شماره شانزدهم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی
وابسته به وزارت نفت

فروردین ماه ۱۴۰۱

ماهنامه تخصصی
فناوری های انرژی
۱۶
EnerTech

پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

۳ سخنی با مخاطب

رویدادهای فناوری

۴ چین نخستین طرح توسعه هیدروژن در سطح ملی خود را منتشر کرد
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۵ شرکت نپتون انرژی ادعا دارد تا ۲۰۳۰ بیش از کربن منتشر شده ی خود، کربن جذب و ذخیره سازی خواهد کرد
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۵ سنگاپور قصد دارد مالیات کربن را ۱۶ برابر کند
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۶ «همین حالا یا هرگز!» باید افزایش دمای جهانی را به ۱,۵ درجه محدود کرد
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۷ انرژی سبز، سبزتر می شود!
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۷ آیا انرژی دریایی برای نجات سیاره زمین به کار خواهد آمد؟
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۸ نوآوری های فناورانه و ابتکاراتی که می توانند در انرژی پاک موثر باشند
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۹ شش کلان روند که در سال ۲۰۲۲ برای دنیای انرژی قابل پیش بینی خواهد بود
حوزه: نظم کنونی انرژی

۹ شلمبرگر با افتتاح «کارخانه ی نوآوری هیوستون»، شبکه ی جهانی نوآوری هوش مصنوعی را گسترش می دهد
حوزه: نظم کنونی انرژی

۱۰ سینتلا و شلمبرگر مشترکاً بر راهکارهای مبتنی بر فیبر نوری متمرکز خواهند بود
حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

۱۱ ضرورت حمایت فناورانه از کشورهای در حال توسعه در دستیابی به انتشار خالص صفر
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۴ تولید برق از انرژی جزر و مد چیستی، امکان سنجی و پیاده سازی آن در ایران
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

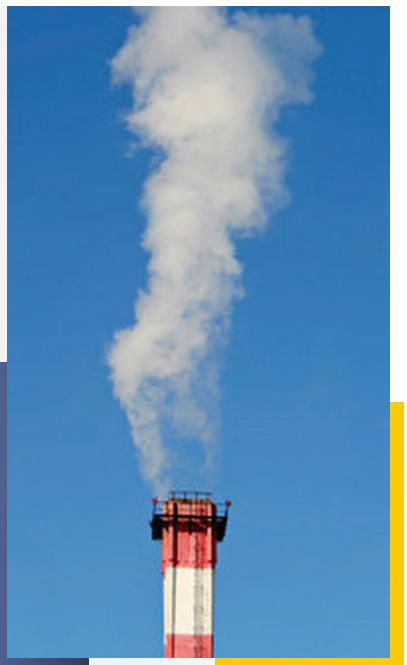
۲۰ توسعه سیستم های نوآوری انرژی؛ بمنظور تسریع در گسترش فناوری های پاک و نیل به اهداف جهانی مقابله با تغییر اقلیم
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۲۶ لیتیوم و کاربردهای آن در صنعت حمل‌ونقل
حوزه: نظم کنونی انرژی

شناسنامه :

مدیر مسئول: عقیل براتی
ناظران علمی: عرفان ریاحی، احمد خان بیگی
سردبیر: عقیل براتی
همکاران این شماره: سیدصادق ضرغامی، طاهر خرم روز، اعظم محمدباقری، قاسم توتونچی، سیدعلیرضا واعظ، پیمان نیلچی پور، سید فرزاد هاشمی، رویا سلیمانی

هیات تحریریه: رامش زروانی، عقیل براتی، عباس زراء نژاد، امیرحسین هوشمند، امیرحسین فاکهی، سید صادق ضرغامی، غلامعلی رحیمی، مرتضی بهروزی فر، حمیدرضا مصطفایی، قاسم توتونچی، اعظم محمدباقری، طاهر خرم روز، عباس یعقوبی
طراحی و صفحه آرایی: مرجان بهرامی، نازنین شاهین
ناشر: موسسه مطالعات بین المللی انرژی
تارنما: www.iies.ac.ir www.iies.mop.ir



سخنی با مخاطب؛

بنام خدا

با درود و عرض ادب

ضمن تبریک فرارسیدن سال ۱۴۰۱ هجری شمسی و آغاز قرنی نو و گرامیداشت حلول ماه مبارک رمضان، تقارن بهار طبیعت و بهار قرآن را به فال نیک گرفته و گرم ترین شادباش ها را نثار مخاطبین فرهیخته ی ماهنامه ی تخصصی فناوری های انرژی(EnerTech) می نماییم. در این شماره، گزارش های تحلیلی در زمینه های ضرورت حمایت فناورانه از کشورهای در حال توسعه در بخش انرژی، سیستم های مدیریت نوآوری و نقش آنها در حوزه ی انرژی، انرژی جزر و مد و امکان سنجی تولید برق دریایی در ایران، بررسی خواص فلز لیتیوم و نقش آن در حمل و نقل برقی ایفاد گردیده است. همچنین رویدادهای فناورانه با موضوعاتی مانند طرح ملی صنعت هیدروژن چین، مالیات کربن سخت گیرانه ی سنگاپور، روند های فناوری انرژی در سال ۲۰۲۲، کارخانه ی نوآوری هوش مصنوعی شلمبرگر و هشدار سازمان ملل در زمینه تغییر اقلیم با شعار "یا اکنون، یا هیچ وقت دیگر" تقدیم گردیده است که امید است مورد توجه قرار گیرد.

همانگونه که ملاحظه می گردد، تلاش شده است تقارن و تطابق نسبی بین رویدادهای فناوری و گزارش های تحلیلی ماهنامه حاصل شود که این امر به واسطه رویکرد سیستمی و استفاده از وب بات های هوشمند رصد فناوری میسر شده است.

با آرزوی توفیق، سلامتی و شادکامی

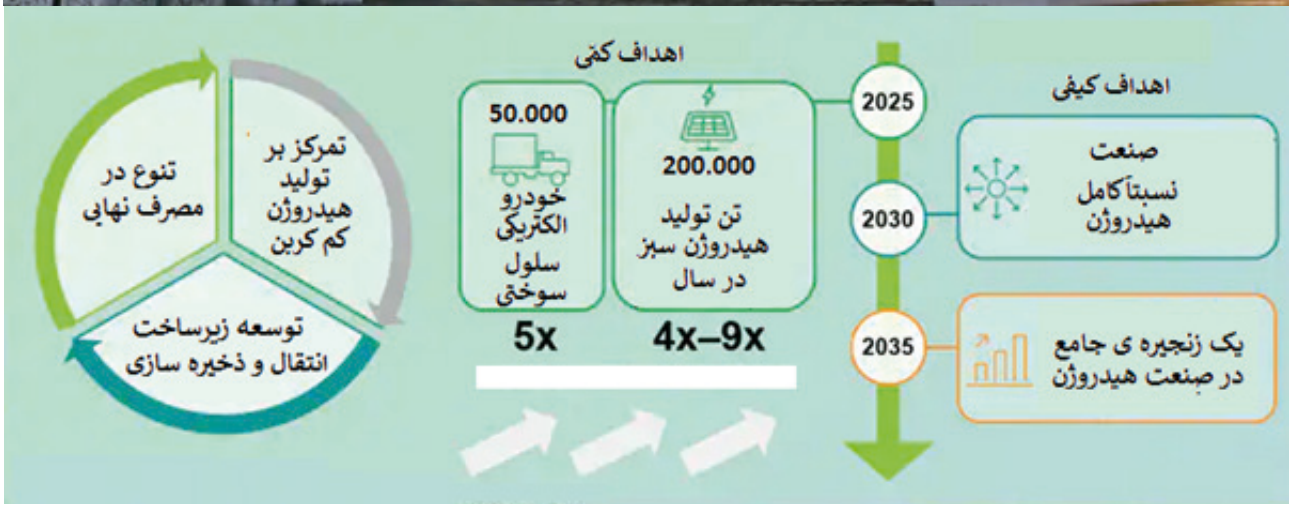
رویدادهای فناوری

نظم نوین آینده انرژی

چین نخستین طرح توسعه هیدروژن در سطح ملی خود را منتشر کرد

چین اولین طرح توسعه‌ی صنعت هیدروژن خود را در سطح ملی منتشر کرد. با این اقدام دولت چین میزان عزم و تصمیم خود در بهره برداری از ظرفیت صنعت هیدروژن به منظور نیل به اهداف جاه طلبانه‌تر در انجام وظایف این کشور در قبال انتشار گازهای گلخانه ای را بیان می‌کند. در این طرح اهداف کوتاه، میان و بلند مدت در حوزه های مختلف تولید هیدروژن از منابع کم کربن، ذخیره سازی، انتقال و بهینه سازی مصرف نهایی گنجانیده شده است. در بخش تولید، این طرح متوجه هیدروژن سبز است و بر تولید هیدروژن با استفاده از سوخت های فسیلی نظارت دقیق دارد. در بخش میان دست، نوآوری و بهینه سازی در انتقال و ذخیره ی هیدروژن مدنظر بوده و در پایین دست، تنوع در مصرف کننده نهایی و ابتکار عمل در نحوه بهره برداری توزیع شده از هیدروژن، مورد توجه بوده است.

در این طرح، فقط دو هدف کمی به صورت شاخص مطرح شده اند: ۵۰,۰۰۰ خودرو الکتریکی با سلول سوختی و تولید سالانه ۲۰۰,۰۰۰ تن هیدروژن سبز تا سال ۲۰۲۵! به رغم تامین مالی پیش نیازهای اجرای طرح، نگرانی هایی در بازار پایین دست و استقبال مشتریان و متقاضیان از صنعت هیدروژن وجود دارد. طرح ملی چین برای افق های فراتر از ۲۰۲۵، از بیان اهداف دقیق کمّی اجتناب نموده و اهدافی را به صورت کلی بیان می‌کند. به عنوان مثال در ۲۰۳۰ چین امیدوار است یک صنعت معقول و منظم هیدروژن سبز داشته باشد و در ۲۰۳۵، حمل و نقل مبتنی بر آن و ذخیره سازی مکفی برای صنعت داشته باشد. مانند بیشتر طرح ها در سطوح ملی، این سند نیز از بیان جزئیات اجتناب کرده و به بیان کلیات با ساختاری چابک و ملحقات احتمالی در سال های آتی اکتفا نموده است.



شرکت نپتون انرژی ادعا دارد تا ۲۰۳۰ بیش از کربن منتشر شده ی خود، کربن جذب و ذخیره سازی خواهد کرد

شرکت نپتون انرژی برنامه هایی دارد که تا افق سال ۲۰۳۰، هدف انتشار خالص صفر را در مقیاس حوزه های اجرایی و عملیاتی شرکت خود پشت سر گذاشته و بیش از میزان انتشار کربن، جذب و ذخیره سازی داشته باشد. این شرکت جدا از تعریف دو پروژه بزرگ جذب کربن در دریای شمال، بر انرژی کم کربن و برق پاک تکیه کرده و میزان برق پاک در سبد انرژی خود را روز به روز افزایش می دهد. به عنوان مثال در انتهای ۲۰۲۲ روزانه به میزان ۳۵ هزار بشکه معادل نفت خام انرژی برق جایگزین مصرف مستقیم نفت و گاز خواهد شد و این میزان تا ۲۰۲۷، به مقدار ۵۰ هزار بشکه معادل نفت خام خواهد رسید. پروژه های جذب کربن در هلند و نروژ به همراه سیاست هاب انرژی یکپارچه ی شرکت نپتون انرژی و تکیه بر تولید هیدروژن کم کربن و حسن استفاده از باد فراساحلی، اهداف مد نظر این شرکت را دور از ذهن نمی سازند. پروژه ی L10 هلند شرکت نپتون که در پایان ۲۰۲۲ نهایی می شود، تا ۵ میلیون تن کربن در سال را می تواند ذخیره سازی کرده و بر اساس این پروژه ی موفق، شرکت نپتون به دنبال پروژه های جدید و سرمایه گذاری بیشتر، این بار در انگلستان می باشد.

اعداد و ارقام کنونی شرکت نپتون انرژی مانند انتشار صرفاً ۶ کیلوگرم کربن در ازای تولید انرژی یک بشکه معادل نفت خام، در حالی که مقدار متوسط آن ۱۵ کیلوگرم است و یا انتشار ۰,۰۲ درصد متان عملیاتی در مقایسه با مقدار عرف آن که ۰,۲۰ درصد می باشد، بیانگر این است که عزم این شرکت برای حاصل شدن انتشار صفر کربن، از قبل آغاز شده و اکنون با برقی سازی هوشمند و جذب کربن، شتاب گرفته است.

سنگاپور قصد دارد مالیات کربن را ۱۶ برابر کند

کشور سنگاپور اولین کشور آسیای جنوب شرقی بود که مالیات کربن را مطرح و تعریف نمود. در سال ۲۰۱۸ ضمن معرفی این مالیات، میزان آن ۵ دلار سنگاپور برای هر تن کربن تعیین و این مقدار تا ۲۰۲۳ ثابت ماند. در سال ۲۰۱۸، سنگاپور افق انتشار صفر خالص ۲۰۵۰ را پذیرفت و بیان داشت در مقایسه ۲۰۱۸ با ۲۰۰۵، به میزان ۳۶% بهبود اولیه داشته است. اما ادامه ی روند و برنامه ی سنگاپور، تهاجمی و جاه طلبانه به نظر میرسد. به طوری که در سال ۲۰۲۳ مالیات کربن خود را به ۱۰ دلار افزایش خواهد داد. این افزایش ادامه می یابد به گونه ای که جامعه و صنعت، مالیات ۱۵ و ۴۵ دلاری را به ترتیب در سال های ۲۰۲۴ تا ۲۰۲۵ و ۲۰۲۶ تا ۲۰۲۷ تجربه خواهند کرد. در ۲۰۳۰ میزان این مالیات بین ۵۰ تا ۸۰ دلار سنگاپور تخمین زده شده است. این ارقام یکی از تهاجمی ترین و جاه طلبانه ترین رویکردهای دولت در مسیر انتشار صفر خالص کربن را تداعی می کند. احتمال افزایش قیمت برق از حدود ۷ به ۲۲ دلار سنگاپور دور از ذهن نیست و با توجه به اینکه ژنراتورهای گازی سنگاپور جوان می باشند، بیش از ۷۰% آنها تا سال ۲۰۳۰ فعال بوده و استفاده از واحدهای جذب کربن با هر هزینه ای مقرون به صرفه می باشد و پروژه های هیدروژن کم کربن نیز رونق زیادی خواهد یافت. به نظر می رسد در آینده ی سنگاپور، قراردادهای خرید طولانی مدت و پایدار برق وارداتی با توجه به ارقام مالیات تولید برق در سنگاپور محتمل بوده و این نتیجه ی طبیعی رویکرد تهاجمی دولت می باشد.

گزارش اقلیم سازمان ملل:

«همین حالا یا هرگز!»
باید افزایش دمای جهانی را به ۱/۵ درجه محدود کرد

دبیر کل سازمان ملل در چهارم آوریل سال جاری بر مبنای ششمین گزارش هیات بین المللی تغییر اقلیم (IPCC) تأکید نمود که اگر دولت های جهان، سیاست های انرژی خود را به سرعت مورد بازنگری قرار ندهند، جهان غیر قابل سکونت خواهد شد. این اظهارات در پی گزارشی است که در آن اعلام گردیده تمامی کشورها باید مصرف سوخت های فسیلی خود را به میزان قابل توجهی کاهش دهند، دسترسی به برق را توسعه دهند، بهره وری انرژی را بهبود بخشند و استفاده از سوخت های پاک و تجدیدپذیر را افزایش دهند. آقای گوترش در پیام ویدئویی خود گفت: در صورتی که اقدام فوری در این زمینه صورت نگیرد، بسیاری از شهرهای بزرگ به زیر آب خواهند رفت و این موج گرمای بی سابقه، طوفان های وحشتناک، کمبود آب و انقراض یک میلیون گونه گیاهی و جانوری را در پی خواهد داشت. دبیر کل سازمان ملل افزود: این افسانه یا اغراق نیست! این پیش بینی، بر مبنای یافته های دقیق از سیاست های انرژی فعلی دولت ها است و بر اساس آن ما اکنون در مسیری قرار داریم که در مغایرت با توافقنامه ی پاریس، افزایش دمای زمین به بیش از ۱.۵ درجه خواهد رسید. صاحبنظران بر این باورند که هنوز هم امکان کاهش انتشار گازهای گلخانه ای تا سال ۲۰۳۰ وجود دارد و لذا از دولت ها خواسته اند تا اقدامات خود را برای محدود کردن انتشار گازهای گلخانه ای افزایش داده و از ابزارها و فناوری های کارامد در این زمینه بصورت عادلانه و گسترده استفاده کنند. به منظور محدود نمودن گرمایش زمین ۱.۵ درجه، لازم است انتشار گازهای گلخانه ای در جهان از سال ۲۰۲۵ روند کاهشی را آغاز نموده و تا سال ۲۰۳۰ تا ۴۳ درصد کاهش یابد. بدین منظور انتشار متان نیز باید به حدود یک سوم کاهش یابد تا بتوان از این آستانه دما عبور کرد. گزارش IPCC همچنین تأکید نموده که در میان راه حل های پایدار کاهش انتشار گازهای گلخانه ای که در دسترس دولت ها قرار دارد، تغییر در نحوه شهرنشینی در آینده می تواند به کاهش قابل توجه اثرات تغییر اقلیم بیانجامد. این تغییر سبک زندگی شهری، می تواند از طریق مصرف انرژی کمتر، برقی سازی سیستم حمل و نقل در ترکیب با منابع انرژی کم انتشار و افزایش جذب و ذخیره سازی کربن بدست آید. این تغییر در سبک زندگی و رفتار، می تواند موجب کاهش ۴۰ تا ۷۰ درصدی انتشار گازهای گلخانه ای تا سال ۲۰۵۰ گردد و شواهد نشان می دهد که حتی می تواند سلامت و رفاه نوع بشر را بهبود بخشد.

رویدادهای فناوری

نظم دوره گذار انرژی

انرژی سبز، سبزتر می شود!

محققین موفق به یافتن راهکاری برای بازیافت مواد و تولید مجدد توربین های بادی جدید از نمونه های قدیمی و کارکرده شدند. لازم به ذکر است توربین های بادی از جنس پلیمر چند لایه تقویت شده با الیاف شیشه می باشند که ۲۵ سال عمر مفید دارد و پس از آن مستعمل و غیر قابل استفاده شده و به عنوان ضایعات نگه داری می شود. باید اشاره کرد که ۱۰% از ضایعات پلیمری اروپا اکنون به همین توربین های بادی مستعمل اختصاص یافته و تخمین زده می شود تا سال ۲۰۵۰، دو میلیون تن پلیمر چند لایه با الیاف شیشه ضایعاتی انباشته شود. با توجه به اینکه بسیاری از کشورها دفن این ماده ی دارای تجزیه پذیری سخت را ممنوع کرده اند، مدیریت این پسماند به چالشی جدی تبدیل خواهد شد.

از دید محققین، رها شدن بدون بازیافت پره های توربین های بادی با ابعاد یک زمین فوتبال، با اقبال عمومی که دولت ها برای نیل به اهداف انتشار صفر کربن دنبال می کنند، یک نقض غرض بوده و مانعی بر مسیر توسعه انرژی پاک و پایدار است. میزان رشد سالیانه ی مصرف پلیمر با الیاف شیشه و تولید پسماند حداقل ۶% تخمین زده می شود و پسماند بخش های دیگر نظیر صنایع هوافضا، کشتی سازی و ... نیز به آن افزوده می شود. خوشبختانه به رغم ماهیت ترموپلاستیک بودن این ماده، دانشمندان به راهکاری برای تجزیه به مواد اولیه رزینی و فیبری و استخراج نانو-میکرو ذرات و تولید مجدد توربین از مواد بازیافتی دست یافته اند که می تواند به رفع این مشکل کمک شایانی نماید.

آیا انرژی دریایی برای نجات سیاره زمین به کار خواهد آمد؟

این سوال که آیا انرژی دریایی برای نجات سیاره ی زمین و مهار بحران انرژی مفید خواهد بود، همه ساله و هر ماه، مطرح و در نشریات تخصصی جهان مورد سوال واقع می شود. پاسخ مثبت است و انواع صورت های انرژی دریایی، مانند انرژی امواج، رودخانه ها، جزر و مد و ... در دسترس هستند. تحقیقات نشان می دهد بهره برداری و مهار بخشی از این انرژی، تا ۸۰% انرژی مورد نیاز ایالات متحده را تامین خواهد ساخت.

اخیراً یک نرم افزار جامع و منبع باز به عنوان یک مرکز دانش گسترده برای بررسی سینماتیک آبی توسعه یافته و منتشر شده است. این ابزار، پارامترهای مهم مورد نظر طراح یا بهره بردار انرژی دریایی، در گزینه های مختلف رودخانه، اقیانوس ها، امواج دریا، جزر و مد و ... را شبیه سازی کرده و تصمیم سازی برای این حوزه را ارزان و سهل نموده است. سازندگان این نرم افزار، این اقدام را قدمی کوچک و بخشی اندک از پازل بزرگ انرژی تجدیدپذیر دانسته اند. اکنون این نرم افزار برای بخشی از شمال غرب اقیانوس آرام در حال شبیه سازی و مدلسازی است تا نتایج آن برای امکان سنجی تولید برق استفاده شود. تولید این نرم افزار در سال ۲۰۱۹ با بودجه ی دفتر توان و انرژی دریایی ایالات متحده آغاز شد و هم اکنون در ویرایش های تحت پایتون و تحت متلب در دسترس است. تاکنون ۴۰۰۰ نسخه از این نرم افزار به فروش رفته و با جمع آوری و خرید داده، روز به روز بر غنای آن افزوده می شود.

تجهیزات سطحی و زیرسطحی که انرژی دریا، اقیانوس، رودخانه، جزر و مد و ... را به برق تبدیل کرده و توسط شبکه های زیر آبی، به ساحل می رسانند. برخی محققان، انرژی باد فراساحل را نیز از صورت های این انرژی دریایی می دانند.

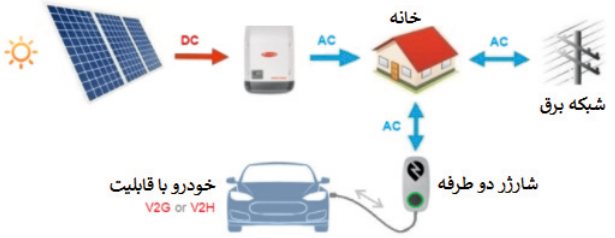
نوآوری های فناورانه و ابتکاراتی که می توانند در انرژی پاک موثر باشند

به طور معمول وقتی سخن از انرژی پاک یا تجدیدپذیر به میان آید، برای اکثر مخاطبان گزینه هایی چون انرژی خورشیدی فتوولتاییک و یا انرژی باد تداعی می گردد. اگر مطالعات بیشتری داشته باشند، احتمالاً با مواردی مانند توربین باد فراساحلی یا انرژی زمین گرمایی هم آشنا هستند. اما انرژی های تجدیدپذیر و نوآوری های فناورانه ی آن، پایان ندارد. در این بخش، چندین ابتکار و نوآوری را مرور می کنیم.

◄ در کالیفرنیا، از صفحات فتو ولتاییک برای پوشاندن کانال های انتقال آب استفاده شده است. این ابتکار سبب شده همزمان با تولید انرژی خورشیدی، از تبخیر آب کانال هم جلوگیری شود. همچنین این زمین مرده، مورد استفاده قرار گرفته و نیاز نیست تصاحب زمین جدیدی برای مزرعه ی سلول های آفتابی در نظر گرفته شود. شبیه سازی ها و برداشت داده های عملی نشان داده اند در سال ۲۰۲۱، در طول ۴۰۰۰ مایل این کانال، معادل ۶۵ میلیارد گالن از تبخیر جلوگیری شده که آبیاری ۵۰،۰۰۰ هکتار و آب شرب ۲ میلیون نفر را تامین خواهد کرد.

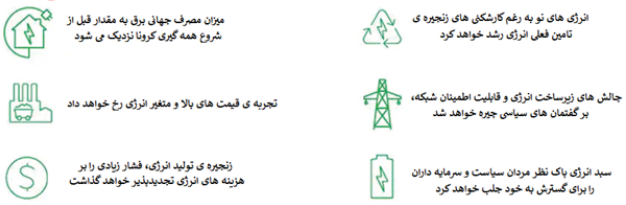
◄ استفاده از باتری برای حمل و نقل الکتریکی کم کربن، راهبردی و استراتژیک است. امروزه صنعت باتری، اعمّ از باتری های لیتیوم یون، لیتیوم کادمیوم و باتری لیتیوم هوا، همه و همه به فلز لیتیوم وابسته شده اند. منابع لیتیوم در جهان، کشورهای محدودی هستند به گونه ای که نیازهای لیتیوم ایالات متحده، بیشتر از شیلی، آرژانتین، روسیه و چین تامین می شود. صادرات لیتیوم چین بیشتر به صورت خالص سازی شده است. اخیراً محققین در کالیفرنیا بر روی طرحی متمرکز هستند که آب دریاچه سالتون آمریکا، که تا حد زیادی حاوی نمک های معدنی است، را با استفاده از ظرفیت زمین گرمایی مورد تبخیر نسبی قرار داده و آب شور باقی مانده را به منظور استخراج لیتیوم در پایین دست مورد استفاده قرار دهند. آب بخار شده از این روش نیز برای تولید برق مورد نیاز فرایند استخراج لیتیوم مورد استفاده واقع می شود!

◄ گسترش خودروهای برقی به عنوان یک ماشین حامل تعداد زیادی باتری و قابلیت ذخیره سازی انرژی، فزاینده است. در این بین، قابلیتی به این خودروها در حال اضافه شدن است که می تواند در مواقع ضروری، و یا در مقاطع زمانی خاصی، باتری خودرو را در خانه دشارژ کرده و به مصرف برساند و حتی آن را مجدداً در اختیار شبکه ی برق سراسری قرار دهد و بعداً پس از رفع شرایط اضطراری و یا با قیمت پایین تر، مجدداً شارژ خود را از برق شهری یا منابع رایگان تجدیدپذیر به دست آورد. این قابلیت را V2H یا V2G نامیده اند.



رویدادهای فناوری

شش کلان روند که در سال ۲۰۲۲ برای دنیای انرژی قابل پیش بینی خواهد بود



صاحبنظران معتقدند جهان در سال ۲۰۲۱ از بحبوحه تنش ها و اضطراب های ناشی از همه گیری کوید۱۹، نوسانات قیمت نفت و انرژی، چندین بحران آب و هوایی و اختلال در زنجیره ی تامین انرژی تا حد مطلوبی عبور کرده و برای سال ۲۰۲۲، شش کلان روند زیر در حوزه ی انرژی قابل پیش بینی خواهد بود.

◄ مصرف برق با شروع و تداوم همه گیری کرونا کاهش یافت. مثلاً چین به عنوان یکی از بزرگترین مصرف کنندگان انرژی جهان، با کاهش ۳۰% مصرف برق روبرو بود. چین و دیگر کشورهای جهان در سال ۲۰۲۱ تا حد زیادی به میزان سطح مصرف برق خود مشابه با قبل از کوید۱۹ رسیده اند به گونه ای که نیمی از این کشورها، اکنون به میزان قبل از ۲۰۲۰ برق مصرف می کنند. پیش بینی می – شود در سال ۲۰۲۲ تمام کشورها به این سطح مصرف باز گردند.

◄ هنوز تلاطم های ناشی از کمتر بودن عرضه از میزان تقاضای انرژی و منابع آن مانند ذغال سنگ و نفت و تاثیر آن بر بازار برق در ۲۰۲۱ سپری نشده است که حمله ی روسیه به اوکراین، احتمال تداوم نوسانات شدید و افزایش قیمت انرژی در جهان را به دنبال خواهد داشت.

◄ متاسفانه به دلیل همه گیری کرونا، قیمت مواد اولیه تولید سلول های فتو ولتاییک و توربین های بادی تا ۳ برابر افزایش داشته است و پیش بینی می شود تا سال ۲۰۲۳، ۳۰% افزایش بیشتر را نیز تجربه کند. همچنین برخی کشورها، عوارض تا ۴۰% بیشتر را به مواد اولیه مرتبط با انرژی های تجدیدپذیر وضع نموده اند. این فشارها، قیمت تولید برق پاک را بالا برده و پایداری این انرژی های تجدیدپذیر را با مخاطره روبرو می کند.

◄ به رغم تنگناهای قیمتی ایجاد شده بر قیمت مواد اولیه مورد نیاز انرژی های تجدید پذیر و کارشکنی تامین کنندگان فعلی انرژی، سرنوشت مناقصات تامین برق در اروپا، آمریکای شمالی و آمریکای لاتین نشان می دهد هنوز قابلیت رشد انرژی های نو وجود داشته و مزیت های رقابتی خوبی مشهود است.

◄ دیپلماسی انرژی بیش از گذشته مطرح خواهد بود. با توجه به اینکه باد فراساحل و مزرعه های فتوولتاییک آفتابی عموماً دور از مراکز مصرف توان می باشند، زیرساخت انتقال انرژی اهمیت ویژه ای یافته و حل و فصل مخالفین توسعه ی چنین زیرساختهای جدیدی، گفتمان سیاسی می طلبد. از طرفی توسعه بازارهای خرید مازاد برق تجدیدپذیر در لحظه، تعامل بین کشور های جهان را بیشتر از قبل نیاز دارد. اکنون این تعاملات بین اروپا، چین، هند و

نظم کنونی انرژی

بخشی از آفریقا در حال شکل گرفتن می باشد.

◄ به نظر می رسد پایداری مطلوب مورد نیاز برق تجدیدپذیر، صرفاً با اتکاء به برق فتوولتاییک و باد خشکی محقق نشده و جهان در سال ۲۰۲۲ با اقبال بیشتری به دیگر ماژول ها و اجزای انرژی های تجدیدپذیر و نسبتاً پاک مانند باد فراساحل، هیدروژن کم کربن، ذخیره سازی باتری، هسته ای و جذب کربن روی خواهد آورد.

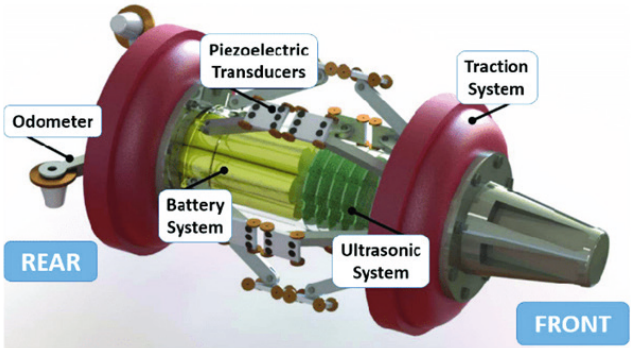
شلمبرگر با افتتاح «کارخانه ی نوآوری هیوستون»، شبکه ی جهانی نوآوری هوش مصنوعی را گسترش می دهد

کارخانه ی نوآوری شلمبرگر، هوش مصنوعی متناسب را برای نیاز مشتریان فراهم کرده و تقاضاهای سازمانی را جهت دهی می کند. شلمبرگر اعتقاد دارد این رویکرد می تواند با استقرار دیجیتال سازی برای مشتریان در مقیاس سازمانی، توسعه همه جانبه از اکتشاف تا تولید و در همه ی ابعاد سیستم های انرژی را فراهم آورد.

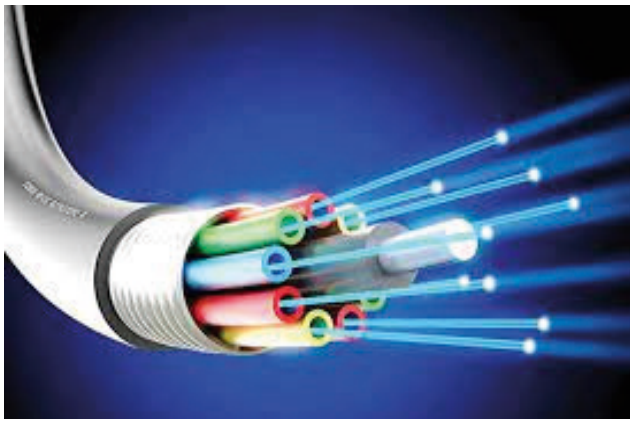
همه چیز بر داده و علم داده متمرکز است تا جهشی بزرگ در کسب و کار مشتریان ایجاد شود. متخصصان هر حوزه با خبرگان حوزه ی داده و علم داده این کارخانه ی نوآوری متحد می شوند تا چالش های مطرح در حوزه ی انرژی و نفت را بهینه سازی و حل کنند. از جمله مسائل مهم در پیش روی این کارخانه ی نوآوری، ردیابی سریع مته های حفاری خودکار، مدل سازی جذب و ذخیره – سازی کربن، بهینه سازی تولید با استقرار دوقلوهای دیجیتال و ... می باشند. همراهی شلمبرگر با دیتا–آی.کی.یو، سبب شده مشتریان با یک پلتفرم منحصر به فرد و دوستدار مشتری مبتنی بر یادگیری ماشین و یادگیری عمیق روبرو بوده و بتوانند تجربه های کم کد و یا بدون کد را در هوش مصنوعی داشته باشند. هم اکنون این کارخانه ی نوآوری، ۲۰۰ پروژه ی در دست اقدام دارد که توسط ۸۰۰ دانشمند و ۴۰۰۰ متخصص در یک شبکه ی جهانی متصل به هم در حال پیشبرد اهداف می باشند. شلمبرگر این شبکه ی جهانی را تاکنون به برزیل، نروژ، چین، مالزی و امارات متحده ی عربی گسترش داده است. این زیست بوم فناوری، با مشارکت مسئولین شهری، دانشگاه ها و متخصصین حوزی انرژی و فناوری انرژی راه اندازی شده است.

سینتلا و شلمبرگر مشترکاً بر راهکارهای مبتنی بر فیبر نوری متمرکز خواهند بود

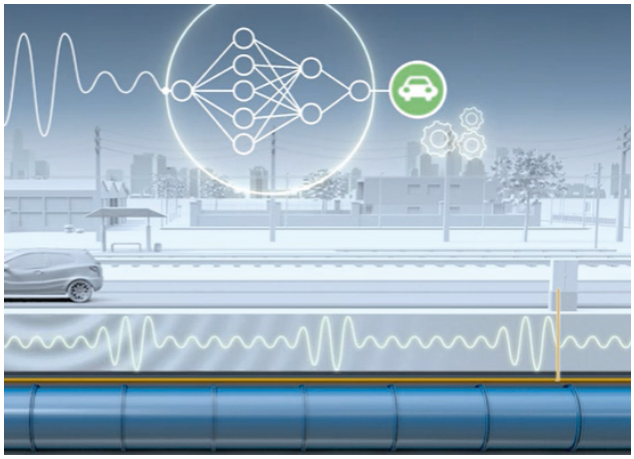
این دو شرکت طی موافقت نامه ای راه حل های فناورانه در حوزه سیستم های انرژی متکی بر فیبر نوری را توسعه خواهند داد. شلمبرگر در پروژه هایی که به نحوی به دانش داده و هوش

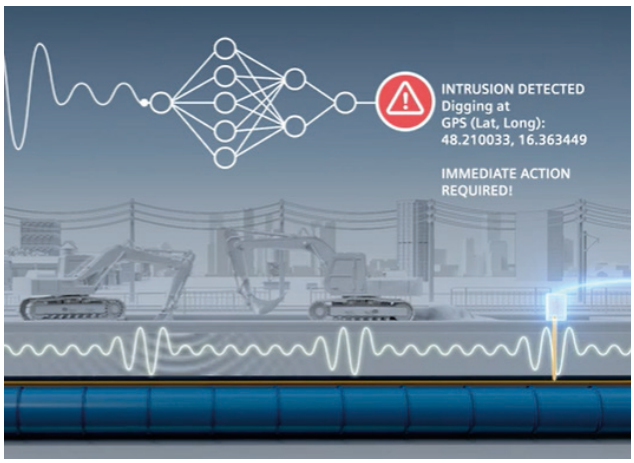


مصنوعی نیاز دارند، بستر و زیرساخت امن مورد نیاز در محیط های عملیاتی را منطبق بر فیبر نوری برنامه ریزی خواهد کرد. اولین زمینه های مورد اقدام مشترک، جذب کربن و پروژه های زمین



گرمایی می باشند. گستره ی استفاده از فیبر نوری، هم به عنوان ابزار سنجش و حسگر، و هم در قالب واسطه ی انتقال داده مطرح خواهد بود که نهایتاً راه حل های مبتنی بر هوش مصنوعی، که به داده و واسطه ی امن انتقال داده نیاز دارند، را تغذیه خواهد نمود. سینتلا، ضمن ابراز خرسندی از اقبال شلمبرگر، به عنوان یک راهبر جهانی حوزه ی انرژی به فیبر نوری، بیان داشت اکنون از فیبر نوری به غیر از انتقال امن داده، برای سنجش حسگری نشت فراورده، ردیابی توپک هوشمند، تشخیص تعرض و حفاظت الکترونیکی، بهره برداری می شود که راه حل های مدیریت و شبیه سازی حفاری و تزریق به چاه، زمین شناسی و رصد تحرک و جابجایی لایه های زمین و نیز پردازش در لبه نیز، در آینده نزدیک و تا پایان ۲۰۲۲ ارائه خواهد شد.





گزارش تحلیلی | نظم نوین آینده انرژی

ضرورت حمایت فناورانه از کشورهای در حال توسعه در دستیابی به انتشار خالص صفر

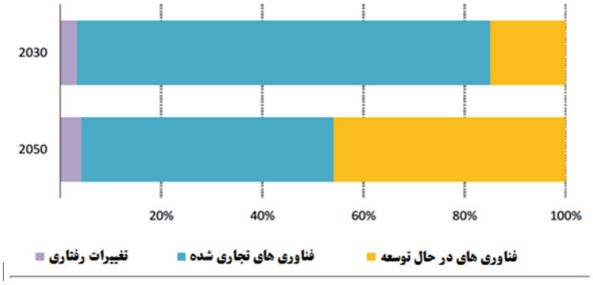
اعظم محمدباقری
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

اجماع جهانی برای کاهش تغییر اقلیم، مستلزم مجموعه ای از ابتکارات و نوآوری ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در کشورها است. نوآوری فناوری به منظور بهره مندی از انرژی های پاک شرایط را برای محدود نمودن انتشار و گذار به اقتصاد کم کربن فراهم می کند. ولی اغلب این نوآوری ها در چند کشور توسعه یافته متمرکز شده است و لذا ترویج انتقال فناوری از کشورهای توسعه یافته به کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته از ضرورت های دستیابی به اهداف آب و هوایی است که در کنفرانس گلاسکو بر آنها تأکید فراوان شده است. انتقال به وضعیت کم کربن هر چند فرصت هایی را برای رشد پایدار فراهم می کند، اما مستلزم سرمایه گذاری های بالایی است که همه کشورها به یک نسبت نمی توانند از عهده آن برآیند. کمیسیون انتقال انرژی (ETC) در گزارش خود اعلام کرده است که برنامه های رساندن انتشار کربن در جهان به صفر خالص تا سال ۲۰۵۰، سالانه حدود ۱ تا ۲ تریلیون دلار (حدود ۱٫۵ درصد از تولید ناخالص داخلی جهانی) هزینه دارد. بنابراین نیاز است که سیاستگذاران نحوه برخورداری کشورها از سرمایه گذاری های فناورانه و حتی تعیین سیاست هایی نظیر قیمت گذاری کربن و غیره را مورد بررسی و اعمال نظر قرار داده و برخورداری عادلانه تمامی کشورها از نوآوری و فناوری های کاهش شدت تغییر اقلیم را مورد توجه قرار دهند. در ادامه ضرورت تغییر و تحول در تمامی کشورها بویژه کشورهای در حال توسعه در تحقق اهداف انتشار صفر خالص همراه با ملاحظات مختلف آن مورد بررسی قرار می گیرد.

ضرورت سرمایه گذاری در انرژی های پاک

به منظور دستیابی به هدف انتشار خالص صفر، کشورها ناگزیر به سرمایه گذاری در انرژی های پاک هستند. چنین سرمایه گذاری هایی باید به سرعت و در مقیاس مطلوب در تمامی بخش های هر کشور اعمال گردد تا از آسیب های فاجعه بار و غیر قابل جبران تغییر اقلیم جلوگیری شود. بر اساس چشم انداز جهانی انرژی آژانس بین المللی انرژی، تا سال ۲۰۳۰ جهان باید در حدود ۴ تریلیون دلار در انرژی های پاک سرمایه گذاری کند که این میزان ۴ برابر سرمایه گذاری فعلی است. هر چند قسمت عمده ای از کاهش انتشار می تواند از طریق استقرار فناوری های اثبات شده و تجاری موجود در سطح جهان اتفاق بیفتد، لیکن چنانچه تمایل دولت ها و شرکت ها بر آن باشد که با سرعت بیشتری به هدف انتشار صفر دست پیدا کنند، باید زمینه و سرمایه گذاری لازم جهت تسریع و پیشرفت فناوری های کم کربنی که در مراحل اولیه و آزمایشی هستند را ایجاد کنند. گزارش آژانس بین المللی انرژی در ماه می ۲۰۲۱ تأکید می کند که در کوتاه مدت مسیر انتشار صفر خالص نیازمند استقرار فوری و گسترده تمامی فناوری های انرژی پاک و کارآمد موجود، همراه با تلاش جهانی برای تسریع نوآوری است. در این راستا هرچند، کاهش مورد انتظار در سال ۲۰۳۰ با استفاده از فناوری های کنونی قابل دسترس می باشد، اما جهت دستیابی به هدف سال ۲۰۵۰ می بایستی فناوری های پاک فعلی که در مرحله نمونه اولیه یا نمایش هستند، هرچه سریعتر به مرحله تجاری سازی برسند.



شکل: کاهش انتشار CO_2 در سال های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۲۰

این امر ایجاب می کند که دولتها بودجه تحقیق و توسعه خود را هرچه سریعتر افزایش داده و برای توسعه فن آوری های پاک و قرار دادن آنها در سیاست های انرژی و آب و هوا برنامه ریزی نمایند.

بویژه با وجود بحران اخیر «پاندمی کووید-۱۹» که سبب تأخیر در تجاری-سازی و استفاده از فناوری ها شده است، فناوری های جدید نیازمند حمایت بیشتر دولتها به منظور قابلیت رقابت پذیری بیشتر خواهند بود. اما اینکه کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته تا چه اندازه می توانند در این مسیر گام بردارند نکته بسیار مهم و حائز اهمیتی است که باید در مجامع بین المللی توجه بیشتری به آن معطوف و تمهیدات لازم برای آن اندیشیده شود.

ضرورت انتقال فناوری به کشورهای در حال توسعه

دستیابی به انتشار صفر خالص نیازمند تغییر و تحول اساسی در تمامی بخش های اقتصادی هر کشور است. اما اینکه تمامی کشورها توانایی تطبیق شرایط خود با این هدف جهانی را دارا باشند، با توجه به شرایط هر کشور متفاوت است و لذا هر کشور با توجه به شرایط خاص خود می تواند راهبرد مناسبی را در این مسیر تدوین کند. از اینرو اینکه هر کشور در کدام مرحله از توسعه اقتصادی قرار دارد، بر توانایی آن در دستیابی به هدف کاهش تغییر اقلیم بسیار مؤثر خواهد بود. بدیهی است که اقتصادهای پیشرفته و توسعه یافته بیش از کشورهای در حال توسعه توانایی قرار گرفتن در مسیر انتشار خالص صفر را دارند و می توانند اعتباردهی و سرمایه گذاری کافی را در تحقق آن داشته باشند. در حالی که حداقل تا اواسط قرن حاضر، کشورهای در حال توسعه نمی توانند همان مسیری را که کشورهای توسعه یافته طی کرده اند را طی کنند و صنعتی شدن خود را همچنان با استفاده از سوخت های فسیلی با انتشار کربن

بالا دنبال خواهند کرد و تنها زمانی سبز می شوند که توانایی بهره گیری از فناوری های پاک همراه با کمک و تأمین مالی را در اختیار داشته باشند.

بر اساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۲۰، بین سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵، نرخ رشد سالیانه ثبت اختراع در فناوری های کم کربن بطور متوسط حدود ۸ درصد در سال بوده که این میزان دو برابر نرخ رشد متوسط سایر فناوری ها طی این سال ها بوده است. طی این دوره، کشورهای توسعه یافته حداقل ۸۰ درصد از نوآوری های کم کربن را در تمام زمینه های فناوری تولید کرده اند (ژاپن بیشترین سهم را به خود اختصاص داده و بعد از آن ایالات متحده، آلمان، کره جنوبی و چین قرار گرفتند). در حالی که کشورهای کمتر توسعه یافته و یا در حال توسعه تقریبا هیچ نوآوری در تولید فناوری های کم کربن طی این مدت نداشته اند. بنابراین هر چند کشورهای توسعه یافته بخش عمده ای از تولید گازهای گلخانه ای در جهان را به خود اختصاص داده اند، اما انتظار می رود که بیشترین میزان انتشار در آینده در کشورهای در حال توسعه اتفاق بیفتد که خود ضرورت تسریع در انتقال تکنولوژی را به این کشورها دوچندان می کند.

به منظور به خالص صفر رساندن انتشار تا اواسط قرن، کشورهای در حال توسعه باید از انرژی های تجدیدپذیر و فناوری های پاک استفاده کنند و استفاده از سوخت های فسیلی را به حداقل برسانند. اما هزینه های بالای تولید انرژی های تجدیدپذیر، موانع تجاری سازی و مقاومت های اجتماعی، مانع از ایجاد توانمندی در این کشورها برای خارج کردن سوخت های فسیلی شده و می توان گفت حرکت به سمت انرژی های تجدیدپذیر یکی از بزرگترین چالش های انتقال فناوری است که جهان در حال توسعه با آن مواجه است. بنابراین کمک به کشورهای در حال توسعه برای انتقال فناوری و تأمین مالی این کشورها در برخورداری از انرژی های پاک ضروری است. به منظور انتقال فناوری های پاک به کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته در کنفرانس گلاسکو، اتحادیه اروپا، ایالات متحده، بریتانیا، فرانسه و آلمان بر تعهدات قبلی خود برای جمع آوری ۸.۵ میلیارد دلار کمک های مالی، وام ها و سایر اشکال مالی تأکید کردند.

مشاور ارشد سیاستگذاری در E3G[1] عنوان کرده است «که ما باید اکنون شاهد تغییر اوضاع باشیم. جهان فقیر باید یک مرحله از توسعه را به سمت اقتصاد سبزتر جهش کند». به همین دلیل یکی از برنامه هایی که در COP26 در نظر گرفته شد، ۱۰ میلیارد دلار حمایت سازمان هایی مانند بنیاد راکفلر، مجموعه ای از بانک های توسعه، مرکز IKEA و صندوق زمین Jeff Bezos's به منظور کمک به اتحادیه جهانی انرژی برای مردم و سیاره زمین (Global Energy Alliance for People and Planet) است.

این اتحادیه بر این باور است که کشورهای فقیر به لحاظ انرژی، در حال حاضر تنها ۲۴ درصد از انتشار جهانی را تشکیل می دهند. اما اگر آنها در مسیر رشد اقتصادی خود به سوخت های فسیلی تکیه کنند، تا سال ۲۰۵۰، ۷۷ درصد از گازهای گلخانه ای را تولید خواهند کرد که تا حد زیادی دستاوردهای گذار سبز در کشورهای ثروتمند و با درآمد متوسط را از بین می برد. هدف این اتحادیه کمک به کشورهای در حال توسعه و فقیر برای استقرار فناوری های پاک نظیر خورشید، باد، هیدروژن و فولاد سبز در مردمی سازی دانش دوستدار محیط زیست و خواستار کمک به دولت ها در طراحی سیاست های انرژی تجدیدپذیر است تا بتواند شرایطی را برای سرمایه گذاری بخش خصوصی در تولید انرژی های تجدیدپذیر ایجاد کند.

در بسیاری از کشورهای توسعه یافته، فناوری های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، باتری های لیتیوم یونی، انرژی امواج دریایی اکنون در برابر سوخت های فسیلی مقرون به صرفه هستند و لذا آنها می توانند ذغالسنگ را از بازار خارج کنند. اما در کشورهای فقیرتر انرژی های تجدیدپذیر به راحتی رقابت پذیر نخواهند بود چرا که در این کشورها شرایط برای کاهش هزینه ها مهیا نمی باشد. بنابراین انتقال انرژی های تجدیدپذیر و صنعت سبز به کشورهای فقیرتر یک چالش بزرگ است. مدیر ابتکار و نوآوری بنیاد راکفلر در این رابطه گفته است: تدارکات و زنجیره تأمین ضعیف که در کشورهای در حال توسعه و فقیر به چشم می خورد بدین معنی است که حتی در این کشورها، هزینه های نصب نیز بسیار بالاتر از کشورهای توسعه یافته است. از اینرو به عنوان مثال در کشورهای جنوب صحرای آفریقا، هزینه های سرمایه ای باتری های لیتیوم یونی می تواند ۲ تا ۴ برابر بیشتر از جاهای دیگر باشد. از این رو هزینه تأمین مالی پروژه های انرژی های تجدیدپذیر در کشورهای فقیرتر ۶ تا ۷ برابر کشورهای ثروتمند است زیرا این کشورها حتی زیرساخت های قابل اعتمادی بدین منظور ندارند.

ملاحظات رقابتی

بطور کلی انرژی های تجدیدپذیر و پاک به یک صنعت در آینده تبدیل خواهند شد و دولت ها خواهان آن هستند که برای ایجاد اشتغال، صادرات و امنیت انرژی بر این انرژی ها تسلط داشته باشند. بنابراین اینکه تا چه اندازه کشورهای دارنده این فناوری ها حاضر به انتقال فناوری های پاک کلیدی خود به کشورهای در حال توسعه هستند بسیار مهم است. توماس هیل (Thomas Hale) استادیار سیاست عمومی دانشگاه آکسفورد که در زمینه سیاست های جهانی آب و هوا تخصص دارد در این ارتباط گفته است: مسابقه ای برای توسعه و تسلط بر فناوری های کلیدی قرن بیست و یکم وجود دارد. تا جایی که اقتصادهای بزرگ و همچنین شرکت ها در نوآوری و استقرار فناوری ها در صدر رقابت هستند که البته این یک امر مثبت برای اقلیم است. اما این صحنه رقابت باید با ایمن سازی بازار همراه باشد. به عنوان مثال زمانی تولیدکنندگان آلمانی به کمک یارانه های دولتی، ۲۰ درصد از بازار پنل های خورشیدی جهان را به خود اختصاص دادند، اما پس از آنکه چین تولید این پنل ها را افزایش داد و قیمت آنها سقوط کرد، صنعت پنل خورشیدی آلمان در اوایل دهه ۲۰۱۰ با موجی از ورشکستگی مواجه شد.

[1] E3G is an independent climate change think tank accelerating the transition to a climate safe world

این احتمال برای بازار فولاد نیز دور از انتظار نیست. بطوری که چین در آینده با سرمایه گذاری های گسترده در فولاد سبز پیشتاز خواهد بود. لذا هر چند مانند انرژی خورشیدی، سرمایه گذاری چینی ها در فولاد سبز همچنان خبر خوبی برای محیط زیست است، اما ایجاد امینت در بازار نیز حائز اهمیت است، چرا که می تواند به عنوان یک مانع تجاری عمل کرده و توزیع فناوری های پاک را با تهدید مواجه کند.

ملاحظات اجتماعی

علاوه بر نگرانی های رقابتی، نگرانی دیگری برای انتقال فناوری های سبز وجود دارد که ناشی از مقاومت های اجتماعی است. از بین بردن صنایع آلاینده می تواند واکنش شدید کارگران شاغل در این صنایع را برانگیزد، زیرا نمی خواهند اشتغال خود را از دست بدهند.

لیکن برآوردهای آژانس بین المللی انرژی نشان می دهد که در انتقال سبز و سرمایه گذاری های انتشار خالص صفر اشتغال بیشتری ایجاد می شود و گزارشات دیگر نیز مدعی هستند که تغییر و تحولات اقتصادی در نتیجه انتقال فناوری های کم کربن، پتانسیل توانمندسازی جوامع محلی و بهبود استانداردهای زندگی در سراسر جامعه را داشته و موجب تقویت کارآفرینی می شوند. علاوه بر این، پیشرفت های فنی، فرصت هایی را برای بهبود بهره برداری نیروی کار و منابع، از طریق سرمایه گذاری های تکمیلی در نوآوری (اختراع و انتشار فناوری)، زیرساخت ها و سرمایه انسانی در سراسر اقتصاد ایجاد می کند. همراه با افزایش تقاضای جهانی برای محصولات و فناوری های پاک تر و دوستدار محیط زیست در دهه های آینده، کشورهایی که اقدامات اولیه را برای توسعه فناوری ها، محصولات فرآیندهای پاک انجام می دهند ممکن است بتوانند سریعتر به مقیاس مطلوب برسند، بازارها را ایجاد کنند و در نتیجه از مزایای رشد قابل توجهی برخوردار شوند. با وجود این دیدگاه های مثبت، گزارشی که سال گذشته توسط وزارت امور اقتصادی و انرژی آلمان انجام شد نشان داد که در سراسر کمربند ذغال سنگ هند، برآوردها نشان داده است که بیش از یک میلیون نفر برای درآمد خود بطور مستقیم به استخراج معادن متکی هستند و ده برابر بیشتر به طور غیر مستقیم بر آن وابسته اند. و انتقال نادرست از ذغال سنگ و بدون توجه به آثار اجتماعی، میزان معیشت چندین میلیون شهروند را که بطور غیر مستقیم از درآمد ذغال سنگ در سراسر کمربند هند سود می برند، تهدید می کند. بر این اساس تغییر به سمت انرژی های پاک و سبز باید بصورت عادلانه و با رعایت ملاحظات و پذیرش اجتماعی همراه باشد.

جمع بندی و نتیجه گیری

تردیدی نیست که رشد آینده جهان باید رشد پایدار باشد و این به معنی یک اقتصاد کم کربن در جهان است که بتواند در برابر تغییرات و شوک های احتمالی آینده مقاوم باشد. برآورده نمودن هدف انتشار صفر خالص به منظور جلوگیری از افزایش میانگین گرمای زمین بیش از ۱.۵ درجه، نیازمند تغییر و تحول در تمامی بخش های اقتصادی هر کشور، همسویی و پویایی سیاست ها برای سازگاری با شرایط جدید و حمایت از سرمایه گذاری در نوآوری فناوری های انرژی های پاک و کم کربن است. اما تفاوت کشورها به لحاظ توسعه ای عامل مهم تأثیر گذار در تحقق این هدف کاهش انتشار جهانی است. بطوری که همه کشورها به یک نسبت توانایی سرمایه گذاری و برخورداری از فناوری های کم انتشار را ندارند. انتقال فناوری مهم ترین عاملی است که می تواند این شکاف بین کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را پر کند که این خود مستلزم همکاری های بین کشورها و تسهیل نمودن تعاملات بین آنها برای دستیابی به توسعه پایدار است.

بنابر این هر چند که در کنفرانس های تغییر اقلیم نظیر کنفرانس اخیر در گلاسکو جایگزینی انرژی های تجدیدپذیر در اقتصاد کشورها محور مباحث و از عمده ترین نتایج آن محسوب شده است، اما اینکه کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه یافته تا چه اندازه توانایی چنین تغییر بزرگی را در اقتصاد خود داشته باشند خود یک نکته قابل تأمل است. حتی جایگزینی سوخت های فسیلی بویژه در کشورهای وابسته چه به لحاظ استفاده مستقیم و چه به لحاظ درآمدهای حاصل از تجارت آنها نکته بسیار مهمی که نیاز است در نشست های آتی کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل به آنها توجه بیشتری شود. در این مسیر بهتر است که کشورهای در حال توسعه نظیر کشور ما نیز با افزایش فعالیت های تحقیقاتی، نیازهای فناورانه خود را شناسایی کرده و مسیرهای نوآوری را برای خود در نظر بگیرند سپس در این راستا برنامه ها و اولویت های خود را طی چند سال آینده اعلام کرده و نوعی مبنای اطلاعاتی برای افزایش زمینه های همکاری با جامعه بین المللی ایجاد نمایند.

منابع

1.Amrita Goldar, Shubham Sharma, VirajSawant, Sajal Jain,. Climate Change & Technology Transfer – Barriers, Technologies and Mechanisms, July 2019

2.COP26: As US and China make climate declaration, Mission Innovation sets fresh objectives for international cooperation, 11 Nov 2021

3.Energy Technology Perspective 2020, Special Report on Clean Energy Innovation Accelerating technology progress for a sustainable future

4.MIRIA A. PIGATO, SIMON J. BLACK, DAMIEN DUSSAUX, ZHIMIN MAO, MILES MCKENNA, RYAN RAFATY, AND SIMON TOUBOUL, Technology Transfer and Innovation for Low-Carbon Development, World Bank Group, 2020

5.Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, International Energy Agency | Special Report, 2021

6.Nicholas Stern & Anna Valero,Innovation, growth and the transition to net-zero emissions,No.1773 June 2021

گزارش تحلیلی | نظم دوره گذار انرژی

تولید برق از انرژی جزر و مد[1]؛
چیستی، امکان سنجی و پیاده سازی آن در ایران

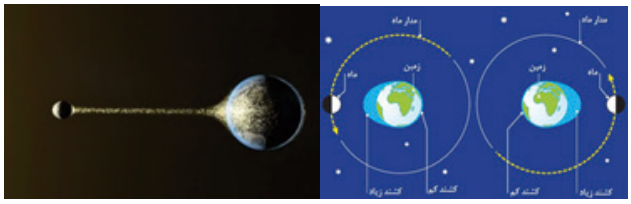
قاسم توتونچی
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

چیستی انرژی برق جزر و مد

جزر و مد، پدیده‌ای آشنا و ملموس است، خصوصاً برای مردمی که در نزدیکی سواحل دریاهای بزرگ یا اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند. این پدیده‌ی تکرارپذیر و قابل پیش‌بینی که تا حد زیادی دارای زمان‌بندی منظم است، جدا از تأثیر در زندگی مردم و پیامدهای زیست محیطی، یک پیامد حائز اهمیت دیگر نیز به همراه دارد که عمدتاً مغفول واقع می‌شود. این پیامد، بهره برداری از جزر و مد به عنوان منبع لایزال انرژی است.

شکل ۱ – مناطق دارای بیشترین میزان جزر و مد در جهان یک نمونه جزر و مد با تغییر ارتفاع قابل تأمل [۱] و [۷]

برای درک بیشتر این پدیده، می‌توان میزان انرژی مورد نیاز برای جابجایی مقادیر شگرف آب دریا، از موقعیت فعلی به فواصل دورتر را تصور نمود. در واقع، به لطف جاذبه‌ی ماه، که به دلیل نزدیکی به زمین نسبت به فاصله ی زمین و خورشید در زمینه‌ی جزر و مد بسیار مؤثرتر است، در هر روز قمری دو نوبت، به طور دقیق‌تر هر دوازده ساعت و بیست‌وپنج دقیقه یک بار، انرژی عظیم گرانش ماه سبب افزایش سطح آب دریا و در نتیجه پیش‌رَوی آن و سپس کاهش سطح و پس‌رَوی آن می‌گردد.



شکل ۲ – جاذبه‌ی ماه به صورت منبع متناوب و منظم ایجاد جزر و مد

این انرژی همیشگی، مانند هر انرژی تجدید پذیر دیگر، قابلیت بهره‌برداری و تبدیل به صورت‌های مفید، قابل ذخیره و قابل جابجایی انرژی را دارد. در مقایسه با برخی انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد یا نور/گرمای خورشید، انرژی جزر و مد، دائمی، غیر فصلی، قابل پیش‌بینی و زمان‌بندی بوده و معایب وابستگی بخش تقاضای انرژی به فصول و شرایط آب و هوایی و ... را ندارد؛ هرچند جزر و مد در فصل بهار اندکی بیشتر از بقیه فصول است. هیچ‌گاه مطالعه‌ی جامعی جهت مقایسه‌ی کل انرژی باد و تمام انرژی حاصل از جزر و مد در یک مقطع زمانی صورت نگرفته؛ اما با توجه به اینکه چگالی آب بسیار بیشتر از هوا است، به نظر می‌رسد با تجهیزات مناسب، انرژی بیشتری را از جزر و مد می‌توان به دام انداخت. اثرات ناشی از آب بر روی کره‌ی زمین، هنوز زوایای ناشناخته‌ای برای بشر دارد که جزر و مد، یکی از ملموس‌ترین آن‌ها است. به عنوان مثال محققین بر این باور هستند که اصطکاک آب بستر اقیانوس‌ها با زمین، سبب کند شدن تدریجی سرعت دوران آن خواهد شد و لذا میلیون‌ها سال پیش، طول شبانه‌روز، معادل ۲۲ ساعت کنونی بوده است.

نکته‌ی قابل تأمل دیگر، حتی در مقایسه با تولید تجدیدپذیر برق در سدهای ذخیره‌سازبرق آبی، دوطرفه بودن تولید انرژی از جزر و مد است. جریان آب جابجا شده از جزر و مد این قابلیت را دارد که هم در مسیر رفت، در هنگام مد و هم در مسیر برگشت، هنگام جزر، پره‌های توربین را به حرکت درآورد.

جاذبه‌ی ماه سبب می‌شود خشکی‌ها و آب‌های کره‌ی زمین، در مقاطع زمانی متناسب، افزایش سطح پیدا کنند. این میزان در خصوص سیالات، بسیار ملموس‌تر بوده و در مجاورت آب‌های بزرگ، مانند اقیانوس‌ها و دریاهای پهناور، نمود بیشتری خواهد داشت. با این حال بررسی دقیق پدیده‌ی جزر و مد، نیاز به جزئیات بیشتری داشته و از حوصله‌ی این مطالعه خارج است. به عنوان مثال، هنوز پاسخ دقیقی برای مشاهده نشدن جزر و مد در بخش‌هایی از دریای مدیترانه بیان نشده است.

انرژی استحصال‌شده از جزر و مد، به دلیل همه‌گیر نشدن و پیاده‌سازی در مقیاس اندک، هنوز اقتصادی نشده و ادوات و تجهیزات لازم برای کار در شرایط دریانوردی و محیط دریا، با قابلیت هم آوردی با جریانات سنگین آب و تحمل تنش‌های طبیعی محیطی، هنوز گران‌قیمت محسوب می‌شوند؛ اما بسیاری از محققین بر این باور هستند که با افزایش مقیاس پیاده‌سازی‌ها، قیمت تمام‌شده‌ی هر کیلووات ساعت انرژی برق جزر و مدی، با بقیه رویکردها قابل مقایسه و رقابتی خواهد شد. شاید پیش‌بینی خوش‌بینانه‌ای تلقی گردد، اما برخی صاحب‌نظران تخمین می‌زنند در ۳۰ سال آینده، ۴۰% مصرف برق بخش مسکونی جهان از انرژی برق تجدیدپذیر جزر و مد تامین خواهد شد.

بیشترین تغییر ارتفاع آب دریا ناشی از جزر و مد، به حدود ۲۴ متر می‌رسد. در جهان ۲۴ نقطه شناسایی‌شده که از تغییر ارتفاع

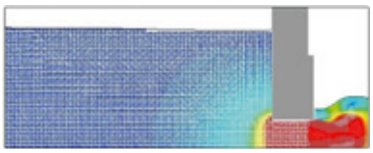
1.Tidal Electricity Energy

مناسب حدود ۶ متر برخوردار هستند. تغییر ارتفاع کمتر از این حد، اقتصادی نبوده و انرژی پتانسیل قابل توجهی تأمین نمی‌کند. تغییرات ارتفاع بیش از حد نیز جانمایی و استقرار و عملیات تجهیزات و ایستگاه‌ها را دشوار می‌سازد. ایده آل‌ترین شرایط برای استفاده‌ی توأم از انرژی پتانسیل و جنبشی جزر و مد، تغییر ارتفاع ۴ الی ۶ متر و سرعت پیش‌روی و پس‌روی آب در حدود ۱,۴ متر بر ثانیه است.

نگاهی بر رویکردها و پیاده‌سازی‌های جهانی

در جای‌جای جهان و در سواحل دریاها و اقیانوس‌ها، پدیده‌ی جزر و مد قابل‌مشاهده بوده و در برخی کشورهای صنعتی و پیشتاز در انرژی پاک و تجدیدپذیر، استفاده از انرژی جزر و مد مسبوق به سابقه و در حال توسعه می‌باشد. بر اساس مرور سوابق، انرژی برق تقریبا در تمام موارد پیاده‌سازی شده، از انرژی جزر و مد استحصال گردیده است. لذا این مطالعه نیز بر برق تجدیدپذیر ناشی از جزر و مد تمرکز دارد. هرچند در دوران باستان و در نبود برق نیز استفاده از انرژی مکانیکی ناشی از جزر و مد سابقه داشته است. برآورد اولیه نشان می دهد ۳۰۰۰ گیگاوات ساعت برق حاصل از جزر و مد در جهان قابل تعریف است که از این مقدار، ۱۲۰ الی ۴۰۰ واحد در نقاطی با تغییر ارتفاع مناسب سطح آب فراهم است [۱۱].

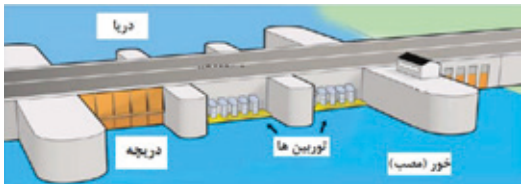
پیاده‌سازی‌های انجام‌شده در جهان، با دو رویکرد، قابل دسته بندی است. رویکرد نخست، استفاده از انرژی جنبشی جریانات جزر و مد است. در این رویکرد، با استفاده از رودخانه‌های طبیعی ایجادشده حاصل از پیش رَوی آب دریا و یا با استفاده از کانال‌کشی مصنوعی، از سرعت و انرژی جنبشی رفت و برگشت جریان آب بهره برداری می شود. حتی در روش مصنوعی، می توان با ایجاد کانال‌کشی و استفاده از هندسه‌ی مناسب، سرعت و میزان انرژی جنبشی مورد نیاز برای دوران پره‌های توربین را افزایش داد.



شکل ۳- شبیه‌سازی نرم‌افزار Flow3D بیانگر افزایش ملموس سرعت و انرژی جنبشی آب دریا در قسمت پایین مانع، هنگام پس‌روی (جزر) و بازگشت آب دریا است [۲]

تا اینجا مشخص گردید، یکی از ویژگی‌های مطلوب برای پدیده‌ی جزر و مد از منظر تولید و استحصال انرژی، سرعت رخداد و نرخ زمانی پیش‌روی و پس‌روی آب دریا است که تا حد زیادی به هندسه‌ی محیطی و طبیعی، شیب زمین و موقعیت نسبی به کره‌ی ماه وابسته است.

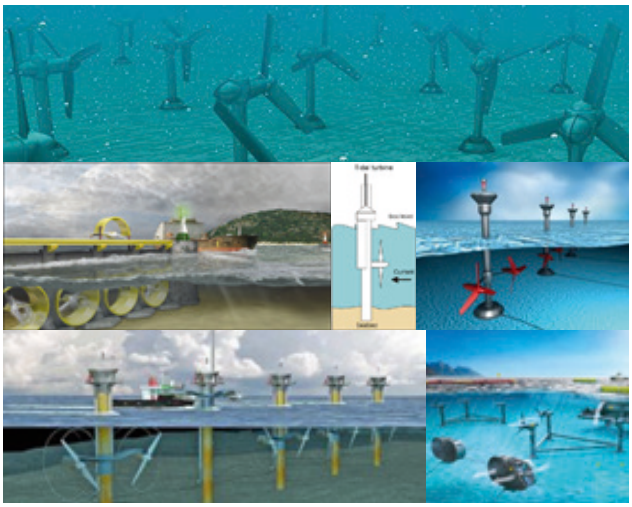
رویکرد دیگر، استفاده از انرژی پتانسیل جزر و مد است. در این روش، بدون توجه به سرعت جریانات آب دریا در پیشروی، تلاش می‌گردد در برکه‌ها یا دریاچه‌های طبیعی یا مصنوعی، با ساخت سدبندها، دیواره‌ها و ...، آب دریا در هنگام پیش‌روی به دام افتد و در زمان پس‌روی، خروج آن همراه با استحصال انرژی برق صورت پذیرد [۲].



شکل ۴- شماتیک ساده‌ی استحصال برق جزر و مدی در ساحل با استفاده از سدبند

در برخی از روش های تولید برق با استفاده از انرژی پتانسیل جزر و مد، مکانیسم‌های ذخیره - تلمبه‌ای نیز در نظر گرفته شده است. به‌گونه‌ای که در هنگام پیشروی آب دریا و هم‌زمان با پر شدن طبیعی ذخیره، با استفاده از برق تجدیدپذیر مازاد یا ظرفیت شبکه برق سراسری مازاد، آب بیشتری به بخش ذخیره‌سازی تلمبه می‌شود تا در زمان پس‌روی، گیرد.

یادآور می‌گردد جریانات رفت و برگشت آب دریا ناشی از جزر و مد، صرفاً در ساحل رخ نمی‌دهد و تا کیلومترها دورتر از ساحل، در عمق دریا قابل ملاحظه است. لذا برخی پیاده‌سازی‌ها، سواحل را در نظر نگرفته و به عمق دریا (در حد ۲۰ متر) روی آورده و توربین‌های تولید برق را در آن محل مستقر نموده‌اند. این توربین‌ها را هم می توان بر روی پایه‌های مستقر بر بستر دریا و هم در برخی از روش های نصب، بر روی ایستگاه‌های شناور و لنگر شده به بستر دریا[۱۴] و [۱۵] نصب نمود.

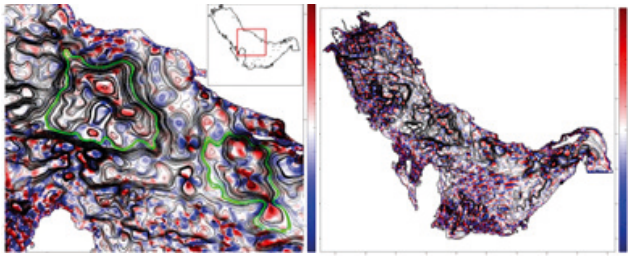


شکل ۵- پیاده‌سازی و نصب توربین استحصال برق تجدیدپذیر جزر و مد در فراساحل و اعماق دریا به‌جای ساحل [۹] و [۱۰]

پیاده‌سازی این فناوری در عمق دریا، یکی از آرام‌ترین و کم‌مزاحمت‌ترین روش های تولید برق تجدیدپذیر است. تنها نگرانی در این رویکرد، خطراتی است که برای سگ‌های دریایی، فک‌ها، وال‌ها، دلفین‌ها و دیگر حیوانات دریایی ایجاد می شود. با این حال مکانیسم‌های فراصوت برای فراری دادن این جانوران از نزدیکی توربین‌های زیرآبی پیش بینی شده است.

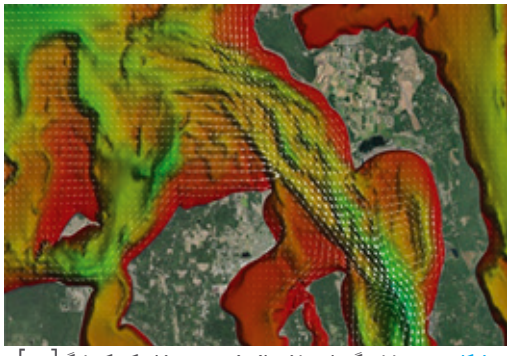
در فواصل بسیار دورتر از ساحل، جریانات آبی ناشی از جزر و

مد، از حالت رفت و برگشت به حالت جریانات گردابی عمیق تبدیل می‌شود. این منبع دائمی، حرکت فرضی بدون توقف و همیشگی و پیوسته‌ی توربین‌ها را همراه خواهد داشت و به ساعت و زمان خاصی از شبانه‌روز اختصاص ندارد [۴].



شکل ۶– جریانات گردابی ناشی از جزر و مد در اعماق خلیج فارس و دور از ساحل

اما پیاده‌سازی این فناوری و جانمایی توربین در عمق دریا با فاصله‌ی قابل توجه از ساحل، هنوز لاینحل و حداقل غیر اقتصادی است. مطالعات انجام‌شده در خصوص ژانوکینگ یانگ و خلیج فارس، گویای وجود چنین جریانات گردابی در عمق می‌باشد.



شکل ۷– جریانات گردابی ناشی از جزر و مد در ژانوکینک یانگ [۱۳]

شایان ذکر است عموماً پیاده‌سازی‌های برق تجدیدپذیر جزر و مد، در مناطق دور از شبکه برق سراسری، در نقاطی است که کابل‌کشی برق به این محل‌ها، فاقد صرفه‌ی اقتصادی باشد. در عین حال، اتصال برق جزر و مدی به شبکه‌ی سراسری، از بُعد تزریق انرژی تجدیدپذیر در پیک تولید به شبکه، یا دریافت برق مازاد برای مکانیسم ذخیره – تلمبه، مسبوق به سابقه می‌باشد.

یکی از معروف‌ترین نمونه‌های برق جزر و مد، سامانه‌ی نصب شده بر روی رود رانس فرانسه است. آب دریا در این موقعیت جغرافیایی، در هنگام مد، پیشروی قابل ملاحظه‌ای داشته و یک رود – دریاچه‌ی طبیعی را ایجاد می‌کند و بالعکس، در هنگام جزر، جریان قابل توجهی از آب دریا، مسیر بازگشت را طی می‌نماید.

طراح سیستم، با تعبیه یک سدبند، موجب افزایش سرعت و انرژی جنبشی در خروجی محدودشده می گردد. طول این سدبند ۷۵۰ متر بوده و دریاچه‌ی مقطعی به مساحت ۲۲ کیلومتر مربع ایجاد می‌نماید.

ایرلند نیز از کشورهای پیشتاز در برق جزر و مدی است و با توجه به موقعیت ممتاز جغرافیایی از این منظر، پیاده‌سازی‌های عملیاتی موفقی داشته است.

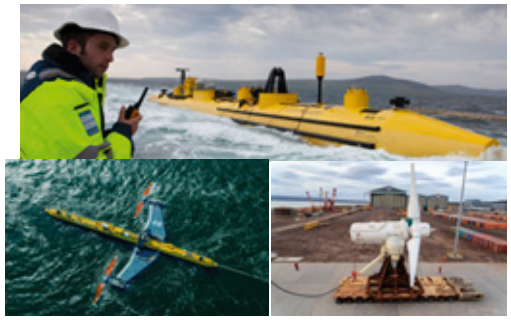
شکل ۸– پیش‌رَوی آب دریا به صورت رود– دریاچه رانس فرانسه و تولید برق

انگلستان، با توجه به دو برابر شدن مصرف انرژی تا ۲۰۵۰ در آن کشور، تولید ۱۱% از برق مورد نیاز خود را در این افق زمانی با استفاده از انرژی جزر و مد برنامه‌ریزی نموده است. مشکل اصلی انگلستان با برق بادی و آفتابی، وابستگی و تغییرپذیری فصلی آن

شکل ۹– تولید برق تجدیدپذیر جزر و مدی در ایرلند به صورت فراساحل و مستقر بر بستر دریا

بوده و در مواقعی این کشور، مجبور به استفاده از انرژی هسته‌ای یا گاز طبیعی و حتی زغال‌سنگ می‌گردد که به وضوح از اهداف کربن خنثی و انرژی پاک این کشور به دور است؛ اما جزر و مد، یک منبع بدون وقفه، منظم وقابل برنامه‌ریزی و پیش‌بینی است [۱۲].

مانند هر منبع برق تجدیدپذیر، این احتمال وجود دارد که برق تولیدی در نقطه ی اوج جزر و مد، در زمان مورد نیاز نباشد. همچنین طراحان فناوری باید پاسخی برای زمان‌های غیر از رفت و برگشت جزر و مدی و تولید برق لحظه‌ای داشته باشند. پس مکانیسم

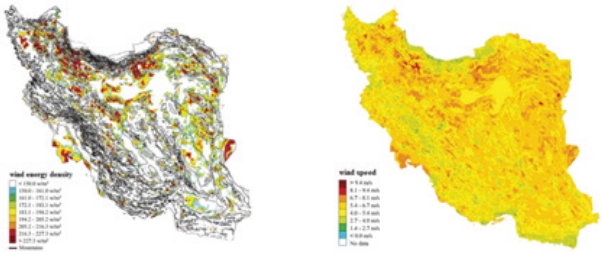


شکل ۱۰– تولید برق جزر و مدی در انگلستان به صورت فراساحل و شناوری

ذخیره‌سازی انرژی برق تجدید پذیر ضروری است. در این خصوص، پروژه‌های عظیم ذخیره‌سازی در باتری، واحدهای تولید هیدروژن سبز از الکترولیز آب دریا و کارخانه‌های Power2X برای جذب دی اکسید کربن هوا و تبدیل آن با استفاده از هیدروژن سبز به متان، در مجاورت مولدهای برق جزر و مدی ضروری است.

دلیل توجه به انرژی جزر و مد در ایران

در حال حاضر، رویکرد غالب مصرف انرژی در کشور با دو ویژگی سرسام‌آور و فسیلی همراه است و از این منظر، مسیر حرکت کشور با همبستگی جهانی برای سبز و پاک شدن انرژی و بهره‌وری در مصرف آن و رویکردهای کربن خنثی، فاصله بسیار دارد؛ اما اگر در آینده‌ی نزدیک قرار باشد تولید برق فسیلی کاهش یابد، یافتن جایگزین برای آن قابل تأمل خواهد بود. ایران کشوری کم بارش است و همواره نگرانی‌های جدی در خصوص ذخایر آبی پشت سدها وجود دارد. برق هسته‌ای در کشور به بلوغ کافی نرسیده و سهم عمده‌ای در سبد برق مصرفی خانوار و صنایع ندارد. ایران کشوری کم‌باد است و باد مناسب در ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح زمین، در نواحی محدودی از خاک ایران در دسترس است [۵].

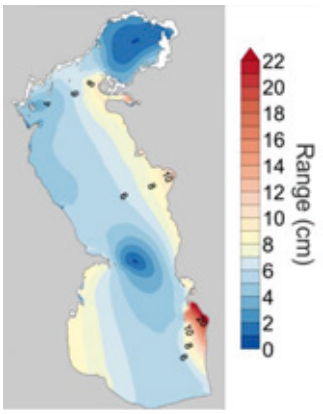


شکل ۱۱ – ایران کشوری نسبتاً بادپر انرژی قابل دستیابی اندک؛ بادپر انرژی مستلزم سازه‌های بسیار مرتفع و به صورت پراکنده است.

بادهای پرقدرت با قابلیت استحصال انرژی، در بیشتر بخش های کشور وجود دارد، اما استحصال این انرژی نیاز به سازه‌های با ارتفاع بیش از ۸۰ متر داشته و این نواحی، به صورت پراکنده و دورافتاده نسبت به مراکز صنعتی می‌باشند. هرچند شرایط برای استفاده از انرژی آفتاب در ایران مهیا است، اما وضعیت انرژی به گونه‌ای نیست که از منابع انرژی تجدیدپذیر دیگر به سادگی بتوان چشم پوشید. با توجه به ۲۷۰۰ کیلومتر ساحل در کشور، بررسی موشکافانه‌ی امکان‌سنجی تولید برق جزر و مدی، ضروری به نظر می‌رسد.

دریای خزر؛ از منظر انرژی جزر و مد

دریای خزر، بزرگ‌ترین دریاچه‌ی جهان بوده که با توجه به وسعت و در عین حال محصور بودن، فرصت مطالعاتی منحصر به فردی برای بررسی جزر و مد بدون اتصال به اقیانوس می‌باشد. همسایگان شمالی ایران، در بررسی و شناخت دریای خزر کوشاتر بوده‌اند و مطالعات جامعی در زمینه‌ی جزر و مد در دریای خزر انجام داده‌اند. نتیجه حاکی از آن است که به رغم آن که تمرکز عمیق‌ترین، شدیدترین و سریع‌ترین جزر و مدها در جنوب شرقی دریای خزر، در نزدیکی بندر ترکمن متمرکز است، میزان این تغییر ارتفاع و سرعت پیش‌روی و پس‌روی آب دریا، بسیار پایین‌تر از آستانه‌ی مورد نیاز برای تولید برق تجدیدپذیر جزر و مدی است. تغییر ارتفاع از مرتبه ۲ دکامتر بوده و سرعت جریانات نیز ۱۹ تا ۲۲ سانتی‌متر بر ثانیه می‌باشد [۶].



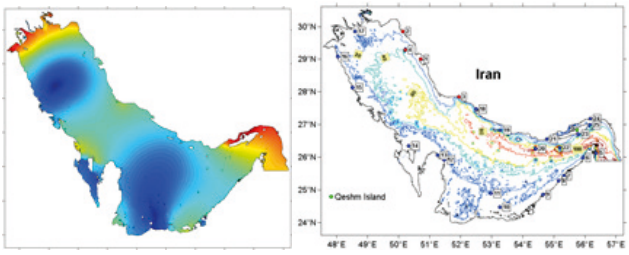
شکل ۱۲ – بیشینه‌ی جزر و مد در دریای خزر، بندر ترکمن، بسیار کمتر از آستانه‌ی تولید انرژی است [۸].

محدود بودن اثر جاذبه‌ای ماه بر این دریای محصور، عدم اتصال به اقیانوس‌ها و آب‌های آزاد و شیب خاص بستر دریای خزر بر ناچیز بودن اثر جزر و مد در این نقطه دلالت دارد. به نظر می‌رسد تولید برق تجدید پذیر جزر و مدی در دریای خزر، فاقد توجیه است. شایان ذکر است بهره‌مندی از انرژی جنبشی امواج، مستلزم مطالعات و بررسی جداگانه است.

خلیج فـارس و دریای عمان؛ از منظر انرژی جزر و مد

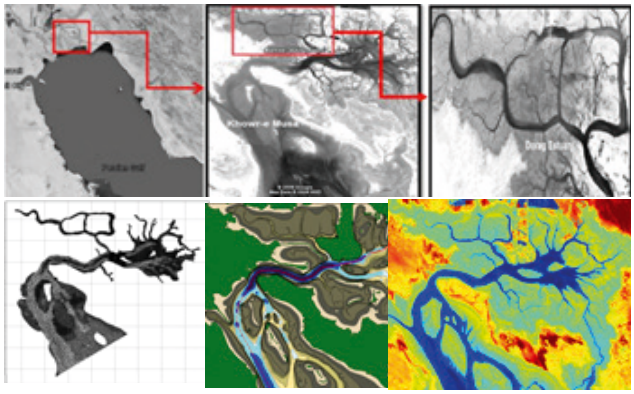
خلیج همیشه فارس، در انتهای پیش‌آمدگی آب از اقیانوس هند به داخل فلات ایران است. اتصال دریای عمان به اقیانوس هند، از ماهیت خلیج بودن آن کاسته است؛ مطالعات ملی و بین‌المللی در زمینه‌ی جزر و مد خلیج فارس صورت گرفته که سهم توجهات بین‌المللی بیشتر بوده است. به گونه‌ای که مطابق شکل زیر، نقاط قرمزرنگ تحت بررسی نهادهای ملی کشور و نقاط آبی‌رنگ مورد داده‌کاوی نهادهای بین‌المللی قرار گرفته‌اند [۴].

اما در تنگه‌ی هرمز در مجاورت قشم و نیز در خورموسی در خوزستان، از منظر جزر و مد، ویژگی‌های جالب و منحصربه‌فردی قابل ملاحظه است [۱۶]. ویژگی‌هایی که همسایگان جنوبی ایران کمتر از آن بهره‌مند هستند. مطالعات نشان می‌دهد در خوران



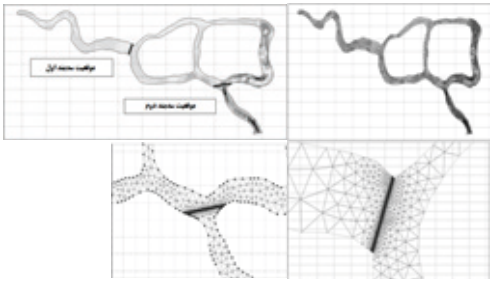
شکل ۱۳ – مطالعه داده‌کاوی جزر و مد در خلیج فارس با استفاده از داده‌های نهادهای ملی و بین‌المللی – قشم و خوزستان (خوران و خورموسی) بیشترین جزر و مد را از منظر سرعت و تغییر ارتفاع تجربه می‌کنند.

قشم، سرعت پیش‌روی و پس‌روی جریانات جزر و مدی بسیار بالا و مناسب برای تولید برق با رویکرد انرژی جنبشی است [۱۸]. مشابه این موضوع، در خورموسی از بُعد تغییر ارتفاع قابل‌توجه (۴ الی ۵٫۲ متر) و سرعت بالای جریانات به صورت توأم می‌باشد.



شکل ۱۴ – خورموسی (مصب دورق) برای تولید برق جزر و مدی با استفاده از انرژی پتانسیل و سدبند مناسب است.

به گونه‌ای که شبیه‌سازی‌ها صرفاً با استفاده از دو سدبند بر روی دو انشعاب فرعی خورموسی (مصب دورق)، امکان تولید حدود ۷۰۰ مگاوات ساعت برق را احراز می‌نماید [۳]. نکته اینکه در مجاورت هر دو نقطه، بازار صنعتی و مسکونی مصرف برق وجود دارد. نزدیکی مجتمع‌های پالایش گاز و نفت به قشم و هم‌جواری مجتمع‌های عظیم پتروشیمی ماهشهر به خورموسی، جذابیت موضوع برق تجدیدپذیر را از منظر صنعت نفت دوچندان می‌کند.



شکل ۱۵ – مطالعات، نقاط بهینه برای ایجاد سدبند روی مصبّ خورموسی را مشخص نموده‌اند [۳].

گزینه‌ی دیگر قابل‌تأمل، استفاده‌ی فرعی از سازه‌های سکوهای دریایی نفتی، در منطقه‌ی فلات قاره‌ی قشم است. به‌عنوان مثال، سکوی نفتی هنگام می‌تواند حامل ادوات توربین تولید برق تجدیدپذیر در عمق آب دریا حداقل به‌منظور مصرف خود سکو باشد [۱۷].

بررسی‌های تکمیلی در نقاطی مانند سواحل دریای عمان (مکران و چابهار)، بندر پل و ... در حال انجام است. یادآور می‌گردد تغییر ارتفاع ناشی از جزر و مد در خلیج فارس و سرعت پیش‌روی و پس‌روی در مقایسه با بیشینه‌های جهانی اندک است. به عنوان مثال تغییر ارتفاع ۱۳٫۵ متر در مناطقی از فرانسه به طور روزانه صورت می پذیرد؛ حال اینکه بیشینه‌ی این تغییر در خلیج فارس در مجاورت مرزهای ساحلی ایران، به ۴ الی ۵ متر می‌رسد. اما این

شکل ۱۶ – سکوهای نفتی فلات قاره‌ی قشم، قابلیت نصب ادوات تولید برق جزر و مدی را دارد.

میزان نیز برای تولید پایدار برق تجدید پذیر کافی است. خصوصاً اینکه هم در قشم و هم در خوزستان، سرعت جریانات آبی جزر و مدی، در مرتبه‌ی آستانه‌ی جهانی(۱٫۴ متر بر ثانیه) و در حدود ۱٫۱ متر بر ثانیه می‌باشد[۱۸].

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

درمجموع، با توجه به اینکه دیر یا زود و با توجه به رویکرد غالب جهانی، کشور ما ایران نیز ناچار به روی آوردن به انرژی‌های پاک و سبز، و سناریوهای کربن خنثی و حداقل سازی مصرف انرژی فسیلی است، توجه ویژه به همه‌ی منابع تجدیدپذیر ضروری است. شایان ذکر است کشمکش زیادی در اتحادیه اروپا، در خصوص پاک تلقی کردن گاز طبیعی و انرژی هسته‌ای وجود دارد و این موضوع کار را برای مصرف گاز در ایران دشوار می‌سازد. با توجه به کم بارش بودن ایران و دست‌یافتنی بودن بادهای پرانرژی به صورت پراکنده و با اتکا به سازه‌های بلند، به‌رغم مناسب بودن آفتاب در ایران، چشم‌پوشی از دیگر منابع تجدیدپذیر شایسته نیست. لذا پیاده‌سازی استحصال برق تجدیدپذیر جزر و مدی، در خورموسی یا خواران، در خوزستان و قشم، یا در هر نقطه‌ی سواحل ایران با قابلیت کافی، هم از بعد اقتصادی و هم از بعد ترویج انرژی پاک و سبز، مورد پیشنهاد است. خصوصاً اینکه آزمونه‌های موفقی از الکترولیز سبز و تولید هیدروژن، یا مکانیسم‌های Power2x در مجاورت این نقاط قابل تعریف خواهد بود.

منابع :

[1]Gorji-Bandpy M., Azimi M., Jouya M., Tidal Energy and Main Resources In the Persian Gulf, 2013.

[2]Davoudi A., Shirneshan A., Tidal Electricity Generation by Turbine in Shahid Rajaee Port: A Numerical Simulation, 2020.

[3]Hashemi Aslani Z., Niksokhanaa M., Montazeri M., Assessment of the Potential of Harnessing Tidal Energy in the Khowr-e Musa Estuary in the Persian Gulf, 2017.

[4]Mashayekh H., Modeling tidal processes in the Persian Gulf - With a view on Renewable Energy, 2016.

[5]Khojasteh D., Khojasteh D., Kamali R., Assessment of renewable energy resources in Iran; with a focus on wave and tidal energy, 2017.

[6]Medvedev I., Kulikov E., Fine I., Numerical modeling of the tides in the Caspian Sea , 2019.

[7]Etemadi A., Emami Y., Asefafshar O., Electricity Generation by the Tidal Barrages, 2011.

[8]http://elmi.akairan.com/elmi/geology1/news20171021223834278 54.html

[9]https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/tidal-power.php#:~:text=Tidal%20turbines%20are%20similar%20to,and%20heavier%20than%20wind%20turbines.

[10]https://www.cnbc.com/2021/07/28/worlds-most-powerful-tidal-turbine-starts-to-export-power-to-grid-.html

[11]https://www.britannica.com/science/tidal-power

[12]https://theconversation.com/tidal-turbines-could-generate-11-of-the-uks-power-new-research-168890

[13]https://www.pnnl.gov/explainer-articles/tidal-energy

[14]https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/tidal-energy/

[15]https://www.intertek.com/energy-water/tidal-energy/

[۱۶] نامدار ا.، عرصه ا.، نحوه‌ی تولید برق از طریق جزر و مد، ۱۳۹۶.

[۱۷] یارویسی ح.، صابری ج.، باقری م.، احمدی لیوانی م.، نجاتی ر.، بررسی انرژی جزر و مد در خلیج فارس و کاربرد آن در تولید برق با در نظرگرفتن سکوهای نفتی هنگام، ۱۳۹۳.

[۱۸] اشتری لرکی ا.، چکینی و.، کعبی ع.، صدری نسب م.، مطالعه انرژی حاصل از جزر و مد در سواحل ایرانی خلیج فارس، ۱۳۹۱.

گزارش تحلیلی | نظم دوره گذار انرژی

توسعه سیستم های نوآوری انرژی؛ بمنظور تسریع در گسترش فناوری های پاک و نیل به اهداف جهانی مقابله با تغییر اقلیم

سید صادق ضرغامی – پیمان نیلچی پور
پژوهشگران موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

افزایش علائم هشدار دهنده تغییر اقلیم مانند افزایش یا کاهش دما بصورت نامتعارف در برخی از کشورها، ذوب شدن یخ در قطب های شمال و جنوب و بدنبال آن وقوع سیل و آتش سوزی در جنگل ها و همچنین به خطر افتادن سلامت انسان ها و افزایش مهاجرت ها را در پی داشته است. این امر سبب شده است تا پیمان های زیست محیطی بین المللی بطور سالیانه و با قوانین سخت – گیرانه تر در حال تدوین باشند. اکثر کشورها با بررسی و انجام مطالعات در خصوص این موضوع، به این نتیجه رسیده اند که با روند کنونی عرضه و تقاضای انرژی، اهداف جهانی مقابله با تغییر اقلیم قابل دسترس نبوده و نیاز به توسعه سریع منابع انرژی و فناوری های پاک می باشد. با وجود این‌که در دهه‌های اخیر، جهان شاهد تلاش‌های بی‌سابقه‌ای جهت توسعه‌ی انرژی پاک، از جمله استفاده از منابع تجدید پذیر انرژی و حمل و نقل کم‌کربن بوده است، با این حال بسیاری از فناوری‌ها در این حوزه هنوز برای ورود به بازار آمادگی لازم را ندارند و باید از نظر فنی و مالی بهبود یابند. فناوری های مذکور همچنین باید برای کشورهای در حال توسعه که انتظار می‌رود بیشترین رشد تقاضای انرژی را در آینده به خود اختصاص دهند، بومی سازی گردند.

نوآوری

نوآوری، فرآیند معرفی یک اختراع، ایده یا کاربرد جدید و تبدیل آن برای استفاده عمومی می باشد. بنابراین ارائه یک اختراع یا ابداع به بازار و یا تجاری سازی آنها را نوآوری می گویند. منظور از تجاری سازی، بکارگیری گسترده آن اختراع یا ابداع در عمل است [۷]. از نظر پیتر دراکر نوآوری ابزاری است که کارآفرین با آن ثروتی تازه می آفریند، منابع تولید ایجاد می کند یا به منابع موجود، موهبت ثروت آفرینی می بخشد[۸]. وی به نوآوری از حیث کارآفرینی آن و ایجاد یک سرمایه و ثروت جدید نگاه می کند و در تعریف خود، نقش کارآفرین را برجسته می کند و در واقع کارآفرین را عامل تبدیل یک ایده و دانش جدید به ثروت و سرمایه ای جدید می داند. با عملیاتی شدن نوآوری و خرید یا رد آن، ایده ها، نیازها و مسائل جدیدی ایجاد می شود که خود زمینه را برای اکتشافات علمی جدید مهیا می سازد و از این طریق چرخه نوآوری ادامه می یابد [۶]. در پاسخ به تغییرات فناورانه، کسب و کارها بدنبال اقداماتی برای ترویج نوآوری هستند. در این راستا، شبکه زیست بوم نوآوری بعنوان سیستم های بین سازمانی که از طریق آن سازمان ها داشته های خود را برای رسیدن به یک راهکار منسجم و مشتری محور ترکیب می کنند و محیطی برای رشد کسب و کارها تثبیت و پشتیبانی ایجاد می شود تعریف شده است [۸] شبکه های تحقیق و توسعه مشترک برای نوآوری موفق خصوصا در بخش های فناوری پیشرفته اهمیت ویژه ای دارند. اینگونه همکاری ها شامل شرکت های سرمایه گذاری مشترک، توافقات اعطای مجوز یا منبع –یابی، تاسیس انجمن های تحقیقاتی، برنامه های پژوهشی مشترک موسسات مطالعاتی با پشتیبانی دولت، شبکه های دارای ارزش افزوده برای داد و ستدهای فنی و علمی و شبکه های غیر رسمی می شوند.

مسیر نوآوری، پیچیده، طولانی و غیرقطعی است و اغلب به

جدول ۱: نوع‌شناسی نوآوری

نوع نوآوری	مثال
نوآوری در محصول	توسعه یک محصول جدید یا بهبودیافته مثلا سیمان گوگردی که از پسماند پالایشگاه ها تولید می شود.
نوآوری در فرآیند	توسعه فرآیند جدید در تولید مثلا فرآیند بازیافت پساب ها و استفاده مجدد از آب آنها
نوآوری سازمانی	توسعه پایگاه های اطلاعاتی جهت باشتراک گذاری دانش در سازمان
نوآوری مدیریت	مدیریت فرآیندهای کسب و کار توسط نرم افزار (SAP)
نوآوری تولید	تولید همزمان (JIT)
نوآوری بازاریابی/تجاری	بازاریابی مستقیم توسط فناوری اطلاعات مانند سایت های Alibaba و Amazon
نوآوری خدمات	خدمات مالی مبتنی بر اینترنت (بانک و بیمه مجازی)

شکست می‌انجامد [۹]. هر مرحله ریسک‌هایی را در پی دارد، محیط انتخابی پویا است و طیف وسیعی از بازیگران باید هم‌راستا با یکدیگر قرار گیرند. فناوری‌های در حال ظهور هنگامی تغییر و تحول پیدا می‌کنند که حلقه‌های بازخورد و تجارب آموخته از دیگر بخش‌ها یا کشورها فعالیت‌های جدید تحقیق و توسعه را شکل دهند یا ترجیحات سرمایه‌گذاران و مشتریان تغییر یابد و همچنین هنگامی که فناوری‌های در حال رقابت ارتقا یابند [۱۱]. علاوه بر مکانیزم‌های درون‌زا، عوامل برون‌زا نیز مسیر حرکت و شانس موفقیت نوآوری را شکل می‌دهند، از جمله گزینه‌های سیاستی گذشته، توسعه‌های اقتصاد کلان، قدرت حاکم و زیرساخت‌ها و همچنین تاریخ، فرهنگ و هنجارهای اجتماعی (نگرو، ۲۰۲۰). ایده‌های نو در زمینه‌ی فناوری‌های انرژی علی‌رغم خطرها و پیچیدگی‌های موجود میلیاردها دلار منابع مالی را جذب می‌کنند [۱۲]. برای درک این موضوع که چرا بعضی از فناوری‌ها منابع مالی بیشتری را جذب می‌کنند یا از بقیه موفق‌تر هستند، بسیار مهم است که تمام عوامل مؤثر بر نوآوری در نظر گرفته شوند.

سیستم نوآوری انرژی مفهومی است که فرایندهای نوآوری را تحت سیستمی گسترده‌تر شامل کارآفرینان، مؤسسات، فناوری‌ها، سیاست‌ها، منابع، زمان و فضا قرار می‌دهد. این موضوع برای تأکید این نکته به سیاست‌گذاران مورد استفاده قرار می‌گیرد که بنگاه‌های اقتصادی حوزه‌ی انرژی (شامل تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان انرژی و مصرف‌کننده‌ها) درون شبکه‌ای از عوامل اجتماعی– اقتصادی شامل محققان، مصرف‌کنندگان نهایی و قانون‌گذاران و نهادهای نظارتی قرار دارند [۹]. انتخاب‌های این بازیگران هنگام پشتیبانی یا بهره‌برداری از فناوری‌های جدید با انگیزه‌هایی فراتر از تجزیه و تحلیل‌های منفعل سود و زیانی صورت می‌گیرد و شامل موارد زیر می‌شوند: ساختارهای سازمانی و حاکمیتی، سیاست‌ها، سرمایه‌گذاری‌های ارجح، منابع، جایگیری در زنجیره‌های تأمین، روابط و ترجیحات شخصی، انتظارات بازار و مدل‌های کسب و کار.

نوآوری در فناوری این‌گونه تعریف می‌گردد: «فرایند ایجاد ایده‌ها برای محصولات یا فرایندهای تولید جدید و هدایت توسعه‌ی آن‌ها در تمام مسیر از آزمایشگاه تا توزیع عمده در بازار». تجهیزات و فرایندهایی که در بخش‌هایی مانند برق، ساختمان، صنعت و حمل و نقل، چگونگی و میزان مصرف انرژی را تغییر می‌دهند نیز شامل این تعریف می‌شوند[۱۲].

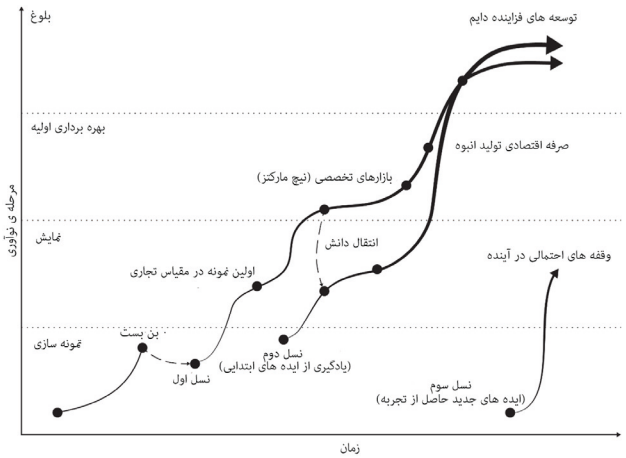
نوآوری در فناوری به‌عنوان روندی از ایده پردازی‌ها برای محصولات جدید یا مراحل تولید و توسعه آن‌ها از آزمایشگاه تا ورود و پخش در بازار تلقی می گردد. در هر مرحله از ایجاد نوآوری خطرات تأمین مالی، خطرات فنی و خطرات بازار وجود دارد که تحت تأثیر عوامل مختلف سیاسی و اجتماعی قرار دارند. درنتیجه فقط تعداد کمی از محصولات در عمل به مرحله ورود و پخش عمده در بازار می‌رسند. سه راه اصلی برای این‌که یک فناوری از طریق آن‌ها برای انطباق بهتر با محیطش، مخصوصاً با عملکرد و هزینه‌ی بهتر تکامل یابد وجود دارد: ۱) یادگیری از طریق تحقیق؛ ۲) یادگیری از طریق انجام کار؛ و ۳) صرفه اقتصادی از طریق تولید انبوه. همچنان که یک فناوری توسعه می‌یابد، احتمال این‌که مورد انتخاب سرمایه‌گذاران بخش تحقیق و توسعه و استفاده‌کنندگان جدید با معیارهای مختلف انتخاب قرار گیرد بیشتر می‌شود. این موضوع چرخه‌های گوناگون و اصطلاحاً «بازگشت فزاینده به چرخه‌ی بهره‌برداری» را ایجاد می‌کند، یعنی بهره برداری بیشتر موجب تشویق بهره برداری های بعدی می شود. هرچند در مراحل اولیه، که هزینه‌ها بیشتر از هزینه‌های رقبا است، این حلقه‌های بازخورد ضعیف‌تر هستند و دستیابی به اولین فرصت‌های بازار مستلزم سرمایه‌گذاری‌های هم‌جهت و خطرپذیر است. هم توسعه‌ی همه‌جانبه و بنیادین و هم توسعه‌ی فزاینده و پیوسته برای روند ایجاد نوآوری مهم و حیاتی هستند.

توسعه نوآوری در انرژی

نوآوری در فناوری انرژی یک فرایند تکاملی در طول چهار مرحله‌ی توسعه است. چهار مرحله‌ی نوآوری در انرژی و بازخوردها و سرریزهای دانش که نسل‌های متمادی طرح‌های فناورانه را بهبود می‌بخشند (شکل ۱).

هیچ فناوری تمام مسیر ایده تا بازار را بدون تغییر طی نمی‌کند. روندهای توسعه‌ی آن‌ها تحت تأثیر حلقه‌های بازخورد و سرریزهای دانش در مراحل مختلف بلوغ قرار می‌گیرند و اغلب دچار بازگشت و طراحی مجدد می‌شوند. با این‌وجود، توجه به این چهار مرحله‌ی مشخص که فناوری‌های موفق در نهایت از آن‌ها عبور می‌کنند حائز ارزش و اهمیت است، زیرا هر کدام از این مراحل از ویژگی‌ها و الزامات متفاوتی برخوردار است. منبع: آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۲۰b).

کشورهای توسعه یافته اهمیت توسعه نوآوری را درک نموده – اند و در همین راستا به توسعه سامانه های مرتبط با این موضوع



شکل ۱: فرآیند توسعه نوآوری

پرداخته اند. بعنوان مثال، سامانه‌ی نوآوری در بخش انرژی ایالات متحده آمریکا، سامانه برخط نوآوری در فناوری انرژی است که توسط آزمایشگاه ملی انرژی تجدید پذیر آمریکا طراحی و راه‌اندازی

شده و دسترسی کسب‌وکارها و کارآفرینان به سرمایه‌های فکری متعلق به آزمایشگاه‌های ملی وزارت انرژی ایالات متحده را میسر ساخته است. این سامانه همچنین بازارهای مناسب کسب وکارهای فناورانه موجود را معرفی می‌نماید تا متقاضیان با مطالعه‌ی آن‌ها جهت درخواست صدور مجوز برای هرکدام از کسب‌وکارهای موردنظر، تصمیم‌گیری مناسب را انجام دهند. علاوه بر معرفی بازارها، این سامانه، لیستی از فناوری‌های در حال ظهور را که هنوز برای آن‌ها درخواست ثبت اختراع صورت نگرفته نیز در اختیار کاربران قرار می‌دهد. سامانه‌ی تبادل نوآوری در انگلیس نیز یک سامانه‌ی تبادل نوآوری در بخش‌های مختلف است که از طریق ایجاد ارتباط بین شرکت‌های دانش‌بنیان و بخش‌های صنعتی که با چالش‌های فناورانه روبه‌رو هستند، از توسعه‌ی نوآوری‌ها حمایت می‌کند. این سامانه به منظور ارتباط بین کسب‌وکارهای بزرگ که متقاضی راه‌حل برای مسائل فناورانه خود هستند و شرکت‌هایی که راه‌حل‌های نوآورانه مناسب را در اختیار دارند ایجاد شده است.

عوامل اصلی در موفقیت سیستم های نوآوری

سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان به دنبال تحت پوشش قرار دادن تمام اجزای مهمی هستند که اساس سیستم‌های موفق نوآوری را پی‌ریزی می‌کنند. شکل ۲ چارچوب مفهومی برای درک بهتر از سیستم‌های نوآوری انرژی و گزینه‌های سیاستی، بر اساس چهار جزء اصلی سیستم‌های نوآوری موفق را ارائه می‌نماید.

این چارچوب حول چهار عامل اصلی جهت ایجاد شرایط مطلوب نوآوری ایجاد شده است و تعاملات بین آن‌ها را مورد توجه قرار می‌دهد:

◄ **تامین منابع:** سیستم نوآوری در انرژی مستلزم جریان مستمری از منابع مالی تحقیق و توسعه، نیروی کار ماهر، زیرساخت تحقیقاتی و اولویت‌های مشخص در هدایت پژوهش در خصوص فعالیت‌های حوزه‌ی نوآوری است.

« تامین منابع» به تأمین ورودی‌ها برای سیستم نوآوری در انرژی با هدف افزایش شانس موفقیت نوآوری اشاره دارد. این ستون معمولاً بیشترین توجه را به خود جلب می‌کند. برای نمونه، ۲۵ کشور یا منطقه در سال ۲۰۱۵، تحت یک طرح ابتکاری با عنوان مأموریت نوآوری متعهد شدند که میزان هزینه کرد خود را در امر تحقیق و توسعه در زمینه‌ی انرژی پاک به دو برابر افزایش دهند (MI, ۲۰۱۷).

دولت‌ها این امکان را دارند تا به پایش ورودی دو منبع اصلی فعالیت‌های نوآوری در حوزه‌ی انرژی بپردازند: منابع مالی و سرمایه‌ی انسانی. آنها می‌توانند با استفاده از انواع ابزارها، بسته به فناوری و مرحله‌ی توسعه و با هدف رفع مشکلات خاص نوآوری یا استفاده از بهترین و مناسب‌ترین فناوری‌ها، بطور مستقیم یا غیر مستقیم (برای نمونه، از طریق تنفس مالیاتی برای تحقیق و توسعه‌ی تجاری) به تأمین مالی بپردازند. در مراحل میانی توسعه از جمله در مرحله‌ی نمایش فناوری، فناوری‌های در حال ظهور ممکن است با چالش‌هایی در خصوص جذب مبالغ بزرگ‌تر سرمایه مواجه شوند؛ در این موارد بخش دولتی می‌تواند برای کاهش ریسک‌های مربوط به مراحل بسیار پر خطر یا اصطلاحاً «دره‌ی مرگ»، به حمایت –های مالی بپردازد (برای مثال از طریق اعطای کمک‌هزینه، وام یا

شکل ۲: عوامل اصلی موفقیت در سیستم‌های نوآوری

خرید سهام).

موفقیت همچنین به امکان دسترسی به سرمایه های انسانی مانند: مخترعان، محققان، دانش‌آموختگان، کارآفرینان و فعالان صنعت، بستگی دارد. تلاش‌ها برای گسترش تحصیلات باکیفیت‌تر، برنامه‌های علمی و مهندسی و کارآفرینی، همچنین جذب و حفظ استعدادها موجب ایجاد یک زیست‌بوم سالم نوآوری می‌شود که نهایتاً به دست‌یابی به انرژی پاک منجر خواهد گردید.

در مدیریت راهبردی، پس از تدوین راهبردهای پژوهشی، فعالیت‌های تحقیق و توسعه با اهداف بلندمدت همراستا می شود. برآورد نیازهای فناوری به دولت‌ها کمک می‌کند اولویت‌ها را شناسایی کنند و مأموریت‌های نوآوری و نقشه‌های راه فناوری را در همکاری با تمام ذی‌نفعان مشخص کنند.

اولویت‌های ملی نوآوری، فرصت‌های اقتصادی و فنی را ایجاد می‌کند. این اولویت ها شامل تناسب فناوری‌های موجود با ساختارها یا جغرافیای ملی، توانمندی‌های موجود، مزیت نسبی، انتشار آلودگی بخش‌ها و اندازه‌ی بازارهای محلی می‌شود. در چنین رویکردی برای مثال هیدروژن کم‌کربن و نقش‌های ویژه در زنجیره‌ی ارزش آن، در اولویت قرار می‌گیرند.

فعالیت های اصلی جهت تسهیل تامین منابع شامل: تحلیل وضع موجود نوآوری در فناوری ها، تحلیل شکاف و تعیین فعالیت های اولویت دار جهت نیل به وضع مطلوب، تخصیص بودجه و تشویق سرمایه گذاری خصوصی جهت اطمینان از حمایت مستمر از فعالیتهای نوآوری در طی زمان و ارائه زیرساخت های مناسب برای محققان و نوآوران، آموزش، استخدام و توسعه بانک اطلاعاتی جهت حفظ اطلاعات نیروهای ماهر مانند مهندسین، پژوهشگران، تکنسین ها و کارکنان پشتیبانی، می باشند. سیاست گذاری های مناسب جهت بهبود عملکرد در این بخش عبارتند از: آسیب شناسی نوآوری در فناوری، تشویق بخش خصوصی به سرمایه گذاری، آموزش و توانمندسازی منابع انسانی، شناسایی نیازهای فناورانه و تدوین سیاست های مناسب تحقیق و توسعه، پایش مستمر فعالیتهای تحقیق و توسعه در راستای اهداف سیاستی، ارائه تسهیلات دولتی به کارآفرینان و موسسات تحقیقاتی، مشوق های مالیاتی، تامین مالی تحصیلات تکمیلی و ارائه بورسیه های تحصیلی.

◄ مدیریت دانش: سیستم نوآوری در انرژی نیازمند مشوق‌ها و سیستم‌های مالکیت فکری برای مخترعان است و باید تبادل دانش میان ذی‌نفعان را میسر سازد.

مدیریت دانش به فرایندهایی اشاره دارد که موجب تولید، حفاظت و جریان دانش جدید در میان فعالان نوآوری و در سرتاسر مراحل توسعه می‌شود. خروجی اولیه‌ی نوآوری (دانش جدید) باید مورد حفاظت قرار گیرد. هدف برنامه‌های حفاظت دانش، تشویق نوآوری و اعطای پاداش به مخترعین است (برای مثال، از طریق ارتقای شغلی، عواید مالی، بهره‌ی مالکانه و مزیت رقابتی). این امر از طریق انتشارات دانشگاهی، ثبت حق اختراع و در سطحی کلی‌تر، تحت نظام‌های مالکیت فکری انجام‌پذیر است. (شین، ۲۰۰۴).

سیاست‌گذاران به دنبال پرهیز از رویه‌های اداری دشوار و پرهزینه، انحصارات بلندمدت مالکیت فکری و مشکلات تصدی‌گری جدید هستند.

فعالیت های اصلی جهت توسعه مدیریت دانش شامل: حفاظت از دانش جدید، تقویت شبکه دانش و جلوگیری از ناچیزشماری نوآوری و دانش می باشند. سیاستگذاری هایی که می توانند در راستای گسترش این فعالیتها موثر باشند عبارتند از: تسهیل رویه ها و روش ها جهت ثبت حق مالکیت دانش های حوزه انرژی، ارائه مشوق های مالیاتی جهت ثبت حق مالکیت ها، تدوین سیاست های تشویقی برای همکاری در حوزه های تحقیق و توسعه بخش انرژی، پشتیبانی از سامانه های شبکه ای نوآوری و فناوری، مانند کنفرانس های علمی، پارک های علم و فناوری، دفاتر انتقال فناوری، گسترش همکاری با شرکای بین المللی، به اشتراک گذاری دانش در پروژه های بزرگ، تخصیص بودجه برای فعالیتهای تحقیق و توسعه و نمایش اولیه فناوری، تامین مالی آموزشهای تخصصی راهبردی جهت دوره انتقالی انرژی پاک.

◄ کشش بازار: سیستم نوآوری در انرژی باید ریسک‌های تحقیق و توسعه‌ی حائز ارزش را که به قواعد و انگیزه‌های بازار مربوط می‌شوند بپذیرد.

کشش بازار به انگیزه‌های سرمایه‌گذاری در امر تحقیق و توسعه و ایجاد محصول اشاره دارد که هنگام رشد تقاضا برای یک محصول یا فرایند جدید یا با فرض احتمال رشد تقاضا، اتفاق می‌افتد. چندین شیوه‌ی مهم برای همراه ساختن ایده‌ها با فرایند نوآوری وجود دارد: انتظار کسب درآمد در آینده در نوآوران برای خلق محصولات جدید ایجاد علاقه می‌کند؛ فروش محصول، درآمد ایجاد می‌کند و از این طریق دیون پرداخت می‌شوند. فروش همچنین برای سرمایه‌گذاران منفعت و سودآوری ایجاد می‌کند و موجب سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه می‌شود و به عبور از سخت‌ترین شرایط یا اصطلاحاً «دره‌ی مرگ» کمک می‌کند؛ رشد تجاری تولید به «یادگیری از طریق انجام کار» منجر می‌شود که این امر خود باعث ایده پردازی‌های جدید برای پیشرفت‌های بیشتر و خلق محصولات می‌شود.

فعالیت های اصلی جهت توسعه کشش بازار شامل: حمایت از ایجاد بازارهای تخصصی برای فناوری های نوین انرژی، ارائه مشوق –های بازار جهت راه اندازی کسب و کارهای بلند مدت در خصوص فناوری های نوین انرژی و پایش مستمر بازار، دسترسی به منابع مالی، جذب سرمایه گذاران و حمایت از کارآفرینان می باشند.

سیاست گذاری هایی که می تواند سبب گسترش این فعالیتها گردد عبارتند از: ارائه تخفیف های مالیاتی و یارانه برای فناوری های نوین انرژی، گسترش برچسب گذاری انرژی، تدوین استانداردهای عملکردی، محیط زیستی و تولیدی، برای تمامی محصولات در بازار، حمایت های تشویقی برای شرکت های تنظیم گر انرژی بر اساس عملکردشان، توسعه قیمت گذاری کربن جهت افزایش تشویق ها برای نوآوری در گسترش انرژی های پاک، متنوع سازی و امنیت

زنجیره تامین داخلی، منطقه ای و بین المللی برای منابع کلیدی که از فناوری های انرژی پاک حمایت می کنند، تسهیل ثبت بنگاه اقتصادی، ارائه مجوزها و سایر رویه های اداری برای کارآفرینان و شرکت های کوچک و متوسط در حوزه انرژی های پاک.

◄ حمایت اجتماعی سیاسی: حمایت گسترده از بازیگران برای ظهور ایده‌های جدید و رسیدن آن‌ها به بازار لازم است.

حمایت‌های اجتماعی سیاسی به فرایندهایی اشاره دارد که از طریق آن‌ها فعالان به حرکت درمی‌آیند و جهت‌یابی یا نتایج نوآوری را مورد حمایت قرار می‌دهند یا برعکس، با آن‌ها مخالفت می‌کنند.

سیاست‌گذاران می‌توانند منابع مختلفی را به خدمت بگیرند و از آن‌ها استفاده کنند، از جمله آژانس‌های برنامه‌ریزی انرژی، نقشه راه های بلندمدت، کارشناسان مشاور فناوری، دانشگاه‌ها و مراکز علمی، صنایع و شهروندان. مجامع شهروندی در سال‌های اخیر برای کشف ترجیحات اجتماعی و استقرار بنیادهای بحث و گفتگو میان سطوح پایین به بالا پدید آمده‌اند. ارتباطات می‌تواند به شکل‌دهی اولویت اجتماعی مثل اهداف کاهش انتشار آلودگی‌ها کمک کند.

فعالیت های اصلی مربوط به حمایت های سیاسی–اجتماعی شامل: تدوین انتظارات بصورت شفاف جهت تدوین تغییرات فناورانه، استفاده از نظرات خبرگان در حوزه های سیاسی–اجتماعی، اطمینان از تعاملات آشکار و شفاف در خصوص راهبردهای نوآوری و تصمیمات مرتبط با آن، گسترش همکاری و انتقال احساس مالکیت به بازیگران نوآوری، می باشند. تدوین سیاست گذاری هایی که می تواند سبب توسعه این فعالیتها گردد عبارتند از:

ارائه مشاوره عمومی در خصوص اولویت های ملی نوآوری، هدایت تحقیقات جهت شناسایی مسائل فناورانه –اجتماعی مانند مطالعه رفتار مصرف کنندگان یا تمایلات صنعت، اضافه کردن چارچوب های نظارت و ارزیابی برنامه های تحقیق و توسعه انرژی، سیاستها و انتشار گزارشات پیشرفت سالیانه، انتشار نقشه راه فناوری بصورت میان مدت و بلند مدت، تدوین اهداف بلند مدت بصورت شفاف و دقیق، ترویج فرهنگ کارآفرینی و ارائه تدوین سیاستهای تشویقی جهت گسترش نوآوری.

پایش پیشرفت نوآوری

پایش روند پیشرفت نوآوری در انرژی پاک شامل چندین عنصر مهم در سیاست‌های مؤثر نوآوری انرژی است، از جمله: شناسایی شکاف‌ها و فرصت‌ها، ارزیابی اثربخشی برنامه‌ها و سیاست‌ها و اشراف بر میزان آمادگی فناوری‌های مهم برای ورود به بازارهای داخلی و جهانی است.

با استفاده از یک چارچوب، شامل چهار ستون که بر اساس تحقیقات موجود و نمونه سیاست‌های واقعی در دنیا تهیه شده، مجموعه‌ای از شاخص‌ها برای پایش روند پیشرفت در سراسر سیستم‌های نوآوری انرژی پاک ارائه می گردد. برای هر ستون، طیف وسیعی از شاخص‌ها تعریف می‌شود و راهکارهای عملیاتی با استفاده از اطلاعات موجود ارائه می‌گردد.

راهبردهای پایش روند پیشرفت و پیاده‌سازی سیاست‌های نوآوری تحت سیاست‌های انرژی اقداماتی بلندمدت هستند که جمع‌آوری اطلاعات در آن‌ها چالش‌برانگیز است. با این حال پایش روند پیشرفت عنصر مهمی در اتخاذ اقدامات سیاستی مناسب است و تمام کشورها فرصت‌های برد سریع در روند بهبود خود را در اختیار دارند. در اقتصادهای در حال ظهور که به دنبال ارتقای سیاست‌های نوآوری خود هستند ترسیم سیستم نوآوری و اشتراک تجارب موجب پیشرفت در این زمینه می‌شود.

پایش روند پیشرفت برای طراحی سیاست‌ها و راهبردهای مؤثر، از جمله برنامه‌های حمایتی در زمینه‌ی تحقیق و توسعه و نمایش فناوری‌ها بسیار مهم و اساسی است و آن‌ها را در راستای اهداف جسورانه‌ی بلندمدت قرار می‌دهد. پایش و ارزیابی به عنوان عناصر مرکزی حوزه‌های دیگر سیاست انرژی پذیرفته شده‌اند، اما در حوزه‌ی سیاست‌های نوآوری اغلب مورد غفلت واقع شده‌اند و گزارش‌دهی پیوسته‌ی سالانه‌ای در این خصوص به شکل فراگیر وجود ندارد.

اهداف سیاست نوآوری در انرژی، شامل محیط زیستی پاک‌تر، رقابت‌پذیری بین‌المللی، اقتصادی قدرتمندتر، فقر کم‌تر انرژی و یک سیستم انرژی انعطاف‌پذیر، اغلب نه برای چندین دهه بلکه حتی برای چند سال، قابل سنجش نیستند و پیوند مستقیم آن‌ها به اقدامات و مداخلات سیاستی دشوار است. خروجی‌های نوآوری، شامل دانش، محصولات، هزینه‌های پایین‌تر و راندمان بالاتر یا دست‌یابی بلندمدت به اهداف توسعه‌ی پایدار، با وقفه‌های زمانی زیادی مواجه هستند که ارتباطات فی‌مابین تغییرات سیاستی و نتایج سطوح کلان را پیچیده می‌سازد. پایش ورودی‌های نوآوری با پیچیدگی‌های کم‌تری رو به رو است و شامل تأمین منابع مالی، آموزش و پرورش، سیاست مالی، نظام‌های مالکیت فکری و ابزارهای بازار می‌شود. با این حال، روندهای ورودی‌ها به واسطه‌ی عدم قطعیت ذاتی حوزه‌ی نوآوری، اطلاعاتی در مورد عملکرد کل سیستم یا پیشرفت در حوزه‌های تخصصی فناوری در اختیار قرار نمی‌دهند.

بنابراین، پیشنهاد می شود که شاخص‌های مناسبی اتخاذ شود تا قادر به پاسخگویی به سؤالات زیر باشد و این موارد را تحت پایش و نظارت قرار دهد:

– آیا منابع اختصاص‌یافته به نوآوری انرژی رو به افزایش هستند؟

– آیا منابع تخصیص‌یافته با اولویت‌های راهبردی هم‌راستا هستند؟

– چه ضعف‌هایی در سیستم نوآوری انرژی وجود دارد و این ضعف‌ها در کدام بخش‌های این سیستم قرار دارند؟

– کشور یا منطقه‌ی آن‌ها در مقایسه با همتایان بین‌المللی خود چه شرایطی دارند؟

– آیا ورودی‌های سیستم منجر به خروجی‌هایی خواهند شد که اهداف سیاستی را مورد حمایت قرار دهند؟

- کدام ترکیبات سیاستی بیشترین تأثیر را دارند؟

همانند دولت‌ها، شرکت‌ها نیز روند پیشرفت نوآوری در انرژی را با اهدافی یکسان که با عملکرد سازمانی آن‌ها هم‌راستا باشند مورد پایش قرار می‌دهند. این اهداف شامل مزایای رقابتی، توسعه‌ی فرهنگ کارآفرینی و جذابیت و مقبولیت برای سهامداران و سرمایه‌گذاران است. شاخص‌های سنجش این اهداف اغلب به آسانی در دسترس هستند، از جمله: نسبت هزینه‌کرد در امر تحقیق و توسعه به درآمد، بهره‌ی مالکانه از سرمایه‌های فکری، نیروی انسانی در بخش تحقیق و توسعه و پیشرفت‌های تکنیکی از جمله در عملکرد، هزینه‌ها یا حجم تولید. با این حال، سنجش این موارد در شرایط رقابتی همچنان به دلیل هویت محرمانه بودن بیشتر اطلاعات چالش‌برانگیز است.

جمع بندی و نتیجه گیری

دولت‌ها در توسعه‌ی نوآوری در انرژی خصوصا انرژی های پاک نقش محوری دارند و حمایت‌های سیاستی باید برای این منظور تقویت شوند. نقش بخش خصوصی در رساندن فناوری‌های در حال ظهور به بازار بسیار حیاتی است، اما دولت‌ها در خصوص تأمین مالی و حمایت از تحقیق و توسعه‌ی فناوری‌ها در مراحل اولیه و با ریسک بیشتر، نقش بزرگ‌تری ایفا می‌کنند. نقش کارآفرینی دولت‌ها به‌عنوان سرمایه‌گذاران اصلی در پروژه‌های جدید و مخاطره‌آمیز و در برخی موارد برای راه‌اندازی کسب و کارهای نوپا بسیار روشن است چنان‌که در این‌گونه موارد، تردیدها و ارزش‌های حاکم بر بازار موجب دلسردی و عدم انگیزه در شرکت‌ها می‌شود. دولت‌ها و فعالان بخش خصوصی فرصت‌های نوآوری موفق خود را از طریق توسعه‌ی فناوری‌های موجود افزایش می‌دهند و برای این کار از تحقیقات بهره می‌برند و هم‌زمان از طریق وضع قوانین و مقررات حمایتی، تبلیغات یا ایجاد الگوهای جدید کسب وکار به این امر کمک می‌کنند.

عوامل اصلی که جهت موفقیت در هر سیستم نوآوری باید به آنها توجه شود شامل: منابع مالی و انسانی، مدیریت دانش، کشش بازار، حمایت های سیاسی و اجتماعی، می باشند که باید سیاست های مناسب در راستای گسترش آنها توسط دولت ها تدوین گردند. ساز و کارهای پایش پیشرفت نوآوری باید در راستای اطمینان از اجرای درست سیاست ها توسعه یابند. برای این منظور باید شاخص های مناسب تدوین گردند و نظارت و پایش بطور مستمر انجام پذیرد. سامانه های نوآوری نیز باید در راستای هدف تسهیل ارتباط بین نوآوران و نیازهای فناورانه توسعه یابند.

پیشنهادات

پیشنهاد می شود یکی از زیربخش های مهم انرژی مانند صنعت نفت بعنوان نمونه از نظر نوآوری های فناورانه مقاومت در برابر تغییر اقلیم مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. سپس با توجه به مطالعات تطبیقی و نظرات خبرگان و همراستا با اسناد بالادستی، وضعیت مطلوب در این خصوص ترسیم شده و تحلیل شکاف انجام پذیرد. در ادامه، راهبردها و سیاست ها تدوین گردند و در نهایت، اصلاحات ساختاری با در نظر گرفتن فرآیندهای شناسایی، ارزیابی و اجرای نوآوری بهمراه واحد نظارت و پایش مستمر آن و توسعه سامانه های عرضه و تقاضای فناوری های پاک انرژی جهت تسهیل ارتباط کارآفرینان و نیازهای فناورانه، انجام پذیرند.

منابع

۱ – امامی، محسن. و کاشانی، ابراهیم. (۱۳۹۸)، مدیریت نوآوری و توسعه محصول جدید، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ص۴۵

۲– مهدیانی. رحمان و قاضی نوری. سپهر. (۱۳۹۷)، مدیریت راهبردی نوآوری و فناورانه، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ص۵۶

۳– کوثری، سحر. و سبزه پرور، عرفان. (۱۳۹۹)، عصر زیست بوم ها، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، صص ۲۰–۲۱

۴– محمدی، مهدی. و سایرین (۱۳۹۴)، مدیریت فناوری و نوآوری در سطح بنگاه، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، صص ۶۲–۶۳

دراکر پیتر، رشته نوآوری، ترجمه دکتر عبدالرضا رضایی نژاد (۱۳۸۱)، گزیده مدیریت، شماره ۲۲، صص ۵۲ تا ۵۷

۵– سلطانی تیرانی، فلورا. (۱۳۷۸). نهادی کردن نوآوری در سازمان. موسسه خدمات فرهنگی رسا. چاپ اول

۶– طارق، خلیل. (۱۳۸۱). مدیریت تکنولوژی. (مترجم: مرکز تکنولوژی نیرو (متن)). انتشارات متن. چاپ اول

7- Tidd, Bessant (2013), managing innovation: integrating technological, market and organizational change, 5th edition, Wiley

8- Haaker, Timber, Edward Faber, and Harry Bouman. 2006. Balancing customer and network values in business models for mobile services. International journal of mobile communications 4(6):645-661.10

9- G. Ahuja and C. M. Lampert, Entrepreneurship in the large corporation, strategic management journal 22 (2001), pp. 521-43

10- K. Lmai and Y. Baba, 1989, systemic innovation and cross-border networks, OECD, conference on science technology and economic growth, Paris

11- J. Hagedoorn, inter-firm R&D partnership – an overview of major trends and patterns since 1960, research policy 31 (2002). Pp. 477-92

12- Tracking clean energy innovation, A framework for using indicators to inform policy, IEA, November 2020

گزارش تحلیلی | نظم کنونی انرژی

لیتیوم و کاربردهای آن در صنعت حمل‌ونقل

سید فرزاد هاشمی، رویا سلیمانی، قاسم توتونچی
پژوهشگران حوزه انرژی

مقدمه

لیتیوم عنصری اصلی در فناوری‌های ذخیره انرژی پاک می باشد که به‌عنوان یک فلز راهبردی در دنیا شناخته‌شده است. درگذشته به‌ندرت عنصری با پتانسیل‌های آینده لیتیوم مطرح بوده است. این عنصر را از لحاظ اهمیت، می‌توان تنها با کربن قابل قیاس دانست که عنصر اصلی مرتبط با تولید انرژی در دنیاست. بسیاری از پژوهش‌های انجام‌شده در دنیا، لیتیوم را به‌عنوان عنصر قرن ۲۱ معرفی کرده و از آن به‌عنوان منبع اصلی ذخیره سازی انرژی در آینده یاد می‌کنند. با وجود خواصی همچون سبک‌ترین فلز موجود در میان تمامی فلزات، قابلیت واکنش دهی الکتروشیمیایی، ضریب انبساط حرارتی پایین و دارا بودن بالاترین ظرفیت گرمایی ویژه در میان جامدات، کاربردهای بسیار زیادی در صنایع مختلف به‌ویژه صنایع هوافضا، نظامی، هسته‌ای، خودروسازی، فولادسازی، داروسازی و ... را دارا است.

علاوه بر این، کاربردهای ویژه‌ی لیتیوم در باتری‌های لیتیوم – یون، در صنعت الکترونیک و وسایل نقلیه الکتریکی و خودروهای برقی، تقاضاهای جدیدی را برانگیخته است. این کاربردها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ملزومات در سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی، نگاه به این فلز استراتژیک را در سالیان اخیر به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته، دوچندان کرده است. لازم به ذکر است روند استفاده از سیستم‌های ذخیره سازی انرژی، بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ افزایش بیش از ۲۰ برابری را نشان می‌دهد. در این میان سهم باتری‌های لیتیوم – یون بسیار قابل‌توجه است، به‌طوری‌که نه‌تنها بر بازار ذخیره سازی انرژی الکتریکی در ابزارهای قابل‌حمل مسلط شده است، بلکه گزینه اول برای ذخیره انرژی در وسایل نقلیه الکتریکی و انرژی تجدیدپذیر محسوب می‌شود. درصورتی‌که اغلب فناوری‌ها و عناصر یگر، در حال توسعه و در فاز قبل از تجاری‌سازی هستند.

با توجه به حرکت دنیای امروز به این سمت، از این فلز باارزش به‌عنوان یکی از نیازهای تکنولوژی روز یاد می‌شود. ارزش اقتصادی قابل‌توجه این فلز به‌گونه‌ای است که بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته و صنعتی، با استفاده از ذخایر این ماده معدنی و انجام عملیات استحصال و فراوری، نه‌تنها نیاز صنایع داخلی خود به این فلز ارزشمند را مرتفع کرده‌اند، بلکه از آن به‌عنوان یک محصول صادراتی و با ارزآوری بالا نیز استفاده می‌کنند. وجود منابع شوراب‌های بسیار غنی در داخل کشور ما ایران به‌عنوان ذخایر اصلی تولید لیتیوم، دانش فنی بومی، امکان استفاده از انرژی پاک و ارزان‌قیمت گاز، نیروی انسانی متخصص، موقعیت جغرافیایی و دسترسی به بازارهای جهانی از عواملی است که می‌تواند کشور ما را به‌عنوان قطب اصلی تولید لیتیوم در منطقه و دنیا تبدیل کند.

معرفی لیتیوم

لیتیوم سبک‌ترین عنصر موجود در میان تمامی جامدات و دارای چگالی بسیار پایین (نصف چگالی آب) است که در مقادیر بسیار کم در سنگ‌ها، خاک‌ها و آب‌های طبیعی یافت می‌شود. واکنش‌پذیری این فلز به‌شدت بالا بوده، به‌طوری‌که در مجاورت با آب‌وهوا به‌سرعت واکنش می‌دهد. درنتیجه هیچ‌گاه در طبیعت به‌صورت خالص یافت نخواهد شد. لیتیوم به دلیل دارا بودن ضریب انبساط حرارتی پایین و همچنین بیشترین ظرفیت گرمایی ویژه در میان عناصر جامد، پتانسیل فوق‌العاده‌ای جهت کاربرد در صنایع مختلف دارد. معمولاً برای تولید لیتیوم خالص از فرایندهای چندمرحله‌ای استفاده می‌شود. استخراج لیتیوم در سطح جهان به شاخه‌های مختلفی تقسیم می‌شود که محصول این فرایندها، ترکیبات مختلفی از لیتیوم شامل لیتیوم کربنات، لیتیوم کلراید، لیتیوم هیدروکساید، بوتیل لیتیوم و فلز خالص لیتیوم می‌باشد.

معمولاً در صنعت، ترکیبات فلز لیتیوم بسته به خلوص آن‌ها به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند که در جدول شماره ۱ قابل‌مشاهده است.

باتری‌های لیتیومی

از سال ۲۰۰۵ باتری‌های لیتیومی به عنوان مصرف‌کننده اصلی لیتیوم در دنیا مطرح هستند. این باتری‌های سبک‌وزن، بخش مهمی از تجهیزات الکترونیکی قابل‌حمل مانند تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها

جدول ۱: دسته‌بندی ترکیبات لیتیوم بر اساس درصد خلوص

گرید	کاربرد	درصد خالص
صنعتی	روغن لحیم، تولید شیشه و روان‌ساز	<۹۶
تکنیکال	سرامیک‌ها، روان‌سازها و باتری‌ها	~ ۹۹/۵
باتری	کاتد در باتری‌های پیشرفته	<۹۹/۵

و رایانه‌های همراه به شمار می‌آیند. همچنین این باتری‌ها نقش کلیدی در توسعه خودروهای تمام برقی ایفا می‌کنند، به‌طوری‌که بسیاری معتقدند این خودروها آینده ی صنعت حمل‌ونقل و خودروسازی خواهند بود. در سال ۲۰۱۳ مصرف لیتیوم در باتری‌ها برابر با ۱۵ هزار تن و شاخص نرخ رشد مرکب سالیانه ۲۲/۸ درصد در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ بوده است که دوسوم آن مربوط به لوازم الکترونیکی است. طبق پیش‌بینی‌های انجام‌شده شاخص نرخ رشد مرکب سالیانه صرفاً برای باتری‌های مورداستفاده در صنایع حمل‌ونقل و خودروسازی در حدود ۲۰ درصد است. به‌عبارت‌دیگر، به‌طور متوسط در این بازه میزان تقاضای لیتیوم برای کاربرد در این صنعت سالیانه ۲۰ درصد نسبت به سال گذشته آن رشد خواهد داشت که این امر بر میزان تقاضای لیتیوم در سالیان آینده به‌طور قابل‌توجهی تأثیر می‌گذارد.

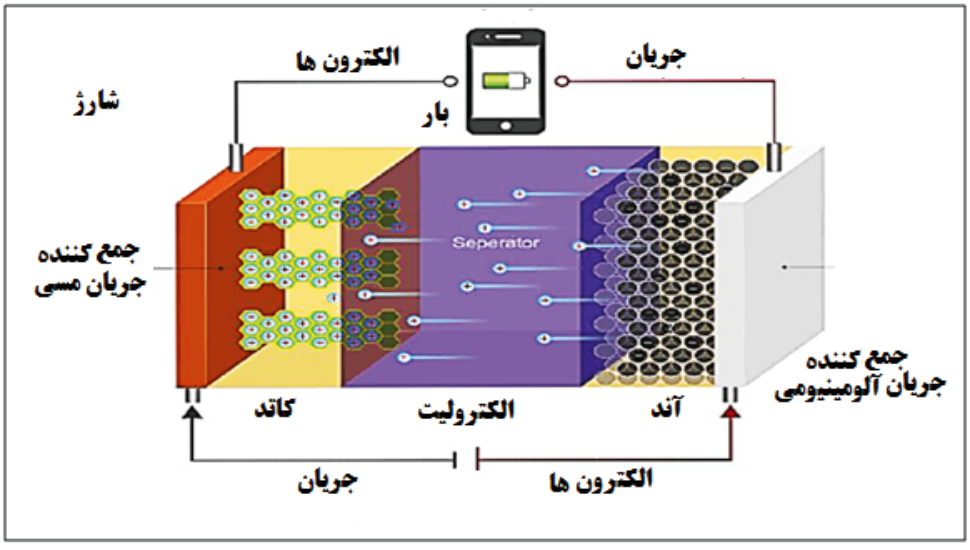
از سال ۲۰۱۶ انقلاب ایجادشده در خودروهای الکتریکی سبب شده است که قیمت مواد خام به‌کاررفته در باتری‌ها رشد قابل‌توجهی را تجربه کند. همچنین افزایش نیاز به ذخیره انرژی در موتورهای برقی، ابزارآلات الکتریکی و سایر کاربردهایی که در آن از باتری استفاده می‌شود، سبب افزایش تمایل به استفاده از مواد خام باتری‌ها ازجمله لیتیوم شده است.

لیتیوم کربنات، لیتیوم هیدروکساید و لیتیوم کلراید به‌عنوان مواد خام اولیه در تولید باتری‌های لیتیومی استفاده می‌شوند. فلز لیتیوم خالص برای تولید باتری‌های غیرقابل شارژ استفاده می‌شود که تنها بخش کوچکی از باتری‌های لیتیومی را در برمی‌گیرد. با توجه به روند محبوبیت باتری‌های قابل شارژ، سهم آن‌ها به‌صورت مستمر در حال افزایش است. ترکیبات اصلی لیتیوم که به‌عنوان کاتد در باتری‌های قابل شارژ استفاده می‌شود، عبارتند از:

– اکسید لیتیوم – کبالت (LCO): این ماده با ترکیب $LiCoO_2$ به‌عنوان اولین کاتد مورداستفاده در باتری‌های لیتیومی برای نخستین بار در سال ۱۹۹۱ مطرح شد و تا به امروز نیز پُرکاربردترین کاتد در این باتری‌ها است. چگالی انرژی این نوع کاتد (حدود ۲۰۰ وات‌ساعت بر کیلوگرم) در مقایسه با سایر مواد بیشترین میزان می‌باشد، هرچند ازنظر ایمنی نگرانی‌هایی در مورداستفاده از این کاتد وجود دارد. با توجه به این‌که در باتری‌های دارای این کاتد احتمال داغ شدن وجود دارد و همچنین با توجه به وقوع حوادثی چون انفجار وسیله‌های الکترونیکی، به نظر می‌رسد استفاده از این نوع کاتد در خودروهای الکتریکی محدود شود. همچنین حضور کبالت در این کاتدها درصورتی‌که فرایند بازیافت این باتری‌ها درست صورت نگیرد، می‌تواند ازنظر زیست‌محیطی مخاطراتی ایجاد کند. خود کبالت هم عنصری به نسبت گران‌قیمت است (۸۴ هزار دلار به ازای هر تن در ماه ژوئن سال ۲۰۱۸) که باعث می‌شود استفاده از این نوع کاتد به‌مرور زمان کمتر شود، به‌طوری‌که شاخص نرخ رشد مرکب سالیانه برای این نوع کاتد تا سال ۲۰۲۵ تنها ۷/۶ درصد پیش‌بینی می‌شود که کمتر از کاتدهای دیگر مانند لیتیوم آهن فسفات (LFP) یا لیتیوم نیکل منگنز کبالت اکساید (NMC) است.

– لیتیوم نیکل منگنز کبالت اکساید (NMC): این کاتد یکی از انواع کاتدهایی است که برای باتری‌های مورداستفاده در حمل‌ونقل الکتریکی ازجمله خودروهای برقی، دوچرخه‌ها و اسکوترها مورداستفاده قرار می‌گیرد. در سال ۲۰۱۳ این کاتد سهم ۳۳ درصدی از کل کاتدهای مورداستفاده در باتری‌ها را به خود اختصاص داده است. چگالی انرژی این کاتد بین ۹۵ تا ۱۳۰ وات‌ساعت بر کیلوگرم است که کمتر از کاتدهای لیتیوم کبالت اکساید می‌باشد. مقدار شاخص نرخ رشد مرکب سالیانه تا سال ۲۰۲۵ برای این کاتد ۱۲/۶ درصد پیش بینی می‌شود.

– لیتیوم منگنز اسپینل (LMO): این کاتدها با ترکیب $LiMn_2O_4$ بیشتر در ساخت باتری‌های مورداستفاده در خودروهای پلاگین – هیبرید به کار می‌رود. در سال ۲۰۱۳ این کاتدها سهم ۲۰ درصدی از کل کاتدهای پایه لیتیوم تولیدشده را به خود



شماتیکی از اجزای تشکیل‌دهنده باتری لیتیومی

اختصاص داده‌اند. چگالی انرژی آن‌ها ۱۱۰ تا ۱۲۰ واتساعت بر کیلوگرم است که بازهم کمتر از باتری‌های اکسید لیتیوم- کبالت می‌باشد؛ اما ازنظر ایمنی شرایط بسیار بهتری داشته و هزینه تولید پایین‌تری دارند؛ زیرا کبالت در تولید آن‌ها به کار گرفته نمی‌شود. عدم وجود کبالت نکته مثبت زیست‌محیطی این نوع کاتدها نیز محسوب می شود. مقدار شاخص نرخ رشد مرکب سالیانه آن ۶/۹ درصد پیش‌بینی می‌شود.

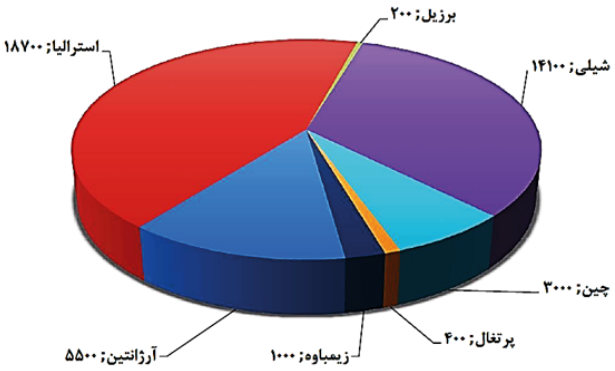
– لیتیوم آهن فسفات (LFP): این کاتد با ترکیب $LiFePO_4$ یکی از انواع کاتدها در تولید باتری‌های مورداستفاده در خودروهای الکتریکی است. در سال ۲۰۱۳ این نوع کاتد بالغبر ۹ درصد یا ۸۰۰۰ تن از تولید کاتدهای پایه لیتیوم در دنیا را به خود اختصاص داده است. با چگالی انرژی ۹۵ تا ۱۴۰ واتساعت بر کیلوگرم، هرچند این کاتد کمترین مقدار را در میان انواع کاتدها داراست، ولی ازنظر ایمنی در بالاترین جایگاه قرار دارد و به دلیل عدم وجود کبالت در آن، از هزینه‌های تولید به نسبت کمتری برخوردار بوده و آثار آن بر محیطزیست به حداقل می‌رسد. این برتری‌ها باعث می‌شوند که این نوع کاتد با شاخص نرخ رشد مرکب سالیانه ۲۰ درصد تا سال ۲۰۲۵، سریع‌ترین رشد را در میان انواع کاتدهای پایه لیتیوم داشته باشد.

همچنین از منابع ذخیره انرژی لیتیومی می‌توان برای ذخیره الکتریسیته تولیدی در نیروگاه‌های خورشیدی یا بادی و نیز مکانیسم های Power2X استفاده کرد که این امر نیازمند استفاده از حجم قابل‌توجهی از سیستم‌های ذخیره انرژی لیتیومی است. این روش هرچند در مقیاس کوچک و برای نیروگاه‌های نه‌چندان بزرگ می‌تواند بسیار مفید باشد، ولی جهت پیاده‌سازی در مقیاس بزرگ، به هزینه زیادی نیز جهت سرمایه‌گذاری و پیاده‌سازی حجم بسیار زیادی از باتری‌های لیتیوم، احتیاج دارد. برای مثال، یک واحد ذخیره انرژی با ظرفیت ۶۵۰ مگاوات ساعت حاوی ۱/۵ تن معادل لیتیوم کربنات است. مطالعات نشان می‌دهد درصورتی‌که کشور آمریکا بخواهد ۸۰ درصد نیاز خود را از طریق انرژی‌های تجدید پذیر تأمین کند، یا نیازمند یک سیستم برق‌رسانی جدید و خاص در کل کشور است که انتقال الکتریسیته را در فواصل زیاد به تعادل برساند، یا به یک مجموعه ذخیره انرژی که بتواند به مدت ۱۲ ساعت برق را در کل شبکه تأمین کند، نیاز دارد. هزینه باتری‌های مورداستفاده برای چنین سیستم ذخیره انرژی برابر با رقم بسیار زیاد ۲/۵ تریلیون دلار خواهد بود. با توجه به اینکه امکان تولید انرژی‌های تجدید پذیر (خورشیدی و بادی و Power2X) در فصول مختلف سال به مقدار بسیار زیادی متفاوت است، بنابراین برای بالا بردن سهم انرژی‌های تجدید پذیر به بالای ۸۰ درصد، سیستم برق‌رسانی نیازمند مجموعه عظیمی از سیستم‌های ذخیره انرژی خواهد بود که هزینه گزافی را با توجه به قیمت کنونی باتری‌های لیتیومی به همراه خواهد داشت. لذا تا پیدا شدن منبعی بسیار ارزان‌تر، سیستم‌های ذخیره سازی بر پایه لیتیوم صرفاً مناسب برای نیروگاه‌ها و واحدهای کوچک محلی و به‌صورت پراکنده خواهد بود؛ بنابراین، یکی از پتانسیل‌های بالقوه ذخیره‌سازهای بر پایه لیتیوم، استفاده در سیستم‌های ذخیره انرژی غیرمتمرکز است که در مناطق مختلف پراکنده‌شده‌اند. در هنگام تولید برق مازاد از منابع تجدید پذیر، این سیستم‌ها می‌توانند انرژی را در خود ذخیره کنند و هنگامی‌که تقاضای زیادی بر شبکه برق تحمیل می‌شود، آن را در شبکه تزریق کنند.

بررسی منابع لیتیوم، عرضه و تقاضای آن در جهان

در بازار جهانی، استرالیا مقام اول در تولید لیتیوم را داراست و بزرگ‌ترین صادرکننده لیتیوم به‌عنوان کنسانتره (اسپدومن) است و پس‌ازآن شیلی قرار دارد (استرالیا ۳۵ درصد و شیلی ۳۴ درصد). شکل ۱ تولید لیتیوم در دنیا را بر اساس آخرین گزارش منتشرشده از سازمان زمین‌شناسی آمریکا در سال ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد.

بررسی مصرف لیتیوم در جهان نشان می‌دهد که مصرف آن در سال ۲۰۰۲ بسیار کم بوده اما تا سال ۲۰۱۷ از رشد قابل‌توجهی برخوردار بوده و پیش‌بینی‌شده تا سال ۲۰۵۰ رشد فزاینده‌ای در مصرف داشته باشد. با توجه به روند رو به رشد قیمت لیتیوم طی سال‌های ۲۰۱۵ و درنتیجه افزایش قیمت باتری‌های لیتیومی، سرمایه‌گذاری شرکت‌های مختلف به‌ویژه کمپانی‌های چینی در نقاط مختلف جهان به عنوان کشور تولیدکننده عمده این باتری‌ها شدت گرفته است. به‌رغم ذخایر سنگین سنگ معدن لیتیوم، این کشور هنوز هم به دلیل تقاضای زیاد، مقادیر زیادی لیتیوم از استرالیا، شیلی و آرژانتین می کند.



شکل ۱. تولید لیتیوم در دنیا (برحسب تن) بر اساس آخرین گزارش منتشرشده از سازمان زمین‌شناسی آمریکا در سال ۲۰۱۸

بازار مصرف لیتیوم

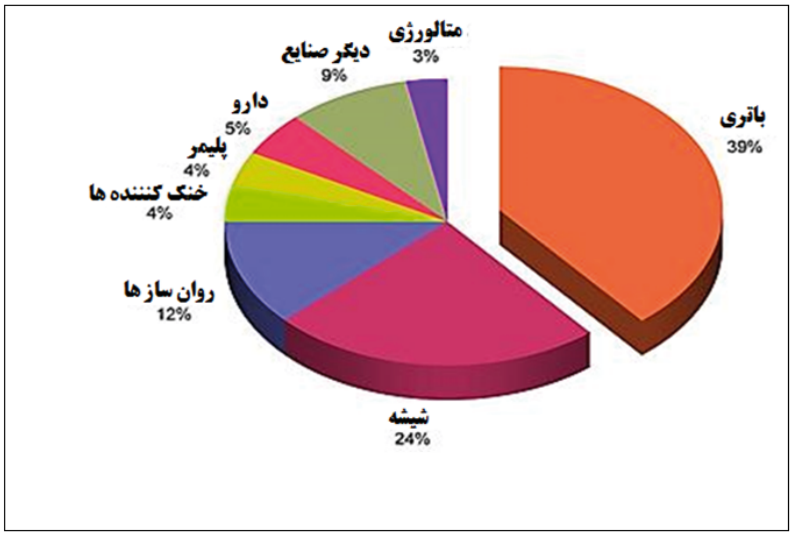
یکی از فناوری‌های ذخیره انرژی الکتریکی، باتری‌های قابل شارژ ازجمله باتری‌های یون لیتیوم است. این نوع از باتری‌ها انتخاب اول در ابزارهای قابل‌حمل، وسایل نقلیه الکتریکی و انرژی تجدید پذیر پراکنده می‌باشد. در حال حاضر صنعت باتری بزرگ‌ترین مصرف‌کننده لیتیوم در دنیاست و پس‌ازآن نیز صنایع تولید شیشه

و سرامیک در مرتبه بعدی قرار می‌گیرند. شکل ۲ میزان مصرف لیتیوم در صنایع مختلف را نشان می دهد.

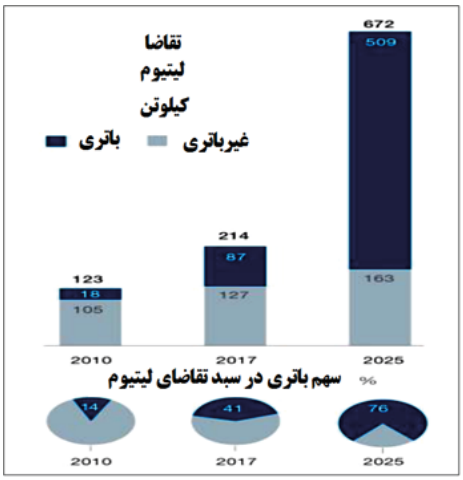
هرچند نیاز به لیتیوم در صنایعی همچون شیشه و سرامیک، روان‌کارها، ریخته‌گری، صنایع دارویی، صنایع نظامی و هسته‌ای غیرقابل‌انکار است، اما اساساً بازار مصرف لیتیوم با نیاز به باتری قوت گرفته است. به دلیل پذیرش و محبوبیت خودروهای الکتریکی، باتری‌هایی با چگالی انرژی بالاتر موردتوجه قرارگرفته که سبب افزایش سه برابری نیاز لیتیوم بین سال های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۵ شده است. به‌طوری‌که پیش‌بینی‌شده، میزان تقاضا از ۲۱۴ کیلوتن کربنات لیتیوم در سال ۲۰۱۷ به ۶۶۹ کیلوتن در سال ۲۰۲۵ برسد. در این پیش‌بینی فرض شده است که تکنولوژی باتری‌های لیتیوم – یون، فناوری رایج باتری در آینده باشد. شکل ۳ بیانگر میزان تقاضای لیتیوم و روند رو به رشد آن در سالیان اخیر و همچنین سالیان پیش رو است.

بیش از ۹۵ درصد لیتیوم دنیا از منابع شورابه‌ای و سنگ معدن تأمین می‌شود. ازآنجاکه لیتیوم منابع گسترده‌تری نسبت به سایر عناصر مورداستفاده در باتری‌ها دارد، لذا به نظر می‌رسد که در چند سال آینده توجه به مصرف لیتیوم افزایش‌یافته و به میزان پیش‌بینی‌شده ۶۶۹ کیلوتن لیتیوم کربنات معادل تا سال ۲۰۲۵ برسد. بر اساس گزارش پیکا در سال ۲۰۱۲ بیشترین ظرفیت باتری‌های یون – لیتیوم استفاده‌شده در قاره‌های مختلف برحسب مگاوات به ترتیب به آمریکای شمالی، آمریکای لاتین، اروپای غربی و آسیا مربوط است. اروپای شرقی، خاورمیانه و آفریقا کمترین میزان استفاده از باتری‌های یون – لیتیوم رادارند و ذخیره‌سازی انرژی به روش‌های دیگر صورت می‌گیرد.

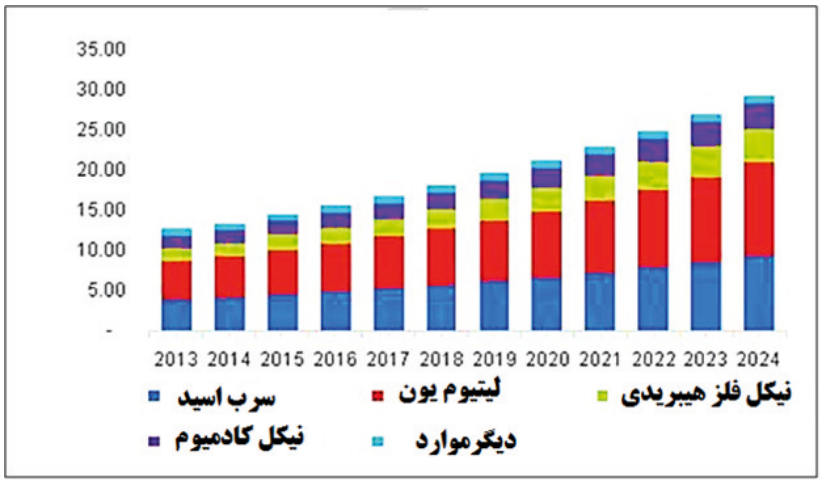
از حدود ۴۴۶ مگاوات ذخیره‌سازی در باتری‌های الکتروشیمیایی، باتری‌های یون – لیتیوم ۱۶۹ مگاوات را به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس گزارش بی.بی.سی.، باتری‌های الکتروشیمیایی دارای نرخ رشد سالیانه مرکب ۴/۶ درصد بین سال های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ بوده که آن را به یکی از بزرگ‌ترین ذخیره‌سازهای الکتریکی با بالاترین نرخ رشد تبدیل کرده است. بر اساس گزارش انجمن ذخیره‌سازی انرژی اروپا، منطقه آسیا، پیشرو در تولید باتری‌های سرب اسید، نیکل – کادمیوم و یون لیتیوم است که علت این میزان تولید، حضور شرکت‌های فعال در منطقه است. شکل ۴ میزان درآمد (برحسب میلیارد دلار) حاصل از تولید باتری‌های الکتروشیمیایی را به تفکیک نوع باتری بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۴ در آمریکای



شکل ۲: میزان مصرف لیتیوم در صنایع مختلف



شکل ۳. میزان تقاضای لیتیوم در حوزه باتری بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵



شکل ۴. درآمد مالی (برحسب میلیارد دلار) حاصل از تولید باتری‌های الکتروشیمیایی در آمریکای شمالی بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۴

شمالی بر اساس گزارش منتشرشده توسط مؤسسه گرند ویو، در مورد بازار باتری‌ها در سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد.

باتری‌های یون – لیتیوم از بیشترین میزان رشد و سهم عمده سرمایه‌گذاری برخوردارند. اگرچه جایگاه اروپا در زمینه باتری سرب – اسید و نیکل–کادمیوم قوی است، ولی فناوری باتری یون – لیتیوم عمدتاً در اختیار کشورهای آسیایی ژاپن، چین و کره جنوبی می‌باشد. شکل ۵ میزان تولید و فروش باتری تولیدشده‌ی وسایل نقلیه الکتریکی را در نقاط مختلف جهان نشان می دهد همان طوری که ملاحظه می گردد کشور چین در بالاترین موقعیت قرار دارد.

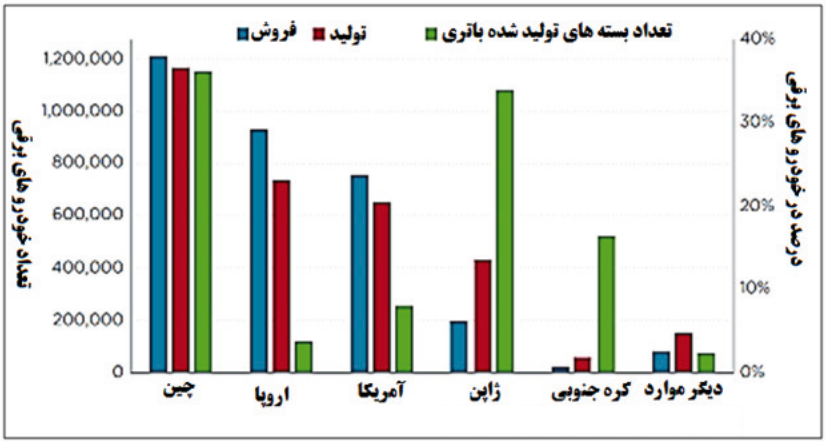
از باتری‌های ثابت، در وسایل ارتباط دور در مناطق درحال‌توسعه استفاده می‌شود. در ابتدا عمده استفاده از باتری‌های سرب – اسید بوده است، اما در طول زمان تمایل به سمت باتری‌های یون– لیتیوم صورت گرفته است. باتری‌های یون– لیتیوم در مراکز و بخش‌های اداری به‌منظور ذخیره‌سازی انرژی مورداستفاده قرار می‌گیرند. اگرچه این باتری‌ها در مقیاس متوسط یا بزرگ گران قیمت هستند، اما فضای کمتری را اشغال می‌کنند. شکل ۶ پیش بینی تقاضای یون لیتیوم را در جهان از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰ را نمایش می دهد.

باتری‌های نیکل– کادمیوم، نیکل متال هیبرید و باتری‌های یون – لیتیوم از فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی مناسب در بحث حمل‌ونقل به شمار می‌آیند و چین، ژاپن، کره جنوبی، فرانسه و ایالات‌متحده آمریکا، تولیدکنندگان اصلی باتری یون – لیتیوم مورداستفاده در وسایل نقلیه الکتریکی هستند.

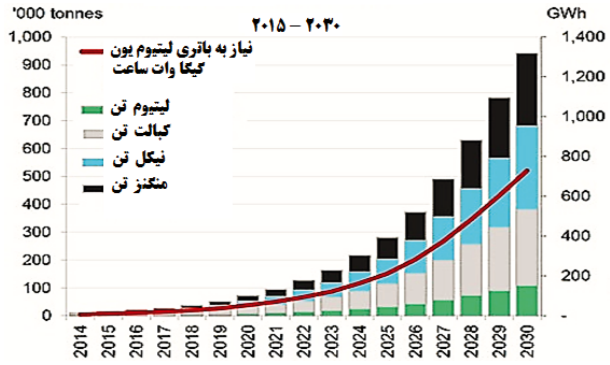
آسیا به دلیل عوامل متعددی همچون صنایع الکترونیکی از پیش موجود، سهم بزرگی از بازار تولید باتری‌های یون – لیتیوم را داراست. چالش مطرح در مورد وسایل نقلیه الکتریکی، قیمت باتری است.

بزرگ‌ترین چشم‌انداز برای باتری‌های پیشرفته مربوط به بخش باتری‌های یون – لیتیوم است که توان تمامی ابزارهای قابل‌حمل را فراهم می‌کند. تخمین در مورد درآمد حاصل از فروش باتری‌های مورداستفاده در کاربردهای تأمین توان قابل‌حمل، رشد از ۷/۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۳ به ۱۲/۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۳ می‌باشد. شکل ۷ درآمد کلی باتری های مورد استفاده در ابزارهای قابل حمل را به تفکیک منطقه نشان می دهد. بخش باتری‌های قابل شارژ بیشترین فرصت رشد را با نرخ رشد سالیانه ۱۰ درصد برحسب حجم ظرفیت برای باتری‌های قابل شارژ یون – لیتیوم فراهم می‌کند.

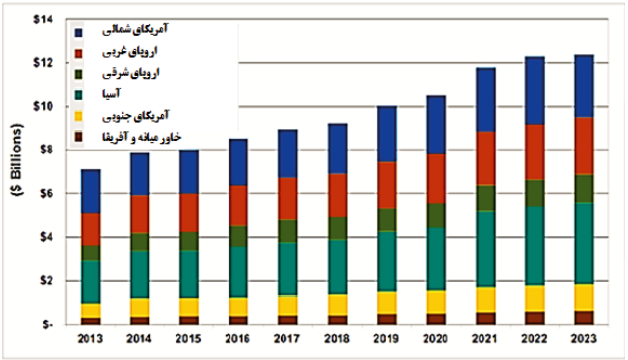
باتری‌های یون – لیتیوم، سرب اسید، نیکلی و روی هوا ازجمله باتری‌های مورداستفاده در صنایع نظامی هستند. به دلیل رشد تجهیزات نظامی، نیاز روزافزون به باتری‌های با دانسیته انرژی بالا و سبک‌وزن بیش‌ازپیش مشهود است. بیشترین کاربرد در این حوزه به باتری‌های سرب – اسید مربوط می‌شود و در جایگاه بعدی باتری‌های یون – لیتیوم کاربرد بیشتری دارند. حضور باتری‌های نیکل – کادمیوم در تجهیزات ارتباطی نظامی به دلیل نفوذ باتری‌های یون لیتیوم در حال کمرنگ‌تر شدن است. نگرانی‌های زیادی در



شکل۵: میزان تولید، فروش و بسته‌های باتری تولیدشده‌ی وسایل نقلیه الکتریکی در نقاط مختلف جهان



شکل ۶: پیش‌بینی تقاضای مواد یون لیتیوم در جهان از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۰



شکل۷: درآمد کلی حاصل از باتری‌های مورداستفاده در ابزارهای قابل حمل به‌تفکیک منطقه بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳

مورد آینده مواد خام که امکان تولید باتری را فراهم می‌کند، وجود دارد. به‌گونه‌ای که با افزایش تقاضا و با توجه به عدم رشد هم‌زمان و متناسب سرمایه‌گذاری‌ها در حوزه تأمین منابع اولیه تولید باتری، قیمت مواد اولیه به‌شدت رو به افزایش بوده و درنتیجه ممکن است قیمت باتری‌های تولیدشده، در حالت بحرانی قرار گیرد.

منابع سرشار لیتیوم

به‌طورکلی میزان لیتیوم موجود در آب دریاها ۲۳۰ میلیارد تن با غلظت ppm ۰/۲۵ – ۰/۱۴ برآورد شده است، درحالی‌که در پوسته زمین ppm ۷۰ – ۲۰ لیتیوم یافت می‌شود. درگذشته این تصور وجود داشت که منابع لیتیوم در دنیا کمیاب است، درحالی‌که این امر حداقل در مقطع فعلی چندان صحیح نیست، به‌طوری‌که نتایج تحقیقات دانشمندان زمین‌شناسی نشان داده است که حدوداً ۰/۰۰۶ درصد پوسته زمین را عنصر لیتیوم تشکیل می‌دهد. درنتیجه می‌توان گفت ذخایر لیتیوم در مقایسه با فلزات روی، مس و تنگستن، کمیاب‌تر، ولی در مقایسه با کبالت و قلع فراوان‌تر است. بر اساس تخمین سازمان زمین‌شناسی آمریکا مقدار ذخایر قابل استحصال لیتیوم در دنیا حدوداً ۴۰ میلیون تن بوده که بالغبر ۶۵ درصد آن در سه کشور آرژانتین، بولیوی و شیلی قرار دارد. در حال حاضر بزرگ‌ترین حجم تولید لیتیوم کربنات در دنیا مختص به یک دریاچه نمک واقع در شمال شیلی است. به‌طوری‌که ۴۰ درصد تولید جهانی لیتیوم در این منطقه انجام می‌شود. این شورابه حاوی ۰/۱۵ درصد لیتیوم بوده و کل نمک‌های حل‌شده در آن ۲۸ درصد است. شورابه این منطقه از عمق ۳۰ متری زمین به حوضچه‌های تبخیری هدایت‌شده و مورد تغلیظ و تغییر ترکیب شیمیایی قرار می‌گیرد. به‌طورکلی مقادیر اندکی از لیتیوم در طبیعت در کانی‌ها، صخره ها، خاک‌ها و آب‌های طبیعی یافت می‌شود. منابع شناخته‌شده و قابل‌توجه لیتیوم شامل پگماتیت، شورابه‌های اقلیمی و ژئوترمال، شورابه میادین نفتی و خاک معدنی هکتوریت است. جدول ۲ میزان لیتیوم موجود و میزان لیتیوم قابل بهره‌برداری در هر منبع را به تفکیک نشان می‌دهد.

بر اساس آمار، در سال ۲۰۱۵ میزان تولید جهانی لیتیوم بر مبنای واحد معادل لیتیوم کربنات (LCE) برابر با ۱۷۵۰۰۰ تن بوده است که، این رقم در سال ۲۰۲۰ به مقدار ۳۳۰ هزار تن در سال خواهد رسید. میزان نسبی مصرف لیتیوم به تفکیک بازار در سال ۲۰۱۵ و همچنین پیش‌بینی آن برای سال ۲۰۲۵ بیانگر رشد تقریباً سه برابری مصرف لیتیوم در دنیاست و همچنین افزایش سه برابری سهم وسایل نقلیه الکتریکی در سال ۲۰۲۵ را نشان می‌دهد.

بررسی منابع لیتیوم، عرضه و تقاضای آن در ایران

ایران جزو معدود کشورهایی است که به مقادیر مناسبی از ذخایر عناصر نادر خاکی و فلزات باارزش دسترسی دارد. پس از اکتشافات پهنه‌های معدنی از سال ۱۳۹۳ در ایران، فلزات کمیابی مانند لیتیوم در ۶۰ حوزه رسوبی مختلف کشور در منابع معدنی و منابع شورابه‌ای رصد شده است که در دریاچه‌های نمک خشک یا فصلی وجود دارد و مناطق خور و بیابانک، کویر بزرگ نمک، باتلاق گاوخونی و دریاچه نمک قم از مهم‌ترین آن‌ها هستند. همچنین در بررسی‌های زمین‌شناسی در مناطق نزدیک افغانستان مانند خراسان و سیستان و بلوچستان احتمال کشف ذخایر لیتیوم وجود دارد که البته نیاز به تأمین منابع مالی و تکمیل عملیات اکتشافی و مطالعاتی دارد. علاوه بر لیتیوم، این حوزه های رسوبی اغلب حاوی مواد باارزشی همچون سولفات سدیم، منیزیم، بور و پتاسیم می‌باشند. غلظت لیتیوم در شورابه‌های ایران کمتر از ppm ۵۰ است و میزان منیزیم آن بسیار بالاست. طراحی روش‌های نوین برای استحصال لیتیوم کربنات از شورابه‌ها از برنامه‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی است که به‌صورت نیمه‌صنعتی در حال اجراست. در حال حاضر نیاز صنایع داخلی به لیتیوم به‌طور کامل توسط واردات از کشورهای دیگر به‌ویژه چین انجام می‌شود.این درحالی است که علاوه بر ذخایر بالقوه لیتیوم، دانش فنی لازم برای استخراج این ماده معدنی در داخل کشور وجود دارد لیکن نیازمند برنامه‌ریزی و تزریق سرمایه برای فعالیت‌های اکتشافی در این حوزه است. در استان قم، محیطهای تبخیری استان خراسان و کرمان و گرانیت‌های استان سیستان و بلوچستان نیز آثاری از وجود اندیس‌های لیتیومی دیده‌شده است. هرچند در سالیان اخیر فعالیت‌هایی جهت اکتشاف و استحصال این فلز باارزش صورت گرفته است، اما هیچ‌کدام از آن‌ها جهت رفع نیازهای امروز و به‌ویژه آینده کافی نبوده است.

ارزش اقتصادی و کاربردهای فراوان لیتیوم، نگاه جدی به سرمایه‌گذاری و تدوین برنامه‌ها و قوانین حمایتی جهت برآوردن نیازهای داخلی و توسعه صنعتی و اقتصادی کشور را بیش‌ازپیش آشکار می‌سازد. با تکیه‌بر دانش فنی تولید لیتیوم در داخل کشور نه‌تنها نیاز بسیاری از صنایع داخلی به این فلز باارزش مرتفع شده،

جدول۲: درآمد کلی حاصل از باتری‌های مورد استفاده در ابزارهای قابل حمل به تفکیک منطقه بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۳

منابع لیتیوم	میزان لیتیوم موجود	میزان لیتیوم قابل بهره برداری
کانسارها	۸/۸	۴/۴
شورابه ها	۵۲/۳	۲۳/۵
هکتوریت	۲	۱
اقیانوس ها	۲۲۴۰۰۰	۴۴۸۰۰

بلکه افزایش صادرات، اشتغال‌زایی و توسعه صنایع مرتبط با این حوزه به‌ویژه صنایع دفاعی، هسته‌ای و ذخیره‌سازهای انرژی را امکان‌پذیر می‌سازد.

آثار استحصال و تولید لیتیوم بر محیط‌زیست و سلامت

به‌طورکلی، لیتیوم عنصری سمی یا مضر برای سلامت انسان تلقی نمی‌شود و حتی مقادیری ازآن‌جهت درمان برخی بیماری‌های روحی – روانی، مانند اختلال دوقطبی مورداستفاده قرار می‌گیرد. هرچند، مقادیر زیاد یا استفاده بلندمدت از آن می‌تواند باعث بروز مشکلاتی مانند تهوع، اسهال، تار شدن بینایی، سردرد و یا سرگیجه شود. از دیدگاه زیست‌محیطی، لیتیوم به‌عنوان عنصر اصلی مورداستفاده در باتری‌ها و متعاقباً وسایل نقلیه الکتریکی، یکی از عناصر اصلی حرکت به سمت انرژی پاک تلقی می‌شود. هرچند در طول چرخه استحصال تا مصرف، خطرات زیست‌محیطی وجود دارد که در فرایند تولید و مصرف باید به آن‌ها توجه کرد. در جدول ۳ فاکتورهای زیست‌محیطی دو روش شورابه ای و معدنی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. به‌طورکلی، روش‌های استحصال لیتیوم، به‌خصوص روش شورابه ای، ازنظر زیست‌محیطی در مقایسه با بسیاری از صنایع و تولیدات دیگر، خطرات کمتری را برای محیط‌زیست در پی‌دارد.

بازیافت لیتیوم

در بسیاری از مصارف مختلف لیتیوم در دنیا، به‌طور عمومی بازیافت انجام نمی‌گیرد. برای مثال، شیشه‌ها و سرامیک‌ها خود معمولاً به‌صورت گسترده بازیافت می‌شوند و متعاقباً هرگونه لیتیوم باقیمانده در آن‌ها نیز در این فرایند مورد بازیافت قرار می‌گیرد. از طرفی، در مصارفی که لیتیوم به‌عنوان کاتالیست استفاده می‌شود، معمولاً با توجه به عدم مصرف شدن کاتالیست، عملاً نیازی به بازیافت وجود ندارد؛ بنابراین تنها حوزه‌ای که برای بازیافت لیتیوم می‌توان بر آن تمرکز کرد، حوزه باتری‌های لیتیوم است. هرچند لیتیوم در باتری‌ها کاملاً قابل بازیافت است و در بازیافت هم خواص خود را حفظ می‌کند، اما در حال حاضر انگیزه اقتصادی کافی برای این کار وجود ندارد؛ زیرا این فرایند هزینه‌بر است، درحالی‌که هزینه ماده اولیه لیتیوم برای تولید زیاد نیست و این امر باعث عدم صرفه اقتصادی بازیافت لیتیوم از باتری‌ها می‌شود. در صورت بازیافت باتری‌ها نیز، ارزش‌افزوده اصلی ناشی از استحصال سایر مواد ارزشمند، مانند کبالت یا نیکل است تا لیتیوم که قیمت پایین‌تری دارد؛ بنابراین به‌صورت کلی می‌توان گفت که هنوز بازیافت باتری‌های لیتیومی صرفاً برای استحصال لیتیوم، علیرغم انجام پروژه‌هایی درمقیاس کوچک و وجود شرکت‌های فعال در دنیا دراین زمینه، با توجه به پایین بودن قیمت ماده اولیه لیتیوم در مقایسه با هزینه‌های بازیافت آن، صرفه اقتصادی چندانی ندارد. حتی در آینده، در صورت گسترش استفاده از کاتدهایی مثل لیتیوم آهن فسفات که فاقد عناصر گران‌بهایی مانند کبالت هستند، بازیافت باتری‌ها صرفه اقتصادی بسیار کمتری نسبت به باتری‌های کنونی خواهد داشت.

با توجه به رشد قابل‌توجه مصرف لیتیوم در دنیا، به‌خصوص برای استفاده در وسایل حمل‌ونقل برقی، ممکن است در دهه‌های آینده ذخایر لیتیوم موجود در دنیا رو به کاهش رفته و موجب افزایش قابل‌توجه قیمت لیتیوم شود که در صورت عدم جایگزینی باتری های لیتیومی با باتری‌های دیگر، در آن مقطع بازیافت این باتری‌ها ازنظر اقتصادی می‌تواند قابل توجیه باشد و لیتیوم بازیافتی در برابر لیتیوم تولیدی از معادن و شورابه‌ها مزیت رقابتی داشته باشد.

جدول۳: مقایسه فاکتورهای زیست‌محیطی برای دو روش شورابه و معدنی

مرحله‌ی طول عمر لیتیوم	روش معدنی	روش شورابه‌ای
استحصال	مصرف انرژی (برای استخراج، حمل‌ونقل، خرد کردن و فراوری اولیه)، توسعه زیرساخت، آثار بصری بر محیط‌زیست، صدا و ریز گرد، جابه‌جایی خاک و تغییر در اکوسیستم محیط، مصرف آب، پسماندهای حین تولید و امکان اثرگذاری معادن زیرزمینی بر منابع آب در زیرزمین	مصرف کم انرژی در صورت استفاده از حوضچه‌های تبخیری برای تغلیظ شورابه با نور خورشید، هر چند همچنان جهت پمپاژ شورابه و دستگاه‌ها انرژی مصرف می‌شود، آثار بصری بر محیط، آلودگی‌های صوتی احتمالی، امکان آسیب به اکولوژی دریاچه نمک، استفاده از آب درفراوری، امکان نشت مواد شیمیایی از حوضچه‌ها، پسماندها (هرچند بیشتر آن نمک است که می‌توان آن را در سطح دریاچه دپو کرد)
فراوری و تولید	مصرف انرژی در واحدهای فراوری و تولید، استفاده از اسید و سایر مواد شیمیایی برای لیچینگ، عملیات تبدیل حرارتی در دمای بالا ممکن است باعث ورود ترکیبات شیمیایی به هوا شود، حذف ناخالصی‌ها باعث تولید پسماند می‌شود، مصرف آب و حمل‌ونقل	مصرف انرژی در واحدهای استحصال لیتیوم، استفاده از مواد شیمیایی جهت جداسازی ناخالصی‌ها یا برای فرایند تعویض یونی، برخی مراحل ممکن است نیاز به حرارت دهی داشته باشند که موجب انتشار گاز به هوا می‌شود، مصرف آب، تولید پسماند و حمل‌ونقل
مصرف نهایی	مصرف لیتیوم در صنایع شیشه و سرامیک باعث کاهش دمای ذوب ترکیبات و درنتیجه کاهش مصرف انرژی می‌شود. همچنین مصرف آن در باتری‌ها باعث کاهش نسبت وزن به انرژی آن‌ها و افزایش بهره‌وری و دانسیته انرژی آن‌ها شده است. وسایل حمل‌ونقل برقی استفاده‌کننده از باتری‌های لیتیومی باعث کاهش بسیار قابل‌توجه ورود گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر زمین می‌شوند.	

منابع:

1.Lithium in saline geosystems: Lake Brines and clays. John Warren, 2017.
2.Lithium Report 2018. Swiss Resource Capital AG, 2018.
3.Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe. Natalia Lebedeva, Franco Di Persio, Lois Boon-Brett, 2017.
4.Lithium, Global Commodity Summaries. U.S Geological Survey, 2018.
5.Lithium, British Geological Survey, 2016
6.Lithium 101, Deutsche Bank Markets Research, 2016.
7.Global Lithium Report, Macquarie Research, 2016.
8. The world market for stationary batteries, HIS, 2013.
9.C. Pillot, The worldwide battery market 2011-2025, Avicenne Energy, 2012.
10. A review of lithium supply and demand and a preliminary investigation of a room temperature method to recycle lithium ion batteries to recover lithium and other materials. Alexandru Sonoca, Jack Jeswieta, 2014.

EnerTech

Professional Monthly Journal of Energy Technologies (EnerTech)

Institute For International Energy Studies

www.iies.ac.ir
www.iies.mop.ir