شماره پانزدهم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی
وابسته به وزارت نفت

اسفندماه ۱۴۰۰

ماهنامه تخصصی

فناوری های انرژی ۱۵

EnerTech

پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

رویدادهای فناوری

۳ سخنی با مخاطب

۴ توسعه صادرات و واردات هیدروژن پاک
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۴ نخستین پایلوت در جهان؛ ایستگاه «شارژ دریایی سبز» با استفاده از باد فراساحل: شرکت Orsted دانمارک
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۵ تسریع در تولید سوخت زیستی با مهندسی ژنتیک
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۵ برگ برنده ی ژاپن؛ ائتلاف غول های صنعتی، کشتی سازی و انرژی برای احیای برق بادی شناور فراساحل
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۶ رونق جهانی LNG باعث افزایش فراتر از انتظار تقاضا به خدمات میادین نفت و گاز می‌شود
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۶ شلمبرگر به میزان ۲ میلیارد دلار روی رشد شدید تقاضا به خدمات میدان نفتی حساب باز کرده است
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۷ ضرورت بازنگری استانداردهای صنعت ساختمان برای تحقق اهداف انتشار صفر خالص (تجربه بریتانیا)
حوزه: نظم کنونی انرژی

۷ افزایش ظرفیت بزرگترین پروژه ذخیره سازی انرژی در باتری
حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

۸ برنامه اجرایی اقلیمی ۲۰۵۰: اصول و اهداف خط‌مشی اقلیمی دولت آلمان
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۵ تاریخچه و پیشینه آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری در جهان و ایران
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۸ بازیابی و تولید هلیوم از گاز طبیعی
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۲۳ مروری بر ابزارهای تدوین نقشه راه فناوری
حوزه: نظم کنونی انرژی

شناسنامه :

مدیر مسئول: عقیل براتی
ناظران علمی: عرفان ریاحی، احمد خان بیگی
سردبیر: عقیل براتی
همکاران این شماره: امیرحسین هوشمند، قاسم توتونچی، طاهر خرم روز، سیدصادق ضرغامی، سیدعلیرضا واعظ، سمانه سنجری

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
ناشر: موسسه مطالعات بین المللی انرژی
تارنما: www.iies.ac.ir www.iies.mop.ir

سخنی با مخاطب؛

بنام خدا

با درود و ادب؛

ماهیت پویا و تغییرپذیر انرژی و گسترش نوآوری‌های بنیادي و تدریجی و فراز و نشیب‌های فناوری‌های مرتبط با آن، ایجاب می‌نماید همه‌ی زمینه‌های مرتبط با حوزه انرژی نیز دستخوش تحول شده و به‌صورت چابک، متغیر و تطبیق‌پذیر باشند. ماهنامه‌ی تخصصی فناوری‌های انرژی (EnerTech) نیز از این امر مستثنی نبوده و بر اساس خردجمعی و به‌منظور اطلاع‌رسانی هدفمند و انتقال بهینه‌ی مطالب، بازطراحی ساختار موضوعی آن مدنظر قرار گرفته است. ماهنامه‌ی تخصصی پیش رو، زین پس در سه حوزه‌ی اصلی بر اساس نظم حاکم بر انرژی تقسیم‌بندی خواهد شد.

زمینه‌ی نخست موردتوجه، نظم کنونی و فعلی حاکم بر انرژی بوده که بیشتر به سوخت‌های فسیلی و تحولات و تحلیل‌های روز می‌پردازد. حوزه‌ی دیگر، معطوف به نظم دوره‌ی گذار انرژی خواهد بود که تلاش می‌گردد در این بخش دوره‌ی گذرا و مسیر تأمین تقاضای انرژی از نظم کنونی به نظم آتی مورد مداقه قرار گرفته و رخدادهای مهم، روندهای و کلان روندها اثرگذار و گزارش‌های مرتبط، ارائه گردد. شایان‌ذکر است منابع انرژی نسبتاً پاک مانند گاز و هسته‌ای، در این زمره قرار می‌گیرند. نهایتاً ماهنامه‌ی تخصصی فناوری انرژی (EnerTech) نگاهی نیز به نظم نوین و آتی انرژی خواهد داشت و انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، موردبررسی رویدادی و تحلیلی قرار خواهند گرفت. در این بخش، اهداف، راهبردها و اقدامات منتهی به افق‌هایی بلندمدت، مانند افق ۲۰۵۰ در کانون توجه خواهند بود.

جهت استحضار مخاطبان محترم، بر اساس ساختار جدید ماهنامه ابتدا تعدادی گزارش خبری، در خصوص رویدادهای مهم حوزه راهبردی فناوری‌های انرژی ارائه می‌شود. شایان‌ذکر است این رخدادها مبتنی بر خروجی رصدخانه‌ی هوشمند فناوری موسسه‌ی مطالعات بین‌المللی انرژی تجمیع و ارائه می گردند. در ادامه، گزارش‌های تفصیلی با موضوعات مهم و مرتبط با سه حوزه‌ی بیان‌شده (نظم کنونی، نظم دوره‌ی گذار انرژی، نظم نوین آتی) ارائه می‌گردد که انتخاب موضوعات بخش گزارش‌های تفصیلی نیز بر اساس نتایج حاصله از پایش هوشمند فناوری‌های انرژی می‌باشد.

با آرزوی توفیق و سلامتی و شادکامی

رویدادهای فناوری

نظم نوین آینده انرژی

توسعه صادرات و واردات هیدروژن پاک

باتوجه به اینکه هیدروژن بعنوان یکی از حامل های انرژی پاک در میان مدت و بلند مدت مورد توجه بسیاری از کشورها قرار خواهد گرفت، شناسایی عرضه کنندگان و متقاضیان آن در بازارجهانی انرژی، در برنامه ریزی انرژی بسیار مفید خواهد بود.

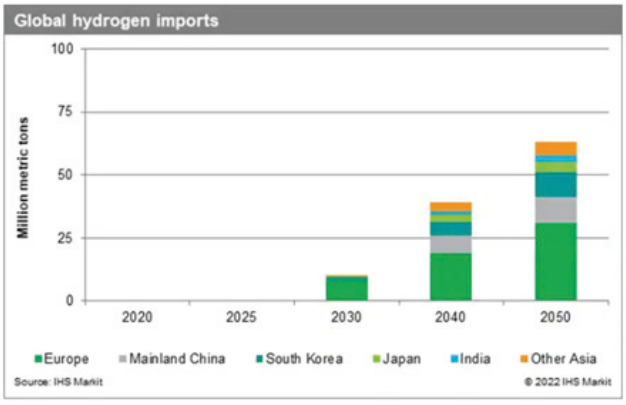
کانادا یکی از بزرگترین تولیدکنندگان جهانی هیدروژن است و انتظار می رود بتواند به اندازه کافی هیدروژن پاک برای تامین نیازهای داخلی و صادرات به بازارهای بین المللی تولید کند. اگرچه کانادا با رقابت چندین کشور صادرکننده مواجه است. تدوین الزامات سخت گیرانه در کاهش کربن، رقابت‌پذیری صادرات هیدروژن پاک را بهبود می‌بخشد.

ژاپن اولین کشوری بود که در سال ۲۰۱۷ راهبرد ملی توسعه هیدروژن را اتخاذ کرد و پیش بینی نمود که تا سال ۲۰۵۰ تقاضا برای آن به ۵ تا ۳۵ میلیون تن در سال برسد. از آن زمان، چندین کشور در آسیا، اروپا و شمال آمریکا اهداف خود را برای استفاده از هیدروژن پاک منتشر کرده اند.

بسیاری از کشورها خصوصا آنها که دارای منابع و زمین محدودی هستند، بازارهای خوبی را برای تقاضای هیدروژن پاک بوجود می آورند که انتظار می رود این بازار در دهه ۲۰۳۰ افزایش یابد. همانطور که در شکل زیر دیده می شود، کشورهای اروپایی بیشترین سهم را در واردات هیدروژن خواهند داشت.

تقاضای برق آینده کانادا نسبت به میزان صادرات هیدروژن سبز و آبی بسیار حساس خواهد بود. تولید هیدروژن سبز از الکترولیز آب یک فرآیند با مصرف بسیار زیاد برق است در حالی که روش های تولید هیدروژن آبی، اینگونه نیستند.

در حالی که میزان صادرات هیدروژن سبز به سختی قابل پیش بینی است، می تواند موجی از توسعه انرژی های تجدیدپذیر را در کانادا ایجاد کند. توربین های بادی ساحلی، سهم عمده ای از منابع تجدیدپذیر برای حمایت از تولید هیدروژن سبز را به خود اختصاص می دهند. نیاز به منابع انرژی بادی، سبب رونق قابل توجهی در ساخت توربین های بادی از اواسط دهه ۲۰۳۰ در این کشورخواهد شد.



پیش‌بینی واردات جهانی هیدروژن

نخستین پایلوت در جهان؛ ایستگاه «شارژ دریایی سبز» با استفاده از باد فراساحل: شرکت Orsted دانمارک

یک شرکت بزرگ دانمارکی فعال در زمینه ی انرژی باد فراساحلی، با نگاهی به افق کربن خنثی در ۲۰۵۰ و نقطه ی عطف ۲۰۲۵، شناور شارژ دریایی خود را پایلوت و آزمایش خواهد کرد. شرکت Orsted، شناور شارژ دریایی خود با نام StillStorm را در آب های انگلستان مستقر خواهد ساخت. این شارژر دریایی، برای تامین برق مورد نیاز یک شناور خدماتی تحت آزمایش قرار خواهد گرفت. سازندگان این شارژر دریایی سبز اذعان دارند توان خروجی این سیستم، برای کشتی های برقی طراحی جدید مطابق با استانداردهای دوستدار محیط زیست مناسب است. این ایستگاه دریایی، قابلیت دارد برق مورد نیاز کشتی خدماتی تحت آزمایش را در طول شب تامین نماید. در عین حال، سازندگان این شارژر، در تلاش برای افزایش توان و سرعت شارژ شناورهای دریایی بزرگ تر می باشند. هدف اصلی شرکت کشتیرانی دانمارکی Maersk برای مشارکت در این طراحی پایلوت، ترویج انرژی تجدیدپذیر باد و حرکت به سمت کربن خنثی بیان شده است. شارژر شناور، در مجاورت یک مزرعه ی برق بادی مستقر شده و با دارا بودن پرچم نوری برای کشتی خدماتی تحت آزمایش در شب هنگام قابل تشخیص می باشد. در این صورت کشتی خدماتی برقی تحت آزمایش، لازم نیست برای شارژ مجدد به ساحل نزدیک شده و پهلو بگیرد.

رویدادهای فناوری

نظم دوره گذار انرژی

تسریع در تولید سوخت زیستی با مهندسی ژنتیک

دانشمندان برای افزایش سرعت و میزان تولید سوخت های زیستی، از مهندسی ژنتیک استفاده کرده اند. تحقیقات محققین دانشگاه کنت بیان می کند تغییرات ظریفی در ژنتیک باکتری ها، می تواند تاثیر شگرفی در سرعت و میزان تولید سوخت زیستی داشته باشد. این محققین با ساختن بیوراکتور مورد نیاز خود، ضمن کاهش هزینه های تست و آزمون، افزایش نرخ تبدیل قند به سوخت زیستی بوتانول را با مهندسی ژنتیک مشاهده نموده اند. محقق ارشد حوزه ی شیمی میکروبی دانشگاه کنت بیان می کند اقدامات ساخت داخلی بیوراکتور مورد نیاز در دانشگاه، اقدامی تشویق کننده و انگیزشی در کاهش هزینه ها و سهولت تست ها و آزمون ها به منظور ترویج تبدیل مواد زائد از صنایع غذایی یا کشاورزی به سوخت زیستی است. وی ابراز امیدواری کرد در آینده ی نزدیک، بیش از پیش سوخت پاک زیستی، جایگزین بخشی از مصرف سوخت فسیلی گردد. تجهیزات تجاری مورد نیاز برای مطالعه ی باکتری های تولید کننده ی سوخت زیستی، عمدتاً بسیار گران قیمت هستند. تیم دانشگاه کنت، با بیوراکتور ساخته شده در دانشگاه، روی مهندسی ژنتیک باکتری Clostridium متمرکز هستند.

برگ برنده ی ژاپن؛ ائتلاف غول های صنعتی، کشتی سازی و انرژی برای احیای برق بادی شناور فراساحل

ژاپن از شرکت های بزرگ حوزه ی کشتی سازی و نیرو برای به نتیجه رساندن تولید ۱۵ مگاواتی از نیروگاه شناور فراساحلی بادی حمایت می کند. به نظر می رسد این مهم جز با مشارکت بین کشتی سازان و برترین های حوزه ی برق و نیروگاه، حاصل نشود. نیروگاه فوکوشیما، سال ها پیش در این زمینه پیشرو و پیشاهنگ بود. اما اکنون با پذیرش شکست، از کار افتاده شده است. پروژه ی فوکوشیما، طرح عظیمی با استفاده از توربین های ۲، ۵ و ۷ مگاواتی به صورت مزرعه ی بادی شناور به همراه یک پست برق شناور روی سطح آب اقیانوس بود که تا حد زیادی برای ترمیم خاطرات فاجعه آمیز بحران هسته ای فوکوشیما تعریف گردید. اما با گذشت ۸ سال از آغاز طرح، دولت ژاپن با خروج از این پروژه، ۳ میلیون سکنه ی بازمانده ی سونامی و بحران هسته ای این ناحیه را ناامید کرد. اولین توربین بادی شناور فوکوشیما، در ۲۰ کیلومتری ساحل و در سال ۲۰۱۳ عملیاتی گردید و تلاش شد دو سال و نیم پس از سونامی و به صورت نمادین، آینده ی روشنی برای فوکوشیما رقم بزند. شهر ایواکی در استان فوکوشیما از فرصت بازسازی پس از زلزله و سونامی ژاپن شرقی، حسن استفاده نمود و به مفهوم شهر کربن خنثی نزدیک شد. اما در ۲۰۲۰ عملاً با خروج دولت از پروژه ی مزرعه برق بادی شناور فراساحل، این طرح شکست خورد. اکنون دولت ژاپن به دنبال ائتلاف مشارکتی بزرگ و جامع برای هدف ۱۵ مگا واتی است.

رویدادهای فناوری

نظم دوره گذار انرژی

رونق جهانی LNG باعث افزایش فراتر از انتظار تقاضا به خدمات توسعه میادین نفت و گاز می‌شود

اگر جهش تقاضا برای دریافت خدمات از شرکت «بیکر هیوز» که دومین پیمانکار میادین نفت و گاز در جهان است، ملاک و معیار باشد، بار دیگر حفاری نفت و گاز به یک کسب و کار بزرگ تبدیل خواهد شد.

این شرکت که در هیوستون مستقر است، در نتایج گزارش فصلی سه ماهه چهارم ۲۰۲۱ خود، سفارش تجهیزاتی را به ثبت رسانده است که ۱میلیارد دلار بالاتر از انتظارات بوده و پس از سال‌ها منجر به جهش ۲۸درصدی تقاضا گردید.

ارزش سهام این شرکت تا ۳. ۷درصد افزایش یافت و تقریباً به بالاترین مقدار در سه سال اخیر رسیده است و همچنین پیش بینی ها حاکی از آن است که اصلی‌ترین رقبای این شرکت، شلمبرگر و هالیبرتون، نتایج مشابهی را ارائه داده اند که نشان‌دهنده بهبود صنعت نفت در سطح کنونی پاندمی کرونا است.

مدیر اجرایی «بیکر هیوز» به تحلیگران و سرمایه‌گذاران بیان داشته که دلایل متعددی منجر به افزایش تقاضای انرژی در سال ۲۰۲۲ می‌شود و احتمالاً تا پایان سال، تقاضا به سطوح قبل از همه‌گیری بیماری کرونا باز می‌گردد.

یکی از بزرگترین سفارش های بیکر هیوز، مربوط به کسب و کار توربو–ماشین آن شرکت بوده که توربین‌های مورد استفاده تولیدکنندگان گاز طبیعی مایع (ال‌ان‌جی) را با هدف تولید محموله‌های سوخت فسیلی برای بازار تامین می کند. ایالت متحده در حال پیشی گرفتن از قطر و استرالیا و تبدیل شدن به بزرگ‌ترین صادرکننده ال‌ان‌جی در جهان است.

همچنین پیش بینی می شود رشد توسعه ی میادین نفتی بین‌المللی، در آمریکای لاتین و خاورمیانه قابل ملاحظه باشد. شایان ذکر است بهبود اقتصادی همراه با چندین سال کم کاری نسبی میادین نفتی، باعث ایجاد چرخه جدید انرژی شده است. حفاری نفت پس از کاهش شدید تقاضا ی دکل‌های حفاری، به پایین‌ترین رکورد خود در سال ۲۰۲۰ رسید، اما این وضعیت در حال بهبود و رو به افزایش است. این یک نشانه امیدوارکننده برای سه شرکت بزرگ خدمات میادین نفتی نامبرده است که اکنون بیشتر فروش تجهیزات و خدمات خود را در خارج از ایالات متحده و کانادا دارند.

شرکت شلمبرگر به میزان ۲ میلیارد دلار روی رشد شدید تقاضا به خدمات میدان نفتی حساب باز کرده است

شرکت شلمبرگر در حال آماده شدن برای مواجهه با رشد سراسری تقاضای خدمات میادین نفتی در جهان است. این پیمانکار رتبه یک میادین نفتی انتظار دارد اقتصادهای در حال احیا، برای چندین سال شاهد رشد شدید تقاضای نفت خام باشند.

این شرکت هزینه‌های خود را تا ۱۸ درصد و به میزان ۲ میلیارد دلار افزایش می‌دهد و به کاوشگران نفت آمریکای شمالی ارائه ی خدمت خواهد داشت.

مدیر اجرایی شرکت شلمبرگر اعلام کرد: انتظار می‌رود تقاضای نفت تا قبل از پایان سال ۲۰۲۲ از سطح قبل از همه‌گیری کرونا فراتر رود و در سال ۲۰۲۳ بیشتر افزایش یابد. پیش بینی می شود هزینه‌کرد های سرمایه‌ای مبتنی بر تقاضای جهانی، به یک چرخه رشد استثنایی چند ساله منجر گردد.

شرکت شلمبرگر به دلیل اعتبار جهانی بی‌نظیر و سابقه سفارش های بین‌المللی گسترده، یک کسب و کار پیشرو است. بر اساس پیش بینی موسسه مطالعاتی اورکوور، پس از سال‌ها کاهش هزینه و سرمایه گذاری، انتظار می‌رود کاوشگران شیل و رقبای خارجی آن‌ها، هزینه‌ها را در سال جاری افزایش دهند.

این غول خدمات نفتی با بیش از دوبرابر کردن جریان نقدی آزاد خود در سال گذشته، این مقدار را به ۳ میلیارد دلار رساند که بالاترین میزان از سال ۲۰۱۵ است. همچنین شرکت شلمبرگر سود سه ماهه چهارم ۲۰۲۱ خود را بالاترین میزان از سه ماهه سوم سال ۲۰۱۹ اعلام نمود.

افزایش فروش این شرکت در سه ماه پایانی سال ۲۰۲۱ به دلیل کسب و کار عظیم بین‌المللی آن بود که در مقایسه با سال گذشته با ۱۳ درصد افزایش به ۴. ۹ میلیارد دلار رسید. بر اساس داده های جمع آوری شده توسط بلومبرگ، شلمبرگر همچنین درآمد غیرمنتظره ۱۰ درصدی را در ایالات متحده و کانادا به ثبت رساند، منطقه ای که تحلیلگران انتظار داشتند در مقایسه با سال گذشته، بازار پر رونقی برای خدمات میادین نفتی نداشته باشد.

رقیب کوچکتر شلمبرگر، شرکت بیکر هیوز، نیز افزایش تقاضای مشابهی را برای تجهیزات و خدمات خود گزارش کرده که منعکس کننده ی موج افزایش مصرف نفت در سراسر جهان است.

رویدادهای فناوری

ضرورت بازنگری استانداردهای صنعت ساختمان برای تحقق اهداف انتشار صفر خالص (تجربه بریتانیا)

بسیاری از مقامات بریتانیا بر ضرورت به حداقل رساندن انتشار گازهای گلخانه ای در صنعت ساختمان تا سال ۲۰۳۰ تأکید کرده اند. اما مقررات کنونی حتی برای ساختمان های جدید نیز الزامی برای دستیابی به انتشار صفر ندارد. مشکل اصلی عدم وجود درک مشترک از تغییر اقلیم در این صنعت است؛ بطوری که اگر ابتکار دولتی برای کاهش مصرف انرژی در یک بخش این صنعت معرفی شود، توسط بخش دیگر به دلیل افزایش هزینه و کاهش سود متوقف می شود. استانداردهای ساختمانی به اندازه کافی بلندپروازانه نبوده و توسعه دهندگان تمایلی به رعایت استانداردهای کاهش انتشار ندارند. در این زمینه بهره مندی از آموزش استانداردهای مربوطه نقش بسیار اساسی دارند. تا کنون دولت برخی ابتکارات را برای کمک به خانه های سبز انگلستان داشته است؛ اما به دلیل برنامه ریزی ضعیف و ناکافی با شکست رو به رو شده است. این صنعت برای بهبود مهارت های انتشار صفر نیازمند تغییرات بلندمدت و ساختاری و بویژه آموزش نیروی انسانی است. برخورداری ساختمان ها از عایق های حرارتی، افزودن سیستم های انرژی تجدیدپذیر و سایر منابع حرارت می تواند کمک شایانی به تحقق انتشار صفر در این صنعت نماید. بهینه سازی بیشتر ساختمان های بریتانیا نه تنها انتشار کربن را در این صنعت کاهش می دهد، بلکه سلامت مردم را مورد توجه قرار می دهد.

به منظور حرکت این صنعت در مسیر انتشار صفر، نباید هیچ گزینه ای را نادیده گرفت. بطوری که همزمان با تداوم استفاده از سوخت های فسیلی، بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر در این صنعت رواج یابد. باید از مدل های مالی نوآورانه در بهبود عملکرد این صنعت بهره گرفته شود. معماران، مهندسان و مدیران در این صنعت باید از آموزش جدیدترین استانداردهای این حوزه برخوردار شوند، بطوری که درک بهتر و بیشتر آنها موجب انتخاب بهتر مصالح

نظم کنونی انرژی

ساختمانی و توزیع آنها و نیز بهبود عملکرد انرژی مصرفی گردد. بر این اساس صنعت ساخت و ساز نیاز به بازنگری اساسی دارد و تنها در این صورت است که می توان انتظار داشت صنعت ساختمان به انتشار صفر خالص برسد.

افزایش ظرفیت بزرگترین پروژه ذخیره سازی انرژی در باتری

شرکت Vistra Energy تاکنون برنامه های مختلفی برای دو برابر نمودن ظرفیت بزرگترین سیستم ذخیره سازی انرژی باتری را در کالیفرنیا ارائه کرده است. ظرفیت کنونی ذخیره سازی این پروژه ۴۰۰ مگاوات/ ۱۶۰۰ مگاوات ساعت است و شرکت تولید برق و واحدهای یکپارچه مرتبط در نظر دارند که ۳۵۰مگاوات/۱۴۰۰ مگاوات ساعت دیگر را به تأسیسات ذخیره سازی انرژی آن اضافه نمایند. این شرکت تا کنون قراردادهایی را برای توسعه این پروژه با شرکای مختلف منعقد کرده و اعلام نموده است که تصمیم گیری های مختلف برای نحوه افزایش ظرفیت ذخیره سازی پروژه مذکور طی ۱۸۰ روز آینده نهایی شده و پس از آن فرایند ساخت، آغاز می شود و طبق برنامه مقرر است در سال ۲۰۲۳ راه اندازی گردد. این شرکت اعلام کرده است که این پروژه، بزرگترین ظرفیت ذخیره سازی باتری در جهان را خواهد داشت. پروژه در حال حاضر مجوز توسعه، اتصال به شبکه و نیز زیرساخت های موجود ذخیره سازی باتری را در اختیار دارد و به سرعت می تواند در مسیر افزایش ظرفیت حرکت کند.

مدیر عامل این شرکت همچنین اعلام کرده است که قصد دارد برخی از واحدهای سوخت فسیلی خود را به منظور بهره گیری از پروژه های ذخیره سازی انرژی خورشیدی و ذخیره سازی باتری تا سال ۲۰۵۰ تغییر کاربری دهد. این اعلام پس از تصویب طرح انتقال ترکیب انرژی از ذغال سنگ به انرژی های پاک بوده و با تصویب این طرح، ایالت ایلینویز نیز مانند کالیفرنیا، هدف دستیابی به برق بدون کربن را تا سال ۲۰۴۵ برای خود تعیین کرده است.

گزارش تحلیلی | نظم نوین آینده انرژی

برنامه اجرایی اقلیمی ۲۰۵۰؛ اصول و اهداف خط‌مشی اقلیمی دولت آلمان

قاسم توتونچی
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

در این گزارش، مهم‌ترین نکات برنامه‌ی اجرایی دولت آلمان، اعلام‌شده از جانب وزارت فدرال محیط‌زیست و تغییر اقلیم این کشور، در خصوص سیاست‌ها، اهداف و اصول مدنظر تا افق زمانی ۲۰۵۰، برگرفته از سند «برنامه اجرایی اقلیمی ۲۰۵۰: اصول و اهداف خط‌مشی اقلیمی دولت آلمان» مدنظر قرارگرفته است. مبنای کار، کاهش ۸۰ تا ۹۵ درصدی انتشار کربن، در سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ می‌باشد. این کاهش در بخش‌های انرژی، ساختمان، حمل‌ونقل، صنعت و کشاورزی موردتوجه قرارگرفته است. لازم به ذکر است در همه‌ی حوزه‌ها، تشویق به کاهش کلی تقاضای انرژی، در اولویت ویژه قرار گرفته است. در گام بعد، تمرکز دولت آلمان بر توسعه‌ی فناوری در زمینه انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشد؛ اما تعبیر «نخست: کارایی»، توجه به بهره‌وری در انرژی را نیز به اولویت تبدیل نموده است. در خصوص تمامی اقدامات، ملاحظات اجتماعی، اقتصادی و فرهنگ‌سازی مدنظر بوده، به‌گونه‌ای که مشارکت و همکاری تمامی ذیربطان در اقدامات پیوسته، تدریجی و مؤثر طی چند دهه را تضمین نماید. زیر فناوری‌هایی نظیر حمل‌ونقل الکتریکی و صنایع وابسته، رویکرد تبدیل توان الکتریکی تجدیدپذیر به سوخت گازی یا مایع برای ذخیره‌سازی، تولید هیدروژن از الکترولیز و تولید متان مصنوعی به واسطه‌ی این هیدروژن، در صدر فناوری‌های موردتوجه می‌باشند.

مبنا، کلیات و اهداف برنامه‌ی اجرایی ۲۰۵۰ آلمان در اقلیم، آب‌وهوا

دولت آلمان با الهام گرفتن از مصوبات نشست پاریس ۲۰۱۵ و اجرایی و نافذ شدن آن در سال ۲۰۱۶ و در ادامه‌ی سیاست‌ها و مطالعات قبلی همسوی داخلی خود که از سال ۲۰۰۸ آغازشده بود، برنامه‌ی اجرایی اقلیمی خود تا افق ۲۰۵۰ را منتشر نموده است. این برنامه اجرایی به‌عنوان هدف اصلی، کاهش ۸۰ تا ۹۵ درصدی در انتشار دی‌اکسید کربن یا معادل آن را نسبت به سال ۱۹۹۰ دنبال نموده و با فراخوان ذینفعان در حوزه‌های مختلف اعم از دانش و تحقیقات، اتحادیه‌ها و اصناف، ارگان‌های دولتی و خصوصی و ... و بر مبنای دریافت ۹۷ پروپوزال یا پیشنهادیه به وزارت فدرال محیط‌زیست و تغییر اقلیم تا سال ۲۰۱۶، تدوین شده و در سال ۲۰۱۶ ابلاغ گردید. ازلحاظ ساختاری، این برنامه‌ی اجرایی دارای یک نقطه‌ی عطف مهم در سال ۲۰۳۰ خواهد بود که براساس آن نظارت و مانیتورینگ جهت حصول اطمینان از انطباق فعالیت‌های انجام شده با برنامه بوده و انجام اصلاحات احتمالی و بازنگری در

اهداف، برای آن مقطع زمانی در نظر گرفته‌شده است. شایان‌ذکر است نظارت و مانیتورینگ به صورت فرایندی و کاملاً پیوسته و توزیع‌شده در نظر گرفته‌شده و منحصر به یک واحد وظیفه‌ای یا زمان مشخص نمی باشد. دولت آلمان با توجه به اینکه اذعان دارد ازنظر صنعتی بودن در سطحی بالاتر از متوسط اروپا قرار داشته و بیش از متوسط جهانی، آلایندگی کربنی ایجاد می نماید و نیز با اشاره به زیرساخت‌های متفاوت انرژی در آلمان شرقی در سالیان گذشته دور، وظایف سخت‌گیرانه‌تری را برای خود تعیین نموده است. همچنین در متن برنامه‌ی اجرایی مذکور با توجه به رتبه‌ی نخست اقتصاد آلمان در اروپا و با تأکید بر این شعار که شانه‌های قوی‌تر، بار سنگین‌تر را حمل می‌کنند، اهداف و سیاست‌های محکم‌تری را حتی نسبت به مصوبات جهانی دنبال می‌نماید. حاکمیت آلمان بر این باور است که چنانچه یک کشور صنعتی در تعامل با رقبای خود در اروپا و جهان، موفق به توسعه‌ی پایدار اقتصادی و صنعتی با حفظ و بهبود رفاه مردم توام با نیل به اهداف محیط‌زیست، اقلیم و آب و هوایی گردد، این الگوی راهبری در دیگر جوامع بیش‌ازپیش قابل‌تعمیم و رعایت خواهد بود. همچنین دولت آلمان بیان می‌دارد برای نیل به اهداف کلان معاهده‌ی پاریس ازجمله محدود کردن افزایش دمای کره‌ی زمین به ۱/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، حتی اقدامات سخت‌گیرانه‌تری در کل اروپا و جهان لازم است و اقدامات ملی، رافع الزامات جهانی نیست، چراکه بسیاری از انتشارات کربن به‌صورت بین‌المللی، در آمار و ارقام هیچ کشوری و متعاقباً در حیطه‌ی برنامه‌ی اجرایی ملی آن کشور نخواهد آمد. انتشار بین‌المللی حمل‌ونقل هوایی و آبراهه‌های آزاد از این جمله‌اند.

سیاست‌های مدنظر دولت آلمان، به‌شدت دوستدار نوآوری در فناوری بوده و درعین‌حال، توسعه‌ی این فناوری‌ها و نوآوری‌ها را به عهده‌ی دولت نمی‌داند. حتی در هدف‌گذاری فناوری، ترجیح می‌دهد مقادیر ایده آل و بایسته را به‌صورت کمّی اعلام نموده و نحوه و چگونگی تحقق این اهداف را به اصناف، مراکز تحقیقاتی و نوآوری در تکنولوژی و صنایع بسپارد. دراین‌بین، تعیین عوارض و مالیات و جهت‌دهی یارانه‌ها و تشویق به سرمایه‌گذاری، اصلی‌ترین ابزارهای دولت خواهند بود. دولت آلمان از تعبیر هشدار سرمایه‌گذاری، در زمینه‌هایی که حاکمیت تلاش بر حذف تدریجی آن دارد، استفاده نموده و این‌چنین بیان می‌نماید که در صورت ادامه‌ی سرمایه‌گذاری، احتمال سرگردانی سرمایه و بیکاری کارکنان در دهه‌های آتی در زمینه‌هایی که چندان موردعلاقه‌ی دولت نیست، وجود دارد. به‌عبارت‌دیگر، در کنار تشویق به سرمایه‌گذاری در حوزه‌های بایسته و شایسته، هشدار عدم سرمایه‌گذاری در دیگر حوزه‌های حذف شونده در آینده را صادر می‌نماید.

در جدول شماره ۱، اهداف کمی برنامه ۲۰۵۰ تا نقطه‌ی عطف ۲۰۳۰ نشان داده‌شده‌اند. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد ارقام و اعداد از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۳۰ بایستی با ۵۵ درصد کاهش در انتشار کربن همراه باشد و از برآورد ۱۲۴۸ میلیون تن به مقدار بایسته‌ی ۵۴۳ الی ۵۶۲ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ کاهش یابد. این کاهش انتشار و انطباق بر برنامه، نویدبخش حاصل شدن کاهش ۸۰ تا ۹۵ درصدی تا سال ۲۰۵۰ خواهد بود. میزان درصد کاهش در بخش‌های پنج‌گانه انرژی؛ ساختمان، حمل‌ونقل، صنعت و کشاورزی، یکسان نیست و در برخی زمینه‌ها، مانند کشاورزی قابلیت بهبود کمتری وجود دارد؛ چراکه بخشی از انتشار، ناشی از فرایند طبیعی بیولوژیکی بوده و چندان قابل مدیریت نیست. درعین‌حال بیشترین درصد بهبود (تغییر نسبی) در بخش سازه و ساختمان متصور است. از سوی دیگر، با توجه به رقم مطلق بالا و تأثیر عمده‌ی بخش انرژی، میزان مطلق کاهش در انتشار ناشی از بهینه‌سازی در بخش انرژی محسوس خواهد بود.

دولت آلمان، کمیسیونی برای تعیین شاخص‌های راهبردی، تدوین فرایند رشد، تغییرات ساختاری و توسعه‌ی ناحیه‌ای تشکیل داده است تا با همکاری بین وزارتخانه‌های محیط‌زیست و تغییر اقلیم امور اقتصادی و انرژی و با جلب همکاری و مشارکت همه‌ی ذی‌ربطان، شامل اصناف، واحدهای تجاری، بازرگانی و اقتصادی، شهرداری‌ها، شاخه‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر صنعتی و ...، مقدمات اجرایی شدن برنامه و تبعات احتمالی آن را در دستور کار قرار دهد و نقشه‌های راه تفصیلی را برای اجرایی شدن برنامه ترسیم نمایند. تغییرات تدریجی و پیوسته ولی پایدار و تحت نظارت و مانیتورینگ مدنظر بوده و استفاده از ابزارهای حاکمیتی مانند عوارض، یارانه، مالیات و معافیت‌ها، در دست دولت خواهد بود. ملاحظات لازم در خصوص تبعات اجتماعی، فرهنگی و صنعتی برنامه اجرایی و توجه ویژه به فناوری و نوآوری، ضروری و ضامن اجرایی بودن آن خواهند بود. مشارکت نهادهای علمی و تحقیقاتی، در کنار گفتمان عمومی برای

حوزه‌ی اقدامات	میزان انتشار CO_2 یا معادل آن برحسب میلیون تن در سال ۱۹۹۰	میزان انتشار CO_2 یا معادل آن برحسب میلیون تن در سال ۲۰۱۴	میزان تخمین انتشار CO_2 یا معادل آن برحسب میلیون تن در سال ۲۰۳۰	میزان کاهش انتشار CO_2 یا معادل آن در سال ۲۰۳۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ - درصد
انرژی	۴۶۶	۳۵۸	۱۷۵-۱۸۳	٪۶۱-۶۲
ساختمان	۲۰۹	۱۱۹	۷۰-۷۲	٪۶۶-۶۷
حمل و نقل	۱۶۳	۱۶۰	۹۵-۹۸	٪۴۰-۴۲
صنعت	۲۸۳	۱۸۱	۱۴۰-۱۴۳	٪۴۹-۵۱
کشاورزی	۸۸	۷۲	۵۸-۶۱	٪۳۱-۳۴
مجموع بدون موارد متفرقه	۱۲۰۹	۸۹۰	۵۳۸-۵۵۷	٪۵۴-۵۶
دیگر موارد	۳۹	۱۲	۵	٪۸۷
مجموع کل	۱۲۴۸	۹۰۲	۵۴۳-۵۶۲	٪۵۵-۵۶

جدول ۱ – ارقام بایسته انتشار کربن در سال ۲۰۳۰ به‌عنوان نقطه عطف برنامه اجرایی ۲۰۵۰

همراهی اقشار مردم در نظر گرفته‌شده است. تدوین گزارش‌های سالیانه و تطابق آن با برنامه یا انحراف از آن در دستور کار خواهد بود. آنچه در قطعنامه‌ی کابینه‌ی دولت آلمان مطرح است، بررسی منظم، آموزش اجتماعی مستمر و بهبود پیوسته و تدریجی است. برنامه‌ی اجرایی، از یک طرح جامع تفصیلی فاصله داشته و برنامه‌های جزئی را بدون تصدی مستقیم دولت به عرضه‌کننده (ی فناوری و نوآوری) و بخش تقاضا (اقشار مردم، صنایع و ...) می‌سپارد. دولت آلمان بیان می‌دارد که به بهای برنامه‌ی اجرایی اقلیمی ۲۰۵۰، تصمیمی برای به خطر افتادن صنایع رقابتی، رفاه مردم و اقشار آسیب‌پذیر جامعه نداشته و تغییرات را به‌صورت تدریجی و با بسته‌های حمایتی متناسب به‌پیش خواهد برد. به‌عنوان‌مثال، ممکن است استاندارد انرژی سازه را برای پروانه‌های ساختمان جدید مطرح نماید، اما برای ساختمان‌های قدیمی، مشوق‌های لازم برای نوسازی و بهسازی ازنظر انرژی را پیشنهاد نموده و به داوطلبان ارائه می‌دهد. دولت آلمان اعتقاد دارد اهداف سخت تعیین‌شده جز با نوآوری در فناوری اعم از تکنولوژی‌های منتج به بهره‌وری بالای انرژی یا فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدید پذیر، ممکن و میسر نیست، اما اینکه این نوآوری‌ها در چه سمت و سویی باشد و چگونه فناوری‌های جدید شکل یابند را به بخش‌های تجاری‌سازی و بازیگران اصلی جامعه‌ی مدنی می‌سپارد و با تأکید بر فرهنگ‌سازی، اصلاحات ساختاری و زیرساختی، استفاده از ابزارهای تشویقی و تنبیهی را موردتوجه قرار داده و تحولات اجتماعی، سیاسی و اقتصادی را دنبال می‌کند.

دولت آلمان بر این باور است که درصورتی‌که اقدامات مشابه در سطوح ملی و سپس منطقه‌ای و بین‌المللی شکل نگیرد، افزایش دمایی تا ۴ درجه سانتی‌گراد محتمل بوده و نتیجه‌ی آن، رخدادهای فاجعه‌آمیز اقلیمی و آب و هوایی، نظیر خشکسالی یا سیل خواهد بود. موضوعاتی که خصوصاً در جوامع آسیب‌پذیر، با به خطر افتادن بیش‌ازپیش امنیت غذایی، رفاه، سلامتی و ...ناشی از رخدادهای فاجعه‌آمیز اقلیمی، موجی از پناهندگی به جوامع ایمن‌تر و امن‌تر را به همراه خواهد داشت. ازاین‌جهت، اهداف سخت‌گیرانه‌ی آلمان در سطح ملی، بیشترین انتفاع را برای خود این کشور به همراه خواهد داشت. همچنین به همین دلیل است که کشورهای عضو گروه هفت، از طرح‌های بین‌المللی انتقال تکنولوژی و تأمین مالی و ابتکار بیمه خطرات استقبال نموده‌اند. آلمان ابتکار بیمه‌ی خطرات اقلیمی را به کشورهای عضو گروه هفت ارائه نموده و تصمیم دارد با همراهی گروه ۷، بین ۴۰۰ الی ۵۸۰ میلیون نفر از جوامع درحال‌توسعه و کمتر توسعه‌یافته را زیرپوشش بیمه قرار دهد؛ چراکه خسارات ناشی از تغییرات اقلیمی، از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۴، بیش از ۴۰۰% افزایش داشته است. مرکل؛ صدراعظم سابق آلمان؛ بودجه اقلیمی آلمان را در سال ۲۰۲۰ نسبت به ۲۰۱۴ دو برابر نمود و با ارسال سیگنال‌های مناسب به سرمایه‌گذاران، شاخص‌ها و معیارهای سرمایه‌گذاری در بهره‌وری انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر را به ترتیب ۳۰ و ۲۷ درصد بهبود بخشید. آلمان طی ۱۶ سال، تولید برق تجدیدپذیر خود را ۵ برابر نموده و طی ۲۰ سال، مصرف انرژی در ساختمان را به حدود نصف کاهش داده است. بودجه‌های توسعه فناوری و نوآوری در فناوری مرتبط با محیط‌زیست به ۲/۵ تریلیون یورو نزدیک شده که این مقدار تا سال ۲۰۲۵ دو برابر خواهد شد؛ ترازهایی که حاکی از یک بهبود مستمر، تدریجی و نرم، اما مثبت و سازنده می‌باشد.

محور دیگری از باور دولت آلمان در برنامه اجرایی موردبحث، مدرن سازی اقتصاد به واسطه مدرنیزه کردن یا نوسازی صنایع مرتبط با انرژی، اعم از تولید، ذخیره سازی، تبدیل و مصرف انرژی می‌باشد. در مواردی که تولید کربن در صنایع اجتناب‌ناپذیر بوده و رقیب فناورانه‌ی آن هنوز ازلحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نشده است، باز جذب کربن و جلوگیری از انتشار آن به‌عنوان فناوری وابسته مدنظر است.

شکل ۱ – برنامه ۲۰۵۰ دولت آلمان برای مدرنیزه کردن اقتصاد از معبر نوسازی صنعت

در رویکرد دولت آلمان، حذف تدریجی انرژی‌های فسیلی و هسته‌ای مشهود است و با جهت‌دهی یارانه‌ها، عوارض و مالیات‌ها، این حذف تدریجی رخ خواهد داد. دولت آلمان تصمیم دارد استاندارد سرمایه‌گذاری را بر مبنای انرژی تجدید پذیر و بهره‌وری انرژی قرار دهد و به‌این‌ترتیب، سرمایه‌گذاری در سایر زمینه‌ها به‌نوعی خارج از استاندارد و دور از معیار تلقی می‌گردد؛ چراکه سایر حوزه‌ها از دید دولت آلمان در حال حذف بوده و سرگردانی سرمایه در آینده را به دنبال دارد.

دولت آلمان، توسعه‌ی اقتصادی و پیشرفت هم‌زمان با مشارکت گسترده‌ی اجتماعی را درگرو برق ارزان و تجدید پذیر می‌داند.

شکل ۲ – توسعه اقتصادی و مشارکت اجتماعی در برنامه ۲۰۵۰ درگرو برق تجدیدپذیر ارزان

در برنامه‌ی اجرایی اقلیمی آلمان، در برخی بخش‌ها، بهره‌گیری از گرمایش در حال اتلاف در صنایع، (به‌صورت مستقیم و نه به واسطه‌ی برق) مطرح‌شده است. تحقق بهره‌وری انرژی و برق تجدیدپذیر ارزان، مستلزم نوآوری در فناوری است. رویکرد دولت آلمان به یک فناوری خاص، نه لزوماً موافقت و نه لزوماً مخالفت است، بلکه دولت آلمان بر این باور است که بخش‌های عرضه فناوری، تجاری‌سازی فناوری و تقاضا، فناوری‌های برتر را جهت‌دهی خواهند نمود. دراین‌بین، دولت آلمان هشدار می‌دهد سرمایه‌گذاری روی روندهای تکنولوژی فعلی، خصوصاً صنایعی که عمر مفید آن‌ها بیش از چند دهه بوده و ممکن است تا افق ۲۰۵۰ کماکان فعال باشند، احتمال دارد با سرگردانی سرمایه روبرو شود. سرمایه‌گذاری مبتنی بر انرژی فسیلی فقط در صورت عدم امکان جایگزینی مقرون‌به‌صرفه، بلامانع بوده و از سرمایه‌گذاری در نیروگاه برق تجدیدپذیر استقبال می‌گردد، اما سرمایه گذاری در نیروگاه گازی یا زغال‌سنگ سوز و حتی زیست‌توده، نیازمند بررسی‌های تکمیلی با ارائه مستندات قابل دفاع فنی، اقتصادی و زیست محیطی، می باشد. سرمایه‌گذاری در بخش خدمات ساختمان، با بیش از ۲۰ سال عمر مفید، مستلزم توجه به برنامه‌ی اجرایی و تأکید بر بهره‌وری انرژی خواهد بود. ساخت‌وساز و پروانه‌ی ساختمان، در شرایطی که طول عمر ۱۰۰ ساله برای سازه‌ها در نظر گرفته شود، مستلزم دقت ویژه بر استانداردهای روز مصالح و عایق‌سازی خواهد بود.

رویکرد ویژه‌ی دولت آلمان در برنامه‌ی اجرایی، توجه به هوشمند سازی و استفاده‌ی بهینه از ظرفیت‌های فناوری ارتباطات و اطلاعات است. دولت آلمان در بخش‌های مختلفی از برنامه‌ی اجرایی ۲۰۵۰، استفاده از هوشمندی و به تعبیری دیجیتال‌سازی (Digitalization) را ابزار مؤثری در ایجاد بهره‌وری انرژی می‌داند. به عبارتی مستقل از منبع تجدیدپذیر انرژی، سرمایه‌گذاری در ICT و موضوعات وابسته (مانند امنیت سایبری، هوش مصنوعی و ...) می‌تواند تأثیر به سزایی در کاهش نیاز به انرژی و نیز بهره‌وری در مصرف آن ایجاد نماید. فروش برق تجدیدپذیر مازاد منازل و محله‌ها در هر لحظه به بخش‌های موردتقاضا، عدم تولید برق مازاد بر نیاز با توجه به اطلاعات لحظه‌ای کنتورهای هوشمند بخش تقاضا، تصمیم‌گیری‌های کوچک و توزیع‌شده‌ی حمل و نقل بر مبنای وضعیت لحظه‌ای کنترل ترافیک و هزینه‌های راهکارهای جایگزین و ... نمونه‌هایی از کاربرد دیجیتال‌سازی در حوزه انرژی هستند.

حوزه‌ی انرژی در برنامه ۲۰۵۰:

بخش انرژی در سال ۲۰۱۴ به‌تنهایی مسئول انتشار ۴۰% از گازهای گلخانه‌ای در آلمان بوده است. برنامه‌ی اجرایی ۲۰۵۰ به‌شدت بر محدود و یا حذف شدن احتراق سوخت فسیلی تأکید نموده و برق تجدیدپذیر را در حمل و نقل و گرمایش ساختمان موردتوجه قرار خواهد داد. تا سال ۲۰۱۵، آلمان موفق گردید تا ۳۲% از برق خود را به روش‌های تجدیدپذیر تولید کند و نسبت انرژی باد به فتوولتاییک خورشیدی تقریباً دوبه‌یک بوده است، به طوریکه یک سوم برق تجدیدپذیر از انرژی خورشیدی و مابقی توسط انرژی باد تولید شده است.

در حوزه‌ی انرژی، برنامه‌ی اجرایی ۲۰۵۰، نخست کاهش تقاضای انرژی را به‌عنوان یک اصل بیان می‌کند. سپس منبع تجدیدپذیر (خصوصاً برق) را جایگزین سایر حامل‌های انرژی، مطرح نموده و نهایتاً بر بهره‌وری در مصرف انرژی (حتی تجدیدپذیر) تأکید می‌کند. به منظور تامین انرژی‌های موردنیاز در مصارفی نظیر حمل و نقل هوایی یا دریایی که استفاده از برق تجدیدپذیر مستقیماً میسر نیست، مکانیسم‌های تبدیل توان الکتریکی تجدید پذیر به سوخت گاز (Power2Gas) یا سوخت مایع (Power2Liquid) و تولید هیدروژن از الکترولیز برق تجدیدپذیر و یا تولید متان مصنوعی یا SNG بر مبنای باز جذب دی‌اکسید کربن از محیط و یا استفاده از زیست‌توده، موردتوجه و حمایت خواهد بود. به عبارتی چنانچه انتشار کربن اجتناب‌ناپذیرباشد، استفاده از سیکل بسته کربن، شامل باز جذب دی‌اکسید کربن و ذخیره‌سازی یا استفاده مجدد در قالب سوخت‌های سنتزی مانند SNG در دستور کار قرار خواهد گرفت.

در تولید انرژی نیز، دیجیتال‌سازی و هوشمند سازی بر پایه‌ی زیرساخت‌های فناوری ارتباطات و اطلاعات موردتوجه برنامه‌ی اجرایی ۲۰۵۰ است. قیمت برق مازاد خانگی، بدون دخالت دولت در بخش‌های موردنیاز تعیین خواهد شد و این بیش از هر چیز به ساختار امن و پایدار فناوری ارتباطات و اطلاعات نیاز دارد. نظر به نوسان ذاتی در تولید برق تجدید پذیر، وظایف سازمان‌های رگولاتوری دولتی و مکانیسم اعمال عوارض و مالیات یا یارانه و معافیت یا تعرفه گذاری بر انتشار کربن، با زمان‌بندی دقیق، مستلزم زیرساخت‌های توسعه‌یافته و بالغ هوش مصنوعی و دیجیتال‌سازی است.

استفاده از زمین‌گرمایی و گرمایش مستقیم خورشیدی نیز در برنامه‌ی اجرایی مذکور، موردتوجه قرار گرفته است.

شکل۳- برق‌تجدیدپذیر آلمان

حوزه‌ی ساختمان در برنامه ۲۰۵۰:

بخش ساختمان در سال ۲۰۱۴ به‌صورت مستقیم سهم ۱۳ درصدی در انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته ولی به‌صورت غیرمستقیم تا ۳۰% در انتشار تأثیر دارد. در این بخش نیز برنامه‌ی اجرایی ۲۰۵۰، بر بهره‌وری انرژی و استفاده از انرژی تجدیدپذیر در ساختمان تأکید دارد و البته شرط مقرون‌به‌صرفه بودن را نیز ذکر می‌کند. آلمان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، میزان ۵۲% کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای در حوزه ساختمان را تجربه نموده است. آنچه در بخش ساختمان موردتوجه است، وابستگی ذاتی بین بخشی است.

مردم در ساختمان زندگی می‌کنند و در این سازه‌ها نیاز به نور، گرمایش، سرمایش، تهویه و رفاه دارند. اگر قرار باشد

اهداف برنامه‌ی ۲۰۵۰ در حمل و نقل تحقق یابد، همین مردم در ساختمان‌های خود به شارژ سریع خودروهای برقی نیاز دارند و همین ساختمان‌ها بایستی نزدیک‌ترین و سهل‌ترین دسترسی‌ها را به حمل و نقل عمومی و حتی اشتراک خودرو یا دوچرخه داشته باشند. سازه‌ی ساختمان، می‌تواند تا ۱۰۰ سال عمر نموده و مصالح و عایق‌بندی فعلی مندرج در پروانه‌ی ساختمان را تا آن زمان یدک بکشد. تجهیزات خدماتی ساختمان مانند سرمایش، گرمایش، نور و تهویه تا ۲۰ سال عمر مفید دارند و نوسازی و بهسازی آن مستلزم صرف هزینه است. این موضوعات، بهینه‌سازی در بخش ساختمان را دشوار می‌نماید. برنامه‌ی اجرایی ۲۰۵۰ برای ساختمان‌های مسکونی، ۴۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال بابت سرمایش، گرمایش، تهویه و نور را مجاز دانسته است. این مقدار برای ساختمان‌های غیرمسکونی، ۵۲ واحد در نظر گرفته‌شده است. برنامه‌ی اجرایی، سرمایه‌گذاری مبتنی بر سوخت فسیلی را در ساختمان‌های جدید با هشدار همراه کرده و خبر از عوارض سنگین در آینده را می‌دهد و درعین‌حال، سرمایه را به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر سوق می‌دهد. این برنامه اجرایی، همچنین استانداردهای جدیدی در ساخت، طراحی، مصالح و عایق سازی ساختمان‌های جدید مطرح نموده است.

شکل ۴– وابستگی بین بخشی در حوزه‌ی ساختمان، حمل و نقل و صنایع

این کشور درعین‌حال که به گرمایش شبکه‌ای یا شهری با تأمین حداقل دمای رفاه تأکید دارد، چگونگی تحقق آستانه‌های ۴۰ و ۵۲ واحد مصرف انرژی در واحد مساحت در سال را به عهده‌ی بخش تقاضا گذارده است. ضمنا در فرایند ساخت و امحاء ضایعات ساختمانی، نکات اجرایی را نیز مدنظر قرار داده است.

مجدداً در بخش ساختمان، برنامه‌ی اجرایی ۲۰۵۰ آلمان تأکید بالایی بر استفاده از زیرساخت فناوری ارتباطات و اطلاعات (ICT) در قالب کاربرد سامانه مدیریت ساختمان (BMS) دارد و بر این باور است که دیجیتال‌سازی مصرف (یا تولید توزیع‌شده) انرژی در خانه‌ها و هوشمندی در نحوه‌ی استفاده (یا فروش) این انرژی، سهم عمده‌ای در تأمین اهداف بهره‌وری انرژی در ساختمان دارد.

در خصوص خانه‌های موجود، مشوق‌های انگیزشی برای نوسازی و بهسازی به‌تدریج و به‌موازات افزایش تعرفه‌ها و وضع مالیات و عوارض در نظر گرفته‌شده است. در زمینه‌ی مصالح، چرخه‌ی استفاده‌ی مجدد و بازیافت مدنظر است. برنامه‌ی ۲۰۵۰ هم‌زمان با تأکید بر برق تجدیدپذیر در ساختمان، استفاده از گرمای تجدیدپذیر و یا استحصال‌شده از منابع اتلافی را بدون واسطه‌ی برق مدنظر دارد.

شکل ۵– استانداردهای جدیدی در پروانه ساختمان، در زمینه طراحی، ساخت، مصالح و عایق‌بندی با تأکید بر بهره‌وری و انرژی تجدیدپذیر

حوزه‌ی حمل و نقل در برنامه ۲۰۵۰:

۳۰% مصرف انرژی در آلمان مربوط به بخش حمل و نقل بوده که ۹۰% آن از نفت تأمین می‌شود. آلمان در ۲۰۱۴، ۵۰ میلیارد یورو واردات نفت داشته و به‌رغم همه‌ی بهینه‌سازی‌ها و بهبود در بهره‌وری مصرف انرژی، در حوزه‌ی حمل و نقل، عملاً روند کاهشی در مصرف انرژی محسوس نبوده است. به عبارتی درحالی‌که برحسب جابجایی نفر یا تن کیلومتر، بهره‌وری حاصل گردیده، اما به دلیل افزایش تقاضا به سفر و حمل بار، مصرف تجمعی انرژی بدون کاهش بوده است. حمل بار و مسافر از ۱۹۶۰ تاکنون، ۴۰۰ درصد افزایش داشته است.

شکل ۶– تأکید برنامه ۲۰۵۰ بر حمل و نقل عمومی مبتنی بر برق تجدیدپذیر ارزان و سهل‌الوصول و فرهنگ‌سازی استفاده از حمل و نقل بدون انتشار کربن

افراد جامعه برای جابجایی خود (و نه بار) ۷۶% از خودرو و موتورسیکلت شخصی استفاده می‌نمایند. این میزان در بخش قطار شهری، ۷/۲%، اتوبوس، تراموا و مترو ۶/۵%، هواپیما ۴/۷%، دوچرخه ۲/۹% و پیاده‌روی ۲/۸% می‌باشد. در زمینه‌ی حمل بار، ۷۳% به عهده‌ی خودروهای سنگین حمل بار و ۱۷/۷% به عهده‌ی حمل و نقل ریلی بوده و ۹/۳% با استفاده از آبراهه‌های داخلی است. از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰ حداقل ۱۰% افزایش تقاضای سفر و جابجایی نفر و بار محتمل است که مسافت جابجایی را تا ۶۵۷ میلیارد کیلومتر در سال افزایش خواهد داد. برآوردها حاکی از آن است که خودروهای سنگین عهده‌دار ۲۸% از این تقاضا خواهند بود، لذا الکتریکی شدن و تجهیز خودروهای سنگین به پیل سوختی با قابلیت مصرف مستقیم هیدروژن یا SNG مورد نظر این برنامه است. برنامه ۲۰۵۰ بر این فرض استوار است که در سال ۲۰۲۰ قیمت خودرو سنگین هیبریدی با دیزلی نزدیک بوده و به‌تدریج، گزینه‌ی هیبریدی مقرون‌به‌صرفه‌تر خواهد شد.

مشکل اصلی بیان‌شده در برنامه ۲۰۵۰ آلمان در زمینه‌ی حمل و نقل، قیمت پایین نفت است! آلمان در پیش‌بینی خود قیمت بیشتری برای نفت در نظر داشته و اینکه این قیمت بالاتر، سرمایه‌گذاری روی انرژی‌های جایگزین را تسریع می‌بخشد؛ اما قیمت جهانی نفت پایین مانده و این برای برنامه‌ی ۲۰۵۰، یک مانع محسوب می‌شود!

در زمینه‌ی حمل و نقل نیز زیرساخت ICT موردتوجه برنامه ۲۰۵۰ بوده و کنترل ترافیک و اطلاع لحظه‌ای مردم، تعیین برنامه بر مبنای حجم ترافیک و عوارض آنی و توصیه به سفرهای زمان‌بندی‌شده در پیک پایین ترافیک و موارد مشابه آن، مورد توصیه بوده و نیازمند ابزارهای هوشمند دیجیتال‌سازی شده می‌باشد. برنامه ۲۰۵۰، کار در دفاتر خانگی و محل کار سیار را توصیه می‌کند تا تقاضای عمومی به انرژی جهت حمل و نقل کاهش یابد. مکانیسم‌های ICT، بهره‌وری انرژی را در حمل و نقل افزایش می‌دهند تا نهایتاً برای حمل نفر یا بار، بر مبنای واحد نفر کیلومتر، انرژی کمتری مصرف شود. ارتباط بلادرنگ بین خودروها و زیرساخت، موردتوجه بوده و پایلوتی دریکی از بزرگراه‌های آلمان (A9) به‌صورت کاملاً دیجیتالی شده اجرا شده است.

برنامه ۲۰۵۰ تأکید دارد سهم حمل‌ونقل ریلی، اتوبوس، مترو و تراموا مبتنی بر برق تجدیدپذیر افزایش‌یافته و تعرفه، قیمت‌گذاری، تعیین عوارض و یارانه، جهت‌دهی مناسب داشته باشد.

همانگونه‌که پیش‌تر اشاره گردید در برنامه ۲۰۵۰، ترجیح و تأکید بر

شکل ۷- تعیین تعرفه، مالیات، عوارض، یارانه‌ها و معافیت‌ها با حداقل تصدی‌گری در دولت آلمان

عدم استفاده از سوخت فسیلی و استفاده از برق تجدیدپذیر است. البته رویکرد برنامه ۲۰۵۰، رویکرد هیبریدی در خودرو است. این رویکرد ترکیبی تا زمانی که قیمت برق تجدیدپذیر با قیمت سوخت فسیلی قابل‌رقابت شود، ادامه خواهد داشت تا ترکیب قیمت سوخت فسیلی نسبت به هزینه‌ی تمام‌شده برق تجدیدپذیر تغییر یابد. زیر فناوری‌های باتری، شارژر، بدنه آیرودینامیک سبک‌تر، تایر با مقاومت غلتشی کمتر و... در فهرست راهنمایی‌های برنامه‌ی ۲۰۵۰ هستند، بدون آنکه تأکید خاص و نامتقارن کننده‌ای ایجاد شود. در حمل و نقل دریایی و هوایی که امکان استفاده از برق تجدیدپذیر نیست، استفاده از رویکرد Power2Gas یا Power2Liquid، در تولید هیدروژن یا سوخت مایع یا متان مصنوعی همچنین LNG پیشنهادشده است. در برنامه ۲۰۵۰ به استفاده از حامل آلی مایع هیدروژن (Liquid Organic Hydrogen Carriers, LOHCs) اشاره‌شده و کارخانه‌ی خودروسازی، پایلوت نمایشی در استفاده از متان مصنوعی صورت داده و پایلوت موفقی در مکانیسم تبدیل توان الکتریکی تجدیدپذیر به سوخت مایع (Power2Liquid) در آلمان اجرایی شده است. این برنامه، میزان ۲/۶ و ۲/۸ درصدی استفاده از دوچرخه و پیاده‌روی را اندک دانسته و بر ایجاد زیرساخت برای افزایش این درصدها تأکید دارد. برنامه ۲۰۵۰، به ارتباط بین بخشی حمل و نقل، با حوزه‌ی ساختمان و صنعت تأکید دارد.

حوزه‌ی صنعت در برنامه ۲۰۵۰:

۲۰% از انتشار گازهای گلخانه‌ای آلمان در سال ۲۰۱۴ مربوط به بخش صنعت بوده است. میزان فعلی ناشی از کاهش محسوس از ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ بر مبنای مدیریت پسماند و معاهده‌ی کیوتو می باشد. ۳۸% از انتشار محیط‌های صنعتی، ناشی از انرژی نیست و متوجه فرایندهای تولید و تبدیل مواد خام به محصولات است. تعبیه مکانیسم‌های جذب کربن در صنایع و فناوری‌های مرتبط، مورد تأکید برنامه ۲۰۵۰ بوده است. بر استفاده از اتلاف گرمای اجتناب‌ناپذیر در صنایع به‌منظور گرمایش غیرمستقیم موردنیاز در بخش شهری تاکید شده است. برنامه ۲۰۵۰ بیان می‌دارد هر بازیافت و تعمیراتی، بهتر از بازتولید است. لذا بازیافت فلزات از ضایعات و تأمین قطعات یدکی و واحدهای نگهداشت و تعمیرات مورد تأکید دوچندان است تا عمر مفید افزایش یابد. استحصال متان از تصفیه فاضلاب صنعتی نیز موردتوجه برنامه اجرایی ۲۰۵۰ می‌باشد.

حوزه‌ی کشاورزی در برنامه ۲۰۵۰:

۸% از انتشار گازهای گلخانه‌ای در آلمان در سال ۲۰۱۴ متوجه بخش کشاورزی است. بخشی از این انتشار، ذاتی و ماهیتی بوده و فرایندهای طبیعی بیولوژیک در کشاورزی و دامداری را شامل می شود؛ اما بخشی از آن متوجه ماشین‌آلات و فرایندهای کشاورزی است و قابلیت بهبود دارد. در بخش کشاورزی، برنامه‌ی ۲۰۵۰ به موضوع انتشار نیتروژن نیز توجه دارد و تولید کشاورزی ارگانیک را مطرح می‌نماید. برنامه‌ی ۲۰۵۰ تأکید می کند که به‌رغم افزایش

جمعیت، هرچند نیاز به زمین‌های تحت کشت بیشتر خواهد شد اما در بدترین شرایط می بایست تبدیل جنگل به مرتع یا مزرعه، متوقف شده و یا ثابت بماند. یک‌سوم غذای تولیدی در آلمان هدر می‌رود و به ضایعات تبدیل می‌شود. جنگل‌کاری گسترده، سبب شده در ۲۰۱۴، به میزان ۵۸ میلیون تن جذب کربن در آلمان صورت پذیرد. جذب کربنی که با ذخیره سازی در قالب چوب همراه است و می‌تواند در مواردی جایگزین برخی مصالح گردد.

دولت فدرال؛ پیشــرو و الگو در اجرای برنامه ۲۰۵۰:

دولت فدرال آلمان، به‌منظور الگوسازی و جلب مشارکت همگانی در اجرای برنامه ۲۰۵۰، خود در این زمینه پیشگام و پیشاهنگ بوده و به‌صورت ادواری، گزارشاتی در زمینه‌ی میزان التزام خود به برنامه‌ی ۲۰۵۰ را به اطلاع مردم، اصناف، مراکز تحقیقاتی و دانشی می‌رساند.

حتی چاپ ۱۵۰۰ نسخه از گزارش ۲۰۵۰، بر روی کاغذ قابل بازیافت و دوستدار محیطزیست، به‌عنوان اقدامی نمادین و فرهنگ‌ساز انجام گردیده است. حذف مأموریت‌ها و جایگزینی آن

شکل ۸- دولت فدرال آلمان؛ پیشگام و پیشاهنگ رعایت برنامه‌ی ۲۰۵۰

با ویدئوکنفرانس، استفاده‌ی گسترده از ICT و دوچرخه به‌عنوان ابزار جابجایی سازمانی، ارائه‌ی بلیت‌ها و مرخصی‌ها در پیک پایین ترافیک جاده‌ای به کارکنان و ... ازجمله‌ی این اقدامات می‌باشند.

مرجع:

Principles and goals of the German ,2050 Climate Action Plan 2016,government's climate policy

گزارش تحلیلی

تاریخچه و پیشینه آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری در جهان و ایران

سمانه سنجری

چکیده

آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری تلاشی است در جهت ترسیم خط سیر زمان از گذشته تا حال که نمی‌توان تاریخچه‌ای دقیق برای آن‌ها تعیین کرد. از خطوط به‌جای مانده بر دیوار غارها که نشان می‌دهد چگونه نیاکان بشر برگذر زمان وقوف داشته و فصل شکار را تعیین می‌کردند تا جمهوریت افلاطون که آرمان‌شهر را به تصویر می‌کشد تا به امروز که تفکر معطوف به آینده تلاش می‌کند در قامت رشته علمی آینده‌پژوهی جایی برای خود در میان علوم آکادمیک بیابد، همه و همه نشان از علاقه سیری‌ناپذیر انسان در احاطه بر آینده دارند. لذا این گزارش تحلیلی سعی دارد نگاهی اجمالی بر تاریخچه و پیشینه آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری در جهان و ایران داشته باشد.

سناریوسازی؛ روشی برای آینده‌نگاری و تفکر در آینده

بیشتر انسان‌ها در هنگام مواجهه با حوادث یا رویدادهای غیرمنتظره، احتمال وقوع هر رخداد و نحوه واکنش به آن رخداد را در ذهن خود متصور می‌شوند. در این حال، انسان تلاش می‌کند تا با پیش‌بینی تمامی رویدادهای ممکن و قابل‌تصور، آمادگی لازم برای مواجهه با آن‌ها را پیدا کند. درواقع، سناریوها، داستان‌هایی هستند که با توجه به علائم و شرایط محیطی و احتمالات قابل‌تصور آینده ایجاد می‌شوند. واژه سناریو که از دنیای هنر به عاریت گرفته‌شده است، با مفهومی جدید، اوایل دهه ۱۹۶۰ در نیروی هوایی آمریکا، بعد از جنگ جهانی دوم به کار رفت. در اوج جنگ سرد، نیروی هوایی آمریکا تصمیم گرفت تا با پیش‌بینی اقدامات احتمالی دشمن و ایجاد راهبردهای مناسب، آمادگی واکنش سریع در برابر آن‌ها را پیدا کند.[۱]

> « سناریوها، داستان‌هایی هستند که با توجه به علائم و شرایط محیطی و احتمالات قابل‌تصور آینده جهت ایجاد امکان تصور آینده‌های ممکن و محتمل و مطلوب ایجاد می‌شوند»

در سال ۱۹۶۸ با اقدامات پیر واک[1] که طراح و برنامه‌ریز شرکت نفتی رویال داچ شل[2] بود، بحث سناریو به مدیریت و برنامه‌ریزی راهبردی وارد شد. در آن سال‌ها، هم‌زمان با جنگ‌های اعراب و اسرائیل، پیر واک و همکارانش، با توجه به تحولات منطقه‌ای، پی بردند که کشورهای تولیدکننده نفت که عموماً عرب و مسلمان بودند، نسبت به حمایت کشورهای غربی از اسرائیل به‌شدت عصبانی هستند. پیر واک دریافت که احتمالاً اعراب با افزایش قیمت نفت و کاهش صادرات آن، تلاش می‌کنند تا غرب را تحت‌فشار قرار دهند. وی دو سری سناریو بر اساس پیش‌بینی قیمت نفت تهیه نمود. در داستان اول، شرایط محیطی پایدار و قیمت نفت ثابت بود که با توجه به واقعیات موجود، بیشتر شبیه به یک افسانه می‌نمود. داستان دوم، به آینده‌ای قابل‌باور اشاره داشت که در آن با توجه به واقعیات و بحران‌های منطقه‌ای، توصیه‌هایی به مدیران شرکت شده بود. پیر واک، در سناریوی دوم به روند تغییرات در جهان و تأثیرات محتمل بر قیمت‌های نفتی اشاره‌کرده بود.

در سال ۱۹۷۳ و بعد از جنگ اعراب و اسراییل (یام کیپور[3]) ، بحران انرژی سراسر جهان را فراگرفت. در میان شرکت‌های نفتی، تنها شرکت شل، آمادگی مواجهه با شرایط جدید را داشت. مدیران ارشد شرکت، بلافاصله نسبت به حوادث به وجود آمده واکنش نشان دادند و این باعث شد تا شرکت شل که در میان هفت شرکت برتر نفتی آن زمان پایین‌ترین رتبه را داشت، به ثروتمندترین و قدرتمندترین شرکت نفتی جهان تبدیل شود.

علاوه بر شرکت شل، مؤسسات و سازمان‌های دیگری نیز در اواسط دهه ۱۹۶۰ به سناریوسازی روی آوردند. ازجمله این سازمان‌ها، مؤسسه هادسون[4] تحت سرپرستی آینده‌پژوه برجسته، هرمان کان[5] بود. هرمان کان، کسی بود که برای اولین بار، واژه سناریو را به‌عنوان روشی برای آینده‌نگاری و تفکر در مورد آینده به کاربرد. [۱]

اما، در دهه ۱۹۸۰ با رشد روش‌های آینده‌نگاری و گسترش روش‌شناسی طراحی سناریوها، علاقه مجدد سازمان‌ها به مدیریت عدم قطعیت‌ها از طریق تفکر سناریویی، باعث شد تا مدیران ارشد سازمان‌ها به تدوین سناریوهای آینده همت گمارند. در سال‌های اخیر، آینده‌نگاری در حوزه‌های مختلف سیاست عمومی، تحلیل سیاست‌ها، ارزیابی فناوری و مطالعات بخش‌ها و صنایع مختلف پذیرفته شده است.

تاریخچه آینده‌نگاری و آینده‌پژوهی

رشد آینده‌نگری در جمعیت، اقتصاد و موارد مشابه، در قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، منعکس‌کننده این واقعیت بود که نگاه به آینده از منظر کمی و کیفی بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

آینده‌نگاری پس از جنگ جهانی دوم در ساختارهای تصمیم‌گیری

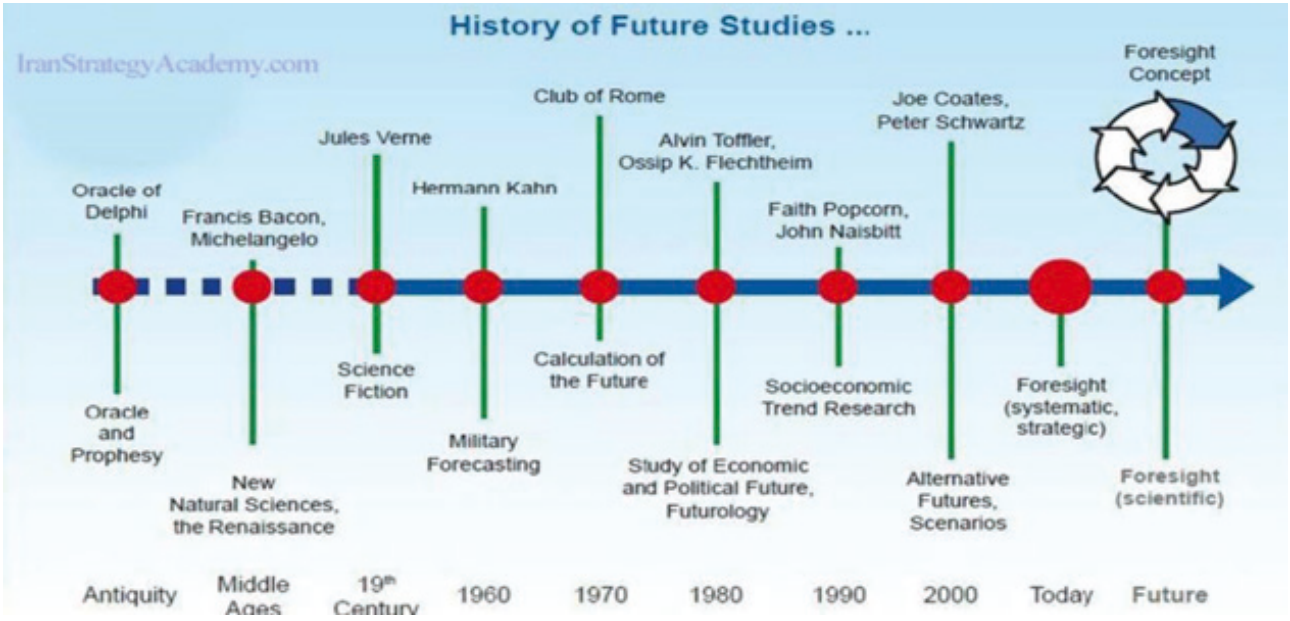
۱ PierreWack
۲ Royal Dutch/ Shell
۳ Yam Kippur
۴ Hudson Institute
۵ Herman Khan

در حوزه‌هایی همچون برنامه‌ریزی راهبردی نظامی آمریکا و اندیشگاه رند[۱] و در برنامه‌ریزی فضایی فرانسه در داتار[۲] (مؤسسه ملی برنامه‌ریزی فضایی) ظاهر شد. رشد بی‌سابقه آینده‌پژوهی در اروپا، در دهه ۱۹۶۰ بود و افراد مهمی همچون گاستون برگر و برتراند دوژونل[۳] در فرانسه، رابرت یانگ[۴] در اتریش و یوهان گالتونگ[۵] در نروژ به تحلیل نظام‌مند آینده پرداختند. همچنین در این دهه، شرکت‌های جنرال الکتریک[۶] و رویال داچ شل تکنیک‌های آینده‌نگاری را در رویه‌های برنامه‌ریزی شرکتی خود معرفی کردند. در دهه ۱۹۷۰، آینده‌نگاری شامل تدوین سناریوهایی درباره آینده از منظر زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی همراه با معرفی نخستین مدل‌های جهانی به‌منظور پرداختن به این مسائل به‌صورت منسجم و یکپارچه بود. [۲]

در ادامه مطالعات، سیاست علم و فناوری یا مطالعات نوآوری به‌طور فزاینده‌ای شناخته‌شده و در دهه ۱۹۸۰ رشد کردند. اگرچه در این دهه، مراکز تحقیقات نوآوری، به‌خصوص در اروپا، گسترش یافت؛ اما تا دهه ۱۹۹۰، کاربرد واژه «آینده‌نگاری» حتی با روش‌های سببی و بیان رابطه علت و معلولی در منابع آینده‌پژوهی بسیار اندک بود. تا آن‌که ضرورت وجود ابزارهای کمک به اولویت‌بندی تحقیقات در این دهه، منجر به ظهور مجدد فعالیت‌های آینده‌نگاری فناوری گردید، به‌طوری‌که از سال ۲۰۰۰ به بعد، انفجار کاربرد این واژه با فعالیت‌هایی همچون پیش‌نگری، پویش محیط، تحلیل راهبرد یا آینده‌نگری‌ها تجلی‌یافته و موج گسترش آینده‌نگاری به کشورهای جدید، به‌شدت منتقل گردید که اکنون دارای عنوان آینده‌نگاری شده‌اند.

جستجوی صورت گرفته توسط وبگاه گوگل در ۱۳ مارس ۲۰۰۶ نشان می‌دهد که نخستین ارجاع به آینده‌نگاری به مقاله مارتین و جانستون[۷] در سال ۱۹۹۹ با عنوان «آینده‌نگاری فناوری برای پیوند نظام ملی نوآوری[۸]» در نشریه «پیش‌نگری فناورانه و تغییر اجتماعی[۹]» بازمی‌گردد. [۲] این سابقه در مورد شرکت مشاور کوتز و جرت[۱۰] نیز صادق است که فعالیت‌های پویش فناوری خود را مجدداً نام‌گذاری و آن را «آینده‌نگاری فناوری» نامید.

مایلز[۱۱] در مرور اجمالی تحولات تاریخی آینده‌پژوهی و ظهور و سیطره آینده‌نگاری فناوری در ابتدای قرن بیست و یکم، سه مرحله کلی فعالیت‌ها را شناسایی کرده است. در مرحله نخست و در قرن بیستم، پیش‌نگری فناورانه به‌عنوان یک تلاش نظام‌مند فراتر از کار چشم‌اندازسازی فردی در داستان‌های علمی تخیلی و تحلیل نظری آغاز شد. مرحله دوم فعالیت‌های آینده‌پژوهی، به آمریکا و ظهور آینده‌شناسی با افزایش بالای نوآوری در روش‌های پیش‌نگری، به‌خصوص در زمینه آینده‌های بلندمدت جهانی و برنامه‌های اصلی نظامی و هوافضا، ارتباط داشت.اما شاهد افول فعالیت‌های آینده‌پژوهی در دهه ۱۹۸۰ بودیم که ناشی از شکست‌ها و ناکامی‌های پیش‌نگری‌های اقتصادی و ظهور دولت‌های نومحافظه کار بود. در مرحله سوم فعالیت (که ما در این مرحله هستیم)، کار آینده‌پژوهی به شکل آینده‌نگاری فناوری، نهادینه شده‌تر و گسترده‌تر از قبل است. مایلز نتیجه‌گیری کرد که با شناسایی شماری از تنش‌های تأثیرگذار بر آینده‌نگاری فناوری، می‌توان از مرحله سوم عبور کرد و وارد مرحله و قلمرو جدید و ناشناخته آینده‌نگاری فناوری شد. در نمایی کلی می‌توان تاریخچه آینده‌پژوهی از گذشته تا امروز را به‌صورت زیر نشان داد (شکل ۱).



شکل ۱ – آینده‌پژوهی از گذشته تا امروز [۳]

۱ Rand
۲ Datar
۳ Gaston Berger and Bertrand de Jouvenel
۴ Robert Jungk
۵ Johan Galtung
۶ General Electric
۷ Martin and Johnston
۸ Technology Foresight for Wiring Up the National Innovation System
۹ Technological Forecasting and Social Change
۱۰ Coates and Jarret
۱۱ Miles

نسل‌های آینده‌نگاری

اکثر برنامه‌های ملی آینده‌نگاری در هر دوره زمانی حاوی عناصری بیش از یک نسل می‌باشند. به‌طوری‌که نسل‌های مختلف آینده‌نگاری به انواع مختلف دانش و مسائل سیاستی می‌پردازند. در این راستا، با توجه به دیدگاه‌های جورجیو[1] (۲۰۰۱)، می‌توان توسعه آینده‌نگاری فناوری را از منظر پنج نسل در نظر گرفت.

نسل نخست: نسل اول آینده‌نگاری، همان مرحله پیش‌بینی فناوری «خالص» بوده و در اصل، بسط حوزه‌های علمی (به‌عنوان محتوای اصلی) توسط دانشمندان علوم طبیعی، در جهت پیش‌بینی احتمال انجام پیشرفت‌های بالقوه در علوم و فناوری می‌باشد.

نسل دوم: در این نسل از آینده‌نگاری؛ دانشگاهیان، پژوهشگران و مدیران صنعتی نقش اصلی را بازی می‌کنند. این نسل، در بردارنده ترکیبی از دو حوزه فناوری و بازار می‌باشد.

نسل سوم: در این نسل، با اصل سازمان‌دهی، حل مسائل اجتماعی و اقتصادی، سروکار داشته و موضوع محور است

به‌عبارت‌دیگر، نسل سوم آینده‌نگاری، متمایل به فناوری سخت است و به معنای مشارکت بیشتر ذی‌نفعان اجتماعی همچون سازمان‌های داوطلب، گروه‌های مصرف‌کننده و غیره است.

نسل چهارم: نسل چهارم آینده‌نگاری، پارادایمی نوظهور در آینده‌نگاری بود. این نسل، دامنه مشارکت‌کنندگان را گسترش بخشید و متناسب با نیازهای توسعه پایدار در چارچوب سیستم‌های نوآوری فناوری انجام پذیرفت و ابعاد چندگانه بازار، جامعه، اقتصاد، محیط‌زیست و امثال آن را دربرگرفت.

نسل پنجم: در این نسل، قلمرو کارشناسی و مراجعه به آن‌ها مهم‌تر شده است. همچنین ترکیب فعالیت‌ها و برنامه‌های آینده‌نگاری، میان مکان‌های مختلف توزیع می‌شود. ملاحظه اصلی این فعالیت‌ها؛ (الف) ساختارها یا بازیگران نظام علم، فناوری و نوآوری (STI) و (ب) ابعاد علمی و فناورانه مسائل گسترده‌تر اجتماعی یا اقتصادی است.

آینده‌نگاری و سند چشم‌انداز بیست‌ساله جمهوری اسلامی ایران

آینده‌پژوهی از حدود یک دهه پیش توجه محققان و متفکران کشور را به خود جلب نموده است؛ اما باید پذیرفت که به دلایل مختلف، هنوز به شکلی شایسته و بایسته در کشور نهادینه نشده است و برخلاف کشورهای توسعه‌یافته، هنوز خود را در بالاترین مرتبه ممکن به مدیران و سیاست‌گذاران ارشد تحمیل نکرده است.

تاکنون سازمان‌های خصوصی و دولتی مختلفی در کشور اقدام به فعالیت در حوزه آینده‌پژوهی نموده‌اند که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به اندیشکده صنعت و فناوری (آصف)، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری دفاعی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور و مؤسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی اشاره کرد. این مجموعه‌ها با یاری یکدیگر اقدام به شکل‌دهی انجمن آینده‌نگاری ایران نیز نموده‌اند.[۱]

در این راستا، سند چشم‌انداز بیست‌ساله ایران با عنوان افق ۱۴۰۴، که به تعبیری سندی ملی است، از یک‌سو اهدافی که امکان دسترسی به آن‌ها وجود دارد را مدنظر قرار می‌دهد و از سوی دیگر به افقی بر مبنای پتانسیل‌های موجود می‌اندیشد. این سند با داشتن ویژگی‌هایی نظیر آینده‌نگری، جامع‌نگری، تعهدزایی، واقع‌گرایی و...، تصویر مطلوبی از آینده ترسیم می‌نماید. به‌هرتقدیر، جهت تحقق یافتن اهداف کلان سند مذکور، ورود به نسل‌های نوین آینده‌نگاری نوآوری، ضرورتی امکان‌ناپذیر خواهد بود .[۴]

برای ساختن آینده، برنامه‌هایی در سند چشم‌انداز بیست‌ساله قرار دارند که تأکید یکی از این برنامه‌ها بر تحقیق و توسعه می‌باشد، لذا می‌بایست استراتژی تصویرپردازی از آینده که همان آینده‌نگاری نوآوری و فناوری است را در آن گنجاند. ازاین‌رو، پروژه آینده‌نگاری ملی علم و فناوری، یکی از پروژه‌های پانزده‌گانه طرح پیشنهادی نقشه جامع علمی کشور بوده است که پروژه پایلوت آینده‌نگاری مناسب‌ترین فناوری‌ها برای ایران (پامفا) مقدمه‌ای بر اجرای آن پروژه می‌باشد. طرح پایلوت آینده‌نگاری پامفا، باهدف کسب دانش نظری و تجربه عملی در خصوص رویکردهای مهم در حوزه آینده‌اندیشی و آینده‌پژوهی توسط مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور طراحی و در چهارچوب‌هایی به اجرا درآمده است.

در خصوص طرح پامفا، باید به این موضوع اشاره کرد که در اجرای طرح مذکور، علوم و فناوری‌های موردنظر طی سه مرحله و با تقسیم‌بندی سه‌گانه «علوم و فناوری‌های فیزیکی و مهندسی،علوم و فناوری‌های زیستی و علوم و فناوری‌های اجتماعی و انسانی» مشخص‌شده و برای استخراج شناخت ضمنی متخصصان در هر مرحله از سه نوبت اجرای روش دلفی و یک پانل نهایی استفاده می‌گردد.

منابع:

[۱] عبدالرحیم پدرام، محمد ازگلی، خسرو حسن‌لو، مسعود منزوی، حسین جمال یچافی، سیدکمال طبائیان، بهنام نپوری و دکتر محسن افتاده‌حال، آینده‌پژوهی؛ مفاهیم، روش‌ها، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری‌های دفاع مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، ۱۳۸۸.

[۲] لوک جورجیو، جنیفر کاسینگنا هارپر، میکاییل کینان، ایان مایلز و رافایل پوپر، ترجمه: مسعود منزوی، راهنمای آیند نگاری فناوری، مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری‌های دفاع مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، ۱۳۹۰.

[۳] مهدی خسروی، تاریخچه آینده‌پژوهی، آکادمی استراتژی ایران، ۱۳۹۸.

[۴] محمد سریرافراز، تبیین آینده نگاری نوآوری در تحقیق و توسعه در افق ایران ۱۴۰۴، هشتمین همایش مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن، ۱۳۸۸.

1 Georghiou

گزارش تحلیلی | نظم دوره گذار انرژی

بازیابی و تولید هلیوم از گاز طبیعی

امیرحسین هوشمند
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

چکیده

گاز هلیوم، امروزه در صنایع مختلف (پزشکی، الکترونیک و ...) کاربرد زیادی داشته و یک محصول با ارزش بالا تلقی می‌گردد. آنچه که به‌عنوان تولید هلیوم از آن نامبرده می‌شود، درواقع بازیابی هلیوم از منابع موجود در کره زمین است. منابع و به‌تبع آن روش‌های مختلفی برای بازیابی هلیوم وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها بازیابی از گاز طبیعی است. این گزارش، از جنبه‌های مختلف به بررسی گاز هلیوم و روش‌های تولید آن به‌ویژه بازیابی هلیوم از گاز طبیعی می‌پردازد.

خواص شیمیایی و فیزیکی هلیوم

هلیوم عنصری است گازی شکل، بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌طعم با عدد اتمی ۲ که جزو گازهای نجیب محسوب می‌شود. این عنصر بالغبر ۸ ایزوتوپ داشته لیکن فقط دو ایزوتوپ ۳ و ۴ آن (با عدد جرمی ۳ و ۴) پایدار هستند. ایزوتوپ هلیوم ۴ متداول‌ترین ایزوتوپ هلیوم است (با فراوانی یک‌میلیون اتم در مقابل یک اتم هلیوم ۳ در جو کره زمین) و لذا خواص فیزیکی و شیمیایی ذکرشده در این گزارش مربوط به ایزوتوپ ۴ می‌باشد [۱و۲].

هلیوم ۴ دو شکل مایع دارد. شکل نرمال آن‌که به مایع هلیوم I موسوم است در فاصله دمایی ۲۶۸/۹- تا ۲۷۱- درجه سانتی‌گراد وجود دارد. در کمتر از ۲۷۱- درجه، مایع هلیوم ۴ حالتی موسوم به Superfluidity می‌یابد، یعنی ویسکوزیته آن تقریباً محو و هدایت حرارتی آن ۱۰۰۰ برابر بیشتر از مس می‌شود. این فرم مایع هلیوم به نام مایع هلیوم II شناخته می‌شود [۱و۳].

دمای ذخیره‌سازی هلیوم ۲۷۰- درجه سانتی‌گراد است.

کاربرد، تولید و مصرف هلیوم

هلیوم، یک گاز صنعتی مهم تلقی شده که خواص منحصربه‌فرد آن، جایگزینی توسط مواد دیگر را در بسیاری از کاربردهای آن غیرممکن می‌سازد. از کاربردهای مهم هلیوم می‌توان به صنایع فضایی، پزشکی (مانند MRI و NMR)، جوشکاری، فرآیندهای شیلدینگ، لیزر و تولید فیبر اپتیک اشاره کرد. تولید تجاری هلیوم از سال ۱۹۲۱ آغاز گردید[۳].

جدول ۱ کاربردهای مختلف هلیوم و خواص موردنیاز در کاربردهای مذکور را نشان می‌دهد [۴]:

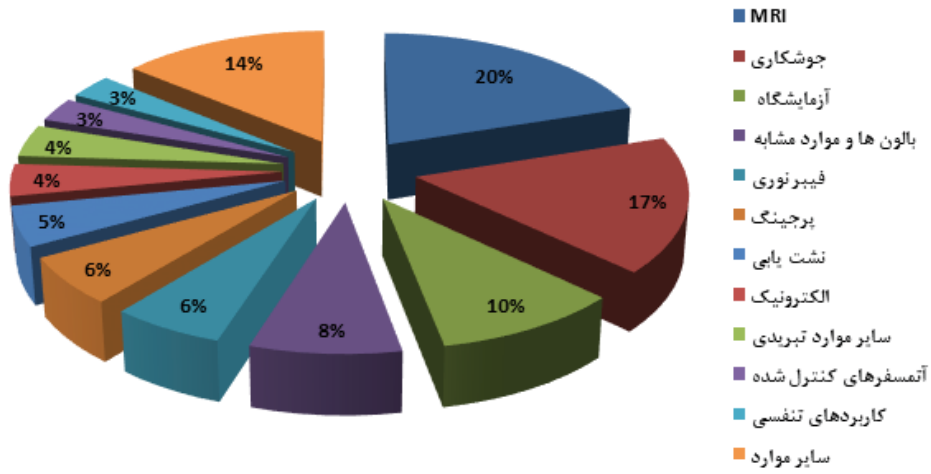
همچنین سهم صنایع مختلف از مصرف هلیوم در شکل ۱ نشان داده‌شده است [۴]:

علیرغم گسترش مصرف هلیوم، منابع آن در روی زمین محدود بوده و لذا اقداماتی جهت افزایش راندمان بازیابی و جلوگیری از هدرروی آن موردنیاز است.

ذخایر هلیوم در جهان حدود ۴۱ میلیارد مترمکعب تخمین زده می‌شود. تولید جهانی آن ۱۷۵ میلیون مترمکعب در سال است که ایالات‌متحده آمریکا بیشترین سهم از تولید هلیوم را داراست و البته بیش از نیمی از هلیوم تولیدی جهان را مصرف می‌کند [۲و۳].

خاصیت	کاربرد
دومین عنصر سبک (بعد از هیدروژن)	بالن‌ها و کشتی‌های هوایی
کوچک‌ترین اندازه مولکولی	نشتی یابی
خنثایی شیمیایی (عدم تمایل به واکنش با سایر عناصر)	گاز حامل- دستگاه‌های آنالیتیکال و نیمه‌هادی‌ها پرجینگ- نیمه‌هادی‌ها
پایین‌ترین نقطه‌جوش	خنک سازی-سوپر هادی‌ها پرجینگ و فشار افزایی هیدروژن مایع-راکت‌ها
حرارت ویژه و هدایت حرارتی بسیار بالا	گاز خنک‌کن- فیبر نوری
بالاترین پتانسیل یونیزاسیون	جوشکاری قوس فلز و پلاسی
خنثایی رادیواکتیو (بدون ایزوتوپ رادیواکتیو)	واسطه انتقال حرارت در رادیواکتیوهای هسته‌ای
سرعت‌بالای صوت در هلیوم	گاز غواصی
تبدیل‌شدن به سوپر مایع در دمای کمتر از ۲/۲ کلوین	پوشش فلزات
سایر موارد	خنک‌سازی سوپر هادی‌های دمای پائین

جدول ۱ – کاربردهای مختلف هلیوم و خواص موردنیاز



شکل ۱ – سهم صنایع مختلف از مصرف هلیوم

منابـع هلیوم و روش‌های تولید (بازیابی)

هلیوم بعد از هیدروژن، فراوان‌ترین عنصر در جهان هستی است، به‌طوری‌که می‌توان گفت حدود ۲۳ درصد جهان هستی متشکل از هلیوم است. در ستارگان، هلیوم غلظت بالایی دارد که ناشی از تولید از هیدروژن طی فرآیند هسته‌ای فیوژن است [۱و۵].

اما در کره خاکی، هلیوم یک ماده جهان زادی محسوب نمی‌شود و وجود آن ناشی از تلاشی مواد رادیواکتیو به شکل ذرات آلفا (یون هلیوم ۴) می‌باشد. منابع هلیوم بسیار محدود بوده و ازآنجاکه هلیوم گاز صنعتی مهمی است، منابع آن از اهمیت استراتژیک برخوردارند[۱و۳].

اصولاً هلیوم مورداستفاده در صنایع مختلف محصول بازیابی این عنصر از همین منابع محدود موجود در کره خاکی به روش‌های مختلف تجاری و یا نیمه تجاری است. این روش‌های تولید (بازیابی) هلیوم مبتنی بر نوع منابع هلیوم موجود در کره زمین و عوامل دیگری مانند ظرفیت واحد بازیابی، نحوه انتقال به بازار مصرف و ... است. ذیلاً منابع مذکور و روش‌های بازیابی مربوطه ارائه می‌گردد:

بازیابی از سنگ‌های معدنی خاص

بازیابی هلیوم از سنگ‌های معدنی خاص نظیر توریانیت (Thorianite) و مونازیت (Monazite) اولین منابع بازیابی هلیوم بودند [۳]:

توریانیت که سنگ معدن دی‌اکسید توریم بوده و کشور سیلان (سریلانکا) یکی از منابع تأمین آن است، چنانچه در اسید نیتریک غلیظ حل شود، مخلوط گازی محبوس در آن حاوی هلیوم، هیدروژن، دی‌اکسید کربن و نیتروژن بوده که آزاد می‌شود.

با افزودن اکسیژن به مخلوط و ایجاد جرقه، هیدروژن حذف می‌گردد. همچنین برای جدا کردن سایر گازهای مخلوط فوق‌الذکر، می‌توان از روش جذب با ذغال فعال (Charcoal) در هوای مایع استفاده کرد. هلیوم تنها جزء مخلوط است که جذب نمی‌شود و می‌توان آن را با خلوص بسیار بالا به دست آورد. درصورتی‌که توریانیت موجود نباشد، می توان از مونازیت که نسبت به توریانیت قابل‌دسترس‌تر است، استفاده نمود. مونازیت سنگ معدن فسفات بوده که متشکل از تعدادی از عناصر معدنی کمیاب (سریوم، لانتانیوم، ساماریوم و ...) می‌باشد.

لازم به ذکر است که بخشی از هلیوم را می‌توان با خرد کردن سنگ معدن و یا حرارت دادن آن آزاد کرد.

برای به دست آوردن یک مترمکعب هلیوم، یک‌تن مونازیت موردنیاز است.

بازیابی هلیوم از هوا

هوای اطراف کره زمین حاوی مقادیر بسیار کمی از هلیوم (حدود ۵/۲ قسمت در میلیون) می‌باشد. دانسیته هوای اطراف کره زمین آن‌قدر نیست که اتم‌های هلیوم از جو خارج نشوند.

پس‌ازاینکه روش‌های جداسازی هوا توسعه یافت، روش‌های اقتصادی‌تر نسبت به روش اول برای تولید هلیوم به وجود آمد. جداسازی هوا شاخه‌ای مهم از صنعت است، لیکن ازآنجاکه هدف این گزارش بررسی جزئیات بازیابی هلیوم از هوا نیست، صرفاً به ارائه کلیات بسنده می‌شود.

بازیابی از گاز طبیعی

وجود هلیوم در گاز طبیعی اولین بار در سال ۱۹۰۵ در دکستر کانزاس در ایالات‌متحده به میزان ۱/۵ درصد کشف شد. از سال ۱۹۱۷ با بازیابی هلیوم از گاز طبیعی در انتاریوی کانادا، گاز طبیعی به یک منبع مهم هلیوم تبدیل شد.

غلظت هلیوم در گاز طبیعی در نقاط مختلف بسیار متفاوت بوده و ممکن است تا ۷ درصد نیز برسد. در میدان گازی Hugoton در کانزاس و اوکلاهامای آمریکا، میزان هلیوم از ۱/۹ تا ۳ درصد تغییر می‌کند.

طبق اطلاعات موجود، میزان هلیوم در گاز طبیعی میدان گاز پارس جنوبی (معادل Qatar North Field)، حدود ۰/۰۳ تا ۰/۰۴ درصد می‌باشد.

در جدول ۲، ترکیب درصد اجزاء چند منبع گازی نمونه و به‌ویژه درصد هلیوم آن‌ها ارائه‌شده است [۶].

میدان گازی	هلیوم	متان	نیتروژن	دی‌اکسید کربن	مایعات گازی
نیومکزیکو، آمریکا	۴/۰۵	۴۹	۴۵	۰/۹۰	۱/۰۵
آلاسکا، آمریکا	۲/۵۴	۹۰/۲	۶/۸	۰/۳	–
تگزاس، آمریکا	۱/۱۷	۶۶/۲	۳۱/۱	۰/۱	۱/۴۳
آلبرتا، کانادا	۰/۵۳	۹۳	۶	۰/۵	–
استرو (Ostrow)، لهستان	۰/۴	۵۶	۴۶	۰/۳	۰/۳
پارس جنوبی	۰/۰۳	۷۹/۵	۵/۱۹	۳/۶۸	۸/۸۵
پالم ولی (Palm Valley)، استرالیا	۰/۲۱	۹۷/۵	۲/۳	۰/۱	–

جدول ۲ – ترکیب درصد اجزاء چند منبع گازی نمونه

به‌طورکلی، روش‌های مختلفی برای بازیابی هلیوم از گاز طبیعی تاکنون توسعه‌یافته و یا درحال‌توسعه می‌باشد. هریک از این روش‌ها مزایای و معایب جداگانه‌ای دارند، لیکن می‌توان گفت ظرفیت موردنیاز عامل مهمی در انتخاب نوع فرآیند می‌باشد که ذیلاً توضیح داده خواهد شد.

ازآنجاکه هلیوم گاز کمیاب و ارزشمندی است، لذا بازیابی آن حتی در مقادیر بسیار کم از گاز طبیعی نیز می‌تواند ازنظر اقتصادی جذاب باشد. این جذابیت هنگامی‌که با هدف و فرآیند اقتصادی دیگری همراه باشد، بیشتر خواهد بود. نمونه موجود آن بازیابی هلیوم در فرآیند تولید LNG است. مطالب ذیل در کنار یکدیگر به بیان این موضوع کمک می‌نماید:

گاز طبیعی که به LNG تبدیل می‌شود باید کمتر از ۱ % نیتروژن داشته باشد تا از بروز مشکلات در مخزن ذخیره‌سازی LNG (مانند لایه‌لایه شدن آن) جلوگیری نماید. به همین دلیل، کارخانه‌های LNG دارای واحد حذف نیتروژن (Nitrogen Rejection Unit, NRU) می‌باشند. چنین تأسیساتی که ظرفیت‌های بالایی داشته و از روش برودتی (Cryogenic) استفاده می‌نمایند، می‌توانند با هدف بازیابی هلیوم تکمیل گردند. لذا تولید هلیوم به‌عنوان محصول جانبی کارخانه LNG می‌تواند اقتصاد تولید و بازیابی هلیوم را بهبود ببخشد.

در خصوص کاربرد واحد NRU، شایان‌ذکر است که حذف نیتروژن از گاز طبیعی که از طریق خط لوله منتقل می‌شود (با توجه به میزان تقریبی نیتروژن در گاز طبیعی که ممکن است تا ۵ درصد هم برسد) باعث افزایش ارزش حرارتی گاز، افزایش میزان گاز قابل‌انتقال از طریق خط لوله و نهایتاً افزایش راندمان خط لوله می‌گردد [۷].

حتی حذف نیتروژن از گاز با ارزش حرارتی پایین (Low BTU) به‌منظور مایع سازی و یا جلوگیری از فلر شدن آن می‌تواند اقتصادی باشد[۷].

لذا در تمامی موارد بالا که احداث NRU می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد، بازیابی هلیوم نیز می‌تواند ازنظر اقتصادی موردبررسی و ارزیابی قرار گیرد، چراکه ادغام واحد بازیابی هلیوم با واحد حذف نیتروژن، اقتصاد کل فرآیند را بهبود می‌بخشد.

در ظرفیت‌های بالا، مانند آنچه که در تولید LNG مورداستفاده قرار می‌گیرد، برای حذف نیتروژن و بازیابی هلیوم از روش سردسازی یا Cryogenic استفاده می‌شود [۵].

در کارخانه‌های LNG، واحد بازیابی هلیوم (در صورت وجود) بخشی از کارخانه LNG محسوب شده و در مراحل پایانی سردسازی گاز طبیعی قرار دارد. آنچه که از واحد بازیابی هلیوم به دست می‌آید هلیوم خام است. هلیوم خام باید دو مرحله دیگر شامل خالص‌سازی و مایع سازی را پشت سر بگذارد تا آماده ذخیره‌سازی و پس‌ازآن انتقال به بازار مصرف گردد. خالص‌سازی هلیوم خام معمولاً با فرآیند PSA Pressure Swing Adsorption و توسط یک جاذب سطحی مانند

شکل ۲ – شماتیک کارخانه LNG و واحد بازیابی هلیوم

کربن انجام می‌شود.

شکل ۲، به‌طور شماتیک واحد بازیابی هلیوم را در کنار واحد LNG نشان می دهد:

درروش Cryogenic فوق‌الذکر، هزینه سرمایه‌گذاری تابع ظرفیت واحد و غلظت هلیوم موجود در گاز طبیعی می‌باشد. درصورتی‌که غلظت هلیوم کم باشد (مانند آنچه که در گاز حاصل از منابع گازی قطر دیده می‌شود) بازیابی هلیوم از گاز طبیعی فقط در ظرفیت‌های بالا اقتصادی است.

لازم به ذکر است درصورتی‌که هدف از تولید هلیوم، صادرات آن به بازارهای دوردست باشد، محصول واحد بازیابی هلیوم باید به شکل مایع باشد. این موضوع مستلزم لجستیک مناسب برای نگهداری و حمل‌ونقل هلیوم مایع است. به نظر می‌رسد اقتصاد واحد مایع سازی هلیوم نیز به مقدار زیادی به ظرفیت واحد مذکور بستگی داشته و برای واحدهای با ظرفیت پایین اقتصادی نباشد.

استفاده از غشاء (Membrane) به کمک اختلاف در سرعت نفوذ اجزاء گاز طبیعی، از فرآیندهای دیگری است که می‌توان برای جداسازی هلیوم از گاز طبیعی استفاده کرد. این روش برای ظرفیت‌های پایین بکار برده می‌شود. به‌منظور روشن شدن موضوع، نفوذپذیری (Permeability) اجزای مهم گاز طبیعی (متان و نیتروژن) با هلیوم در غشاءهای مختلف در جدول ۳ مقایسه شده‌اند. در این جدول، همچنین فاکتور جداسازی هلیوم از متان و

غشاء	دما (درجه سانتی‌گراد)	نفوذپذیری (Barrer)			فاکتور جداسازی	فاکتور جداسازی
		هلیوم	نیتروژن	متان	هلیوم/نیتروژن	هلیوم/متان
لاستیک سیلیکون	۳۰	۲۳۰	۱۵۰	۵۹۰	۱/۵	۰/۳۹
لاستیک فنیلین سیلیکون	۳۰	۱۵۰	۴۰	۲۰۰	۳/۸	۰/۷۵
لاستیک نیتریل سیلیکون	۳۰	۷۹	۲۱	۱۰۰	۳/۸	۰/۷۹
پلی کربنات	۳۰	۶۷	۴/۶	۳/۶	۱۵	۱۹
تفلون FEP	۳۰	۶۲	۲/۵	۱/۴	۲۵	۴۴
لاستیک طبیعی	۳۰	۳۶	۱۰/۵		۳/۴	
پلی استایرن	۳۰	۳۵	۲/۲	۲.۳	۱۶	۱۵
اتیل سلولز	۳۰	۳۱	۲/۸	۶/۴	۱۱	۴/۹
پلی ونیل کلراید	۳۰	۱۴		۲		۷
پلی اتیلن	۳۰	۱۰	۱/۹		۵.۳	
پلی وینیل فلوراید	۳۰	۱/۸	۰/۰۱۹	۰/۰.۰۰۶۵	۹۵	۲۸۰
Mylar (نوعی پلی استر)	۲۵	۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۱۷۰	۱۷۰
Saran (از جنس پلی اتیلن)	۲۵	۰/۰۶۶	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۲۵	۳۷۰	۲۶۰
شیشه Vycor (از جنس سیلیکا)	۴۰۰	۴/۸	۰/۰۰۰۶۳		۷۶۰۰	بسیار بالا
Vitreosil (از جنس سیلیکا)	۳۰	۰/۶۴			بسیار بالا	بسیار بالا
Vitreosil (از جنس سیلیکا)	۴۰۰	۳۲۰			بسیار بالا	بسیار بالا

جدول۳- مقایسه نفوذپذیری هلیوم، نیتروژن و متان از غشاءهای مختلف

نیتروژن نشان داده‌شده است [۸].

شایان‌ذکر است آنچه از فرآیند جداسازی با غشاء به دست می‌آید گاز با درصد هلیوم بالا (Helium Rich) بوده و نیاز به خالص‌سازی دارد. علاوه بر این، اگر هدف تولید هلیوم مایع باشد، باید مباحث مربوط به مایع سازی هلیوم که در بالا به آن اشاره شد، مدنظر قرار بگیرد.

بازیابی هلیوم از واحد آمونیاک

گاز ضایعاتی (Waste Gas) واحد آمونیاک منبع مهم دیگری است که حاوی هلیوم می‌باشد و می‌تواند برای بازیابی هلیوم مورداستفاده قرار گیرد. اگرچه این منبع هلیوم، منبع مستقلی محسوب نشده و منشأ هلیوم موجود در آن هوا و گاز طبیعی است، لیکن مطابق توضیحات ذیل، بازیابی هلیوم از آن می‌تواند ازنظر اقتصادی جذاب باشد [۷].

با توجه به نوع فرآیندهای مورداستفاده در تولید آمونیاک که در آن‌ها گاز طبیعی و اکسیژن هوا برای تولید گاز سنتز (و نهایتاً هیدروژن)، مصرف‌شده و نیتروژن موجود در هوا نیز برای سنتز آمونیاک مورداستفاده قرار می‌گیرد، غلظت اجزائی نظیر هلیوم (که در هوا و گاز طبیعی ورودی به واحد آمونیاک وجود دارند) در گاز waste خروجی از واحد مایع سازی آمونیاک افزایش قابل‌توجهی می‌یابد؛ درواقع این جریان، یک جریان تغلیظ یافته هلیوم می‌باشد که امکان بازیابی آن را با راندمان بالاتری فراهم می‌نماید.

مقدار هلیوم در گاز ضایعاتی واحد آمونیاک به حدود ۰/۳ تا ۰/۴ درصد می‌رسد. همچنین، این جریان گازی حاوی درصد بالایی از هیدروژن است، لذا تفکیک و جداسازی اجزاء جریان گاز ضایعاتی واحد آمونیاک و دستیابی به مواد فوق‌الذکر، ارزشمند و اقتصادی به نظر می‌رسد.

شایان‌ذکر است مقدار جریان گاز فوق‌الذکر، در اقتصادی بودن بازیابی هلیوم از آن عامل تعیین‌کننده‌ای است.

وضعیت تولید هلیوم در قطر

در حال حاضر دو واحد بازیابی هلیوم از گاز طبیعی در رأس لافان قطر در حال بهره‌برداری هستند که خوراک هلیوم خود را مطابق آنچه در بخش‌های قبل ذکر شد از واحدهای LNG موجود در منطقه تأمین می‌نمایند. یک واحد دیگر هلیوم نیز در حال ساخت می‌باشد. طبق اطلاعات موجود نوع فرآیند مورداستفاده در طرح هلیوم ۳ با واحدهای هلیوم ۱ و ۲ متفاوت است [۹].

مشخصات واحد/طرح‌های فوق‌الذکر که متعلق به شرکت RasGas می‌باشند، در جدول ۴ به‌طور خلاصه قیدشده‌اند.

واحدهای هلیوم ۱ و ۲ قطر با تولید سالیانه حدود ۲ میلیارد فوت مکعب استاندارد هلیوم (به شکل مایع) در حال حاضر حدود یک‌چهارم نیاز جهانی به هلیوم را برآورده می‌نمایند.

شایان‌ذکر است تأسیسات LNG قطر متعلق به دو شرکت RasGas و QatarGas بوده و در شهر صنعتی رأس لافان قطر قرار دارند. این تأسیسات جمعاً شامل ۱۴ ردیف (Train) تولید LNG می‌باشند. جدول ۵، مشخصات کلی تأسیسات تولید LNG قطر را نشان می‌دهد:

واحد/طرح	وضعیت	آغاز ساخت	آغاز بهره‌برداری	ظرفیت (میلیون مترمکعب استاندارد در سال)	منبع خوراک
Helium ۱	درحال تولید	۲۰۰۳	۲۰۰۵	۱۹	ردیف‌های LNG شماره ۱ تا ۵ شرکت RasGas و ردیف‌های LNG شماره ۱ تا ۳ شرکت QatarGas
Helium ۲	درحال تولید	۲۰۱۱	۲۰۱۳	۳۷	ردیف‌های LNG شماره ۶ و ۷ شرکت RasGas و ردیف‌های LNG شماره ۴ تا ۷ شرکت QatarGas
Helium ۳	درحال‌ساخت	۲۰۱۵	۲۰۱۸	۱۲	نامشخص

جدول۴- مشخصات واحد/طرح‌های تولید هلیوم در شرکت RasGas

شرکت	واحد	ردیف های LNG	ظرفیت هر ردیف (میلیون تن در سال)	توضیحات
QatarGas	QatarGas ۱	۱، ۲ و ۳	۳/۳	
	QatarGas ۲	۴ و ۵	۷/۸	Mega LNG
	QatarGas ۳	۶	۷/۸	Mega LNG
	QatarGas ٤	۷	۷/۸	Mega LNG
RasGas	RasGas ۱	۱ و ۲	۳/۳	
	RasGas ۲	۳، ۴ و ۵	۴/۷	
	RasGas ۳	۶ و ۷	۷/۸	Mega LNG

جدول۵- مشخصات کلی واحدهای تولید LNG در قطر

تولید هلیوم در ایران؛ نتیجه‌گیری و پیشـــنهاد

در حال حاضر هیچ‌یک از روش‌های بازیابی هلیوم که در این گزارش توضیح داده شد، در ایران استفاده نمی‌شود. علیرغم احداث واحدهای تجاری بازیابی هلیوم از گاز طبیعی در میدان گازی پارس جنوبی توسط کشور قطر، هنوز ایران گامی در این زمینه برداشته نشده است.

از طرف دیگر، علیرغم تعدد واحدهای آمونیاک در ایران که دارای واحد آمونیاک و بخش جداسازی هوا هستند، طرحی جهت بازیابی هلیوم از گاز ضایعاتی واحدهای آمونیاک نیز دیده نمی‌شود.

لذا با توجه به موارد فوق پیشنهاد می‌گردد:

۱) اجرای تأسیسات LNG توسط بخش خصوصی با تأکید بر لزوم اجرای واحد بازیابی هلیوم موردتوجه قرار گیرد.

۲) شرکت‌های تولید آمونیاک نسبت به بررسی امکان بازیابی هلیوم از واحدهای مذکور تشویق گردند.

۳)امکان‌پذیری فنی و اقتصادی جهت افزودن واحدهای حذف نیتروژن و بازیابی هلیوم به پالایشگاه‌های گازی با هدف دوگانه بازیابی هلیوم و کاهش نیتروژن در خطوط لوله انتقال گاز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع:

1: Britannica, The Editors of Encyclopaedia. “helium”. Encyclopedia Britannica, 4 Nov. 2020, https://www.britannica.com/science/helium-chemical-element. Accessed 8 January 2022

2: Wiley-VCH-Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry-Wiley2007

3: S. Mohr & J. Ward, Helium Production and Possible Projection, Minerals 2014, 4, 130-144

4: Helium – Macro View, Edison Report, 2019

5: Helium Recovery, International Courses of Cryogenics, 2nd Part, CERN, Geneva, 2010

6: C. A. Scholes & U. K. Ghosh, Review of Membranes for Helium Separation and Purification. Membranes (Basel). 2017;7(1):9. Published 2017 Feb 17. doi:10.3390/membranes7010009

7: www.the-linde-group.com

8: S.A. Stern, T.F. Sinclair, P.J. Gareis, N. P. Vahldieck, & P. H. Mohr. Helium Recovery by Permeation. Industrial & Engineering Chemistry, 1965, .57(2), 49–60

9: www.qatargas.com

گزارش تحلیلی | نظم کنونی انرژی

مروری بر ابزارهای تدوین نقشه راه فناوری

سید علیرضا واعظ ـ سید صادق ضرغامی ـ طاهر خرم روز

مقدمه

یکی از ابزارهای سازمان‌های پیشرو جهت کسب مزیت رقابتی و شایستگی‌های محوری، به‌کارگیری فناوری‌های نوآورانه، پیچیده، کم‌هزینه و در حال تغییر می‌باشد. ازاین‌رو، تدوین نقشه راه فناوری که شامل مجموعه‌ای از تصمیم‌ها و اقدامات راهبردی در زمینه به‌کارگیری فناوری‌های نوین و نوظهور بوده و به‌منظور ممیزی فناوری، پیش‌بینی فناوری و آینده‌نگاری فناوری مورداستفاده قرار می‌گیرد، از اهمیت بالایی برخوردار است.

سند نقشه راه فناوری همسو با برنامه‌ریزی راهبردی سازمان مورداستفاده قرار می‌گیرد. تدوین این سند برای صنایعی که فناوری نقش مهمی در ایجاد ارزش‌افزوده آنها دارد، بسیار حیاتی است. تغییرات سریع فناوری‌ها در حوزه انرژی و به دنبال آن پدیدار شدن پارادایم‌های نوین نظیر پارادایم‌های زیست‌محیطی و انرژی‌های پاک، لزوم پایش فناوری‌های نوظهور و بررسی تأثیر آن‌ها بر برنامه‌ریزی‌های صنعت مربوطه را نشان می‌دهد. سرمایه‌گذاری‌های فناورانه نیز باید در راستای نقشه راه فناوری انجام پذیرد.

اهداف مهم نقشه راه فناوری شامل: همسوسازی راهبردهای تجاری و فناوری، شناسایی فرصت‌های تجاری جدید به دلیل ورود فناوری‌های نوظهور، سرمایه‌گذاری‌های هدفمند، تدوین راهبردهای جدید، تخصیص بهینه منابع، تدوین راهبردهای تحقیق و توسعه و... می باشد.

صنعت نفت نیز به‌عنوان یکی از صنایع مهم و تأثیرگذار در کشور که سهم قابل‌توجهی در تولید ناخالص داخلی دارد، جهت ارتقای کیفی محصولات و حفظ سهم بازار خود، نیازمند تدوین نقشه راه فناوری است. یکی از مراحل اصلی در تدوین نقشه راه فناوری، تبیین روش‌شناسی و استفاده از ابزارهای مناسب جهت تدوین این سند مهم می‌باشد. در بولتن تخصصی فناوری شماره ۱۳ (آذرماه ۱۴۰۰)، مطالبی در خصوص سطوح مختلف نقشه راه فناوری ارائه گردید. در این شماره برخی از ابزارهای مهم روش‌شناسی موردبحث قرار می‌گیرد.

روش‌شناسی تدوین نقشه راه فناوری

مراحل اصلی در تدوین نقشه راه فناوری که هرکدام با استفاده از ابزارهای مدیریتی مناسب قابل انجام می‌باشد، به شرح ذیل ارائه‌شده است:

۱. شناسایی حوزه‌های کلان فناوری: یکی از مراحل مهم و اساسی در تدوین نقشه راه فناوری، شناسایی حوزه‌های کلان فناوری می‌باشد که عمدتاً بر مبنای زنجیره ارزش هر صنعت صورت می‌گیرد و باید با دقت خیلی زیاد انجام شود. هدف اصلی شناسایی حوزه‌های کلان فناوری، توان پاسخگویی به چالش‌های شناسایی‌شده در صنعت می‌باشد. ابزارهایی که می‌توانند در این مرحله مورداستفاده قرار گیرند شامل مطالعات آینده‌پژوهی، مطالعات کتابخانه‌ای و جلسات هم‌اندیشی با خبرگان است. در این مرحله حوزه‌های کلان فناوری در صنعت مربوطه تعیین می گردند.

۲. شناسایی محورهای فناوری: پس‌ازاینکه حوزه‌های کلان فناوری مشخص گردید، نوبت به تعیین محورهای فناوری در حوزه مربوطه می‌رسد. این کار طی جلسات هم‌اندیشی با متخصصان و مطالعات کتابخانه‌ای انجام می‌پذیرد.

۳. تدوین شناسنامه محورهای فناوری: در این مرحله به‌منظور برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای توسعه فناوری‌های اولویت‌دار و همچنین حفظ انسجام و یکپارچه‌سازی مطالب، از شناسنامه محورهای فناوری استفاده می‌شود. معمولاً محورهای در نظر گرفته‌شده در شناسنامه فناوری با توجه به نوع فناوری و صنعت متفاوت است، اما مهم‌ترین محورهای عمومی شناسنامه فناوری عبارتند از: معرفی فناوری، درخت فناوری، تعیین وضع موجود فناوری در کشور و ارزیابی فناوری توسط ماتریس جذابیت– توانمندی و تعیین سطح آمادگی فناوری که در ادامه شرح مختصری از هر یک از محورهای مذکور ارائه خواهد شد. بدیهی است که پس از تکمیل مراحل مذکور، نقشه راه فناوری را می‌توان تدوین نمود. با توجه به اینکه دو ابزار درخت فناوری و تعیین سطح آمادگی (بلوغ) فناوری (Technology Readiness Level, TRL) از ابزارهای بسیار مهم در تبیین شناسنامه محورهای فناوری و به‌تبع آن تدوین نقشه راه بوده و نیاز به تخصص در حوزه مربوطه دارند، در ادامه، توضیحات بیشتری در خصوص این دو ابزار ارائه می‌گردد.

۳-۱. معرفی فناوری

اندیشمندان درک نسبتاً متفاوتی از فناوری دارند. آن‌ها فناوری را به‌عنوان یک ابزار، سیستم و ارزش در توسعه و تولید محصولات و یا ارائه خدمات تلقی می‌نمایند، ازاین‌رو می‌بایست با یک رویکرد یکپارچه و توجه به جایگاه راهبردی هر فناوری به معرفی فناوری‌های کلیدی پرداخت. به‌طورکلی در معرفی فناوری می‌بایست فناوری را جزئی از بدنه‌ی اصلی کسب‌وکار در نظر گرفت که برای صنعت مربوطه با مزیت رقابتی همراه باشد. قاعدتاً توازن در معرفی فناوری‌های نرم و سخت می‌تواند در تقویت مزیت‌های رقابتی صنعت اثرگذار باشند.

۳-۲. درخت فناوری

درخت فناوری، یک نمودار شاخه‌ای است که فناوری‌ها، مؤلفه‌ها و کارکردهای فناوری‌های خاص را در یک محصول یا سامانه، به تصویر می‌کشد. درخت فناوری از طریق تسهیل شناسایی فناوری‌های کلیدی و راهبردی به‌کاررفته در یک محصول، کمک شایانی به اتخاذ

تصمیم‌های بهینه در زمینه فناوری می‌کند (Choi, S etc ۲۰۱۲).

به‌عنوان نمونه در شکل ۱، یک درخت فناوری از شاخه‌های اصلی فناوری سیستم‌های بستر دریا که در مطالعه‌ای با عنوان «نقشه راه فناوری‌های دریایی ایران» در سال ۱۳۹۶ ارائه گردیده، نمایش داده‌شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد. این درخت فناوری شامل شش شاخه‌ی اصلی؛ تجهیزات زیردریا، فناوری نصب، سکوی میزبان، سیستم توزیع، سیستم‌های کنترلی و سیستم تأمین قدرت می‌باشد.

۳-۳. تعیین وضع موجود فناوری در کشور:

یکی از مهم‌ترین بخش‌های ترسیم نقشه راه فناوری، شناخت صحیح از وضع موجود و بررسی آمار و ارقام است. با توجه به اینکه در برخی از حوزه‌ها، ضعف آماری در کشور مشهود است، شاخص‌ها و معیارهایی مشخص‌شده که بتوان به‌وسیله انجام مطالعات میدانی، به یک نمای کلی از وضعیت کشور در فناوری رسید و آن را موردبررسی و تحلیل قرارداد. وضع موجود فناوری در کشور از طریق تعیین دو شاخص جذابیت فناوری و توانمندی کشور در فناوری صورت می‌پذیرد.

۳-۳-۱. جذابیت فناوری: شامل مجموعه عواملی هستند که در خارج از سازمان بوده و تحت کنترل سازمان نمی‌باشند. از آن جمله می‌توان به رفتار مشتری، رقبا، دولت‌ها و دیگر ذی‌نفعان اشاره نمود که این عوامل جایگاه فناوری را در بیرون از بنگاه تبیین می‌کنند.

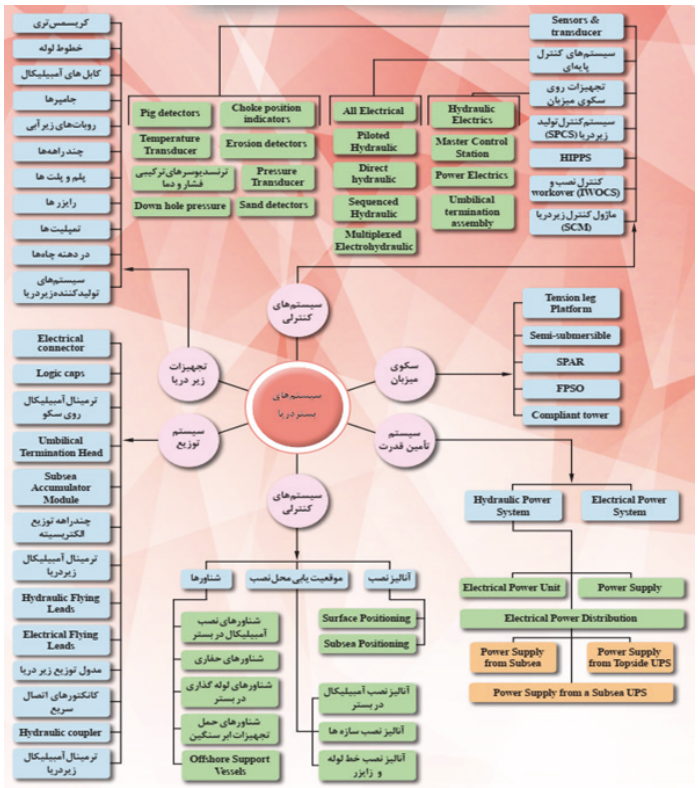
۳-۳-۲. توانمندی فناوری: در این قسمت، عامل‌ها و شاخص‌هایی موردبررسی قرارگرفته که میزان توانایی و ظرفیت‌های توسعه یک فناوری مشخص در کشور را نمایش می‌دهد. برخی از این شاخص‌ها عبارتند از:

- وضعیت نیروی انسانی موجود در طراحی و به‌کارگیری فناوری موردنظر
- توانمندی شرکت‌های موجود داخلی جهت توسعه فناوری مذکور (برخورداری از تجهیزات، دانش و فناوری‌های موردنیاز)
- سطح آمادگی یا بلوغ فناوری
- وضعیت زیرساخت‌های آزمایشگاهی و تجهیزات موجود
- زمان اکتساب فناوری
- شدت سرمایه موردنیاز جهت اکتساب فناوری
- وضعیت دسترسی به فناوری (تحریم و روابط بین‌المللی در حوزه فناوری)

۴-۳. تعیین سطح آمادگی فناوری

در سال ۱۹۷۴، ناسا به‌منظور اندازه‌گیری میزان سطح آمادگی فناوری از روش TRL استفاده نمود. این روش مشتمل بر هفت سطح بود که با تکمیل آن در سال ۱۹۹۰ به ۹ سطح افزایش یافت. مطابق شکل ۲، سطوح مختلف TRL نمایش داده‌شده که در ادامه به تبیین هر یک پرداخته می‌شود. امروزه در منابع مختلف، TRL را در ۹ یا ۱۱ سطح در نظر می‌گیرند (بر اساس تحقیقی که در خصوص انرژی‌های پاک در آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۲۱ انجام‌شده است، سطوح یازده‌گانه‌ای برای TRL تعریف‌شده است).

TRL ۱ – تحقیقات فناوری: اصول و ایده اولیه در این مرحله شکل می‌گیرد که پایین‌ترین سطح بلوغ فناوری است. درواقع بلوغ فناوری جدید در مسیر پیشرفت از این مرحله آغاز می‌شود. در این مرحله تحقیقات علمی در حال انتقال به تحقیقات و توسعه



شکل ۱. درخت فناوری محور سیستم‌های بهره‌برداری بستر دریا برای منابع نفت و گاز
(نقشه راه فناوری‌های دریایی ایران، ۱۳۹۶)

کاربردی است و به‌طور عمده سخت افزاری وجود ندارد (نقشه راه فناوری‌های دریایی ایران، ۱۳۹۶).

TRL۲ – ساختاریافته شدن مفهوم فناوری: در این مرحله مفهوم فناوری و موارد به‌کارگیری آن شکل می‌گیرد. شایان‌ذکر است در این سطح، کاربردها هنوز نظری هستند. مواردی ازجمله ثبت اختراع، مدل‌سازی و ... در این مرحله می‌باشند. با تعریف کاربردها، نکات بالقوه‌ای که ملزومات رسیدن فناوری به TRL بالاتر هستند به دست می‌آید.

TRL۳ – اثبات مفهومی مشخصه‌های کلیدی به‌صورت تجربی و نظری: در این مرحله مطالعات دقیق و بررسی‌های آزمایشگاهی به‌منظور مشخص شدن کاربردهای دقیق یک فناوری صورت می‌گیرد. درواقع اعتبارسنجی کاربرد فناوری در این مرحله می‌باشد. در این سطح، تحقیق و توسعه فعال آغاز می‌شود که شامل مطالعات تحلیلی برای رسیدن به کاربردهای مناسب فناوری می‌باشد و قاعدتاً تحقیقات آزمایشگاهی برای تصدیق فناوری انجام می‌پذیرد. در این مرحله با تحقیقات و تجربیات، شکل‌دهی «اثبات مفهومی»، تقویت‌شده و مرحله TRL۲ و کاربردها را شفافتر می‌کند. با رسیدن به مرحله TRL۳ شرایط زیر می‌بایستی محقق گردد:

- آزمایش‌های انجام‌شده در آزمایشگاه‌ها از طریق مدل تحلیلی پیش‌بینی‌شده منجر به پیشرفت فناوری گردد.
- بستر مناسب برای پیشرفت فناوری تبیین گردد.

TRL۴– نمایش نمونه اولیه فناوری در محیط آزمایشگاه: در این سطح، نمونه اولیه طرح پیشنهادی آماده‌شده است، به طوری که با کنار هم قرار دادن اجزا، فناوری آماده‌به‌کار می‌گردد. در این مرحله می‌بایست به این موضوع توجه داشت که هنوز سطح اطمینان فناوری مورد تائید قرار نگرفته و فناوری دارای عملکرد قابل‌قبول نمی‌باشد.

TRL۵– نمایش نمونه اولیه فناوری (توسعه المان یا نمونه در محیط‌های مناسب): در این سطح، صحت و قابلیت واقعی و غیر آزمایشگاهی نمونه اولیه فناوری به‌طور عمده‌ای افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که نمونه فناوری تحت شرایط محیطی نزدیک به محیط واقعی به‌درستی عمل می‌نماید. تفاوت بین TRL۴ و TRL۵ در شرایط به‌کارگیری نمونه فناوری می‌باشد. برای آزمایش موفق در یک «محیط نزدیک به محیط واقعی» کیفیت نمونه بایستی نسبت به آزمایش در TRL۴ با پیشرفت همراه باشد. برای پیشرفت‌های فناوری، آزمایش در محیط واقعی (برای مثال، در فعالیت‌های ناسا، این محیط، فضا می‌باشد) و تائید عملکرد فناوری در محیط مذکور ملاک عمل قرار خواهد گرفت. با رسیدن به مرحله TRL۵ شرایط زیر می‌بایستی محقق گردد:

- اولاً «شرایط محیط واقعی» برای سنجش عملکرد فناوری به‌طور کامل مشخص گردد.
- ثانیاً میزان پیشرفت فناوری در دو محیط آزمایشگاهی و واقعی متناسب با کاربردهای فناوری مشخص و در انتها، پیشرفت فناوری در یک الگو یا ساختار شبه واقعی ارائه گردد.

TRL۶ – نمایش و تائید نمونه اولیه فناوری: در این مرحله نمونه اولیه فناوری در شرایط نزدیک به محیط واقعی به‌درستی عمل می‌نماید به طوری که مرحله اصلی در تعیین صحت نمایش فناوری این مرحله می‌باشد. در این سطح، اطمینان داشتن از شرایط نزدیک به محیط واقعی، بیش از تحقیق و توسعه (R&D) به کار می‌آید؛ ازاین‌رو برخی از فناوری‌ها در TRL۶ قرار نمی‌گیرند. به‌عنوان‌مثال

شکل۲. سطوح مختلف TRL

در ناسا، در این سطح، اگر تنها محیط مناسب، محیط فضایی باشد، مدل/ نمونه بایستی در فضا نمایش داده شود که عملاً امکان‌پذیر نیست. با رسیدن به مرحله TRL۶ شرایط زیر باید محقق گردد:

- پیشرفت فناوری مستلزم ارائه یک مدل بالقوه یا مناسب می‌باشد که احتمالاً با بسته‌بندی و طراحی لازم برای استفاده در یک مدل واقعی است.
- محیط‌های تنش‌زا به‌طور تجربی شناسایی‌شده و نمونه فناوری در «محیط واقعی» در گستره‌ای از نقاط قوت و ضعف عملکردی جهت آماده‌سازی برای کاربرد واقعی قرار می‌گیرد.

TRL۷– نمایش نمونه اولیه فناوری در محیط واقعی: در این مرحله، نمونه فناوری، آماده به‌کارگیری در محیط واقعی است. به دلایل اقتصادی، این مرحله‌ای است که همیشه به کار نمی‌آید. اهداف لازم برای رسیدن به این سطح از بلوغ فناوری، اطمینان یافتن از مهندسی سیستم و یا مدیریت توسعه بیش از R&D فناوری می‌باشد و اینکه عملکرد فناوری در محیط واقعی متناسب با پیش‌بینی‌های صورت گرفته می‌باشد. با توجه به اینکه در این سطح، نمونه فناوری باید در محیط واقعی به‌صورت کاربردی مورد آزمایش قرار گیرد، ازاین‌رو برخی از فناوری‌ها در این سطح قرار نمی‌گیرند و به محیط واقعی برای آزمایش احتیاج ندارند. به عبارتی این سطح معمولاً در مواردی به کار گرفته می‌شود که فناوری و یا زیرسیستم کاربردی دریک مأموریت بحرانی و دارای ریسک بالا است.

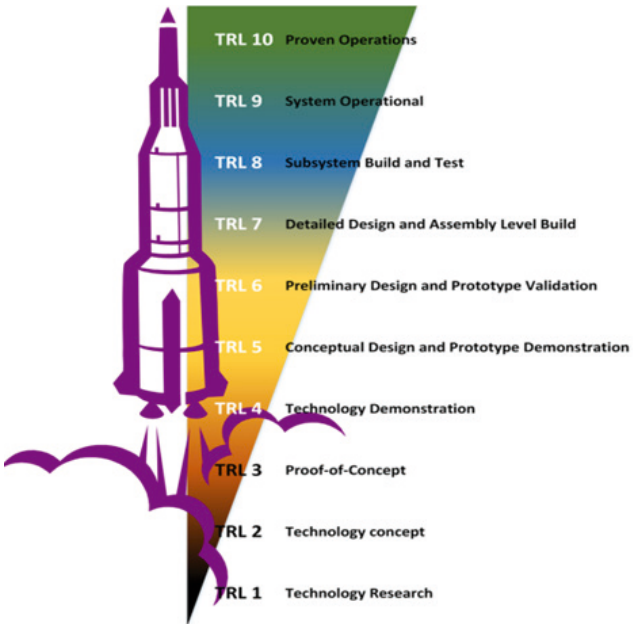
TRL۸ – ساخت زیرسیستم‌ها و تست آن‌ها: در این سطح، سیستم واقعی کامل شده و قابلیت بهره‌برداری با اطمینان بالا وجود دارد. تمام فناوری‌هایی که ارزیابی و تست‌های نهائی آن‌ها پایان‌یافته و در سیستم‌های واقعی، کاربردی و استفاده‌شده‌اند در مرحله TRL۸ قرار می‌گیرند. در این سطح، سیستم فناوری به‌صورت یک پکیج قابل‌اجرا و انتقال می‌باشد.

TRL۹ – سیستم عملیاتی: در این گام محصول در مرحله آزمون عملیاتی کامل، موفق عمل کرده است، به عبارتی عملکرد فناوری مربوطه در وضعیت‌های عملیاتی کامل اثبات‌شده است به طوری که تمام فناوری‌هایی که در سیستم‌های واقعی کاربردی شده‌اند در سطح TRL۹ قرار می‌گیرند.

همان‌گونه که گفته شد، بسیاری از منابع تا همین سطح (سطح ۹) را برای TRL ذکر نموده‌اند. لیکن گاهی سطح دهم که مشتمل بر اثبات کارکرد صحیح فناوری می‌باشد، نیز در نظر گرفته می‌شود (شکل شماره ۳).

TRL۱۰ – اثبات کارکرد عملیاتی: با توجه به اینکه فناوری بدون حادثه (با سطوح حادثه در محدوده قابل‌قبول) برای مدت‌زمان طولانی مورداستفاده قرارگرفته است، لذا در این مرحله از طریق ارزیابی عملیات مکرر و سایر ابزارهای تأییدشده، نرخ شکست برای فناوری، شناخته‌شده و شرایط خرابی و علل آن‌ها مشخص و بر مبنای آن برای فناوری‌ها گواهینامه ای صادر می‌گردد که بر اساس آن عملکرد فناوری/سیستم در شرایط بدون نیاز به سطوح غیرقابل‌قبول عیب‌یابی یا تعمیر غیرقابل‌برنامه‌ریزی، مشخص می‌گردد (Straub, ۲۰۱۵).

TRL۱۱ – اثبات پایداری: در این مرحله، فناوری به ثبات نسبی رسیده و رشد فناوری در بازار (افزایش سهم در بازار هدف) قابل پیش‌بینی است.



شکل۳. نمودار سطوح آمادگی فناوری، مشتمل بر TRL۱۰ (Straub, ۲۰۱۵)

در ادامه باهدف پیاده‌سازی مبانی نظری سطح آمادگی فناوری که پیش‌تر به آن‌ها اشاره گردید، یک نمونه عملی استفاده از سطح آمادگی فناوری در صنعت نفت ارائه می‌گردد.

نمونه عملی استفاده از سطح آمادگی فناوری در صنعت نفت

یکی از نمونه‌های عملی موفق در استفاده از سطح آمادگی فناوری، «مگا پروژه ساخت اقلام راهبردی موردنیاز صنعت نفت» می‌باشد. به‌منظور قطع وابستگی صنعت نفت به واردات کالاهای راهبردی، در این مگا پروژه، تجهیزاتی که قبلاً وارداتی بوده (نمونه ساخت داخلی نداشته) برای اولین بار به سازندگان داخلی جهت «ساخت فناورانه» واگذار شد. به عبارتی از اهرم خرید از سازندگان داخلی برای توسعه، انتقال و بومی‌سازی فناوری استفاده گردید.

در این مگاپروژه، کارگروه اقلام راهبردی وزارت نفت با عضویت نمایندگان شرکت‌های اصلی و فرعی تشکیل و نسبت به استخراج فهرست اقلام راهبردی و کالاهای اولویت‌دار (حسب اعلام نیاز شرکت‌های نفت، گاز، پالایش و پخش و پتروشیمی) اقدام گردید. این فهرست توسط کارگروه فوق به ۲۱ دسته کالاهای اولویت‌دار ساخت داخل و دانش‌بنیان تقلیل یافته و نهایتاً در ده گروه خانواده کالایی راهبردی دسته‌بندی‌شد (نفت و توسعه ۶، ۱۳۹۸).

از شرکت‌های فعال در ساخت ده گروه خانواده کالایی فراخوان محدود به عمل آمد و پس از بررسی طرح‌های توجیه فنی– اقتصادی سازندگان و شناسایی تولیدکنندگان مناسب، فهرست آن‌ها برای همکاری تهیه گردید.

در این پروژه براساس روش‌های رایج مناقصه، انتخاب برنده عمدتاً مبتنی بر ارزیابی کالا و بر اساس سه شاخص عمده قیمت، کیفیت و زمان (QCD) صورت گرفت که شرایطی مهیا گردید تا سازندگان علاوه بر عرضه توانمندی خود در تأمین کالا، توانمندی‌های

فناورانه خود را نیز عرضه نمایند تا با روش‌های TRL -MRL CRL- ارزیابی شوند (دو متد CRL[۲] و MRL[۱] در شماره‌های آتی این ماهنامه به‌طور مفصل موردبحث قرار خواهند گرفت). بر این اساس، سازندگانی انتخاب شدند که: حداقل توانمندی‌های فناورانه را داشته، بتوانند اهداف مناسب برای توانمندی فناوری آتی خود را تدوین نموده و نقشه راه رسیدن به سطح بالای فناوری را نیز ارائه نمایند. به عبارتی، ارزیابی فناوری محور، جهت انتخاب مجری انجام گرفت.

شکل۴. تجهیز سرچاهی ساخته‌شده در مگاپروژه ساخت اقلام راهبردی مورد نیاز صنعت نفت

جمع‌بندی و نتیجه گیری

توسعه فناوری به واقعیتی پویا در صنعت نفت و گاز تبدیل‌شده است. امروزه توسعه فناوری، نقش قابل‌توجهی در پیشرفت فناوری در زنجیره ارزش صنعت نفت برجای نهاده است. آنچه مسلم است برنامه‌ریزی فناوری برای حصول اطمینان از سرمایه‌گذاری مناسب، در به‌کارگیری فناوری‌های کلیدی و مطلوب از اهمیت بالایی برخوردار است. در این خصوص تدوین نقشه راه فناوری در صنعت نفت که به‌عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی فناوری است، اهمیت می‌یابد. بدیهی است که به‌منظور حصول اطمینان از به‌کارگیری مناسب فناوری‌های کلیدی، نقشه راه فناوری می‌بایست با مطالعات گسترده اولیه شامل ایجاد مرکز پایش و رصد هوشمند فناوری، مطالعات آینده‌پژوهی جهت تعیین روندها و کلان‌روندهای تأثیرگذار بر حوزه‌های فناوری و ... تدوین گردد.

در تدوین نقشه راه فناوری می‌توان از ابزارهای متعددی ازجمله؛ ترسیم درخت فناوری و تعیین سطح آمادگی فناوری‌ها که نیاز به جلسات هم‌اندیشی با متخصصین و مطالعات میدانی دارد، بهره جست. ترسیم درخت فناوری، سبب شناسایی کلیه فناوری‌ها شامل فناوری‌های نوظهور در محورهای مربوطه می‌شود و تعیین سطح فناوری‌ها نیز به مدیران کمک می‌کند تا بدانند هر فناوری در چه سطحی توسعه داده‌شده است و برای ورود به بازار به چه میزان، نیازمند حمایت‌های فنی، مالی و سیاستی می‌باشد.

با توجه به اینکه تدوین نقشه راه فناوری برای ادامه حیات

صنعت نفت بسیار ضروری می‌باشد، پیشنهاد می‌شود که هرچه سریع‌تر شیوه‌نامه‌ای که در آن ساختار اجرایی و نحوه انجام کار توضیح داده‌شده، مدون گردد. مسئولیت انجام این کار نیز باید به سازمانی واگذار شود که سابقه کافی در انجام پروژه‌های بزرگ مدیریتی را داشته باشد. حمایت مدیریت ارشد و همکاری کلیه شرکت‌های تابعه نیز جهت موفقیت در این کار، بسیار ضروری است.

منابع:

۱: Choi, S. Park. H. Kang, D. Lee, J. Y. Kim, K. An SAO-based text mining approach to building a technology tree for technology planning, Expert Systems with Applications. Vol. 39, No. 13, 2012

۲: Straub, Jeremy, In search of technology readiness level (TRL) 10, Aerospace Science and Technology, July 2015

۳: https://www.nasa.gov/sites/default/files/trl.png

۴: نقشه راه فناوری‌های دریایی ایران، ستاد توسعه فناوری و صنایع دانش‌بنیان دریایی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، ویرایش دوم، چاپ اول، ۱۳۹۶.

۵: کتاب نفت و توسعه ۶، گزارش اهم فعالیت‌های وزارت نفت در سال‌های ۱۳۸۴ الی ۱۳۹۵، اداره کل روابط عمومی وزارت نفت، ۱۳۹۸.

۱ Manufacturing Readiness Level
۲ Cost Readiness Level

EnerTech

Professional Monthly Journal of Energy Technologies (EnerTech)

Institute For International Energy Studies

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