌افزارهـای مهندسـی مربـوط بـه طراحیهای فنی و اقتصادی انرژیهای تجدیدپذیر را تهیه کنند و در اختیار دانشجویان خود قرار دهند تا یادگیری دروس موردنظر همراه بـا طراحـی بـه کمـک نـرم‌افزارهـای مربـوط باشـد و دانشجویان بتوانند بر شبیه‌سازی تسلط پیدا کنند.

ث. کاهش بُعد علمی محض: در ایران معمولاً دوره‌های کارشناسی ارشـد مهندسـی شـامل دروس محض مهندسی است که بعضاً با پسوند«پیشرفته» ارائه می‌شود و دانـش‌آموختـهٔ کارشناسـی ارشد معمولاً خود را بر سر دوراهی می‌بینند که اگر بخواهد وارد محـیط صـنعتی شـود همـان دانش مهندسی کارشناسی برایش کافی بوده، پس تنها راه استفاده از دروس کارشناسی ارشـد ادامهٔ آن در دورهٔ دکتری است. بنابراین اشکالی ندارد که در یک رشـته میـان‌رشـته‌ای ماننـد انرژیهای تجدیدپذیر، که دانشجویان آن از میان دانش‌آموختگان کارشناسی رشـته‌هـای دیگـر پذیرفته می‌شوند، برنامهٔ آموزش به گونه‌ای باشد که علاوه بر کـسب دانـش، آمـادگی فعالیـت صنعتی را نیز در دانشجویان تقویت کند.

ج. پیشنهاد تأسیس انجمن آموزش انرژیهای تجدیدپذیر: از دیگر مواردی که می‌تـوان در راسـتای بهتر شدن آموزش به آن اشاره کرد، تأسیس نهادی به نام انجمن آموزش انرژیهای تجدیدپـذیر است. در این انجمن علاوه بر استادان صاحب‌نظر دانشگاهی، مدیران تصمیم‌سازی و شـرکتهای خصوصی نیز می‌توانند نظرات خود را برای بهتر شدن برنامه‌هـای آموزشـی و تعریـف درسـت نیازها ارائه کنند.

چ. تعیین اولویتهـای پژوهـشی متناسـب بـا نیازهـای داخلـی: اولویتهـای پژوهـشی در انرژیهـای تجدیدپذیر باید در راستای رفع نیازهای صنایع داخلی باشـد. بنـابراین راه‌انـدازی مجلاتـی بـا عنوان انرژیهای تجدیدپذیر یا عنوانهای خاص‌تر مانند انرژی خورشیدی و زیست‌توده بـه زبـان فارسی می‌تواند تأثیر زیادی در گسترش همکاری دانشگاهها و صنایع داشته باشد.

ح. تربیت مدرسان انرژیهای تجدیدپذیر: شاید یکی از چالشهای آمـوزش انرژیهـای تجدیدپـذیر در ایران نبود استادان و مدرسانی است که تخصـصی در ایـن زمینـه کـار کـرده باشـد. ازایـن‌رو، می‌توان برای برگزاری کارگاههای آموزشی برای استادان ایران از استادان و متخصـصان دیگـر کشورها بهره گرفت یا آنهـا را بـه دوره‌هـای آموزشـی پژوهـشی کوتـاه‌مـدت در دانـشگاههای صاحب‌نام اعزام کرد. همچنین اعزام دانشجویان برتر برای ادامهٔ تحـصیل بـه ایـن دانـشگاهها،

البته با نظارت بر کار آموزشی و پژوهشی آنها، 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. بحث و نتیجه‌گیری

آموزش انرژیهای تجدیدپذیر در سطوح مختلف از آموزش عمومی جامعه گرفته تا آموزش دانشگاهی مطرح است. در این مقاله، آموزش انرژیهای تجدیدپذیر از حیث لزوم توجه به دانشی، که به تولید ثروت بینجامد، برای حصول این مهم، نتایج پژوهش حاضر نشان داد برای آنکه در کشوری با جمعیت جوان مانند ایران، صنایع انرژیهای تجدیدپذیر عامل تولید ثروت و اشتغال‌زایی باشد، باید برنامه‌ریزیهای آموزشی دوره‌های دانشگاهی به گونه‌ای باشد که دانشجویان پس از فراغت از تحصیل، مهارتهای ورود به بازار کار و کارآفرینی را کسب کرده باشند. بنابراین دروسی با موضوعیت مدیریت، اقتصاد، و بازرگانی از مواردی هستند که در تدوین برنامه باید مدنظر قرار گیرند. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد تأسیس انجمن آموزش انرژیهای تجدیدپذیر به‌منظور رصد نیازهای صنعتی و خدماتی جامعه، تربیت مدرسان دانشگاهی، و برگزاری دوره‌های مشترک بین دانشگاههای داخلی و دانشگاههای پیشرو خارجی از راههای ارتقاء آموزش انرژیهای تجدیدپذیر خواهد بود. همچنین چون استفاده‌کنندگان نهایی از نتایج پژوهشهای دانشگاهی صنایع داخلی مرتبط هستند، پیشنهاد می‌شود که مجلات فارسی زبان راه‌اندازی شوند.

مراجع

توفیقی، جعفر و نورشاهی، نسرین (۱۳۹۱). ارائه راهکارهایی برای توسعه همکاریهای دانشگاه و صنعت در ایران. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۱۴(۵۶)، ۹۵-۷۵.

دانشکده علوم و فنّاوریهای نوین دانشگاه اصفهان، سرفصل کارشناسی ارشد مهندسی انرژیهای تجدیدپذیر، (۱۳۹۴). بازیابی شده از http://ast.ui.ac.ir/

دانشی، غلامحسین، (۱۳۸۵). مدیریت و سمت و سوی تحقیقات صنعتی در ایران: نگاهی انتقادی به وضعیت موجود. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران، ۸(۳۲)، ۸۵-۶۵*

دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری، مشخصات کلی، برنامه آموزشی و سرفصل دروس مهندسی مکانیک، (۱۳۸۸). بازیابی شده از http://www.msrt.ir/fa/prog/Pages/ApprovedCourses.aspx

سازمان سنجش آموزش کشور، دفترچه انتخاب رشته کارشناسی ارشد (۱۳۹۲). بازیابی شده از www.sanjesh.org

ستوده قره‌باغ، رحمت (۱۳۸۲). نقش آموزش مدیریت در رشته‌های مهندسی در دوره کارشناسی. *فصلنامهٔ آموزش مهندسی ایران، ۵ (۱۸)، ۵۶-۴۵.*

شورای عالی انقلاب فرهنگی، نقشه جامع علمی کشور (۱۳۹۰). بازیابی از http://www.iranculture.org/UserFiles/1.pdf

فدایی‌امیر، داود، شمس اسفندآبادی، زهرا و عباسی، آزاده (۱۳۸۹). بررسی علل عدم تحقق اهداف کشور در بخش انرژیهای تجدیدپذیر در برنامه چهارم توسعه. نشریه انرژی ایران، (۱۳)، ش ۲، ۳۴-۲۳.

مدنی‌فر، محمدرضا و سجادیه، نرگس (۱۳۸۸). برنامه درسی مغفول در آموزش مهندسی. *فصلنامهٔ آموزش مهندسی ایران*، ۱۱(۴۳)، ۹۸-۸۱.

مطهری‌نژاد، حسین، یعقوبی، محمود و دوامی، پرویز، (۱۳۹۰). الزامات آموزش مهندسی با توجه به نیازهای صنعت در کشور ایران. *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، ۱۳(۵۲)، ۳۹-۲۳.

Acikgoz, C. (2011). Renewable energy education in Turkey. Renewable Energy, 36, 608-611.

Bass, R.B., (2006). A bachelor's degree program in renewable energy engineering. 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, October 28 – 31, 2006, San Diego, USA.

Bhattacharya, S. C. (2001). Renewable energy education at the university level. Renewable Energy, 22, 91-97.

Biresselioglu, M. E., Karaibrahimoglu, Y. Z. (2012). The government orientation and use of renewable energy: Case of Europe. Renewable Energy, 47, 29-37.

Centre for Renewable Energy, University of Freiburg (2015). http://www.zee-uni-freiburg.de/index.php?id=26

Institute of Physics, Carl von Ossietzky University of Oldenburg (2015). Retrieved from http://www.uni-oldenburg.de/en/ppre/

Institute for Wind Energy, DTU Denmark, (2015). Retrieved from http://www.vindenergi.dtu.dk/

International Institute for Sustainable Development, Germany's Green Industrial Policy Stable Policies – Turbulent Markets: The costs and benefits of promoting solar PV and wind energy (2014). Retrieved from https://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/rens_gip_germany.pdf

Jennings, P., Lund, C. (2001). Renewable energy education for sustainable development. Renewable Energy, 22, 13 -118.

Jennings, P. (2009). New directions in renewable energy education. Renewable Energy, 34, 435–439.

Murdoch's Energy Studies Program, Murdoch University, (2015). http://www.murdoch.edu.au

O'Mara, K.L., Jennings, P. (2001). Innovative renewable energy education using the World Wide Web. Renewable Energy, 22, 135-141.

Othman, M.Y., Sopian, K. (1999). Renewable energy education for ASEAN. Renewable Energy, 16, 1225-1230.

Renewable Energy, An International Journal, http://www.journals.elsevier.com/renewable-energy/

San Cristóbal Mateo, J. R. (2012). Multi-Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry. Springer-Verlag, London.

SCImago Journal & Country Rank, Retrieved from http://www.scimagojr.com/
School of Photovoltaic and Renewable Energy Engineering, UNSW Australia, Retrieved from: http://www.engineering.unsw.edu.au/energy-engineering/
Select plus program, (2015); Retrieved from http://www.exploreselect.eu/