موسسه مطالعات بین المللی انرژی

(وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران)

بولتن تخصصی فناوری

موسسه مطالعات بین المللی انرژی

شماره چهاردهم، دی ماه ۱۴۰۰

۱۴

بولتن تخصصی فناوری موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

شماره چهاردهم، دی ماه ۱۴۰۰

ناشر: مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

مدیرمسئول

عقیل براق

ناظران علمی

عرفان ریاحی، مهدی احمدخان بیگی

سر دبیر

امیرحسین هوشمند

مدیر داخلی

شیرین رضایی عدل

هیأت تحریریه

رامش زروانی، عقیل براتی، عباس زراءنژاد، امیرحسین فاکهی، سیدصادق ضرغامی، غلامعلی رحیمی، مرتضی بهروزی فر، حمیدرضا مصطفایی، اعظم محمدباقری، طاهر خرم‌روز، عباس یعقوبی، امیرحسین هوشمند

همکاران این شماره

غلامعلی رحیمی، قاسم توتونچی، پیمان نیلچی پور، زهره مایوسفیان، سمانه سنجری

نشانی: تهران، خیابان ولیعصر(عج)، روبروي پارك ملت، خیابان شهید سلطانی (سایه سابق)، پلاك ٦٥
مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، کدپستی ۱۹۶۷۷۴۳۷۱۱، صندوق پستی ۴۷۵۷- ۱۹۳۹۵
تلفن: ۹-۲۲۰۲۹۳۵۱ نمابر: ۲۲۰۵۴۸۵۳

www.iies.ac.ir

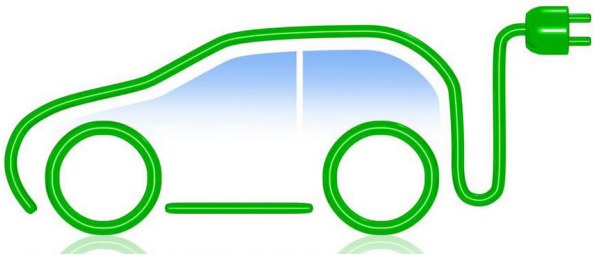
دریافت فایل الکترونیکی و همچنین دسترسي به سایر شماره‌های بولتن از طریق سایت موسسه امکان‌پذیر است. اساتید و پژوهشگران محترم می توانند از طریق پست الکترونیکی IIEStechbulletin@mop.ir با مسئولین بولتن ارتباط برقرار نمایند.

دراین‌شماره می‌خوانید...

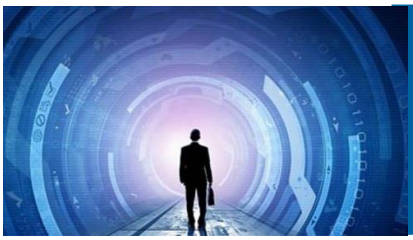
مهمترین اخبار و رویدادهای علمی در حوزه فناوری انرژی(تازه ها)

صفحه ۵ — اختراع پنجره هوشمند در سنگاپور

صفحه ۷ — آلایندگی در ساخت خوروهای برقی



صفحه ۹ — مفهوم، ویژگی و دلایل افزایش کاربردهای آینده‌نگاری...



مدیریت فناوری و آینده پژوهی انرژی

در این گزارش، تعاریفی از آینده نگاری ارائه شده و ضمن بر شمردن ویژگیهای آینده نگاری، مزایا و دلایل کاربرد آن در زمینه های مختلف، بویژه در حوزه انرژی به اختصار مورد بحث قرار می گیرد. با توجه به اهمیت آینده نگاری، سعی بر این است که در شماره های بعدی بولتن، گزارشهای دیگری در این حوزه ارائه گردد.

فناوری ها و نوآوری های انرژی

صفحه ۱۳ — رهیافتی بر گاز طبیعی سنتزی یا مصنوعی (SNG)

SNG

در این مطالعه، ضمن معرفی SNG، رویکردهای مختلف تولید آن بررسی‌شده و مزایای آن مرور می‌گردد. به‌طور خاص، رویکرد Power2Gas به‌عنوان گزینه‌ای برای ذخیره‌سازی انرژی تجدید پذیر مازاد مورد تاکید قرار گرفته است. SNG می تواند همانند گاز طبیعی مورد استفاده قرار گیرد و زیرساخت انتقال آن، می‌تواند همان شبکه‌ی گاز طبیعی باشد.

محیط زیست، توسعه پایدار و مدیریت کربن

صفحه ۲۰ — چرا به نوآوری در فناوری‌های انرژی پاک نیاز داریم؟

گزارش ویژه نوآوری‌های انرژی پاک (Special Report on Clean Energy Innovation) در سال ۲۰۲۰ توسط آژانس بین‌المللی انرژی و در ذیل گزارش تفصیلی چشم‌اندازهای فناوری انرژی (Energy Technology Perspectives) تهیه و منتشر شده است. در گزارش پیش رو، ابتدا مطالبی برگرفته از گزارش ویژه نوآوری‌های انرژی پاک و با تاکید بر لزوم تسریع در عملیاتی کردن این نوآوری‌ها برای رسیدن به آینده‌ی پایدار و در پایان، جمع بندی و پیشنهاد در خصوص فناوری های انرژی پاک ارائه شده است. در مطالعه این گزارش بهتر است سناریوی توسعه‌ی پایدار آژانس بین‌المللی انرژی مد نظر قرار گیرد. این سناریو، به یک تحول بزرگ در سیستم جهانی انرژی می‌پردازد و با تعیین روش‌های مشخص نشان می‌دهد که دنیا چگونه می‌تواند مسیر خود را به سمت سه هدف اصلی تغییر دهد: ۱. دسترسی جهانی به انرژی ۲. کاهش تأثیرات جدی آلودگی هوا بر سلامتی ۳. توقف تغییرات آب و هوایی

سرمقاله

بنام خداوند دانایی

نوآوری مفهوم ناشناخته‌ای است که سازمان‌ها را به چالش می‌کشاند تا فراتر از مرزهای تجاری‌شان حرکت نموده و ارزش بیشتر را برای بازار هدف خود خلق نمایند. برخی از اندیشمندان معتقدند که نظام نوآوری در جامعه به‌مثابه اکوسیستمی است که تمامی بازیگران در آن به‌صورت ارگانیک با یکدیگر در تعامل بوده و مانند یک مجموعه واحد عمل نمایند، اما بر اساس آخرین مطالعات صورت گرفته، نوآوری مرزیومی است که در مرز اکوسیستم‌های مختلف ازجمله دانش و کسب‌وکار قرارگرفته و دارای ماهیت سیال و در جریان، تعاملات اثربخش، تنوع بالا، فاقد مرز مشخص و دارای سیستم باز بوده و عمدتاً در محل تبادل دو اکوسیستم دانش و کسب‌وکار قرار دارد؛ بنابراین با عنایت به تنوع صنایع، فناوری‌ها، افراد، اکوسیستم‌ها و کشورهای مختلف، مرزیوم‌های نوآوری نیز دارای قواعد متفاوتی می‌باشد.

با توجه به تنوع دانش و فناوری در حوزه انرژی و همچنین وجود عدم قطعیت‌های متعدد، به نظر می رسد برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در حوزه نوآوری‌های فناورانه نمی‌توان از ساختارهای مشخص و مدل‌های خطی و سنتی پیروی نمود؛ بلکه می‌بایست با بهره‌گیری از انواع روش‌های آینده‌نگاری، چارچوبی جهت توسعه دانش و کسب‌وکار مبتنی بر آینده از طریق فرایند دریافت ایده‌های نو از بازار هدف و راهبردهای سایر رقبا ترسیم شود.

با عنایت به موارد فوق، هیات تحریریه بولتن تخصصی فناوری موسسه مطالعات بین المللی انرژی آمادگی دارد با انتشار مطالب منتخب کارشناسان و پژوهشگران ارجمند صنعت نفت و انرژی، اساتید و دانشجویان محترم دانشگاه‌ها و متخصصین گرامی مؤسسات پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان در خصوص موضوعات مختلف حول محورهای اصلی ذیل ضمن پربارتر نمودن مطالب بولتن، موجبات تصمیم‌سازی‌های مناسب و همچنین ایجاد زمینه‌های مختلف پژوهشی در حوزه تبیین و تدوین راهبردهای فناوری انرژی را فراهم نموده تا این تلاش و همکاری گامی مؤثر در دستیابی به اهداف و رسالت‌های بخش انرژی کشور، باشد.

- مدیریت فناوری و آینده پژوهی انرژی
- فناوری ها و نوآوری های انرژی
- محیط زیست، توسعه پایدار و مدیریت کربن

موسسه مطالعات بین المللی انرژی

اختراع پنجره‌هوشمند در سنگاپور

یک گروه تحقیقاتی بین‌المللی به رهبری دانشمندانی از دانشگاه صنعتی نانیانگ سنگاپور (NTU Singapore) پنجره‌ی هوشمندی را اختراع کرده‌اند که در آن نوعی ماده به کار رفته است که بدون محدود کردن دید، انتقال حرارت را کنترل می‌کند و از انرژی لازم برای گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها می‌کاهد.

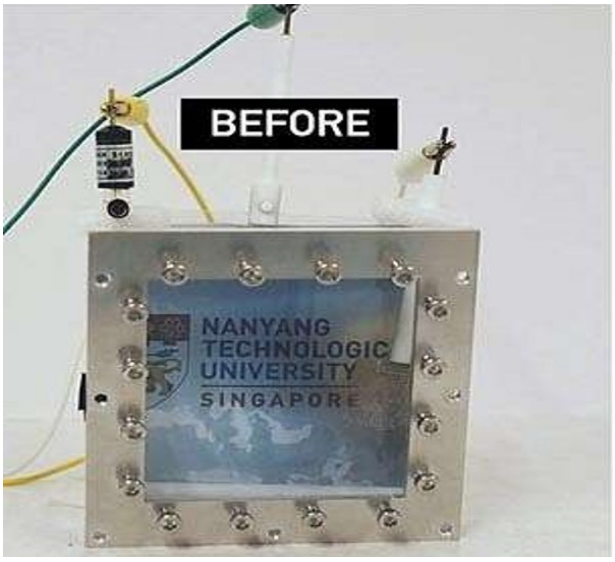
این ماده‌ی جدید با قابلیت کاهش مصرف انرژی، که توسط محققان دانشگاه مذکور برای پنجره‌های الکتروکرومیک (EC) ابداع گشته، به گونه‌ای طراحی شده است که با استفاده از یک کلید جلوی تابش اشعه‌ی مادون‌قرمز را که جزء اصلی نور خورشید و ساطع گرما است می‌گیرد.

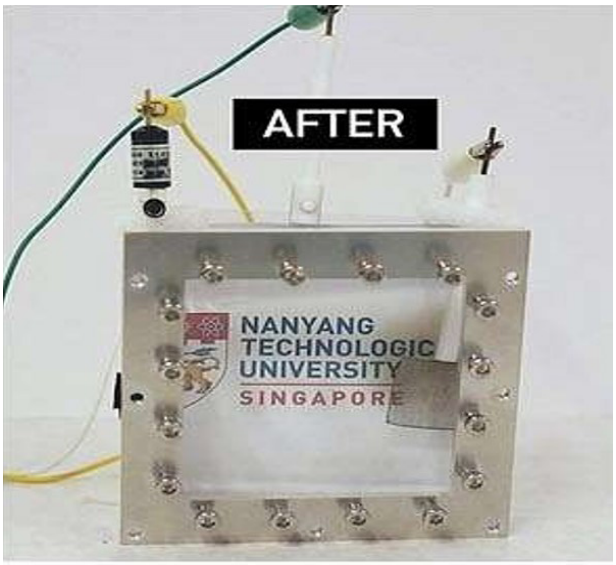
این ماده‌ی جدید از یک ساختار نانویی خاص برخوردار است و از مواد پیشرفته‌ای مثل دی‌اکسید تیتانیوم (TiO_2)، تری اکسید تنگستن (WO_3)، نئودیمیوم – نیوبیوم (Nd - Nb) و دی‌اکسید قلع (SnO_2) تشکیل شده است.

این ترکیب برای پوشش‌دهی بر روی شیشه‌ی پنجره در نظر گرفته شده است و با استفاده از یک کلید، جریان برق از آن عبور می کند. استفاده‌کنندگان می‌توانند عبور اشعه‌ی مادون‌قرمز از پنجره را با روشن و خاموش کردن سیستم کنترل کنند.

این اختراع، که اطلاعیه‌ی آن بر روی جلد نشریه‌ی ACS Omega درج شده است، بر اساس شبیه‌سازی‌های انجام‌شده‌ی تجربی، می‌تواند بدون ایجاد اخلال در دید تا حدود ۷۰ درصد، جلوی عبور تشعشعات مادون‌قرمز را بگیرد. این سیستم همچنین این امکان را مهیا می‌سازد که تا ۹۰ درصد از نور مرئی از شیشه‌ی پنجره عبور کند.

این ماده در حفظ شرایط دمایی محیط نسبت به مواد به‌کاررفته در پنجره‌های الکتروکرومیک موجود در بازار حدود ۳۰ درصد مؤثرتر است و تولید آن به دلیل دوام مناسب مقرون‌به‌صرفه تر خواهد بود.





پیشرفت در پنجره‌های الکتروکرومیک کنونی

پنجره‌های الکتروکرومیک از ویژگی‌های رایج در ساختمان‌های «سبز» امروزی هستند. شیشه‌ی این پنجره‌ها هنگام استفاده رنگی می‌شود و از میزان عبور نور به اتاق می‌کاهد. پنجره‌های الکتروکرومیک موجود در بازار معمولاً از یک لایه‌ی تری‌اکسید تنگستن (WO_3) برخوردار هستند که بر روی یک سمت شیشه‌ی آن ها پوشش داده می‌شود و سمت دیگر بدون پوشش باقی می ماند. وقتی سیستم پنجره به کار می‌افتد، جریان برق یون‌های لیتیوم را به سمتی که با تری‌اکسید تنگستن (WO_3) پوشش یافته حرکت می‌دهد و شیشه‌ی پنجره تیره یا مات می‌شود. هنگامی که سیستم پنجره خاموش می‌شود، یون‌ها از شیشه‌ی پوشش یافته خارج می‌شوند و شیشه دوباره شفاف می‌شود.

با این حال، پنجره‌های الکتروکرومیک کنونی فقط در مسدود کردن نور مرئی مؤثر هستند و نمی‌توانند جلوی عبور اشعه‌ی مادون‌قرمز را بگیرند، که این امر به معنای انتقال حرارت از پنجره و گرم شدن اتاق است.

نکته‌ی منفی دیگر فناوری جاری، دوام آن است، چراکه راندمان ترکیب الکتروکرومیک آن طی سه تا پنج سال کاهش می‌یابد. برای ارزیابی دوام فناوری جدید دانشگاه نانیانگ، پنجره‌ها در تست‌های آزمایشگاهی تحت چرخه‌های روشن–خاموش سخت قرار گرفتند. نتایج نشان داد که خصوصیات این نوع از پنجره‌ها از بیشترین پایداری برخوردار هستند و طی آزمایش‌ها، جلوی عبور بیش از ۶۵٪ از اشعه‌ی مادون‌قرمز را نیز می‌گیرند؛ که نشان‌دهنده‌ی امکان‌پذیری، عملکرد برتر و به‌صرفه بودن آن‌ها در استفاده‌ی بلندمدت در ساختمان‌های پایدار است. فناوری الکتروکرومیک جدید به حفظ و ذخیره‌ی انرژی مورد استفاده برای گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها کمک خواهد کرد و در طراحی‌های آینده‌ی ساختمان‌های سبز پایدار به کار خواهد رفت.

نسل بعدی پنجره‌های هوشمند: کنترل هم‌زمان اشعه‌ی مادون‌قرمز و هدایت گرمایی

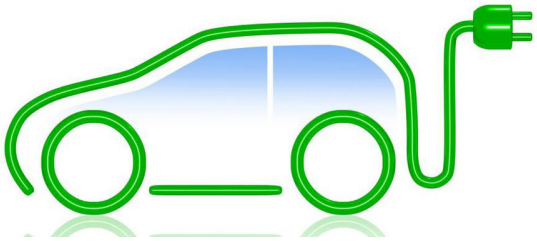
گروه محققان دانشگاه نانیانگ در یک پروژه تحقیقاتی دیگر، برای بهبود عملکرد فناوری پنجره‌ی هوشمند ابداعی خود، سیستمی را طراحی کرده‌اند که با استفاده از یک کلید، انتقال گرمای محیط خارجی به داخل از طریق هدایت را نیز کنترل می‌کند. این اختراع ثبت‌شده، از فیلم نازک و ذرات آهنربایی دارای ترکیبات کربن تشکیل شده است که هدایت‌کننده‌های خوبی برای گرما هستند. وقتی سیستم خاموش است، گرمای محیط بیرونی نمی‌تواند از طریق پنجره عبور کند و هنگامی‌که سیستم روشن می‌شود، گرما امکان عبور پیدا می‌کند.

اطلاعات کاملتر این خبر در لینک زیر قابل مشاهده است:

https://www.solardaily.com/reports/NTU_Singapore_scientists_invent_smart_window_material_that_blocks_rays_without_blocking_views_999.html

این کار تحقیقاتی، همانطور که گفته شد در ACS منتشر شده است که در لینک زیر قابل مشاهده می باشد:

https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.1c03260



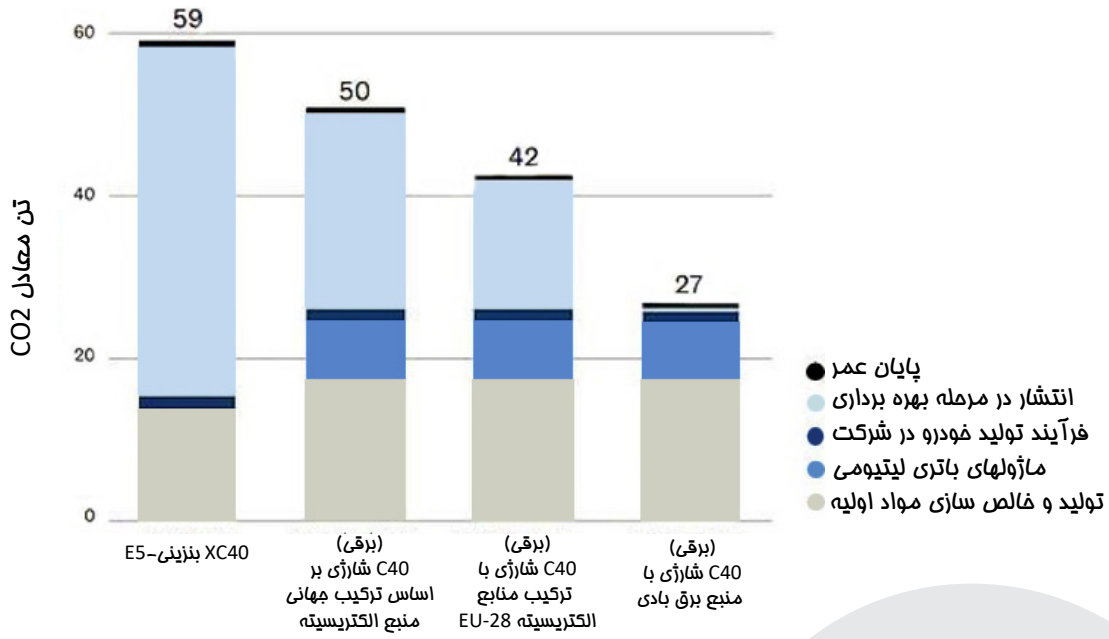
آلایندگی در ساخت خودروهای برقی

- ولوو ادعا می‌کند که تولید کربن زای باتری و فولاد برای ساخت مدل الکتریکی C40، آن را نسبت به مدل بنزینی XC40 این شرکت آلاینده‌تر می‌کند.
- این شرکت می‌گوید با ترکیب فعلی تولید برق در جهان لازم است این خودرو تقریباً ۷۰۰۰۰ مایل رانده شود (تقریباً ۹ سال بر اساس متوسط پیمایش در انگلستان) تا انتشارات آلودگی بیشتر ناشی از تولید آن جبران شود و این مقدار در صورتی که خودروهای برقی با انرژی پاک شارژ شوند به کم‌تر از ۳۰۰۰۰ مایل خواهد رسید.
- این شرکت از رهبران جهان خواسته است تا سرمایه‌گذاری‌های خود را در توسعه‌ی انرژی پاک تسریع بخشند.
- این تولیدکننده‌ی سوئدی در حال ارائه‌ی گزارش‌های شفاف در مورد میزان انتشارات آلودگی تمامی خودروهای برقی است.

شرکت ولوو معتقد است که انتشار آلودگی ناشی از «ساخت» خودروهای برقی بسیار بالاتر از مشابه‌های بنزینی آن‌ها است، آن‌چنان که از رهبران و تأمین‌کنندگان انرژی جهان خواسته است سرمایه‌گذاری‌های خود را در توسعه‌ی انرژی پاک به طور چشمگیر افزایش دهند تا از ردپای کربن در مدل‌های برقی شارژی کاسته شود.

این خودروساز سوئدی می‌گوید که یک خودروی برقی در طول عمر خود در کل پاک‌تر است، گرچه این امر تنها پس از ۳۰۰۰۰ تا ۶۸۴۰۰ مایل پیمایش (معادل چهار تا نه سال متوسط رانندگی یک راننده‌ی انگلیسی) محقق می‌شود.

طرح این ادعاها، از جمله در آخرین گزارش این شرکت در مورد ارزیابی چرخه‌ی عمر (Life Cycle Assessment) خودروی کاملاً برقیِ ۵۷۴۰۰ یورویی مدل C40 هم‌زمان با برگزاری اجلاس آب و هوایی COP26 در گلاسکو، به‌عنوان بخشی از رویکرد جدید این برند در امر شفاف‌سازی صورت پذیرفت.



نمودار فوق در گزارش ولوو انتشار بیشتر دی‌اکسید کربن ناشی از تولید (بخش خاکستری ستون‌های نمودار) را در خودروهای برقی مدل C40 (سه ستون سمت راست) در مقایسه با خودروی بنزینی مدل XC40 (ستون سمت چپ) نشان می‌دهد. رد پای کربن در خودروهای برقی در طول زمان بهره برداری (بخش آبی کم‌رنگ ستون‌های نمودار)، بدون در نظر گرفتن میزان سبز بودن ترکیب برق مورد استفاده در آن‌ها بسیار کم‌تر است.

این گزارش نشان می‌دهد انتشارات گازهای گلخانه‌ای در طول فرایند تولید خودروهای برقی تقریباً ۷۰ درصد بیشتر از مدل‌های بنزینی است که بیشتر به دلیل شدت کربن بالاتر در تولید باتری و فولاد و همچنین سهم بیشتر آلومینیوم در خودروهای برقی است.

متن کامل خبر در لینک زیر قابل مشاهده است:

https://www.dailymail.co.uk/money/cars/article-10161697/Volvo-says-electric-car-making-emissions-70-HIGHER-petrol.html?ns_mchannel=rss&ns_campaign=1490&ito=1490

مفهوم، ویژگی و دلایل افزایش کاربردهای آینده‌نگاری با نگاه ویژه بر صنعت انرژی

زهره ملایوسفیان
اداره آینده نگاری فناوری/اداره کل امور فناوری وزارت نفت
سمانه سنجری
اداره آینده نگاری فناوری/اداره کل امور فناوری وزارت نفت

این گزارش، اولین گزارش از سلسله مباحث آینده نگاری است. در گزارش های آتی، مباحث متنوعی در زمینه آینده نگاری ارائه خواهد شد.

آینده‌نگاری از دیدگاه صاحب‌نظران

دنیای امروز در چهار زمینه الف) پیش‌فرض‌ها، ب) ابزارها و روش‌ها، ج) مفاهیم و د) اهداف، بسرعت در حال تغییر است، حال آن‌که هرکدام از این تغییرات یا تلاقی آن‌ها با یکدیگر، جهان را با چالش‌های متعدد و عدم قطعیت‌های بسیاری روبرو می‌سازد. درنتیجه، دیگر، مدل‌های خطی و سنتی برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری، پاسخگو نبوده و جهت مواجهه با این عدم قطعیت‌ها، لازم است رویکردی اتخاذ شود که نشان دهد چه چیزهایی ممکن است اتفاق بیفتند و در برابر این اتفاق‌ها، چه واکنش مناسبی باید نشان داد.

در این میان آینده پژوهی (Futures Study) با نگاه به گذشته و آینده، و با توجه به اصل عدم قطعیت و بهره گیری از انواع روش‌ها، لزوم آینده‌نگاری (Foresight) را توجیه نموده و به گمانه زنی‌های نظام مند در مورد آینده مبادرت می‌ورزد. لذا آینده‌نگاری به‌عنوان یکی از گزینه‌های ممکن، مورد توجه ویژه‌ای در جهان قرارگرفته است.

آینده‌نگاری یعنی آمادگی برای آینده، یعنی به‌کاربردن منابع موجود به بهترین وجه ممکن در راستای ارزش‌ها. در تعریفی دیگر، آینده‌نگاری عبارت است از جهت‌دهی به اقدامات در برابر عدم قطعیت‌های موجود و تلاش برای رسیدن به آینده‌ای بهتر، البته از طریق ساختن آن [۱].

آینده‌نگاری با گردآوری نقش‌آفرینان حوزه‌های مختلف جامعه و توسعه حوزه فکری مردم، آن‌ها را آماده مواجهه با آینده می‌سازد. همچنین، آینده‌نگاری با ارائه اطلاعات معتبر و قابل‌اطمینان به سیاست‌گذاران یک کشور، امکان رشد اقتصادی، اجتماعی و توانایی رقابت فزاینده در عرصه جهانی را فراهم می‌سازد. درواقع آینده‌نگاری، یک ابزار مهم در توسعه و مدیریت سیستم‌های نوآور است که بر پایه زمینه گسترده‌ای از فعالیت‌های هماهنگ آینده محور در یک جامعه بنا می‌شود [۲].

آینده‌نگاری عبارت است از جهت‌دهی به اقدامات در برابر عدم قطعیت‌های موجود و تلاش برای رسیدن به آینده‌ای بهتر، البته از طریق ساختن آن

مارتین (Martin) آینده‌نگاری را تلاشی نظام‌مند برای نگاه کردن به آینده بلندمدت علم، فناوری، محیط‌زیست، اقتصاد و اجتماع (با افق زمانی ۵ تا ۳۰ سال) می‌داند که هدف آن، شناسایی فناوری‌های عام نوظهور و تعیین حوزه‌های مطالعات استراتژیکی است که منجر به بیشترین سود در اقتصاد و اجتماع شود [۲].

در تعریفی دیگر که در سال ۲۰۰۱ توسط گویگان (Gavigan) ارائه‌شده است، آینده‌نگاری فرآیندی نظام‌مند، مشارکتی و گردآورنده ادراکات آینده است که چشم‌اندازهای میان‌مدت تا

بلندمدت را با هدف اتخاذ تصمیم‌های روزآمد و بسیج اقدام‌های مشترک بنا می‌سازد [۲].

در ادبیات آینده‌نگاری، ازنظر وبستر (Webster) آینده‌نگاری فرآیندی سازماندهی‌شده و هدفمند است که انتظارات بازیگران مختلف در مورد فناوری را باهم جمع‌کرده و چشم‌اندازهای استراتژیک در مورد آینده را تدوین می‌کند تا حامی و تصدیق‌کننده توسعه اقتصادی و اجتماعی گسترده شود.

در جدول ۱ سه تعریف معتبر وبستر، گویگان و مارتین از آینده‌نگاری با یکدیگر مقایسه، و نکات اشتراک و افتراق این تعاریف از وجوه مختلف، مشخص‌شده است [۲].

ازنظر فورن (Foren) نیز آینده‌نگاری فرآیندی نظام‌مند و مشارکتی به منظور گردآوری اطلاعات آینده و چشم‌انداز سازی‌های میان مدت تا بلندمدت، با هدف پرداختن به تصمیمات کنونی و بسیج اقدامات مشترک می‌باشد [۲].

درنهایت، ازنظر باره (Barre) و مجریان برنامه‌های آینده‌نگاری شبکه فورسوسایتی (Forsociety) که موردحمایت و پشتیبانی اتحادیه اروپا است، نیز مشابه نظر فورن، آینده‌نگاری فناوری دارای ویژگی‌های زیر است [۲]:

- ایجاد برآوردهای ساختارمند تحولات و نیازها و تمرکز بر دورنمای بلندمدت؛
- ایجاد شبکه‌های جدید اجتماعی و تعامل میان روش‌های مشارکتی و هماهنگ ساختن راهبردهای مشارکت‌کنندگان؛
- ایجاد شفافیت همراه با تأکید بر روحیه باز و پذیرا داشتن؛
- تخصیص فرآیند اجرای کار به بازیگران و ذینفعان؛
- توجه به علم و فناوری و حوزه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و رویکرد گسترده بین‌رشته‌ای
- شناسایی و خلق زمینه و رویدادهای مهم برای بازیگران؛
- تعهد به نتایج کار و پیامدهای حاصل از تصمیمات و اقدامات کنونی.

ویژگی‌های آینده‌نگاری

با در نظر گرفتن تعاریف ارائه شده، می‌توان گفت ویژگی‌ها و مشخصه‌های مهم آینده‌نگاری عبارتند از [۳]:

- **پیش‌نگری:** پیش‌بینی نیازهای اجتماعی، اقتصادی و فناورانه، طراحی مسیرهای تحول آن‌ها و ایجاد درک مناسب از فرصت‌ها و تهدیدها؛
- **شبکه‌سازی اجتماعی:** تمرکز بر تدوین روابط بین ذینفعان باهدف پشتیبانی از فرآیند جمع‌آوری و پردازش اطلاعات حاصل از محیط؛
- **فعالیت‌ها:** استفاده از تکنیک‌ها و ابزارهای رسمی برای توسعه تحلیل‌های بلندمدت ازجمله روش‌های پیمایشی و تحلیل روند و کسب نتایج مدل‌سازی، مطالعات SWOT و...؛
- **جامعیت:** مشارکت طیف گسترده‌ای از ذینفعان به‌منظور دسترسی به دانش مرتبط و مشارکت بیشتر در فرآیند سیاست‌گذاری و ایجاد شبکه‌ها برای هماهنگی مستمر اقدامات و تسهیم اطلاعات؛
- **چشم‌انداز استراتژیک:** ایجاد آینده مطلوب بر اساس پیش‌نیازهای منطقی زمان حال.

جدول ۱ – مقایسه تعاریف آینده‌نگاری از دیدگاه وبستر، گویگان و مارتین

وجوه مختلف معرف	فرآیند	مشارکتی	سازمان‌بندی شده و نظام‌مند بودن	ایجاد چشم‌انداز	آینده بلندمدت	بسیج اقدامات	گردآوری ادراک	اتخاذ تصمیمات
وبستر	•	•	•	•	•	•		
گویگان	•	•	•	•	•	•	•	•
مارتین	•	•	•	•	•			

دلایل افزایش کاربردهای آینده‌نگاری

یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش کاربرد برنامه‌های آینده‌نگاری، مزایای فرآیند انجام آن است. این مزایای پنج‌گانه که در زبان انگلیسی همگی با حرف C شروع، و اصطلاحاً 5Cs آینده‌نگاری نامیده می‌شود، عبارتند از [۲]:

- **ارتباط** (Communication): جمع‌کردن گروه‌های متفاوت در کنار یکدیگر که می‌توانند آزادانه باهم تعامل داشته باشند؛
- **تمرکز** (Concentration): تمرکز بر زمان‌های بلندمدت‌تر، با اجبار شرکت‌کنندگان به نگاه کردن به آینده‌های دور؛
- **هماهنگی** (Co–Ordination): در فرآیند آینده‌نگاری، بازیگران مختلف می‌توانند مشارکت‌های پرباری را شکل دهند؛
- **اجماع** (Consensus): ایجاد یک چشم‌انداز مشترک از آینده، به جهت ترغیب شرکت‌کنندگان؛
- **تعهد** (Commitment): تضمین این‌که تمامی بازیگران، می‌توانند بر اساس راهنمایی یافته‌های آینده‌نگاری، جهت نیل به چشم‌انداز مطلوب، تغییرات را اعمال کنند.

مزایای پنجگانه فرآیند انجام آینده نگاری (5Cs):
ارتباط، تمرکز، هماهنگی، اجماع و تعهد

همچنین برخی عوامل دیگر که به افزایش کاربرد آینده‌نگاری منجر می شوند عبارتند از:

- افزایش محدودیت بر هزینه عمومی کشورها و افزایش ارزش پول؛
- افزایش تعداد عوامل درگیر در موضوعات و همچنین نزدیکتر شدن تعاملات و روابط درون سیستمی میان این عوامل؛
- افزایش اهمیت توان علم و فناوری و درنتیجه افزایش دانش ضمنی به‌اندازه دانش کد شده؛
- تغییر قراردادهای اجتماعی و کاربردی میان علم و فناوری از یکسو و جامعه از سوی دیگر و خلق شبکه‌های اثربخش میان صنعت، دانشگاه ها، مراکز و پژوهشگاه‌های دولتی؛
- اولویت‌بندی از سوی سیاست‌گذاران در هنگام مواجهه با محدودیت‌های بودجه و رقابت‌های بین‌المللی؛
- تلاش شرکت‌ها برای ایجاد شبکه اقتصادی به جهت مدیریت ارتباط بین مشتریان، شرکا و قانون‌گذاران.

آینده‌نگاری و صنعت انرژی

حوزه انرژی در یک نقطه ی گذار قرار دارد و با گستره‌ای از چالش‌های فزاینده روبه‌رو است. پیش‌بینی می‌شود که تقاضای جهانی انرژی بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۴۰ حدود یک‌سوم میزان فعلی رشد کند. عوامل اصلی این افزایش تقاضا عبارتند از:

- افزایش جمعیت جهان به ۹ میلیارد تا سال ۲۰۴۰؛
- رشد ۱۵۰ درصدی اقتصاد جهان در همین دوره زمانی؛
- روندهای افزایشی شهرنشینی و جابجایی.

به همین منظور، با توجه به اهمیت بخش انرژی خصوصاً انرژی‌های تجدید ناپذیر، از روش‌های آینده‌نگاری در این بخش نیز به‌طور گسترده استفاده می‌شود. در این میان نفت از اهمیت بسزایی برخوردار است. اکثر محققان بر این باورند که کمیابی نفت در آینده حتمی و قریب‌الوقوع است و درنتیجه بحران‌هایی را در سطح جهانی شاهد خواهیم بود. از طرفی، برخی دیگر از کارشناسان اعتقاد دارند که منابع فراوانی از نفت در طبیعت وجود دارد که ثبات را در بازار انرژی تضمین خواهند کرد [۴].

علاوه بر موضوع کمیابی نفت در آینده، مسئله تغییرات آب و هوایی و ارتباط نزدیک آن با مصرف انرژی‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ مطرح است. تاریخ، فرهنگ و سنت‌ها در ادراک ما از نفت و آینده آن تأثیرگذارند. مثلاً ژاپنی‌ها همواره هنگام روبه‌رو شدن با موانع احتمالی واردات نفت نگران شده و وقوع هرگونه تنش در حوزه عرضه نفت برای آن‌ها اهمیت خاصی دارد [۴].

نخستین گام از مطالعات آینده‌نگاری در حوزه انرژی شناسایی روندهای نوظهور در بازار جهانی انرژی است و درعین‌حال یکی از

الزامات اساسی تدوین برنامه‌های کلان و بلندمدت در این حوزه به‌شمار می‌رود. این روندها عبارتند از:

- روندهای نوظهور بازار انرژی جهان؛
- تغییر الگوی تقاضا؛
- تغییر گزینه‌های تأمین عرضه؛
- نوسانات قیمت و تأخیر در سرمایه‌گذاری؛
- بازیگران نوظهور، صف‌آرایی‌های جدید و قوانین نوین؛
- تغییرات آب و هوایی.

شناسایی دقیق و تحلیل اثرات این روندها بر بازار انرژی جهان، یکی از مهم‌ترین الزامات برنامه‌ریزی‌های هدفمند و آینده‌نگرانه در صنعت نفت و گاز کشور است که باید همواره مدنظر کارشناسان، مدیران و سیاست‌گذاران قرار گیرد. ترسیم آینده مطلوب صنعت نفت و گاز کشور بدون توجه به روندهای نوظهور، آینده‌های محتمل و اهداف و استراتژی‌های رقبای بازار جهانی و منطقه‌ای انرژی ناممکن است. به‌عبارت‌دیگر، در عصر حاضر هرگونه برنامه‌ریزی بلندمدت با رویکرد درون‌گرایی و انکار نقش سایر بازیگران، ناموفق و محکوم به شکست است و پیامدهای منفی قابل‌ملاحظه‌ای را برای صنعت نفت و گاز و به‌تبع آن توسعه اقتصادی کشور به دنبال خواهد داشت.

ترسیم آینده مطلوب صنعت نفت و گاز کشور بدون توجه به روندهای نوظهور، آینده‌های محتمل و اهداف و استراتژی‌های رقبای بازار جهانی و منطقه‌ای انرژی ناممکن است.

منابع

[۱] عزیز علیزاده و علی‌اصغر بازگیر، آینده‌نگاری شرکتی و سناریوهای جهانی صنعت پتروشیمی، پدیدار اندیشه پارسیان، ۱۳۹۹.

[۲] عبدالرحیم پدرام، محمد ازگلی، خسرو حسنلو، مسعود منزوی، حسین جمالی چافی، سید کمال طبائیان، بهنام نپوری و دکترمحسن افتاده حال، آینده پژوهی؛ مفاهیم، روش‌ها، مرکز آینده پژوهی علوم و فناوری های دفاع مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، ۱۳۸۸.

[۳] لوک جورجیو (Luke Georghiou)، جنیفر کاسینگنا هارپر (Jennifer Cassingena Harper)، میکاییل کینان (Michael Keenan)، ایان مایلز (Ian Miles) و رافایل پوپر (Rafael Popper)، ترجمه: مسعود منزوی، راهنمای آینده نگاری فناوری، مرکز آینده پژوهی علوم و فناوری‌های دفاع مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، ۱۳۹۰.

[۴] دکتر داوود منظور، دکتر روح الله هوش نژاد، آینده نگاری صنعت جهانی انرژی، رویکرد تحلیل سناریو، ۱۳۹۷.

SNG

رهیافتی بر گاز طبیعی سنتزی یا مصنوعی (SNG)

قاسم توتونچی پژوهشگر موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

مقدمه

گاز طبیعی مصنوعی، کلیدواژه‌ای عجیب و در ظاهر متناقض است که با نام‌های دیگری مانند گاز طبیعی سنتتیک یا سنتزی (Synthetic Natural Gas) و یا گاز طبیعی جایگزین (Substitute Natural Gas) نیز مورد اشاره قرار میگیرد و برای هر دو نام از حروف اختصاری SNG استفاده می شود. این گاز از لحاظ ترکیب، بسیار نزدیک به گاز طبیعی بوده و عمدتاً از متان تشکیل یافته است. لازم به ذکر است SNG قابلیت انتقال و مصرف از طریق شبکه ی گاز طبیعی را دارد و این موضوع از مزایای مهم این گاز محسوب می شود. برای تولید SNG دو رویکرد مهم شامل استفاده از برق تجدیدپذیر و گازی سازی منابع کربنی (نظیر ذغال سنگ و زیست توده) وجود دارد که در این گزارش به جنبه های مهم آنها پرداخته می شود.

SNG چیست و چگونه تولید می‌شود؟

به‌طور کلی، SNG حاصل ترکیب هیدروژن با دی‌اکسید کربن یا منوکسید کربن و تبدیل آن به متان می‌باشد. اینکه هیدروژن و کربن موردنیاز برای فرآیند مذکور از چه روشی تأمین شود، موجب تفاوت در فرآیند تولید و در نتیجه تفاوت در ارزش‌افزوده‌ی آن می شود.

یک روش مهم و آینده نگر در تولید SNG، بازجذب دی اکسید کربن از صنایع آلاینده به عنوان منبع کربنی مورد نیاز می باشد. هیدروژن مورد نیاز به عنوان خوراک نیز با الکترولیز مبتنی بر برق تجدیدپذیر تامین می شود. این رویکرد که به طور خلاصه تولید SNG با برق تجدیدپذیر نامیده می شود، می تواند در نقش ذخیره کننده ی انرژی تجدیدپذیر برای استفاده و بهره برداری در مقاطع زمانی ضروری در آینده نیز قابل توجه باشد.

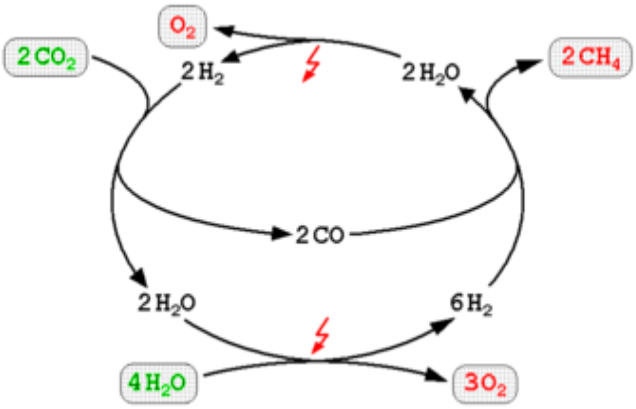
اما تولید SNG با استفاده از گازی سازی زغال‌سنگ یا زیست‌توده‌های طبیعی نیز میسر است که در این مطالعه، به هر دو گزینه، منبع کربنی اطلاق می شود، بدین ترتیب که با استفاده از کوره های حرارتی غیراحتراقی، گاز سنتز تولید شده و با متاناسیون آن، تولید گاز طبیعی مصنوعی انجام می شود. در این روش، که در این گزارش تولید SNG با گازی سازی منابع کربنی نامیده می شود، مهم‌ترین بخش فرایند، گازی سازی کربن جامد و سپس واکنش هیدروژن و منوکسید کربن ناشی از گازی سازی است. در هر دو رویکرد، نتیجه خروجی، گازی با قابلیت مصرف به‌عنوان سوخت و بسیار مشابه با گاز طبیعی است. SNG این قابلیت را دارد که با رد پای کربن مشابه گاز طبیعی، در تمام بخش های تقاضا مورد بهره‌برداری سوختی واقع شود. به‌هرحال SNG یک سوخت نسبتاً پاک محسوب شده و آلایندگی ذرات درشت معلق، گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و ... را نداشته یا اندک دارد. SNG در کنار قابلیت ذخیره در فاز گازی، قابلیت تبدیل به مایع و ذخیره‌سازی چگال تر در مخازن و حمل‌ونقل آسان در خطوط لوله را نیز دارد.

یکی از روشهای ذخیره سازی SNG، استفاده از افزایش فشار خطوط لوله گاز است. بعنوان نمونه، اظهار شده است که

با افزایش فشار خطوط لوله‌ی شبکه گاز اتحادیه اروپا، می توان به یک ظرفیت ذخیره‌سازی معادل ۲۱% مصرف سالیانه آن اتحادیه دست یافت. استفاده از این ظرفیت موجود برای ذخیره‌سازی، یک ایده‌ی محوری تلقی می‌شود[۱].

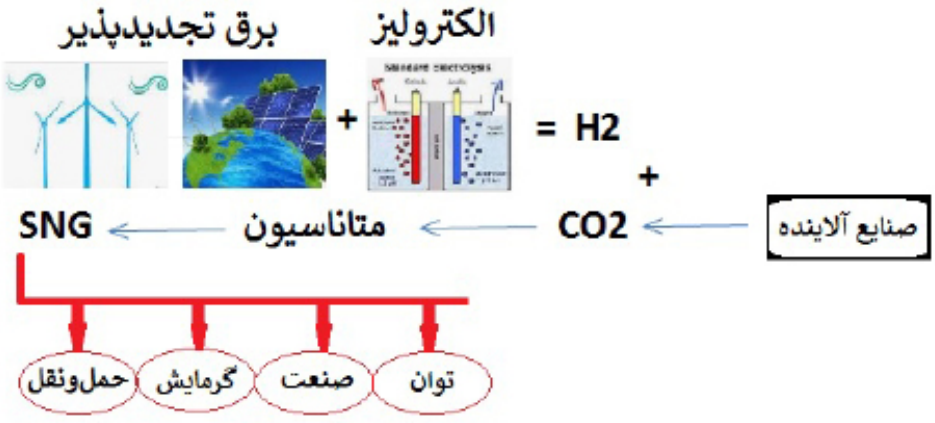
تولید SNG با برق تجدیدپذیر:

همانگونه که ذکر شد، یکی از رویکردهای تولید SNG، استفاده از برق حاصله از انرژی های تجدیدپذیر می باشد. این برق تولیدی، در فرایند الکترولیز منجر به تولید هیدروژن می گردد. هیدروژن تولیدی در کنار دی اکسید کربن جذب شده از صنایع آلاینده، خوراک لازم برای تولید SNG را فراهم می سازد. با توجه به اینکه برق تجدیدپذیر یا برق مازاد شبکه، در قالب تولید هیدروژن و تولید SNG مصرف گردیده است، می توان از آن بعنوان ذخیره سازی انرژی تجدید پذیر طی تولید SNG تعبیر کرد. این انرژی ذخیره شده، در مقاطع زمانی لازم می تواند راهگشا باشد. دی اکسید کربن جذب شده از صنایع آلاینده، با مصرف SNG به عنوان سوخت بار دیگر انتشار خواهد یافت و از منظر انتشار کربن، ارزش افزوده ای ایجاد نشده است. اما از دید ذخیره سازی انرژی تجدیدپذیر و عدم نیاز به گازی سازی منابع کربنی، رویکرد استفاده از برق تجدیدپذیر منحصر به فرد می باشد. شکل ۱ گویای فلوچارت حلقه بسته‌ی تولید SNG با برق تجدیدپذیر می‌باشد که در مقاطع مختلف با دریافت انرژی، تولید هیدروژن را رقم‌زده و سپس با استفاده از سوخت SNG، قابلیت بازتولید برق وجود دارد.

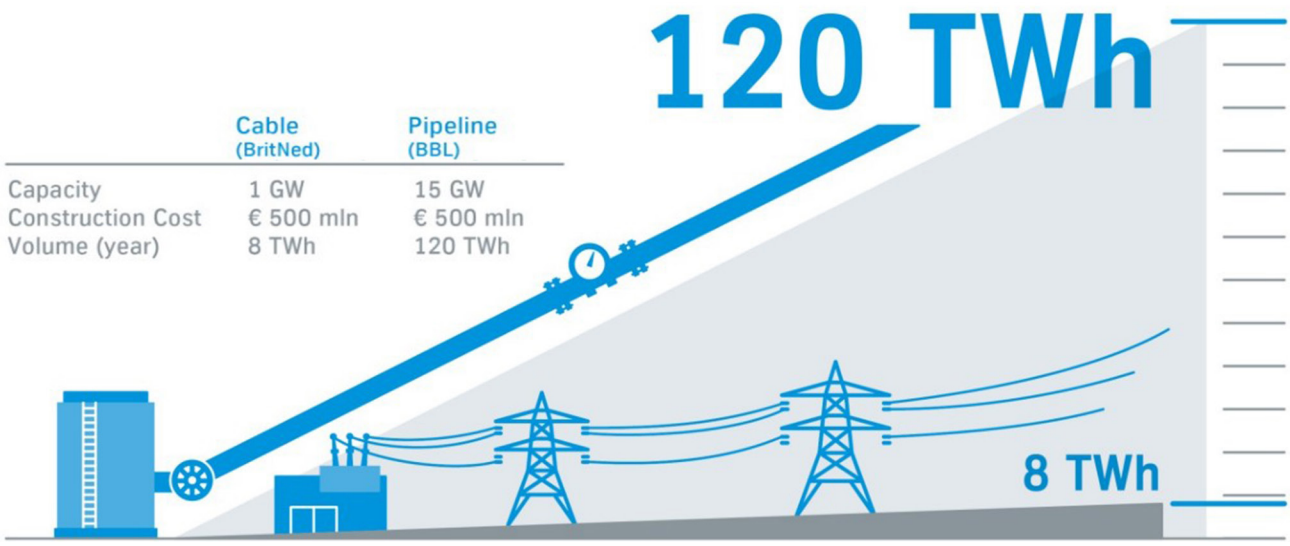


شکل ۱ – فلوچارت حلقه بسته تولید SNG با برق تجدیدپذیر

در شکل ۲ دیاگرام بلوکی تولید SNG با استفاده از برق تجدیدپذیر نمایش داده شده است. در این دیاگرام، بلوک هایی مانند واحدهای تولید برق تجدیدپذیر(که هم به واحد الکترولیز و هم به شبکه ی سراسری برق متصل می باشند)، واحد الکترولیز جهت تولید هیدروژن، ورودی آب، واحد ذخیره سازی هیدروژن، واحد دریافت دی اکسید کربن جذب شده از صنایع آلاینده، بخش متاناسیون و شبکه ی گاز طبیعی، که قابلیت دریافت مستقیم SNG تولید شده را دارد، به چشم می خورد[۲]. گاز SNG تولید شده، در بخش تقاضا نظیر صنایع، حمل و نقل، گرمایش و تولید توان، که گاز طبیعی نیز برای آن کاربرد دارد، قابل بهره برداری می باشد.

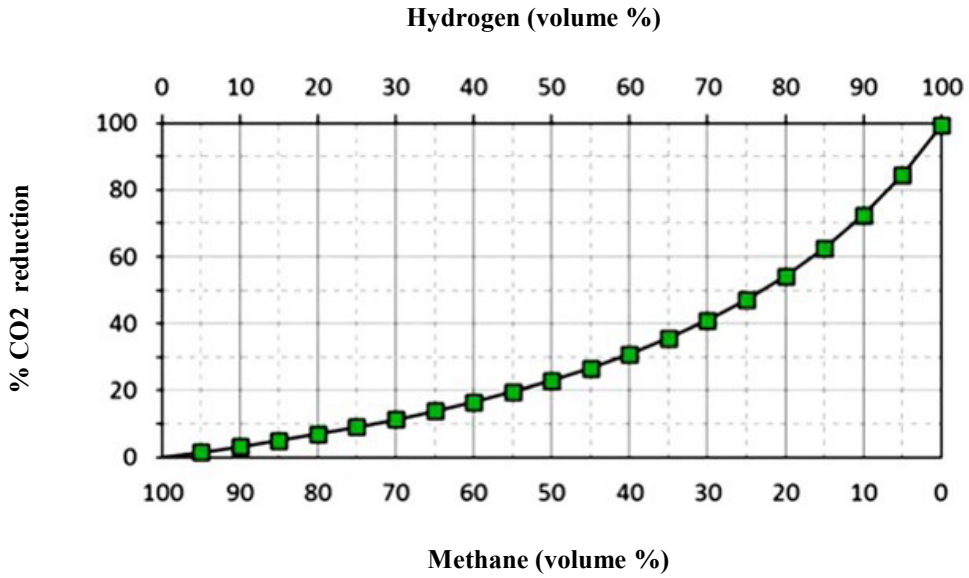


شکل ۲ – بلوک دیاگرام تولید SNG با استفاده از برق تجدیدپذیر و تولید هیدروژن از الکترولیز



شکل ۳– مقایسه خطوط انتقال گاز و برق[۱]

در خصوص استفاده از SNG برای تزریق به شبکه گاز طبیعی در صورت کمبود گاز طبیعی، اشاره به این نکته برای ارزیابی صحیح موضوع لازم است که بجای تزریق SNG میتوان از تزریق مستقیم هیدروژن به خط لوله گاز طبیعی، بهره برد. این امر می تواند حسب کاربرد مصرف کننده و بخش تقاضا، رویکردی مثبت و بدون هزینه ی تولید SNG باشد. در این صورت در ازای ظرفیت گرمایی مشابه، انتشار کربن مشابه آنچه در شکل ۴ آمده است، کاهش می یابد[۳]. با اینحال، بایستی سایر عوامل و ملاحظات مانند امکان ایجاد خوردگی در لوله ها نیز مد نظر قرار گیرد. شرایط کاربرد، وضعیت خط لوله و ظرفیت موجود و تابع هزینه/فایده، دو گزینه تزریق مستقیم هیدروژن به صورت مخلوط با گاز طبیعی و نیز تولید SNG را با یکدیگر قابل مقایسه خواهد نمود [۱].



شکل ۴– تأثیر درصد اختلاط هیدروژن با متان (اعمّ از گاز طبیعی یا SNG) بر کاهش انتشار کربن

بنظر می رسد، سازگارترین روش تولید SNG با محیط زیست، استحصال دی‌اکسید کربن از صنایع آلاینده و محیطهای گلخانه‌ای و تأمین هیدروژن از طریق الکترولیز با برق تجدید پذیر مازاد است. در این حالت ضمن مزایای رقابتی و اقتصادی کاربردی، رد پای کربن افزایش قابل توجهی نخواهد یافت، چراکه دی‌اکسید کربن دریافتی و استحصال‌شده از محیط، نهایتاً با ارزش افزوده اقتصادی و کاربردی مطلوب، با سوختن SNG به طبیعت بازمی‌گردد، اگرچه فرآیند تولید نیز موجب انتشار مقداری دی اکسید کربن خواهد شد. این رویکرد، از لحاظ کارایی و ارزش‌افزوده، امکان ذخیره‌سازی انرژی تجدید پذیر و نیز کاهش محسوس آلاینده-های حاوی نیتروژن و گوگرد، همانند گاز طبیعی، مطلوب ارزیابی می گردد.

شایان‌ذکر است تبدیل مخلوط دی‌اکسید کربن (جذب‌شده از منابع منتشر کننده) و هیدروژن (استحصال‌شده از الکترولیز تجدیدپذیر) به SNG تنها روش ذخیره برق تجدیدپذیر نیست و گزینه‌های دیگری مانند تبدیل این مخلوط به متانول، دی میتل اتر و ... و یا تولید آمونیاک از هیدروژن نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد، اما امکان تزریق SNG به شبکه گاز طبیعی و یا عرضه آن همانند سایر روشهای عرضه گاز طبیعی و استفاده یکسان از آنها، مزیتی محسوب می‌گردد که می تواند در پاره ای از کاربردها تعیین کننده باشد.

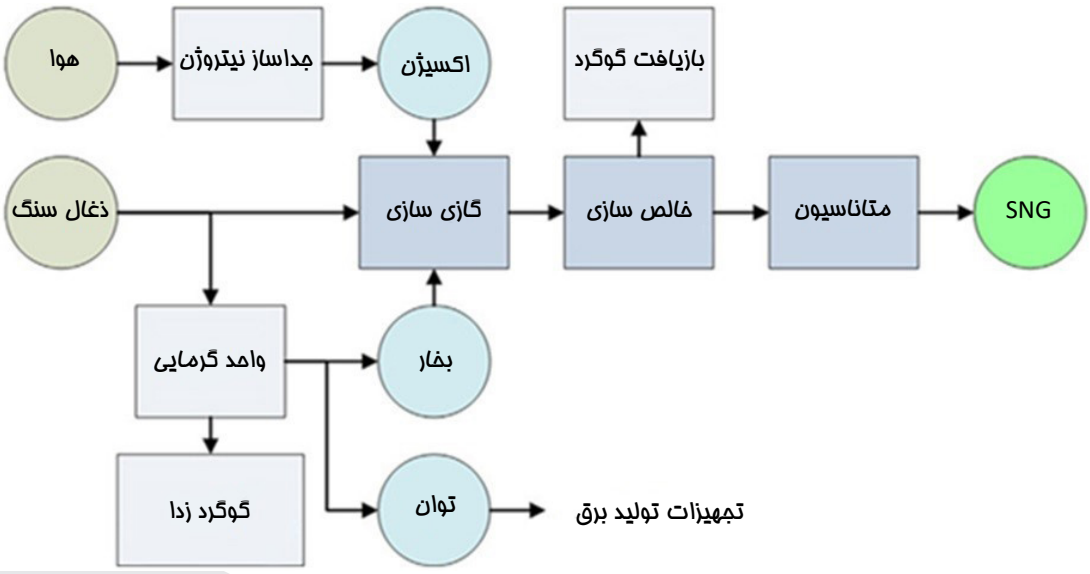
فرایند ذخیره سازی انرژی تجدیدپذیر با تولید SNG، هزینه‌بر است، اما در مقایسه با ذخیره انرژی در باتری یا شارژ پمپ هیدرولیک از نظر مقیاس و حجم انرژی قابل ذخیره و زمان طولانی تا مصرف انرژی، ارجحیت دارد.

تولید SNG با گازی سازی منابع کربنی:

در فرایند تولید SNG، میتوان از گازی سازی یعنی گرمایش غیر احتراقی منابع کربنی استفاده کرد. این منبع کربنی، ممکن است ذغال سنگ و یا زیست توده باشد. نظر به مشابهت زیاد فرایند برای ذغال سنگ یا زیست توده، در ادامه ی این مطالعه بر ذغال سنگ به عنوان منبع کربن تمرکز خواهد بود و نتایج تا حد زیادی برای زیست توده نیز قابل تعمیم است.

تولید SNG با گازی سازی منابع کربنی:

کربن جامد یا ذغال سنگ، در فشار و دمای بالا، به هیدروژن، منوکسید کربن و اندکی دی‌اکسید کربن مبدل می شود. فرآیندهای مختلفی برای تولید SNG با گازی سازی حرارتی وجود دارد که نمونه ای از آن در شکل ۵ نشان داده شده است. ماژول‌ها و یا واحدهای مختلف موجود در این فرایند شامل واحد تغذیه زغال‌سنگ، جداساز اکسیژن از هوا، گازی ساز، خالص ساز، جداساز گوگرد و آمونیاک، واحد تزریق بخار و واحد متاناسیون می باشند. در فرآیند شکل ۵، از بخشی از ذغال سنگ دریافتی، برای تولید بخار و برق استفاده شده است[۴].



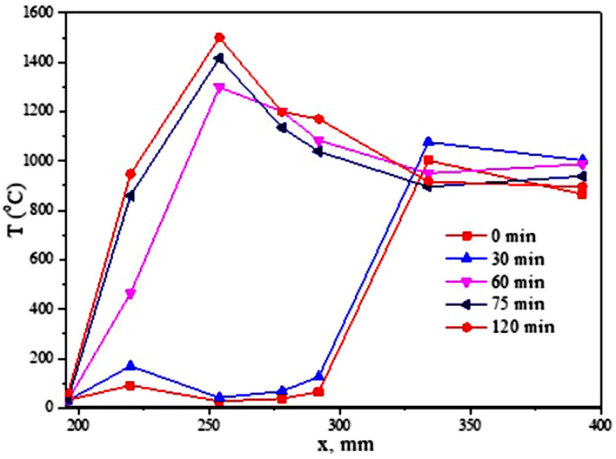
شکل ۵- بلوک دیاگرام تولید SNG با واحد گازی ساز ذغال سنگ

واحدهایی چون جداساز نیتروژن از هوا، خالص سازی و فشرده‌سازی دی‌اکسید کربن نیز قابل تعریف می باشند. این امکان وجود دارد که بخشی از SNG تولید شده، برای گازی سازی استفاده شود. همچنین نقش ترکیب کاتالیست/پروموتر می تواند پررنگ‌تر شده و واحد جداساز خاکستر کربن جامد از کاتالیست های قابل‌استفاده‌ی مجدد مطرح گردد.

مزیت استفاده از واحد جداساز هوا، تزریق اکسیژن به‌جای هوا در فرآیند مربوطه بوده که این امر منجر به حذف تقریبی NOx در فرایند گازی سازی می گردد. وجود بخارآب در کنار اکسیژن دمیده شده، تأثیر مثبتی خواهد داشت. درعین‌حال پس از گازی سازی، واحد جداسازی ترکیبات گوگردی و آمونیاکی، ضروری است. این موضوع در واحد خالص‌سازی رخ می‌دهد. در شکل ۶ یک واحد گازی سازی زغال‌سنگ نشان داده‌شده است[۵].

شکل ۶- یک کوره گازی سازی کربن جامد

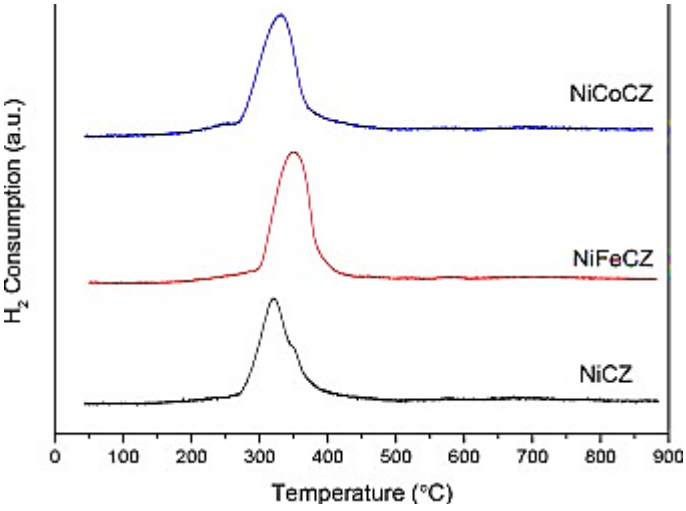
طراحی این کوره‌ی گازی سازی جزئیات فنی زیادی داشته و دمای هر بخش از آن به‌منظور گازی سازی بدون احتراق با حداکثر خروجی هیدروژن و منوکسید کربن و حداقل خاکستر، بایستی تنظیم و پایش گردد. به‌عنوان نمونه، پروفایل دمای بخش‌های مختلف یک کوره گازی سازی در یک تحقیق آزمایشگاهی در شکل ۷ نمایش داده‌شده است[۶].



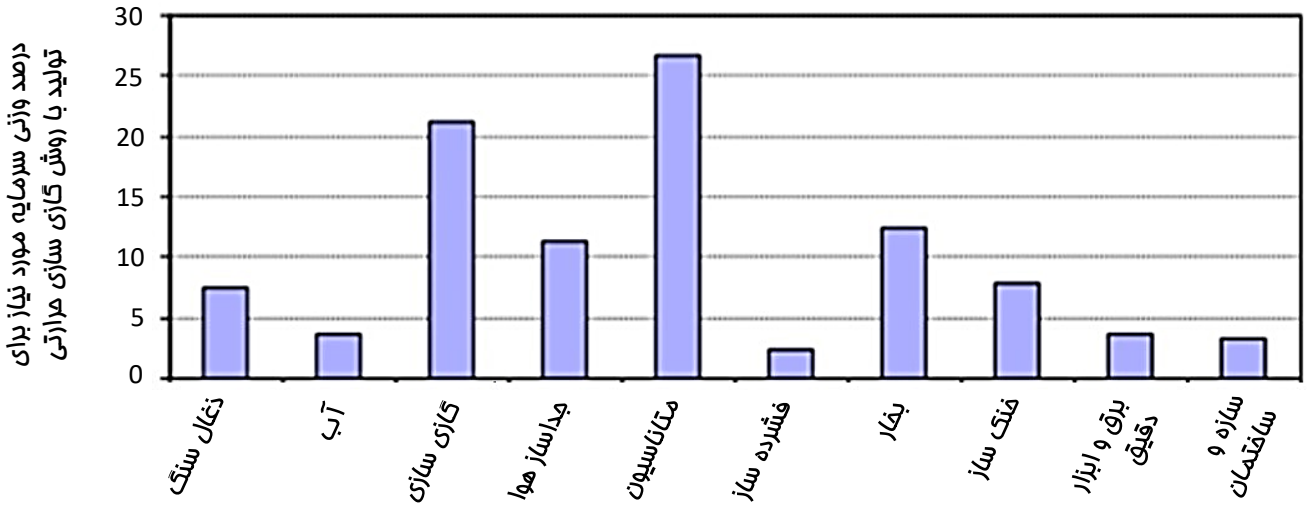
شکل ۷- نمایش دمای بایسته‌ی هر بخش از کوره‌ی گازی سازی

تأثیر کاتالیست/پروموتر بر تولید SNG با گازی سازی منابع کربنی:

نظر به اینکه فرایند گازی سازی و متاناسیون نیاز به دما و فشار بالا دارد، محققین در تلاش برای یافتن کاتالیست های مؤثر در تسهیل فرایند می‌باشند. نتایج تحقیقات نشان می دهد به کار بردن کاتالیست هایی از ترکیبات فلزی مانند نیکل، آهن، کبالت، زیرکنیوم و سریم، میزان تولید SNG را در دمای موردنظر طراح افزایش می‌دهد. البته تعبیر صحیح‌تر استفاده از نیکل به‌عنوان کاتالیست و استفاده از دیگر فلزات به‌عنوان پروموتر است. به‌هرحال طبق شکل ۸، با استفاده از ترکیبات مختلف کاتالیست/پروموتر، تولید بیشینه‌ی SNG در دماهای پایین تر ممکن خواهد بود[۴]. باید دانست رفتار ترکیب کاتالیست/پروموتر در دماهای مختلف متفاوت است.



شکل ۸- تاثیر نوع کاتالیست بر دمای تولید SNG



شکل ۹ – درصد وزنی سرمایه موردنیاز برای ماژول‌های یک سیستم تولید SNG با گازی ساز حرارتی

انواع راکتورهای متاناسیون با عناوین لانه‌زنبوری، بستر ثابت، میکرو کانالی و ... طراحی می شود که پرداختن به جزئیات آن از حوصله این گزارش خارج است.

درصد وزنی سرمایه مورد نیاز فرایند تولید SNG با گازی سازی منابع کربنی:

درصد وزنی سرمایه مورد نیاز ماژولار واحدها و زیربخشهای تولید SNG با گازی سازی منابع کربن در شکل ۹ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص است، واحد تولید متان (متاناسیون) و واحد گازی سازی بیشترین سهم سرمایه مورد نیاز را دارا می باشند. [۴].

انتشار کربن و SNG:

SNG با هر روش تولیدی، یک سوخت نسبتاً پاک است و مشابه گاز طبیعی، حداقل ذرات معلق، ترکیبات NOx و گوگرد را به همراه دارد. آنچه SNG تولیدی از برق تجدیدپذیر را متمایز می‌کند، ارزش‌افزوده ناشی از آن در استحصال دی‌اکسید کربن از محیط/منابع آلاینده در کنار تولید هیدروژن از طریق الکترولیز با انرژی تجدیدپذیر است. مزایای SNG تولید شده از گازی سازی کربن جامد یا زیست‌توده، فقط می‌تواند با سوزاندن همان زیست‌توده یا کربن جامد مقایسه شود! به‌عنوان‌مثال میتوان استفاده از نفت کوره به‌عنوان سوخت نیرگاه برق، را با بهره‌برداری از SNG برای همان نیروگاه مقایسه کرد و مزایای SNG را بررسی نمود. ارزش‌افزوده ی ویژه SNG، در امکان ذخیره‌سازی غیرمستقیم انرژی‌های تجدیدپذیر است.

فناوری SNG در کشورهای جهان:

با مرور ۲۱۷ اختراع ثبت شده، ۵۲۶ مقاله ی منتشر شده و ۲ پروژه مطرح در اتحادیه اروپا، نگارنده دریافته است که کشورهای چین و کره جنوبی و سپس ایالات متحده، سوئد، مکزیک، روسیه، پرتغال و ژاپن روی فناوری های مرتبط با SNG تمرکز دارند. گروه شبکه شده ای بین کشورهای انگلستان، سوئیس، اتریش، چک و آلمان نیز شکل گرفته است. چین و کره جنوبی، دیرهنگام ولی به صورت موثر به این حوزه وارد شده اند. نگاه اولیه به نتایج گویای این است که کشورهای مشابه ایران، از نظر دارا بودن ذخایر و سطح تکنولوژی، چندان به مقوله ی SNG نپرداخته اند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

در مجموع چنانچه از برق تولیدی از انرژی‌های تجدیدپذیر، که لزوماً دائمی نیست، در الکترولیز و انبارش هیدروژن استفاده شود و این هیدروژن در فرایند متاناسیون مورد استفاده قرار گیرد، منجر به ذخیره انرژی در قالب SNG خواهد شد. این SNG می‌تواند در مخازن یا خطوط لوله شبکه‌ای برای فصول سرد یا پیک مصرف برق شهری نگهداری شود، هرچند تزریق مستقیم هیدروژن به شبکه گاز طبیعی، حسب کاربرد و شرایط می تواند یک

رویکرد موازی و جایگزین باشد. به‌هرحال SNG پاکتر از سوخت‌های فسیلی رقیب یا منابع فسیلی تولید SNG است. لذا پیشنهاد می‌گردد موضوع پایلوت‌های پیاده‌سازی آزمایشی در مقیاس کوچک و انتقال یا اکتساب فناوری SNG در صنعت نفت کشوردر دستور مطالعات و فعالیتهای پژوهشی واحدهای ذیربط قرار گیرد.

منابع:

[1]https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/power-to-x/en/green-sng

[2] SNG Generation via Power to Gas Technology: Plant Design and Annual Performance Assessment**:**

[3]https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/power-to-gas

[4] Chandel M., Williams E.,2009, Synthetic Natural Gas (SNG): Technology, Environmental Implications, and Economics.

[5]https://energyeducation.ca/encyclopedia/Synthetic_natural_gas

[۶] نوربخش ح.، ابراهیمی ه.، زمانیان ا.، 1398، تولید گاز سنتز در رآکتور غیرکاتالیستی اکسیداسیون جزئی در محیط متخلخل

[7]https://www.man-es.com/discover/decarbonization-glossary---man-energy-solutions/synthetic-natural-gas

[8] Held M., Schollenberger D., 2020, Power-to-Gas: CO_2 Methanation Concepts for SNG Production at the Engler-Bunte-Institut

[9] Bolt A., Dincer I., Agelin M., 2020, A critical review of synthetic natural gas production techniques and technologies

چرا به نوآوری در فناوری‌های انرژی پاک نیاز داریم؟

پیمان نیلچی پور — پژوهشگر موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی
غلامعلی رحیمی — رییس پژوهشکده اقتصاد انرژی

گزارش ویژه نوآوری‌های انرژی پاک (Special Report on Clean Energy Innovation) در سال ۲۰۲۰ توسط آژانس بین‌المللی انرژی و در ذیل گزارش تفصیلی چشم‌اندازهای فناوری انرژی (Energy Technology Perspectives) تهیه و منتشر شده است. در گزارش پیش رو، ابتدا مطالبی برگرفته از گزارش ویژه نوآوری‌های انرژی پاک و با تاکید بر لزوم تسریع در عملیاتی کردن این نوآوری‌ها برای رسیدن به آینده‌ی پایدار ارائه شده و در پایان، جمع بندی و پیشنهاد در خصوص فناوری های انرژی پاک ارائه شده است.

در مطالعه این گزارش بهتر است سناریوی توسعه‌ی پایدار آژانس بین‌المللی انرژی مدنظر قرار گیرد. این سناریو، به یک تحول بزرگ در سیستم جهانی انرژی می‌پردازد و با تعیین روش‌های مشخص نشان می‌دهد که دنیا چگونه می‌تواند مسیر خود را به سمت سه هدف اصلی تغییر دهد:

۱. دسترسی جهانی به انرژی
۲. کاهش تأثیرات جدی آلودگی هوا بر سلامتی
۳. توقف تغییرات آب و هوایی

نوآوری راه‌حل چالش‌های جهانی انرژی و آب‌وهوا

بدون تسریع در نوآوری‌های انرژی پاک، کاهش انتشار کربن به حد صفر خالص دست‌یافتنی نخواهد بود.

جهان در دهه‌های اخیر شاهد تعهدات زیادی از سوی دولت‌ها و شرکت‌ها در خصوص دست‌یابی به هدف انتشار صفر خالص دی‌اکسید کربن بوده است. این تعهدات بخشی از تلاش‌ها برای تحقق اهداف بلندمدت توسعه‌ی پایدار بوده است. ازجمله‌ی این تعهدات می‌توان به توافق پاریس در خصوص تغییرات آب و هوایی اشاره کرد؛ اما گسست شدیدی بین این تعهدات سختگیرانه و سطح بالا و وضعیت حال حاضر فناوری‌های انرژی پاک وجود دارد. در حال حاضر، فناوری‌های مورداستفاده، قابلیت کاهش میزان زیادی از میزان هدفگذاری شده انتشارات را دارند، اما این فناوری‌ها در رساندن جهان به حد صفر خالص انتشار کربن و هم‌زمان با آن، ایجاد امنیت در سیستم‌های انرژی، حتی با وجود سیاست‌های حمایتی قدرتمند، ناکارآمد هستند.

بهره‌وری انرژی و انرژی‌های تجدید پذیر برای دستیابی به اهداف آب و هوایی، بنیادین و اساسی هستند، اما بخش‌های عظیمی از انتشار آلودگی‌ها هستند که مهار آن‌ها مستلزم استفاده از فناوری‌های دیگری است.

بسیاری از این انتشارات به بخش‌هایی مربوط می‌شوند که انتخاب های محدودی برای کاهش آن‌ها در اختیار قرار دارد – ازجمله می‌توان به کشتیرانی، خودروهای سنگین، هوانوردی و صنایع سنگین، مثل فولاد، سیمان و مواد شیمیایی اشاره کرد. کربن‌زدایی از این بخش‌ها مستلزم ایجاد و توسعه‌ی فناوری‌های جدید به‌غیراز آن‌هایی است که در حال حاضر مورداستفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از فناوری‌های موجود در حوزه‌ی انرژی پاک، مستلزم انجام تحقیقات بیشتر جهت کاهش هزینه‌ها و تسریع در بهره‌برداری از آن‌ها هستند.

نوآوری چیست؟

نوآوری به معنی اختراع نیست بلکه فرایندی نظام‌مند از ایده تا خلق یک ابزار نو جهت بهبود شرایط جاری است. در این گزارش، منظور از نوآوری، فرایند خلق فناوری‌های جدید جهت تأمین و استفاده بهینه از انرژی پاک است.

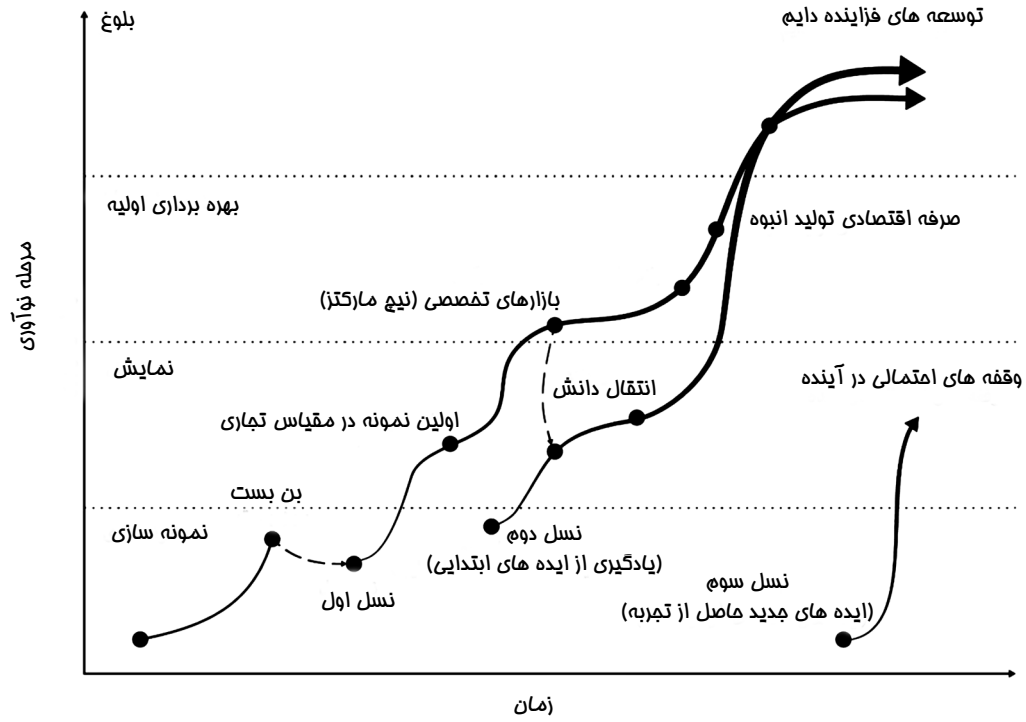
بعدازاینکه یک ایده‌ی نو بر روی کاغذ به یک طرح بدل می‌شود، چهار مرحله‌ی مهم در مسیر توسعه‌ی آن نوآوری از آزمایشگاه تا بازارهای جهانی وجود خواهد داشت (نمودار ۱). این مسیر برای رسیدن به بلوغ می‌تواند طولانی باشد و موفقیت در آن تضمین‌شده نیست:

۱) نمونه‌ی اولیه: یک مفهوم به یک طرح تبدیل می‌شود و سپس به نمونه‌ی اولیه برای یک روش یا ابزار جدید منتج می‌شود. (برای مثال یک کوره که برای تولید فولاد، به‌جای زغال‌سنگ از اکسیژن خالص استفاده می‌کند).

۲) نمایش: نمونه‌های اولیه‌ی یک فناوری در مقیاس تجاری به نمایش گذاشته می‌شوند (برای مثال سیستمی که آلودگی دی‌اکسید کربن را از کارخانه سیمان جذب می‌کند).

۳) استفاده‌ی اولیه: در این مرحله هنوز یک شکاف بین هزینه‌ها و قابلیت بهره‌برداری از فناوری جدید در مقایسه با فناوری‌های متداول وجود دارد که رفع آن مستلزم توجه ویژه به آن در سیاست‌گذاری‌ها است (برای مثال خودروهای الکتریکی و سوخت هیدروژنی).

۴) بلوغ: همچنان که روند بهره‌برداری از فناوری جدید ادامه می‌یابد، محصول به‌عنوان یک انتخاب عمومی برای خرید جدید به سمت مسیر اصلی حرکت می‌کند (برای مثال توربین‌های نیروگاه‌های آبی).



نمودار ۱: چهار مرحله‌ی نوآوری در فناوری و روند خلق فناوری‌ها از ایده تا بازار

با توجه به آنچه ذکر شد، فناوری‌های موفق درنهایت از چهار مرحله‌ی نوآوری عبور می‌کنند و در هر مرحله، تحقیق و توسعه (R&D) به یاری پیشرفت‌های بیشتر می‌آید و باعث تحریک ایده‌های جدید جهت تولید نمونه‌های بدیع‌تر می‌شود.

چالش‌های پیش روی نوآوری در انرژی

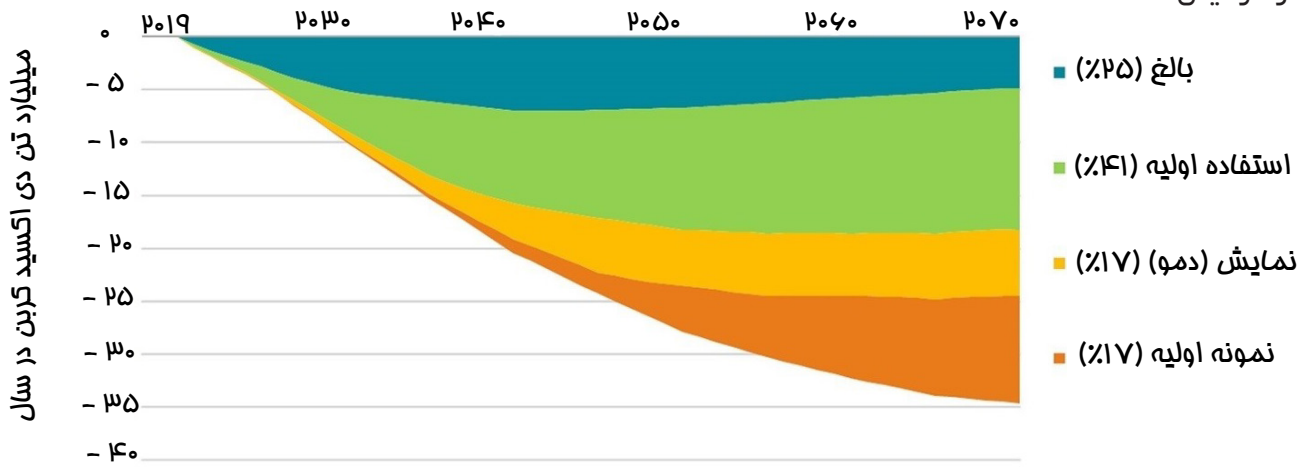
هیچ راه‌حل واحد یا ساده‌ای برای قرار دادن جهان در یک مسیر پایدار به‌سوی انتشار صفر خالص کربن وجود ندارد. کاهش انتشار دی‌اکسید کربن جهانی مستلزم طیف وسیعی از فناوری‌های گوناگون است که در تمام بخش‌های اقتصاد در کنار سایر فناوری ها و در کاربردهای مختلف کارایی داشته باشند. این فناوری‌ها در مراحل بسیار متفاوتی از توسعه قرار دارند، ولی می‌توان تصور کرد تا چه میزان در کاهش انتشار موردنیاز تا رسیدن به اهداف بین‌المللی آب و هوایی و انرژی سهم خواهند داشت.

فناوری‌های مهمی که بخش انرژی باید در اختیار داشته باشد تا به انتشار صفر خالص کربن برسد در حال حاضر شناخته‌شده است، اما همه‌ی آن‌ها آماده‌ی استفاده نیستند. حدود نیمی از کاهش تجمیعی انتشارات که جهان را در یک مسیر پایدار قرار می‌دهد، به چهار رویکرد فناورانه اصلی مربوط است. این رویکردها عبارت‌اند از:

- الکتریکی کردن مصارف نهایی مثل بخش‌های حمل‌ونقل و گرمایش
- جذب، ذخیره‌سازی و استفاده مجدد از کربن
- استفاده از سوخت‌های کم‌کربن هیدروژن و مشتق از هیدروژن
- استفاده از انرژی‌های زیستی

بااین‌حال، هرکدام از این حوزه‌ها در طول زنجیره ارزش خود، در بخش‌هایی که کاهش انتشار آلودگی سخت‌تر است با چالش‌های زیادی روبه‌رو هستند.

فناوری‌هایی که در مراحل اولیه قرار دارند، نقشی بیش از تصور ایفا می‌کنند. همانطور که در نمودار ۲ نشان داده شده است، پیش بینی می شود در سال ۲۰۷۰، حدود ۳۵٪ از کاهش‌های انتشار دی‌اکسید کربن در سناریوی توسعه‌ی پایدار به فناوری‌هایی مربوط است که در حال حاضر در مرحله نمونه‌سازی و یا مرحله نمایش (دمو) قرار دارند. ۴۰٪ دیگر از کاهش‌ها به فناوری‌هایی متکی هستند که هنوز به‌صورت تجاری در مقیاس وسیع وارد بازار نشده‌اند. این موضوع تلاش‌های فوری در جهت تسریع در نوآوری را می‌طلبد. سریع‌ترین توسعه‌های فناورانه مرتبط با انرژی در دهه‌های اخیر شامل محصولات مصرفی مانند ال ای دی‌ها و باتری‌های لیتیوم یونی است که ۱۰ تا ۳۰ سال طول کشید تا از مرحله نمونه‌های اولیه به مرحله ورود انبوه به بازار برسند. این مثال‌ها را می‌توان به‌عنوان معیاری برای اولویت‌بندی فناوری‌های انرژی در مسیر انتشار صفر خالص قرار داد.



نمودار ۲: میزان کاهش انتشار دی‌اکسید کربن در سناریوی توسعه‌ی پایدار تا سال ۲۰۷۰ بر اساس مراحل آمادگی فناوری‌ها

چگونه نوآوری می‌تواند به دست‌یابی سریع‌تر به انتشار صفر خالص کربن کمک کند؟

اگر دولت‌ها و شرکت‌ها بخواهند سریع‌تر به سمت انتشار صفر خالص کربن حرکت کنند، پیشرفت‌های مراحل اولیه‌ی نوآوری باید سرعت پیدا کنند. بر اساس نتایج مطالعات آژانس بین‌المللی انرژی، در صورت تسریع فرآیند نوآوری در توسعه‌ی فناوری‌های انرژی پاک، طبق سناریوی مورد پیشنهاد آژانس بین‌المللی انرژی با عنوان «نوآوری سریع‌تر»، تقریباً نیمی از کاهش انتشارات کربن تا سال ۲۰۵۰ در مقایسه با برنامه‌های سیاستی امروز، حاصل فناوری‌هایی خواهد بود که در حال حاضر هنوز به بازار راه نیافته‌اند. در سناریوی «نوآوری سریع‌تر»، انتظار می‌رود فناوری‌هایی که در حال حاضر در مراحل اولیه‌ی توسعه هستند حدود یک‌سوم از کاهش انتشار آلودگی‌ها را تا سال ۲۰۵۰ (بجای سال ۲۰۷۰) محقق کنند. در چنین حالتی عملاً باید برای مثال از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ هرماه به‌طور متوسط دو کارخانه تولید فولاد با سوخت هیدروژنی راه‌اندازی شود. در حال حاضر فناوری‌های موردنیاز این‌گونه کارخانه‌ها فقط در مرحله نمونه‌سازی قرار دارند. هم‌زمان، هرسال باید ۹۰ کارخانه با انرژی زیستی که دی‌اکسید کربن در آن‌ها جذب و ذخیره می‌شود ساخته شوند. در حال حاضر، فقط یک کارخانه در جهان با چنین امکاناتی در مقیاس بزرگ در حال فعالیت است.

کوتاهی در تسریع پیشرفت در زمان حال، تلاش برای اعمال تغییر به سمت انتشار صفر خالص کربن را با خطر مواجه خواهد کرد. سرعت انجام نوآوری در دهه‌های پیش رو، به سیاست‌گذاری‌های امروز دولت‌ها بستگی دارد. تأخیر در پروژه های موجود در مرحله نمایش و بهره‌برداری اولیه از فناوری‌های جدید در پی بحران شیوع کرونا، تلاش بیشتر دولت‌ها را می‌طلبد. اقداماتی مثل حمایت طولانی‌تر از فناوری‌های جدید تا زمان دستیابی به قابلیت رقابت، ازاین‌دست تلاش‌هاست. برای مثال، در صورت تعلل ممکن است هزینه‌ی سرمایه‌گذاری بر روی فناوری‌های مهم مثل الکترولایزرهای هیدروژنی تا سال ۲۰۳۰ تا ۱۰٪ افزایش پیدا کند که این خود باعث سخت‌تر شدن روند توسعه مقیاس آن خواهد شد.

جلوگیری از انتشار مقادیر عظیم آلودگی‌های اجتناب ناپذیر حیاتی و مهم است.

هماهنگ کردن چرخه‌ی سرمایه‌گذاری‌ها با اهداف انتشار صفر خالص به ایجاد بازارهای بزرگ برای فناوری‌های جدید منجر شده و از انتشار مقادیر عظیمی از آلودگی‌های اجتناب ناپذیر جلوگیری می کند. در برخی از بخش‌های انرژی، مدت زمان باقیمانده تا سال ۲۰۵۰ تنها به‌اندازه‌ی یک چرخه‌ی سرمایه‌گذاری است. این امر، زمان‌بندی در سرمایه‌گذاری و در دسترس بودن فناوری های جدید را بحرانی می کند. تقویت تحقیق و توسعه بر روی فناوریهای کم کربن و افزایش سرمایه‌گذاری بر روی پروژه‌های در مرحله نمایش در بخش‌های چالش‌برانگیزتر می تواند بسیار مؤثر باشد. اگر فناوری‌های مناسب در بخش‌های فولاد، سیمان و مواد شیمیایی به‌موقع برای سیکل ۲۵ ساله‌ی بعدی به بازار وارد شوند با فرض شروع از حدود سال ۲۰۳۰ تقریباً از انباشتگی ۶۰ گیگاتن دی‌اکسید کربن جلوگیری خواهد شد.

آژانس بین‌المللی انرژی پنج اصل مهم را در نوآوری به دولت‌ها پیشنهاد می‌دهد

در مورد دولت‌هایی که برای دستیابی به اهداف انتشار صفر خالص کربن همراه با حفظ امنیت انرژی هدف‌گذاری کرده‌اند، این اصول در مرحله اول، به چالش‌های سیاست ملی در زمینه‌ی نیازهای جهانی مربوط می‌شود ولی به تمام سیاست‌گذاران و استراتژیست های حوزه فناوری‌ها و گذار انرژی نیز ارتباط می‌یابد.

۱. اولویت‌بندی، پایش و نظارت: بررسی فرایندهای انتخاب فناوری‌ها هنگام ارائه‌ی حمایت‌های دولتی و اطمینان از انتخاب دقیق، جامع، منعطف و هم‌راستا با مزایای محلی

۲. افزایش تحقیق و توسعه‌ی دولتی و توسعه‌ی نوآوری‌های بازار محور در بخش خصوصی: استفاده از طیفی از ابزارها، از تحقیق و توسعه دولتی گرفته تا مشوق‌های بازار، بمنظور گسترش تأمین مالی بر اساس مزایای فناوری‌های گوناگون

۳. توجه به تمام پیوندهای زنجیره‌ی ارزش فناوری ها: نگاه به تصویری کلان تر جهت اطمینان از توسعه تمام اجزای زنجیره‌های مهم ارزش در خلق و توسعه‌ی فناوری‌ها به‌طور هماهنگ در جهت تأمین نیاز بازار و بهره‌برداری از سرریزهای دانش

۴. ایجاد زیرساخت‌های توانمند ساز: بسیج کردن سرمایه های خصوصی جهت عبور از سخت‌ترین مراحل با تقسیم ریسک سرمایه گذاری

۵. فعالیت جهانی برای موفقیت منطقه‌ای: به اشتراک گذاری موفق‌ترین اقدامات، تجربیات و منابع با دیگران برای فائق آمدن بر چالش‌های فوری و جهانی فناوری ازجمله از طریق پلتفرم های چندجانبه‌ی موجود.

همچنان که کشورها از اقصی نقاط جهان به دنبال یک آینده‌ی مطمئن و پایدارتر برای تأمین انرژی می‌روند، سازمان بین‌المللی انرژی نیز باهدف تسریع تحولات به سمت سیستم‌های انرژی پاک‌تر و منعطف‌تر به حمایت از دولت‌ها، صنایع و دیگر ذی‌نفعان و شرکا در توسعه نوآوری انرژی می‌پردازد.

جمع‌بندی و پیشنهاد

با بهبود نوآوری در فناوری‌های انرژی‌های پاک، میزان دسترسی به فناوری‌های پاک در کشورها افزایش‌یافته و سهم انرژی‌های تجدید پذیر و پاک در سبد انرژی افزایش خواهد یافت. در شرایط کنونی، بحث توسعه نوآوری فناورانه در کشور ما نیز بسیار رونق گرفته است. به‌طورکلی نظام ملی مدیریت نوآوری را می‌توان مجموعه یا شبکه‌ای از سازمان‌های خصوصی و دولتی دانست که در کشور با یکدیگر در تعامل بوده و هدف آن‌ها تأمین و توسعه علوم و فناوری مورد نیاز، در داخل مرزهای کشور می‌باشد. هدف از تحلیل کارکردی نظام نوآوری، شناسایی مشکلات موجود در آن برای اتخاذ راهکارهای مناسب است. انرژی‌های تجدید پذیر، تمیز (پاک)، فراوان و قابل‌اعتماد هستند و درصورتی‌که به‌طور صحیح توسعه یابند، می‌توانند به‌عنوان منابع انرژی پایدار نقش مهمی در رسیدن به اهداف توسعه پایدار داشته باشند. دلیل اصلی تأکید بر استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر، علاوه بر کمک به حل معضلات زیست‌محیطی و جلوگیری از هدر رفتن سوخت‌های فسیلی، حفاظت از منابع طبیعی برای نسل‌های آینده است. لذا، بدون شک انرژی‌های تجدید پذیر نقش مهمی در اقتصاد سبز و توسعه اقتصادی پایدار دارند.

یکی از موانع موجود در راستای تولید انرژی پاک، هم‌راستا نبودن بازار جهانی عرضه و تقاضا می‌باشد. امروزه شرکت‌هایی که مایل به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های انرژی پاک هستند و همچنین شرکت‌های متعهد به تهیه انرژی تجدید پذیر، همواره در تلاش هستند تا در مسیر انرژی‌های پاک قدمی به جلو بردارند. در این راستا آن‌ها به افراد بسیار خلاق نیاز دارند تا ایده‌های جدیدی را ارائه دهند.

در کشور ما با توجه به افزایش روزافزون مصرف انرژی، ضرورت حفظ محیط زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیتهای برق رسانی و تامین سوخت برای نقاط و روستاهای دورافتاده، استفاده از انرژی های نو همچون باد، خورشید، هیدروژن، زیست توده و زمین گرمایی می تواند بسیار بیش از آنچه که اکنون هست مورد توجه و استفاده قرار گیرد. لذا ضروری است در سطح ملی نیز برنامه ای منسجم حاوی راهبردها و برنامه های زیربنایی و اصولی و در راستای سند ملی آمایش سرزمین برای استفاده از فناوریهای انرژی پاک اجرایی گردد.