شماره بیست و ششم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی
وابسته به وزارت نفت

بهمن ماه ۱۴۰۱

ماهنامه تخصصی

فناوری های انرژی ۲۶

EnerTech

پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

بسم الله الرحمن الرحیم

ماهنامه تخصصی فناوری های انرژی
Professional Monthly Journal of Energy Technologies

شماره ۲۶ - بهمن ماه ۱۴۰۱

رویدادهای فناوری

۲ سخنی با مخاطب

۳ **وب‌بات** استخراج قیمت متوسط مولفه های تاثیرگذار بر تولید انرژی های تجدیدپذیر

۵ راهی جدید برای تولید هیدروژن طلایی
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۶ یارانه های اقلیمی ایالات متحده، برنامه های محیط زیستی اروپا را بر هم می زند
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۶ راه اندازی قطار هیدروژنی در چین و پیشرفت گام به گام به سوی حمل و نقل هیدروژنی
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۷ حملات سایبری؛ تهدید جدید تاسیسات برق بادی فراساحلی
حوزه: نظم کنونی انرژی

۷ زلزله ی ترکیه و سوریه؛ قطع محلی جریان گاز داخلی و سالم ماندن خطوط لوله ی نفتی
حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

۸ **راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت‌های پیش روی ایران**
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۴ **هوش مصنوعی در صنعت نفت و گاز**
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۹ **ارزیابی فناوری های پاک در زنجیره ارزش صنعت برق**
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۲۲ **مدیریت مشعل‌سوزی (فلرینگ) و فناوری‌های کاهش گاز فلر**
حوزه: نظم کنونی انرژی

۲۶ **بررسی اقدامات فناورانه حوزه انرژی کشورهای آسیای میانه و نگاهی به پروفایل انرژی آنها**
حوزه: نظم کنونی انرژی

۳۱ **توسعه و ارتقاء بهره‌وری انرژی در صنعت پتروشیمی کشور**
حوزه: نظم کنونی انرژی

شناسنامه :

مدیر مسئول: علی اصغر رجبی
ناظران علمی: عرفان ریاحی
سردبیر: قاسم توتونچی
همکاران این شماره: سیدصادق ضرغامی، امیرحسین فاکهی، صدیقه جوادپور، بهاره فرهمندپور، پیمان نیلچی پور، قاسم توتونچی
هیات تحریریه: علی اصغر رجبی، غلامعلی رحیمی، عباس زراء نژاد، عقیل براتی، عباس یعقوبی، قاسم توتونچی، امیرحسین هوشمند، امیرحسین فاکهی، اعظم محمدباقری، صدیقه جوادپور، شیرین رضایی عدل، بهاره فرهمندپور، سید صادق ضرغامی، طاهر خرم روز، مهدی کربلایی، پیمان نیلچی پور
طراحی و صفحه آرایی: مرجان بهرامی، نازنین شاهین
ناشر: موسسه مطالعات بین المللی انرژی
تارنما: iies.ac.ir iies.mop.ir

سخنی با مخاطب؛

بنام خدا

با درود و عرض ادب

در این شماره از ماهنامه ی تخصصی، گزارش های تحلیلی با موضوعات "راهبردهای هیدروژن جهان، فرصتهای پیش روی ایران- بخش پنجم"، "هوش مصنوعی در صنعت نفت و گاز"، "توسعه و ارتقاء بهره‌وری انرژی در صنعت پتروشیمی کشور"، " بررسی اقدامات فناورانه حوزه انرژی کشورهای آسیای میانه و نیم نگاهی به پروفایل انرژی آنها - بخش دوم: ازبکستان"، "مدیریت مشعل سوزی (فلرینگ) و فناوریهای کاهش گاز فلر-بخش دوم"، " ارزیابی فناوری های پاک در زنجیره ارزش صنعت برق" و نیز رویدادهای فناوری اخیر تقدیم گردیده است که امید است مورد توجه واقع شود. همچنین برخی مولفه های فنی اقتصادی انرژی غیرفسیلی به صورت آماری و در مقایسه با ماه قبل ایفاد می گردد.

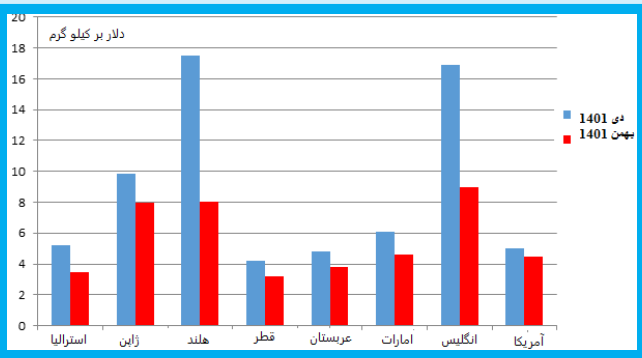
با آرزوی توفیق و سلامتی و شادکامی

سردبیر

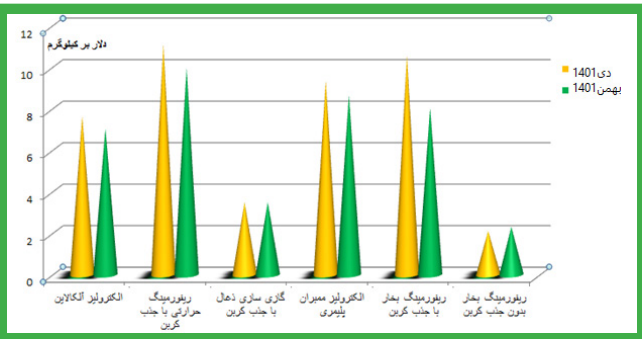
وب‌بات استخراج قیمت متوسط مولفه های تاثیرگذار بر تولید انرژی های تجدیدپذیر

همانگونه که مخاطبین محترم ماهنامه ی تخصصی استحضار دارند استخراج، انتشار و تحلیل مولفه های انرژی فسیلی مانند قیمت نفت و فراورده های نفتی، گاز، ذغالسنگ و ... مسبوق به سابقه بوده و از طرق مختلف منتشر می گردد. از سوی دیگر به نظر می رسد بررسی وضعیت مولفه های موثر انرژی های تجدیدپذیر کمتر مورد توجه قرار گرفته و انتشار روند و تحلیل آن مغفول بوده است. در همین راستا هیات تحریریه نسبت به توسعه وب‌بات لازم برای استخراج میانگین ماهیانه ی مولفه هایی نظیر قیمت تمام شده ی تولید هیدروژن به تفکیک کشورهای هدف، قیمت تمام شده ی تولید هیدروژن به تفکیک فناوری، قیمت لیتیوم، شاخص انرژی باد، شاخص انرژی خورشیدی، شاخص انرژی هسته ای و قیمت کربن مجاز اتحادیه اروپا و ... اقدام نموده اند که در ادامه ایفاد می گردد.

ردیف	مولفه انرژی غیرفسیلی (دلار بر کیلوگرم)	میانگین ماه دی۱۴۰۱	میانگین ماه بهمن۱۴۰۱
۱	قیمت میانگین تولید هیدروژن استرالیا با انواع فناوری	۵/۲۳	۳/۴۹۸
۲	قیمت میانگین تولید هیدروژن ژاپن با انواع فناوری	۹/۸۶	۷/۹۶۶
۳	قیمت میانگین تولید هیدروژن هلند با انواع فناوری	۱۷/۴۷	۸/۰۲۲
٤	قیمت میانگین تولید هیدروژن قطر با انواع فناوری	٤/۲۲	۳/۲۱
۵	قیمت میانگین تولید هیدروژن عربستان با انواع فناوری	٤/۸۱	۳/۷۹۳
۶	قیمت میانگین تولید هیدروژن امارات با انواع فناوری	۶/۱۱	٤/۶۱۶
۷	قیمت میانگین تولید هیدروژن انگلیس با انواع فناوری	۱۶/۹	۸/۹۶۲
۸	قیمت میانگین تولید هیدروژن آمریکا با انواع فناوری	٤/۹۸	٤/٤۵۵



قیمت تولید هیدروژن در کشور های هدف (میانگین ماهانه – مقایسه‌ی دی و بهمن ۱۴۰۱)

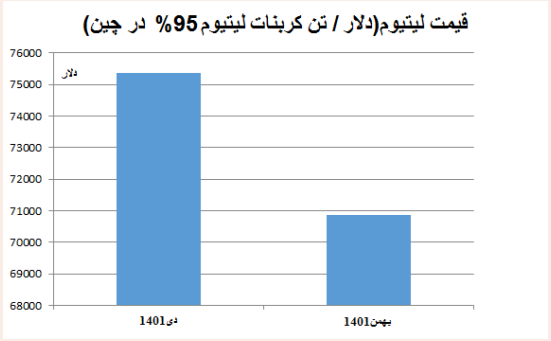


قیمت تولید هیدروژن با تفکیک فناوری (میانگین ماهانه – مقایسه‌ی دی و بهمن ۱۴۰۱)

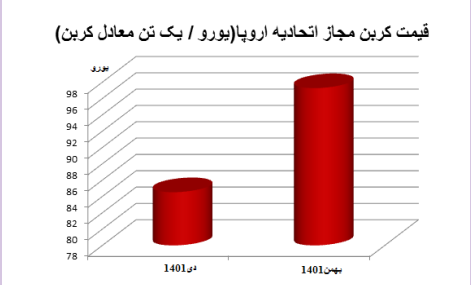
ردیف	مولفه انرژی غیرفسیلی (دلار بر کیلوگرم)	میانگین ماه دی۱۴۰۱ (دلار بر کیلوگرم)	میانگین ماه بهمن۱۴۰۱ (دلار بر کیلوگرم)
۹	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری الکترولیز آلکالاین در کشورهای مختلف	۷/۰۶	۵/۲۲۷
۱۰	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری ریفورمینگ حرارتی با جذب کربن در کشورهای مختلف	۹/۹۷	٤/٦٣
۱۱	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری گازی سازی ذغالسنگ با جذب کربن در کشورهای مختلف	۳/۵۰	۲/۹۱
۱۲	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری الکترولیز الکترولیت ممبران پلیمری در کشورهای مختلف	۸/٦٦	٦/۷۰۲
۱۳	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری ریفورمینگ بخار با جذب کربن در کشورهای مختلف	۸/۰۵	٤/١٦٤
١٤	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری ریفورمینگ بخار بدون جذب کربن در کشورهای مختلف	۲/۳۱	۲/۱۰۲

ردیف	مولفه انرژی غیرفسیلی	میانگین ماه دی۱۴۰۱	میانگین ماه بهمن۱۴۰۱
۱۵	شاخص انرژی باد (دلار)	۳۰۷/٤۰	۳۰٦/۵۵
۱۶	شاخص انرژی خورشیدی (دلار)	۳۵۳/۱٦	۳۵۳/۲٦
۱۷	شاخص انرژی هسته ای (دلار)	١٤٩٨/٨	۱۵۲۰/۰۰

ردیف	مولفه انرژی غیرفسیلی	میانگین ماه دی۱۴۰۱	میانگین ماه بهمن۱۴۰۱
۱۸	قیمت لیتیوم(دلار / تن کربنات لیتیوم ۹۵٪ در چین)	۷۵۳۷۵	۷۰۸۷۵



ردیف	مولفه انرژی غیرفسیلی	میانگین ماه دی۱۴۰۱	میانگین ماه بهمن۱۴۰۱
۱۹	قیمت کربن مجاز اتحادیه اروپا(یورو / یک تن معادل کربن)	۸٤/۵۲	۹۷/۲۷



راهی جدید برای تولید هیدروژن طلایی

هیدروژن طلایی چیست؟

هیدروژن طلایی به طور عمومی هیدروژنی است که به طور طبیعی به وجود می‌آید و توسط فرآیندهای زمین‌شناسی تولید می‌شود و مزایای قابل توجهی در هزینه و انتشار نسبت به سایر ابزارهای تولید هیدروژن ارائه می‌دهد. استارت‌آپ کمویتا فکتوری[1]، توانسته است هیدروژن طلایی را به صورت بیولوژیکی و بصورت زیرسطحی از نفت موجود در چاه‌های مخازن نفتی تخلیه شده که آماده بسته و رها شدن هستند تولید کرده و باعث افزایش عمر چاه‌ها شوند.

نوآوری کمویتا فکتوری در تولید هیدروژن طلایی

در اواخر سپتامبر ۲۰۲۲، شرکت آمریکایی کمویتا اعلام کرد که با کشف یک سوسپانسیون باکتری، موفق شده است نفت استحصال نشده در مخازن و چاه‌های تخلیه شده را تخمیر کرده و هیدروژن طلایی تولید کند. در مخازن نفت در لایه‌های زیرسطحی باکتری‌هایی زندگی می‌کنند که منابع هیدروکربنی را برای دریافت انرژی و رشد مصرف می‌کنند. متخصصین در استارت‌آپ کمویتا دسته‌ای از این باکتری‌های زیرسطحی را کشف کرده‌اند که می‌توانند از مصرف هیدروکربن، هیدروژن تولید کنند.

کمویتا بعد از دستیابی به نقطه عطف کلیدی در عملکرد باکتری مورد نیاز برای تولید هیدروژن با هزینه ۱ دلار در کیلوگرم در آزمایشگاه، یک برنامه آزمایشی میدانی را با نتایج مثبت و با موفقیت به انجام رساند. پس از موفقیت آمیز نتایج آزمایش میدانی، این استارت‌آپ یک شرکت تابعه تحت مالکیت خود برای کسب و کار هیدروژن طلایی به نام Gold H2 (GH2 LLC) تاسیس کرد و در فرآیند سرمایه‌گذار مورد حمایت مالی صنایع چارت[2] و صنایع[3] ۸۰۹۰ قرار گرفت.

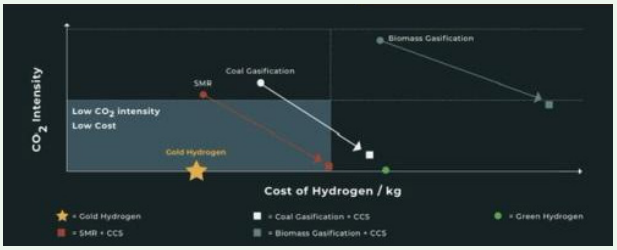
متخصصین کمویتا عملکرد باکتری راشش و نیم برابر نرخ مورد نیاز برای تولید هیدروژن با قیمت ۱ دلار در کیلوگرم افزایش دادند که یک نقطه عطف کلیدی برای پیشبرد این برنامه به سمت تجاری‌سازی است. آزمایش میدانی بعدی در حوضه پرمین با یک شرکت شریک انجام شد و تیم کمویتا توانست با موفقیت غلظت هیدروژن را سه برابر بالاتر از سطح مورد انتظار بود برساند. طبق اظهارات زک بروسارد[4] مدیرعامل شرکت GH2، در این آزمایش میدانی، در یک بازه زمانی بسیار کوتاه، باکتری‌ها از آزمایشگاه به میدان منتقل شدند و تولید هیدروژن در این آزمایش فراتر از انتظارات پیش‌بینی شده بوده است. او پیش‌بینی می‌کند که با کار بر روی باکتری‌ها احتمال دارد بتوانند نرخ تولید یک کیلوگرم هیدروژن را به یک دلار یا کمتر کاهش دهند.

روش‌های سنتی تولید هیدروژن سبز (بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای) الکترولیز است که توسط منابع تجدیدپذیری مانند باد، خورشید یا آب صورت می‌گیرد. بر اساس مطالعات اخیر، سهم بازار جهانی هیدروژن سبز در سال ۲۰۲۰ به ۰/۳ میلیارد دلار آمریکا رسیده است و از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۸ با نرخ رشد ترکیبی سالانه ۵۴/۷ درصد در حال رشد است و پیش بینی می شود تا سال ۲۰۲۸ به ۹/۸ میلیارد دلار برسد. با این حال، تولید هیدروژن سبز، انرژی بر و گران است و طبق گزارشی از S&P Global Commodity Insights، هزینه هیدروژن الکترولیتی حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر در اواخر ژوئیه ۲۰۲۲ معادل ۱۶/۸۰ دلار به ازاء هر کیلوگرم هیدروژن رسیده است.

کمویتا فکتوری ماموریت خود را این می‌داند که تصویر اقتصاد بدون کربن را برای صنایع سنگینی مانند نفت و گاز و معدن به حقیقت بدل کند و این کار را از طریق استخراج پایدار منابع طبیعی، تولید کربن منفی مواد شیمیایی و بازیافت حلقه بسته زباله به عنوان خوراک انجام می‌دهد. هفته آخر سپتامبر ۲۰۲۲، این شرکت قراردادی را با آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر (NREL) مستقر در کلرادو امضا کرد تا بتواند به نوآوری‌های بیولوژیکی این آزمایشگاه، مانند استفاده از ارگانیسم‌ها برای تبدیل CO_2 به سوخت و مواد شیمیایی دسترسی داشته باشد.

در بیانیه مطبوعاتی منتشر شده توسط NREL آمده است که «به زودی ساخت برخی از پرمصرف‌ترین مواد شیمیایی از CO_2 و الکتریسیته سبز به همان اندازه مقرون به صرفه خواهد بود که ساخت آنها با نفت». کمویتا قصد دارد تا سال ۲۰۵۰ سالانه ۲۵۰ میلیون تن CO_2 را از جو حذف کند.

با توجه به این پیشرفت در حوزه فناوری زیستی و وجود ۷۱۰ حلقه چاه بسته، ۳۹ حلقه چاه معلق و ۵۹۷ حلقه چاه متروکه نفتی در کشور، به نظر می‌رسد جا برای انجام فعالیتهای دانش‌بنیان این حوزه وجود دارد که این امر همت نوآوران زیست‌فناوری و بستر سازی تصمیم‌سازان را طلب می‌کند.



۱ Cemvita Factory, در آگوست سال ۲۰۱۷ توسط مجتبی و تارا کریمی ایجاد شد و اکنون در پارک علم و فناوری تگزاس مستقر است

2.Chart Industries
3.8090 Industries
4.Zach Broussard

رویدادهای فناوری | نظم دوره گذار انرژی

یارانه های اقلیمی ایالات متحده، برنامه های محیط زیستی اروپا را بر هم می زند

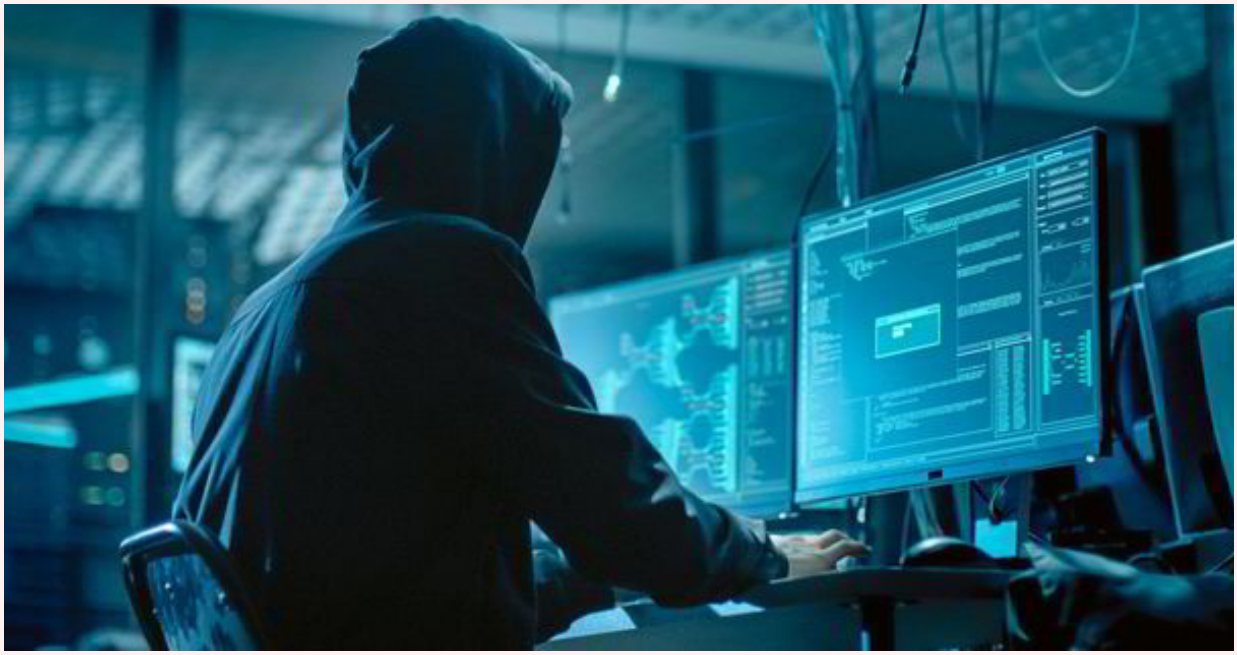
دولت ایالت متحده آمریکا، یارانه ی ۳۷۰ میلیارد دلاری برای توسعه ی فناوری های انرژی پاک تخصیص داده است. این یارانه ی هنگفت، نظم سرمایه گذاری اروپا در این زمینه را دستخوش تلاطم کرده است. به عنوان مثال ابلاغ این یارانه همزمان با آخرین مراحل تصویب خواهی احداث یک کارخانه ی تولید باتری خودرو برقی با منبع انرژی باد در شمال آلمان بود که سرمایه گذاران را نگران وضعیت رقابتی پیش رو نمود. همچنین کمپانی های مطرح سوئیسی و ایتالیایی تولید کننده ی پنل های خورشیدی – که اروپا روی آنها برای کاهش اتکاء به چین حساب باز کرده بود – بسیار متمایل به آمریکا شده اند. همچنین سرمایه گذاری ۱/۷ میلیارد یورویی فرانسه در زمینه کاهش گاز گلخانه ای محل تردید واقع شده است. این در شرایطی است که صنعت اروپا کماکان از هزینه بالای انرژی با توجه به مناقشه ی روسیه و اوکراین رنج می برد. اتحادیه اروپا در تلاش است موضوع را بررسی و پاسخ مناسب تهیه نماید.

یارانه ی آمریکا تحت عنوان قانون کاهش تورم و مشوق مالی برای صنایع داخلی با نگاهی به توسعه ی سبز تنظیم شده است. در مقابل، ایده ی یک صندوق یارانه ای اروپایی مطرح شده که با مخالفت جدی برخی اعضا روبرو است. به عبارتی برخی رهبران اروپایی رقابت در مقیاس بزرگ و درگیری تجاری با آمریکا را نمی پسندند و به کاهش محدودیت های دولتی برای حمایت و کمک از صنایع سبز اکتفا نموده اند؛ هر چند این اقدام واکنش متناسبی به شروع یک رقابت ناعادلانه جذب سرمایه نخواهد بود.

راه اندازی قطار هیدروژنی در چین و پیشرفت گام به گام به سوی حمل و نقل هیدروژنی

سریع ترین قطار سوخت هیدروژنی جهان با سرعت ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت در چین شروع به کار کرد. بزرگ ترین سازنده وسایل نقلیه ریلی جهان در چین به تازگی قطاری را به بازار فرستاده است که از سلول های سوخت هیدروژنی با بافر ابرخازن استفاده می کند و آلودگی ندارد. این قطار با چهار واگن به سرعت ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت دست پیدا کرده است تا به سریع ترین قطار هیدروژنی تاریخ تبدیل شود. برد مسافتی این قطار به ۶۰۰ کیلومتر می رسد و هیچ آلودگی ای تولید نمی کند. همچنین از قابلیت های پیشرفته ای مثل هدایت خودکار و ارتباطات 5G بهره می برد.

حملات سایبری؛ تهدید جدید تاسیسات برق بادی فراساحلی



وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا، بودجه ی تحقیقاتی مجزایی را برای مطالعه راهبردی بررسی و مقابله با حملات سایبری فزاینده به تاسیسات بادی فراساحلی ایالات متحده آمریکا وشرکای اروپایی ترتیب داده است. این حملات سایبری به صورت فزاینده ای رشد داشته است. منشاء این حملات گروه های متخاصم با سیاست های غربی و مخالفان منافع تزریق برق پاک بادی به سبد انرژی ارزیابی می‌شود. تاسیسات بادی فراساحلی و دیگر زیرساخت های انرژی دور از ساحل، بیش از مبادی مستقر ساحل به مخابرات از راه دور و شبکه های بی‌سیم متکی هستند و آنها را به بهشتی برای مهاجمان و هکرها مبدل نموده است.

زلزله ی ترکیه و سوریه؛ قطع محلی جریان گاز داخلی و سالم ماندن خطوط لوله ی نفتی

حداقل دو انفجار در خط لوله ی گاز استان هاتای ترکیه بر اثر زلزله ی شدید جنوب این کشور و شمال غرب سوریه ثبت گردیده است و این سبب شده دولت جریان گاز چندین منطقه را به عنوان پیش گیری قطع نماید. در عین حال خطوط لوله ی نفتی مهم باکو تفلیس جیهان و کرکوک جیهان بدون مشکل در مدار هستند. هر چند خط لوله ی کرکوک، که نفت عراق را به ترکیه می برد، چندی پیش با انفجار غیر مرتبط با زلزله در کیلومتر ۵۱۱ مواجه بود.

... گزارش تحلیلی ...

نظم نوین آینده انرژی

راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت‌های پیش روی ایران

... بخش پنجم ...

... «منطقه‌ی خلیج‌فارس» ...

پیمان نیلچی پور ؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

کشورهای منطقه‌ی خاورمیانه و بویژه کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس در حال برنامه‌ریزی برای حرکت به‌سوی اقتصاد هیدروژنی هستند. در این میان عربستان سعودی، عمان و امارات متحده‌ی عربی اهداف بلندپروازانه‌ای را جهت تأمین سوخت‌های کم‌کربن برای بازارهای جهانی به‌ویژه اروپا و منطقه‌ی آسیا اقیانوسیه دنبال می‌کنند. تفاهم‌نامه‌های متعددی در این خصوص به امضا رسیده است و اولین پروژه‌ها در مقیاس عظیم در دست انجام هستند. برای کشورهای منطقه‌ی خلیج‌فارس، هیدروژن تنها یک ابزار ایجاد تنوع نیست. با توجه به این‌که اقتصاد هیدروژنی در چهارچوب‌های مالی و بنیادی صنعت نفت ادغام شده است، در درجه‌ی اول فرصتی برای اقتصادهای منطقه برای حفظ ساختارهای قدرت سیاسی و اقتصادی آن‌ها به‌حساب می‌آید. درعین‌حال، تولید هیدروژن در این منطقه راهی برای کاهش اثرات مخرب تغییرات آب و هوایی است که کشورهای توسعه‌یافته، به‌ویژه اروپا در مورد آن با چالش‌های بی‌پاسخی روبه‌رو بوده‌اند و برای حل آن به دنبال تعاملات سازنده با تولیدکنندگان هیدروژن هستند.

کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس که محل ذخیره‌ی یک‌سوم از ذخایر نفت و یک‌پنجم گاز طبیعی جهان هستند، اکنون در حال رونمایی از برنامه‌های بلندپروازانه‌ای در زمینه‌ی اقتصادی هیدروژنی هستند. ظرفیت‌های بالا در تولید انرژی خورشیدی و زمین‌های وسیع برای ایجاد مزارع خورشیدی، شرایطی عالی برای تولید هیدروژن سبز (حاصل از برق تجدیدپذیر) در این منطقه مهیا کرده است. همچنین، ذخایر فراوان گاز طبیعی و ویژگی‌های زمین‌شناختی مناسب، فرصت‌های ایده‌آلی برای تولید هیدروژن آبی (حاصل از گاز-طبیعی همراه با جذب کربن) در این منطقه ایجاد نموده است. منابع مالی فراوان، تصمیم‌گیری مستقیم و زیرساخت‌های موجود، اقتصادهای این منطقه را به پیشگامان ورود به حوزه‌ی هیدروژن بدل کرده است. البته هیدروژن برای کشورهای این منطقه صرفاً راهی برای تنوع‌بخشی به منابع انرژی نیست، بلکه اقتدار سیاسی و اقتصادی آن‌ها را نیز در جهان عاری از کربن حفظ خواهد کرد.

سیاست‌های هیدروژنی دولت‌های عرب منطقه

در اکتبر ۲۰۲۱، وزیر انرژی عربستان سعودی هدف این کشور را برای تبدیل‌شدن به بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی هیدروژن جهان اعلام کرد. هنوز یک سند رسمی راهبردی در این خصوص وجود ندارد اما سیاست هیدروژنی این کشور بسیار با چشم‌انداز ۲۰۳۰ این کشور که در سال ۲۰۱۶ منتشر شد در پیوند است. این چشم‌انداز یک تحول همه‌جانبه را برای عربستان سعودی بنا می‌گذارد و یک پروژه‌ی مهم برای حکومت این کشور به‌حساب می‌آید. در چشم‌انداز ۲۰۳۰ به‌وضوح به هیدروژن اشاره نمی‌شود، اما اهداف راهبردی این چشم‌انداز شامل مواردی می‌شود که تولید هیدروژن در بطن آن نهفته است، ازجمله افزایش چشم‌گیر ارزش‌افزوده‌ی تولیدات داخلی و گسترش صادرات غیرنفتی در کنار توسعه‌ی انرژی تجدیدپذیر و صنعت گاز طبیعی. همچنین، اقتصاد چرخشی کربن (مفهومی که توسط فعالان عربستانی طی ریاست این کشور بر G۲۰ مطرح شد و مورد استقبال اعضای این گروه قرار گرفت) با تولید هیدروژن آبی مرتبط است. این چهارچوب دربرگیرنده‌ی چهار اصل کاهش، استفاده مجدد، بازیافت و حذف کربن است که به معنای بهره‌وری انرژی، تولید برق کربن خنثی، کاهش طبیعی انتشار کربن و از همه مهم‌تر جذب فراوان کربن است.

در سند چشم‌انداز ۲۰۴۰ عمان نیز صراحتاً به هیدروژن اشاره نمی‌شود، بلکه در آن به‌طورکلی «تنوع‌بخشی به منابع انرژی» مطرح می‌گردد. تدوین سند ملی راهبرد انرژی این کشور در سال ۲۰۲۰ اعلام شد و انتظار می‌رود به‌زودی به انجام برسد. این اقدام تحت مدیریت بنیاد علمی تحقیقاتی «ایجاد» (EJAAD)، انجام می‌شود که یک بستر همکاری میان وزارت نفت، وزارت تحقیقات و شرکت ملی نفت این کشور ایجاد ساخته است. عمان در ماه اوت ۲۰۲۱، موسسه‌ی Hy Fly Alliance را بنا نهاد که آژانس‌های دولتی، فعالان بخش نفت و گاز، مؤسسات دانشگاهی و تحقیقاتی و بندرهای Sohar و Duqm را در یک بستر مشارکتی گرد هم می‌آورد. هم‌زمان، بخش‌های هیدروژن در چند وزارتخانه ایجاد شد و یک شرکت دولتی تخصصی در حوزه‌ی هیدروژن نیز با عنوان شرکت توسعه‌ی هیدروژن عمان تا سیس گشت.

در نوامبر ۲۰۲۱، امارات متحده‌ی عربی در کنفرانس COP ۲۶ اعلام کرد که در حال کار بر روی تدوین یک نقشه‌ی راه هیدروژن است که هدف آن پیشگامی این کشور در حوزه‌ی هیدروژن است. امارات متحده‌ی عربی به دنبال ایجاد یک زنجیره‌ی ارزش جدید برای صادرات هیدروژن کم‌کربن و مشتقات آن و همچنین تولید هیدروژن محور فولاد و سوخت جت است. این کشور با اتخاذ سیاست‌ها و تعیین استانداردها و مجوزهای متناسب در حال طراحی یک چهارچوب قانونی روشن برای نظارت بر روند اجرای اهداف فوق است.

این نقشه‌ی راه هنوز منتشر نشده، اما امارات در حال حاضر برای کسب ۲۵ درصد از بازار جهانی هیدروژن هدف‌گذاری کرده است. این برنامه در پیوند با راهبرد انرژی ۲۰۵۰ این کشور است که در سال ۲۰۱۷ تدوین شد. این راهبرد برای افزایش ۲۰ تا ۵۰ درصدی سهم انرژی پاک در مصرف اولیه‌ی انرژی این کشور تا سال ۲۰۵۰ هدف‌گذاری کرده است. در سند مشارکت‌های معین ملی این کشور در مقابله با تغییرات آب و هوایی (NDC) که در دسامبر ۲۰۲۰ به‌روزرسانی شد از هیدروژن به‌عنوان حامل انرژی آینده‌ی این کشور نام برده شده است.

رویکرد قطر متفاوت است. این کشور که غنی از گاز طبیعی است، برنامه‌ای برای تعیین یک چهارچوب سیاستی یا اقدام برای افزایش

تولید داخلی هیدروژن ندارد. در عوض، قطر بر جایگاه خود به‌عنوان صادرکننده‌ی پیشروی LNG در جهان اتکا دارد. راهبرد این کشور در قبال هیدروژن، صادرات LNG به کشورهای دیگر و مهیاکردن زمینه‌ی تولید هیدروژن آبی در خارج از قطر است. این کشور برای هدف مذکور، در حال استحکام روابط خود با واردکنندگان این محصول است. در سند NDC قطر به هیدروژن اشاره شده است و از آن به‌عنوان ابزاری برای انجام تعهدات این کشور یاد شده است.

کویت هنوز یک سند ملی راهبرد هیدروژن تدوین نکرده است، اما اندیشکده‌ی دولتی این کشور (KFAS) در ژانویه‌ی ۲۰۲۱ یک سند سفید راهبردی در این خصوص ارائه کرد که موضوعات آن با سند چشم‌انداز ۲۰۳۵ کویت همپوشانی دارد. این سند سفید راهبردی پیشنهادهایی در خصوص توسعه‌ی فناوری‌های جذب کربن، انرژی تجدید پذیر و تولید هیدروژن سبز و آبی ارائه می‌کند. در این سند همچنین از استفاده از هیدروژن در داخل کشور حمایت می‌شود و بر همکاری با کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس در این زمینه تأکید می‌گردد. این سند بر تولید و مصرف هیدروژن آبی تأکید دارد، اگرچه هیدروژن سبز برای این کشور منطقی‌تر است، زیرا کویت واردکننده‌ی خالص گاز طبیعی است و از طرفی ظرفیت بالایی برای تولید برق خورشیدی دارد.

رویکرد بحرین به هیدروژن همراه با تردید بوده است. در نوامبر ۲۰۲۰، مطالعات امکان‌سنجی برای استقرار یک اقتصاد هیدروژنی داخلی در دستور کار این کشور قرار گرفت، اما دولت در آن زمان اعلام کرد که تنها به دنبال تحت نظر داشتن توسعه‌ها در این خصوص است تا این‌که در سند راهبرد صنعتی ۲۰۲۶-۲۰۲۲ این کشور که در ژانویه ۲۰۲۲ انتشار یافت اعلام شد که تولید هیدروژن سبز و آبی جزو اهداف این سند است.

بازیگران مهم در برنامه‌های توسعه‌ی هیدروژن منطقه

وزیران انرژی کشورهای شورای همکاری خلیج فارس در خط مقدم شکل‌دهی به مسیر اقتصاد هیدروژنی هستند. این وزرا، زیر چتر راهبردهای ملی، رهبری انجام توافقات بین‌المللی را به عهده دارند. در عربستان سعودی، عمان و قطر این وزرا (یا وزرای مربوطه) نقش مرکزی را در پیاده‌سازی سیاست‌های ملی در توسعه‌ی هیدروژن به عهده دارند. در امارات متحده‌ی عربی و عمان چندین اتحادیه و کمیته برای هماهنگ‌سازی و اجرای راهبردها تشکیل شده است.

شرکت‌های ملی نفت این کشورها از دیگر بازیگرانی هستند که در ارتباط نزدیک با وزرا قرار دارند: شرکت آرامکوی عربستان سعودی، شرکت نفت کویت (KPC)، شرکت نفت بحرین (BAPCO)، شرکت قطر انرژی (QE)، شرکت ملی نفت ابوظبی (ADNOC) در امارات متحده‌ی عربی و شرکت توسعه‌ی نفت عمان (PDO). ساختار تمامی این شرکت‌ها در قالب ادغام عمودی است (به این معنی که تمام زنجیره‌ی تأمین از تولید، تبدیل و توزیع در مالکیت شرکت قرار دارد) و سهام آن‌ها در تملک دولت قرار دارد (به‌غیراز شرکت توسعه‌ی نفت عمان که ۴۰ درصد از سهام آن به شرکت‌های شل، توتال و پارتکس تعلق دارد و آرامکو که بخش کوچکی از سهام آن در دست بخش خصوصی است). وظیفه‌ی این شرکت‌ها علاوه بر مدیریت کسب‌وکار نفت، اجرای سیاست‌های نفتی کشور نیز هست. آن‌ها در این چهارچوب دستورالعملی نیز برای اجرای سیاست‌های هیدروژنی در اختیار دارند.

علاوه بر این، شرکت‌های خدمات رفاه عمومی نیز – عمدتاً تأمین‌کنندگان برق و آب – سهمی در بخش هیدروژن دارند، ازجمله برای تأمین آب شیرین شده یا برق تجدیدپذیر. برای مثال شرکت برق ACWA در عربستان که مسئول سرمایه‌گذاری در شبکه‌ی توزیع برق و آب عربستان است عهده‌دار این نقش است.

صندوق‌های ثروت ملی از دیگر بازیگران اصلی حوزه‌ی هیدروژن در کشورهای منطقه‌ی خلیج‌فارس هستند. آن‌ها دارایی‌های دولتی حاصل از درآمدهای نفتی را از طریق سرمایه‌گذاری‌های سود آفرین مدیریت می‌کنند. آن‌ها همچنین عهده‌دار تأمین مالی پروژه‌های توسعه‌ی ملی هستند. این صندوق‌ها عبارت‌اند از: صندوق سرمایه‌گذاری دولتی عربستان سعودی با تقریباً ۵۰۰ میلیارد دلار سرمایه، سازمان سرمایه‌گذاری کویت با حدود ۷۰۰ میلیارد دلار سرمایه، سازمان سرمایه‌گذاری قطر با ۴۵۰ میلیارد دلار سرمایه، صندوق ذخیره‌ی مالی نفت عمان با نزدیک به ۱/۳ میلیارد دلار سرمایه، سازمان سرمایه‌گذاری عمان با تقریباً ۱۷ میلیارد دلار سرمایه و صندوق سرمایه‌گذاری «ممتلکات» بحرین با حدود ۱۷/۵ میلیارد دلار سرمایه. در امارات متحده‌ی عربی، ساختار حکمرانی فدرال موجب ایجاد چندین صندوق ثروت ملی‌شده است. مرتبط‌ترین آن‌ها به حوزه‌ی هیدروژن، صندوق سرمایه‌گذاری «مبادله» است که پایداری و تنوع اقتصادی از اهداف تأسیس آن است.

دولت‌های عرب منطقه‌ی خلیج‌فارس علی‌رغم شرایط مطلوب مالی، لزوماً به لحاظ تأمین مالی از مزیت رقابتی برخوردار نیستند، زیرا هم‌زمان نیاز به تأمین مقادیر بزرگ‌تر سرمایه برای بخش‌های دیگر دارند: اگرچه انرژی و زمین در این مناطق فراوان است، منابع آبی دچار کمبود است. تأمین آب شیرین که در تولید هیدروژن نقش محوری دارد، مستلزم وجود کارخانه‌های شیرین سازی است. هزینه‌ی انرژی اضافی برای شیرین سازی آب در مقایسه با هزینه‌ی کلی تولید هیدروژن، جزئی است و تنها حدود ۱ درصد از آن را تشکیل می‌دهد. بااین‌حال، راه‌اندازی کارخانه‌های شیرین سازی آب برای توسعه‌ی تأمین هیدروژن در این منطقه مستلزم میلیاردها دلار سرمایه‌گذاری است.

مناطق ویژه‌ی اقتصادی، به‌ویژه در عمان، از بازیگران مهم دیگر هستند. آن‌ها زمین‌های وسیع، زیرساخت‌های لازم و امکانات فنی صادراتی را در اختیار قرار می‌دهند. کارخانه‌های هیدروژن تقریباً همگی در این مناطق ویژه‌ی اقتصادی ساخته می‌شوند و به همین دلیل مستلزم طراحی پروژه و «عملیات آینده» (فرایند سازمان‌دهی و بهینه‌سازی تولید) هستند. این مناطق در عمان، صحار (Sohar)، الدقم (Duqm) و صلاله (Salalah) هستند. نئوم (Neom) در عربستان، شهری به سبک یک مدینه‌ی فاضله علمی تخیلی جنجالی در حاشیه‌ی دریای سرخ که به‌عنوان بخشی از چشم‌انداز ۲۰۳۰ عربستان سعودی پیش‌بینی شده است، محل استقرار امکانات وسیع تولید آمونیاک سبز (یک سوخت پایین‌دستی و حاملی برای هیدروژن) است.

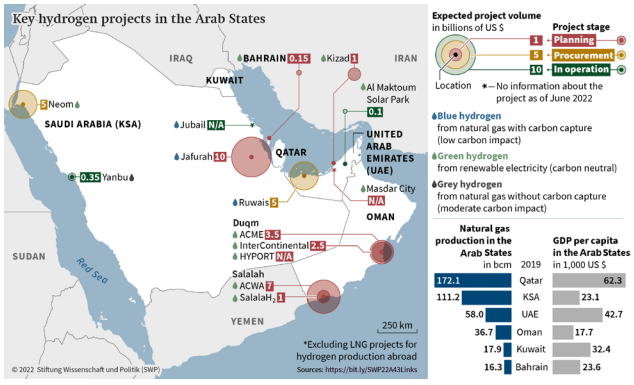
مؤسسات ملی تحقیقاتی منتخب نیز در توسعه‌ی اقتصاد هیدروژنی در منطقه‌ی خلیج‌فارس مشارکت فعال دارند. برای نمونه، دانشگاه

KAUST و اندیشکده‌ی ذی‌نفوذ KAPSARC در عربستان سعودی، دانشگاه خلیفه در امارات متحده‌ی عربی و دانشگاه سلطان قابوس عمان ازاین‌دست مؤسسات هستند. آخرین بخش و البته نه کم‌اهمیت‌ترین بخش، شبکه‌های بین‌المللی هستند که بسترهای مهم همکاری بین‌المللی را در این منطقه فراهم می‌کنند.

پیشـــگامان اقتصاد هیدروژنی در منطقه

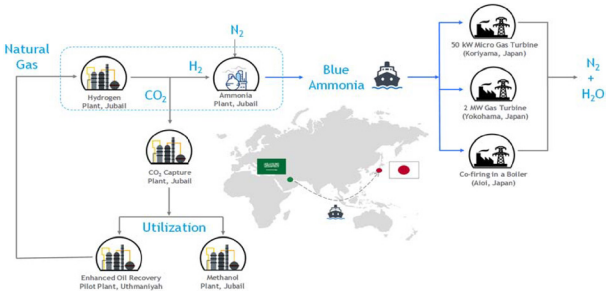
برنامه‌های بلندپروازانه

عربستان سعودی چندین پروژه‌ی مقیاس وسیع هیدروژنی را اعلام کرده است که بعضی از آن‌ها در حال حاضر اجرا شده‌اند. ساحل دریای سرخ در این خصوص از اهمیت حیاتی برخوردار است: پروژه‌ی شاخص عربستان سعودی بخشی از شهر آینده‌ی نئوم (Neom) است (شکل ۱). این پروژه با همکاری شرکت‌های AKWA Power و Air Products (که توزیع‌کننده‌ی انحصاری محصول خواهد بود)، انجام خواهد شد و پیش‌بینی می‌شود طی این پروژه، با استفاده از ۴ گیگاوات برق تجدیدپذیر، آمونیاک سبز تولید شود. شرکت آلمانی Thssenkrupp، الکترولایزر این کارخانه را که از فاضلاب شهری استفاده خواهد کرد تأمین می‌کند.



شکل ۱: پروژه‌های مهم تولید هیدروژن در کشورهای عرب حاشیه‌ی خلیج فارس

علاوه بر این، عربستان سعودی برای تولید هیدروژن آبی از گاز شیل در استان‌های شرقی این کشور نیز برنامه‌ریزی کرده است. در اکتبر ۲۰۲۱، مقامات رسمی اعلام کردند که بخش‌های عمده‌ای از میدان جافوره (Jafurah) به ارزش ۱۱۰ میلیارد دلار برای این منظور اختصاص خواهد یافت. کارخانه‌ی هیدروژن موجود در شهر صنعتی جبیل (Jubail) نیز جهت تولید هیدروژن آبی ارتقا یافت. تنها در ژانویه‌ی ۲۰۲۲، دولت سعودی هشت قرارداد برای راه‌اندازی کارخانه‌های تولید هیدروژن، علاوه بر پروژه‌های تولید خودروهای هیدروژنی برای استفاده‌ی داخلی منعقد کرد. وزیر انرژی این کشور حتی به تولید هیدروژن صورتی با استفاده از انرژی هسته‌ای در



شکل ۲: نمودار زنجیره‌ی تأمین آمونیاک آبی از بندر جبیل عربستان به مقصد ژاپن

آینده نیز اشاره کرد.

از سوی دیگر، عمان در حال تمرکز بر هیدروژن سبز است. سنگ بنای بلندپروازی‌های این کشور را همکاری‌های بین شرکت سرمایه‌گذاری نفت عمان، یک شرکت تابعه‌ی صندوق ثروت دولتی کویت و شرکت هنگ‌کنگی اینترکنتیننتال انرژی تشکیل می‌دهد. پیش‌بینی می‌شود از سال ۲۰۲۸، کار ساخت یک نیروگاه خورشیدی – بادی، با ۲۵ گیگاوات ظرفیت تولید برق و یک الکترولایزر در این کشور آغاز شود. طراحان پروژه انتظار دارند که این کارخانه تولیدات خود را از طریق بندر الدقم به اروپا و آسیا صادر کند. این پروژه به‌عنوان یکی از پروژه‌های مطرح تولید هیدروژن در پلتفرم اختصاصی معرفی پروژه‌های هیدروژنی اتحادیه‌ی اروپا (Mission Innovation Hydrogen Valley Platform) معرفی شده است.

امارات متحده‌ی عربی میزبان اولین کارخانه‌ی تولید هیدروژن سبز در خاورمیانه است. این تأسیسات با مشارکت شرکت «زیمنس انرژی» و سازمان محلی آب و برق دبی(DEWA) از سال ۲۰۲۱ به بهره‌برداری رسیده است و به پارک خورشیدی آل مکتوم متصل است. برنامه‌هایی نیز برای ایجاد امکانات و تأسیسات تولید مشتقات هیدروژنی برای مصرف در بخش حمل‌ونقل هوایی و زمینی این کشور در دست انجام است و برای آن کنسرسیومی متشکل از شرکت‌های «مصدر» (وابسته به شرکت مبدله)، زیمنس انرژی، لوفت‌هانزا و دیگر شرکای امارات متحده‌ی عربی تشکیل شده است. در ماه اوت ۲۰۲۱، شرکت اماراتی Helios (یک شرکت ویژه‌ی توسعه‌ی تجدیدپذیرها) با شرکت Thyssenkrupp قراردادی برای انجام مطالعات امکان‌سنجی تولید آمونیاک سبز در منطقه‌ی Kizad منعقد کرد. در دسامبر ۲۰۲۱ شرکت فرانسوی Engie و شرکت مصدر، مشارکتی را برای ایجاد مرکزی جهت تولید هیدروژن سبز در امارات تشکیل دادند.

در مورد موضوع فروش، بیشتر پروژه‌ها برای بازار آسیا و اقیانوسیه هدف‌گذاری شده‌اند. بعد از این‌که شرکت آرامکو و موسسه‌ی اقتصاد انرژی ژاپن اولین حمل دریایی هیدروژن آبی را در سپتامبر ۲۰۲۰ به انجام رساندند، آرامکو قراردادهای بیشتری با شرکت Eneos Corporation، بزرگ‌ترین شرکت پالایشگاهی ژاپن به امضا رساند؛ آرامکو همچنین قراردادی با شرکت Hyundai Heavy Industries برای صادرات ال.ان.جی به کره‌ی‌جنوبی جهت تولید هیدروژن آبی در آن کشور منعقد کرد. ظاهراً این مدل تجارت، راهبرد موردنظر قطر نیز هست. امارات هم که از ذخایر غنی گازی برخوردار است بر صادرات ال.ان.جی تمرکز کرده و تاکنون توانسته قراردادهایی را با کره‌ی‌جنوبی و انگلستان ببندد.

قراردادهای دیگری نیز میان صندوق سرمایه‌گذاری عربستان و شرکت‌های Posco و Samsung C&T کره جنوبی برای تولید هیدروژن سبز نهایی شده است. این شرکت‌های کره‌ی‌جنوبی همچنین در حال برنامه‌ریزی برای ساخت یک کارخانه‌ی تولید آمونیاک سبز در امارات متحده‌ی عربی هستند. در سال ۲۰۱۸، شرکت ملی نفت ابوظبی نیز قراردادی با وزارت اقتصاد ژاپن و شرکت کره‌ای GS Energy برای تولید آمونیاک به‌عنوان سوخت در بخش حمل‌ونقل و همچنین برای تولید آمونیاک آبی منعقد کرد. عربستان سعودی همچنین به دنبال همکاری نزدیک‌تر با چین در زمینه‌ی تولید و

فروش هیدروژن آبی به این کشور است.

همکاری‌های منطقه‌ای

کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس همچنین همکاری‌های هیدروژنی را در سطح منطقه‌ای مدنظر دارند. این مشارکت‌ها موجب تأمین سرمایه‌های لازم، ایجاد هم‌افزایی و تقویت فرایند تخصصی سازی می‌شوند. برای مثال شهر نئوم عربستان و شرکت Helios امارات برای توسعه‌ی انرژی خورشیدی در این شهر مشغول همکاری هستند. همچنین هنگامی‌که محمد بن سلمان در دسامبر ۲۰۲۱ از عمان بازدید کرد، چندین قرارداد همکاری در زمینه‌ی هیدروژن بین دو کشور به امضا رسید. پروژه‌ی الدقم عمان نیز از حمایت‌های مالی منطقه‌ای ازجمله صندوق ثروت دولتی کویت برخوردار شده است.

بااین‌حال، همکاری و هماهنگی میان کشورهای منطقه‌ی خلیج‌فارس در گذشته به شکل ناامیدکننده‌ای غیرقابل اطمینان و بی‌ثبات بوده است. این کشورها، به‌جای شناسایی و استفاده از مزیت‌های نسبی خود، مسیر رقابت‌های مستقیم را در توسعه‌ی بخش‌های غیرنفتی خود دنبال کرده‌اند. دلیل اصلی آن این است که تصمیم‌گیری در این کشورها بسیار متکی به مشاوره‌های شرکت‌های مشاور بین‌المللی است که در توصیه‌های اغلب کوتاه‌مدت آن‌ها، تمایزها و اصالت‌های منطقه‌ای مدنظر قرار گرفته نمی‌شوند. علاوه بر این، پروژه‌های مشترک بزرگ در گذشته تنها با موفقیت‌های اندک همراه بوده‌اند. افزایش تنش‌های دیپلماتیک میان عربستان سعودی، امارات متحده‌ی عربی و قطر در سال ۲۰۱۷ یک شکاف سیاسی عمیق را در این منطقه نمایان ساخت. وقایع مشابه میان کشورهای دیگر این منطقه اتفاق افتاده است و با توجه به رهبریت موجود در ریاض و ابوظبی، بروز تنش‌های آتی غیرمحتمل نیست.

دلایل اصلی حرکت به سمت اقتصاد هیدروژنی: سیاست‌های آب و هوایی و ایجاد تنوع اقتصادی

تنوع اقتصادی اغلب به‌عنوان یک چالش جدید برای کشورهای حاشیه‌ی خلیج‌فارس مطرح می‌شود، گرچه این موضوع نیم قرن است که در برنامه‌های توسعه‌ی آن‌ها وجود داشته است. برای مثال در اولین برنامه‌ی توسعه‌ی عربستان سعودی برای سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۵ «ایجاد تنوع منابع درآمد ملی و کاهش وابستگی به نفت» به‌عنوان یک هدف وجود داشت. بااین‌حال، پیشرفت به‌سوی این هدف کند بوده است. این شرایط حتی برای امارات متحده‌ی عربی نیز صادق است که معمولاً به‌عنوان یک اقتصاد متنوع شناخته می‌شود. این پیشرفت کند بر خلاف اهداف آب و هوایی جهانی است. طبق تخمین‌ها، محدودسازی افزایش گرمایش جهانی به ۲ درجه‌ی سانتی‌گراد مستلزم این است که حدوداً نیمی از ذخایر نفت و گاز منطقه دست‌نخورده باقی بماند و استخراج نشود. بااین‌وجود، تاکنون کشورهای حاشیه خلیج‌فارس تقریباً هیچ انگیزه‌ای برای کنار گذاشتن نفت و گاز نداشته‌اند.

دلیل اول، آن است که بسته به شرایط هرکدام از این کشورها، نفت حدوداً ۶۰ تا ۹۵ درصد از بودجه‌ی ملی آن‌ها را تشکیل می‌دهد؛ بنابراین، درآمدهای نفت و گاز یک جریان نقدینگی عظیم را تحت کنترل مستقیم دولتی برای آن‌ها ایجاد می‌کند. ملت‌های کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس، این ثروت را به‌صورت انتقال درآمد (در قالب یارانه، کمک‌های مالی و خدمات تأمین اجتماعی)، مشاغل دولتی و خدمات عمومی دریافت می‌کنند؛ بنابراین، این دولت‌ها جایگاه خود را با حفظ ثبات اقتصادی و امنیت محکم می‌کنند. کناره‌گیری از نفت و حرکت به سمت بخش‌های دیگر و ایجاد یک ساختار درآمدی مالیات محور دسترسی این دولت‌ها را به جریانات نقدی دچار اختلال می‌کند. لذا در سیستم‌های اقتصادی کنونی یک ایستایی قوی در برابر استفاده از منابع متنوع وجود دارد که درنتیجه روند کربن‌زدایی را با کندی مواجه می‌سازد.

بااین‌حال، اقتصاد سیاسی کشورهای عضو شورای همکاری خلیج‌فارس نشان می‌دهد چرا دولت‌های این کشورها تا این اندازه علاقه‌مند به توسعه‌ی بخش هیدروژن خود هستند: ایجاد یک اقتصاد هیدروژنی در تملک دولت، شرایط موجود سیستم اقتصادی این کشورها را حفظ می‌کند. به‌این‌ترتیب رکود پیشرفت در ایجاد تنوع اقتصادی نیز کاهش می‌یابد.

دلیل دوم عدم کناره‌گیری این کشورها از اقتصاد نفت و گازی این است که مشوق‌های بازار کمی برای این منظور وجود دارد. قیمت‌های بالای نفت و گاز و درآمدهای سرشار از آن و ادامه‌ی این روند، موجب می‌شود صادرات نفت و گاز کماکان یک تجارت بسیار سودمند در آینده‌ی قابل پیش‌بینی باقی بماند. با در نظر گرفتن این موضوع که هزینه‌ی تولید هر بشکه نفت خام در این منطقه به‌طور متوسط حدود ده دلار است و در برخی از موارد حتی کم‌تر، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که این منطقه در پایین‌ترین نقطه در منحنی هزینه‌ی تأمین جهانی قرار دارد. لذا، حتی اگر تقاضا در جهان برای سوخت‌های فسیلی به سمت کاهش پیش برود، اقتصادهای شورای همکاری خلیج‌فارس می‌توانند برای دهه‌ها از صنعت نفت و گاز خود انتظار سودآوری داشته باشند.

صادرات هیدروژن اما یک جایگزین مستقیم به‌جای صادرات سوخت‌های فسیلی است. کشورهای این منطقه می‌توانند در این مسیر از زیرساخت‌ها و توان فنی موجود خود استفاده کنند و هم‌زمان کربن‌زدایی از صادرات هیدروژن خود را بهبود ببخشند. هیدروژن سبز این امکان را به کشورهای منطقه می‌دهد که در بلندمدت جایگاه خود را در برابر پیامدهای اقتصادی و سیاسی ناشی از سیاست‌های محدودکننده و رو به افزایش آب و هوایی در جهان حفظ کنند. بااین‌حال، بعید است هیدروژن سبز در کوتاه و میان‌مدت بتواند جایگاه صادرات سوخت‌های فسیلی را متعلق به خود کند. در مقابل، هیدروژن آبی موجب ایجاد تقاضا برای ذخایر گاز طبیعی می‌شود و حتی در کوتاه‌مدت از انتشار دی‌اکسید کربنی که به‌واسطه‌ی سوزاندن مستقیم گاز ایجاد می‌شود جلوگیری خواهد کرد؛ بنابراین صادرات هیدروژن، به‌ویژه هیدروژن آبی از این منطقه، موجب بهبود شرایط جهانی آب‌وهوا خواهد شد.

کشورهای منطقه به‌ویژه عربستان و امارات از هم‌اکنون به عقد قرارداد با کشورهای صاحب فناوری و واردکننده‌ی هیدروژن مثل آلمان پرداخته‌اند. سیاست کاهش واردات انرژی از روسیه نیز، به‌ویژه از سوی اروپا، نقش جدیدی را به کشورهای منطقه به‌ویژه شورای همکاری خلیج‌فارس در تأمین انرژی اروپا اعطا کرده است. برای نمونه، می‌توان به توافق بین آلمان و امارات متحده‌ی عربی

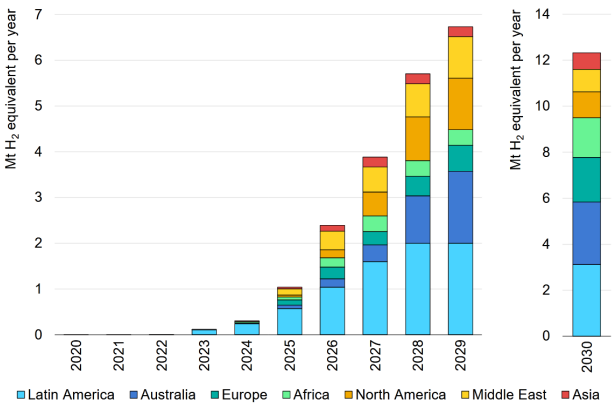
برای انجام چهار پروژه برای تولید هیدروژن و حمل آن به آلمان اشاره کرد. در هر یک از این چهار پروژه فناوری‌های متفاوتی مورداستفاده قرار خواهند گرفت. نکته جالب و تعجب‌برانگیز این است که با وجود تأکید آلمان بر سیاست تولید هیدروژن سبز به‌عنوان تنها انتخاب این کشور از میان انواع تولید هیدروژن، پروژه‌های مذکور شامل هیدروژن آبی نیز هستند که نشان می‌دهد یک رویکرد واقع‌بینانه و فارغ از تعصب بر این همکاری‌ها حاکم است.

چشم‌انداز کلی

کشورهای شورای همکاری خلیج‌فارس به هیدروژن علاقه‌مند هستند، اما نه به یک اندازه. درحالی‌که عربستان سعودی تعهدات بزرگی را، البته نه در یک چهارچوب رسمی آغاز کرده است، عمان در حال ایجاد ساختارهای جدید و معرفی پروژه‌های مختلف است. امارات متحده‌ی عربی یک چهارچوب سیاستی اعلام کرده و با موفقیت اولین گام‌های جسورانه خود را برداشته است. قطر همچنان بر صادرات ال.ان.جی و تولید هیدروژن آبی در خارج از کشور تمرکز دارد. کویت و بحرین همچنان با احتیاط به دنبال سرمایه‌گذاری و مشغول امکان‌سنجی هستند. در خصوص طیف رنگ‌های تعریف‌شده برای تولید هیدروژن، کشورهای منطقه گرایش‌های متفاوتی دارند: عمان بر هیدروژن سبز تمرکز کرده است، قطر به دنبال هیدروژن آبی است و امارات متحده‌ی عربی و عربستان سعودی در حال برنامه‌ریزی برای ایجاد یک توازن بین این دو هستند.

بااین‌حال، انجام واقعی همه‌ی این پروژه‌ها همچنان موردتردید است. اعلام پروژه‌های بزرگ، بدون پیگیری‌های بعدی، پدیده‌ی غیرمعمولی در این منطقه نیست. علاوه بر این موضوع حمل‌ونقل هیدروژن نیز هنوز مورد سول است. روش‌های مختلف حمل هیدروژن ازجمله از طریق خطوط لوله یا حمل‌ونقل مخزنی یا از طریق حامل‌هایی مثل آمونیاک یا ال.ان.جی تحت بررسی هستند. برای یک صادرکننده‌ی ال.ان.جی مثل قطر، زیرساخت‌های موجود از هم‌اکنون پاسخ این سول را مشخص می‌کند، اما برای کشورهای دیگر، هنوز انتخاب یک راهبرد مشخص دشوار است.

علاقه‌ی دولت‌های شورای همکاری خلیج‌فارس به هیدروژن یک امر ذاتی نیست، بلکه ریشه در هدف آن‌ها در حفظ امنیت اقتصادی و پاسخ به تقاضای خارجی دارد. هیدروژن برای کشورهای منطقه فرصت بزرگی برای حفظ ساختارهای اقتصادی و سیاسی خود در گذار جهانی انرژی است. هیدروژن سبز، مکمل صادرات انرژی (فسیلی) موجود است و از وقوع ریسک‌های بلندمدت جلوگیری می‌کند. هیدروژن آبی چشم‌انداز روشنی برای ذخایر گاز طبیعی در کوتاه و بلندمدت ایجاد می‌کند و درنتیجه بسیار موردعلاقه‌ی قطر، امارات و عربستان است.



شکل۳: نمودار چشم‌انداز صادرات هیدروژن در مناطق مختلف جهان (۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰)

عراق، کشوری با ظرفیت‌های فراوان و اهداف تازه به‌سوی اقتصاد هیدروژنی

در سپتامبر ۲۰۲۲ مرکز تحقیق و توسعه‌ی وزارت نفت عراق اولین واحد تولید هیدروژن عراق را راه‌اندازی کرد. این واحد تحقیقاتی از قابلیت تولید هیدروژن با خلوص ۹۹/۵ درصد برخوردار است و ظرفیت تولید آن برای مصارف تحقیقاتی و استفاده‌ی محدود در برخی شرکت‌های دولتی و خصوصی کافی است. وزارت نفت عراق در حاشیه‌ی افتتاح این مرکز اعلام کرد که این کشور به انجام تعهدات خود نسبت به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و حفاظت از محیط‌زیست و آب‌وهوا متعهد است.

در همین راستا عراق شروع به همکاری‌های منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای کرده است. برای نمونه این کشور در همکاری با کویت پروژه‌هایی را در زمینه‌ی توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر، با تمرکز بر انرژی خورشیدی و هیدروژن برنامه‌ریزی کرده‌اند.

عراق همچنین جهت توسعه و بهره‌برداری از انرژی خورشیدی یک قرارداد خدمات فنی با شرکت ACWA عربستان سعودی بسته است و برای انجام پروژه‌های آزمایشی در زمینه‌ی تولید هیدروژن با شرکت TotalEnergies به توافق رسیده است.

یکی از مهم‌ترین قراردادهای این کشور در زمینه‌ی تولید هیدروژن با شرکت زیمنس آلمان امضا شده است که طی آن زیمنس فناوری‌ها و تجهیزات پیشرفته‌ی تولید هیدروژن را در عراق مهیا خواهد کرد و به برگزاری کارگاه‌های تخصصی برای ارائه‌ی راه‌حل‌های فناورانه برای رفع بحران انرژی در این کشور خواهد پرداخت.

وزارت نفت عراق اعلام کرده است برای رفع وابستگی به برق وارداتی از ایران و رهایی از هزینه‌های بالای تولید برق از منابع هیدروکربنی، در حال برنامه‌ریزی‌های راهبردی جهت بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر خود است. در همین راستا دولت این کشور اعلام کرد آماده‌ی تضمین سرمایه‌گذاری‌های بین‌المللی در پروژه‌های تجدیدپذیر است. برای نمونه دولت عراق سرمایه‌گذاری در پروژه‌های تولید برق خورشیدی با ظرفیت بیش از ۵۰۰ مگاوات را با پشتوانه‌ی بودجه‌ی دولتی تضمین می‌کند.

فرصت‌ها و تهدیدهای پیش روی ایران

با نگاه به مطالب گزارش فوق می‌توان مشاهده کرد کشورهای منطقه به اهمیت هیدروژن، چه از منظر حفظ قدرت سیاسی و اقتصادی خود در آینده و چه به لحاظ انجام تعهدات بین‌المللی در خصوص محیط‌زیست و آب‌وهوا از اکنون به دنبال اتخاذ سیاست‌ها و راهبردهای ملی خود و برنامه‌ریزی برای اقدامات عملی هستند، چه‌بسا برخی علاوه بر اتخاذ راهبرد گام‌های مؤثری نیز در این مسیر برداشته‌اند و از هم‌اکنون خود را به‌عنوان قطب تولید هیدروژن در جهان معرفی کرده‌اند.

شکی نیست که توانایی تأمین انرژی و برخورداری از فناوری‌های نو به‌ویژه در حوزه‌ی انرژی به معنای قرار گرفتن در گلوگاه نیاز اول جهان است. از طرفی ویترین توسعه‌ی کشورها با درخشش فناوری‌های بومی آن‌ها جلوه‌گر می‌شود. در این میان فناوری‌های نو در بخش انرژی، جایگاه ویژه‌ای به دارندگان آن می‌بخشد. حال که قرعه‌ی مرکزیت تأمین انرژی جهان در گذار انرژی مجدداً به نام منطقه‌ی پرظرفیت خاورمیانه افتاده است، ایران به‌طور بالقوه و به‌شرط برنامه‌ریزی راهبردی دقیق با پشتوانه‌ی توان علمی و طبیعی خود بازیگر اول این میدان خواهد بود.

علی‌رغم تأخیر درحرکت و اقدامات عملی مؤثر، مطمئناً فرصت‌ها برای ایران هنوز باقی است؛ چراکه علاوه بر مزیت‌های طبیعی که کشورهای منطقه از آن برخوردارند، ایران مزیت‌های رقابتی و راهبردی منحصربه‌فردی را در منطقه‌ی خاورمیانه در اختیار دارد که در صورت استفاده از آن‌ها می‌تواند علاوه بر رفع شکاف اقدامی موجود، دست بالا را نیز در میان تمام کشورهای همسایه‌ی خود در تولید هیدروژن و توسعه‌ی فناوری‌های هیدروژنی در منطقه‌ی خاورمیانه در اختیار گیرد:

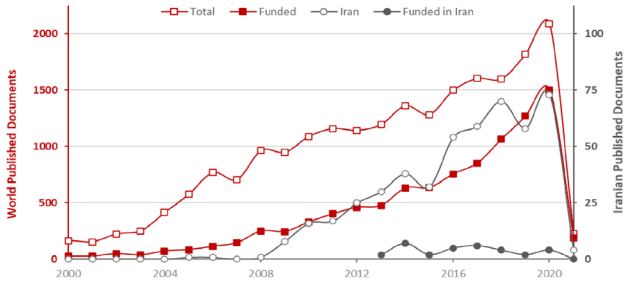
◄ موقعیت جغرافیایی برتر

ایران همان‌گونه که در مورد منابع هیدروکربنی همواره نقش حیاتی در مسیر انتقال انرژی را در جهان ایفا کرده است می‌تواند در خصوص انتقال انرژی‌های تجدیدپذیر، ازجمله هیدروژن نیز نقش بازیگر اصلی را بازی کند.

با نگاه به نقشه‌ی پراکندگی مراکز تولید هیدروژن درمی‌یابیم که ایران در قلب منطقه‌ی راهبردی تولید هیدروژن قرار دارد. در شمال، روسیه به دنبال صادرات هیدروژن به اروپا و جنوب شرقی و شرق آسیا است و در جنوب، همسایگان ایران در حاشیه‌ی خلیج‌فارس همین بازارها را هدف قرار داده‌اند. در این میان ایران دست بالا را در اختیار دارد که به هر دو بازار اصلی دسترسی بهتری دارد. حال با استفاده از توان دانشی داخلی و اتخاذ راهبردهای هوشمندانه در انتقال فناوری‌های به‌روز دنیا و تولید با کیفت تر و ارزان‌تر در کنار توسعه‌ی زیرساخت‌های حمل‌ونقل، ایران قطعاً می‌تواند چه در تولید هیدروژن سبز و چه در تولید هیدروژن آبی به قدرت اول منطقه تبدیل شود.

◄ دانش بومی

با نگاهی به فعالیت‌های پژوهشی و آثار انتشاریافته توسط محققان ایرانی در حوزه‌ی فناوری هیدروژن می‌توان اطمینان یافت که ایران از ظرفیت مناسبی برای تبدیل‌شدن به مرکز تولید و انتقال دانش هیدروژنی در منطقه برخوردار است. این ظرفیت انباشته در صورت برخورداری از حمایت‌های سیاستی و مالی می‌تواند زمینه‌ساز حرکت سریع ایران به سمت تبدیل‌شدن به قدرت اول تولید هیدروژن در منطقه نیز باشد. هم‌اکنون انجمن علمی هیدروژن و پیل سوختی ایران و نشریه‌ی علمی تخصصی هیدروژن و پیل سوختی ایران در کنار مراکز دانشگاهی و پژوهشگاه‌های دولتی و خصوصی، ازجمله پژوهشگاه صنعت نفت، جایگاه مناسبی برای تولید و نشر دانش هیدروژنی ایجاد کرده‌اند که در صورت مدیریت اصولی و ایجاد امکان



شکل ۴: نمودار مقایسه‌ی مقالات تحقیقاتی انتشاریافته در زمینه‌ی هیدروژن در ایران با کل جهان

همکاری‌های بین‌المللی تحقیقاتی، خروجی مناسبی را برای پی‌ریزی اجرای پروژه‌های اجرایی تولید، ذخیره‌سازی و انتقال هیدروژن مهیا خواهند ساخت.

◄ بازار قدرتمند داخلی

با توجه به روند سریع گذار انرژی و لزوم ایجاد تحول در منابع مصرف انرژی در کشور در تمامی بخش‌ها ازجمله صنعت، خانگی و حمل‌ونقل، انتظار می‌رود هیدروژن در آینده‌ای نه‌چندان دور یکی از اصلی‌ترین گزینه‌های جایگزینی منابع انرژی به‌جای منابع کنونی در کشور باشد. از طرفی تاریخچه‌ی مصرف سوخت و انرژی در ایران، به‌ویژه در بخش صنعت و حمل‌ونقل نشان از حجم بسیار بالای تقاضا و بازار گسترده‌ی داخلی دارد. لذا برای پیشگیری از افتادن در ورطه‌ی واردات هیدروژن در روند گذار و تبدیل این تهدید به یک فرصت، باید هرچه سریع‌تر زمینه‌های حرکت به سمت اقتصاد هیدروژنی را در کشور مهیا ساخت.

منابع:

بلندپروازی‌های هیدروژنی کشورهای حاشیه‌ی خلیج‌فارس

https://www.swp-berlin.org/en/publication/the-hydrogen-ambitions-of-the-gulf-states

تحویل اولین محموله‌ی آمونیاک آبی جهان، مسیر جدیدی به سمت آینده‌ی پایدار

https://eneken.ieej.or.jp/data/9135.pdf

چشم‌انداز و روندهای تحقیقاتی تولید هیدروژن در ایران

https://ijhfc.irost.ir/article_1014_b8473e164ce24236e112ffe7197979ff.pdf

راهبرد صنعتی عربستان برای تولید هیدروژن

https://www.csis.org/analysis/saudi-arabias-hydrogen-industrial-strategy

مرور جهانی هیدروژن (۲۰۲۲)

https://iea.blob.core.windows.net/assets/c5bc75b9-1e4d460-d-6-9056e8e626a11c4/GlobalHydrogenReview2022.pdf

گزارش تحلیلی

نظم نوین آینده انرژی

هوش مصنوعی در صنعت نفت و گاز

صدیقه جوادپور ؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

کاربرد هوش مصنوعی (AI) فراتر از «بهتر» یا «سریعتر» کردن فرآیندها این پتانسیل را دارد که در سراسر زنجیره ارزش نفت و گاز از فعالیت‌های اکتشافی اولیه نظیر الهام‌بخشی در ارائه راه‌های جدید برای اکتشاف، توسعه، تولید، حمل‌ونقل گرفته، تا کاربری نهایی پالایش و فروش، بازدهی را افزایش دهد.

با توجه به پتانسیل هوش مصنوعی برای تقویت یا حتی جایگزینی آن با برخی از توانایی‌های انسانی، امکان آزاد کردن زمان انسان برای انجام فعالیت‌های خلاقانه‌تر و با ارزش افزوده فراهم می‌شود. در نظرسنجی اخیر[1] نشان داده شده است که در حال حاضر، ۹۲ درصد از شرکت‌های نفت و گاز تا دو سال آینده یا در حال سرمایه‌گذاری و یا در حال برنامه‌ریزی روی هوش مصنوعی هستند و ۵۰ درصد از مدیران صنایع نفت و گاز اعلام کرده‌اند که استفاده از هوش مصنوعی برای کمک به حل چالش‌های سازمان خود را پیش‌تر آغاز کرده‌اند.

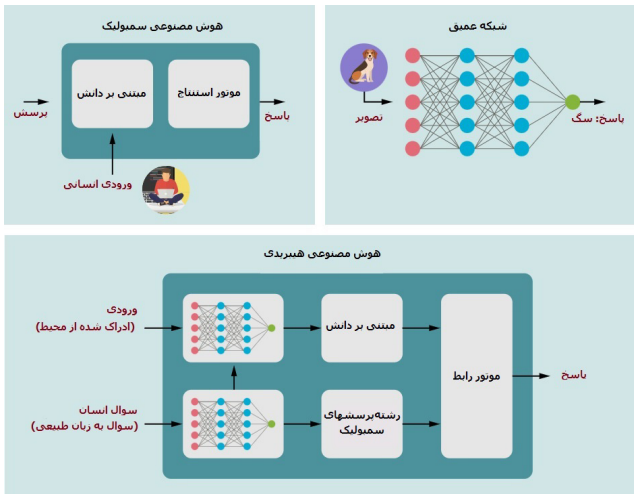
هوش مصنوعی چیست؟

قبل از پرداختن به اینکه چگونه هوش مصنوعی صنعت نفت را دگرگون خواهد کرد بهتر است برای ایجاد ادبیات مشترک در ذهن خواننده، هوش مصنوعی تعریف شود تا بر آنچه در حوزه هوش مصنوعی قراردارد و آنچه هوش مصنوعی محسوب نمی‌شود همسویی نظرات حاصل شود.

برای اینکه ابزاری را بتوان در جرگه هوش مصنوعی قرارداد باید در آن سطحی از یادگیری و سازگاری یافت شود. لذا با این تعریف، سیستم‌های تصمیم‌گیری، اتوماسیون و آمار، هوش مصنوعی محسوب نمی‌شوند مگر اینکه خصوصیات یادگیری و سازگاری به آنها افزوده شود. درکل هوش مصنوعی را می‌توان به سه دسته هوش مصنوعی محدود (ANI)[2] و هوش مصنوعی عمومی (AGI)[3] و ابرهوش مصنوعی (ASI)[4] تقسیم کرد. تا کنون هوش مصنوعی عمومی و ابرهوش مصنوعی وجود نداشته‌اند. چالش بزرگ و کلیدی برای ایجاد هوش مصنوعی عمومی، مدلسازی مناسب جهان با تمام دانش موجود درآن به شیوه‌ای سازگار و مفید است که امری بسیار بزرگ و شگرف است. ابرهوش مصنوعی در امتداد این نظریه که زمانی خواهد رسید که هوش مصنوعی به سطح هوش عمومی برسد معرفی شد و هوشی است که بتواند به سرعت بسیار بالایی یاد بگیرد و دانش و قابلیت‌های آن حتی از نوع بشر قوی‌تر شود و می‌دانیم که فعلا در حد تخیل بشر پیشرفت داشته است.

بسیاری از آنچه که امروز به عنوان هوش مصنوعی می‌شناسیم در واقع دارای هوش محدود هستند و به یک سیستم خاص یا به یک مشکل خاص رسیدگی می‌کنند . بر خلاف هوش انسانی، چنین هوش مصنوعی محدودی تنها در حوزه‌ای که آموزش دیده است موثر عمل می‌کند؛ مانند تشخیص تقلب، تشخیص چهره، یا توصیه‌های اجتماعی. در حالیکه AGI مانند انسان عمل می‌کند. در حال حاضر بارزترین نمونه تلاش برای دستیابی به AGI استفاده از شبکه‌های عصبی و «یادگیری عمیق »[5] با کمک الگوریتم‌های یادگیری بر روی حجم وسیعی از داده‌ها را می‌توان نام برد.

یادگیری عمیق زیر مجموعه ای از هوش مصنوعی است که در آن به جای انسان از ماشین استفاده می‌شود و مبتنی بر شبکه‌های عصبی عمیق[6] است. مغز انسان از سلولهای عصبی تشکیل شده است که با هم در ارتباط بوده و در این ارتباط پردازش اطلاعات می‌کنند. کارهایی که انجام می‌دهیم براساس ورودی‌هایی است که دریافت می‌کنیم و در اصل مغز ما مانند یک تابع رفتار می‌کند که ورودی‌هایی را می‌گیرد، بر روی آنها عملیات انجام می‌دهد و خروجی به ما تحویل می‌دهد. یادگیری عمیق نیز با استفاده از شبکه عصبی عمیق که مانند مغز انسان عمل کرده و در شباهت بیشتر با مغز انسان و بر خلاف شبکه‌عصبی ساده دارای لایه‌های میانی بیشتری است پردازش اطلاعات را انجام می‌دهد. یک گره در شبکه عصبی، مانند نورون‌های مغز انسان، مکانی برای انجام محاسبات است. مجموعه‌ای از نورون‌های (گره‌های) فعال شده منجر به یادگیری می‌شوند. الگوریتم یادگیری عمیق درست مانند مغز انسان با



شکل ۱ : انواع مدلهای شبکه عصبی

۱ .انجام شده توسط شرکت Ernst & Young Global Limited

2. artificial narrow intelligence (ANI)
3. artificial general intelligence (AGI)
4. ARTIFICIAL SUPERINTELLIGENCE
5. deep learning

۶ .deep neural networks که همان شبکه‌های عصبی هستند که تعداد لایه‌های میانی آن‌ها زیاد است.

هر بار تکرار یک کار تجربه کسب می‌کند. نتیجه نهایی آن، شبکه عصبی «آموزش‌دیده» است که می‌تواند خروجی مورد نظر را بر روی داده‌های جدید تولید کند ـ برای مثال تشخیص اینکه یک تصویری حاوی شخصیت مورد نظر هست یا نه (تشخیص چهره).

جهش قابل توجهی که امروزه در هوش مصنوعی وجود دارد ناشی از پیشرفت‌های فناوری در روشی است که در آن می‌توان شبکه‌های عصبی بزرگ را آموزش داد و به لطف قابلیت‌های زیرساخت‌های عظیم محاسبات ابری، می‌توان تعداد زیادی از پارامترها را در هر اجرا بازتنظیم کرد. به عنوان مثال، GPT ـ ۳ (سیستم هوش مصنوعی ChatGPT)[۷] یک شبکه عصبی بزرگ با ۱۷۵ میلیارد پارامتر است.

هوش مصنوعی برای موفقیت به سه چیز نیاز دارد

اول، به مقدار زیادی «داده‌های باکیفیت و بی‌طرفانه»، تا محققان بتوانند از این مجموعه داده‌های بزرگ برای ساخت شبکه‌های عصبی استفاده کنند. امروزه این نوع داده‌ها با دیجیتالی شدن جامعه به وجود آمده و روز به روز بر آنها افزوده می‌شود.

Co-Pilot[۸] برای تقویت برنامه‌نویسان، داده‌های خود را از میلیاردها خط کد به اشتراک گذاشته شده در ChatGPT دریافت می‌کند و سایر مدل‌های زبان بزرگ از میلیاردها وب سایت و اسناد متنی ذخیره شده به صورت آنلاین استفاده می‌کنند. با هر چه بیشتر دیجیتالی شدن زندگی انسان مدل‌های هوش مصنوعی، به پیشرفت و تاثیرگذاری بیشتر خود بیشتر ادامه می‌دهند.

هوش مصنوعی همچنین برای آموزش موثر داده‌ها به «زیرساخت محاسباتی» نیاز دارد. با قدرتمندتر شدن رایانه‌ها، مدل‌هایی که در حال حاضر به محاسبات فشرده و در مقیاس بزرگ نیاز دارند، می‌توانند در آینده نزدیک به صورت محلی مورد استفاده قرار گیرند.

سومین نیاز برای هوش مصنوعی «**مدل‌ها و الگوریتم‌های بهبود یافته**» است. سیستم‌های مبتنی بر داده همچنان به پیشرفت سریع خود در حوزه‌ای که زمانی تصور می‌شد قلمرو شناخت انسان است، ادامه می‌دهند. با این حال، از آنجایی که دنیای اطراف ما دائماً در حال تغییر است، سیستم‌های هوش مصنوعی باید دائماً با استفاده از داده‌های جدید بازآموزی شوند. بدون این مرحله حیاتی، سیستم‌های هوش مصنوعی پاسخ‌هایی تولید می‌کنند که از واقعیت فاصله دارند یا اطلاعات جدیدی را که بعد از زمان آموزش به دست آمده را در محاسبات خود در نظر نمی‌گیرند.

شبکه‌های عصبی تنها رویکرد در هوش مصنوعی نیستند. یکی دیگر از موارد برجسته در تحقیقات هوش مصنوعی، هوش مصنوعی نمادین[۹] است – در این رویکرد به جای ارزیابی، یادگیری و شناخت مجموعه داده‌های عظیم، بر قوانین و دانشی مشابه فرآیندی که بصورت درونی در انسان برای شکل‌گیری و بازنمایی پدیده‌ها صورت می‌گیرد تکیه می‌کند. اما توازن قدرت در دهه گذشته به شدت به سمت رویکردهای داده محور متمایل بوده است. داده‌ها، محاسبات و الگوریتم‌ها، پایه و اساس آینده هوش مصنوعی را تشکیل می‌دهند. همه شاخص‌ها حاکی از آن است که در آینده‌ای قابل پیش‌بینی در هر سه دسته هوش مصنوعی پیشرفت سریعی حاصل خواهد شد.

در کل از منظر توانایی و کارکردهایی که هوش مصنوعی می‌تواند داشته باشد، چهار نوع هوش مصنوعی قابل تعریف است:

ماشین های واکنشی:[۱۰] فناوری اولیه هوش مصنوعی است که در آن ماشین قادر به پاسخگویی به محرک‌های خارجی در زمان واقعی است، اما قادر به ایجاد حافظه و ذخیره اطلاعات برای استفاده در آینده نیست.

حافظه محدود:[۱۱] شامل ماشین‌هایی است که می‌توانند دانش را ذخیره کرده و از آن برای یادگیری و آموزش برای کارهای آینده استفاده کنند.

مبتنی بر نظریه ذهن:[۱۲] دربرگیرنده ماشینهای هوش مصنوعی است که می‌توانند احساسات انسانی را حس کرده و به آن پاسخ دهند در حالیکه وظایف ماشین‌های حافظه محدود را نیز انجام می‌دهند.

خودآگاه:[۱۳] مرحله نهایی هوش مصنوعی است که در آن ماشین‌ها نه تنها می‌توانند احساسات دیگران (انسان و حیوان) را تشخیص دهند، بلکه خود دارای احساسات هستند و هوشی در سطح انسانی دارند.

فناوری‌های AI در حال تبدیل شدن به «قهرمانان دیجیتال» در صنعت نفت و گاز

گرچه به نظر می‌رسد صنعت نفت و گاز یکی از پردرآمدترین صنعت‌ها باشد، اما در چند سال گذشته با چالش‌های متعددی دست و پنجه نرم کرده است. افزایش تقاضا، نگرانی‌های نظارتی، تنوع عرضه، رشد سریع زیرساخت‌ها و خرابی‌های مکرر دارایی‌ها و توقف عملیات به تبع آن و خطرات زیست‌محیطی، اجتماعی و حاکمیتی، این صنعت را با موانعی که غلبه بر آن دشوار است، متاثر کرده است.

گذشته از این نگرانی‌ها برنامه‌های گذار انرژی و پسماند صفر به سرعت در حال ظهور هستند و صنایع نفت و گاز برای کاهش دی‌اکسیدکربن و سایر انتشارات به طور مداوم تحت فشار قرار دارند. در نتیجه، مانند هر بخش دیگری، صنایع نفت و گاز در حال بررسی پتانسیل گسترده برنامه‌های هوش مصنوعی (AI) برای افزایش بهره‌وری، افزایش امنیت، افزایش در دسترس بودن

۷ . ChatGPT یک ربات چت (یک برنامه نرم‌افزاری است که برای انجام یک مکالمه چت آنلاین از طریق نوشتار یا تبدیل نوشتار به گفتار، به جای برقراری ارتباط مستقیم با یک عامل انسانی زنده) است که توسط OpenAI در نوامبر ۲۰۲۲ راه اندازی شد. این ربات بر روی خانواده مدلهای زبان بزرگ GPT-۳٫۵ ـ یک مدل زبان اتورگرسیو است که از یادگیری عمیق برای تولید نوشتار شبیه انسان استفاده می کند ـ در OpenAI ساخته شده است و با تکنیک‌های یادگیری نظارت شده و تقویتی به خوبی تنظیم شده است.

۸ . GitHub Copilot یک ابزار هوش مصنوعی مبتنی بر ابر است که توسط GitHub و OpenAI برای کمک به کاربران محیط‌های Neovim، Visual Studio، Visual Studio Code و توسعه یکپارچه JetBrains با کد تکمیل خودکار توسعه یافته است.

۹ . جهش بزرگ بعدی هوش مصنوعی است حاصل ادغام دو رویکرد اصلی هوش مصنوعی که باعث ایجاد ترکیبی جدید به نام هوش مصنوعی عصبی نمادین شده است. این حوزه در حال برداشتن گام‌های ابتدایی به سمت استدلال مانند انسان‌ها است.

10. Reactive Machines
11. Limited Memory
12. Theory of Mind
13. Self-aware

تجهیزات، تعمیر و نگهداری و مدیریت زمان به‌روزرسانی و پایداری در عملیات است.

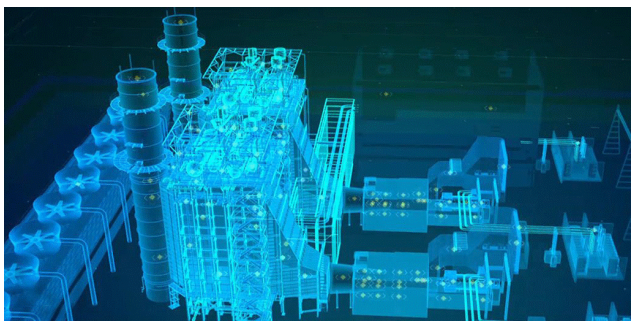
هوش مصنوعی دریچه جدیدی بر روی طیفی از امکانات در طول زنجیره ارزش نفت و گاز باز کرده است و امکان مدیریت پیش‌بین و فعال دارایی‌ها، تقویت تصمیم‌گیری داده محور، ایجاد پایگاه کارکنان و تضمین سلامت و ایمنی نیروی کار را فراهم کرده است.

«فنآوری‌هایی مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی می‌توانند گذشته را تجزیه و تحلیل، حال را بهینه و آینده را پیش‌بینی کنند».
داریل ویلیامز[۱۴]

هوش مصنوعی یک فناوری امیدوارکننده است که نقشی کلیدی در آینده نفت و گاز ایفا خواهد کرد و استفاده از آن در موارد ذیل منجر به یک انقلاب ارتباطی در میادین نفتی خواهد شد و هوش مصنوعی را به یک توانمندساز عالی در صنعت نفت و گاز تبدیل خواهد کرد.

۱. مدیریت هوشـمند دارایی با استفاده از همزاد دیجیتال

دارایی‌های فیزیکی ارزشمند و گران‌قیمت صنعت نفت و گاز نیازمند نظارت، مدیریت و نگهداری مستمر دارایی است. بر اساس تحقیقات، ۶۳ درصد از دارایی‌های میادین نفتی از نیمه عمر مورد انتظار خود گذشته‌اند. در نتیجه، ارزیابی و اطمینان از عملکرد تجهیزات نفت و گاز یک مسئله مهم است که لزوم مدیریت و نگهداری دارایی مبتنی بر داده را تاکید می‌کند. لذا، مفهوم همزاد دیجیتال با قابلیتی که ارائه می‌کند تحولی انقلابی در مدیریت و نگهداری دارایی در صنعت نفت و گاز ایجاد کرده است.



شکل ۲: دوقلوی دیجیتال یک پالایشگاه نفت (منبع: GE Ventures via ARC)

همزاد دیجیتال

یک همزاد دیجیتال کپی یک دارایی واقعی موجود در میدان بصورت شبیه‌سازی شده است با همان ویژگی‌های دارایی فیزیکی مانند پمپ‌ها، کمپرسورها، توربین‌ها و خطوط لوله و ... و امکان نظارت مجازی بر دارایی‌های میدان را فراهم کرده و از داده‌های قابل اعتماد و با کیفیت بالا برای افزایش عملکرد آن دارایی استفاده می‌کند.

از آنجا که دارایی دیجیتالی همزاد با تمام داده‌های عملیاتی فعلی، از جمله الگوها، اطلاعات عملیاتی، تاریخچه تعمیر و نگهداری و فرآیندهای عیب‌یابی به روز می‌شود، یک پایگاه متمرکز از داده‌های دارایی فیزیکی ایجاد می‌شود. این پایگاه داده‌ها توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی و در زمان واقعی تجزیه و تحلیل می‌شود و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تغییرات را از دل الگوهای معمول شناسایی می‌کنند تا موارد زیر محقق شود:

- جمع آوری اطلاعات بلادرنگ از حسگرها برای مشخص کردن علائم اولیه و مراحل خرابی دارایی و فعال کردن تعمیر و نگهداری پیشگیرانه. با این کار، از توقف برنامه‌ریزی نشده تجهیزات و عملیات جلوگیری می‌شود، عمر دارایی افزایش و هزینه عملیات و مدیریت دارایی‌ها کاهش می‌یابد.

- از بین رفتن هزینه‌های بالای نگهداری دارایی با کاهش نیاز به استخدام پرسنل تعمیر و نگهداری پرهزینه و رفت و آمد بین میادین.

۲. ایمنی در محل کار

فناوری‌های قدرتمندی مانند هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، اینترنت اشیا، و کلان داده‌ها، را می‌توان برای نظارت و شناسایی علائم کشنده مانند سطوح خطرناک آلاینده‌ها و دسترسی‌های غیرمجاز پرسنل در عملیات میدانی بکار برد. به عنوان مثال می‌توان از چت ربات‌های مجهز به هوش مصنوعی در تلفن‌های همراه و یا از گجت‌های پوشیدنی هوشمند، برای اعلام بی‌درنگ هشدار در مواردی مثل اعلان خطرهای اضطراری سلامت یا ممانعت از ورود پرسنل به برخی محدوده‌ها و مناطق استفاده کرد.

علاوه بر این، ساعت‌های هوشمند، کلاه ایمنی، جلیقه‌های بیومتریک، و برچسب‌های بلوتوث می‌توانند فعالیت‌های نیروی کار و مکان عملیات در میدان را ردیابی و کنترل کرده و با شناسایی نشانه‌های خستگی نیروی کار و دسترسی به اطلاعات حیاتی در میدان امکان رسیدگی به پرسنل و شرایط اضطراری را تسهیل کنند. اینترنت اشیا و هوش مصنوعی می‌توانند خطرات موجود در محل را در زمان واقعی شناسایی و عیب‌یابی کنند یا در صورت لزوم، اعلان‌هایی را به کارشناسان مربوطه ارسال کنند.

۳. بهینه سـازی تولید و برنامه‌ریزی زمانی

فراتر رفتن از برنامه و بودجه، مشکل رایجی است که گریبان گیر اغلب پروژه‌های نفتی فراساحلی می‌شود. عواملی مانند تأخیر بدلیل شرایط آب و هوا، محدودیت منابع و خطرات پیش‌بینی نشده در برنامه‌ریزی در اینجا نقش کلیدی ایفا می‌کنند.

چیزی که این فرآیند را پیچیده‌تر می‌کند، تعداد زیاد از فعالیت‌های دارای فرآیند خاص مانند حفاری و نصب پلت‌فرم است که دوره ساخت توسعه میدان نفتی را تعیین می‌کنند. در این زمینه، یافتن مدل‌های برنامه‌ریزی و زمان‌بندی پروژه قوی که وابستگی متقابل این مؤلفه‌ها و ریسک‌های موجود در آن را در نظر بگیرد، حیاتی است. پلتفرم‌های مبتنی بر ابر داده از تحلیل‌های قدرتمند و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای مطالعه داده‌های دریافتی برای ناهنجاری‌ها استفاده می‌کنند، و علائم بروز مشکل در تجهیزات نظارتی را نشان می‌دهند.

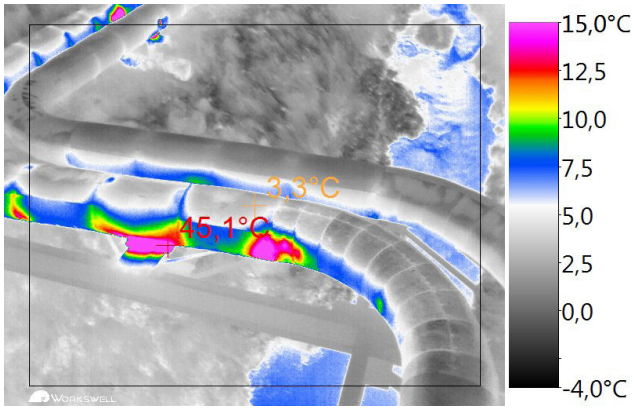
٤. تصمیم‌گیــری مبتنی بر تجزیه و تحلیل

شرکت‌های نفت و گاز مجموعه‌ای از داده‌های انباشته از جمله مشخصات مخزن، داده‌های لرزه‌ای و ریز لرزه‌ای، زمان حفاری، عملکرد و بازیابی، داده‌های حمل و نقل، و بسیاری موارد دیگر که توسط سایر بخشهای این کسب و کار و فرآیندهای متعدد آن در مکانهای مختلف ایجاد می‌شود را تولید می‌کنند. با این حال، این شرکت‌ها اغلب توانایی استفاده از این داده‌ها برای دستیابی به بینش‌ها و نتایج معنادار را ندارند.

بکارگیری متخصصان داده برای تجزیه و تحلیل این داده‌ها، صرفه‌جویی بالایی در زمان و هزینه است. برنامه‌های کاربردی مبتنی بر هوش مصنوعی به ایجاد یک پلتفرم داده یکپارچه با قابلیت‌های کاوش دانش کمک می‌کند تا اطلاعات، قابل جستجو شوند و بینش‌ها و پیش‌بینی‌های هوشمند و معناداری از آن استخراج شود. هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، تجزیه و تحلیل داده‌ها و اینترنت اشیاء صنعتی، برترین فناوری‌های تغییر دهنده بازی در سال ۲۰۲۱ بوده‌اند.

با ادغام، تجزیه و تحلیل و تصویر بخشی به چنین داده‌های متنوعی با استفاده از یادگیری ماشین می‌توان به موارد زیر دست یافت::

- شناسایی مناطق بهتر برای حفاری و بهینه‌سازی تولید
- تجزیه و تحلیل اقتصادی حفاری برای بهینه‌سازی هزینه‌های تولید و افزایش بازده
- استفاده از تعمیر و نگهداری دارایی‌ها بصورت پیش‌بین
- بهینه‌سازی مدیریت موجودی، برنامه‌ریزی و تدارکات
- امکان استفاده از چت ربات‌های هوش مصنوعی برای ارسال گزارش وضعیت در صورت درخواست، پاسخ به سؤالات کارکنان و ارسال اطلاعات مورد نیاز در محل
- امکان احراز هویت چندگانه مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین و ایجاد امنیت چند لایه برای محافظت از داده‌های حیاتی تجاری



شکل۳: بازرسی خط لوله با استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین مجهز به تصویربرداری حرارتی

منبع: Workswell Infrared

۵. مدیریت هوشــمند موجودی ، تدارکات و زنجیره تامین

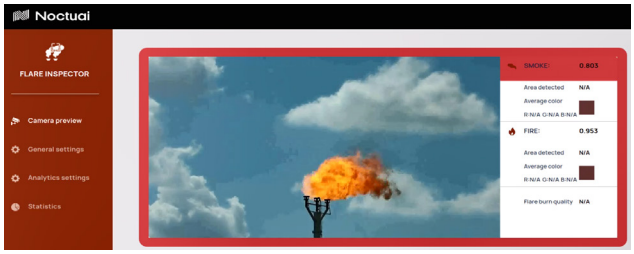
هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، فناوری‌های هوشمند ردیابی و رصد، وشبکه‌های ابری به صنعت نفت و گاز کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)[15] را تقویت کرده و مدیریت موجودی، تدارکات و مدیریت انبار را بهینه کند. آنها همچنین امکان مدیریت هوشمند تدارکات، حمل و نقل شفاف، جایگزینی و دسته‌بندی بهینه تجهیزات را فراهم می‌کنند. حسگرها و دستگاه‌های هوشمند متصل به اینترنت اشیاء، داده‌هایی مانند عملکرد خودرو، مصرف سوخت و موجودی انبار را برای برنامه‌ریزی تعمیرات و نگهداری و جلوگیری از خرابی تجهیزات، ثبت و منتقل می‌کنند.

راه‌حل‌های ERP مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند فرآیند مجوز درخواست مواد (MMR)[16] را دیجیتالی و خودکار کنند، مداخله دستی را کاهش دهند، تأیید اسناد را تسریع کنند، تأییدیه‌های درخواست مواد مبتنی بر کاغذ را حذف کنند، و دقت و ردیابی ۱۰۰ درصدی را در فرآیند MMR ارائه دهند.

٦. بهینه‌سازی فرآیند پشتیبانی

کسب‌وکارهای نفت و گاز دارای عملیات پشتیبانی مختلفی هستند که می‌توانند برای افزایش کارایی، صرفه‌جویی در زمان و کاهش هزینه‌های عملیاتی خودکار شوند. لذا مدیران ارشد نفت و گاز باید فناوری‌هایی را برای خودکارسازی فرآیندهای زیر اتخاذ کنند:

- ابزارهای اتوماسیون هوشمند که از هوش مصنوعی، NLP[17] و OCR[18] استفاده کرده اسناد مربوط به نفت و گاز را تجزیه و اطلاعات مورد نیاز را به درستی استخراج می‌کنند. به عنوان مثال، اسناد حمل و نقل، فاکتورها، رزومه داوطلبان و غیره.
- ربات‌های مجهز به هوش مصنوعی که با بررسی رزومه و استخراج اطلاعات مناسب و ارسال خودکار ایمیل‌های مورد نیاز، فرآیندهای استخدامی خاص برای انتخاب کارمند را خودکار می‌کنند.
- ربات‌های هوش مصنوعی که می‌توانند در قالب‌های مختلف اطلاعات را از صورت‌حساب‌ها استخراج کرده آنها را در سیستم‌های پشتیبان وارد و این کار خسته‌کننده و زمان‌بر را خودکار کنند.
- ربات‌هایی که به منظور حصول اطمینان از انطباق با الزامات صنعت، به طور خودکار داده‌های نظارتی را جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل،



شکل۳: دوربین‌های ویدیویی مجهز به هوش مصنوعی که به نظارت بر فلرها کمک می‌کنند

منبع: Noctuai

15. Enterprise resource planning
16. material master request
17. Natural language processing
18. optical character recognition)

سادەسازی و تصویرسازی می‌کنند.

◄ ربات‌های هوشمندی که با ارسال اعلان‌ها و یادآوری‌های خودکار، افزایش مسئولیت‌پذیری، و بهبود شفافیت و دید در عملیات، فرآیند مجوز برای هزینه‌ها (AFE)[19] را خودکار می‌کنند.

کلام آخر

۹۲ درصد از شرکت‌های نفت و گاز در حال حاضر روی کاربردی از هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری می‌کنند یا حداقل آن را در برنامه چند سال آینده خود دارند. برنامه‌های کاربردی در زمینه‌های نظارت، اتوماسیون و تجزیه و تحلیل داده‌ها تقریباً بسیار زیاد و دائماً در حال تغییر هستند. هرچند توجه به این فناوری در تمام صنایع ازجمله صنعت نفت وگاز رو به گسترش است، اما الزام بر طرح هوش مصنوعی به عنوان یک پروژه استراتژیک بزرگ در صنعت نفت چندان معقول به نظر نمی‌رسد. اگرچه می‌توان در برنامه‌ها و فرآیندهای کاربردی و کوچک مقیاس که در آنها این فناوری می‌تواند ارزش افزوده داشته، از مخاطرات انسانی کاسته و اثربخشی را افزایش دهد مورد توجه قرار گرفته و مد نظر برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران صنعت و همچنین موضوع طرح‌های نوآورانه استارت‌آپهای حوزه نفت و گاز قرار گیرد.

منابع:

https://theconversation.com/not-everything-we-call-ai-is-actually-artificial-intelligence-heres-what-you-need-to-know196732-

https://acuvate.com/blog/six-applications-of-ai-in-oil-gas-industry/

https://www.ey.com/en_gl

https://blog.vsoftconsulting.com/blog/ais-role-in-oil-and-gas-industry

https://builtin.com/artificial-intelligence/types-of-artificial-intelligence

https://www.azena.com/insights/how-ai-is-transforming-the-oil-and-gas

https://www.birlasoft.com/articles/-13remarkable-applications-ai-oil-gas-industry

https://knowablemagazine.org/article/technology/2020/what-is-neurosymbolic-ai

19. authorization for expenditure

نظم دوره گذار انرژی

گزارش تحلیلی

ارزیابی فناوری های پاک در زنجیره ارزش صنعت برق

سیدصادق ضرغامی؛ پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

تغییرات اقلیمی ناخوشایند کنونی و پیش بینی ادامه آن در آینده با وضعیت وخیم تر، سبب شده است کشورهای جهان به تعهدات زیست محیطی پایبندتر شده و به توسعه فناوری ها و سوخت های پاک اهمیت بیشتری از قبل بدهند. کشورها در این زمینه برای خود برنامه ریزی کرده و راهبردها و سیاست های مرتبط را تدوین نموده اند. با توجه به اینکه توسعه اغلب فناوری های پاک مانند انرژی های تجدید پذیر، در راستای توسعه صنعت برق می باشند، در این گزارش قصد داریم تا جایگاه این فناوری ها را دربخش های مختلف زنجیره ارزش صنعت برق کم کربن شناسایی نموده و وضعیت آنها را از نظر سطح بلوغ، مورد بررسی قرار دهیم. برای این کار از روش ارزیابی سطح آمادگی فناوری (Technology Readiness) :TRL Level ، در طی فرآیند تکامل، از مرحله ایده تا بازار، استفاده می کنیم. با تبیین میزان سطح آمادگی هر فناوری، می توان جایگاه آن را در نقشه راه فناوری در صنایع کشور بدست آورده و برنامه ریزی درستی در خصوص میزان سرمایه گذاری، منابع انسانی و زمان ورود به بازار انرژی، داشته باشیم.

تعیین سطح آمادگی فناوری

سطح آمادگی فناوری، یک چارچوب عمومی جهت ارزیابی فناوری های مختلف و مقایسه میزان بلوغ آنها در فرآیند تکامل؛ از ایده تا مرحله ورود به بازار، ارائه می دهد. آژانس بین المللی انرژی(IEA) جهت ارزیابی فناوری های پاک از این چارچوب استفاده نموده و مراحل مختلف تکامل فناوری را تعریف نموده است. سپس وضعیت فناوری های کلیدی پاک در بخش های مختلف زنجیره ارزش برق را مشخص کرده و زنجیره ارزش هر کدام را به تفکیک تبیین نموده است. در ادامه ، تعاریف و دسته بندی های این آژانس به اختصار توضیح داده می شود (شکل ۱):

در مرحله اول، تحقیقات علمی بصورت مدون درآمده و مدل های مفهومی ارائه می گردند (۱). همچنانکه مفهوم و موارد کاربرد توسعه می یابد، فناوری به سمت (۲) حرکت می کنند، هنگامی که آزمایش انجام می شود و مفهوم را ثابت می کند به مرحله (۳) می رسد. سپس مفهوم باید مورد تایید قرار گیرد. در این حالت، نمونه سازی در محیط آزمایشگاهی انجام می شود (۴). در مرحله بعد، نمونه ها با توجه به شرایط محیط واقعی مورد اجرا قرار می‌گیرند و نقاط قوت و ضعف مشخص می شوند (۵و۶). سپس نمونه ها در محیط های واقعی مورد آزمایش قرار می گیرد (۷). در مرحله بعد نمونه در مقیاس بزرگتر و تجاری سازی شده و نمایش داده می شود(۸). سپس عملیات تجاری ادامه داده می شود و در محیط های مرتبط شروع بکار می کند (۹). این سیستم باید بتواند با سیستم فعلی یکپارچه شود یا با مقیاس بزرگ تولید شود (۱۰). در مرحله آخر، فناوری به رشد پیش بینی شده می رسد (۱۱).

بطور کلی می توان سطوح آمادگی فناوری را به ۴ دسته بندی بزرگتر تقسیم نمود که عبارتند از: ۱ـ نمونه سازی (شامل سه دسته: ایده ، نمونه سازی کوچک، نمونه سازی بزرگ)، ۲ـ نمایش گذاری، ۳ـ انطباق اولیه، ۴ـ مرحله بلوغ.

ایده: محصولاتی که به تازگی شناسایی شده اند اما نیاز به تایید دارند، مانند باطری های هوا_لیتیوم و برقی سازی تولید بخار جهت تولید اولفین.

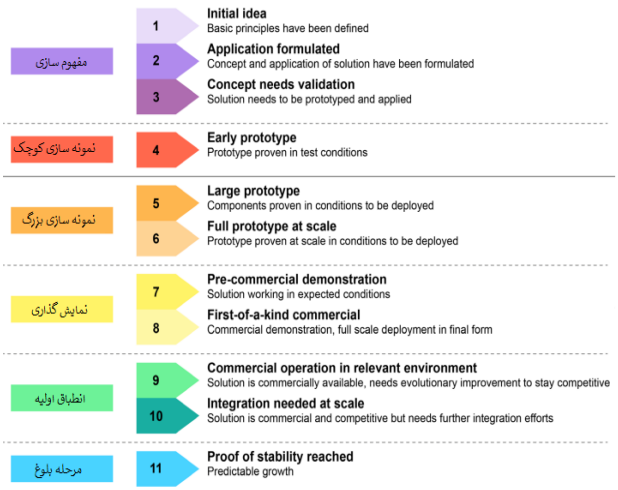
نمونه سازی کوچک: برای فناوری هایی که طراحی آنها در مراحل اولیه نمونه سازی است، یعنی هیچ طرح زیرساختی در مرحله ۵ ندارند، اما با حداقل یک طرح در مرحله ۴. مانند : هواپیماهای با باطری برقی و برقی سازی مستقیم در صنعت فولاد.

نمونه سازی بزرگ: برای فناوری هایی که طراحی آنها در مرحله نمونه سازی قراردارد و حداقل یکی از طرح ها در مرحله ۵ است. مانند کشتی های با سوخت آمونیاک، تولید فولاد با استفاده از هیدروژن سبز و جذب مستقیم هوا، مثال هایی از این نوع هستند.

نمایش گذاری: برای فناوری هایی که طراحی آنها در مرحله نمایش یا پایین_تر است، به معنی بدون طراحی اولیه در سطوح مساوی یا بزرگتر از ۹، اما حداقل یک طرح در سطح ۷ یا ۸. جذب کربن در صنعت سیمان، تولید متانول و آمونیاک با استفاده از هیدروژن سبز و باطری الکتریکی کشتی ها برای مسافت طولانی، مثال هایی از این نوع هستند.

انطباق اولیه: برای فناوری هایی که برخی از شاخه های آن به بازار رسیده اند و نیاز به حمایت سیاستی جهت تولید با مقیاس بزرگ دارند، اما فناوری_های رقابتی دیگری وجود دارد که در مرحله ساخت نمونه و نمایش هستند. فناوری ها در این دسته حداقل طراحی اولیه در سطح مساوی یا بزرگتر از ۹ را دارند و سایرین در سطوح پایین تر هستند. توربین های بادی دریایی، باطری های الکتریکی و پمپ های حرارتی مثال هایی از این نوع هستند.

مرحله بلوغ: برای انواع فناوری در سطح تجاری که به مرحله اجرا



شکل ۱ :چارچوب ارزیابی فناوری ها طبق تعریف آژانس بین المللی انرژی

در سطح وسیع رسیده اند و برای آنهایی که نوآوری قابل توجهی انتظار می رود. انواع فناوری در این دسته وابسته به سطح ۱۱ هستند و برای آن طراحی شده اند. مانند برق آبی و قطارهای برقی.

جایگاه فنـاوری های پاک در زنجیره ارزش صنعت برق

این زنجیره در شکل ۲ نمایش داده شده است. فناوری های پاک در سه بخش کلی این زنجیره شامل: تولید، زیرساخت(انتقال/ توزیع) و مصرف ـ کننده نهایی، قرار دارند. وضعیت هر فناوری در بخش های مختلف توسط رنگ بندی پنج دسته بندی کلی: نمونه سازی بزرگ، نمونه سازی کوچک، نمایش گذاری، انطباق اولیه، مرحله بلوغ، مشخص شده است. در بخش تولید برق، انواع انرژی های تجدید پذیر، انرژی های فسیلی بهمراه تاسیسات جذب کربن، پمپ های حرارتی و توربین هیدروژنی، دیده می شوند. در بخش زیرساخت، فناوری های انتقال، شارژ و ذخیره سازی، قابل مشاهده است. در بخش مصرف نهایی، فناوری ها در چهار بخش حمل و نقل، صنعت، خانگی و تبدیل، تقسیم شده اند. در بخش حمل و نقل: وسایل نقلیه الکتریکی، در بخش صنعت: برقی شدن صنایع شیمیایی، فولاد، سیمان و آلومینیوم، در بخش خانگی: برقی شدن پخت و پز، پمپ های حرارتی، و خنک کننده ها، و در بخش تبدیل: هیدروژن سبز، قرار دارند.

همانطور که مشاهده می شود، فناوری های اندکی نظیر: برق آبی،

شکل ۲: فناوری های پاک در زنجیره ارزش صنعت برق

زمین گرمایی و هسته ای در بخش تولید، ذخیره سازی مکانیکی در بخش زیرساخت، قطار برقی، الکتریکی سازی تولید آلومینیوم و پخت و پز برقی (در بخش مصرف نهایی)، به مرحله بلوغ رسیده اند. برخی از فناوری های کلیدی در این بخش ها، هنوز در مرحله نمونه سازی کوچک یا مرحله مفهوم سازی قرار دارند. بعنوان مثال، برقی شدن صنعت فولاد، در مرحله تحقیق و توسعه قرار دارد و در حال برنامه ریزی برای ساخت نمونه های کوچک آزمایشگاهی است. در صنعت هوایی نیز، نمونه های کوچک هواپیمای برقی توسط چندین شرکت توسعه داده شده اند، اما بدلیل محدودیت های فنی مربوط به شدت انرژی پایین باطری ها، به پروازهای مسیر کوتاه محدود خواهند شد.

زنجیـره ارزش فناوری جـذب، بهره برداری و ذخیره سـازی کربن (CCUS)

فناوری جذب کربن (از این به بعد به اختصار جذب کربن ذکر می شود)، نقش مهمی در دوران گذار انرژی دارد و در صورت توسعه فناوری های آن، پیش بینی می شود سبب کاهش ۱۵% انتشار گاز دی اکسید کربن در جهان گردد. انتشار کربن عمدتا از طریق فرآیندهای صنعتی (صنایع شیمیایی، فولاد، و سیمان)، بصورت مستقیم از هوا، پالایشگاه ها و نیروگاه های برق بدست می آید. انتقال کربن از طریق خط لوله و کشتی، انجام می پذیرد. مصرف نهایی آن نیز جهت تزریق در چاه های نفت، ذخیره سازی در سازندهای نمکی یا مخازن تخلیه شده نفت و گاز می باشد (شکل ۳).

شکل ۳: زنجیره ارزش فناوری جذب کربن

زنجیره ارزش هیدروژن

در حال حاضر، سوخت های فسیلی نفت، گاز و زغال سنگ، حدود ۷۰% مصرف نهایی جهانی انرژی را تشکیل می دهند. حامل انرژی برق، تنها حدود ۲۰% تقاضای جهانی انرژی را تشکیل می دهد. بنابراین جهت نیل به اهداف جهانی زیست محیطی، باید علاوه بر توسعه برق، سوخت های هیدروژن، سوخت های ترکیبی، و سوخت های زیستی، جایگزین سوخت های فسیلی گردند.

هیدروژن نقش مهمی در دوران گذار به انرژی پاک دارد. این ماده می تواند بعنوان یک گزینه مهم جهت کربن زدایی از بخش هایی مانند بخش های حمل و نقل راه دور، شیمیایی، و تولید آهن و فولاد، باشد که گزینه های کاهش کربن بندرت در آنها وجود دارد. با افزایش سهم انواع انرژی تجدید-پذیر در سبد عرضه برق، هیدروژن یکی از گزینه های نادر جهت ذخیره-سازی این نوع انرژی می باشد. هیدروژن و سوخت های برپایه آن می توانند انرژی های تجدید پذیر را پس از ذخیره سازی از یک منطقه با انرژی فراوان به مناطق بسیار دور که نیاز به انرژی دارند انتقال دهند. هیدروژن حامل انرژی تطبیق پذیر است. این ماده می تواند از منابع انرژی مختلفی مانند گاز طبیعی، زغال سنگ، نفت، انرژی تجدید پذیر و انرژی هسته ای بدست آید. این ماده همچنین می تواند به خوراک صنعت پتروشیمی تبدیل شود یا با گاز دی اکسید کربن ترکیب شده و به سوخت های ترکیبی هیدروژن تبدیل شود و در بخش حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرد. علیرغم این فرصت ها، در حال حاضر، استفاده از هیدروژن محدود به استفاده در بخش پالایشگاهی و تولید آمونیاک و متانول در صنایع شیمیایی می باشد.

در زنجیره ارزش هیدروژن(شکل ۴)، ملاحظه می شود تنها سه فناوری در بخش های زیرساخت (انتقال از طریق خط لوله و ذخیره سازی در مخازن) و مصرف نهایی (تولید آمونیاک از سوخت های فسیلی بهمراه جذب کربن)، به مرحله بلوغ رسیده اند و سایر فناوری ها در سطوح پایین تر قرار دارند. فناوری ها در بخش تولید هیدروژن شامل: الکترولیز و تهیه هیدروژن از گاز طبیعی بهمراه جذب کربن (در مرحله انطباق اولیه) و گازی سازی زغال سنگ بهمراه جذب کربن و تجزیه متان (در مرحله نمونه سازی بزرگ)، می باشند. در مراحل زیرساخت و مصرف نهایی نیز همچنانکه دیده می شود، تعداد زیادی از فناوری ها در مراحل نمونه سازی و نمایش گذاری قرار دارند. بنابراین توسعه صنعت هیدروژن نیاز به زمان و سرمایه گذاری قابل توجهی دارد که باید از طریق گسترش نوآوری و سیاست های تشویقی دولت ها، مورد حمایت قرار گیرد.

شکل ۴: زنجیره ارزش هیدروژن

بحث و نتیجه گیری

جهان در حال گذار به سمت انرژی های پاک می باشد. عرضه و تقاضای انرژی در آینده نزدیک متاثر از میزان توسعه این نوع انرژی ها می باشد. کشورهای مختلف جهت انجام برنامه ریزی های صحیح انرژی باید میزان این تاثیرات را پیش بینی نمایند در غیر اینصورت سهم خود را در بازار آینده انرژی از دست خواهند داد. فناوری ها و سوخت های پاک آینده باید شناسایی شده و مورد ارزیابی قرار گیرند. نقشه های راه فناوری جهت توسعه فناوری های پاک باید تدوین گردند و متناسب با آنها سرمایه گذاری ها انجام شده و نیروی انسانی مناسب آموزش داده شوند. ساختار بخش انرژی باید طوری طراحی شود تا اطلاعات زیربخش ها در یک مرکز جمع آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و سپس تصمیم گیری های یکپارچه بهمراه ضمانت اجرایی و نظارت مستمر انجام شود. به موضوع نوآوری خصوصا در بخش فناوری های پاک، بیش از پیش اهمیت داده شود و سامانه های مرتبط توسعه داده شوند. در مرحله گذار انرژی، باید به موضوعات بهره وری انرژی، بهره وری مواد و توسعه حمل و نقل عمومی و پاک توجه ویژه عنایت گردد.

منابع

•Energy technology perspectives 2020, IEA
•Outlook for electricity – World Energy Outlook 2022 – Analysis – IEA
•ماهنامه تخصصی فناوری های انرژی، شماره ۱۵، اسفندماه ۱۴۰۰
•بولتن تخصصی فناوری، شماره ۱۳، آذرماه ۱۴۰۰

. . . گزارش تحلیلی . . .

نظم کنونی انرژی

مدیریت مشعل‌سوزی (فلرینگ) و فناوری‌های کاهش گاز فلر

. . . بخش دوم . . .

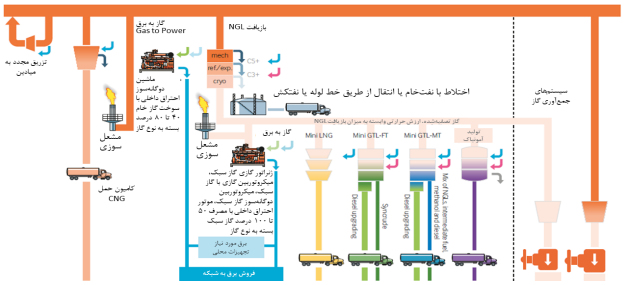
امیر حسین فاکهی ـ پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه:

مدیریت مشعل سوزی یا فلرینگ یکی از موضوعات مهم فناورانه در کاهش انتشار کربن و افزایش بهره وری صنعت نفت و گاز محسوب می شود. گزارش مطالعاتی در دو بخش ایفاد گردیده است. در بخش نخست که درشماره ی قبل تقدیم گردید، آشنایی با مبانی فلر و موانع توقف آن، چرایی وقوع و نحوه ی دسته بندی بیان شد. درشماره ی پیش رو، گزینه های عرضه به بازار، مبانی فنی اقتصادی، بررسی فلرینگ در ایران و نهایتاً توصیه های سیاستی تقدیم شده است.

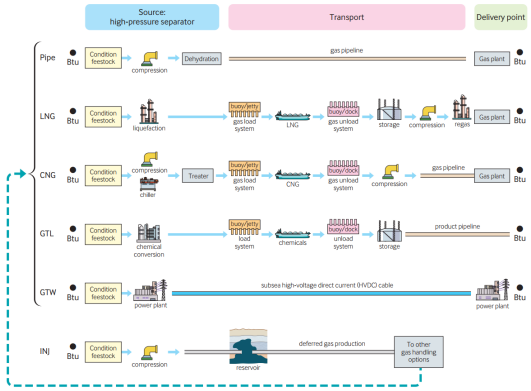
گزینه‌های عرضه گاز مشعل به بازار

گزینه‌های متعددی برای کسب درآمد از طریق فروش گاز همراه در بازار و در راستای کاهش مشعل‌سوزی مداوم وجود دارد، همانطور که درشکل های ۱ و ۲ به ترتیب برای عملیات خشکی و دریایی نشان داده شده است.



شکل ۱ : مثال‌هایی از گزینه‌های کسب درامد از گازهای همراه در سمت خشکی

شکل ۲ نمونه‌هایی از گزینه های فراساحلی برای کسب درآمد از گاز همراه را نشان می‌دهد[۲]



شکل ۲ : مثال‌هایی از گزینه‌های کسب درامد از گازهای همراه در فراساحل

همانطور که درشکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است، رایج ترین رویکردهای مورد استفاده برای جذب و کسب درآمد از گاز همراه شامل موارد زیر است: [۳ الی ۸]

خود مصرفی

تولید برق یا حرارت برای مصارف داخل سایت و با استفاده از گاز همراه به عنوان یک منبع سوخت در میادین نفتی، روشی معمول است، چرا که معمولاً کم‌هزینه‌ترین جایگزین برای تامین برق عملیات بوده و بعلاوه می‌تواند انجام عملیات در مناطق دوردست یا با دسترسی سخت را تسهیل کند. مانند مکان‌هایی که فاقد اتصال به‌شبکه برق یا خط لوله انتقال گاز طبیعی هستند.

فروشندگان مختلفی هستند که فناوری‌هایی جهت تولید برق محلی را توسعه داده اند، که از آن جمله می‌توان به موتورهای رفت و برگشتی و توربین های گازی مقیاس کوچک اشاره کرد که می‌توانند با متغییر بودن ترکیبات گاز که در جریان‌های گاز همراه رایج است، کنار بیایند. البته این گزینه در مواردی که حجم زیادی از گاز همراه وجود دارد، تأثیر محدودی خواهد داشت.

تزریق مجدد گاز

تزریق مجدد گاز به مخزن برای افزایش بازیابی نفت و هیدروکربورهای مایع، تکنیک رایجی است که برای افزایش فشار درون مخزن و بهبود تولید نفت استفاده می‌شود. [۹] در پیشرفت‌های اخیر در خصوص بهره‌برداری از منابع نفتی تایت، تزریق مجدد گاز به همان مخزن هنوز به عنوان یک راهکار امکان‌پذیر به‌لحاظ فنی و اقتصادی و در مقیاس وسیع اثبات نشده است، اگرچه در برخی پروژه‌ها نشان داده‌شده که چنین راه‌کارهایی واقعاً سودمند بوده‌است.

سیستم جمع‌آوری گاز

نصب تاسیسات جمع‌آوری و فشرده‌سازی گاز (و جداسازی مایعات گازی NGL) برای تغذیه به‌شبکه خط لوله گاز طبیعی. به طور معمول، صادرات گاز همراه از طریق خطوط لوله گاز موجود (پس از تصفیه برای حذف ناخالصی‌ها یا آلاینده ها) گزینه‌ای پایه‌ای و کم‌هزینه برای کسب درآمد است. با این حال، اگر جریان گاز حاوی مایعات گازی NGL نیز باشد، برای تولید گاز خشک با ارزش حرارتی‌ای که با مشخصات گاز تجاری مطابقت داشته‌باشد، باید گاز همراه پیش تصفیه شود. اگر ظرفیت فرآورش مایعات گازی در یک کارخانه NGL وجود داشته‌باشد، ارزش مایعات بازیافت‌شده می‌تواند به توجیه پروژه درآمدزایی طرح جمع‌آوری گاز کمک کند، اما اگر ظرفیتی از قبل موجود نباشد، هزینه‌ساخت کارخانه بازیابی NGL می‌تواند قابل توجه باشد. طراحی یک کارخانه بازیابی NGL پیچیده است که توسط عواملی چون ترکیب گاز خوراک، سرعت جریان گاز، مکان احداث و امکانات موجود و سایر عوامل تعیین می‌شود.

گاز طبیعی فشرده CNG:

در تولید گاز طبیعی فشرده CNG گاز متان در فشار بالا مایع و ذخیره می‌شود و به مشتریان آن انتقال می‌یابد. این روش، معمولاً به عنوان جایگزینی برای بنزین در وسایل نقلیه موتوری استفاده می‌شود. در عین حال در یک سکوی سرچاهی، می‌توان فناوری‌ای نصب کرد که بتواند برای تولید CNG بکار گرفته‌شود و محصول آن سپس می‌تواند

توسط کامیون در فواصل نسبتاً کوتاه حمل شود تا برای استفاده به عنوان سوخت برای فعالیت‌های میدان نفتی بکار گرفته شود، یا اینکه به یک نقطه مرکزی منتقل شود تا از آن‌جا گاز به سیستم خط لوله منتقل شود. تولید CNG نیاز به فرآورش‌هایی دارد، از جمله آب‌زدایی (دی‌هیدراسیون) گاز و اگر امکانپذیر باشد حذف NGL های آن. برای احجام زیاد گاز همراه، یک شبکه توزیع منطقه‌ای و ایستگاه های توزیع سوخت CNG (همراه با ناوگانی از خودروهای گازسوز) لازم است تا بتوان از چنین سرمایه‌گذاری‌هایی برای توسعه زیرساخت این محصول حمایت کرد. مطالعات انجام‌شده توسط انجمن جهانی کاهش فلرینگ بانک جهانی (GGFR) نشان می‌دهد که حمل‌ونقل CNG در مناطق خشکی می‌تواند برای احجام تا حداکثر ۵ میلیون فوت مکعب استاندارد در روز به لحاظ مالی سودآور باشد. [۱۰]

گاز طبیعی مایع‌شده LNG

تبدیل گاز به گاز طبیعی مایع (صادرات در مقیاس خرد یا در سطح جهانی) یک طرح متداول برای کسب درآمد از گاز همراه است که به تولید LNG و تأسیساتی برای جمع‌آوری گاز، تصفیه، مایع‌سازی، حمل و نقل و تبدیل مجدد به گاز (regasification) نیاز دارد. پروژه های LNG در کلاس جهانی، که بتوانند حجم زیادی از گاز همراه را به عنوان خوراک تولید LNG مصرف کنند، بسیار سرمایه‌بر هستند و نیاز به هماهنگی نزدیک بین شرکای تجاری و نظارت گسترده نهادهای دولتی دارند و تعداد بسیاری از سهامداران را درگیر می‌کنند. اما فن‌آوری‌های جدید تولید LNG را در مقیاس کوچک امکان‌پذیر می‌سازند ـ در سطح میدان یا سرچاه ـ جایی که می‌توان آن را تولید کرد و سپس به بازارها فرستاد.

تبدیل گاز به مایعات، گاز به مواد شیمیایی: تبدیل گاز به محصولات دیگر

تبدیل گاز همراه به محصولات دیگر، مانند گاز به سوخت مایع (GTL) یا گاز به مواد شیمیایی (GTC)، به واحدهای جداسازی یا سایر واحد های عملیاتی برای ایجاد سوخت‌های مصنوعی یا سایر محصولات با ارزش (مانند الفین ها، کودها، اسیدها) از گازهای همراه اتکا دارد.

بسته به فناوری انتخاب شده، برخی از فرآیندها، مانند گاز به متانول، می‌توانند با خوراک گاز غنی یا با محدودیت‌های کمتر سخت گیرانه جهت پیش تصفیه گاز کار کنند. فرآیندهای تبدیل گاز طبیعی به هیدروژن، از طریق ریفورمینگ متان توسط بخار آب یا سایر فناوری‌های جدید، به‌همراه فناوری‌های جذب و جداسازی کربن، بخش دیگری از حوزه‌های پژوهشی نوظهور در زمینه استفاده از منابع متان هستند. [۱۱] در حقیقت، پروژه‌های GTL و GTC معمولاً تأسیساتی بزرگ مقیاس، انرژی‌بر و سرمایه‌بر هستند که برای مقرون به صرفه بودن به حجم قابل توجهی از گاز نیاز دارند. لذا پروژه‌های موفق به تقاضای قوی بازار و قیمت پایین گاز برای محصولات تولیدشده بستگی دارد. از سال ۲۰۱۰، سیستم‌های کوچک مقیاس (از ۲۵ میلیون تا ۰/۵ میلیون فوت مکعب در روز) توسعه یافته‌اند. مدولارسازی، تشدید فرآیند و پذیرش راندمان فرآیند کمی پایین‌تر به تبدیل واحدهای GTL به گزینه‌ای مناسب برای کسب درآمد از گاز فلر کمک کرده است.

تبدیل گاز به برق (Gas to Wire)

عبارتست از نصب تاسیسات تولید برق در مقیاس اتصال به شبکه اگر گاز همراه تولیدشده به اندازه کافی زیاد باشد می‌تواند مبنایی برای پروژه‌های گاز به سیم برق (GTW) باشد که شامل تولید و انتقال برق به منظور فروش برق به شبکه است. به طور معمول، پروژه های GTW حجم زیادی از گاز همراه را مصرف می‌کنند، سرمایه‌بر هستند، نیاز به همکاری و هماهنگی نزدیک بین ذی‌نفعان دارند، نیازمند نظارت گسترده نهادهای دولتی هستند و سهامداران بسیاری را درگیر می‌کنند.

گاز به مراکز داده (دیتاسنترها)

استفاده از گاز برای تأمین قدرت الکتریکی مورد نیاز مراکز داده قابل حمل یکی دیگر از کاربردهای نوظهور استفاده از گاز مشعل بوده که در مراحل مقدماتی و معرفی به بازار می‌باشد. مثلاً تبدیل گاز به برق برای تامین انرژی یک دیتاسنتر قابل حمل در تعدادی از برنامه های مشابه کاهش مشعل‌سوزی در میادین نفتی ایالات متحده استفاده می‌شود. [۳۸]

برای انتخاب بهترین روش برای بازیابی و کاهش گاز مشعل، بهره‌برداران باید درک خوبی از چگونگی تولید گاز مشعل، کیفیت آن و گزینه های ممکن برای استفاده از آن به عنوان یک محصول خوب داشته باشند. همانطور که در بالا اشاره شد، بسیاری از عوامل، بر امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جایگزین‌ها برای کسب درآمد از گاز همراه تأثیر می‌گذارند. در سال ۲۰۲۰، انجمن GGFR سندی تحت عنوان Technology Overview–Utilization of Small-Scale Associated Gas برای بررسی اجمالی فناوری‌های استفاده از گاز همراه با مقیاس کوچک منتشر کرد [۱۳] که جزئیات کاربرد فنی فن‌آوری‌های مختلف را برای استفاده در مقیاس کوچک از گاز مشعل همراه ارائه می‌دهد.

در نهایت، سوال کلیدی این است که کدام گزینه‌ی فناوری بالاترین بازدهی را در طول عمر پروژه ارائه می‌کند که در برابر نوسانات بازار، موانع تجاری، تغییرات سیاسی، پیشرفت‌های فنی و غیره بتواند به عنوان بهترین گزینه در نظر گرفته شود.

علاوه بر به حداقل رساندن مشعل‌سوزی، پرداختن به مبحث تخلیه گاز همراه، برای به حداقل رساندن انتشار متان نیز مهم است. با این حال، حجم گاز تخلیه‌شده بسیار کمتر از حجم گازهای های شعله‌ورشده است، این موضوع گزینه های قابل استفاده از گاز همراه تخلیه را محدود می‌کند. در صورت امکان‌پذیری در فرآیند، نصب یک واحد بازیابی بخار (VRU) و استفاده از گاز برای سوخت یا فروش، یک رویکرد ترجیحی برای کاهش انتشار متان است. سایر فناوری‌ها برای کاهش انتشار گاز متان ناشی از تخلیه هم اکنون در دسترس هستند و معمولاً مختص به شرایط پروژه و منبع تخلیه گاز هستند (مانند ابزارهای پنوماتیک، جایگزینی کنترل‌کننده‌های پنوماتیک با نشتی بالا با کنترل‌کننده‌های کم‌نشتی، برنامه‌های تشخیص نشت و تعمیر (LDAR) برای کاهش نشت‌های فرار و غیره). هم از منظر ایمنی و هم از نظر گازهای گلخانه ای، مشعل‌سوزی نسبت به رهاسازی گاز در اتمسفر ترجیح داده می‌شود، زیرا انتشار متان و معادل CO_2 کلی مشعل‌سوزی (CO_2e) در مقایسه با تخلیه کمتر است.

ملاحظات اقتصادی و فنی برای پروژه های کاهش گاز مشعل

ارزیابی گزینه‌های کسب درآمد از گازهای همراه یک موضوع چند بعدی است که نیازمند یک رویکرد سیستماتیک برای انتخاب گزینه بهینه است. ملاحظات عملیاتی و فنی زیادی وجود دارد که باید در ارزیابی گزینه های احتمالی استفاده از گاز سنجیده شوند. علاوه بر ملاحظات فنی و زیست محیطی (به عنوان مثال، اجتناب از انتشار گازهای گلخانه ای)، مسائل تجاری و لجستیکی و همچنین شرایط بازار نقش کلیدی در فرآیند ارزیابی دارند. حجم مورد انتظار گازی که باید بازیافت شود، فاصله تا بازار و قیمت فروش گاز یا محصول مشتق شده از گاز، از جمله مهمترین متغیرهای مالی هستند که بر انتخاب رویکردها و فناوری ها تأثیر دارند. عوامل بالادستی و پایین دستی بر انتخاب فرآیندهای میان دستی تأثیر می‌گذارند و انعطاف‌پذیری عملیات را مشخص می‌کنند. هرچه پروژه بزرگتر باشد، روابط متقابل و نیاز به راه حل های مشترک بین سهامداران و ذی نفعان متعدد پروژه پیچیده تر می‌شود.

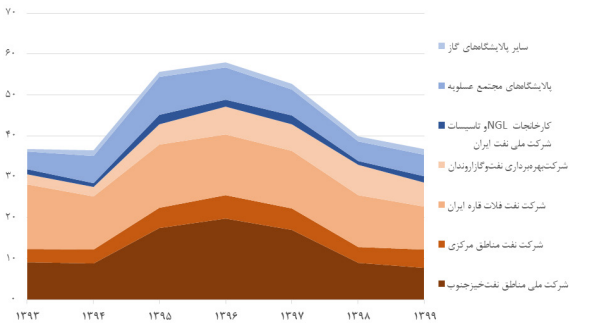
ملاحظات فنی و اقتصادی کلیدی برای پروژه های کاهش گاز مشعل در جدول ۱ خلاصه شده و در صفحات زیر توضیح داده شده است. [۱۴]

فنی	• حجم گاز و پیش بینی در طول عمر پروژه • ترکیب گاز و الزامات پیش تصفیه • مشخصات فشار گاز
اقتصادی	• فاصله تا بازار • دسترسی به زیرساخت • هزینه های پروژه و سایر عوامل محرک اقتصاد • تقاضای بازار • ترتیبات قراردادی و مالی • قیمت Netback (بازگشتی خالص)

وضعیت مشعل‌سوزی در کشور

براساس داده های ترازنامه هیدروکربوری کشور در سال ۱۳۹۹ [۱۵]، مشعل‌سوزی گاز و مشتقات گازی در کشور ما شامل زیربخش‌های "میزان گاز بالقوه قابل جمع‌آوری در شرکت‌های عملیاتی نفت"، "میزان بالقوه مایعات و میعانات گازی سوزانده‌شده و قابل جمع‌آوری" و "مشعل‌سوزی در پالایشگاه‌های فرآورش گاز" می‌باشد. در سال ۱۳۹۹ در حدود ۱۳/۵ میلیارد مترمکعب از گاز استحصالی کشور بدون هیچ استفاده اقتصادی سوزانده شده است. این مقدار در حدود ۵ درصد از کل تولید گاز کشور است که بیش از تولید یک فاز پارس جنوبی و بیش از مصرف گاز صنعت فولاد کشور در همان سال می باشد. نمودار شکل ۳ روند مشعل‌سوزی در تأسیسات نفتی و پالایشگاه‌های فرآورش گاز کشور را نشان می‌دهد که بخش عمده مشعل‌سوزی‌های کشور در این مجتمع‌ها صورت می‌گیرد. براساس آمار، به لحاظ حجمی ۷۷/۶ درصد از مشعل‌سوزی‌ها مربوط به مشعل‌سوزی‌های مداوم گاز همراه در شرکت‌های عملیات نفتی می‌باشد. همچنین حدود ۲۰/۹ درصد از مشعل‌سوزی‌ها در فراساحل انجام می‌شود.

گازهای همراه که از مخازن نفت استحصال می‌شوند، در مناطق خشکی و دریایی کشور قرار دارند. مخازن نفت مناطق خشکی که بخش عمده ای از گازهای همراه آنها سوزانده می‌شود، عمدتاً در استان های



شکل ۳: روند مشعل‌سوزی در تأسیسات شرکت نفتی و پالایشگاه‌های فرآورش گاز کشور در سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۹
(ارقام برحسب میلیون متر مکعب در روز گازهای غنی با رنگ نارنجی و گازهای سبک با رنگ‌های آبی نمایش داده شده اند)

خوزستان، ایلام، بوشهر، لرستان و کرمانشاه قرار دارند. گازهای همراه مناطق دریایی نیز، از میادین نفتی توسعه یافته پراکنده در خلیج فارس استحصال شده و برحسب پایانه های صادراتی نفت خام به چهار بخش خارک، لاوان، سیری و بهرگان تفکیک می گردند.

بهره‌برداری بهینه از گازهای همراه میادین نفتی، به عنوان یکی از رسالت های مهم شرکت ملی نفت ایران همواره مورد تاکید بوده است؛ مطابق مطالعات انجام‌شده، طرح های جمع‌آوری گازهای همراه و جلوگیری از سوزاندن آنها، در بسیاری از موارد صرفهٔ اقتصادی نیز دارد. باید این نکته را نیز مد نظر قرار داد که با فلرینگ علاوه بر سوزاندن مقادیر قابل توجهی از گازهای همراه، لطمات زیست محیطی فراوانی به کشور رسانده می‌شود. لازم به ذکر است، در بین میادین موجود در خشکی، پروژه "آماک" برای جمع‌آوری و استفاده از گازهای همراه میادین آب‌تیمور، اهواز (بنگستان)، منصوری، کوپال (بنگستان) و مارون (بنگستان) در نظر گرفته شده است. با این وجود، بررسی‌های انجام‌شده نشان می دهد که با اجرای برنامه‌های توزیع گاز و افزایش تولید از این میادین، ظرفیت طراحی‌شده پروژه آماک جهت جمع‌آوری تمامی گازهای همراه در مناطق نفت‌خیز جنوب کافی نبوده است و باید طرح توسعه آن انجام پذیرد.

در مناطق دریایی نیز میادین توسعه یافته دریایی به چهار منطقه بهرگان، خارک، لاوان و سیری تقسیم می‌گردند:

۱. منطقه سیری؛ شامل میادین سیوند، دنا، نصرت، الوند و اسفند.
۲. منطقه لاوان؛ شامل میادین نفتی رشادت، رسالت و سلمان.
۳. منطقه خارک؛ شامل میادین نفتی ابوذر، درود و فروزان.
۴. منطقه بهرگان؛ شامل میادین نفتی هندیجان، بهرگانسر، نوروز و سروش.

بخش قابل توجهی از گازهای همراه این میادین در سکوهای بهره‌برداری سوزانده می‌شوند و مابقی همراه با نفت به پایانه‌های صادراتی منتقل و پس از تفکیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. با بررسی وضعیت میادین دریایی مشخص می‌شود، میزان گاز سوزانده شده در این میادین نیز بسیار زیاد است. هرچند در سال‌های اخیر با بهره‌برداری از خط لوله انتقال گاز از سیری به عسلویه بخشی از گاز همراه میدان سلمان به پالایشگاه چهارم عسلویه منتقل می‌گردد، اما جمع اوری فلرهای دریایی نیاز به تکمیل طرح هایی نظیر طرح NGL خارک به عنوان یکی از مهمترین طرح های جمع اوری فلرهای فراساحل کشور می‌باشد. با تکمیل طرح NGL خارک گازهای همراه مناطق نفتی بهرگان و خارک به عنوان خوراک این کارخانه جمع آوری خواهد شد. دو منطقه خارک و بهرگان هدف این پروژه

قرار دارند و مقرر شده است تا گاز همراه میادین درود، فروزان و ابوذر از منطقه خارک و همچنین گاز میادین سروش و نوروز، هندیجان و بهرگانسر از منطقه بهرگان به واحد ان جی ال خارک در این جزیره منتقل شده تا از سوختن روزانه ۶۰۰ میلیون فوت مکعب گاز (حدود ۱۷ میلیون متر مکعب در روز) جلوگیری شود. بر اساس اطلاعات موجود، در صورت تکمیل این پروژه، افزون بر تولید محصولاتی مانند اتان، پروپان، پنتان، بوتان و گاز طبیعی، یک زنجیره ارزش از محصولات پایین دستی در این جزیره ایجاد خواهد کرد.

توصیه‌های سیاستی

- برنامه ریزی جهت استفاده از ظرفیت حدود ۱۵ میلیارد متر مکعبی گازهای سوزانده شده در مشعل برای کاهش ناترازی گاز و تداوم عرضه گاز طبیعی خصوصاً در فصول سرد و اوج مصرف
- تسریع در جذب سرمایه و اجرای پروژه‌های جمع‌آوری گاز نیمه‌تمام کشور نظیر پروژه NGL خارک
- اجرای سیاست های تشویقی در راستای مشارکت بیشتر سرمایه‌گذاران بخش پتروشیمی کشور برای تسریع در جمع‌آوری گازهای همراه جهت تأمین خوراک و سوخت واحدهای پتروشیمی در دست احداث
- برنامه ریزی جهت توسعه و استفاده از ظرفیت فناوری‌های جدید نظیر CNG، Mini LNG و تولید متانول جهت اقتصادی کردن پروژه‌های جمع‌آوری گاز برای مقاصد صادرات
- انجام مطالعات Feasibility Study جهت استفاده از ابزارهای نوین مالی در جهت کمک به پیاده‌سازی روش‌های Gas to Wire، Gas to DataCenter و Gas to Coin جهت تسریع در پروژه‌های جمع‌اوری گازهای همراه سوزانده شده

منابع:

1. GGFR (2021). Global Gas Flaring Tracker Report. Global Gas Flaring Reduction Partnership.

2. U.S. Department of Interior, Bureau of Safety and Environmental Enforcement (2003). Gas Handling

Options for Associated Gas in Deepwater Developments in the Gulf of Mexico.

3. World Bank (2004). Flared Gas Utilization Strategy. Opportunities for Small-Scale Uses of Gas. The International Bank for Reconstruction and Development, May 2004.

4. PetroWiki (2021). 'PEH: Monetizing Stranded Gas' (website).

5. Alfarge, D., Alsaba, M., Wei, M. and Bai, B. (2018). Miscible Gases Based EOR in Unconventional Liquids Rich Reservoirs: What We Can Learn. Paper Number SPE-193748-MS presented at the SPE

International Heavy Oil Conference and Exhibition, Kuwait City, Kuwait, December 2018.

6. Ng, S. and Singh, H. (2018). Part II: gas monetisation, external economic and non-technical factors.

7. Carbon Limits AS. (2015). Improving utilization of associated gas in US tight oil fields. Report prepared for the Clean Air Task Force (CATF).

8. U.S. Department of Interior, Bureau of Safety and Environmental Enforcement (2003). Gas Handling Options for Associated Gas in Deepwater Developments in the Gulf of Mexico.

9. Rigzone (2021). 'How Does Gas Injection Work?' (website).

10. GGFR (2018). GGFR Technology Overview – Utilization of Small-Scale Associated Gas. Global Gas Flaring Reduction Partnership.

11. Chen, L., Qi, Z., Zhang, S., Su, J. and Somorjai, G. A. (2020). 'Catalytic Hydrogen Production from

Methane: A Review on Recent Progress and Prospect.' In Catalysts, Vol. 10, Issue 8.

12. Malik, N. S. (2019). 'Why Bitcoin Mining Is Being Touted as a Solution to Gas Flaring.' Article published on the Bloomberg website on 6 December 2019.

13. GGFR (2020). GGFR Technology Overview – Utilization of Small-Scale Associated Gas. Global Gas

Flaring Reduction Partnership.

14. Carbon Limits AS. (2015). Improving utilization of associated gas in US tight oil fields. Report prepared

for the Clean Air Task Force (CATF).

۱۵- ترازنامه‌های هیدروکربوری کشور در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۹ - موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی وابسته به وزارت نفت

گزارش تحلیلی

نظم کنونی انرژی

بررسی اقدامات فناورانه حوزه انرژی کشورهای آسیای میانه و نگاهی به پروفایل انرژی آنها

بخش دوم: ازبکستان

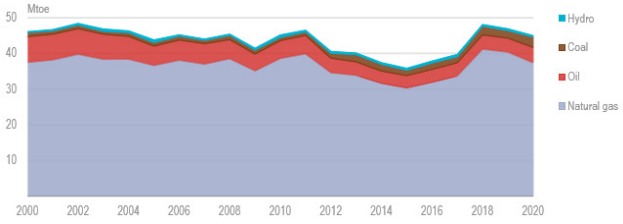
قاسم توتونچی – پژوهشگر موسسه مطالعات انرژی

مقدمه:

در این سلسله گزارش های مطالعات تحلیلی، نسبت به مرور پروفایل انرژی کشورهای منطقه آسیای میانه اقدام نموده و سپس شاخص ترین اقدام دارای نقشه راه فناوری هر یک از کشورها، بر اساس گزارش آژانس بین المللی انرژی، تبیین و تشریح خواهد شد. در این شماره، کشور ازبکستان مورد توجه قرار دارد. درشماره ی قبل، پروفایل انرژی و اقدامات فناورانه حوزه انرژی کشور تاجیکستان مرور گردید و درشماره های آتی، وضعیت کشورهای قرقیزستان و قزاقستان مرور می گردد.

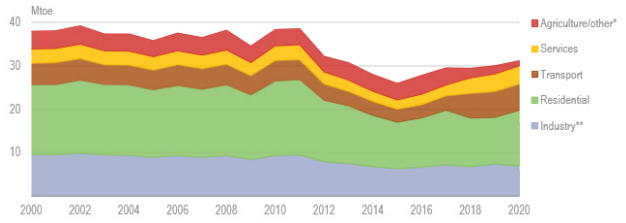
پروفایل انرژی ازبکستان:

مشخصه های انرژی ازبکستان، با مرور موارد عمومی منابع و مصارف انرژی، حوزه ی نفت و گاز، ذغالسنگ، تجدیدپذیرها، برق و گرمایش منطقه ای، کارایی انرژی و آلایندگی اقلیمی دنبال خواهد شد. ازبکستان حدود ۴۵/۳ میلیون تن معادل نفت منابع انرژی دارد که ۸۳% آن گازی، ۱۰ درصد آن نفتی، ۶ درصد مبتنی بر ذغالسنگ و مابقی حدود ۱% تجدیدپذیر بوده که عمده ی آن برق آبی است. همین ارقام بیانگر این است که ازبکستان یک کشور گازی است. گازی بودن منابع انرژی ازبکستان با نگاهی به نمودار منابع انرژی این کشور که درشکل ۱ نمایش داده شده مشخص است.



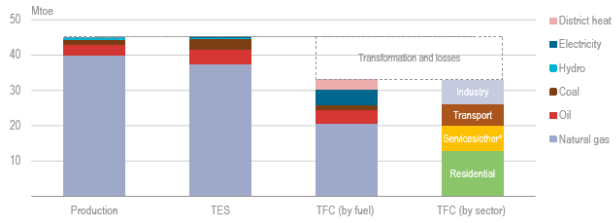
شکل ۱ : نمودار منابع انرژی ازبکستان

البته نقشه ی راه تجدیدپذیرهای غیر هیدرو، بیانگر افق روشن انرژی بادی و خورشیدی در انرژی ازبکستان است. تولید انرژی در ازبکستان با درصدهای ۹۰، ۶، ۳ و ۱ بین گاز، نفت، ذغالسنگ و تجدیدپذیرها تسهیم شده است. در مصرف انرژی نیز گاز، برق، نفت، گرمایش منطقه ای و ذغالسنگ به ترتیب درصدهای ۶۲، ۱۴، ۱۲، ۸ و ۴ را به خود اختصاص داده اند. نمودار مصارف انرژی در حوزه های متنوع درشکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل ۲ : نمودار مصارف انرژی ازبکستان به تفکیک حوزه

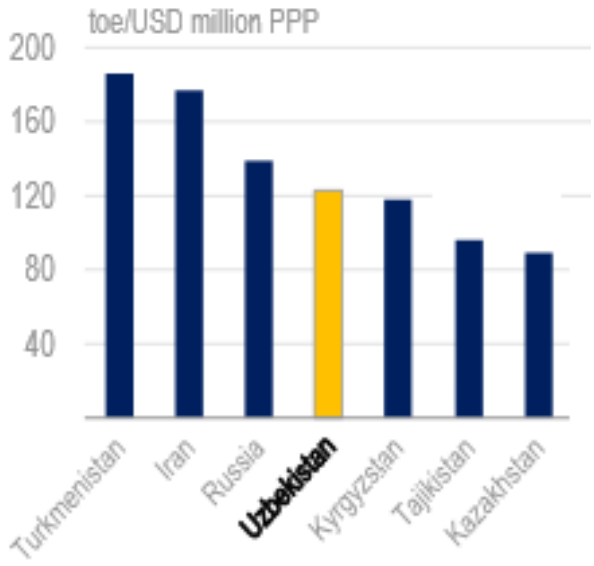
تعادل تقریبی نفت و ذغالسنگ و سهم نه چندان زیاد آن ها بیانگر عدم حساسیت انرژی ازبکستان به این دو منبع می باشد. ضمناً هم ترازی یا ناترازی مثبت اندکی در گاز محسوس است که منابع گازی را عمدتاً مصروف تامین نیاز داخلی نموده و اندکی مجال صادرات نیز ایجاد می نماید. آنچه که تقریباً در زمینه ی جایگاه گاز طبیعی برای آینده ی کشور ما ایران نیز قابل حدس زدن است. درشکل ۳ نمودار منابع، تولید و مصرف انرژی ازبکستان نمایش داده شده است. اکثر منابع به تولید تبدیل می شوند و گپ بین تولید و مصرف، در قالب های تبدیل یافته یا مستقیم، مبادله می شود. البته تلفات انرژی در ازبکستان قابل توجه است. مصارف خانگی در ازبکستان بالا است که آموزش و فرهنگ سازی و اصلاح یارانه می تواند مفید و موثر باشد. سایر حوزه ها نظیر صنعت، خدمات و حمل و نقل، تقریباً سهم یکسان در مصرف انرژی دارند.



شکل ۳: نمودار منابع، تولید و مصارف انرژی در ازبکستان

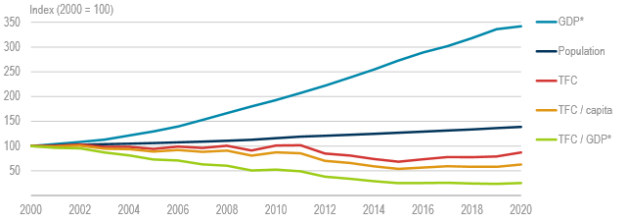
ازبکستان ۱۸۱ تن معادل نفت خام برای تولید یک میلیون دلار تولید ناخالص داخلی مصروف می کند که از متوسط جهانی، معادل ۱۱۴ واحد، بالاتر است. پس ازبکستان کشوری است که در حال حاضر ثروت زایی پر انرژی را دارد. درشکل ۴ نمودار میزان مصرف انرژی برای ثروت زایی چند کشور، از جمله ایران و کشورهای مورد مطالعه در آسیای میانه نمایش داده شده است.

چنانچه در ادامه خواهد آمد، ثروت زایی آلاینده ای را نیز به ازبکستان نسبت می دهند. البته باید یادآور شد به کمک رشد بسیار زیاد تولید ناخالص داخلی ازبکستان در دو دهه، شاخص ها بسیار بهبود یافته اند اما فعلاً در شرایط مطلوبی نیستند. مصرف انرژی در ازبکستان نسبت به سال ۲۰۱۰ حدود ۱۳/۸% کاهش داشته است. نمودار رشد تولید



شکل ۴: نمودار مصرف انرژی برای ثروت زایی کشورهای هدف

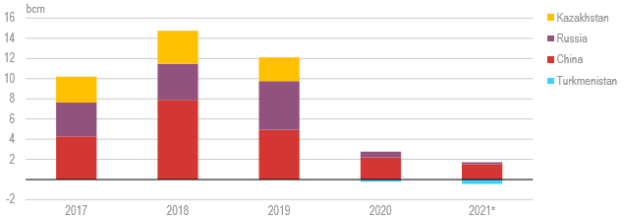
ناخالص و مصرف انرژی در شکل ۵ ارائه گردیده است. ضمن کاهش نسبی مصرف انرژی، رشد چشمگیر تولید ناخالص داخلی سبب گردیده شاخص مصرف انرژی برای ثروت زایی کاهش یابد. اما هنوز این شاخص در حد مطلوب نیست.



شکل ۵: نمودار تولید ناخالص داخلی و جمعیت و مصرف انرژی

ازبکستان با تاجیکستان، افغانستان، قرقیزستان، ترکمنستان و قزاقستان همسایه است و تبادلات انرژی دارد. این کشور ۳۴/۴ میلیون نفر جمعیت داشته و محصور در خشکی است. چهارپنجم این کشور دشت بوده و البته مناطق مرتفعی مرتبط با کوه های پامیر و تیان شان دارد. عمده ی صادرات ازبکستان طلا، مس، روی، کتان، اورانیوم و گاز بوده که دو عنوان آخر مرتبط با حوزه ی انرژی جهانی است.

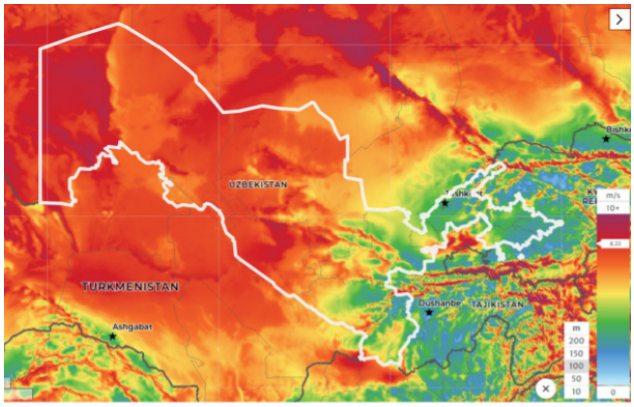
همانگونه که ذکر شد واردات و صادرات نفت و ذغالسنگ ازبکستان از ۲۰۲۰ هم تراز بوده و یک سوآپ انرژی کم تاثیر را مطرح می کند. اما گاز با سهم ۸۳% در منابع انرژی ازبکستان، عاملی تاثیرگذار تلقی می شود. گاز در مصارف خانگی، حمل و نقل، صنعتی، خدماتی و کشاورزی به ترتیب ۳۹، ۲۲، ۲۱، ۱۳، ۴ درصد سهم دارد که به شکلی، تمام حوزه های کسب و کار و زندگی ازبک ها را در بر می گیرد. تولید گاز حدود ۲۰% نسبت به ۲۰۱۹ کاهش داشته که عمدتاً متوجه کووید۱۹ و عدم استقبال خریدار سنتی، چین، می باشد. در شکل ۶ وارد کنندگان عمده ی گاز ازبک ها به



شکل ۶: کشورهای وارد کننده ی گاز از ازبکستان

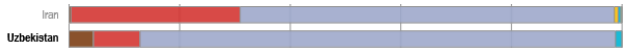
همراه حجم واردات نشان داده شده است. چین، روسیه و قزاقستان اصلی ترین کشورها بوده اند که به تدریج قزاقستان و روسیه حذف شده و خرید چین نیز کاهش یافته است.

تولید و مصرف و تجارت نفت و ذغالسنگ نیز کاهش داشته است. سهم تجدیدپذیرها در سبد انرژی ازبک ها حدود ۱% است که عمده ی آن برق آبی است. در عین حال منابع آبی مربوطه عمدتاً بیرون از مرزهای ازبکستان بوده و نگاه این کشور به جریان های آبی، بیشتر از بعد کشاورزی و کمتر مولد انرژی بوده است. سیاست ها و خط مشی های جدی مبتنی بر مناقصات بین المللی و نقشه های راه ملی برای توسعه ی انرژی های پاک خورشیدی و بادی وجود دارد که گذشت زمان، میزان توفیق آنها را مشخص خواهد کرد. ازبکستان از حیث انرژی بادی مطابق شکل ۷ کشوری غنی محسوب می شود.



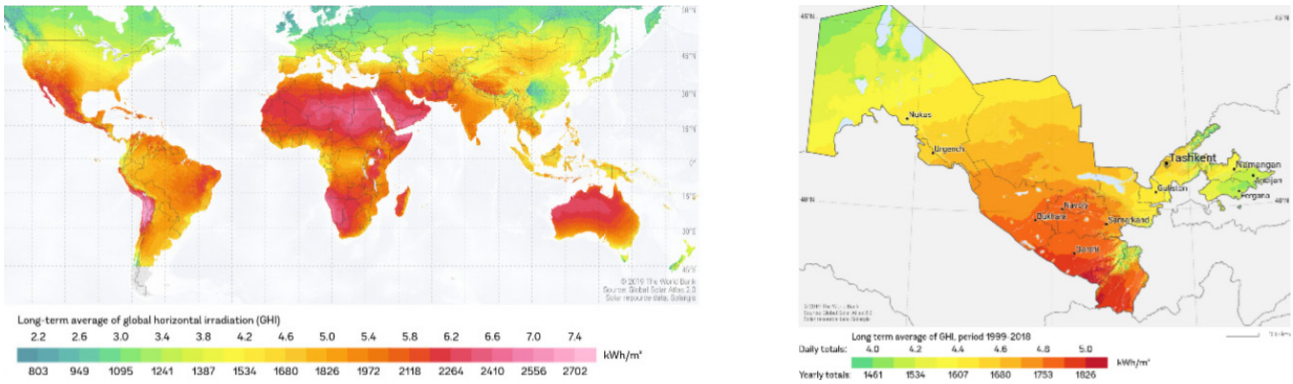
شکل ۷: ازبکستان کشور غنی از بعد انرژی بادی

پروفایل منابع انرژی ایران و ازبکستان از جهاتی شبیه به هم می باشد (شکل ۸)؛ هر دو کشور به شدت گازی بوده و البته ایران به نفت اقبال بیشتری داشته و مصرف ذغالسنگ ندارد. در مقایسه، ازبکستان اقبال به ذغالسنگ داشته و کمتر به نفت وابسته است. هر دو کشور منابع برق آبی محدودی دارند و ایران اندکی انرژی هسته ای در اختیار دارد. در مقایسه ی این دو وضعیت تقریباً مشابه و تاکید بر اینکه بیشتر منابع گازی مصروف نیازهای داخلی می شود، برنامه های آینده ی هر دو کشور در مقایسه با یکدیگر می تواند جلب توجه کند.



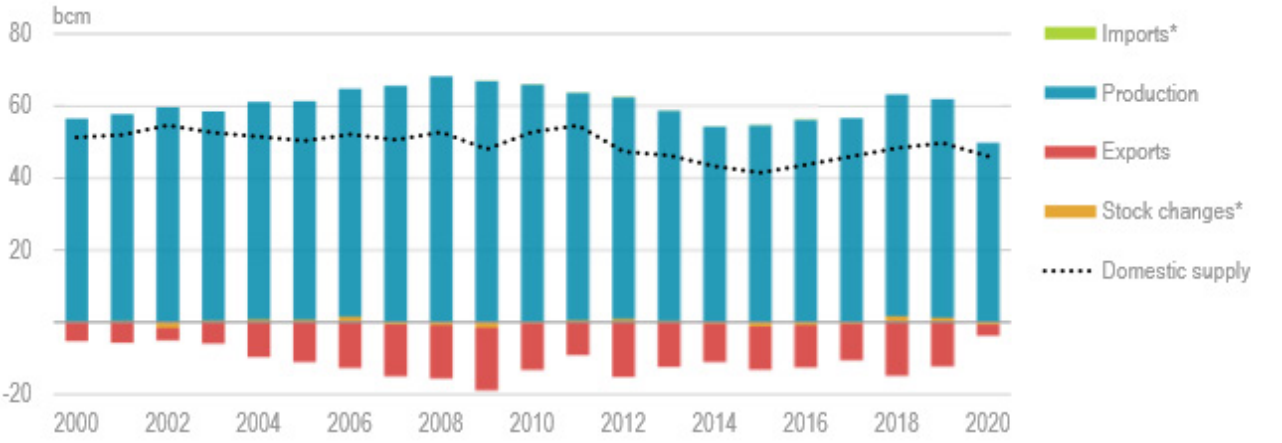
شکل ۸: پروفایل منابع انرژی ایران و ازبکستان

در ازبکستان، وزارت انرژی امور مرتبط با منابع نفت و گاز و نیز تولید برق و تبادلات و تجارت آنها را به عهده دارد. افقی برای سال ۲۰۵۰ در زمینه های مربوط به معاهده ی پاریس ترسیم شده که هنوز به تصویب نرسیده است. اما نقشه های راه برای سال ۲۰۳۰ حداقل در دو عنوان گذار اقتصاد سبز و نیز امنیت در تامین برق با رویکردهای کم کربن و مقابله با انتشار ترسیم و تصویب شده است. ژاپن کمک شایانی را به ازبکستان برای تدوین و تضمین نیل به اهداف ترسیم شده در زمینه انرژی پاک داشته است. آنها به دنبال کاهش انتشار و شدت انرژی در ثروت زایی کشور خود هستند. همچنین ازبک ها برنامه ی دو برابر شدن کارایی انرژی و کاهش چشم گیر شدت مصرف انرژی را دارند. ازبکستان برنامه دارد در سال ۲۰۳۰ به میزان ۲۵% از برق خود را از منابع تجدیدپذیر تامین نماید. ازبکستان از نظر خورشید و باد، بالاتر



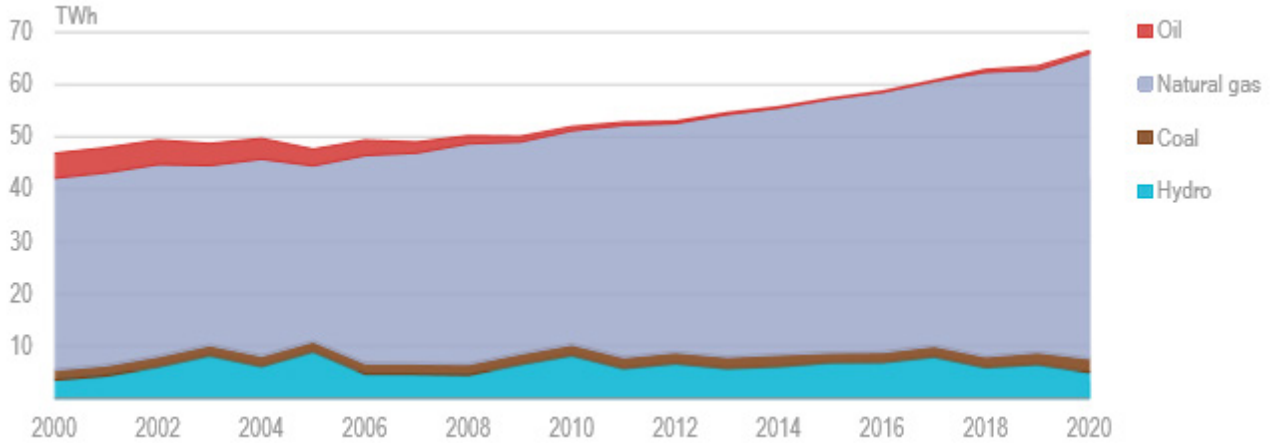
شکل ۹: میزان غنی بودن ازبکستان از حیث انرژی خورشیدی

از متوسط و غنی محسوب می‌شود. درشکل۹ میزان غنی بودن ازبکستان از حیث انرژی خورشیدی در مقایسه با جهان نمایش داده شده است.
به طور خاص کارایی انرژی در صنعت با ۲۰% ارتقاء و بهبود برنامه ریزی شده است. افزایش ضریب نفوذ حمل و نقل برقی و تسرّی فناوری های مدرن در کشاورزی، در دستور کار است. مقابله با تخریب زمین و بهبود کارایی انرژی حوزه ی کشاورزی بین ۲۰ تا ۲۵ % هدف گذاری گردیده است.
ازبکستان ۵۰ میلیارد متر مکعب گاز تولید می کند که از ۲۰۱۰ حدود ۲۵% کاهش داشته است. تنها ۳/۱ میلیارد متر مکعب آن صادر می‌شود. نمودار تولید و صادرات گاز ازبکستان درشکل ۱۰ نمایش داده شده است.



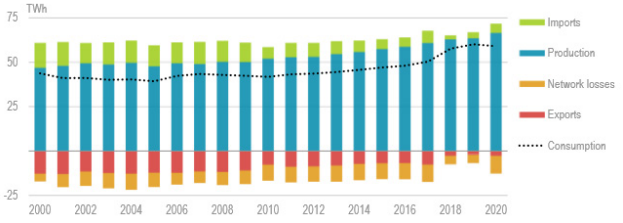
شکل ۱۰: نمودار تولید و صادرات و مصرف و تلفات گاز در ازبکستان

ازبکستان هزینه های اکتشاف و حفاری و بالادستی بالایی دارد و این امر، حوزه ی گازی ازبکستان را غیررقابتی نموده است. اقبال شرکت های گازی بالادستی جهانی به ازبکستان اندک است و تصدی های دولتی و عدم شفافیت، صنعت گاز را رنج می دهد. تعرفه های گازی مصرف کنندگان نیاز به ترمیم دارد و تلفات گاز، پارامتر جدی محسوب می‌شود. درعین حال ازبکستان با توجه به احتمال تامین بی وقفه و ارزان گاز به مجتمع های پتروشیمی، می تواند پیشتاز این صنعت در آسیای میانه باشد. هر چند از بعد سرمایه گذاری و فناوری، نیازهای جدی محسوس است.
برق تولیدی ازبکستان که عمدتاً متکی بر منابع گازی است، نقش تبادلی زیادی با کشورهای همسایه دارد و تاثیر قابل توجهی در تشکیل بازار برق



شکل ۱۱: منابع انرژی برای تولید برق ازبکستان

آسیای میانه، که در مرور تاجیکستان به آن پرداخته‌شد، دارد. درشکل ۱۱ منابع انرژی تولیدی برق ازبکستان نمایش داده‌شده است.
هرچند برق ازبکستان با رسیدن به ترکمنستان بلوکه‌شده و هنوز به‌شبکه‌سازی با آسیای جنوب غربی دست نیافته اند. اما به صورت پیش فرض، مسیر ایران به‌سمت ترکیه هنوز برای صادرات گاز و برق ازبکستان حداقل بر روی کاغذ وجود دارد. درشکل ۱۲ نمودار تولید، مصرف، صادرات، واردات و تلفات برق ازبکستان نمایش داده‌شده است.



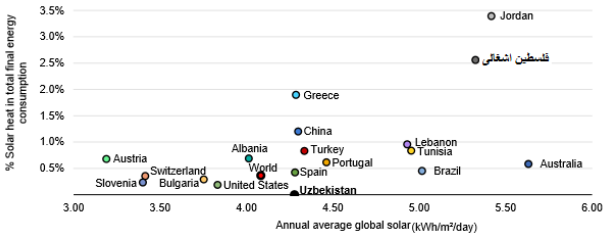
شکل ۱۲ : نمودار برق ازبکستان و تبادلات آن

گرمایش منطقه ای که ثلث تاسیسات و زیرساخت های آن در پایتخت، تاشکند، و مابقی در دیگرشهرهای بزرگ ازبکستان است، میراث‌شوروی کمونیستی بوده و حدود ۸% سهم در مصارف را دارد. متاسفانه به رغم وجود زیرساختها، وابستگی‌شدید به انرژی فسیلی از یک‌سو و قدیمی‌شدن آن ازسوی دیگر، از کارایی و تاثیر مثبت گرمایش منطقه ای ازبکستان کاسته است. به گونه ای که از بین رفتن عایق های لوله های حامل آب گرم، تلفات انرژی هنگفتی را به همراه دارد. لازم به ذکر است نسخه های مدرن و اروپایی گرمایش منطقه ای، نوعی از استفاده ی کارا از انرژی به خصوص انرژی تجدیدپذیر را در خود لحاظ نموده است.
از نظر انتشار، ازبکستان ۷% بیشتر از ۱۹۹۰ و ۵% کمتر از ۲۰۱۰ انتشار گاز گلخانه ای دارد. آنها برای تولید یک دلار تولید ناخالص داخلی، ۰/۳۷ کیلوگرم معادل کربن منتشر می کنند که در مقایسه با متوسط جهانی، ۰/۲۶، ثروت زایی آلاینده تری را تجربه می کنند.

اقدام حوزه فناوری انرژی ازبکستان(دارای نقشه راه)خط مشی انرژی خورشیدی:

اتحادیه اروپا در قالب برنامه EU4energy خود، ابتکار ۸ ساله ای را برای توسعه ی انرژی خورشیدی و کاهش انرژی فسیلی در ازبکستان پیشنهاد داده است. این ابتکار در قالب یک نقشه ی راه شامل سه حوزه ی اقدام و تعدادی زیراقدام با موضوعات فناوری، بازار، محیط زیست، خط مشی و سیاست رگولاتوری و ... تنظیم‌شده است. این نقشه ی راه با اشراف کامل ذینفعان، ذیربطان و بازیگران موثر در انرژی ازبکستان شامل وزارت انرژی، کابینه ی دولت، وزارت دارایی، وزارت سرمایه گذاری و تجارت خارجی، وزارت توسعه اقتصادی و کاهش فقر، سازمان آمار، شرکت های نیروگاهی حرارتی، برق‌آبی، شبکه ملی برق و شرکت های منطقه ای برق طرح ریزی‌شده است. ازبکستان از نظر تحلیل پتانسیل در زمینه ی برق آبی، بادی، خورشیدی و زمین گرمایی به ترتیب ظرفیت هایی به‌شرح ۳۸۵، ۹۲، ۲۱۳۴۰۰۰ و ۲۸۰۵۰۰۰ پتاژول در اختیار دارد. با اضافه‌شدن قیود فناوری و قابلیت پیاده‌سازی، این مقادیر به ارقام ۸۴، ۱۷، ۷۴۱۱ و ۱۳ پتاژول کاهش می یابند. اما موردسوم، انرژی خورشیدی دارای ظرفیت و قابلیت پیاده‌سازی، به‌خودی خود چهار برابر بیشتر از کل مصرف انرژی ازبکستان است!

ظرفیت انرژی خورشیدی از دو دیدگاه قابل بررسی است. دیدگاه اول تابش افقی جهانی را مدنظر دارد که به تابش غیرمستقیم و پراکنده و میانگین قابل بهره برداری آن می پردازد. از این دیدگاه ازبکستان تابش متوسط‌سالیانه ای بیشتر از کشورهای مدعی در انرژی خورشیدی در جنوب اروپا مانند اسپانیا و ایتالیا دارد. دیدگاه دوم مربوط به تابش نرمال مستقیم خورشید است که در کاربردهایی مانند آبگرمکن های خورشیدی صنعتی با مورد استفاده ی خانوار، که به تمرکز نور خورشید مستقیم نیاز دارند، ظهور می یابد. از این دیدگاه نیز ازبکستان از آمریکا و اسپانیا، مدعیان کاربرد خورشید متمرکز، ظرفیت بالاتری دارد. در مجموع ازبکستان بر اساس تحلیل، گزینه ای مطلوب برای فتوولتاییک سنتی و نیز گزینه هایی مانند PV2Heat یا تبدیل مستقیم نور به حرارت به واسطه ی برق و نیز پمپ های حرارتی است. درشکل ۱۳ تعدادی از کشورها و نواحی جهان از بعد میانگین‌سالیانه میزان تابش خورشیدی و میزان سهم حرارت خورشیدی در سبد مصرف انرژی کشوری نمایش داده‌شده است.



شکل ۱۳ : میزان سهم حرارت خورشیدی (متمرکز) در سبد انرژی و متوسط تابش خورشیدی دریافتی کشورهای هدف

به کمک بانک جهانی، بانک های اروپایی و بانک توسعه ی آسیایی، ۱۰ پروژه ی بزرگ برق خورشیدی با ظرفیت ۲۰۵۰ مگا وات طرح ریزی‌شده و مناقصات برگزارشده گویای اقبال جهانی برای مشارکت در این پروژه ها می باشد. آخرین قرارداد توسط شرکت انرژی آینده ی ابوظبی به دست آمد و به تدریج نواحی مهم ازبکستان دارای متوسط بالای شاخص تابش افق جهانی، مانند خوارزم، سمرقند، نمنگان، بخارا، کارمانا و شعرآباد به این نیروگاه های خورشیدی مجهز می‌شوند.
به موازات این اقدامات زیرساختی، فرهنگ‌سازی و قانون گذاری بر اساس اهداف در جریان است. ازبکستان مصمم است تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۲۵% از برق خود را از تجدیدپذیرها دارا باشد. به موازات نوسازی در صنایع، توسعه ی کلکتورهای خورشیدی که از نور متمرکز استفاده می کنند در صنایع، اتوماسیون های فناورانه ی صنعتی، نوسازی شبکه و کنتورهای هوشمند در دستور کار است.
مدیریت تقاضای برق، افزایش کلی کارایی انرژی، افزایش خاص کارایی در تولید، انتقال و توزیع برق، کاهش آسیب فرسایشی به تاسیسات برقی، اقبال به تجدیدپذیرها، کنترل بازار و ... از اهداف قانون گذاری های اخیر می باشند.
ازبکستان به طور خاص تصمیم دارد تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۳۰ گیگاوات توان تجدیدپذیر و ۱۲۱ تراوات‌ساعت انرژی تجدیدپذیر در اختیار داشته باشد. برای این منظور ۷ گیگا وات توان خورشیدی تا سال ۲۰۳۰ متصور است که ۴ گیگاوات آن تا ۲۰۲۶ هدفگذاری‌شده است. همچنین ۵ گیگاوات توان برق بادی متصور است که به میزان ۴ گیگا وات آن تا سال

۲۰۲۶ هدفگذاری گردیده است.

موانع متعددی امکان سنجی تحقق موفق و به موقع نقشه ی راه را تهدید می کند که به آن نیز پرداخته شده است. یکی از این موانع نبود اطلاعات دقیق شدت و تداوم انرژی خورشیدی است. همچنین جانمایی های اشتباه که فاصله از خطوط انتقال برق را لحاظ نکرده است، از موانع دیگر می باشد. نبود نیروی کار متخصص و خبره در این زمینه از مشکلات ازبکستان است. کنترل سیاست های رگولاتوری دولتی نیز از پیش نیازها و موانع مستعد مسیر است. هزینه ی تمام شده ی سولار در جهان رو به کاهش جدی است؛ اما کماکان بازگشت سرمایه ای کند دارد که صبر دولت با نقش رگولاتوری را می طلبد. اشتباهات دولت در عدم واگذاری زمین به مزرعه های فتوولتاییک جبران ناپذیر خواهد بود. تعرفه های اصلاح نشده ی برق، انگیزه ی سرمایه گذاران را کاهش می دهد. دولت ازبکستان باید سیاست خود در الزام نصب آبگرمکن خورشیدی در ساخت و نوسازی جدید منازل را پاس بدارد. همچنین حداقل تصدی را در بازار برق داشته باشد. قانون نصب آبگرمکن خورشیدی ۲۰۰ لیتری برای ۲/۵% از منازل، و نیز نصب ۱۵۰/۰۰۰ فتوولتاییک بر روی بام با ظرفیت ۳ کیلووات ساعت راهگشا است. نبود مشوق های مالیاتی، واگذاری ارزان زمین و محدودسازی قرارداد بین سرمایه گذاران و بازار محلی و غیر محلی از موانع جدی محسوب می شود. مانع اداری، حقوقی و زیست محیطی در این نقشه ی راه احصاء نگردیده است. اما نبود یکپارچه سازی و عدم توسعه خطوط انتقال برق داخلی و بین المللی (به سمت تاجیکستان و افغانستان) و تکمیل پست های برق مورد نیاز و مدیریت دیسپچینگ منعطف تر خصوصاً در منطقه ی کاراکالپاکستان مشکل جدی ایجاد خواهد نمود.

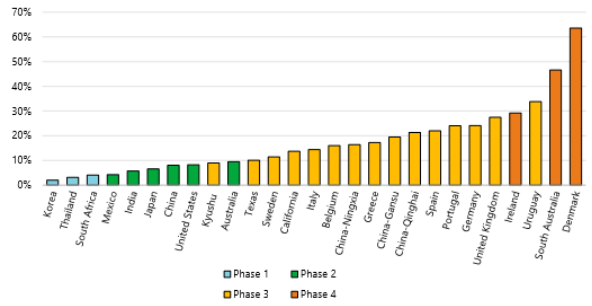
در نقشه راه اقدامات مهم و زیر اقدامات حائز اهمیتی متصور است. در راستای بیشینه سازی مزایای انرژی خورشیدی در سیستم انرژی ازبکستان، شفافیت داده ها، توسعه ی بازارهای مقیاس کوچک– متوسط– بزرگ، توسعه مزرعه های شناور خورشیدی در مجاورت سدهای مولد برق آبی، توسعه فناوری PV2Heat، اتصال انرژی خورشیدی به زیرساخت های گرمایش منطقه ای به یادگار مانده از شوروی کمونیستی، پمپ های گرمایی و ... ضروری است.

در راستای اصلاحات رگولاتوری و چهارچوبی، کاهش یارانه ها و واقعی شدن قیمت برق و گاز، اتصال همه ی تولید کنندگان خرد و کلان به شبکه، شفافیت دولتی، اقدامات بلند مدت و صبورانه و تعمیرات و بازیافت فتوولتاییک ها الزامی به نظر می رسد.

در زمینه ی یکپارچه سازی و انعطاف، نخست باید دانست محققین شش لایه از میزان انعطاف پذیری شبکه های برق در قبال تجدیدپذیرها در نظر می گیرند. لایه های شش گانه به ترتیب عبارتند از: عدم تاثیر شبکه از تجدیدپذیرهای محلی، تاثیر مینور و حداقلی شبکه از برق پاک، تنظیم مود عملیاتی و الگوی آن بر اساس میزان تجدیدپذیرها، تطابق تولید و مصرف شبکه با تجدیدپذیر برای دوره های زمانی کوتاه، تطبیق پذیری برای دوره های زمانی فصلی و طولانی تر، ذخیره سازی برق پاک در قالب های هیدروژنی و امثال آن و تطبیق پذیری کلی.

در این بین کشورهای مختلف تاکنون نتوانسته اند از لایه ی چهارم در سطح ملی عبور نمایند که این نمودار در شکل ۱۵ نمایش داده شده است.

ازبکستان نیز برای حرکت در مسیر نقشه راه نیاز دارد اتصالات همبند شبکه ای بین تولید کنندگان و شبکه ی سراسری را ایجاد کند. توسعه پمپ های هیدرولیک مبدل برق به فشار، توسعه صنایع با قابلیت بهره برداری از نور خورشید متمرکز در محل برای گرمایش (یا سرمایش به صورت کوپل شده با ادوات سرمایشی) و توسعه ی مفهوم پاسخ تقاضا (تغییر تطبیق پذیر انرژی مصرفی مصرف کنندگان عمده) کارگشا



شکل ۱۵: لایه های تاثیرپذیری شبکه از برق تجدیدپذیر در کشورهای هدف (دانمارک، استرالیا و ایرلند در اوج)

خواهند بود.

توصیه های سیاستی برای جمهوری اسلامی ایران:

جمهوری اسلامی ایران در حوزه ی انرژی در تعامل با این کشور دوست و دارای قرابت فرهنگی، تاریخی و مذهبی، ظرفیت های متعددی دارد که به برخی اشاره می گردد:

- پایش دقیق سیاست های افزایش کارایی و کاهش شدت انرژی و ثروت سازی کم انتشار و کم انرژی ازبکستان به عنوان یک کشور گازی هم اقلیم و هم فرهنگ و مشابه
- تسریع در برنامه ریزی و شروع پیاده سازی انرژی های پاک با توجه به ظرفیت های تجدیدپذیر کشور
- رصد سرنوشت انرژی یک کشور گازی با برق آبی وابسته به همسایگان که عمده ی تولید گاز مصروف نیاز داخلی شده و صادرات گاز دارای روند کاهشی است.
- جذب مشارکت کشورهایی مانند ژاپن و حوزه هایی مانند اتحادیه اروپا در ترسیم خط مشی و تسهیل اکتساب فناوری انرژی
- مدرن سازی کشاورزی با توجه به مشابه بودن وضعیت آبی دو کشور و کشاورزی مبتنی بر دشت و در نظر گرفتن ملاحظات انرژی کشاورزی تجربه شده در ازبکستان
- مشارکت در پروژه های بالادست اکتشافی و حفاری ازبکستان با هزینه های رقابتی
- مشارکت در دیجیتال سازی شبکه برق ازبکستان
- توسعه ی نیابتی پتروشیمی در ازبکستان با توجه به سهولت اکتساب فناوری و خرید لایسنس و دریافت بی وقفه گاز ارزان
- تلاش برای یافتن نقش هاب منطقه ای برق با توجه به بازار غربی و تامین کنندگان شمال شرقی
- مشارکت دادن نیروی کار خبره و متخصص ایرانی در پروژه های سولار ازبکستان
- مشارکت در پروژه های جنبی خطوط انتقال برق و بازیافت PV و ...

منبع: آژانس بین المللی انرژی

توسعه و ارتقاء بهره‌وری انرژی در صنعت پتروشیمی کشور

بهاره فرهمندپور – پژوهشگر موسسه مطالعات انرژی

چکیده:

تخصیص گاز شامل سبد متنوعی از سناریوهای متعدد است که انتخاب هر یک باعث تقویت منافع گروهی خاص می‌شود و منافع دیگر بخش ها را به مخاطره می‌اندازد. یکی از گروه‌های خاص بهره‌مند از مزایای منابع عظیم نفت و گاز کشور، صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی می‌باشد که توانسته است سهم قابل‌ملاحظه و رو به رشدی از منابع گاز طبیعی کشور را به خود اختصاص دهد.

درسال ۱۴۰۰، حدود ۵۸ واحد پتروشیمی در کشور با ظرفیت ۹۰ و میزان تولید ۶۵/۳ میلیون تن فعال بودند که درمجموع بیش از ۲۶۰ میلیون بشکه معادل نفت خام، انرژی به‌عنوان سوخت و خوراک (شامل گاز طبیعی، اتان، میعانات گازی، گاز مایع، نفتا، پلاتفرمیت و نفت سفید) مصرف نمودند و میزان مصرف گاز طبیعی آن‌ها درمجموع حدود ۲۴ میلیارد مترمکعب (بیش از تولیدات ۲ فاز پارس جنوبی) بود. چشم‌انداز افزایش ظرفیت تولید محصولات پتروشیمی تا سال ۱۴۱۰ حدود ۲۰۰ میلیون تن درسال یا به عبارتی ۲/۲ برابر ظرفیت کنونی می‌باشد. برآورد می‌شود که بهره‌برداری کامل از این طرح ها نیازمند تخصیص نزدیک به ۴۰ میلیارد مترمکعب درسال معادل تولید ۴ فاز پارس جنوبی باشد که بیش از نیمی از آن مربوط به طرح های احداث متانول است.

مطابق با اطلاعات مرکز آمار، صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی کشور با بیش از ۳۰% مصرف انرژی بخش صنعت، حدود ۱۷/۸ میلیارد دلار ارزش افزوده ایجاد نموده‌اند که معادل ۲۶% ارزش افزوده بخش تولید صنعت می‌باشد و از مهم‌ترین صنایع کشور در ایجاد ارزش افزوده محسوب می‌گردند. بدون لحاظ نمودن خوراک واحدهای پتروشیمی، شدت انرژی در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی در کشور حدود ۲۸/۷ مگاژول بر دلار برآورد می‌گردد که این میزان بیش از ۴ برابر شدت انرژی همین گروه از صنایع در کشورهای پیشرفته‌ای نظیر آلمان و کره جنوبی است که از مزیت‌های منابع انرژی ایران برخوردار نمی‌باشند. این در حالی است که سهم یارانه‌های سوخت مصرفی (و نه خوراک) بیش از ۱۵% از کل ارزش افزوده این صنایع است. سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه، مبتنی بر افزایش ارزش افزوده از طریق تکمیل زنجیره‌ی ارزش صنعت نفت و گاز و توسعه‌ی تولید کالاهای دارای بازدهی بهینه (بر اساس شاخص شدت مصرف انرژی) است. ازجمله عوامل مهم در توسعه صنعت پتروشیمی می‌توان به تکمیل زنجیره ارزش، استفاده از فناوری‌های نوین (نه‌فقط به جهت افزایش راندمان، بلکه از جهت تنوع‌پذیری تولید محصولات مختلف از خوراک‌های متفاوت) و فناوری‌های دوستدار محیط‌زیست، مدیریت هزینه ـ تجمیع مناسب واحدها (به‌عنوان مثال حلقه‌های زنجیره ارزش و یا پترو پالایشگاه‌ها)، دسترسی به سوخت و خوراک ارزان، دسترسی به منابع آب، نزدیکی به بازار مصرف/ حمل‌ونقل به بازار مصرف، بازارسازی بجای بازاریابی، رعایت مسائل زیست‌محیطی، مدیریت انرژی و افزایش کارایی انرژی، رعایت مسائل ایمنی و رعایت موارد امنیتی و دفاعی و پدافند غیرعامل اشاره نمود.

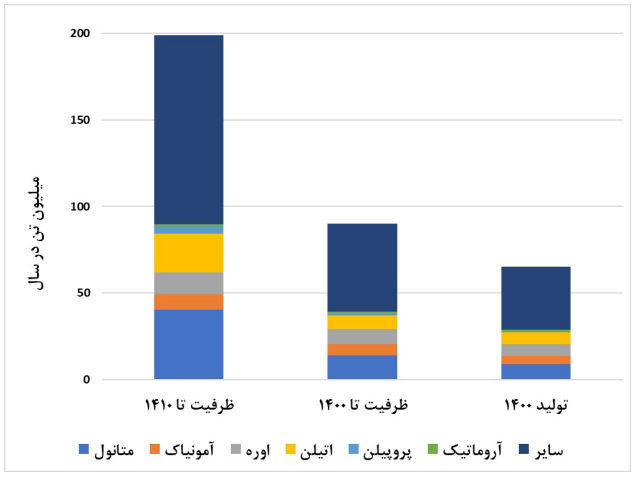
۱-بررسی وضعیت کنونی تولید محصولات پتروشیمی و چشم‌انداز دهه آتی

درسال ۱۴۰۰ ظرفیت تولید محصولات پتروشیمی کشور به ۹۰ میلیون تن درسال رسید و ظرفیت تولید محصولات پتروشیمی کشور تا ۱۴۱۰ به حدود ۲۰۰ میلیون تن درسال (۲/۲ برابر ظرفیت کنونی) برنامه‌ریزی شده است. برآورد می‌شود که بهره‌برداری کامل از این طرح ها نیازمند تخصیص نزدیک به ۴۰ میلیارد مترمکعب درسال، معادل تولید ۴ فاز پارس جنوبی باشد که بیش از نیمی از آن مربوط به طرح های احداث متانول است.

در حال حاضر ظرفیت تولید متانول کشور مشتمل بر ۸ مجتمع پتروشیمی ۱۳۹۵۴ هزار تن درسال می‌باشد که مجموع تولیدات آن‌ها درسال ۱۴۰۰ تنها حدود ۶۳% ظرفیت و معادل ۸۸۱۷ هزار تن بود. تعداد ۲۰ طرح جدید تولید متانول با ظرفیت مجموع تولید ۲۷۹۵۲ هزار تن درسال برنامه‌ریزی شده است. با بهره‌برداری کامل از طرح های جدید، ظرفیت تولید متانول کشور به نزدیک ۴۲ میلیون تن درسال می‌رسد یا به عبارتی ظرفیت تولید متانول کشور ۳ برابر می‌گردد. با در نظر گرفتن معیار استاندارد احداث واحدهای برای تولید یک تن متانول، حداقل معادل ۷۸۳ مترمکعب گاز طبیعی، انرژی مصرف می‌گردد؛ بنابراین جهت بهره‌برداری کامل از طرح های جدید تولید متانول کشور حداقل به تخصیص بالغ بر ۲۱ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی معادل ۲ فاز پارس جنوبی نیاز است.

ظرفیت کنونی تولید آمونیاک کشور مشتمل بر ۷ مجتمع پتروشیمی ۶۵۳۵ هزار تن درسال می‌باشد که مجموع تولیدات آن‌ها درسال ۱۴۰۰ حدود ۷۱/۵% ظرفیت و معادل ۴۶۷۸ هزار تن بود. با بهره‌برداری از ۷ طرح جدید تولید آمونیاک در کل ۲۵۶۱ هزار تن درسال به ظرفیت تولید آمونیاک کشور افزوده می‌گردد و مجموع ظرفیت تولید آمونیاک کشور به ۹۰۹۶ هزار تن درسال می‌رسد. با در نظر گرفتن معیار استاندارد احداث واحدهای جدیدالاحداث آمونیاک)۳۱ گیگاژول بر تن، برای تولید یک تن آمونیاک(، حداقل معادل ۸۲۳ مترمکعب گاز طبیعی، انرژی مصرف می‌گردد. بنابراین بهره‌برداری کامل از طرح های تولید آمونیاک کشور حداقل به تخصیص بالغ بر ۲ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی نیازمند است.

ظرفیت فعلی تولید اتیلن کشور مشتمل بر ۱۰ مجتمع پتروشیمی ۷۸۰۲ هزار تن درسال می‌باشد که مجموع تولیدات آن‌ها درسال ۱۴۰۰ بیش از ۸۸% ظرفیت و معادل ۶۹۰۱ هزار تن بود. با بهره‌برداری از ۲۱ طرح جدید تولید الفین (اتیلن) در کل ۱۳۷۰۶ هزار تن درسال به ظرفیت تولید اتیلن کشور افزوده می‌گردد یا به عبارتی ظرفیت تولید اتیلن کشور ۲/۸ برابر معادل ۲۱/۵ میلیون تن درسال خواهد شد. با در نظر گرفتن معیار استاندارد احداث واحدهای جدیدالاحداث الفین)۲۰ گیگاژول بر تن، برای تولید هر تن الفین(، حداقل معادل ۵۳۱ مترمکعب گاز طبیعی، انرژی مصرف می‌گردد؛ بنابراین بهره‌برداری کامل از طرح های جدید تولید الفین کشور حداقل به تخصیص بالغ بر ۷/۳ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی نیازمند است.



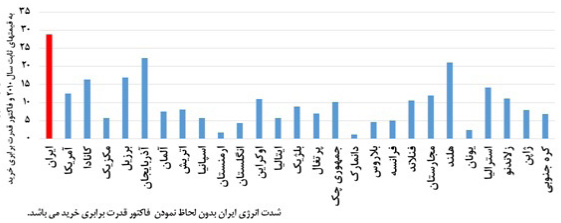
شکل ۱: ظرفیت و میزان تولید محصولات پتروشیمی کشور در سال ۱۴۰۰ و چشم‌انداز توسعه ظرفیت تا سال ۱۴۱۰

۲-بررسی شدت انرژی در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی

در طرح سرشماری مرکز آمار ارزش افزوده صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی معادل ۱۷/۸ میلیارد دلار و هزینه سوخت مصرفی ۵۹۸۷۸ میلیارد ریال بیان شده است. این در حالی است که ارزش واقعی انرژی مصرفی حدود ۲۶۹۳ میلیون دلار می‌باشد؛ یا به عبارتی سهم یارانه سوخت این گروه صنعتی حدود ۱۵% از کل ارزش افزوده می‌باشد.

همچنین انرژی مصرفی شامل سوخت گاز، سوخت مایع و برق معادل ۸۳/۳۴ میلیون بشکه معادل نفت خام (معادل ۵۱۰ پتاژول) گزارش شده است. بر این اساس بدون لحاظ نمودن خوراک واحدهای پتروشیمی، شدت انرژی در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی در کشور حدود ۲۸/۷ مگاژول بر دلار برآورد می‌گردد و مقایسه آن با مقادیر جهانی مطابق با جدول۱ و شکل۲ بیانگر لزوم تکمیل زنجیره ارزش در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی کشور و ارتقاء فناوری و کارایی انرژی این صنایع می‌باشد. به‌طور نمونه آلمان با مصرف انرژی نزدیک به ایران توانسته نزدیک به ۵ برابر ارزش افزوده در این گروه صنعتی ایجاد نماید.

* هر پتاژول معادل یک میلیارد مگاژول می‌باشد.



شکل ۲: مقایسه شدت انرژی در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی

۳- مکان‌یابی مناسب جهت احداث واحدهای پتروشیمی

در گزارش توسعه پتروشیمی مبتنی بر ملاحظات آمایش سرزمین تهیه‌شده توسط موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی در سال ۱۴۰۰ [۴] ضرورت‌های توسعه صنعت پتروشیمی و جانمایی مناسب به‌تفصیل بررسی شده است که در این بخش به بررسی خلاصه‌ای از مطالب ارائه‌شده در گزارش پرداخته خواهد شد.

امروزه برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای برای کشور بدون در نظر گرفتن آمایش سرزمین منجر به هدر رفت منابع خواهد بود. رویکرد آمایش سرزمین منجر به جانمایی مطلوب جمعیت، منابع طبیعی و سرمایه خواهد بود تا توزیع فعالیت اقتصادی، اجتماعی و جمعیتی و همچنین ظرفیت‌های آشکار و پنهان با توجه به توانمندی‌ها و قابلیت‌های هر منطقه شکل بگیرد.

آمایش سرزمین یا برنامه‌ریزی فضایی، یک برنامه‌ریزی جامع و نه تک‌بعدی بوده که با در نظر گرفتن تمام جوانب و بهره‌گیری از علوم مختلف نظیر اقتصاد، جامعه‌شناسی، جغرافیا و منابع طبیعی، محیط‌زیست و ... به توزیع بهینه فعالیت‌ها در مناطق مختلف می‌پردازد و ساختاری سازنده برای توسعه پایدار کشور فراهم می‌نماید. بر این اساس، مکان‌یابی طرح‌های پتروشیمی، مسئله‌ای نیست که به‌طور منفرد و مجزا از سایر فعالیت‌های توسعه‌ای مکان‌یابی گردد و بایستی در تقابل و تعامل با سایر فعالیت‌ها مکان‌یابی شده و در این خصوص زنجیره ارزش پتروشیمی در داخل شبکه یکپارچه ارزش صنعت موردتوجه واقع شود.

کشور ایران به دلیل برخورداری از مزیت نسبی خوراک، به‌شرط فراهم آمدن سایر عوامل (فناوری و سرمایه)، قابلیت توسعه بسیاری در حوزه پتروشیمی دارد. در احداث صنایع پتروشیمی عوامل مختلفی بایستی در نظر گرفته شود. این عوامل عبارت‌اند از

	صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی		
	مصرف انرژی	ارزش افزوده	شدت انرژی
	پتا ژول	میلیارد دلار	مگا ژول بر دلار
ایالات متحده آمریکا	۳۲۱۱/۶	۲۵۷/۲	۱۲/۵
ژاپن	۹۲۳/۳	۱۱۷/۱	۷/۹
آلمان	۶۴۰	۸۵/۳	۷/۵
ایران	۵۱۰	۱۷/۸	۲۸/۷
کره جنوبی	۳۵۵/۳	۵۱/۲	۶/۹
هلند	۳۱۶/۹	۱۵	۲۱/۱
کانادا	۲۷۵/۴	۱۶/۸	۱۶/۴
فرانسه	۲۰۲/۳	۴۰/۵	۵

جدول ۱: مقایسه مصرف انرژی، ارزش افزوده و شدت انرژی در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی

واحد ارزش افزوده به‌جز ایران: میلیارد دلار بر اساس قیمتهای سال ۲۰۱۰ و فاکتور برابری قدرت خرید

- تکمیل زنجیره ارزش
- استفاده از فناوری‌های نوین) نه‌فقط به جهت افزایش راندمان، بلکه از جهت تنوع‌پذیری تولید محصولات مختلف از خوراک‌های متفاوت)
- مدیریت هزینه ـ تجمیع مناسب واحدها (به‌عنوان‌مثال حلقه‌های زنجیره ارزش و یا پترو پالایشگاه‌ها)
- دسترسي به‌سوخت و خوراک ارزان
- دسترسي به منابع آب
- نزديكي به بازار مصرف/ حمل‌ونقل به بازار مصرف
- بازارسازي بجاي بازاريابي
- رعايت مسائل زيست‌محيطي
- مديريت انرژي و افزايش كارايي انرژي
- رعايت مسائل ايمني
- رعايت موارد امنيتي و دفاعي و پدافند غيرعامل

تجميع واحدهاي پتروشيمي در مجاورت يكديگر به‌عنوان كليد همزيستي صنعتي، يكي از مواردي است كه در آمايش سرزمين در نظر گرفته مي‌شود. دليل آن آلايندگي واحدهاي پتروشيمي و در مراتب بعد كاهش هزينه انتقال در تبادلات بين واحدها، كاهش مصرف انرژي، اينتگراسيون انرژي و ... مي‌باشد. يعني دو جنبه اقتصادي و زيست‌محيطي در اين امر دخيل هستند. احداث قطب‌هاي پتروشيمي و يا پارك‌هاي شيميايي در كشورهاي مختلف به همين دليل مي‌باشد.
يكي از نمونه‌هاي جهاني كه آمايش سرزمين را در توسعه صنايع خود ازجمله پتروشيمي در نظر گرفته است، كشور سنگاپور است. اين كشور با تجميع صنايع پالايشي، پتروشيمي، نيروگاهي و ... در جزيره Jurong، يك همزيستي صنعتي به وجود آورده است.

٤-توسعه زنجیره ارزش

در طرح تدوین سیاست‌های صنعتی، معدنی و تجاری ایران، تهیه‌شده توسط موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی در سال ۱۳۹۹، چالش‌ها و راهبردهای توسعه زنجیره ارزش در صنایع پتروشیمی به‌تفصیل بررسی‌شده است که در این بخش خلاصه‌ای از مطالب ارائه‌شده در طرح بیان می‌گردد.
اهمیت توجه به صادرات غیرنفتی، تکمیل زنجیره‌های ارزش و پرهیز از خام فروشی در اسناد بالادستی کشور مورد تأکید بوده، به‌طور نمونه در بند ۱۳ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی، به مقابله با ضربه‌پذیری درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز از طریق افزایش صادرات پتروشیمی و در بند ۱۵ سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی به افزایش ارزش‌افزوده از طریق تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت، گاز و پتروشیمی اشاره‌شده است. در این زمینه می‌توان موارد دیگری از قبیل تأکید بر جایگزینی صادرات فرآورده‌های نفت و گاز و پتروشیمی به‌جای صدور نفت خام و گاز طبیعی در جزء ۸ بند الف سیاست‌های کلی انرژی در دوره چشم‌انداز و همچنین تکمیل زنجیره تولید از مواد خام تا محصولات نهایی با رعایت اصل رقابت‌پذیری و فاصله گرفتن از خام فروشی در بازه زمانی معین، در بند ۵ سیاست‌های کلی تولید ملی، حمایت از کار و سرمایه ایرانی را نام برد.
صنایع پتروشیمی ازجمله صنایعی است که منابع سوخت فسیلی را به محصولاتی با ارزش افزوده بیشتر تبدیل می‌کند و از بزرگ‌ترین زنجیره‌های ارزش تولید در بین صنایع مختلف جهان به‌شمار می‌رود. محصولات میانی صنعت پتروشیمی مواد میانی و واسطه‌ای صنایع دیگر همچون صنایع خودرو، صنایع غذایی، نساجی، لوازم‌خانگی، بسته‌بندی، مبلمان، رنگ و رزین، چسب‌ها، کود و سموم‌شیمیایی، حلال‌ها، داروهای شیمیایی، شوینده‌ها، محصولات آرایشی و بهداشتی، صنعت برق و الکترونیک و غیره محسوب می‌شوند. صنایع تکمیلی پتروشیمی ضمن تحویل مواد شیمیایی یا پلیمری از صنایع بالادستی و میان دستی پتروشیمی آن را به محصولات یا کالای مصرفی تبدیل می‌کنند. ازاین‌جهت صنعت پتروشیمی را پیشران صنایع دیگر می‌دانند. عموماً سهم تجارت بین‌المللی در صنعت پتروشیمی در دنیا ناچیز بوده و بسیاری از تولیدات زنجیره به‌عنوان محصول میانی در تولید سایر محصولات و همچنین به‌عنوان خوراک مورد استفاده در صنایع تکمیلی (پایین‌دست) استفاده می‌شود. صنایع پایین‌دست پتروشیمی توان ایجاد ارزش‌افزوده بالاتر و اشتغال‌زایی بیشتر را دارند. از طرفی این صنایع امکان دستیابی به صادرات متنوع‌تر و پیچیده‌تری را فراهم می‌آورند.
چالش کلیدی این صنعت، چگونگی تبدیل مزیت نسبی کشور در محصولات پایه و بالادست به مزیت رقابتی و تولید صادراتی در محصولات پایین‌دست (تکمیلی) است.
در شکل ۳، زنجیره تولیدات صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی را ملاحظه می‌نمایید. صنایع پایین‌دست پتروشیمی، توان ایجاد ارزش‌افزوده بالاتر و امکان دستیابی به صادرات متنوع‌تر و پیچیده‌تری را فراهم می‌آورند.

شکل۳: زنجیره تولیدات در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی

یکی از سیاست های کشورهای موفق، تولید محصولات با ارزش‌افزوده و فناوری بالا در سبد صادراتی است، لیکن علیرغم فراهم بودن خوراک متنوع و ارزان‌قیمت، درواقع تمرکز عمده تولیدات صنعت پتروشیمی کشور بر چند محصول بالادستی با ارزش‌افزوده پایین و برنامه تولید معطوف به ساخت پتروشیمی‌هایی بر مبنای خوراک گاز (اوره، آمونیاک و متانول) بوده و تکمیل زنجیره ارزش محصولات و همچنین توسعه پتروشیمی‌های با خوراک مایع و محصولات آروماتیک حاصل از آن مغفول باقی مانده است.
بررسی‌ها حاکی از وقوع انواع شکست‌های بازاری اساسی در صنعت پتروشیمی ایران می‌باشد که مهم‌ترین موارد آن به‌شرح ذیل می‌باشند:

- تمرکز عمده تولیدات صنعت پتروشیمی بر چند محصول بالادست که اشتغال‌زایی و ارزش‌افزوده پایین دارد
- فقدان تنوع در تولیدات بالادست
- تمرکز سرمایه‌گذاری‌ها بر پتروشیمی‌های گازی و کم‌توجهی به زنجیره‌های باارزش ترکیبات آروماتیک.

این در حالی است که در زنجیره تولید پتروشیمی‌های با خوراک مایع که بیشتر مواد مورد نیاز صنایع پایین‌دست از آن حاصل می‌شود، عملاً محصولاتی تولید نمی‌شود. برای نمونه مواد اولیه عمده صنعت نساجی که اتفاقاً با مشکلات عدیده‌ای مواجه است، الیاف PET تولیدی پتروشیمی‌های با خوراک مایع است که کمبود و انحصار تولید در آن وجود دارد و به گفته بسیاری از کارشناسان، دسترسی پایدار واحدها به مواد اولیه با قیمت‌های قابل پیش‌بینی یکی از الزامات توسعه واحدهای صنعت نساجی است.

بررسی طرح‌های به بهره‌برداری رسیده و در دست اجرای صنعت پتروشیمی، حاکی از آن است که دولت برنامه‌های خود را بیشتر معطوف ساخت پتروشیمی‌های بر مبنای خوراک گاز کرده و توسعه پتروشیمی‌های مایع و محصولات آروماتیک حاصل از آن، نسبتاً مغفول باقی مانده است. عمده محصولات بر پایه گاز از جمله اوره، آمونیاک و متانول با هدف صادراتی تولید می‌شوند و در زنجیره ارزش محصولات مورد نیاز صنایع پایین‌دستی کشور، قرار نمی‌گیرند.

یکی دیگر از مصادیق خام فروشی، صادرات LPG است. ایران از نظر میزان تولید LPG با توجه به داشتن منابع نفت و گاز فراوان رتبه دهم دنیا را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۹۷ میزان تولید LPG کشور ۸/۳ میلیون تن بوده است که ۵ میلیون تن آن صادر و مابقی به‌صورت کپسولی و در مناطق جنوبی که هنوز گازکشی نشده‌اند و بخشی هم به‌عنوان سوخت خودرو مصرف شده است. بخش کوچکی از آن (۵ درصد) به‌عنوان خوراک در صنایع پتروشیمی کشور عرضه شده است.

در خصوص صادرات LPG به دلیل تأثیر تحریم‌ها و شناسایی و ردیابی کشتی‌ها، خریدار اصلی LPG چین بوده و از این روی قدرت چانه‌زنی چینی‌ها برای تخفیف گرفتن از ایران بیشتر شده است. در حال حاضر قیمت جهانی LPG ۵۰۰ دلار به ازای هر تن است و صادرات آن به کشور چین با تخفیف ۲۰ یا ۳۰ درصدی به قیمت ۱۰۰ تا ۱۵۰ دلار ارزان‌تر فروخته می‌شود. از طرفی طبق قانون، خوراک تحویلی LPG به پتروشیمی‌ها با قیمت فوب منهای ۵ درصد ارائه می‌شود درصورتی‌که در همین زمان LPG را با منهای ۱۵۰ دلار صادر می‌کنیم. در مقابل صادرات گاز طبیعی ایران به ترکیه با قیمت ۲۲ سنت انجام می‌شود، اما همان گاز را به پتروشیمی‌های داخلی به ۱۲ سنت یعنی حدود ۵۰ درصد زیر قیمت می‌دهند. این مشوق بسیار خوبی برای توسعه صنعت پتروشیمی با خوراک گاز است که نتیجه آن قابل مشاهده است. درنتیجه این روند تعداد زیادی واحدهای متانول و اوره و آمونیاک در کشور احداث شدند. اما همین تخفیف به پتروشیمی‌هایی که از خوراک LPG استفاده می‌کنند، لحاظ نشده است، درصورتی‌که در بیشتر کشورهای خاورمیانه شرکت‌های پتروشیمی به‌منظور رسیدن به نوعی ثبات در این زمینه و کاهش ریسک‌های سرمایه‌گذاری، اقدام به بستن قراردادهای بلندمدت در خصوص تأمین خوراک می‌کنند.

با اینکه ۱۰ طرح پتروشیمی در زمینه‌ی LPG در کشور وجود دارد که توسط بخش خصوصی فعال شدند از قبیل سلمان فارسی در ماهشهر، کیمیا در عسلویه، سهند در ماهشهر ولی به دلیل تفاوت قیمت‌گذاری خوراک گازی و خوراک LPG، این طرح‌ها پیشرفت مطلوبی نداشته‌اند.

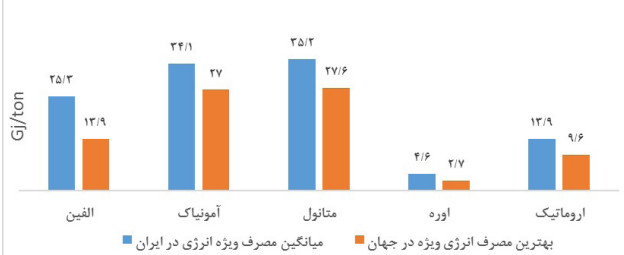
اگر ایران مانند عربستان، روی خوراک LPG تخفیف ۳۰ درصدی بگذارد، تا ۵ یا ۱۰ سال دیگر نتیجه آن مشاهده خواهد شد و پتروشیمی‌هایی با خوراک LPG توسعه خواهند یافت. نتیجه این روند، تولید محصولات با ارزش‌افزوده و رونق تولید کشور است. در این شرایط، تحریم‌ها هم نمی‌تواند چندان روی اقتصاد LPG اما اثر بگذارد. اما تخفیف‌های نابرابر خوراک گازی و مایع موجب توسعه نامتوازن صنعت پتروشیمی می‌شود. البته در این خصوص باید توجه کرد که لایسنس ساخت پالایشگاه LPG فقط در انحصار آمریکا است. بنابراین باید فناوری ساخت را از آمریکا دریافت کنیم. دوم اینکه ساخت پالایشگاه زمان‌بر است. به‌عبارت‌دیگر در این زمینه با دشواری‌هایی مواجه هستیم که شایسته‌تر بود تا پیش‌ازاین، در مسیر اصلاح روندهای گذشته اقدام لازم انجام می‌شد.

۵- استفاده از فناوری‌های انرژی کارآمد و ارتقاء کارایی مصرف انرژی در واحدهای موجود

مطابق با سند تراز تولید و مصرف گاز طبیعی مصوب شورای عالی انرژی کشور، مصرف گاز طبیعی واحدهای پتروشیمی شامل سوخت و خوراک از ۱۸ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۹۷ به ۲۳ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۹۹ افزایش یافته است. بر اساس همین سند با جهش‌های صنعت پتروشیمی تا سال ۱۴۰۴ انتظار می‌رود میزان گاز مصرفی واحدهای پتروشیمی به بیش از دو برابر حدود ۴۷ میلیارد مترمکعب در سال رشد کند که این میزان بیش از تولید ۵ فاز پارس جنوبی است. در سند فوق‌الذکر حدود ۲ میلیارد مترمکعب پتانسیل صرفه‌جویی در مجتمع‌های پتروشیمی موجود برآورد شده که با توجه به ماهیت مصرف انرژی در واحدهای پتروشیمی از این میزان ۵۵% سهم صرفه‌جویی در واحدهای یوتیلیتی و ۴۵% صرفه‌جویی در واحدهای فرایندی می‌باشد.

یکی از شاخصه‌ای مهم ارزیابی عملکرد انرژی، شاخص مصرف ویژه انرژی است. در شکل ۴ میانگین مصرف ویژه انرژی در فرآیندهای تولید الفین، آمونیاک، متانول، اوره و آروماتیک کشور با بهترین مصرف ویژه جهانی مقایسه شده است که ۲۶ تا ۸۲% انحراف را نشان می‌دهد. بر این اساس استفاده از فناوری‌های انرژی کارآمد تأثیر مهمی در کاهش شدت انرژی در واحدهای پتروشیمی خواهد داشت که متأسفانه به دلیل تحریم‌ها، فناوری‌های خریداری‌شده در واحدهای جدیدالاحداث فاصله زیادی با فناوری‌های روز دنیا دارند و این موجب تداوم جایگاه بالای شدت انرژی در صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی می‌گردد.

علیرغم وابستگی میزان مصرف ویژه انرژی به نوع فناوری و لایسنس



شکل ۴: مقایسه میانگین مصرف ویژه انرژی در برخی از فرآیندهای تولید پتروشیمی کشور با بهترین مصرف ویژه جهانی

فرآیند تولید، اجرای راهکارهایی ازجمله موارد ذیل می‌تواند موجب ارتقاء کارایی انرژي در صنایع پتروشیمی گردد:

- استقرار سیستم مدیریت انرژی و تدوین دستورالعمل‌ها و نظارت بر اجرای آن‌ها (دستورالعمل‌های بهبود وضعیت مانیتورینگ و اتوماسیون واحدها و تجهیزات مصرف‌کننده انرژي، مستندسازی روند مصرف انرژي در واحدهاي فرايندي و تجهيزات مصرف‌کننده انرژي و برنامه تعميرات و نگهداري مستمر و منظم تجهيزات)
- اندازه‌گیری، مدیریت و پایش مستمر عملکرد سیستم‌های تولید، توزیع و مصرف‌کننده انرژی و ارائه برنامه بهبود عملکرد و کارایی مصرف انرژی
- نظارت بر اجرای هم‌زمان مدیریت مصرف انرژی و بهسازی فرآیند تولید محصولات، بهبود کیفیت محصولات و کاهش ضایعات و هدایت به‌سمت کاهش تلفات انرژی ناشی از Standby و افزایش بهره‌وری انرژی
- ارتقاء سطح دانش در خصوص فناوری‌های نوین و انرژی کارآمد و نحوه به‌کارگیری آن و آموزش مستمر تکنسین‌ها و نیروهای انسانی در راستای مدیریت مصرف انرژی
- افزایش کارایی انرژی دستگاه‌های تولید حرارت (کوره‌ها و گرم‌کن‌های صنعتی) (بهبود فرآیند احتراق، بهبود عایق‌کاری، دیجیتال کردن کنترل فرآیند کوره بهبود انتقال حرارت و کنترل رسوبات، بازیافت حرارت و کاهش گازهای خروجی و ...)
- افزایش کارایی انرژی سیستم‌های تولید، انتقال و توزیع بخار (دیجیتال کردن کنترل فرآیند بویلر، بهبود عایق‌کاری، بازیافت حرارت و کاهش گازهای خروجی، بازیافت حرارت از آب زیرکش، کنترل عملکرد مشعل، مدیریت و پایش اتوماتیک تله‌های بخار و رفع نواقص، انتگراسیون حرارت و آنالیز پینچ و اگزرژی و ...)
- افزایش کارایی انرژی سیستم تولید توان و یوتیلیتی (بازیافت حرارتي از دودکش توربین‌های گازی، استفاده از HRSG، ارتقاء عملکرد توربین‌های گازی، خنک کاری هوای ورودی کمپرسور، مدیریت بار توربین‌هاي گازي و ...)
- افزایش کارایی انرژی تجهیزات دوار و مصرف‌کنندگان توان و یوتیلیتی (بهبود کارایی پمپ‌ها، فن‌ها و دمنده‌ها، سیستم‌های هوای فشرده، موتورهای الکتریکی و مدیریت بار الکتریکی، نصب کنترل دور روی فن بویلرها و ...)

۶- جمع‌بندی

به‌منظور توسعه و ارتقاء بهره‌وری انرژی در صنایع پتروشیمی، مشابه با سایر صنایع انرژی‌بر، با توجه به چالش‌های ذیل، ارائه راهبردهای قابل‌اجرا بسیار دشوار می‌باشد: عدم کارایی اقتصاد انرژی در ایران به دلیل وجود رانت‌های انرژی و یارانه‌های پنهان، آسیب‌پذیری ناشی از تحریم‌ها، ناترازی پیش رو در تولید و مصرف گاز طبیعی و برق، افزایش بی‌رویه تقاضا در بخش غیر مولد و تخصیص ناکارآمد انرژی، سطوح پایین فناوری‌های به کار گرفته‌شده و وابستگی فناوری. ولی این امر به معنی غفلت از اصلاح رویه‌های اشتباه گذشته در توسعه این صنعت نمی‌باشد.

در حوزه کلان مدیریتی کشور، یکپارچگی و نظام‌مند نمودن تصمیم‌گیری‌ها در توسعه صنایع انرژی بر، بر اساس ظرفیت‌های کنونی و آتی منابع انرژی و آبی در کشور و ملاحظات آمایش سرزمین بسیار حائز اهمیت است. به‌عبارت دیگر بازنگری در نحوه حکمرانی انرژی کشور به‌منظور انسجام‌بخشی به فعالیت‌ها و ایجاد نظارت‌های هدفمند و یکپارچه موجب اعمال حاکمیت مطلوب در ارتقاء بهره‌وری انرژی در کشور خواهد شد.

راه‌اندازی بازار بهینه‌سازی انرژی و محیط‌زیست با توجه به اختلاف قیمت خوراک پتروشیمی با سوخت صنایع، جهت تأمین خوراک مورد نیاز واحدهای پتروشیمی از محل صرفه‌جویی سوخت، یکی از موضوعات مطرح‌شده در حوزه بهینه‌سازی مصرف سوخت است که البته با چالش‌های بسیاری همراه است. در کنار این اقدام، مواردی نظیر تقویت ساختارهای خصوصی مرتبط با بهینه‌سازی نظیر شرکت‌های خدمات انرژی (ESCO) و شرکت‌های دانش‌بنیان، استقرار کامل سیستم مدیریت انرژی و ایجاد ساختار مالی مستقل برای اعمال حاکمیت در ارتقاء بهره‌وری انرژی نیز می‌تواند راهگشا باشد.

جذب سرمایه‌گذاری خارجی و ایجاد زمینه همکاری با کشورهای دیگر در تکمیل زنجیره ارزش محصولات ازجمله موارد قابل‌ذکر در این حوزه می‌باشد.

تخفیف‌های به مراتب بیشتر خوراک گاز موجب توسعه نامتوازن صنعت پتروشیمی شده است. طبق قانون، خوراک تحویلی LPG به پتروشیمی‌ها با قیمت فوب منهای ۵ درصد ارائه میشود، در مقابل صادرات گاز طبیعی ایران به ترکیه با قیمت ۲۲ سنت انجام میشود، اما همان گاز را به پتروشیمی‌های داخلی به ۱۲ سنت یعنی ۵۰ درصد زیر قیمت میدهد. این مشوق بسیار خوبی برای توسعه صنعت پتروشیمی با خوراک گاز است که نتیجه آن قابل مشاهده است. در نتیجه این روند تعداد زیادی واحدهای متانول و اوره و آمونیاک در کشور احداث شدند. اما همین تخفیف در پتروشیمیایی که از خوراک LPG استفاده می‌کنند، لحاظ نشده است. درنتیجه وقتی بخش خصوصی صرفه و مزیت اقتصادی پتروشیمی با خوراک گاز را با پتروشیمی‌های با خوراک مایع از قبیل LPG مقایسه میکند، برای سرمایه‌گذاری به‌سمت پتروشیمی‌های گازی میرود. پیشنهاد می‌گردد جهت رونق صنعت LPG، ایران مانند عربستان روی خوراک LPG تخفیف ۳۰ درصدی اعمال گردد.

منابع:

[۱] طرح تدوین سیاست‌های صنعتی، معدنی و تجاری ایران، صنعت پتروشیمی، موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، ۱۳۹۹

[۲] ترازنامه انرژی وزارت نیرو در سال ۱۳۹۷

[۳] طرح سرشماری از کارگاه‌های صنعتی بالای ۱۰ نفر کارکن، مرکز آمار، سال ۱۳۹۷

[۴] توسعه پتروشیمی مبتنی بر ملاحظات آمایش سرزمین، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، تابستان ۱۴۰۰

[۵] ترازنامه هیدروکربوری وزارت نفت در سال ۱۳۹۷

[۶] سند تراز تولید و مصرف گاز طبیعی مصوب شورای عالی انرژی، سال ۱۳۹۹

[۷] گزارش‌های تدوین استاندارد معیار مصرف انرژی در فرایندهای پتروشیمی، شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، سال ۱۳۹۱

[۸] گزارش‌های بازرسی انرژی سازمان ملی استاندارد در فرآیندهای پتروشیمی، سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶

EnerTech

Professional Monthly Journal of Energy Technologies (EnerTech)

Institute For International Energy Studies

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