



# انرژی‌های تجدیدپذیر و انقلاب صنعتی سوم

سلیمان معروفی، کارشناس مسئول پژوهش‌سرای دکتر حسابی، مهاباد  
سلیمان آوری، دبیر ریاضی دبیرستان پسرانه امیرکبیر، مهاباد  
انور اسمعیل‌پوری، کارشناس مسئول پژوهش‌سرای دکتر حسابی، مهاباد

## چکیده

با بحران اقتصادی، گرمایش زمین و پیامدهای حاصل از استفاده بی‌رویه بشر از سوخت‌های فسیلی، به نظر می‌رسد تمدن بشر به پایان یک دوره رسیده است. جهت جلوگیری از مصرف انرژی‌های فسیلی که آلوده کننده محیط زیست هستند؛ کشورهای جهان در تکاپوی دستیابی مؤثرتر و ارزان‌تر به انرژی‌های تجدیدپذیرند. جرمی ریفکین، اقتصاددان آمریکایی و مشاور کمیسیون اتحادیه اروپا به تازگی کتابی با عنوان «انقلاب صنعتی سوم» منتشر کرده است. به باور او تنها انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب با شبکه اینترنت می‌توانند بشر را از بحران انرژی موجود نجات دهند. در این مقاله دیدگاه‌های نوین اندیشمندان علمی و اقتصادی پیرامون مقوله انرژی‌های تجدیدپذیر مطرح می‌شود که مایه اصلی تولد انقلاب صنعتی سوم است. بنابراین لازم است برای تربیت نسلی از دانشمندان و مهندسان که در یک انقلاب علمی - صنعتی قرار می‌گیرند زمینه‌های مساعد آموزشی و مهارت‌یابی فراهم گردد و این مهم وظیفه دستگاه‌های آموزشی، دست‌اندرکاران آموزش علوم و دبیران فیزیک است.

چشمگیر و گسترده، در نظام اقتصادی - اجتماعی اروپا، به‌ویژه در فاصله سال‌های ۱۷۶۰ تا ۱۸۳۰ میلادی در صنایع انگلستان پدیدار شد. بیشتر جامعه‌شناسان معتقدند انقلاب صنعتی دوم با ظهور علم الکترونیک شروع شد و در عصر حاضر با ورود رایانه‌ها و روبات‌های هوشمند به عرصه صنعت به پایان دوره خود رسید. برخی دیگر معتقدند به همراه پیشرفت‌هایی مانند هوش مصنوعی و مهندسی ژنتیک انقلاب صنعتی سوم شروع شده است.

کورت وونه‌گات<sup>۲</sup> در مورد انقلاب‌های صنعتی می‌گوید: «انقلاب صنعتی اول کار عضلانی را بی‌ارزش کرد و انقلاب صنعتی دوم (الکترونیک و اینترنت) کار ذهنی یکنواخت را از ارزش انداخت. آیا تصور می‌کنید انقلاب سوم در کار خواهد بود؟ انقلاب سوم ممکن است به چه چیزی شبیه باشد؟» [۱]  
جرمی ریفکین انقلاب صنعتی سوم را در اروپا در حال وقوع می‌بیند که براساس به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر است و به سه اصل زیر تقسیم می‌شود: [۲]

۱. انرژی‌های تجدیدپذیر
۲. سازوکار ذخیره‌سازی کارآمد برای گاز هیدروژن
۳. شبکه‌های هوشمند انرژی که قابلیت تولید غیرمتمرکز را دارند.

**کلیدواژه‌ها:** انرژی تجدیدپذیر، انقلاب صنعتی سوم، هیدروژن، پیل سوختی، ذخیره انرژی.

## مقدمه

پیدایش زندگی ماشینی و بسط و تعمیم آن، پایه‌های اولین انقلاب صنعتی بود. اصطلاح «انقلاب صنعتی» را نخستین بار نویسندگان فرانسوی در اوایل قرن نوزدهم برای توصیف به‌کارگیری ماشین‌هایی با نیروی محرکه بخار در صنعت پارچه‌بافی کتانی به کار بردند. این انقلاب برای تغییراتی بود که سال‌های پیش از آن به تدریج، اما به‌طور

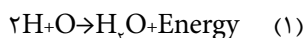
به‌منظور اینکه هر یک از اجزای این انقلاب بتوانند به‌طور کامل از همه طرفیت خود استفاده کنند و برنامه‌های جدید اقتصادی، کاربردی و عملی شوند، این سه اصل باید به روشی کاملاً تلفیقی طرح‌ریزی شوند و به‌طور همزمان گسترش پیدا کنند.

## اصل اول: انرژی‌های تجدیدپذیر

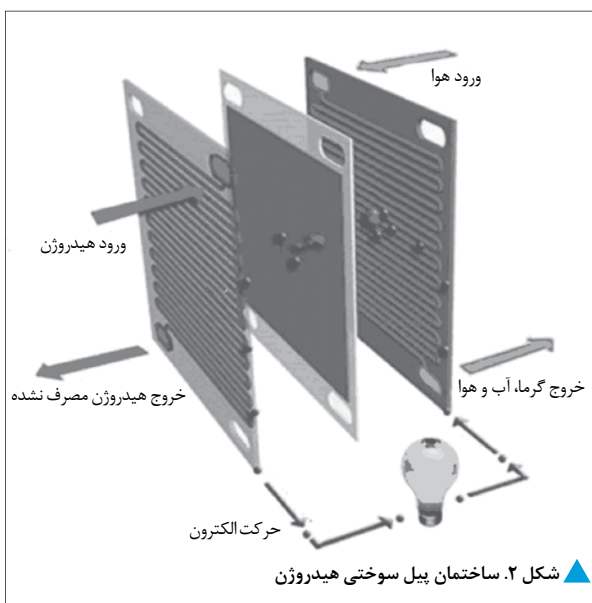
اشکال مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر عبارت‌اند از انرژی خورشید، باد، آب، زمین گرمایی، دریا، بیومس و ... این انرژی‌ها

طبیعت یافت می‌شود و هنگامی که به‌عنوان منبع انرژی یا سوخت مورد استفاده قرار گیرد، تنها محصولات تولیدی آن آب پاک و گرماست. بیش از ۳۰ سال است که انرژی مورد نیاز فضاپیماها توسط پیل‌های سوختی با فناوری بالا، که با هیدروژن کار می‌کنند، تأمین می‌شود.

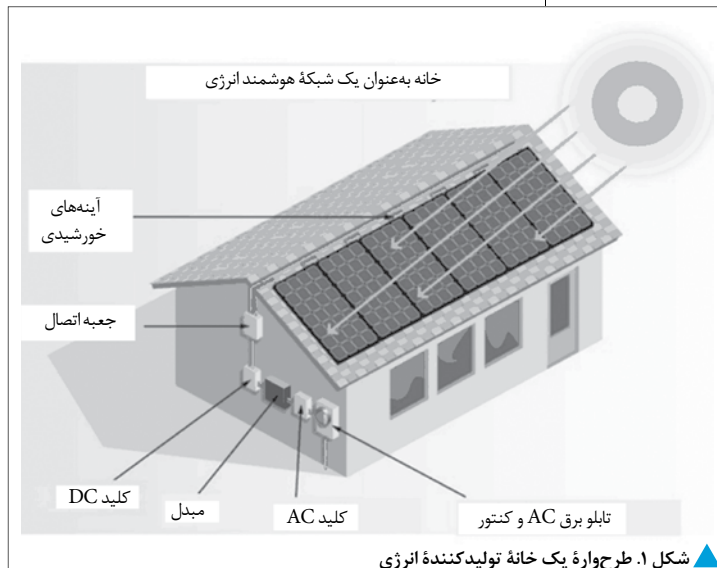
هیدروژن در همه جا یافت می‌شود، با وجود این به‌ندرت به حالت آزاد در طبیعت وجود دارد و باید آن را از سوخت‌های فسیلی، آب یا مواد آلی استخراج کرد. در حال حاضر، روش بسیار کارآمد تولید هیدروژن تجاری، الکترولیز آب است. امکان ذخیره‌سازی هیدروژن مانند نفت محدود است، بنابراین هم‌اکنون هیدروژن منبع قابل اطمینانی برای تولید انرژی به‌شمار نمی‌آید. بر پایه ذخیره‌سازی، روش دیگری نیز برای تولید هیدروژن وجود دارد. این روش استفاده از تمام انواع انرژی‌های تجدیدپذیر را برای تولید هیدروژن پیشنهاد می‌کند. انرژی خورشیدی، باد، آب، امواج اقیانوس و زمین‌گرایی بیش از پیش برای تولید الکتریسیته به‌کار می‌روند، این الکتریسیته می‌تواند طی فرایند الکترولیز آب که در رابطه (۱) نشان داده شده، عناصر سازنده آب (هیدروژن و اکسیژن) را از هم جدا کند.



و در نتیجه سوخت آن در پیل سوختی، حاصل آن، چنانکه در شکل ۲ دیده می‌شود، الکتریسیته، گرما و آب است.



نمایانگر درصد کمی از مجموع انرژی‌های کاربردی هستند اما به‌دلیل اینکه ذخایر انرژی‌های فسیلی (تجدیدناپذیر) روبه کاهش است، استفاده از این انرژی‌ها به سرعت روبه افزایش است. همچنین به‌علت تأثیر مثبتی که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بر بازار انرژی گذاشته است، دولت‌ها سیاست‌های حمایتی خود را برای ورود این انرژی‌ها به بازار به‌کار گرفته‌اند.



ترویج استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نه‌تنها بر عهده دولت‌ها است و حمایت همه‌جانبه از آن‌ها را می‌طلبد، بلکه شهروندان را تشویق می‌کند تا با توجه به امکاناتی که در اختیار دارند، مانند خانه، مزرعه و...، خودشان یک تولیدکننده انرژی باشند.

### اصل دوم: فناوری ذخیره انرژی

برای به حداکثر رساندن میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و به حداقل رساندن قیمت آن‌ها، ابداع و گسترش روش‌هایی مطمئن جهت ذخیره‌سازی این‌گونه انرژی‌ها لازم است. انواع باتری‌ها، انتقال انرژی آب به‌وسیله پمپاژ و دیگر روش‌ها می‌توانند بخشی از ذخیره‌سازی محدود را فراهم کنند. با وجود این، روشی در دسترس‌تر و کارآمدتر نیز وجود دارد. [۳] و آن ذخیره‌سازی هیدروژن است.

تولید و ذخیره‌سازی هیدروژن روشی جهانی است که می‌تواند تمامی انواع انرژی‌های تجدیدپذیر را ذخیره کند. هیدروژن با قابلیت پایدار و مطمئن برای تولید انرژی و حمل و نقل، در دسترس بودن همیشگی‌اش را تضمین می‌کند. هیدروژن عنصری بسیار سبک است که به فراوانی در



به‌علت تأثیر مثبتی که استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بر بازار انرژی گذاشته است، دولت‌ها سیاست‌های حمایتی خود را برای ورود این انرژی‌ها به بازار به‌کار گرفته‌اند

هیدروژن عنصری بسیار سبک است که به فراوانی در طبیعت یافت می‌شود و هنگامی که به عنوان منبع انرژی یا سوخت مورد استفاده قرار گیرد، تنها محصولات تولیدی آن آب پاک و گرم است



جدید بالا است اما قیمت‌های مستقیم و غیرمستقیم گاز و نفت نیز در بازارهای جهانی بی‌وقفه در حال افزایش است. با کاهش هزینه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و هیدروژن و افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، در آینده نزدیک شاهد تلاقی این دو نرخ خواهیم بود و پس از آن عصر جدیدی از انرژی آغاز خواهد شد. پایه‌های گذار به سوی سومین انقلاب صنعتی در مارس ۲۰۰۷ در شورای اتحادیه اروپا شکل گرفت. اتحادیه اروپا اولین ابرقدرتی است که همه کشورهای عضو را ملزم کرده است که تا سال ۲۰۲۰ م. تا ۲۰ درصد انرژی مصرفی خود را از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین کنند. [۴]

در اکتبر ۲۰۰۷ کمیسیون اروپایی، با تأکید بر تولید هیدروژن توسط منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، از همکاری بخش‌های خصوصی و دولتی کشورهای عضو برای اختصاص میلیاردها یورو از منابع مالی‌شان جهت تسریع ورود تجارتي اقتصاد هیدروژن به دولت‌های عضو اتحادیه اروپا خبر داد.

### اصل سوم: شبکه‌های هوشمند انرژی

با توجه به اهمیت تغییر اساسی به نفع انرژی‌های تجدیدپذیر و سرمایه‌گذاری بر روی طرح‌های تحقیقاتی - توسعه‌ای در رابطه با انرژی و فناوری پیل‌های سوختی هیدروژنی، اتحادیه اروپا دو اصل نخست از اصول سومین انقلاب صنعتی اروپا را نهادینه کرد. سومین اصل، شکل‌دهی دوباره شبکه برق اروپا بر مبنای شبکه اینترنت است و به شرکت‌های خصوصی و دولتی اجازه خواهد داد تا انرژی مورد نیازشان را خودشان تأمین کنند و همگی در تولید انرژی سهم بگیرند. این طرح به‌طور آزمایشی در شرکت‌های برق اروپایی در حال اجرا است. این شبکه درونی هوشمند از سه بخش اصلی تشکیل شده است.

۱. شبکه‌های کوچک مجاز بخش خصوصی
۲. شرکت‌های کوچک و متوسط، مانند شرکت‌های بزرگ تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (به روش پیل‌های خورشیدی، مزارع بادی، نیروگاه‌های کوچک آبی، مراکز تولید انرژی از پسماندهای حیوانی، گیاهی و زباله)
۳. شبکه‌های بیرونی تأمین‌کننده انرژی مورد نیاز شرکت‌های خصوصی و دولتی.

فناوری محاسبه هوشمند به تولیدکنندگان محلی امکان می‌دهد تا انرژی تولیدی خود را مستقیماً به شبکه اصلی برق بفروشند. فناوری محاسبه شبکه هوشمند در تمام دستگاه‌ها و ریزپردازنده‌ها مستقر در دستگاه شبکه گنجانده شده است و این امکان را فراهم می‌کند تا هر دستگاه با شبکه اصلی در ارتباط باشد. این نرم‌افزار به کل شبکه برق امکان محاسبه

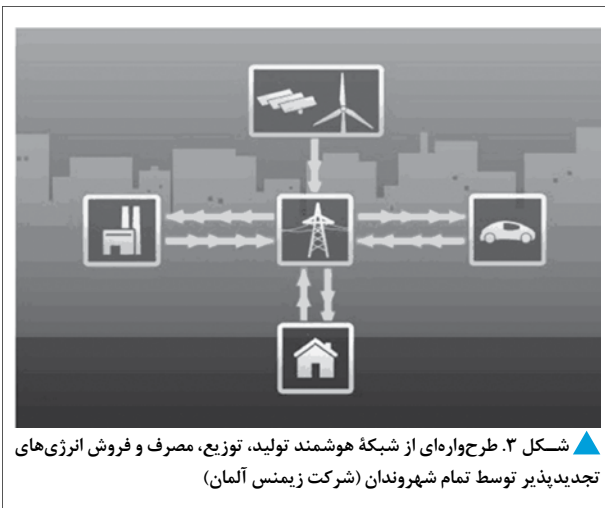
هیدروژن مستقیماً از ضایعات حیوانی و گیاهی و آلی نیز استخراج می‌شود بدون آنکه نیازی به الکترولیز باشد. نکته مهم و قابل توجه این است که انرژی تجدیدپذیر زمانی پایدار خواهد بود که به‌صورت هیدروژن ذخیره شود زیرا خورشید همواره نمی‌تابد، باد همیشه نمی‌وزد، در زمان خشک‌سالی آب جریان ندارد و میزان محصولات کشاورزی هر سال نسبت به سال‌های دیگر متفاوت است.

وقتی انرژی‌های تجدیدپذیر در دسترس نباشند، الکتریسیته تولید نمی‌شود و فعالیت‌های اقتصادی متوقف می‌شوند، اما اگر قسمتی از الکتریسیته تولیدی هنگامی که انرژی‌های تجدیدپذیر به فراوانی وجود دارند برای استخراج هیدروژن آب به کار گرفته شود، هیدروژن تولیدی می‌تواند برای مصارف بعدی ذخیره شود، به این ترتیب تولید انرژی به‌صورت مداوم برای جوامع امکان‌پذیر خواهد بود. بخشی از ظرفیت ذخیره‌سازی شبکه عظیم توزیع هوشمند انرژی را هیدروژن و بخش دیگر را دیگر فناوری‌های شناخته شده ذخیره‌سازی باتری‌های الکتریکی، ایستگاه‌های انتقال انرژی هیدرولیکی (آبی) به وسیله پمپاژ، فراخازن‌ها و... تأمین می‌کنند. ترکیب هیدروژن و دیگر روش‌های ذخیره‌سازی منبع مطمئن و قابل دسترسی از انرژی را تشکیل می‌دهند. همچنین هیدروژن را می‌توان از بیومس استخراج و به همین روش ذخیره کرد.

برای مثال می‌توان کشور برزیل را نام برد. در برزیل نتایج سیاست انرژی متکی بر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید الکتریسیته بسیار موفقیت‌آمیز بوده است. هم‌اکنون ۸۰ درصد الکتریسیته تولیدی در این کشور از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین می‌شود.

سال ۲۰۰۱ در برزیل خشکسالی روی داد. سطح آب‌های سطحی کاهش یافت و در نتیجه تولید برق با مشکلات جدی روبه‌رو شد و قطعی‌های مکرر برق در نقاط مختلف این کشور به‌وقوع پیوست. اما برزیل توانست مقداری از مازاد برق تولیدی خود را، در زمانی که سطح آب رودخانه‌ها برای الکترولیز مناسب بود، برای الکترولیز آب و تولید هیدروژن به کار گیرد تا در زمان خشکسالی انرژی جایگزین مناسبی برای آب رودخانه‌ها (سدها) برای تولید برق داشته باشد. به این ترتیب تولید برق در زمان خشکسالی نیز تضمین شد.

در حالی که تأمین هزینه‌های لازم برای به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر به‌سرعت رقابتی شده‌اند، قیمت تولید هیدروژن همچنان بالا مانده است، با وجود این فناوری‌های جدید و پیشرفته و الگوی اقتصادی نشانگر کاهش سالانه این‌گونه هزینه‌هاست. به‌علاوه پیل‌های سوختی هیدروژنی تقریباً دو برابر کارآمدتر از موتورهای درونسوز است. هزینه فناوری‌های



▲ شکل ۳. طرح‌واره‌ای از شبکه هوشمند تولید، توزیع، مصرف و فروش انرژی‌های تجدیدپذیر توسط تمام شهروندان (شرکت زیمنس آلمان)

میزان انرژی مصرفی در همه زمان‌ها و در تمام نقاط روی شبکه را می‌دهد. این اتصال درونی می‌تواند برای جهت دادن به مصرف انرژی و جریان برق طی ساعات اوج مصرف و دیگر ساعت‌ها، برای سازگاری شبکه با تغییرات مداوم قیمت برق، مورد استفاده قرار گیرد.

### دورنمای شبکه‌های هوشمند تولید، فروش و مصرف انرژی

در آینده، شبکه‌های هوشمند به‌علت تغییرات آب‌وهوایی، میزان وزش باد، تابش خورشید یا تغییرات دمایی بیش از پیش کاربردی می‌شوند. با کارآمد بودن شبکه‌های هوشمند، شبکه برق دارای ظرفیتی انعطاف‌پذیر نسبت به جریان متفاوت عبوری از شبکه به‌علت شرایط متغیر جوی بیرونی و نیاز مصرف‌کنندگان خواهد بود.

به‌عنوان مثال اگر شبکه برق متوجه مصرف بیش از اندازه انرژی یا اضافه بار در شبکه به‌علت سوء مصرف شود، نرم‌افزار هوشمند موجود در شبکه می‌تواند به‌طور مثال از ماشین لباسشویی بخواهد که اضافه بار تحمیلی را حذف کند یا از دستگاه تهویه بخواهد تا درجه خود را پایین بیاورد و بدین ترتیب اضافه بار تحمیلی برطرف خواهد شد.

شرکت برق در هزینه‌های برق مصرفی مصرف‌کنندگانی که میزان مصرف خود را تنظیم کنند تخفیف قائل می‌شود. به‌دلیل اینکه قیمت واقعی برق شبکه دائماً در حال تغییر است، اطلاعات لحظه‌ای انرژی راه‌گشای «سیاستی مبتنی بر قیمت‌های پویا» است، این سیاست به مصرف‌کنندگان امکان می‌دهد تا میزان مصرف برق خود را متناسب با قیمت برق شبکه به‌طور خودکار افزایش یا کاهش دهند. این سیاست قیمت‌گذاری به شبکه‌های کوچک محلی تولید اختیار فروش خودکار انرژی تولیدی‌شان را به شبکه‌های اصلی می‌دهد.

شبکه هوشمند نه‌تنها به مصرف‌کنندگان نهایی قدرت انتخاب میزان انرژی مصرفی‌شان را می‌دهد بلکه می‌تواند منبع و روش جدید و کارآمدی برای توزیع برق نیز باشد. طرح جدید اتحادیه اروپا ایجاد شبکه درونی انرژی را مدنظر دارد به این معنا که خواستار ترکیب شبکه‌ها و تشکیل شبکه‌ای واحد است یا به‌عبارت دیگر خواهان شبکه‌ای مستقل‌تر از شرکت‌های تولید انرژی برق است؛ به این ترتیب که تولید و فروش انرژی به شبکه اصلی به‌راحتی و در شرایط یکسان امکان‌پذیر باشد و همه شبکه‌ها از تولید و انتقال اطلاعات در

شبکه اینترنت بهره ببرند. [۵]

کمیسیون اروپایی شبکه‌های هوشمند را مبنای پیشرفت فناوری اروپا قرار داده است. این کمیسیون با تهیه سند راهبردی در سال ۲۰۰۶ شکل‌دهی دوباره شبکه برق اروپا و تبدیل آن به شبکه‌های هوشمند، یکپارچه و درون پویا را خواستار شد. پارلمان اروپایی در سال ۲۰۰۷، با صدور بیانیه‌ای از حرکت جدی اروپا به‌سوی اصول سه‌گانه انقلاب صنعتی سوم خبر داد که عبارت است از استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر اقتصادی، ذخیره‌سازی هیدروژن و ایجاد شبکه هوشمند برق.

اکثریت قریب به اتفاق اعضای پارلمان اروپایی این بیانیه را امضا کردند. پارلمان اروپایی اولین مجمع پارلمانی در جهان است که به‌طور رسمی راهبرد اصول سومین انقلاب صنعتی را برای ورود به آن پذیرفته است.

### نتیجه‌گیری

بازار جهانی انرژی به‌دلیل مشکل‌های پیش‌رو ناگزیر به استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر است. این موضوع خبر از به وقوع پیوستن انقلاب صنعتی سوم می‌دهد. بنابراین کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته نیز باید تلاش خود را در زمینه دستیابی به این بازار چند برابر کنند و این امر مستلزم فرهنگ‌سازی، بومی‌سازی صنایع مربوط و آموزش نسل آینده است. بخش مهمی از این وظیفه نیز برعهده آموزش و پرورش و دیگر دستگاه‌های آموزشی است.

پی‌نوشت‌ها

1. Jeremy Rifkin
2. Kurt Vonnegut

منابع

- [1] Vonnegut, K., Player Piano., (Jan 12, 1999)
- [2] [http://www.ayandeh.com/pagel.php?news\\_id=7552](http://www.ayandeh.com/pagel.php?news_id=7552)
- [3] <http://www.euronews.com/sci-tech/>
- [4] The U.S. Department of Energy (DOE), Own
- [5] Your Power!, Prepared by the National Renewable Energy Laboratory (NREL), January 2009.