شماره بیست و چهارم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی
وابسته به وزارت نفت

آذرماه ۱۴۰۱

ماهنامه تخصصی

فناوری های انرژی ۲۴

EnerTech

پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

رویدادهای فناوری

۲ سخنی با مخاطب

۳ افزایش کارآیی ۱۴ برابری تولید هیدروژن سبز تحت تاثیر ارتعاشات صوتی
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۴ پهپادهای ناشناس تهدیدی رو به رشد برای صنعت نفت و انرژی
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۵ شتاب گرفتن توسعه خطوط لوله هیدروژن در اروپا
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۶ شبیه سازی های رایانه ای، مناسب بودن تزریق نیتروژن در ازدیاد برداشت نفت را تایید کردند
حوزه: نظم کنونی انرژی

۶ توافق آرامکو عربستان سعودی و شادونگ چین جهت مشارکت در بخش پایین دستی نفت چین
حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

۷ نگاهی بر وضعیت توسعه انرژی های تجدید پذیر در جهان
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

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

۱۳ کاربرد کلان داده‌ها در صنعت نفت و گاز
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۱۹ مطالعه و ارزیابی فناوری‌های جذب دی اکسید کربن از صنایع آلاینده- بخش اول
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۲۶ آینده نگاری و سناریوسازی در شرکت‌های برتر نفتی دنیا: بریتیش پترولیوم و پترو براس
حوزه: نظم کنونی انرژی

۳۰ نگاهی بر راهبرد پالایشگاه‌های مقیاس کوچک و مستقل خصوصی چین(موسوم به Teapot)
حوزه: نظم کنونی انرژی

شناسنامه :

مدیر مسئول: عقیل براتی
ناظران علمی: عرفان ریاحی
سردبیر: قاسم توتونچی
همکاران این شماره: امیرحسین هوشمند، عرفان ریاحی سامانی، سیدصادق ضرغامی، صدیقه جوادپور، زهره ملایوسفیان، پیمان نیلچی پور، قاسم توتونچی

هیات تحریریه: عقیل براتی، غلامعلی رحیمی، عباس زراء نژاد، 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؛

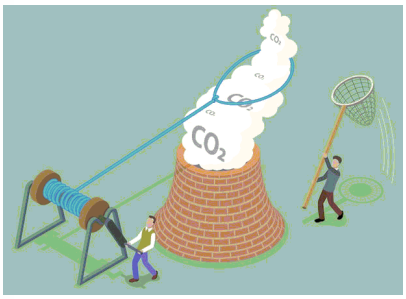
بنام خدا

با درود و عرض ادب

در این شماره از ماهنامه ی تخصصی، گزارش های تحلیلی با موضوعات "نگاهی بر وضعیت توسعه انرژی های تجدید پذیر در جهان"، "راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت های پیش روی ایران"، "کلان داده ها در صنعت نفت و گاز"، "مطالعه و ارزیابي فناوري هاي جذب دي اکسید کربن از صنایع آلاینده"، "آینده نگاری و سناریوسازی در شرکت های برتر نفتی دنیا: بریتیش پترولیوم و پترو براس"، " نگاهی بر راهبرد پالایشگاه های مقیاس کوچک و مستقل خصوصی چین موسوم به Teapot" و نیز رویدادهای فناوری اخیر تقدیم گردیده است که امید است مورد توجه واقع شود.

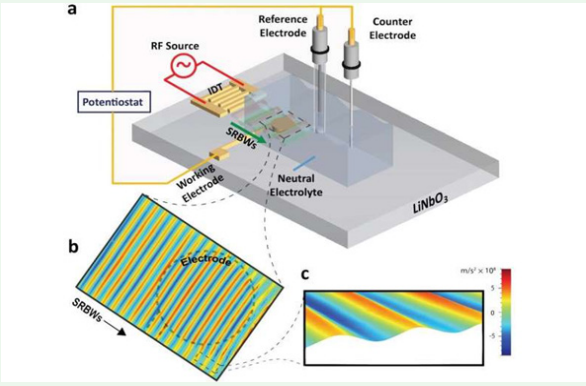
با آرزوی توفیق و سلامتی و شادکامی

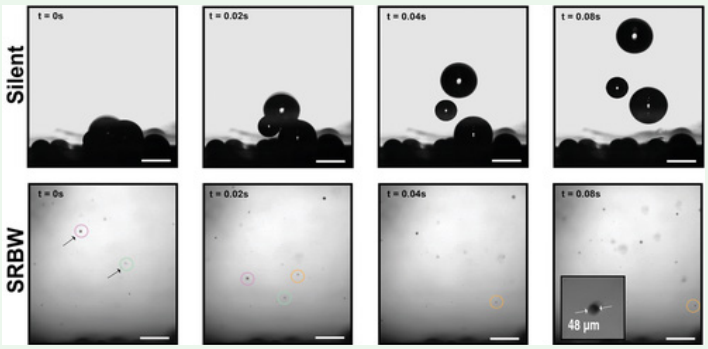
سردبیر



افزایش کارآیی ۱۴ برابری تولید هیدروژن سبز تحت تاثیر ارتعاشات صوتی

محققان استرالیایی با استفاده از ارتعاشات صوتی موفق شدند کارایی و بازدهی الکترولیز آب و تولید هیدروژن را تا ۱۴ برابر افزایش دهند. این ارتعاشات صوتی با فرکانس مشخص و نسبتاً بالا، سبب رخداد فرایندی موسوم به تقسیم و تسخیر ملکول های منفرد آب در الکترولیز می گردد. الکترولیت های خورنده و الکترودهای ساخته شده از ایریدیوم و پلاتین، همواره چالش های جدی تولید هیدروژن سبز بوده اند که به کمک این نوآوری منحصر به فرد، نیاز ضروری به این نوع الکترولیت و الکترود رفع می‌شود. این امواج صوتی با جلوگیری از تجمع حباب های اکسیژن و هیدروژن در اطراف الکترود، سبب می‌شوند بهره گیری از الکترود های بسیار ارزانتر مانند ترکیبات نقره نیز ممکن گردد.

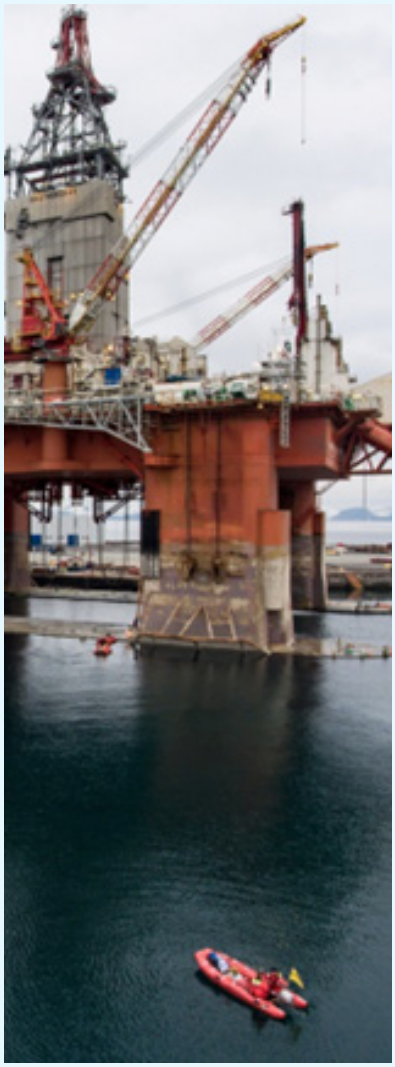




جداساختن حباب ها از روی الکترود ها سبب افزایش چگالی جریان نهایی گردیده و آستانه ی ولتاژ مورد نیازبه ۱/٤ ولت در ۱۰۰ میلی آمپر/سانتی متر مربع کاهش یابد. این نوآوری می تواند در حالت مقیاس پذیر با توجه به فرکانس سهل الوصول ۱۰ مگاهرتز سبب انقلابی در تولید هیدروژن سبز و کاهش چشمگیر هزینه های آن شود.

پهپادهای ناشناس تهدیدی روبه رشد برای و صنعت نفت و انرژی

بر صنعت انرژی جهان ماهی نمی گذرد مگر آنکه رویدادی در زمینه پهپادها (پرنده های هدایت پذیر از دور) مطرح شود. دولت نروژ بودجه ی مضاعفی را برای حفاظت از تاسیسات نفتی و گازی خود در برابر تهدیدات پهپادی تخصیص داده است. مشاهده ی مکرر پرواز پهپادهای ناشناس بر فراز تاسیسات انرژی نروژ، بر نگرانی ها افزوده است.



دولت نروژ با هماهنگی نیروهای مسلح، سطح آمادگی در برخورد با پهپادهای ناشناس را بالا برده است. ارتباط معناداری بین برخی نشتی ها در دریای شمال و عملیات خرابکارانه ی پهپادی برقرار نشده؛ اما نگرانی و گمانه زنی در حدی است که اقدامات جدی مد نظر قرار گیرد. نروژ در پی مناقشه ی روسیه و اوکراین، بزرگترین عرضه کننده ی گاز اروپا است و به تنهایی یک چهارم گاز طبیعی مورد نیاز را تامین می کند. از این رو هرگونه تحرک پرنده های ناشناس بر فراز تاسیسات خشکی یا فلات قاره ی نروژ، با دقت و حساسیت دنبال می شود.

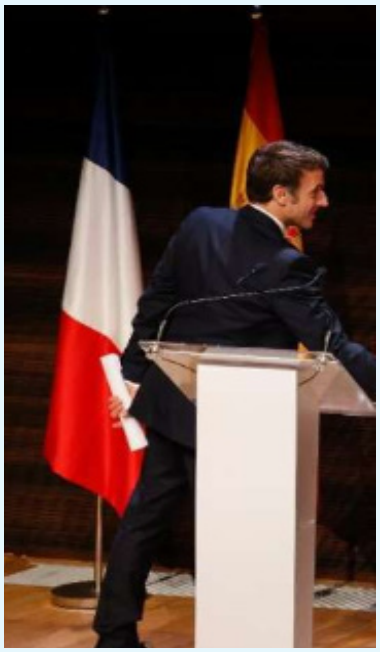
در گزارش های هشداردهنده ی نهادهای ایمنی و امنیت نروژ، سخنی از نحوه ی مقابله یا کشف این پرنده های بدون سرنشین مهاجم به میان نیامده است. اسلو فعلاً به افزایش هوشیاری اپراتورهای دریایی و در نظر گرفتن خطر برخورد پهپاد با بالگردهای حامل نفرات به فلات قاره، اکتفا کرده؛ هر چند به احتمال حمل مواد انفجاری نیز اشاره نموده است.

از سوی دیگر همین پهپادها، نقش مهم و حساسی را برای بازرسی های فنی و جمع آوری داده بر فراز تاسیسات دریایی، خصوصاً همزمان و پیش از وقوع طوفان های آتلانتیک ناشی از ناپایداری های استوایی، به عهده دارند. فعالیت این پهپادها به صورت مکمل و مشارکتی با تجهیزات بدون خدمه ی سطحی مستقر به صورت شناور یا بویه، بوده که با پرواز ادواری بر فراز آنها، تمام داده های جمع آوری شده به پهپاد مخابره می شود.

شتاب گرفتن توسعه خطوط لوله هیدروژن در اروپا

در ماه جاری میلادی، اخبار متعددی در زمینه ی تصویب یا پیشرفت خطوط لوله هیدروژن در اروپا منتشر گردید. خط لوله ی نخست با مشارکت اسپانیا، پرتغال و فرانسه با هزینه ی برآوردی ۲/۵ میلیارد یورو به صورت زیرآبی برای انتقال هیدروژن سبز از شبه جزیره ی ایبری به اروپا است. هدف گذاری این خط لوله، ضمن کاهش وابستگی گازی اروپا به روسیه، حمایت و پیاده سازی گذار به انرژی پاک کم کربن بیان شده است. این خط لوله تا ۱۰% نیاز سالانه ی اروپا به هیدروژن را از خود عبور خواهد داد . عملیات اجرایی ۴۸ ماهه این پروژه از سال ۲۰۲۵ آغاز می شود و در سال ۲۰۳۰ به بهره برداری خواهد رسید. مقرر است در صورت موافقت اتحادیه اروپا، حداکثر نیمی از هزینه ی اجرای پروژه توسط کمیسیون اروپا تقبل گردد. فرانسه با عبور هیدروژن سبز به دست آمده از الکترولیز مدیترانه ای تجدیدپذیر از این خط لوله، که بارسلونا را به مارسی متصل می کند، موافقت دارد و اجازه عبور هیدروژن با منشا برق هسته ای را نیز می دهد. گزینه اول برای این خط لوله، به طول ۴۵۵ کیلومتر و در حداکثر عمق ۲۶۰۰ متری پیشنهاد شده است. هیدروژن دریافتی از این خط لوله برای صنعت و حمل و نقل، که کربن زدایی در آن بخش ها دشوارتر به نظر می رسد، تخصیص خواهد یافت. اسپانیا و فرانسه بر این اعتقادند انتقال هیدروژن، دو تا چهار برابر ارزانتر از خط انتقال ولتاژ بالا برای برق سبز خواهد بود. همچنین این پروژه، جایگزین طرح های مشابه انتقال گاز طبیعی خواهد گردید.

از سوی دیگر، آلمان تصمیم به اجرای شبکه خط لوله هیدروژن به طول ۱۸۰۰ کیلومتر دارد. آلمان هیدروژن آبی را نیز به عنوان فاز گذار به هیدروژن سبز پذیرفته و طرح های تکمیلی برای ذخیره سازی زیرزمینی یا زیردریایی دی اکسید کربن ناشی از احتراق گاز طبیعی جهت تولید هیدروژن آبی در نظر دارد. این خط لوله قرار است تا سال ۲۰۲۷ عملیاتی شود. آلمان نیز مشابه دیگر کشورهای اروپایی، تنوع در سبد سوخت و انرژی، کاهش وابستگی به گاز روسیه و گذار به انرژی کم کربن را هدف گذاری نموده است. شایان ذکر است با توجه به نیاز مبرم آلمان به انرژی، طرح اسکله ی دریافت LNG نیز به موازات این خط لوله هیدروژنی در حال پیشرفت است.

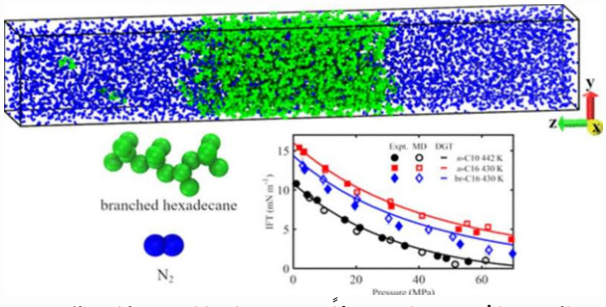


رویدادهای فناوری

نظم کنونی انرژی

شبیه سازی های رایانه ای، مناسب بودن تزریق نیتروژن در ازدیاد برداشت نفت را تایید کردند

تزریق گازهای مختلف به مخازن زیرزمینی به منظور ازدیاد برداشت، فعالیتی مرسوم وشناخته شده است و در ویرایش تزریق دی اکسید کربن، نوعی از حبس کربن و جلوگیری از انتشار، همزمان با کاربرد عملیاتی به اثبات رسیده است. اخیراً مبتنی بر شبیه سازی رایانه ای دقیق، برهمکنش گازهای تزریقی بر دیگر گازها وسیالات موجود در مخزن زیرزمینی و نیز برهمکنش دیواره و محیط مخزن و گاز تزریقی مورد مطالعه واقع شده است. در مطالعات اخیر، عربستان سعودی به عنوان پیشتاز تزریق دی اکسید کربن به منظور ازدیاد برداشت معرفی شده است، اما تاکید گردیده آنچه درون مخزن رخ می دهد، در سطح ملکولی بسیار تاثیرپذیر از نوع گاز تزریقی، دما و فشار، محیط نمکی و برهمکنش های سیال–



سیال می باشد و نباید صرفاً به نمودهای خارجی مخزن نظیر تورم و افزایش برداشت نفت و تغییر در ویسکوزیته و کشش سطحی آن بسنده نمود. این مطالعه گویای این است که گاز نیتروژن رفتار کنشی و واکنشی مناسب تری را برای ازدیاد برداشت از خود نشان داده و به راحتی از هوا قابل استحصال است.

توافق آرامکو عربستان سعودی و شادونگ چین جهت مشارکت در بخش پایین دستی نفت چین

شرکت نفت عربستان سعودی (آرامکو) و گروه انرژی شاندونگ توافق نامه ای در زمینه ی صنایع پایین دستی نفتی منعقد نمودند. این توافق متمرکز بر تامین نفت خام مورد نیاز چین و تولید نیابتی برخی محصولات پتروشیمیایی است. آرامکو از توسعه و نوسازی صنایع درشاندونگ حمایت نموده و گزینه هایی فناورانه نوین نظیر تجدیدپذیرها، جذب کربن و هیدروژن را نیز مدنظر داشته است. شایان ذکر است شاندونگ به عنوان استان محل استقرار پالایشگاه های مقیاس کوچک متعدد و خصوصی چین، همواره مورد توجه صادرکنندگان نفت مانند روسیه، ایران و آنگولا بوده است و بازار نفت خام این گروه هدف، بارها میان تولید کنندگان نفت دست به دست شده است. این توافق بی ارتباط با سفر اخیر رئیس جمهور چین به عربستان نبوده و به نظر می رسد هر دو کشور در تلاش برای تنوع در متحدان و ذینفعان حوزه ی انرژی خود هستند.

. . . گزارش تحلیلی . . .

نظم نوین آینده انرژی

نگاهی بر وضعیت توسعه انرژی های تجدید پذیر در جهان

سید صادق ضرغامی؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

لزوم اجرای هرچه سریعتر تعهدات زیست محیطی در راستای توافق پاریس با هدف جلوگیری از افزایش دمای زمین و پدید آمدن مخاطرات طبیعی، اقتصادی و اجتماعی، سبب توجه جدی تر به پارادایم انرژی سبز در جهان گردیده و بدنبال آن، کشورها به توسعه هرچه بیشتر انرژی ها و سوخت های پاک روی آورده اند. از طرف دیگر، جنگ روسیه و اوکراین در سال جاری میلادی و قطع ارسال گاز روسیه به منطقه اروپا از طریق خط لوله نورد استریم ۱ ، سبب دوچندان شدن اهمیت این منابع انرژی برای منطقه مذکور گردیده است. مطالعه و بررسی میزان رشد هریک از انرژی های تجدید پذیر در مناطق مختلف جهان، میزان جایگزینی آنها با سوخت های فسیلی، تاثیر آنها بر کاهش آلایندگی ها و میزان نیاز به گسترش آنها بمنظور نیل به اهداف پاک زیست محیطی، برای برنامه ریزی های عرضه و تقاضای انرژی و تدوین سیاست های مناسب در کشورهای مختلف امری اجتناب ناپذیر است.

برخی کشورهای نفت خیز مانند عربستان و امارات اهمیت موضوع را درک نموده و سعی دارند قبل از رسیدن به حداکثر تقاضای جهانی انرژی های فسیلی (پیک تقاضا) با برنامه ریزی مناسب، هرچه سریعتر توسعه انرژی ها وسوخت های پاک را در کشور خود آغاز نموده و سهم بیشتری از بازار آینده انرژی را از آن خود نمایند.

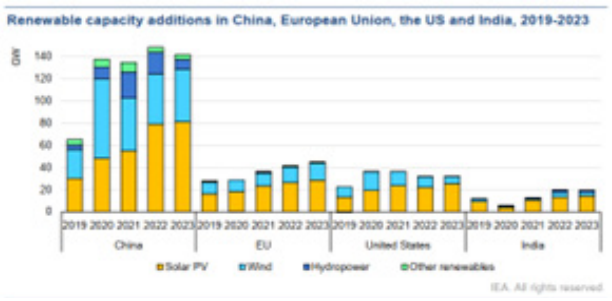
توسعه ظرفیت انرژی های تجدید پذیر در مناطق مختلف جهان

در شکل ۱ میزان متوسط افزایش سالیانه ظرفیت انرژی های تجدید پذیر در مناطق و کشورهای مختلف جهان به تصویر کشیده شده است. همانطور که مشاهده می شود بیشترین افزایش ظرفیت ها مربوط به کشور چین می باشد. اروپا، آمریکا، هند، آمریکای لاتین، خاورمیانه و آفریقا، به ترتیب در رتبه های بعدی قرار دارند.

شکل ۱ : متوسط افزایش سالانه ظرفیت انرژی های تجدید پذیر در کشورها و مناطق مختلف جهان طی سالهای ۲۰۱۶ الی ۲۰۲۳

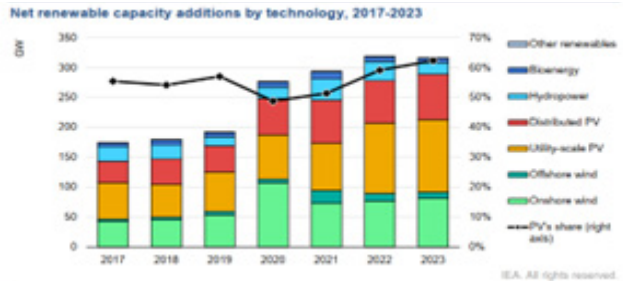
با نگاهی به میزان رشد انواع انرژی های تجدید پذیر، در می یابیم که برق خورشیدی بیشترین میزان رشد را در مناطق و کشورهای تاثیرگذار، دارا بوده است (شکل ۲). از عوامل اثرگذار در رشد این حامل انرژی، می توان به تدوین سیاست های سبز دولت ها در بخش تولید و بخش خانگی اشاره نمود.

همانطور که در شکل ۲ نمایان است، پیش بینی می شود طی سال آینده میزان رشد منابع انرژی پاک در منطقه اروپا نسبت به سایر مناطق به مقدار بیشتری ادامه یابد که یکی از دلایل آن می تواند وجود بحران انرژی در این منطقه، بدلیل جنگ روسیه و اوکراین، باشد.



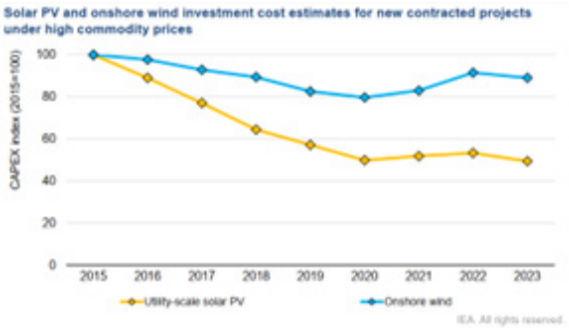
شکل ۲: میزان افزایش ظرفیت حامل های انرژی تجدید پذیر در مناطق تاثیرگذار جهان طی سالهای ۲۰۱۹ الی ۲۰۲۳

سهم برق خورشیدی خصوصا تولید مقیاس صنعتی آن، طی سالهای ۲۰۲۰ الی ۲۰۲۳ افزایش قابل توجهی نسبت به سایر منابع تجدیدپذیر خواهد داشت و پس از آن تولید انرژی باد در خشکی در جایگاه دوم قرار دارد. (شکل ۳)



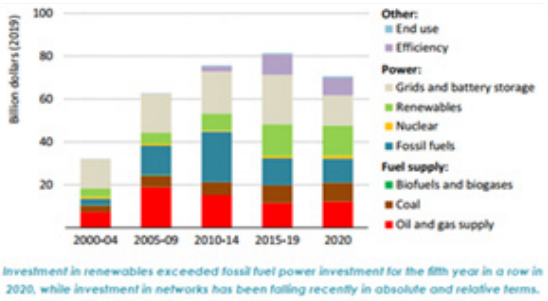
شکل۳: میزان خالص افزایش ظرفیت انرژی های تجدید پذیر در جهان به تفکیک نوع فناوری طی سالهای ۲۰۱۷ـ۲۰۲۳

یکی از عوامل مهم در رشد منابع مختلف انرژی، میزان سرمایه گذاری در آنها می باشد. سرمایه گذاری ها نیز با توجه به هزینه های اقتصادی و چشم انداز تقاضا صورت می پذیرد. با مقایسه سرمایه گذاری بین دو بخش مهم انرژی های تجدیدپذیر خورشیدی با مقیاس صنعتی و بادی در خشکی طبق شکل ۳، ملاحظه می شود هزینه های سرمایه ای برای برق خورشیدی به مقدار قابل توجهی بیش از انرژی بادی رو به کاهش می باشد که این مساله سبب رشد بیشتر آنها نسبت به سایر انرژی های تجدید پذیر گردیده است. (شکل ۴)



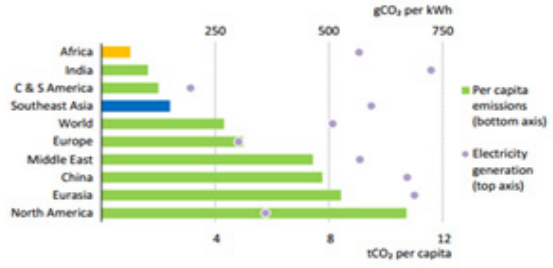
شکل ۴:شاخص هزینه‌سرمایه‌گذاری برق‌خورشیدی با مقیاس صنعتی و انرژی بادی در خشکی طی سالهای ۲۰۱۵ الی ۲۰۲۳

در شکل ۵ روند سرمایه گذاری ها در منابع مختلف انرژی نمایش داده شده است. روند سرمایه گذاری ها در توسعه انرژی های تجدید پذیر و افزایش بهره وری انرژی ، از سال ۲۰۱۴ به بعد رشد قابل توجهی داشته و در بخش نفت و گاز از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۲۰ به تدریج کاهش یافته است.



شکل ۵:روند سرمایه‌گذاری در منابع مختلف انرژی طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰

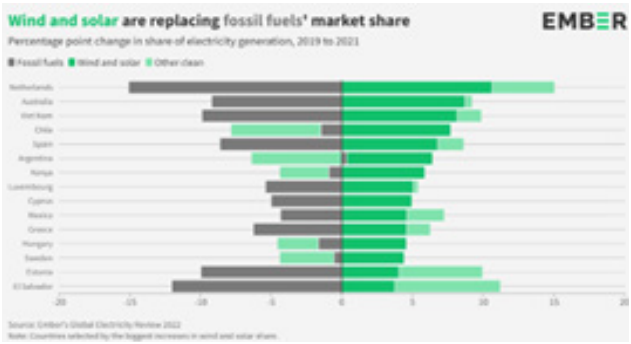
چنانچه بخواهیم مقایسه ای بین دو شاخص میزان سرانه کربن و میزان شدت انتشار کربن در کشورها و مناطق مختلف جهان داشته باشیم، ملاحظه می کنیم که در مناطقی که سهم انرژی های فسیلی آلاینده در آنها زیاد است، میزان شدت انتشار کربن نیز بالاست ولی میزان سرانه انتشار کربن بستگی به میزان جمعیت و سهم برق در سبد تقاضای انرژی آن کشور دارد. مثلا در کشور هند سرانه انتشار کربن از همه مناطق پایین تر است اما میزان شدت انتشار کربن آن در بخش برق از همه مناطق و کشورها بالاتر است، ولی در منطقه آمریکای شمالی، سرانه انتشار کربن از همه کشورها بالاتر ولی شدت انتشار آن در بخش برق از بسیاری از مناطق پایین تر است که نشان می دهد انرژی های تجدیدپذیر سهم قابل توجهی در سبد عرضه برق آمریکای شمالی دارد ولی در سبد مصرف انرژی این منطقه انرژی



شکل ۶ :سرانه انتشار دی اکسید کربن ناشی از تولید برق به تفکیک کشورها و مناطق مختلف در سال ۲۰۲۰

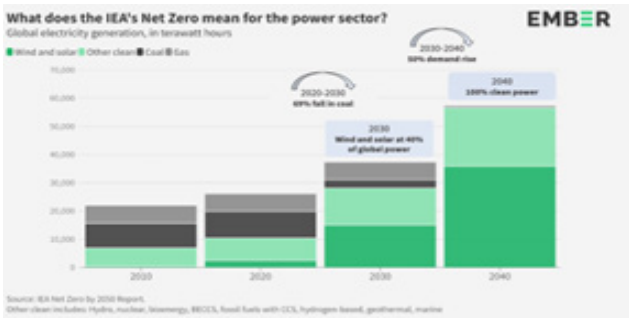
های فسیلی سهم عمده ای دارند و بهمین دلیل سرانه انتشار آن بالاست. (شکل ۶)

سهم بازار انرژی های تجدید پذیر در حال جایگزینی با سهم انرژی های فسیلی در بسیاری از کشورها می باشد. در انرژی های تجدید پذیر، سهم عمده مربوط به انرژی های خورشیدی و بادی می باشد. (شکل ۷)

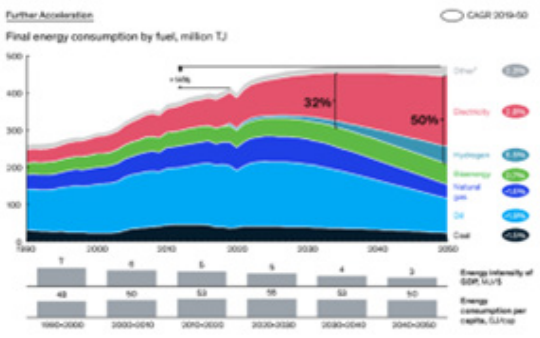


شکل ۷ : نمایش سهم بازار انرژی های تجدید پذیر بادی و خورشیدی در مقایسه با سهم انرژی های فسیلی طی سالهای ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱

طبق تخمین آژانس بین المللی انرژی، جهت نیل به اهداف انتشار صفر خالص کربن، می بایستی سهم انرژی های تجدید پذیر در سبد عرضه برق جهانی تا سال ۲۰۳۰ به ۴۰% و تا سال ۲۰۴۰ به ۱۰۰% افزایش یابد. در بین انواع انرژی های تجدید پذیر نیز سهم عمده به ترتیب متعلق به انرژی های خورشیدی و بادی خواهد بود. (شکل ۸)



شکل ۸ : تخمین IEA برای سهم انرژی های تجدید پذیر در سبد برق جهانی بمنظور نیل به انتشار صفر خالص کربن



شکل ۹ : مصرف انرژی نهایی جهانی به تفکیک سوخت طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۵۰

Source: McKinsey Energy Insights Global Energy Perspective 2022

با توجه باینکه انرژی های تجدید پذیر عمدتا در تولید برق و تولید هیدروژن سبز کاربرد دارند و توسعه آنها بمنزله توسعه بخش برق و سوخت پاک می باشد، پیش بینی می شود عرضه برق و هیدروژن تا

سال ۲۰۳۰ ، سهم ۳۲% و تا سال ۲۰۵۰ سهم ۵۰% از سبد مصرف نهایی انرژی جهانی را از آن خود نمایند. (شکل ۹)

بحث و نتیجه گیری

مناطق مختلف جهان به اهمیت توسعه انرژی های تجدیدپذیر پی برده اند و سهم این منابع در سبد انرژی کشورها خصوصا در بخش برق، در حال افزایش بوده و در حال جایگزینی با سوخت های فسیلی می باشند. در همین راستا، میزان سرمایه گذاری ها جهت توسعه انرژی های فسیلی کاهش یافته و بجای آن بر روی توسعه منابع انرژی پاک خصوصا انرژی های خورشیدی و بادی، در حال افزایش است. بحران انرژی کنونی در منطقه اروپا سبب شده تا بیش از پیش به انرژی های تجدید پذیر در این منطقه توجه شود. در حال حاضر کشور چین بالاترین ظرفیت های تولید این منابع را در اختیار دارد. رشد تجدید پذیرها باعث شده تا تقاضای برق در سبد عرضه جهانی انرژی رشد قابل توجهی نماید و بالتبع آن، سهم سوخت های پاک مانند هیدروژن سبز نیز افزایش یابد.

بنظر می رسد کشورهای نفت خیز باید بطور جدی و دقیق تحولات در بخش انرژی جهانی را رصد نموده و جهت مشارکت حداکثری در بازارهای آینده انرژی، برنامه ریزی های متناسب را تدوین نمایند. با توجه به اینکه سهم منابع انرژی پاک در سبد انرژی این کشورها رو به افزایش می باشد، شرکت های ملی و بین المللی معظم نفتی باید به سمت تبدیل شدن به شرکت های انرژی جهت برنامه ریزی، سیاست گذاری و عملیات منسجم و یکپارچه گام بردارند.

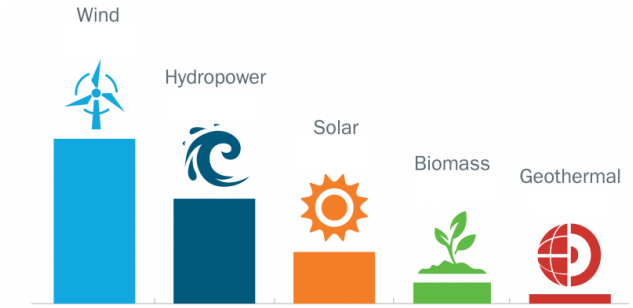
منابع:

Renewable energy market update, IEA, 2021

Global electricity review, EMBER, 2022

World energy transitions outlook, IRENA, 2022

Global energy perspective, McKinsey & Company, 2022



. . . گزارش تحلیلی . . .

نظم نوین آینده انرژی

راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت‌های پیش روی ایران

. . . بخش سوم . . .

. . .(راهبردهای هیدروژن اتحادیه اروپا). . .

پیمان نیلچی پور؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

مقدمه

دلایل بسیاری در پاسخ به این سؤال وجود دارد که چرا هیدروژن برای دست‌یابی به اهداف معاهده‌ی سبز اروپا و گذار انرژی پاک در اروپا از اهمیت و اولویت بالایی برخوردار است. انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰، توسعه‌ی برق تجدیدپذیر موجب کربن‌زدایی از بخش عظیمی از مصرف انرژی اروپا شود؛ اما نه همه‌ی آن. هیدروژن از ظرفیت قدرتمندی برای رفع این چالش برخوردار است و می‌تواند در کنار باتری‌ها به‌عنوان یک حامل برای ذخیره‌سازی انرژی تجدیدپذیر و استفاده در بخش حمل‌ونقل ایفای نقش نماید و تغییرات فصلی در تأمین انرژی را پشتیبانی و مناطق تولید را به مراکز دوردست تقاضا متصل کند. در دورنمای راهبردی کربن خنثی که توسط اتحادیه‌ی اروپا در نوامبر ۲۰۱۸ منتشرشده است، پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰، سهم هیدروژن در ترکیب انرژی اروپا از کم‌تر از ۲ درصد به ۱۳ تا ۱۴ درصد افزایش یابد.

اروپا در ساخت فناوری‌های هیدروژن پاک بسیار رقابت‌پذیر است و از موقعیت خوبی برای بهره‌برداری از توسعه‌ی جهانی آن به‌عنوان یک حامل انرژی برخوردار است. تا سال ۲۰۵۰ سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی در حدود ۱۸۰ تا ۴۷۰ میلیارد یورو در زمینه‌ی فناوری های هیدروژن پاک در اروپا صورت خواهد گرفت و بین ۳ تا ۱۸ میلیارد یورو نیز برای هیدروژن کم‌کربن حاصل از سوخت‌های فسیلی سرمایه‌گذاری خواهد شد. همراه با پیشتازی اتحادیه‌ی اروپا در حوزه‌ی فناوری‌های تجدیدپذیر، ایجاد یک زنجیره‌ی ارزش هیدروژن در بخش‌های متعدد صنعتی و کاربردهای نهایی دیگر، برای حدود یک‌میلیون نفر به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم اشتغال ایجاد خواهد کرد. تحلیل گران برآورد می‌کنند که هیدروژن پاک می‌تواند تا سال ۲۰۵۰ حدود ۲۴ درصد از تقاضای انرژی جهان را پاسخ دهد و سالانه بالغ‌بر ۶۳۰ میلیارد دلار فروش داشته باشد.

بااین‌حال، هیدروژن تجدیدپذیر و کم‌کربن در حال حاضر در مقایسه با هیدروژن فسیلی هنوز مقرون‌به‌صرفه نیست. برای بهره‌برداری از تمام فرصت‌های حوزه‌ی هیدروژن، اتحادیه اروپا باید از یک رویکرد راهبردی برخوردار باشد. حوزه‌ی صنعت اتحادیه‌ی اروپا برای این منظور شروع به اقدام کرده و برنامه‌ی بلندپروازانه‌ای را برای دستیابی به دو ظرفیت تولید الکترولیزی ۴۰ گیگاواتی تا سال ۲۰۳۰ تدوین کرده است (یک ظرفیت در داخل اتحادیه‌ی اروپا و ظرفیت دیگر در مناطق همسایه برای صادرات به اتحادیه اروپا). تقریباً تمام کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا برنامه‌هایی برای هیدروژن پاک در برنامه‌های ملی انرژی و آب‌وهوای خود گنجانده‌اند، ۲۶ کشور «طرح اقدامی هیدروژن[1] » را امضا کرده‌اند و ۱۴ عضو، هیدروژن را در متن چهارچوب‌های سیاست ملی خود جهت ایجاد زیرساخت بهره‌برداری از سوخت‌های جایگزین قرار داده‌اند. برخی از کشورها تاکنون راهبردهای ملی هیدروژن خود را به کار بسته‌اند یا در فرایند آمادگی برای به‌کارگیری آن به سر می‌برند.

بااین‌وجود، استفاده از هیدروژن در اروپا با چالش‌هایی روبه‌رو است که نه بخش خصوصی و نه اعضای اتحادیه اروپا به‌تنهایی نمی‌توانند به آن‌ها بپردازند. پیش برد توسعه‌ی هیدروژن از نقطه‌ی عطف آن مستلزم سرمایه‌گذاری انبوه، چهارچوب قانونی توانمند ساز، بازارهای پیشتاز جدید، تحقیقات مداوم و نوآوری در فناوری‌های پیشرو است و برای ورود راه‌حل‌های جدید به این بازار، یک شبکه‌ی زیرساختی عظیم لازم است که اتحادیه‌ی اروپا با همکاری شرکای ثالث خود می‌توانند آن را مهیا سازند.

تمام بازیگران این حوزه، اعم از عمومی و خصوصی، در سطح ملی و منطقه‌ای اروپا، باید در سراسر زنجیره‌ی ارزش با یکدیگر همکاری کنند تا یک اکوسیستم پویای هیدروژنی را در اروپا ایجاد کنند.

بیانیه راهبردی هیدروژن کمیسیون اروپا برای دست‌یابی به اهداف بلندپروازانه‌ی معاهده‌ی سبز اروپا و بر پایه‌ی «راهبرد صنعتی» جدید کمیسیون اروپا و «برنامه‌ی بازیابی اقتصادی» آن ارائه شده است و در آن راهبردهای استفاده از فناوری هیدروژن به‌عنوان یک راه‌حل عملی برای کربن‌زدایی از بخش‌های مختلف در طول زمان تبیین گردیده است، ازجمله نصب حداقل ۶ گیگاوات ظرفیت تولید هیدروژن تجدیدپذیر الکترولیزی در اتحادیه‌ی اروپا تا سال ۲۰۲۴ و ۴۰ گیگاوات تا سال ۲۰۳۰. این بیانیه همچنین چالش‌های این مسیر را مشخص می‌کند، اهرم‌هایی را که اتحادیه‌ی اروپا می‌تواند به کار ببندد را معرفی می‌کند و نقشه‌ی راه اقدامات سال‌های پیش رو را بیان می‌دارد.

راهبردها و نقشه‌ی راه هیدروژن تا سال ۲۰۵۰

اولویت اتحادیه‌ی اروپا توسعه‌ی هیدروژن تجدیدپذیر است، که عمدتاً با استفاده از انرژی بادی و خورشیدی تولید می‌شود. هیدروژن تجدیدپذیر بیشترین تطابق‌پذیری را با اهداف کربن خنثی و انتشار صفر اتحادیه‌ی اروپا در بلندمدت دارد و هم‌سازترین انتخاب با سیستم یکپارچه‌ی انرژی است. توسعه‌ی هیدروژن تجدیدپذیر به قدرت صنعتی اروپا در تولید الکترولایزر متکی است و می‌تواند موجب ایجاد اشتغال و رشد اقتصادی در اتحادیه‌ی اروپا گردد و پشتوانه‌ای برای یک سیستم انرژی یکپارچه و مقرون‌به‌صرفه باشد. در مسیر دستیابی به اهداف سال ۲۰۵۰، با بلوغ فناوری های هیدروژن و کاهش هزینه‌های تولید آن، هیدروژن تجدیدپذیر باید به‌طور فزاینده و در مقیاس وسیع همراه با گسترش تولید برق تجدیدپذیر مورد بهره‌برداری قرار گیرد. این فرایند از هم‌اکنون باید آغاز شود.

بااین‌حال، در کوتاه و میان‌مدت، به اشکال دیگر هیدروژن کم‌کربن نیاز است؛ در درجه‌ی اول برای کاهش سریع انتشارات از فرایند جاری

1. Hydrogen Initiative

تولید هیدروژن و همچنین برای حمایت از بهره‌برداری از هیدروژن تجدیدپذیر در آینده.

اکوسیستم هیدروژن در اروپا احتمالاً با یك فرایند تدریجی توسعه می‌یابد و سرعت آن در بخش‌ها و احتمالاً مناطق مختلف متفاوت خواهد بود؛ بنابراین مستلزم راه‌حل‌های سیاستی گوناگونی است.

در مرحله‌ی اول، از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴، هدف راهبردی، نصب حداقل ۶ گیگاوات الکترولایزر هیدروژن تجدیدپذیر در اتحادیه‌ی اروپا و تولید نزدیك به ۱ میلیون تن هیدروژن تجدیدپذیر خواهد بود. منظور از این هدف‌گذاری، کربن‌زدایی از فرایند جاری تولید هیدروژن، برای مثال، از بخش شیمیایی و تسهیل اقدام به مصرف هیدروژن در کاربردهای مصارف نهایی جدید، ازجمله در فرایندهای صنعتی دیگر و احتمالاً در حمل‌ونقل سنگین است.

در این مرحله، تولید الکترولایزرها، ازجمله الکترولایزرهای بزرگ (تا ۱۰۰ مگاوات)، باید افزایش یابد. این الکترولایزرها را می‌توان نزدیك به مراکز تقاضای موجود در پالایشگاه‌ها، کارخانه‌های فولاد و مجتمع‌های شیمیایی بزرگ‌تر نصب کرد. برق آن‌ها به شکل ایدئال، مستقیماً از منابع برق تجدیدپذیر محلی تأمین خواهد شد. علاوه بر این، جایگاه‌های سوخت هیدروژن باید برای استفاده‌ی اتوبوس‌های مجهز به پیل‌های سوختی هیدروژنی و در مرحله‌ی بعدی، برای کامیون‌ها نصب شوند. بنابراین، برای تأمین سوخت جایگاه‌های سوخت رو به افزایش، باید اقدام به نصب الکترولایزرهای محلی بیشتر نمود. اشکال مختلف هیدروژن برقی کم‌کربن، مخصوصاً آن‌هایی که با انتشار نزدیك به صفر گازهای گلخانه‌ای تولید می‌شوند، منجر به افزایش تولید و گسترش بازار هیدروژن خواهند شد. بعضی از کارخانه‌های تولید هیدروژن موجود باید برای کربن‌زدایی به فناوری‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن مجهز شوند.

زیرساخت‌های موردنیاز برای حمل‌ونقل هیدروژن همچنان محدود خواهند ماند، زیرا تأمین تقاضای هیدروژن ابتدا از طریق تولید در نزدیکی یا در محل مصرف صورت خواهد پذیرفت و در بعضی از مناطق برای این منظور از روش مخلوط سازی هیدروژن با گاز طبیعی استفاده خواهد شد؛ اما نهایتاً باید برنامه‌ریزی برای ایجاد زیرساخت‌های بنیادی نقل‌وانتقال هیدروژن آغاز شود. زیرساخت‌های جذب و استفاده از دی‌اکسید کربن برای تجهیز اشکال خاصی از تولید هیدروژن کم‌کربن نیز موردنیاز خواهد بود.

تمرکز سیاستی اروپا بر تعیین چهارچوب قانونی برای ایجاد بازار روان و کارآمد هیدروژن و تشویق عرضه و تقاضا در بازارهای پیشرو خواهد بود، ازجمله با رفع شکاف میان راه‌حل‌های مرسوم قدیمی و فناوری‌های جدید تجدیدپذیر و کم‌کربن و همچنین با تعیین قوانین و مقررات حمایتی مناسب از سوی دولت‌ها. ایجاد شرایط چهارچوب بندی شده، موجب پیشبرد طرح‌های قدرتمند برای راه‌اندازی نیروگاه‌های بزرگ بادی و خورشیدی مختص تولید هیدروژن تجدیدپذیر در مقیاس گیگاوات، تا قبل از سال ۲۰۳۰ خواهد شد.

«ائتلاف هیدروژن پاك اروپا» موجب زنجیره‌ی بزرگی از سرمایه‌گذاری‌ها خواهد شد. تأمین مالی برای مهیا ساختن ابزارهای اجرایی طرح «نسل آتی اتحادیه‌ی اروپا[2] » ازجمله «پنجره‌ی سرمایه‌گذاری راهبردی اروپا[3] » در «برنامه‌ی InvestEU» و «صندوق نوآوری ETS» موجب افزایش حمایت‌های مالی شده و شکاف ایجادشده به‌واسطه‌ی بحران کرونا در سرمایه‌گذاری برای توسعه‌ی تجدیدپذیرها را رفع خواهد کرد.

در مرحله دوم، از سال ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰، فناوری هیدروژن باید به بخش اصلی یك سیستم یکپارچه‌ی انرژی تبدیل شود که اهداف راهبردی ذیل را دنبال می‌کند: نصب حداقل ۴۰ گیگاوات الکترولایزر هیدروژن تجدیدپذیر تا سال ۲۰۳۰ و تولید نزدیك به ۱۰ میلیون تن هیدروژن تجدیدپذیر در داخل اتحادیه‌ی اروپا.

انتظار می‌رود در این مرحله تولید هیدروژن تجدیدپذیر با استفاده از دیگر روش‌های تولید هیدروژن، به‌تدریج مقرون‌به‌صرفه گردد اما در سمت تقاضا، ورود تدریجی به کاربردهای جدید صنعتی، ازجمله در بخش‌های تولید فولاد، حمل‌ونقل کامیونی، ریلی و دریایی و دیگر اشکال حمل‌ونقل، مستلزم سیاست‌های اختصاصی است. هیدروژن تجدیدپذیر، با تبدیل برق به هیدروژن در هنگام فراوانی و ارزانی برق تجدیدپذیر و ایجاد انعطاف‌پذیری، توازن لازم در سیستم برق تجدیدپذیر را برقرار می‌کند. هیدروژن را همچنین می‌توان به‌عنوان ذخیره‌ی پشتیبان به‌صورت روزانه و فصلی ذخیره‌سازی نمود و امکان دسترسی مراکز تقاضا را با ایجاد زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی مهیا کرد و از این طریق امنیت عرضه را در میان‌مدت تأمین کرد.

علاوه بر این، با توجه به افزایش اهداف بلندپروازانه‌ی آب و هوایی اروپا تا سال ۲۰۳۰ برای کاهش بیشتر انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های دیگر، باید بازسازی و تجهیز کارخانه‌های تولید هیدروژن فسیلی موجود به فناوری های جذب کربن ادامه و افزایش یابد.

خوشه‌های تولید هیدروژن محلی، شامل جزایر و نواحی دورافتاده یا اکوسیستم‌های محلی هیدروژن که اصطلاحاً به آن‌ها «دره ی هیدروژن[4] »گفته می‌شود توسعه خواهند یافت. این توسعه با تکیه بر تولید محلی هیدروژن و حمل‌ونقل آن در فواصل کوتاه و بر اساس سیاست تولید غیرمتمرکز انرژی تجدیدپذیر برای تأمین تقاضای محلی صورت خواهد گرفت. در چنین حالت‌هایی، باید زیرساخت‌های اختصاصی هیدروژن نه‌تنها برای کاربردهای صنعتی و حمل‌ونقل و ایجاد توازن در تأمین برق، بلکه برای تأمین گرما جهت ساختمان‌های مسکونی و تجاری ایجاد شوند.

در این مرحله، نیاز به ایجاد زیرساخت‌های پشتیبانی در سراسر اتحادیه‌ی اروپا پدید خواهد آمد و قدم‌ها برای حمل‌ونقل هیدروژن از نواحی برخوردار از ظرفیت‌های تجدیدپذیر به مراکز تقاضا در دیگر کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا برداشته خواهد شد. برای پشتیبانی از شبکه‌ی توزیع اروپا باید برنامه‌ریزی کرد و شبکه‌ای از جایگاه‌های سوخت هیدروژن ایجاد نمود. شبکه توزیع گاز موجود را می‌توان برای فواصل دورتر تا حدودی تغییر کاربری داد، همچنین لازم است تأسیسات ذخیره‌سازی هیدروژن در مقیاس بزرگ ایجاد شوند. تجارت بین‌المللی هیدروژن نیز باید راه‌اندازی و توسعه یابد،

2.Next Generation EU
3.Strategic European Investment Window
4.Hydrogen valley

به‌ویژه با کشورهای همسایه‌ی اتحادیه‌ی اروپا در اروپای شرقی و در کشورهای جنوب و شرق مدیترانه.

ازنظر تمرکز سیاستی، چنین رشد پایداری در مدتی نسبتاً کوتاه، مستلزم افزایش و تسریع حمایت از سوی اتحادیه‌ی اروپا و تشویق سرمایه‌گذاری‌ها برای ایجاد اکوسیستم کاملاً رشدیافته‌ی هیدروژن است. تا سال ۲۰۳۰، اتحادیه‌ی اروپا برای ایجاد و تکمیل بازار رقابت‌پذیر هیدروژن هدف‌گذاری خواهد کرد و این کار را از طریق تجارت آزاد بین مرزی و عرضه‌ی بهینه‌ی هیدروژن در بخش‌های مختلف انجام خواهد داد.

در مرحله‌ی سوم، از سال ۲۰۳۰ به بعد تا سال ۲۰۵۰، فناوری‌های هیدروژن تجدیدپذیر باید به بلوغ برسند و در مقیاس وسیع مورد بهره‌برداری قرار گیرند تا بخش‌هایی که کربن‌زدایی در آن‌ها دشوار است نیز از این فناوری‌ها بهره‌مند شوند. در این بخش‌ها شیوه‌های دیگر کربن‌زدایی عمدتاً امکان‌پذیر نیستند یا هزینه‌های بالاتری در بر دارند.

در این مرحله، تولید برق تجدیدپذیر باید به‌شدت افزایش یابد، زیرا تا سال ۲۰۵۰ حدود یک‌چهارم از برق تجدیدپذیر برای تولید هیدروژن مصرف می‌شود.

هیدروژن و سوخت‌های ترکیبی هیدروژنی به‌طور خاصی بیش‌ازپیش در بخش‌های مختلف اقتصاد رخنه خواهند کرد؛ از هوانوردی و کشتیرانی تا صنایعی که کربن‌زدایی در آن‌ها دشوار است و همچنین ساختمان‌های تجاری.

گازهای زیستی پایدار نیز برای تحقق هدف انتشار منفی گازهای گلخانه‌ای، از طریق جایگزینی به‌جای گاز طبیعی در تأسیسات تولید هیدروژن، همراه با فناوری جذب و ذخیره‌سازی کربن، ایفای نقش خواهند کرد. این راه‌حل در صورتی مؤثر خواهد بود که در این فرایند از انتشار متان نیز جلوگیری به عمل آید.

محورهای راهبردهای هیدروژن اتحادیه‌ی اروپا و فرصت‌های پیش روی ایران

◄ راهبردهای سرمایه‌گذاری: با توجه به تعدد و تنوع مکانیسم‌های سرمایه‌گذاری در پروژه‌های توسعه‌ی فناوری هیدروژن در اتحادیه‌ی اروپا تحت برنامه‌های راهبردی مختلف، مطالعه‌ی این برنامه‌ها و مکانیسم‌های سرمایه‌گذاری در آن‌ها به یادگیری شیوه‌های جذب سرمایه در این حوزه می‌انجامد. مشارکت شرکت‌های دولتی و خصوصی ایرانی در سرمایه‌گذاری‌های مذکور نیز علاوه بر درآمدزایی، امکان کسب تجربیات عملی را مهیا می‌سازد.

◄ افزایش تقاضا، ایجاد ظرفیت‌های تولید و زیرساخت‌های صادراتی: اتحادیه اروپا برای راه‌اندازی بازار هیدروژن از راهبردهای مختلف افزایش تقاضا استفاده خواهد کرد. با شکل‌گیری بازارهای جدید اروپایی، در صورت ایجاد ظرفیت‌های تولید باکیفیت و مقرون‌به‌صرفه در ایران و ایجاد زیرساخت‌های حمل‌ونقل و صادرات، با توجه به موقعیت راهبردی ایران، چه ازلحاظ جغرافیایی و چه ازنظر منابع فراوان تولید، بهترین فرصت برای کسب جایگاه در این بازارها و کسب درآمد پایدار در مسیر گذار جهانی انرژی نصیب کشور خواهد شد.

◄ ایجاد ظرفیت‌های تولید و زیرساخت‌های صادرات هیدروژن، مستلزم تجهیز به فناوری‌های روز دنیا است. اروپا پیشاهنگ توسعه‌ی فناوری‌های تولید و مصرف هیدروژن و زیرساخت‌های ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل آن است. سرمایه‌گذاری در پروژه‌های هیدروژنی اتحادیه اروپا و مشارکت در برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ی کشورهای پیشرو و صاحب فناوری اروپایی، زمینه‌ساز انتقال فناوری و راه‌اندازی پروژه‌های تولید و عرضه‌ی هیدروژن در کشور خواهد بود.

◄ قانون‌گذاری و نظارت: سوابق و قابلیت‌های اتحادیه اروپا در زمینه‌ی قانون‌گذاری و اعمال مکانیسم‌های نظارتی در حمایت از اجرا و پیشبرد پروژه‌های کلان بین‌المللی همواره موجب تضمین امنیت سرمایه‌گذاری در آن‌ها بوده است. مطالعه‌ی مکانیسم‌های مذکور و مشارکت در پروژه‌های تولید و عرضه‌ی هیدروژن و حضور در بازارهای این منطقه، زمینه‌ساز یادگیری و کسب تجربه در تدوین چهارچوب‌های کارآمد قانونی و حمایت از فعالان داخلی این حوزه خواهد بود.

◄ تحقیق و توسعه و نوآوری: سرمایه‌گذاری‌های عظیم اتحادیه‌ی اروپا در حوزه‌ی تحقیق و توسعه‌ی فناوری‌های مختلف هیدروژن در زمینه‌های مختلف تولید، ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل، توزیع و اجزای فناوری‌های مذکور فرصت‌های متعددی را برای مشارکت مراکز تحقیق و توسعه و نوآوری ایجاد کرده است. ظرفیت‌های علمی محققان ایرانی همواره مورد استقبال و تقاضای مراکز تحقیقاتی بین‌المللی ازجمله مراکز اروپایی بوده است. مشارکت و سرمایه‌گذاری در پروژه‌های تحقیق و توسعه‌ی فناوری‌های هیدروژنی با همکاری مؤسسات اروپایی، زمینه‌ساز حضور محققان ایرانی در پروژه‌های تحقیق و توسعه‌ی اروپایی و ایجاد امکان انتقال فناوری‌های روز دنیا به کشور خواهد بود.

◄ مشارکت بین‌المللی: یکی از مورد تأکیدترین راهبردهای توسعه‌ی فناوری‌های هیدروژن در اتحادیه‌ی اروپا، زمینه‌سازی مشارکت‌های بین‌المللی در پروژه‌های مربوط به این حوزه است. ایران برای ایفای نقش برجسته در روند گذار انرژی و استفاده از فرصت‌های موجود باید پذیرای مشارکت‌های بین‌المللی به‌ویژه با قطب‌های صاحب فناوری و دارای بازارهای پایدار و برخوردار از امنیت سرمایه‌گذاری، باشد. اتحادیه‌ی اروپا همواره بازاری جذاب برای سرمایه‌گذاری و مشارکت سودآور چه به‌عنوان بازار مصرف انرژی و چه به‌عنوان عرضه‌کننده‌ی فناوری‌های این حوزه بوده است. ایران می‌تواند از فرصت‌های موجود در برنامه‌های اتحادیه‌ی اروپا جهت ایجاد زمینه‌ی مشارکت‌های بین‌المللی، برای همکاری با کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا استفاده کند.

منبع :

استراتژی هیدروژن اروپا برای دست‌یابی به اهداف کربن خنثی آب و هوایی
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

نظم دوره گذار انرژی

گزارش تحلیلی

کاربرد کلان داده‌ها در صنعت نفت و گاز

صدیقه جوادپور؛ پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

کلان داده چیست؟

کلان داده، بزرگ‌داده یا داده‌های بزرگ، داده‌هایی هستند دارای تنوع زیاد، با حجم بالا که با سرعت زیادی تولید می‌شوند. این سه خصوصیت کلان داده‌ها V۳ [1] نامیده می‌شود.

به زبان ساده، کلان داده مجموعه‌ای از داده‌های بزرگ و پیچیده است، که بویژه از منابع داده‌ای نوظهور بدست می‌آیند. این مجموعه داده‌ها آنقدر حجیم هستند که نرم افزارهای سنتی پردازش داده نمی‌توانند آنها را مدیریت و تحلیل کنند. این درحالی است که این حجم عظیم از داده‌ها حاوی اطلاعات بسیار ارزشمندی هستند که می‌توانند برای رفع مشکلاتی که قبلاً امکان مقابله با آنها وجود نداشت، مورد استفاده قرار گیرند.

سه ویژگی مهم کلان داده‌ها

حجم

حجم داده در علوم مرتبط با تحلیل داده‌ها مهم است. در مواجهه با کلان داده‌ها، باید حجم بالایی از داده‌های کم تراکم و بدون ساختار پردازش شوند. داده‌هایی که ارزش آنها ناشناخته است، داده‌هایی مانند خوراک داده‌ای توییتر، جریان‌های کلیک در یک صفحه وب یا یک برنامه تلفن همراه، یا داده‌های حسگر یک دستگاه. در برخی سازمان‌ها ممکن است حجم این داده‌ها به ده‌ها ترابایت و برای برخی دیگر ممکن است به صدها پتابایت برسد.

سرعت

این ویژگی نشان دهنده سرعت دریافت یا عمل بر روی داده‌ها است. به طور معمول، بالاترین سرعت جریان داده‌ای را در ارسال مستقیم داده به حافظه در مقایسه با انتقال آن بر روی دیسک، می‌توان مثال زد. در مورد برخی از تجهیزات هوشمند که به ارزیابی و اقدام در زمان واقعی نیاز دارند و مجهز به اینترنت هستند، انتقال داده در زمان واقعی یا نزدیک به زمان واقعیِ تولید داده صورت می‌گیرد، برای نمونه می‌توان تجهیزات تعمیرات نگهداری پیش‌بین در مسیر عملیات نفت و گاز را مثال زد.

تنوع

این خصوصیت به گوناگونی و تنوع داده‌های در دسترس اشاره دارد. داده‌های سنتی ساختار یافته بودند و می‌توانستند در ارتباط با یک پایگاه داده به خوبی جای بگیرند. با ظهور کلان داده‌ها، داده‌های جدید در تنوع داده‌ای بدون ساختار تولید می‌شوند. انواع داده‌های بدون ساختار و نیمه‌ساختاریافته مانند متن، صدا، تصویر و فیلم، برای استخراج معنی و پشتیبانی نیازمند پیش پردازشی مازاد بر فراداده [2] هستند.

ویژگیهـای ارزش، حقیقت و پیچیدگی کلان داده‌ها

سه ویژگی دیگر کلان داده‌ها که در چند سال گذشته نمود پیدا کرده‌اند، ارزش، حقیقت و پیچیدگی هستند. داده‌ها دارای ارزشی ذاتی هستند که تا زمانی که کشف نشود، فایده‌ای ندارند.

امروزه کلان‌داده به یک سرمایه بی‌بدیل تبدیل شده است. با نگاهی به برخی از بزرگترین شرکت های فناوری جهان می‌توان دید که بخش بزرگی از ارزشی که ارائه می‌دهند از داده‌هایشان ناشی می‌شود، داده‌هایی که برای تولید کارایی بیشتر و توسعه محصولات جدید دائماً مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

یافتن ارزش در کلان داده تنها در تجزیه و تحلیل آنها نیست (که یک مزیت کاملاً متفاوت است)، بلکه ارزش نهفته در کلان داده‌ها در فرآیند اکتشافیِ کاملی است که به تحلیلگران، کاربران تجاری و مدیرانی بصیر که سؤالات درستی بپرسند، الگوها را تشخیص دهند، و مفروضاتی آگاهانه ایجاد کنند و بتوانند رفتار را پیش‌بینی کنند، نیازمند است.

پیشرفت‌های فناوری اخیر به طور تصاعدی هزینه ذخیره‌سازی داده‌ها و محاسبات بر روی آنها را کاهش داده است و ذخیره‌سازی کلان داده‌ها را آسان‌تر و کم‌هزینه‌تر از همیشه کرده است. با افزایش حجم کلان داده‌ها که اکنون ارزان‌تر و در دسترس‌تر است، می‌توان روز به روز تصمیمات تجاری دقیق‌تری گرفت.

از طرف دیگر بسیار مهم است که بدانیم داده‌های دریافتی تا چه حد واقعی هستند و چقدر می‌توان به آن‌ها اعتماد کرد. ویژگی مهم دیگری که باید در هنگام استفاده از کلان داده‌ها در نظر گرفته شود؛ این ویژگی مهم، پیچیدگی مسئله‌ای است که جمع آوری داده‌ها برای آن انجام می‌شود، چرا که کار با مجموعه داده‌های بزرگی که حاصلِ جمع‌آوری داده برای یک مشکل پیچیده محاسباتی باشد، خود پیچیده است و یافتن روندی اساسی برای استخراج اطلاعات مورد نیاز از آن می‌تواند چالش برانگیز باشد. برای رفع این مشکلات ابزارهای کلان داده‌ها می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

تاریخچه کلان داده‌ها

گرچه مفهوم کلان داده به خودی خود نسبتاً جدید است، منشاء مجموعه‌های کلان داده‌ها یا بزرگ داده‌ها به دهه‌های ۱۹۶۰ و ۷۰ برمی‌گردد، زمانی که دنیای داده‌ها با اولین مراکز داده‌ای و توسعه پایگاه داده رابطه‌ای به تازگی شروع شده بود.

در حدود سال ۲۰۰۵ بود که مردم متوجه شدند کاربران از طریق فیس بوک، یوتیوب و سایر خدمات آنلاین چقدر داده تولید می‌کنند. Hadoop که یک چارچوب متن باز است و به طور خاص برای ذخیره و تجزیه و تحلیل مجموعه کلان داده‌های ایجاد شده است، در همان سال توسعه یافت و NoSQL نیز در این زمان محبوبیت یافت. در

1.Three Vs (Volume, Velocity, Verity)

۲. Metadata: مجموعه‌ای از داده‌ها که اطلاعات دیگر داده‌ها را توصیف و اطلاعاتی درباره آن‌ها ارائه می‌کند.

سالهای بعد نیز تولید حجم عظیمی از داده‌های بزرگ همچنان بصورت فزاینده ادامه یافت، اما این فقط انسان ها نبودند که این تولید داده را انجام می‌دادند.

با ظهور اینترنت اشیا هر روزه اشیا و دستگاه‌های بیشتری به اینترنت متصل می‌شوند و داده‌هایی را در مورد الگوهای استفاده مشتری و عملکرد دستگاه یا تجهیزی که به آن متصل هستند جمع‌آوری می‌کنند. همچنین ظهور یادگیری ماشین و هوش مصنوعی که توان استفاده از بزرگ‌داده‌ها را افزایش می‌دهد نیز در تولید و افزایش کلان داده‌ها نقش دارد.

گرچه کلان‌داده‌ها مدتی است که شناخته شده و در حال تولید شدن هستند اما کارآمدی و مفید بودن آن تازه در حال شکل گرفتن است. رایانش ابری[3] امکانات کلان داده را بیشتر گسترش داده است. ابر (cloud) مقیاس‌پذیری واقعاً منعطفی ارائه می‌کند و استفاده از خوشه‌های مورد نیاز برای آزمون مجموعه‌ای از داده‌ها را برای توسعه‌دهندگان مدلها و ابزارهای مبتنی بر داده تسهیل کرده است. پایگاه‌های اطلاعاتی گراف نیز با توانایی‌شان در نمایش مقادیر انبوه داده به گونه‌ای که تجزیه و تحلیل را سریع و جامع کند، اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده‌اند و استخراج اطلاعات ارزنده از کلان داده‌ها را تسهیل و بهبود بخشیده‌اند.

موارد استفاده از کلان داده‌ها

کلان‌داده‌ها می‌توانند رسیدگی به طیف وسیعی از فعالیت‌های تجاری، از تجربه مشتری گرفته تا تجزیه و تحلیل، از جمله موارد زیر را تسهیل کند:

توسعه محصول

شرکت‌هایی مانند Netflix و Procter & Gamble از کلان‌داده‌ها برای پیش‌بینی تقاضای مشتری استفاده می‌کنند. آنها با طبقه‌بندی ویژگی‌های کلیدی محصولات یا خدمات گذشته و فعلی و مدل‌سازی رابطه بین ویژگی‌ها و موفقیت تجاری، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده، و پیشنهادهایی برای محصولات و خدمات جدید ارائه می‌کنند. علاوه بر این، P&G از داده‌ها و تحلیل‌های گروه‌های متمرکز، رسانه‌های اجتماعی، بازارهای آزمایشی و عرضه اولیه فروشگاه‌ها برای برنامه‌ریزی، تولید و عرضه محصولات جدید خود بهره می‌برد.

تعمیر و نگهداری پیش‌بین

عواملی که می‌توانند خرابی‌های مکانیکی را پیش‌بینی کنند ممکن است در عمق داده‌های ساختاریافته‌ای مانند سال، نوع ساخت و مدل تجهیزات و همچنین در داده‌های بدون ساختار میلیون‌ها داده‌های گزارش شده از حسگرها، که پیام‌های خطا و دمای موتور را پوشش می‌دهند، مدفون باشند. با تجزیه و تحلیل این نشانه‌های مسائل بالقوه، سازمان‌ها می‌توانند قبل از بروز مشکلات، تعمیر و نگهداری را به طور موثرتری به کار گیرند و طول عمر به کارگیری قطعات و تجهیزات را به حداکثر برسانند.

تجربه مشتری

مسابقه برای جلب مشتریان همواره در جریان است. دید واضح‌تر از تجربه مشتری اکنون بیش از هر زمان دیگری امکان پذیر شده است. کلان داده این امکان را فراهم می‌کند که داده‌ها از رسانه‌های اجتماعی، بازدیدهای وب، گزارش تماس‌ها و سایر منابع جمع‌آوری شود تا تجربه تعامل با مشتری بهبود داده شود و بتوان ارزش ارائه شده به مشتری را به حداکثر رساند. همچنین امکان ارائه پیشنهادهای شخصی‌شده، کاهش ریزش مشتری و مدیریت فعالانه مسائل مرتبط با ارتباط با مشتری را فراهم می‌کند.

کلاهبرداری و انطباق

وقتی صحبت از امنیت به میان می‌آید، منظور هک شدن توسط چند هکر سرکش نیست، بلکه در مقابلمان مجموعه‌ای از تیم‌های متخصص قرار دارند. وجوه امنیتی و الزامات انطباق با آنها به طور مداوم در حال تغییر هستند. کلان داده کمک می‌کند الگوهایی در داده‌ها که نشان دهنده تقلب هستند شناسایی شوند. جمع آوری حجم زیادی از اطلاعات برای تسریع انجام امور نظارتی نیر از جمله کاربردهای کلان داده است.

یادگیری ماشینی

یادگیری ماشین در حال حاضر موضوع داغی است و داده‌ها، به ویژه کلان داده‌ها، یکی از دلایل آن است. اکنون شرایط فراهم است که به جای برنامه‌نویسی برای انجام کاری، انجام آن فعالیت به ماشین‌ها آموزش داده شود. به عبارتی در دسترس بودن کلان داده‌ها برای آموزش مدل‌های یادگیری ماشینی است که این امر را میسر کرده است.

بهره وری عملیاتی

کارایی عملیاتی ممکن است همیشه خبرساز نباشد اما حوزه‌ای است که داده‌های بزرگ بیشترین تأثیر را در آن دارند. با داده‌های بزرگ می‌توان تولید، بازخورد و بازده مشتری و سایر عوامل مرتبط را برای کاهش خاموشی خط تولید و پیش‌بینی تقاضاهای آینده، تجزیه و تحلیل و ارزیابی کرد. کلان داده‌ها همچنین می‌توانند برای بهبود تصمیم‌گیری مطابق با تقاضای فعلی بازار، مورد استفاده قرار گیرند.

هدایت نوآوری

کلان داده‌ها می‌توانند با مطالعه وابستگی‌های متقابل بین انسان‌ها، مؤسسات، نهادها و فرآیندها و سپس تعیین راه‌های جدید برای استفاده از این بینش‌ها در ارائه راهکارهای نوآورانه به خدمت گرفته شوند. از بینش نهفته در داده می‌توان برای بهبود تصمیم‌گیری در مورد ملاحظات مالی و برنامه‌ریزی استفاده کرد تا روندها، آنچه مشتریان می‌خواهند و محصولات و خدمات جدید را مورد بررسی قرار داد. همچنین می‌توان از امکانات بی پایان نهفته در بزرگ‌داده‌ها در ایجاد قیمت‌گذاری پویا بهره‌برد.

3.Cloud computing

کلان داده در صنعت نفت و گاز

با ظهور حسگرهای ثبت داده در عملیات اکتشاف، حفاری و تولید، صنعت نفت و گاز تبدیل به یک صنعت عظیم تولید انبوه داده شده است. تجزیه و تحلیل داده‌های لرزه‌ای و ریز لرزه‌ای، بهبود خصوصیات و شبیه‌سازی مخازن، کاهش زمان حفاری و افزایش ایمنی حفاری، بهینه‌سازی عملکرد پمپ‌های تولیدی، بهبود مدیریت دارایی‌ها، بهبود حمل و نقل و بهبود ایمنی شغلی از جمله کاربردهای نهفته در دل این داده‌ها هستند. صنعت نفت و گاز اخیراً علاقه بیشتری به استفاده از تجزیه و تحلیل بزرگ داده‌ها پیدا کرده است اما همچنان چالش‌هایی پیش رو است که عمدتاً از عدم پشتیبانی تجاری و عدم آگاهی از کلان داده در صنعت نشات می‌گیرد. علاوه بر این، کیفیت داده‌ها و درک پیچیدگی آنها نیز از جمله پارامترهای چالش برانگیز پیش روی استفاده از داده‌های بزرگ است که مختص صنعت نفت و گاز نیست.

داده های بزرگ در صنایع بالادستی نفت و گاز

امروزه کاربرد کلان داده‌ها فراتر از پایگاه داده، بازاریابی و تکنیک‌های تجاری گسترش یافته است. بسیاری از رشته‌های مهندسی از تجزیه و تحلیل بزرگ داده‌ها برای کاربردهای مختلفی استفاده می‌کنند. اخیراً، بالادست صنعت نفت و گاز نیز تحت تأثیر تطبیق‌پذیری بزرگ داده‌ها قرار گرفته است. کاربرد بزرگ داده‌ها با افزایش چشمگیر حجم داده‌های تولید و ثبت شده در صنعت نفت و گاز، برجسته‌تر شده است. پیشرفت‌ها در دستگاه‌های لرزه‌نگاری[۴] ، شمارش کانال[۵] ، ژئوفون‌های پیش پایش سیال[۶] ، مکان‌های جذب و جداسازی کربن، ابزارهای LWD[۷] و MWD[۸] ،حجم وسیعی از داده‌ها را برای پردازش و تجزیه و تحلیل فراهم می‌کنند.

کلان داده در اکتشاف

تفسیر داده‌های لرزه‌ای نیازمند رایانه‌های پردازشی پیچیده با قابلیت‌های تجسم قدرتمند است. با پیشرفت‌های اخیر در دستگاه‌های لرزه‌نگاری، میزان داده‌های تولید شده به طور قابل توجهی افزایش یافته است. تفسیر دقیق این مجموعه داده‌های جدید باید فراتر از روش‌های مرسوم باشد. در واقع یکی از مهم‌ترین کاربردهای کلان داده در صنعت نفت و گاز، تجزیه و تحلیل داده‌های لرزه‌ای است. ابزارهای یادگیری ماشینی به‌ویژه در برخورد با مجموعه‌های عظیم داده‌های در دسترس، می‌توانند رابطه بین داده‌های ثبت‌شده را به‌طور کارآمدتری نشان دهند.

در یک مطالعه، بزرگ داده‌های لرزه‌ای برای خوشه‌بندی نقشه‌های زمین‌شناسی یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی برای حوضه نفت‌سیبری غربی استفاده شد. در این مطالعه از داده‌های حفاری و نقشه‌های منطقه‌ای ۵۰۰۰ حلقه چاه و از الگوهای لرزه‌ای و زمین‌شناسی برای منطقه‌ای به وسعت بیش از ۴۰۰۰۰ کیلومتر مربع استفاده کردند.

کلان داده در حفاری

منابع مختلفی از تولید داده در صنعت حفاری وجود دارد که عمدتاً شامل داده‌های تولید شده از سایت دکل دیجیتال و داده‌های وارد شده به صورت دستی توسط اپراتورهای انسانی است. این داده‌ها که از عملیات‌های مختلف از طریق حفاری جمع‌آوری می‌شوند را می‌توان برای انجام تحلیل‌های مختلف از زمان‌بندی تا عملیات حفاری به کار برد. اختراع و به کارگیری ابزارهای جدید ثبت داده‌ها و فرمت‌های داده‌ای، استفاده از ابزارهای کلان داده را در عملیات حفاری، کاربردی‌تر کرده است. در حال حاضر بیش از ۶۰ حسگر مختلف وجود دارد که پارامترهای مختلفی را در طول عملیات حفاری ثبت می‌کنند. در یک کار پژوهشی، راندمان دکل حفاری با اجرای ابتکارات بهترین روش‌های ایمن شناسایی شده توسط سرویس نظارت خودکار تشخیص وضعیت حفاری، بهبود یافت. در مطالعه دیگری، عملکرد حفاری با استفاده از تجزیه و تحلیل بزرگ داده‌های شامل پارامترهای حفاری و شکل‌گیری، بهبود یافت. پژوهشگران علوم داده‌ای صنعت نفت و گاز تأکید کرده‌اند که فیلتر کردن داده‌ها، کنترل کیفیت آنها و همچنین دانش فیزیک بنیادی مورد نیاز در مسئله مورد مطالعه از عواملی حیاتی هستند که برای یافتن یک نتیجه بهینه قابل اعتماد باید در نظر گرفته شوند. در غیر این صورت، یافته‌ها می‌توانند گمراه کننده باشد و منجر به از دست دادن زمان و منابع شوند.

در یک پژوهش، داده‌های حسگرهای ارتعاش پایین چاله برای توصیف دینامیک رشته مته مورد استفاده قرار گرفت. آنها در مطالعه خود داده‌های واقعی را با داده‌های شبیه‌سازی برای توسعه یک برنامه اتوماسیون حفاری ترکیب کردند. مدل توسعه یافته، خطرات ناشی از شکست حفاری و همچنین هزینه حفاری را کاهش داد.

کلان داده در مهندسی مخازن

ظهور حسگرهای مختلف مانند حسگرهای دمای توزیع شده (DTS)[۹] ، حسگرهای دمای توزیع شده گسسته (DDTS)[۱۰] ، حسگرهای صوتی توزیع شده (DAS)[۱۱] ،و حسگرهای کرنش توزیع‌شده گسسته(DDSS)[۱۲] باعث تولید حجم عظیمی از داده‌ها در زمینه توصیف مخازن شده است. در پژوهشی با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های از این دست، یک برنامه مدیریت مخزن توسعه یافت که چهار مؤلفه اصلی کاربرد آن عبارت بودند از؛ ویژوالایزر، فیلترینگ داده‌های پایین چاه، سازنده مدل و برنامه کاربردی مدل. ویژوالایزر به مشاهده و تجزیه و تحلیل داده ها

4.seismic acquisition devices
5.channel counting
6.fluid front monitoring geophones
7.Logging while drilling
8.Measurement While Drilling
9.distributed temperature sensors
10.discrete distributed temperature sensors
11.distributed acoustic sensors
12. discrete distributed strain sensors

کمک کرد، در حالی که جزء فیلتر برای حذف داده‌های پرت و غیرقابل اعتماد استفاده شد. برای سازنده مدل، از ابزارهای یادگیری ماشین برای انجام آموزش، توسعه مدل و اعتبارسنجی استفاده شد. در این پژوهش از ابزار یادگیری ماشینی MLib) Apache Spark) برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ استفاده شد. همچنین با انتقال مدل توسعه‌یافته به یک پلتفرم مبتنی بر وب، تعامل کاربر/سیستم تسهیل شد.

اخیراً، نسل جدیدی از تکنیک شبیه‌سازی مخزن محبوبیت پیدا کرده است که فناوری‌های هوش مصنوعی و داده‌کاوی را با مدیریت مخزن حلقه بسته (CLRM)[13] و مدل‌سازی دارایی یکپارچه (IAM)[14] ترکیب می‌کند. نتیجه آن یک رویکرد نوآورانه مدل‌سازی مخزن اطلاعات محور خواهد بود. در واقع، روش‌های مبتنی بر داده‌ها می‌توانند مدل‌سازی را با پیش‌بینی پارامترهای موثر که معادلاتِ حالتِ مبتنی بر نظریه نمی‌توانند آنها را دریافت کنند، بهبود بخشند. داده‌های کلان همچنین برای بهینه‌سازی انتخاب و کاربری روش‌های پرهزینه ازدیاد برداشت استفاده شده است. در مطالعه‌ای محققان از تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و از طریق شبیه‌سازی مخزن هیدرودینامیکی بهبودیافته، برای بهینه‌سازی روشهای ازدیاد برداشت استفاده کردند.

کلان داده در مهندسی تولید

در شرکت آرامکو[15] عربستان سعودی، با هدف شناسایی الگوی بنیادی نهفته در داده‌های تولید و پیش‌بینی عملکرد تولید، یک روش پیش‌بینی هوشمند جریان را برای انجام تجزیه و تحلیل کاهش خودکار، توسعه داده‌اند.

در دوون انرژی[16] مطالعه‌ای انجام شد که در آن با استفاده از بزرگ داده‌ها، تکنیک تخصیص تولید، توسعه داده شد. آنها ابتدا از داده‌های در دسترس عموم از IHS[17] برای توسعه روش تخصیص استفاده کردند و در مرحله بعد، بزرگ داده‌ها به عنوان بستری برای انجام فرآیند تخصیص به کاربران مورد استفاده قرار گرفت که سرانجام به یک خروجی بصری مبتنی بر نقشه کاربرپسند برای داده‌های تولید اختصاص داده شده، منتج شد.

همچنین، با شناسایی موقعیت‌های اضطراری مانند گرمای بیش از حد و راه‌اندازی ناموفق، بزرگ داده‌ها بطور موفقیت‌آمیز در ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد پمپ‌های شناور الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در مطالعه‌ای، بزرگ داده‌ها برای بهینه‌سازی عملکرد چاه‌های پمپ میله‌ای مورد استفاده قرار گرفتند. این مطالعه در سه مرحله انجام شد؛ مرحله اول جمع‌آوری داده‌ها، از جمله داده‌های تست چاه، داده‌های تجهیزات چاه و تجهیزات کنترل نظارتی بوده. مرحله دوم گردش‌های کاری خودکار را شامل می‌شد که محاسبات مورد نیاز را برای توسعه مدل انجام می‌داد و مرحله سوم تصویرسازی داده‌های تعاملی بود که یک رابط کاربر پسند برای استخراج نتایج ارائه کرد.

اپراتورهای شیل همچنین از کلان داده‌ها برای بهبود پروژه‌های شکست هیدرولیکی استفاده می‌کنند. در پروژه‌ای که توسط یک اپراتور شیل در ساوت‌وسترن انرژی[18] انجام شد، داده‌های میدانی و شبیه‌سازی نشان داد که بارگذاری و فاصله بین مراحل شکست به طور قابل توجهی بر شاخص بهره‌وری تأثیر می‌گذارد.

داده های بزرگ در صنایع پایین دستی نفت و گاز
کلان داده در پالایش

در یک مطالعه موردی کاربرد داده‌های بزرگ در پالایش مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های تاریخی برای بهبود مدیریت دارایی‌های پتروشیمی در یک روش سه مرحله‌ای تجزیه و تحلیل و پردازش شدند. تجهیزات مورد نظر در این مطالعه یک کمپرسور گاز شکست حرارتی چهار مرحله‌ای (CGC)[19] بود. تجزیه و تحلیل، ابتدا با پیش بینی عملکرد کمپرسور و با تجزیه و تحلیل داده‌های عملیاتی کنونی و تاریخی آغاز شد. در مرحله بعد، بر اساس معیارهای پایان عمر دستگاه و شرایط خرابی، پیش‌بینی عملکرد کمپرسور تنظیم شد و در نهایت، عملکرد آن تخمین زده شد و در یک گزارش کاربرپسند و بصری نتایج ارائه شد تا برای تصمیمات مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد. این گزارش‌های پیش‌بینی‌کننده که با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌ها ایجاد می‌شوند، می‌توانند به طور قابل‌توجهی زمان خرابی و هزینه‌های نگهداری را کاهش دهند.

درجایی دیگر، تجزیه و تحلیل بزرگ داده‌ها برای انجام بهینه‌سازی مدیریت در یکی از پالایشگاه‌های یکپارچه شرکت رپسول[20] در اسپانیا مورد استفاده قرار گرفت. در این پروژه، گوگل کلود[21] خدمات مشاوره، تجزیه و تحلیل داده و همچنین خدمات یادگیری ماشینی خود را به شرکت رپسول ارائه کرده است.

کلان داده در حمل و نقل

در پژوهشی از تجزیه و تحلیل کلان داده‌ها به منظور بهبود عملکرد حمل و نقل استفاده شده است. این مطالعه با هدف پیش‌بینی قدرت رانش برای بهبود عملکرد حمل بار و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام شد. داده‌های جمع‌آوری‌شده برای این مطالعه در طی یک دوره سه ماهه از حسگرهای تمام کامیون‌های بزرگ ماشین‌بر شرکت مورد مطالعه جمع‌آوری شد. در مرحله بعد، از شبکه های عصبی و پرسپترون چند لایه [22] برای تجزیه و تحلیل داده

13.Closed-Loop Reservoir Management
14.Integrated Asset Modeling
15.Aramco
16.Devon Energy

۱۷. یک پلتفرم آنلاین تعاملی که پیش بینی هزینه‌ها، تولید و ارزش‌گذاری بیش از ۱۳۰۰۰ دارایی جهانی بالادستی نفت و گاز را ارائه می‌کند.

18.Southwestern Energy
19.our-stage cracked gas compressor
20.Repsol
21.Google cloud
22.Multi-Layer Perceptron

ها استفاده کردند.

برای توسعه یک مدل بهره‌وری انرژی، داده‌های بزرگ حاصل از جمع‌آوری داده‌ها در کشتی در حین عملیات مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه یک شاخص انرژی به نام شاخص عملیاتی بازده انرژی (EEOI) بر اساس داده‌های سیستم شناسایی خودکار در دسترس عموم و داده‌های محیط دریایی برآورد شد و بهره‌وری انرژی به عنوان مصرف سوخت کشتی بر اساس قدرت موتور در مقابل وزن عملیات و مسافت تعریف شد.

کلان داده در HSE

پژوهشی دیگر از تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ برای بهبود ایمنی شغلی نفت و گاز از طریق مدیریت ریسک و افزایش ایمنی استفاده کرده است. این مطالعه موردی توسط اداره آمار کار آمریکا[۲۳] انجام شد که داده‌های مورد استفاده در آن مشتمل بر ۸۴۶ منبع آسیب از ۱۲۷۸ شرکت صنایع نفت و گاز در بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ بود. اولین گامها با جمع‌آوری و پردازش داده‌ها صورت گرفت و برای این منظور، داده‌های خام بر اساس کیفیت ثبت اطلاعات، فیلتر و با اندازه‌گیری خطای استاندارد نسبی، داده‌های پرت از مجموعه داده‌ها حذف و داده‌ها پاکسازی شدند. سپس با تبدیل فرمت و رمزگشایی، داده‌های ساخت یافته توسعه داده شد و در مرحله بعدی، خوشه‌بندی و نقشه‌برداری داده‌ها برای شناسایی روندهای پنهان در آنها انجام شد و در پایان، به منظور ارائه یک نتیجه قابل درک، از تجزیه و تحلیل آماری چند بعدی استفاده شد.

همچنین گزارش شده است که داده‌های جمع‌آوری‌شده از بازرسی‌های ایمنی را می‌توان برای توسعه تحلیل‌های پیش‌بینی ایمنی مورد استفاده قرار داد. برای این کار جمع‌آوری مداوم داده‌های شاخص ایمنی در شرکت و گنجاندن آنها در تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده بسیار مهم است.

برای توسعه نرم‌افزار پیش‌بینی برای پیش‌بینی رویدادهای مخاطره‌آمیز و آشفتگی‌های عملیاتی در طول عملیات تولید نفت و گاز می‌توان از کلان داده‌ها استفاده کرد. در یک مطالعه، غلظت H۲S تحت عنوان رویداد خطرناک برای پیش‌بینی استفاده شد. داده‌ها از منابع مختلف از جمله سری‌های بلادرنگ، داده‌های تاریخی، گزارش‌های تعمیر و نگهداری، داده‌های اپراتور و تجزیه و تحلیل شیمیایی جمع آوری شد، مسئله تعریف و پردازش داده‌ها، مدل‌سازی (با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، جنگل تصادفی) و در نهایت اعتبار سنجی مدل صورت گرفت.

چالشهای کلان داده

یکی از چالش‌های عمده کاربرد داده‌های بزرگ در هر صنعت از جمله صنعت نفت و گاز، هزینه‌های مرتبط با مدیریت ثبت، ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها است. با پیشرفت‌های تکنولوژیکی اخیر، رایانش مه[۲۴] ، رایانش ابری و اینترنت اشیا (IoT) برای رفع مشکلات مربوط به ذخیره‌سازی و محاسبات داده‌ها در دسترس قرار گرفته‌اند. تجهیزات پرهزینه و محدود رایانش ابری، گزینه‌های مناسبی برای داده‌های مکان غیرثابت یا برنامه‌های حساس به تأخیر نیستند. از سوی دیگر، ویژگی رایانش مه، امکان ذخیره‌سازی و محاسبات را در نزدیکی منابع تولید داده فراهم می‌کند که چالش‌های ذکر شده را تا حدودی برطرف می‌کند. با این حال، اینترنت اشیا فناوری جدیدتری است که دارای قابلیت جابجایی و پویایی بیشتری دارد و مشکلات تاخیر را نیز برطرف می‌کند.

چالش‌های استفاده از کلان داده‌ها برای شرکت‌های ارائه دهنده خدمات به میادین نفتی شامل دانش پرسنل در شرکت های نفتی و مسائل مربوط به مالکیت داده‌ها است. کلان داده‌ها را می‌توان برای تحلیل لرزه‌ای، مدل‌سازی مخزن، خدمات حفاری و گزارش‌دهی تولید استفاده کرد. علاوه بر این، طبق توصیه محققان این حوزه ۹ عامل برای کاربرد موفقیت‌آمیز بزرگ داده‌ها برای صنایع نفت و گاز معرفی شده است که شامل؛ تعریف دقیق مشکل تجاری، ترکیب روش‌های کلان‌داده‌ای با تجزیه و تحلیل داده‌های مبتنی بر فیزیک، استفاده از تیم بین‌رشته‌ای از متخصصین علوم کامپیوتر و مهندسین نفت، ارائه نتایج در قالب یک رابط کاربر پسند، نیاز محور بودن و پرداختن به نحوه ارتباط مشکل حل شده با تصویر کلی ارائه شده است.

ظهور کلان داده‌ها در صنعت نفت و گاز با توسعه میادین نفتی دیجیتال که در آن حسگرها و دستگاه‌های ضبط مختلف روزانه میلیون‌ها داده تولید می‌کنند، برجسته‌تر شده است. یکی از چالش های حیاتی در میدان‌های نفتی دیجیتال، انتقال داده‌ها از میدان به تاسیسات پردازش داده بر اساس نوع داده، میزان داده و پروتکل‌های داده‌ای است.

در نظرسنجی انجام شده توسطIDC Energy، مشخص شده است که بزرگترین چالش در استفاده از داده‌های بزرگ در صنعت نفت و گاز عدم آگاهی و حمایت تجاری است. چالش‌های دیگری که در این نظرسنجی یافت شد، فقدان تصمیم‌گیری در مورد داده‌های مربوطه، کمبود پرسنل ماهر و هزینه زیرساخت داده‌های بزرگ بود. بنابراین، آشنایی کارکنان و اعضای اجرایی با فناوری و کاربردهای آن، استفاده و بهره‌برداری از کلان داده‌ها را در صنعت نفت و گاز تسهیل می‌کند.

همچنین چالش‌های فنی نیز بر سر راه استفاده از داده‌های بزرگ وجود دارد، برخی مسائل فنی به محدودیت‌های مرتبط با سنسورهای ثبت داده مربوط می‌شود. موضوع دیگر، فراوانی ثبت داده‌ها و همچنین کیفیت داده‌های ثبت شده است. در نهایت، یک چالش مهم، درک کامل فیزیک مسئله است. مهندسان نفت خبره باید با متخصصین داده همکاری کنند تا به درستی از ابزارهای کلان داده‌ها برای حل مشکلات مختلف در زمینه مهندسی نفت استفاده کنند.

همچنین توصیه می‌شود که هر شرکت متناسب با نیازها و مسائل خود ابزار کلان داده‌ای شخصی سازی شده خود را توسعه دهد که شامل امکانات ضبط و ذخیره داده‌ها و همچنین ابزارهای تجزیه و تحلیل داده‌ها باشد. این امر هزینه مالکیت نرم افزار را کاهش می‌دهد و ارزش داده‌های ثبت شده را بهینه می‌کند.

23.Bureau of Labor Statistics
24.Fog computing

پیشـــنهاد برای صنعت نفت و گاز ایران

استفاده از فناوری‌هایی چون حسگرها، و ایمن‌سازی زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز از تولید تا فرآورش و انتقال به کاربرنهایی با ابزارهای رصد هوشمند یا اینترنت اشیا، امری بدیهی است که دیر یا زود محقق خواهد شد و به تبع آن منابع تولید کلان داده‌ها در صنعت نیز افزایش خواهد یافت. لذا توجه به چالشهای برشمرده شده در این گزارش و برنامه‌ریزی برای ایجاد زیرساختهای امن داده‌ای و استخراج اطلاعات مفید و ارزنده برای افزایش بهره‌وری در عملیات بالادست تا پایین دست صنعت و همچنین بکار بردن اطلاعات مفید نهفته در داده‌های دریافتی در تصمیم‌گیری‌های کلان مدیریتی، می‌بایست در چشم انداز تصمیم‌سازان حوزه نفت و گاز قرار گیرد. در این میان آگاهی و ترویج دانش پایه‌ایِ کلان داده‌ها و روشهای استحصال و استفاده از آنها به سطوح مختلف کارکنان مرتبط با موضوع، آموزش و جذب نیروهای خبره و همچنین ارتقا مهارتهای کار تیمی و بین‌رشته‌ای، از جمله مواردی است که نیازمند توجه خاص حوزه منابع انسانی صنعت نفت و گاز کشور است.

به عبارتی ساده‌تر روند افزایشی نفوذ فناوریهای مبتنی بر داده‌ها در صنعت نفت و گاز در جهان و رقبا، نیاز به برنامه‌ریزی جهت ایجاد زیرساخت ایمن، قانون‌گذاری، جذب، استخدام و آموزش منابع انسانی، ترویج و آگاهی بخشی را بیش از پیش نمایان کرده است که توجه خاص مسئولان و تصمیم‌سازان به این مقوله را طلب می‌کند.

منابع:

https://www.oracle.com/big-data/what-is-big-data/

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405656118301421

https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/oil-gas-production-optimization

https://www.ibm.com/industries/oil-gas/big-data-analytics

https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/oil-gas-production-optimization#

https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/oil-gas-production-optimization

https://www.n-ix.com/big-data-predictive-analytics-oil-and-gas/

گزارش تحلیلی

نظم دوره گذار انرژی

مطالعه و ارزیابی فناوری‌های جذب دی اکسید کربن از صنایع آلاینده – بخش اول

امیرحسین هوشمند؛ پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

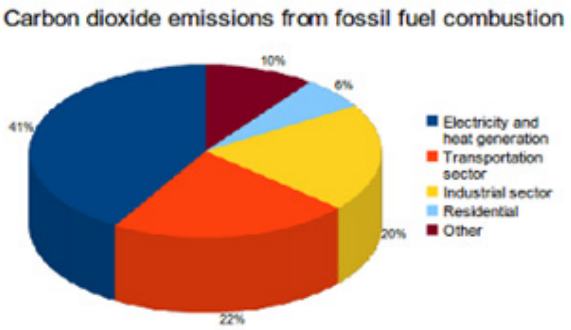
چکیده

جذب دی اکسید کربن از منابع منتشر کننده‌ای مانند نیروگاه‌ها، صنایع نفت و گاز، صنایع سیمان، فولاد و کاغذ بدلایل زیست محیطی اهمیت زیادی دارد، بویژه اینکه دی اکسید کربن جذب شده دارای کاربردهای متعددی نظیر ازدیاد برداشت از مخازن نفتی و یا تبدیل به مواد شیمیایی دارای ارزش افزوده است. در گزارش حاضر، استراتژی‌ها و فناوری‌های مختلف جذب دی اکسید کربن و نیز مزایا و معایب آنها بررسی شده و علاوه بر بررسی چالش‌های مبتلابه آنها، بلوغ و کارایی روش‌های متداول در صنایع مختلف و هزینه‌های جذب نیز مورد توجه قرار می‌گیرند. این مبحث بدلیل طولانی بودن در چند بخش تقدیم می گردد. در بخش اول (که در این شماره ی ماهنامه پیش رو است)، صنایع منتشر کننده دی اکسید کربن معرفی شده و بخشی از استراتژی ها و روشهای جذب آن بطور خلاصه توضیح داده می شود. سایر روش های جذب و نیز مشخصات فنی و اقتصادی روشهای راهبردی در شماره های بعد ارائه خواهد شد.

۱) مقدمه

غلظت دی اکسید کربن در اتمسفر زمین از حدود ۲۷۸ ppm در سال ۱۷۵۰ (آغاز دوره صنعتی) به ۳۹۱/۳۱ ppm در سال ۲۰۱۱ افزایش یافته است (Le Quéré et al. ۲۰۱۳). در کنار عوامل طبیعی تولید CO_2 همانند گیاهان، خاک و رسوبات دریایی، فعالیت‌های انجام شده توسط بشر، بویژه پس از آغاز عصر صنعتی، نیز موجب تولید موجب تولید گازهای گلخانه‌ای و ورود آن به جو زمین می‌شود که دی اکسید کربن ۷۶ درصد از گازهای گلخانه‌ای انسان‌زاد را در بر می‌گیرد. این فعالیت‌ها را به سه دسته می‌توان تقسیم نمود (Le Quéré et al. ۲۰۱۳; Saini ۲۰۱۷): استفاده از سوخت‌های فسیلی، فعالیت‌های مربوط به تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های صنعتی (بجز آنچه که مربوط به استفاده از سوخت‌های فسیلی هستند). استفاده از سوخت‌های فسیلی در مقایسه با سایر فعالیت‌های انسانی سهم بسیار بیشتری در تولید دی اکسید کربن دارد، اما به هرحال فعالیت‌های مربوط به تغییر کاربری زمین نیز سهم قابل توجهی دارد. بر اساس گزارش IEA (سال ۲۰۱۶) تحت عنوان دورنمای انرژی جهان در خصوص سهم منابع مختلف انرژی در تأمین انرژی مورد نیاز جهان تا سال ۲۰۴۰، علیرغم کاهش سهم سوخت‌های فسیلی از سال ۲۰۱۴ تا سال ۲۰۴۰، مقدار آنها همچون قبل افزایشی خواهد بود.

با توجه به سهم سوخت‌های فسیلی در تأمین انرژی اولیه مورد نیاز جهان، سالانه حجم زیادی دی اکسیدکربن بر اثر سوختن سوخت های نفتی، گاز طبیعی و زغال سنگ در جهان تولید می‌شود و همین موضوع باعث شده است دمای کره زمین به مرور زمان بیشتر شود. به همین جهت فعالیت‌های گسترده ای در سطح جهان با انگیزه کاهش این آلاینده در حال پیگیری است. با تمرکز بر فعالیت‌های مربوط به استفاده از سوخت‌های فسیلی در تولید دی اکسید کربن ، سهم بخش‌های مختلف استفاده کننده از سوخت فسیلی در تولید و انتشار دی اکسید کربن در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱ : سهم بخش‌های مختلف استفاده کننده از سوخت فسیلی در تولید و انتشار دی اکسیدکربن

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، بخش تولید حرارت و برق و پس از آن بخش حمل و نقل بیشترین سهم در تولید دی اکسید کربن را دارند.

روند کنونی مصرف و تولید انرژی از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پایدار نیست. در غیاب هر گونه خط مشی اصلاحی و هرگونه محدودیت اعمال شده بر روی استفاده از انرژی های فسیلی، میزان دی اکسید کربن ناشی از بخش انرژی تا سال ۲۰۵۰ بیش از دو برابر خواهد شد. بعبارت دقیق‌تر، طبق آنالیز موسسه چشم انداز فناوری انرژی در سال ۲۰۰۸، میزان تولید دی اکسید کربن در سال ۲۰۵۰، به میزان ۱۳۰ درصد بیش از سال ۲۰۰۵ خواهد بود، یعنی از حدود ۲۷ گیگا تن در سال ۲۰۰۵ به ۶۲ گیگا تن در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید. از این رو، توسعه تکنولوژی های پیشرفته و پاک باید در راستای چالش‌های جهانی حول سه محور امنیت انرژی، تغییرات آب و هوایی و توسعه پایدار باشد (Nobuo Tanaka ۲۰۰۹).

بنابراین، لزوم کنترل میزان دی اکسید کربن منتشره در جو با توجه به اثرات زیست محیطی آن، از اهمیت زیادی برخوردار است. در قسمت‌های بعدی این مقاله، پس از ارائه مطالبی در خصوص صنایع منتشر کننده دی اکسید کربن، راهبردهای کنترل انتشار دی اکسید کربن تشریح شده و سپس تمرکز بر فناوری های جذب دی اکسید کربن قرار خواهد گرفت.

۲)بررسی صنایع منتشر کننده دی اکسید کربن

مهمترین واحدها و صنایع منتشر کننده دی اکسید کربن عبارتند از: نیروگاه‌ها، صنایع آهن و فولاد ، صنایع سیمان ، صنایع پالایش نفت و صنایع کاغذ و خمیر کاغذ که در بندهای آتی بطور دقیق‌تر مورد اشاره قرار می‌گیرند. در واقع این صنایع، خواسته یا ناخواسته، و بطور بالقوه خوراک واحدهای جذب دی اکسید کربن را تأمین می‌نمایند.

- نیروگاه‌ها: با توجه به آشفتگی بازار نفت و گاز در یک دهه گذشته، تقاضای جهانی آنها (از جمله برای سوخت نیروگاهی) کاهش یافت و در مقابل تقاضای زغال سنگ از حدود سال ۲۰۰۵ به طرز چشمگیری افزایش یافت. در سال ۲۰۱۰ میزان تقاضای جهانی زغال سنگ بالغ بر ۵ هزار میلیون تن معادل ذغال سنگ (MTCE) بوده است. مطابق سناریوی ادامه وضع موجود IEA، در سال ۲۰۳۵ میزان تقاضای جهانی زغالسنگ ۷۵۰۰ میلیون تن معادل زغال سنگ خواهد بود. لازم به ذکر است که تمام این رشد در همه سناریوهای IEA، در کشورهای خارج از محدوده سازمان همکاری و توسعه اقتصادی موسوم به non-OECD اتفاق می‌افتد (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴).

اگرچه نیروگاهی با سوخت زغال سنگ ایران وجود ندارد، لیکن در سطح جهان تولید برق به شدت به نیروگاه‌های با سوخت زغال وابسته است، بطوریکه در سال ۲۰۰۸، میزان ۴۱ درصد از برق تولیدی جهان یعنی به میزانی بیش از ۸۲۰۰ تریلیون وات ساعت (TWh) از نیروگاه‌های زغال سنگی تولید شدند. علیرغم اینکه پیش‌بینی می‌شود سهم این سوخت در تولید نیرو در آینده کاهش یابد (۳۲ درصد در سال ۲۰۳۵)، لیکن زغال سنگ همچنان سوخت مهمی خواهد بود. در آینده نیاز به زغال سنگ در کشورهای non-OECD افزایش خواهد یافت. در کشورهای OECD، انتظار می‌رود نیاز به زغال سنگ بدلیل کشف و استفاده از گاز شیل و سایر منابع غیرمتعارف به میزان حداکثر ۳۳ درصد نسبت به سال ۲۰۰۸ کاهش یابد (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴).

- صنایع آهن و فولاد: این صنایع از بزرگ‌ترین بخش‌های انتشار دی اکسید کربن در بین صنایع هستند که مسئول انتشار حدود ۳۱ درصد از کل انتشار دی اکسید کربن از بخش صنایع می‌باشند. عمده انتشار از صنایع آهن و فولاد از ۱۸۰ مجتمع بزرگ (در سطح جهان) با متوسط انتشار ۳/۵ مگاتن در سال ناشی می شود. بقیه دی اکسید کربن از کارخانجات عمدتاً کوچک و اصطلاحاً Mini- Mill و با متوسط انتشار ۱۷۰ کیلو تن در سال منتشر می شود (Leeson et al. ۲۰۱۷).

نکته مهم در انتشار دی اکسید کربن از صنایع آهن و فولاد این است که عمده دی اکسید کربن منتشر شده از این صنایع از بخش های مشخصی از واحدهای مربوطه حاصل می شود. سه منبع نقطه‌ای عمده عبارتند از کوره‌های بلاست ، واحد کك و واحد سینتر که به ترتیب ۶۵، ۲۷ و ۶ درصد از کل انتشار دی اکسید کربن از یك مجتمع یکپارچه فولاد را در بر می‌گیرند. بنابر این برای جذب کربن یا باید سه واحد جداگانه جذب در هر مجتمع ایجاد نمود و یا به نحو مناسبی جریان‌های حاوی دی اکسید کربن را در هم آمیخت تا در یك واحد جذب دی اکسید کربن مورد بازیابی قرار گیرند. ذکر این نکته مهم، ضروریست که دلایل فرآیندی مانع از مخلوط کردن جریان گاز دودکش‌ها در بسیاری از تأسیسات بوده و تجمیع گازهای زائد با یکدیگر کار آسانی نیست و در حال حاضر در اکثر مواقع انجام نمی‌شود.

- پالایشگاه‌های نفت: صنایع پالایش نفت سهم ۱۰ درصدی از انتشار دی اکسید کربن در بین صنایع دارند [۵]. در صنایع پالایش نفت اگرچه تنوع منابع منتشر کننده دی اکسید کربن وجود دارد، لیکن حدود ۶۵ درصد از کل دی اکسید کربن منتشرشده مربوط به کوره‌ها و بویلرهاست. به همین دلیل این تجهیزات می تواند هدف اصلی طراحی سیستم جذب دی اکسیدکربن باشند. علاوه بر این، واحدهای گازی سازی و کراکینگ کاتالیستی در پالایشگاه‌های نفت مسئول ۱۶ درصد از انتشار دی اکسید کربن هستند. به دلیل تنوع تجهیزات در تاسیسات بزرگ پالایشی نفت، روشی برای ترکیب جریان‌های گاز دودکش از تجهیزات متعدد فرایندی برای ورود سیستم جذب دی اکسید کربن لازم می‌باشد.
- صنایع کاغذ و خمیر کاغذ: صنایع کاغذ با حدود ۲۵۲ مگاتن دی اکسید کربن در سال حدود ۲ درصد از کل گازهای گلخانه ای صنایع را تولید می کند. در این صنایع عمده دی اکسید کربن منتشر شده ناشی از بویلرهاست، با این حال میزان دی اکسید کربن منتشرشده از کوره سنگ آهك (هم

از واکنش کلسیناسیون و هم از سوخت مورد استفاده برای حرارت دادن کوره مذکور) قابل توجه است (Leeson et al. ۲۰۱۷).

- صنایع سیمان: صنایع سیمان حدود ۲۷ درصد از دی اکسید کربن انتشار یافته از صنایع را تولید می‌کنند. این یعنی تقریبا به ازای هر تن از سیمان تولیدی ۰/۶ تا ۱/۲ تن دی اکسید کربن منتشر می‌شود. حدود ۹۵ درصد از دی اکسید کربن که از ماده اولیه سنگ آهک آزاد میشود، در قسمت پیش گرمکن‌ها رها می‌شود. بر این اساس، حدود ۶۰ درصد دی اکسید کربن منتشر شده از صنایع سیمان از مرحله کلسیناسیون و ۴۰ درصد باقیمانده از فعالیت تولید حرارت برای کوره ناشی می شود که از هر دو منبع می‌توان بعنوان خوراک سیستم جذب کربن استفاده نمود (Leeson et al. ۲۰۱۷). این مسئله توسط محققین یادآوری می‌شود که در مورد نوع تکنولوژی انتخاب شده برای جذب کربن از صنایع سیمان باید احتیاط کافی را به عمل آورد چرا که ممکن است این امر ترکیب درصد کلینکر را تحت تاثیر قرار دهد.

۳)اســتراتژی‌های کاهش انتشار دی اکسید کربن

سه استراتژی کلی برای کاهش دی اکسید کربن در اتمسفر وجود دارد (Houshmand et al. ۲۰۱۳). استراتژی اول شامل مجموعه روش‌های مبتنی بر افزایش راندمان انرژی است که منجر به کاهش شدت انرژی می‌گردد. استراتژی دوم مبتنی بر استفاده از سایر منابع انرژی به جای سوخت‌های فسیلی است. این راهبرد منجر به کاهش شدت کربن می‌گردد. راهبرد سوم جذب، انتقال و ذخیره دی اکسیدکربن یا CCS می باشد که یک استراتژی کوتاه مدت و یا میان مدت بوده و تا زمانیست که سایر منابع انرژی توسعه یافته و تجاری شوند.

امروزه بجای استراتژی CCSبیشتر، استراتژیCCUS مطرح می شود. استراتژی CCUS علاوه بر ذخیره‌سازی دی اکسید کربن، تبدیل آن به محصولات قابل فروش را نیز مورد توجه قرار می‌دهد و در واقع از دو بخش CCSو CCU تشکیل شده است. بهرحال مسیر تبدیل دی اکسید کربن به محصولات شیمیایی قابل عرضه هنوز در مراحل ابتدایی خود بسر می‌برد. همچنین محدود بودن بازارهای محصولات تولیدی از دی اکسید کربن از دیگر مشکلات این راهکار می‌باشد. لیکن باید یادآور شد پیشرفت در این زمینه موجب کاهش دی اکسید کربن برای ذخیره‌سازی میگردد (Gale ۲۰۱۷). از جنبه مثبت، دی اکسید کربن یک منبع خوراک تک کربنه، اقتصادی، فراوان و غیرسمی است که می‌توان از آن برای تولید محصولات شیمیایی اعم از مواد Commodity و یا Fine استفاده نمود (MacDowell et al. ۲۰۱۰). حلقه اول هر دو زنجیره CCS و CCU، جذب دی اکسید کربن از صنایع منتشر کننده است که در این مقاله بعد مورد بحث قرار می‌گیرد.

٤)راهبردهای مختلف جذب کربن

پروژه های جذب دی اکسید کربن مدت‌های طولانیست که برای حذف دی اکسید کربن از جریان‌های گازی و یا جداسازی آن به عنوان یک محصول گازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nobuo Tanaka ۲۰۰۹). راه‌های زیادی برای جداسازی دی اکسید کربن از گازهای حاصل از نیروگاه‌ها و سایر صنایع (مانند مجتمع‌های شیمیایی و پتروشیمیایی، صنایع کاغذ و کارخانجات سیمان) وجود دارد که از لحاظ ظرفیت و میزان تجاری بودن در سطوح مختلف قرار داشته (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴) و تعداد کمی از آنها صنعتی شده‌اند(MacDowell et al. ۲۰۱۰). تعدادی از این راه‌ها عبارتند از جذب (جذب با حلال)، جذب سطحی ، فرآیند سردسازی ، استفاده از غشاءها و سیستم‌های میکروبی/قارچی (Gale ۲۰۱۷).

از نظر ماهیت، فرآیندهایی را که در آن دی اکسید کربن وجود داشته و باید جدا و یا جذب شود به دو دسته می‌توان تقسیم کرد. فرآیندهایی وجود دارند که دی اکسید کربن محصول و یا لازمه احتراق و بمنظور تأمین انرژی است، مانند نیروگاه‌ها. در بعضی از موارد دیگر، دی اکسید کربن حاصل احتراق نیست، اما جداسازی آن لازمه تکمیل فرآیند می‌باشد (مانند شیرین سازی گاز طبیعی، فرآیند تولید آمونیاک از گاز طبیعی و ...) که از جداسازی دی اکسید کربن از آنها بعنوان جداسازی ذاتی در فرایندهای شیمیایی یاد می‌شود.

بطور کلی سه راهبرد اصلی در مسیر جذب دی اکسید کربن وجود دارد که در هریک از این راهبردها، چندین روش جذب کربن مورد استفاده قرار می گیرد. بعضی از روش‌ها در راهبردهای مختلف شبیه و یا با مکانیزم یکسان مورد استفاده قرار می گیرند. این راهبردها عبارتند از:

۱. راهبرد جذب پس از احتراق (PCC): دی اکسید کربن موجود در گاز دودکش تولید شده از فرآیند احتراق، از بقیه محصولات احتراق جدا می‌شود.

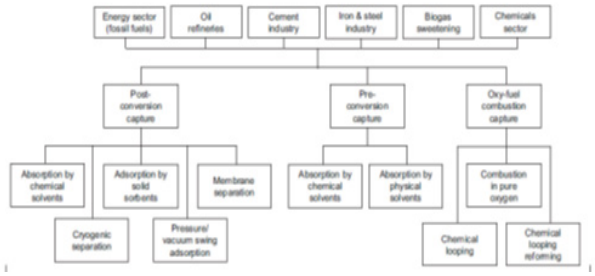
۲. راهبرد جذب پیش از احتراق : سوخت ابتدا طی فرآیند گازی‌سازی تبدیل به مخلوط دی اکسید کربن، منوکسید کربن و هیدروژن شده، سپس دی اکسید کربن جدا و هیدروژن به عنوان سوخت پاک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳. راهبرد اکسی فیول: سوخت در یک چرخه گاز دودکش که نسبت

به اکسیژن غلیظ است، سوزانده شده و گاز دودکشی با غلظت بالای دی اکسید کربن تولید می‌شود.

در شکل ۲ شماتیک کلی از گام‌های اصلی سه راهبرد فوق و در شکل ۳ مهمترین روش‌های ذیل هر راهبرد ذکر شده است (Cuéllar-Franca and Azapagic ۲۰۱۵).

شکل۲: شماتیک کلی گام‌های اصلی سه راهبرد جذب دی اکسید کربن



شکل۳: راهبردهای اصلی جذب دی اکسید کربن و روش‌های زیر مجموعه آنها

همانطور که در شکل اخیر نیز نشان داده شده، بطور بالقوه راهبردها و روش‌های جذب دی اکسید کربن می‌تواند در محدوده وسیعی از صنایع از جمله، صنایع انرژی، پالایش نفت، سیمان، فولاد و تولید مواد شیمیایی استفاده شود.

در قسمت‌های آتی، مشخصات، خصوصیات و چالش‌های راهبردهای فوق‌الذکر و روش‌های زیرمجموعه هر راهبرد به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

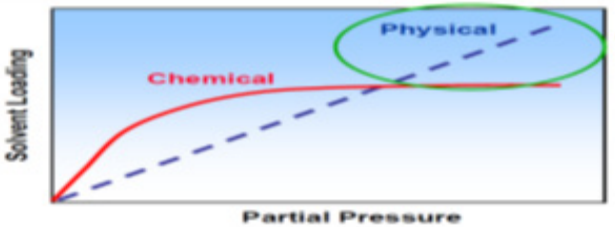
٤-١)راهبرد جذب پس از احتراق

این راهبرد، راهبردی است که بعضی از روش‌های آن تجاری شده و حاصل آن یك جریان دی اکسید کربن با خلوص بالاست. صرف نظر از نوع فرآیندهای مورد استفاده در راهبردهای ذکر شده در جذب کربن، راهبرد جذب پس از احتراق، یك تفاوت کلیدی با سایر راهبردها دارد و آن اینکه با توجه به ماهیت این راهبرد که جذب از گاز دودکش انجام می‌شود، کمترین تغییر در واحدهای بالادست را ایجاد نموده و به همین دلیل (صرف نظر از اینکه نسبت به سایر راهبردها بالغ‌تر و تجاری شده‌تر است) مناسب‌ترین راهبرد برای اضافه نمودن به واحدهای صنعتی و یا نیروگاهی در حال کار می‌باشد و مشکلات اینتگراسیون و یکپارچه‌سازی کمتری دارد (MacDowell et al. ۲۰۱۰).

مهمترین روش ذیل این راهبرد، جذب با حلال (فیزیکی و یا شیمیایی) است، لیکن توسعه و بسط روشهایی مانند جداسازی با غشاء، جذب سطحی و لوپ مواد شیمیایی در حال انجام است که منجر به بهبود کلی فرآیند خواهد شد (Nobuo Tanaka ۲۰۰۹). شرکت‌های متعددی در زمینه جذب پس از احتراق فعالیت داشته و با احداث واحدهای آزمایشی یا نمایشی سعی در تجاری سازی تکنولوژی های این راهبرد نموده‌اند، از این جمله هستند شرکت‌های آلستوم، دآو، پی.جی.ای، E.ON، آر.دبیلیو.آر ، استت اویل هیدرو، توتال، اندسا، هیتاچی و ...

٤-١-١)جذب با حلال

روش جذب با حلال، بویژه آمین‌ها، در حال حاضر نسبت به روش‌های دیگر عملکرد بهتر و راندمان بالاتری دارد. بطور کلی هنگامی که صحبت از جذب با حلال می‌شود، دو نوع جذب فیزیکی و جذب شیمیایی میسر می‌باشد. در جذب فیزیکی، دی اکسید کربن در حلال فقط بصورت فیزیکی و از طریق نیروهای جاذبه بین مولکولی (نیروهای واندروالس و یا الکترواستاتیک) حل می‌شود ولی در جذب شیمیایی، دی اکسید کربن با مولکول‌های جاذب ایجاد واکنش‌های نسبتاً قوی شیمیایی می‌کنند. هنگامی که غلظت دی اکسید کربن پایین باشد، ظرفیت جذب شیمیایی بالاتر است، در حالیکه در غلظت‌های بالا (فشار جزئی بالاتر دی اکسید کربن در مخلوط گازی)، این حلال‌های فیزیکی هستند که نتایج بهتری دارند. با توجه به ماهیت انحلال فیزیکی گاز در حلال، حلال‌های فیزیکی در فشار بالا و دمای پایین ظرفیت بالاتری از خود نشان می‌دهند (Koytsoumpa et al. ۲۰۱۸). در شکل ۴ بطور شماتیک تفاوت محدوده عملکرد حلال‌های فیزیکی و شیمیایی از نظر میزان ظرفیت یا لودینگ بر حسب فشار جزیی دی اکسید کربن بوضوح نشان داده شده است.



شکل۴: تفاوت محدوده عملکرد حلال‌های فیزیکی و شیمیایی بر حسب فشار جزیی دی اکسید کربن

حلال‌های فیزیکی ترکیباتی نظیر دی متیل اتر پلی اتیلن گلایکول (DEPG)، متانول، ان-متیل-۲- پیرولیدون (NMP) و پروپیلن کربنات (PC) می‌باشند. فرآیندهای مدرنی که از حلال فیزیکی استفاده می‌کنند شامل Purisol، Rectisol، Selexol، Fluor و

Morphysorb می‌باشند (Koytsoumpa et al. ۲۰۱۸). فرآیند Selexol که تحت لیسانس UOP LLC است از دی متیل اتر پلی اتیلن گلایکول و فرآیند Rectisol از متانول بعنوان حلال استفاده می‌کنند. بدیهی است استفاده موثر از این حلال‌ها بستگی به ترکیب درصد مخلوط گازی دارد. شبیه‌سازی فرآیند Selexol برای یک نیروگاه ذغال سنگی از نوعIGCC یا سیکل ترکیبی گازی سازی یکپارچه، نشان داده است که برای نیروگاه مذکور می‌توان جذب دی اکسید کربن با راندمان ۹۰ درصد، همراه با جذب ۹۹ درصدی سولفید هیدروژن انجام داد (Zoe Kapetaki et al. ۲۰۱۵).

بررسی تکنولوژی‌های جذب با حلال نشان می‌دهد، این حلال‌های شیمیایی بویژه آمین‌ها هستند که بیشتر مورد توجه بوده و تعداد زیادی از واحدهای جذب دی اکسید کربن با این حلال‌ها کار می‌کنند. در واقع، شستشو با آمین تجاری‌ترین روش جذب کربن تلقی شده و واحدهای کوچک و بزرگ بسیاری در جهان با این روش کار می‌کنند (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴). این روش در صنایع مختلف در اشل بالا مورد استفاده قرار گرفته است (MacDowell et al. ۲۰۱۰).

ساختار حلال‌های آمین و مکانیزم جذب: مکانیزم روش جذب با آمین، همان مکانیزم واحدهای حذف دی اکسید کربن در اکثر پالایشگاه‌های گازی است. جذب با آمین یا شستشو با آمین از روش‌هایی است که بطور وسیعی در جذب دی اکسید کربن از نیروگاه‌های زغال سنگی مورد استفاده قرار گرفته و داده‌ها و نیز نتایج ارائه شده عمدتاً در مورد این نوع منابع انتشار دی اکسید کربن می‌باشند (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴).

با در نظر گرفتن طبیعت روش جذب با حلال، فرایند استفاده از روش آمین مناسب جذب دی اکسید کربن از جریان های رقیق و کم فشار می‌باشد. این تکنولوژی قابل استفاده برای منابع بزرگ مقیاس و ثابت، و بویژه در حال کار و تولید کننده دی اکسید کربن می‌باشد (Perejón et al. ۲۰۱۶).

واکنش محلول آبی آمین با دی اکسید کربن یک واکنش شناخته شده است که مطالعات و آزمایش‌های زیادی در خصوص ترمودینامیک، مکانیسم و سینتیک آن انجام شده است. در خصوص انواع آمین، مشخصات آنها، اختلاط آمین ها، فرآیند جذب، ترمودینامیک، مکانیسم و سینتیک واکنش، نقش ممانعت فضایی در انتخاب آمین ها، مطالب جامعی در منابع مختلف ارائه شده است که به آنها ارجاع داده شده و در این گزارش بدلیل ماهیت آن، از بیان جزئیات این مباحث خودداری می‌گردد. (MacDowell et al. ۲۰۱۰; Edward B. Rinker et al. ۱۹۹۵; Daniel P. Hagewiesche et al. ۱۹۹۵; B.P. Mandal et al. ۲۰۰۱; Sanjay Bishnoi and Gary T. Rochelle ۲۰۰۰).

به هرحال، بررسی مکانیسم جذب دی اکسید کربن توسط آمین‌ها، اطلاعات مناسبی در خصوص نحوه انتخاب آمین بدست می‌دهد. خواص ترموفیزیکی نظیر تعادل فازی و آنتالپی جذب، اهمیت برجسته‌ای در پتانسیل این روش داشته و انتخاب یک مدل فیزیکی مناسب، اهمیت اساسی در موفقیت‌آمیز بودن مدلسازی فرآیند مذکور دارد. این مدل ترمودینامیکی یا خواص فیزیکی، باید برای همه فازها و نیز برای تعادلات شیمیایی در محدوده وسیعی از حالات ترمودینامیکی معتبر و قابل کاربرد باشد (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴). این مدلها معمولاً در یکی از سه دسته مدل‌های تجربی ، معادلات حالت و مدل‌های انرژی افزوده گیبس قرار می‌گیرند. اطلاعات بیشتر در خصوص مدل‌های ترمودینامیکی مورد نیاز برای طراحی فرآیند جذب دی اکسید کربن با حلال در مراجع مختلف وجود دارند. همچنین نرم‌افزارهایی مانند Aspen و HYSYS دارای بانک اطلاعاتی و مدلهای مناسب و قوی در این حوزه می‌باشند.

شرکت‌های مختلف بعضاً از فرمولاسیون و یا حلال اختصاصی خود برای واحدهای جذب تحت لیسانس خود استفاده می‌نمایند که در بخش‌های بعد بر حسب موضوع مورد اشاره قرار می‌گیرند (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴; MacDowell et al. ۲۰۱۰). در این خصوص، مخلوط دو یا چند آلکانول آمین بصورت تجاری مورد استفاده قرار گرفته است. از میان آمین های مورد استفاده، مونو اتانول آمین با توجه به سادگی فرمول شیمیایی و سابقه استفاده از آن بعنوان مبنا برای مقایسه سایر حلال‌ها استفاده میگردد. حلال‌های آمین بصورت محلول آبی در غلظت‌های مختلف (عمدتاً بسته به نوع حلال) استفاده می‌شود. بعنوان مثال، کاربرد مونو اتانول آمین بصورت محلول آبی ۳۰ درصد متداول است. علت این امر، محدودیتی است که بخاطر خوردگی ناشی از آمین‌ها و تخریب آنها ایجاد می شود (MacDowell et al. ۲۰۱۰)

لازم به ذکر است اگرچه مراحل اصلی فرآیند جذب دی اکسید کربن با آمین شامل دو قسمت جذب و دفع دی اکسید کربن می‌باشد ولی در عمل ممکن است عملیات دیگری در مراحل مختلف به فرآیند فوق اضافه شود، مانند شستشو با سدیم آلکالی بمنظور جذب SO_2 ، شستشو با آب و حذف آئروسل‌های همراه جریان (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴).

همانگونه که گفته شد از مزایای روشهای طبق بندی شده در راهبرد جذب پس از احتراق اینست که قابل اضافه کردن به واحدهای ساخته شده است، بدون اینکه تغییر زیادی در بالادست آن صورت گیرد. در خصوص روش جذب با حلال باید اضافه نمود، چه وقتی که به واحدهای موجود اضافه شود و چه هنگامی در

واحدهای جدید پیش‌بینی شود، انعطاف‌پذیری سیستم را دچار اختلال نمی‌کند (MacDowell et al. ۲۰۱۰).

چندین شرکت بین‌المللی فرآیند جذب دی اکسید کربن با حلال آمین را در اشل‌های بالا، تجاری‌سازی نموده‌اند، از جمله: فرآیند Crest شرکت‌های Kerr-McGee/ABB Lummus، فرآیند ECONAMINE شرکت Fluor Daniel، فرآیند KS-۱ شرکت‌های Mitsubishi Heavy Industries و Kansai Electric Power. علیرغم بالغ بودن تکنولوژی جذب با حلال، بزرگترین مسئله موجود در استفاده از آن، بغیر از مباحث اقتصادی افزایش مقیاس آن است (MacDowell et al. ۲۰۱۰).

چالش های استفاده از آمین: بعضی از چالش های عمده عملکرد روش جذب با حلال آمین عبارتند از (MacDowell et al. ۲۰۱۰): هزینه عملیاتی بالا (که قسمت عمده آن مربوط به افزایش مصرف انرژی در قسمت بازیابی حلال است)، سرمایه‌گذاری بالای مورد نیاز، انتشار مواد آلی فرار (VOC) که بخشی از مواد آمین مورد استفاده هستند، خوردگی تجهیزات توسط حلال و تخریب حرارتی و اکسیداسیونی آمین‌ها. آمین‌ها علاوه بر اینکه در معرض تخریب حرارتی هستند، در معرض اکسیژن، دی اکسید کربن و اکسیدهای گوگرد (SOX) تجزیه می‌شوند. وجود اکسیژن و اکسیدهای گوگرد در گاز دودکش محتمل است. بنابراین غلظت ترکیبات فوق و همچنین دمای عملیات (اعم از بخش جذب و یا دفع)، در میزان تخریب آمین‌ها پارامترهای مهمی محسوب می‌شوند. حتی جنس مواد بکار رفته در داخل برج (مانند آکندها) ممکن است در شیمی تخریب آمین‌ها مؤثر باشد (MacDowell et al. ۲۰۱۰).

بطور کلی آمین‌های نوع دوم پایدارتر از آمین‌های نوع اول می‌باشند. مشاهدات و تحقیقات نشان می‌دهند مکانیسم‌های تخریب در آمین‌های نوع اول، دوم و سوم دارای شباهتهایی هستند. محصولات اصلی تخریب حلال‌های آمین عبارتند از انواع آمین، اکسازولیدینون ، ایمیدازولیدینون مشتقات آمینواسید، اسیدهای کربوکسیلیک و ... که به نوع تخریب (حرارتی و یا اکسیداسیونی)، شرایط عملیاتی و حضور عوامل ثانویه بستگی دارد. در شرایط عملیاتی واقعی (نه آزمایشگاهی) که عواملی مانند اکسیژن، دی اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن (NOX)، اکسیدهای گوگرد و خاکستر وجود دارد، فرآیندهای تجزیه و تخریب آمین پیچیده‌تر شده و شناخت کمتری از آنها وجود دارد.

تخریب و تجزیه آمین‌ها از چند بعد قابل توجه است که بطور مختصر در اینجا عنوان می‌گردند: یکی اینکه، نیاز به ورود آمین جبرانی وجود دارد. بر این اساس، برآورد می‌شود برای جذب هر تن دی اکسید کربن به ۰/۳۵ تا ۲ کیلوگرم حلال نیاز باشد. بنابراین، هزینه قابل توجهی برای تهیه آمین جبرانی باید انجام شود. همچنین، از آنجا که دمای تخریب اکثر آمین‌ها پایین است، بازیابی آمین عمدتاً در دما و فشار نسبتاً پایین انجام می‌شود (حدود ۱۲۰ درجه سانتیگراد و ۲ مگاپاسکال). نتیجتاً فشاری که دی اکسید کربن در آن حاصل می‌شود، نسبت به فشار انتقال و ذخیره‌سازی آن پایین‌تر است که این امر به نیاز به تراکم مجدد دی اکسید کربن و هزینه‌های مترتب بر آن منجر می‌گردد (MacDowell et al. ۲۰۱۰).

از نظر زیست محیطی، در خصوص پروفایل و میزان انتشار حلال‌های مورد استفاده در جذب دی اکسید کربن و یا محصولات ناشی از تجزیه آنها در محیط زیست، اطلاعات زیادی موجود نیست. بسیاری از محصولات ناشی از تجزیه آمین‌ها (که طبق مطالب پیشین بعلت پیچیده بودن واکنش‌ها شناخت کاملی از آنها وجود ندارد) هم برای سلامت انسان و هم برای محیط زیست مضر هستند. طبق گزارش IEA، در فرآیند جذب با MEA به ازای هر تن دی اکسید کربن جذب شده، ۰/۰۰۳۲ تن از حلال مذکور به هوا وارد می‌شود که با توجه به حجم تولید و میزان قابل جذب دی اکسید کربن در یک نیروگاه بزرگ، مشخص می‌شود که نرخ آمین وارد شده به هوا چه عدد قابل توجهی است. مسائل زیست محیطی مربوط به این حوزه زیاد است؛ مثلاً آیا آمین یا محصولات ناشی از تجزیه آنها پس از ورود به محیط در جایی نزدیک منبع انتشار ته نشین می‌شوند؟ آیا مواد منتشره تحت تأثیر شرایط آب و هوایی دچار تغییر شیمیایی مجدد می‌گردند؟ و .... بدلایل گفته شده، تعیین مقررات زیست محیطی برای این مواد از اهمیت زیادی برخوردار است. همچنین، اکثر مواد مورد استفاده در جذب دی اکسید کربن بشدت قطبی بوده و لذا بسادگی در آب حل می‌شوند. انتشار این مواد به محیط که ممکن است علاوه بر فراریت آنها بدلیل اشتباهات انسانی نیز رخ دهد، باعث حل شدن در آب‌های محیط بویژه آب باران شده و بسرعت وارد چرخه آب و بیوسفر می شوند. همچنین محصولات ناشی از تجزیه آمین‌ها مانند آلدئیدها و آمیدها بطور بالقوه سرطانزا هستند (MacDowell et al. ۲۰۱۰). همانگونه که گفته شد، آمین ها به راحتی می توانند بدلیل فراریت در آب های محیط حل شده و وارد چرخه آب و بیوسفر شوند. با توجه به این موارد، پارامتر فراریت آمین در انتخاب آن بعنوان جاذب دی اکسید کربن بسیار مهم است.

پتانسیلهای بهبود تکنولوژی جذب با آمین: همانگونه که گفته شد، فرآیند جذب با حلال کاملاً شناخته شده است و بعید بنظر می‌رسد نوآوری عمده‌ای مثلاً در طراحی فرآیند و یا تجهیزات داخلی ستون‌ها مانند اکند آن رخ دهد. بنابراین، بنظر می‌رسد هرگونه بهبود در این فرآیند از نوع تدریجی و اندک باشد. مهمترین بهبود جهت کاهش هزینه‌های این روش به طراحی و یا انتخاب حلال (و یا

مخلوط حلال‌ها) بر می‌گردد چرا که نوع حلال است که ترمودینامیک و سینتیک فرآیند، اثرات زیست محیطی و همچنین خصوصیاتی نظیر خورندگی، فراریت و تجزیه‌پذیری آن را تعیین می‌کند. با توجه به این موارد می‌توان گفت، انتخاب حلال برای جذب دی اکسید کربن یک مسئله ساده نیست. با توجه به ماهیت و تعداد آمین‌های موجود، انتخاب مخلوطی از حلال‌ها گزینه واقع‌گرایانه‌تری نسبت به یافتن حلالی که به تنهایی خواصی بهتر از حلال‌های استفاده شده داشته باشد، است. معمولاً مخلوط MEA که تمایل بیشتری به تخریب و خورندگی دارد با سایر آمین‌ها که تمایل کمتری به تخریب و خورندگی دارند، نتایج بهتری نسبت به MEA تنها بدست می‌دهد. در اینصورت شاید بتوان انتظار داشت غلظت آمین در محلول آبی نسبت به MEA تنها بالاتر برود (MacDowell et al. ۲۰۱۰).

طبق داده‌های مربوط به انرژی مورد نیاز برای بازیابی، استفاده از حلال MEA در پروژه‌های بزرگ CCS به لحاظ نیاز به انرژی زیاد برای بازیابی محتمل نیست. انرژی بازیابی MEA حدود ۴ مگاژول به ازای هر تن دی اکسید کربن است، در حالیکه حلالهایی مانند پیپرازین و یا حلال های اختصاصی Linde/BASF با انرژی ۲/۵ تا ۳ مگاژول به ازای هر تن دی اکسید کربن جذب شده، مناسب‌تر هستند. انرژی بازیابی این حلال‌ها، به چرخه کلسیم نزدیک‌تر و با آن قابل رقابت است (Leeson et al. ۲۰۱۷).

از بهبودهای دیگری که می‌توان در مورد جاذب دی اکسید کربن به آنها توجه کرد، استفاده از مواد افزودنی است: افزودن موادی نظیر آلکانول‌ها که حاوی گروه هیدروکسیل (OH-) هستند، باعث افزایش حلالیت دی اکسید کربن در فاز مایع و کاهش انرژی لازم برای احیاء جاذب می‌گردد. نمونه این آلکانول‌ها، متانول است که یک آلکانول با زنجیره کوچک می‌باشد (MacDowell et al. ۲۰۱۰). یادآوری می شود متانول به تنهایی بعنوان یک حلال فیزیکی برای جذب دی اکسید کربن می تواند استفاده شود.

آمین‌ها با ممانعت فضایی، بدلیل تشکیل کاربامات ضعیف که به کربنات تبدیل می شود، هم ظرفیت بالاتری برای جذب دی اکسید کربن دارند و هم انرژی کمتری برای احیاء (بر حسب انرژی مورد نیاز به ازای هر مول دی اکسید کربن جذب شده) نیاز دارند اما اشکال این نوع آمین طبق آنچه گزارش شده اینست که بدلیل آزاد کردن دی اکسید کربن در فشار پایین‌تر در بخش احیاء، نیاز به کار انجام شده بیشتری در جهت تراکم دی اکسید کربن به فشار مورد نیاز، وجود دارد. بررسی مکانیسم واکنش جذب دی اکسید کربن توسط آمین‌های نوع اول و دوم نشان می‌دهد که اگرچه جذب دی اکسید کربن باتشکیل کاربامات رخ می‌دهد، لیکن امکان تبدیل کاربامات به بیکربنات طی واکنش هیدرولیز، مجدداً باعث آزاد شدن آمین (در همان برج جذب) می‌گردد که در کل باعث افزایش راندمان جذب دی اکسید کربن توسط آمین می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد در مورد آمین‌هایی که دارای ممانعت فضایی نیستند، تبدیل کاربامات به بیکربنات فقط در غلظت‌های بالای دی اکسید کربن در فاز مایع اهمیت می‌یابد، اما در مورد آمین‌های با ممانعت فضایی نظیر ، گروه متیل موجود بطرز قابل توجهی پایداری کاربامات را کاهش داده و به واکنش مطلوب تبدیل کاربامات به بیکربنات و متعاقباً به افزایش ظرفیت جذب توسط حلال منجر می‌گردد (MacDowell et al. ۲۰۱۰).

حلال دیگری که بعنوان یک ترکیب آمینی توجهات را برای جذب دی اکسید کربن به خود جلب کرده است آمونیاك است. می‌توان گفت آمونیاك دارای گروه آمینی است. این ماده علاوه بر دی اکسید کربن قابلیت جذب سایر گازهای اسیدی مهم مانند NOX و SOX را داراست و از آنجا که این گازها در خروجی دودکش تولید کننده دی اکسید کربن نیز وجود داشته و برای آنها نیز مقررات زیست محیطی وجود دارد، لذا جذب همه این گازها توسط یك فرایند واحد می‌تواند از نظر اقتصادی مناسب بوده و پیچیدگی کمتری در کنترل انتشار آلاینده‌ها داشته باشد. آمونیاك بر خلاف آمین‌ها از تخریب بویژه در تماس با دی اکسید کربن، NOX و SOX در امان بوده، باعث خوردگی تجهیزات نمی‌گردد و بنظر می رسد انرژی کمتری برای کل فرایند جذب دی اکسید کربن لازم داشته باشد. شرکت Alstom تحقیقاتی در زمینه تجاری سازی استفاده از آمونیاك بعنوان جاذب دی اکسید کربن در اشل‌های بزرگ انجام داده است. فرآیند مذکور در مرحله جذب در دمای ۰ تا ۱۰ درجه سانتیگراد انجام شده و از آنجا که دفع دی اکسید کربن در فشار ۳ مگاپاسکال انجام می‌گردد، انرژی قابل توجهی در متراکم‌سازی دی اکسید کربن به فشار مناسب برای انتقال، صرفه‌جویی شده و لذا پنالتی انرژی فرآیند نسبت به فرآیند آمین کمتر است.

از لحاظ مصرف انرژی نیز در طول سال‌های گذشته جنبه‌های مختلف فرآیند جذب با حلال بهبود یافته‌اند که در مراجع مورد تحلیل قرار گرفته است (Boot-Handford et al. ۲۰۱۴). تحقیقات بیشتری در خصوص انتخاب حلال هایی که انرژی کمتری برای احیا لازم دارند، ریسک خوردگی پایین تری دارند و اتلاف کمتری در لوپ حلال از خود نشان می‌دهند، از زمینه های تحقیق در این حوزه می باشد (Nobuo Tanaka ۲۰۰۹).

سایر روش ها و راهبردهای جذب کربن و نیز مقایسه ی تحلیل و روش شناسی، همچنین مراجع و منابع در شماره های آتی ماهنامه ی تخصصی ایفاد خواهد شد.

گزارش تحلیلی . . .

نظم کنونی انرژی

آینده نگاری و سناریوسازی در شرکت‌های برتر نفتی دنیا: بریتیش پترولیوم و پترو براس

زهره یوسفیان ملا، عرفان ریاحی سامانی – اداره کل امور فناوری معاونت مهندسی، پژوهش و فناوری

مقدمه:

امروزه دانش آینده‌پژوهی از مهم‌ترین ابزارهای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری است که با نگاه دقیق نسبت به رویدادها، فرصت‌ها، ابهامات، تردیدهای فرساینده و مخاطرات احتمالی به دنبال کشف آینده در ایجاد دنیای مطلوب فرد می‌باشد. در این راستا، آینده نگاری نیز با نگاهی نظام مند به آینده و با استفاده از ابزار کمی و کیفی در پی شناخت و ارزیابی اطلاعات حاصل از نگریستن به پیش رو و شناسایی پژوهش استراتژیک و پیوند مستقیم با تحلیل مفاهیم ضمنی خط مشی‌ها خواهد بود. نکته حایز اهمیت آن است که آینده نگاری پیش بینی نبوده و بیش از این که علم دقیق باشد، هنر است.

حال آنکه از نظر مایکل پورتر[1] سناریو دیدی مستمر و متمرکز نسبت به آینده احتمالی، و نه پیش بینی آن می‌باشد. لذا سناریوها اتفاقاتی محتمل می‌باشند که به عنوان داستان‌هایی موازی در خصوص چگونگی ظهور آینده می‌توانند بر اساس روش‌های جاری و منابع سازمانی، کاملاً کیفی یا به‌شدت کمّی باشند.

در این نگارش سعی‌شده است روش‌های آینده نگاری و سناریو نویسی دوشرکت برتر نفتی جهان "بریتیش پترولیوم و پتروبراس" مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

آینده نگاری شرکت بریتیش پترولیوم در چشم انداز انرژی ۲۰۳۵ و چالش‌های پیش رو

رئیس اجرایی شرکت بریتیش پترولیوم[2] (BP)، در اجلاس معرفی و بررسی چشم انداز مذکور که در تاریخ ژانویه ۲۰۱۴ برگزار گردید ضمن معرفی این چشم انداز، در میان بحث و بررسی مطالب گوناگون، پرسش‌هایی به‌شرح ذیل مطرح نمود:

۱ـ آیا منابع کافی برای تامین تقاضای فزاینده انرژی جهان در دسترس است؟

۲ـ آیا می‌توان تقاضای انرژی جهان را با اطمینان خاطر تامین نمود؟

۳ـ تامین انرژی جهان چه پیامدهایی خواهد داشت؟

پاسخ به پرسش اول مثبت بوده است. به عبارت دیگر، از نظر آن شرکت، نگرانی‌های گذشته در مورد اوج تولید نفت خام از میان رفته و فناوری‌های جدید راه را برای کارآیی بیشتر انرژی و افزایش برداشت از منابع موجود گشوده و منابع جدید دیگری مانند تولید گاز از سنگ رسی و نفت خام محبوس در سنگ و میادین اعماق دریاها را نیز در دسترس قرار داده است. در مورد سهم حامل‌های انرژی اولیه در سبد انرژی جهان، باید گفت که چشم‌انداز انرژی این شرکت نشان می‌دهد تنوع منابع ادامه خواهد یافت و جهان برای اولین بار پس از گذر از دوران وابستگی به سوخت‌هایی همچون چوب، ذغال سنگ و نفت خام، به دورانی خواهد رسید که در آن هیچ یک از سوخت‌های فسیلی ارجحیتی بر سایر سوخت‌ها نخواهد داشت. شرکت BP، به چشم انداز تقریبا یکسان عرضه و تقاضای سه حامل انرژی اولیه گاز طبیعی، زغال سنگ و نفت خام در سال ۲۰۳۵ اشاره دارد که هریک در حدود ۲۷ درصد از کل انرژی اولیه جهان را در آن سال به خود اختصاص خواهند داد و سهم انرژی‌های جایگزین نیز نسبتا افزایش خواهد یافت؛ به طوری که، انرژی هسته ای، برق ـ آبی و سایر انرژی‌های جایگزین، هریک در حدود ۵ تا ۷ درصد از سبد انرژی را اشغال خواهند کرد.

همچنین در گزارش دیگری از این شرکت آمده است: در حالی که در سال ۱۹۸۰ تصور می‌شد ذخایر موجود نفت خام فقط تا ۳۰ سال کافی خواهد بود و در سال ۲۰۱۰ به اتمام می‌رسد، در این سال به علت اکتشافات جدید، افزایش ضریب برداشت و استفاده از فناوری‌های شناخته‌شده فعلی، هنوز برای ۵۴ سال دیگر ذخایر قابل برداشت وجود خواهد داشت.

در پاسخ به پرسش دوم، شرکت مذکور ضمن پذیرفتن چالش‌های موجود، نسبت به آینده و تامین تقاضای انرژی مورد نیاز جهان خوش بین می‌باشد. از نظر این شرکت، بسیاری از کشورها همچون آمریکا و هند در زمان حال یا آینده اقدام به استخراج منابع خود خواهند نمود.

در این راستا، شرکت BP قرارداد مهمی را در دسامبر سال ۲۰۱۳ با دولت عمان منعقد نموده است که بر طبق آن قرارداد، در این کشور به توسعه میدان گاز محبوس در سنگ مخزن خواهد پرداخت تا در شرایطی که تقاضای جهانی انرژی تا سال ۲۰۳۵، به میزان ۴۱ درصد افزایش خواهد یافت، آسیا بتواند با بالاترین نرخ رشد، بزرگترین تولیدکننده حامل‌های انرژی باشد. به علاوه، اجرای پروژه عظیم انتقال گاز طبیعی از شاه دنیز آذربایجان در دریای خزر از طریق خط لوله دالان جنوبی به اروپا و ساخت خط لوله انتقال گاز طبیعی در حجم بسیار بالا از روسیه به چین از دیگر مواردی است که می‌توان به آنها به منظور تامین انرژی مورد نیاز جهان اشاره کرد.

در پاسخ به پرسش سوم و پیامدهای تامین انرژی جهان، BP معتقد است در حالی که به علت تحولات فناوری و شیوه تولید و مصرف، شدت انرژی یا میزان وابستگی تولید ناخالص داخلی به مصرف انرژی از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۵ به اندازه ۳۶ درصد کاهش خواهد یافت (۱/۹ درصد در سال) و انتشار کربن نیز نسبت به گذشته کاهش یافته است؛ ولیکن همچنان سخت ترین چالش جهان تامین انرژی پایدار خواهد بود، زیرا میانگین رشد سالانه حدود ۱/۱ درصد در چشم انداز ۲۰۳۵، نسبت به اهداف مورد انتظار مراکز علمی و سیاستگذاری تفاوت داشته و تنها با اندکی تفاوت نسبت به رشد تقاضای انرژی به رشد خود ادامه خواهد داد. در چشم انداز BP، رشد تقاضا در دهه ۲۰۱۵ ـ ۲۰۰۵ معادل ۲/۲ درصد، و با یک روند کاهشی در دهه ۲۰۲۵ ـ ۲۰۱۵ و دهه ۲۰۳۵ ـ ۲۰۲۵ به ترتیب ۱/۷ درصد و ۱/۱ درصد فرض شده است. بنابراین میانگین رشد تقاضای انرژی در چشم انداز ۲۰۳۵ شرکت BP معادل ۱/۵ درصد است.

چالش‌های انرژی جهان از نظر شرکت بریتیش پترولیوم

در این میان، چالش‌ها و موانع بسیاری وجود دارد که به‌شدت بر میزان

1.Michael Porte
2.British Petroleum

تقاضا و تامین انرژی در سرتاسر دنیا تاثیر گذار خواهند بود. برخی از این چالش‌ها، از نظر شرکت مزبور عبارتند از:

الف- تولید ناخالص داخلی و انرژی: یکی از مهم‌ترین چالش‌های انرژی جهان توزیع جغرافیایی غیر یکنواخت منابع نسبت به مراکز مصرف و تولید ناخالص داخلی و انرژی است. چشم انداز تفاوت تولید و مصرف انرژی در مناطق مختلف جهان حاکی از آن است که روابط تجاری انرژی تا سال ۲۰۳۵ به طور چشمگیری تغییر خواهد کرد. برای مثال، وضعیت آمریکای شمالی از واردکننده خالص انرژی به صادرکننده خالص تغییر خواهد کرد. در همین حال، افزایش نیاز وارداتی انرژی آسیا ادامه خواهد یافت. ۷۰ درصد از واردات خالص بین مناطق در سال ۲۰۳۵ و تقریبا کل رشد تجارت انرژی جهان تا این سال متعلق به آسیا خواهد بود. در میان صادرکنندگان، خاورمیانه همچنان بزرگترین منطقه به لحاظ صادرات خالص انرژی ماندگار خواهد بود، اما سهم آن از ۴۶ درصد در سال ۲۰۱۲ به ۳۸ درصد در سال ۲۰۳۵ کاهش خواهد یافت. روسیه نیز بزرگترین کشور صادرکننده انرژی باقی خواهد ماند. در چشم انداز BP، آمریکای شمالی تا سال ۲۰۱۸ در حد پایین واردات و صادرات انرژی و پس از آن در بالای آن حد قرار خواهد گرفت.

ب- چالش‌های زیست محیطی: اگرچه چالش‌های زیست محیطی و تغییرات آب و هوایی موضوعاتی هستند که پیامدهای آن در دراز مدت مشخص می‌شود، ولیکن هرسال که می‌گذرد، جوامع با مشکلات بیشتری در این زمینه روبه رو خواهند شد. برای مثال، در سال ۲۰۱۰، میزان انتشار گاز کربن دی اکسید در جهان به حدود ۳۳ درصد بالاتر از میزان تولید این گاز در سال ۱۹۹۷ رسید. لذا دانشگاهیان کشورهای گروه هشت به اتفاق به این نتیجه رسیده بودند که انجام اقدامات احتیاط آمیز ضروری است. در این راستا، گروهی از شرکت‌های نفتی مطرح از جمله سعودی آرامکو، شرکت ملی نفت چین (سی‌ان‌پی‌سی) و اکسون موبیل آمریکا برای نخستین بار اهداف خود را در طرحی تحت عنوان "طرح آب و هوا، نفت و گاز[1]" برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به نسبت سطح تولید، مشخص نمودند. اعضای این طرح توافق نمودند که میانگین حجم کربن منتشر شده در عملیات نفت و گاز بالا دست خود را تا سال ۲۰۲۵ به معادل ۲۰ تا ۲۱ کیلوگرم کربن دی اکسید کربن برای هر بشکه نفت کاهش دهند، این در حالی است که خط پایه این رقم در سال ۲۰۱۷ معادل ۲۳ کیلوگرم کربن دی اکسید برای هر بشکه نفت بوده است. باب دادلی (مدیر طرح آب و هوا، نفت و گاز و مدیر عامل پیشین BP) در این باره اظهار می دارد: «این تصمیم یک نقطه عطف قابل توجه است، پایان کار نیست، هدفی کوتاه مدت است و آن را تعدیل خواهیم کرد. اعضا بر روشی مشترک برای محاسبه شدت کربن توافق کردند و این اهداف می‌توانند در آینده به دیگر بخش‌ها مانند گاز طبیعی مایع شده و پالایش نیز تعمیم داده شوند.». همچنین این طرح، تحت الشعاع برنامه‌های بلند پروازانه تر اعضای اروپایی این ائتلاف از جمله شرکت انگلیسی- هلندی شل، برتیش پترلیوم انگلیس و توتال فرانسه که به طور جداگانه تنظیم شده، قرار گرفته است.

براساس گزارش بریتیش پترولیوم انتظار می رود گاز کربن دی اکسید در جهان به میزان ۲۹ درصد افزایش پیدا کند و بخش عمده‌ای از این افزایش از کشورهای نوظهور خواهد بود؛ اما زمینه‌هایی برای خوش بینی وجود دارد. انتشار کربن نسبت به سطوح سال ۱۹۹۵ در آمریکا به مدد افزایش کارآیی انرژی و تغییر نیروگاه‌های زغال سنگی به گاز طبیعی کاهش یافته است.

پ- موازنه خالص انرژی‌های اولیه: در گزارش‌هایی از BP، وضعیت و چشم انداز توزیع جغرافیایی و موازنه واردات و صادرات سه حامل انرژی اولیه اصلی (نفت خام، گاز طبیعی و ذغال سنگ) ارائه شده است. بر این اساس، واردات و صادرات سه انرژی اولیه در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۳۰ در کشورها و مناطق مختلف جهان، با یکدیگر قیاس شده اند. همانطور که در متون آورده شده است، صادرات خاورمیانه به ویژه در نفت خام، صادرات روسیه بیشتر در گاز و سپس در زغال سنگ و نفت خام، و صادرات آفریقا با نسبت‌های کوچک تر در هر سه حامل انرژی افزایش می‌یابد. صادرات آمریکای لاتین نیز اندکی افزایش می‌یابد و در آمریکای شمالی نیز قطع واردات و اندکی صادرات در هر سه حامل انرژی دیده می‌شود. صادرات آمریکای شمالی از پدیده استخراج گاز طبیعی و مایعات سبک از سنگ‌های رسی در آمریکا و مایعات فوق سنگین در کانادا سرچشمه می‌گیرد. قابل توجه آن است که اگرچه احتمال افزایش تولید و صادرات گاز و مایعات آمریکا از سنگ‌های رسی وجود دارد اما از قوت و شفافیت کافی برخوردار نیست، زیرا ملاحظات زیست محیطی موانعی را در افزایش تولید و نیز قوانین آمریکا محدودیت‌هایی را در صادرات ایجاد می‌نماید. همچنین دیده می‌شود که واردات آسیا (چین و هند) به‌شدت، و واردات سایر کشورهای اقیانوس آرام و اروپا اندکی افزایش خواهد یافت. شرکت بریتیش پترولیوم در نسخه به روز شده گزارش خود به نام "چشم انداز انرژی ۲۰۳۵" در ۱۸ مارس ۲۰۱۴ اعلام داشته است که انتظار می رود گاز طبیعی رو به رشد ترین منبع انرژی جهان تا سال ۲۰۳۵ باشد. بر این اساس، پیش بینی می‌شود بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۵ تقاضای گاز طبیعی به طور متوسط سالانه ۱/۹ درصد افزایش یافته و از دیگر منابع انرژی پیشی بگیرد که در این صورت احتمال می رود این امر سبب افزایش بهای گاز طبیعی از جمله ال ان جی شود. قطر بزرگترین صادرکننده ال ان جی جهان است. در گزارش بریتیش پترولیوم پیش بینی شده که از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۳۵ مصرف انرژی جهان ۴۱ درصد افزایش می‌یابد. احتمالا بیش از ۹۵ درصد این رشد تقاضا از جانب بازارهای نوظهور مانند چین و هند خواهد بود به طوری که این کشورها در مجموع حدود یک چهارم تقاضای انرژی جهان را تا سال ۲۰۳۵ به خود اختصاص خواهند داد. این در حالی است که انتظار می رود مصرف انرژی در کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی به کندی افزایش پیدا کرده و در سال‌های پایانی این بازه زمانی شروع به کاهش نماید.

بی شک کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی به لحاظ مصرف سوخت در حال کارآمدترشدن هستند و درآمد بیشتری را از طریق انرژی به دست خواهند آورد که به کاهش تقاضای انرژی آنها خواهد انجامید. انتقال از اقتصاد صنعتی به خدماتی، افزایش یکپارچگی جهانی، تجارت پذیری سوخت در مرز و تداوم ارتقای تکنولوژیکی در کنار حذف یارانه‌های سوخت و سیاست‌های اتخاذ شده برای افزایش کارایی سوخت همگی بیانگر این هستند که شدت انرژی کاهش خواهد یافت.

1.OGCI

برای پاسخ به افزایش تقاضای انرژی جهان، ترکیب عرضه در حال تغییر به‌سمت گاز طبیعی است. سوخت‌های فسیلی همچنان پرمصرف ترین منابع انرژی خواهند بود. نفت، گاز و زغال‌سنگ انتظار می‌رود که هر یک حدود ۲۶ تا ۲۷ درصد بازارهای انرژی را تا سال ۲۰۳۵ به خود اختصاص دهند و سوخت‌های غیرفسیلی مانند انرژی هسته‌ای، انرژی برق آبی و انرژی‌های تجدیدپذیر، هر یک ۵ تا ۷ درصد بازار را به خود اختصاص خواهند داد. در میان سوخت‌های فسیلی گاز طبیعی رو به رشد ترین حامل می‌باشد، زیرا به‌شکل روزافزونی به عنوان جانشین پاک‌تر از زغال سنگ، برای نیروگاه‌ها و دیگر بخش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در همین حال پیش بینی می‌شود سهم زغال‌سنگ که در حال حاضر بالاترین رشد را دارا می باشد، به‌سرعت کاهش یابد؛ به طوری که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۵ زغال‌سنگ رشد کمتری را نسبت به نفت داشته و تنها از انرژی برق ـ آبی پیشی گیرد.

در مورد گاز طبیعی نیز تصور آن است که رو به رشد ترین سوخت فسیلی در این بازه زمانی باشد به طوری که انتظار می‌رود کشورهایی همچون هند و چین در مجموع ۷۸ درصد رشد تقاضای گاز طبیعی را به خود اختصاص دهند. در این شرایط، پیش بینی می‌شود که صادرات ال.ان.جی دو برابر مصرف گاز افزایش یافته و این افزایش سالانه زیاد خواهد بود. همچنین انتظار می‌رود میدان‌های شیل گازی ۲۱ درصد گاز جهان و ۶۸ درصد گاز تولیدی آمریکا را تا سال ۲۰۳۵ تامین نمایند. چنین تقاضای بزرگی احتمالا فشار روی قیمت‌های گاز طبیعی از جمله ال.ان.جی را افزایش خواهد داد و قطر احتمالا از این تحولات نفع بسیاری خواهد برد. همچنین عربستان‌سعودی که از نظر تولید نفت با آمریکا و روسیه بر سر جایگاه نخست دنیا در حال رقابت بوده و از حیث صادرات، رتبه اول جهان را در اختیار دارد، وضعیت مشابهی در تولید و صادرات گاز ندارد اما برنامه‌های بلندپروازانه‌ای برای این بخش هم اعلام نموده که بایستی بررسی بیشتری در این خصوص صورت پذیرد. در حال حاضر، این کشور رتبه نهم تولید گاز دنیا را دارد اما می‌خواهد تا سال ۲۰۳۰ با بهره‌برداری و افزایش تولید از میدان شیل گازی جفوره در شرق این کشور، به رتبه سوم دنیا یعنی جایی که ایران پس از آمریکا و روسیه ایستاده است، برسد.

تجربیات شرکت پترو براس در خصوص آینده نگاری کاربرد نوآوری تکنولوژی در انرژی

اقدامات شرکت ملی نفت برزیل (پترو براس) در حوزه‌های نفت، گاز، انرژی حرارتی، انرژی تجدیدپذیر، توسعه زیست محیطی و توسعه پایدار به عنوان یک تجربه موفق در این حوزه، ناشی از طرح ریزی راهبردی و آینده پژوهی بوده است. نکته حائز اهمیت آن است که فرایند آینده نگاری در شرکت پتروبراس از طریق تعامل بین دانشگاه‌های برزیل و شرکت‌های مشاوره ای بین المللی انجام شده است.

مساله اصلی این شرکت که منجر به آینده نگاری شده است پاسخ گویی به این سوال بوده است که «شرکت پترو براس چه فرایندهایی را و چگونه بایستی اجرا و مدیریت کند تا به نحو مطلوبی از تکنولوژی های جدید و نوآوری‌ها یتکنولوژیک برای تحقق چشم انداز خود و خلق کسب و کاری پایدارتر بهره برد؟»

مزیت آینده نگاری در این شرکت، استفاده از ابزارهای تصمیم‌ساز برای تدوین استراتژی تکنولوژی و همچنین ارائه بازخورد به برنامه ریزی استراتژیک آن شرکت می‌باشد. مهم ترین دلایلی که شرکت پترو براس به آینده نگاری به عنوان یک فرایند مستمر در شرکت خود، توجه نموده است عبارتند از:

۱. شرکت نمی‌توانست به طور صریح بازخورد دانش حاصل از توسعه تکنولوژیک را در فرآیند برنامه ریزی استراتژیک خود در نظر گیرد.

۲. الگوی نسل سوم تحقیق و توسعه، به علت تأکید بر هم‌سویی تکنولوژی‌ها با اهداف کسب و کار، متمایل به انتخاب محافظه کارانه پروژه‌ها است. حال آنکه در تصویر جدید این شرکت، برپایداری، ثبات و مسئولیت اجتماعی تاکید ویژه ای شده است که تحقق آنها مستلزم بهبود فرآیندهای برنامه ریزی تحقیق و توسعه است. در این زمینه انجام یک فرآیند آینده نگاری به منظور درک بهتر شرایط محیط رقابت و مسیرهای توسعه تکنولوژی بسیار راهگشا است. انجام این فرآیند آینده نگاری، سبب‌شناسایی کسب و کارهای جدید و فرصت‌ها شده و در ایجاد آینده مطلوب شرکت بسیار مؤثر است.

۳. در فرآیند سازماندهی مجدد شرکت پترو براس، در سال ۱۹۹۹، مشخص گردید به رغم موفقیت مدیریت تحقیق و توسعه در پشتیبانی از عملیات کسب و کار، ترکیب بهینه سرمایه گذاری‌های شرکت در پروژه‌های تحقیق و توسعه، به میزان قابل توجهی محافظه کارانه است. دلیل عمده این مسأله حجم زیاد سرمایه گذاری و به تبع آن تقاضای زیاد برای تکنولوژی مورد نیاز بود که منجر به تحمیل نگرش میان مدت به تکنولوژی می‌گردید. به عبارت دیگر، هزینه بر بودن تکنولوژی‌ها و سرمایه محدود شرکت در کنار تقاضاهای زیاد روزانه برای پشتیبانی تکنولوژیک از عملیات کسب و کار، منجر به فراموشی تقاضاهای تکنولوژیکی آینده می‌شد.

۴. کسب جایگاه مناسب در محیط رقابت برای شرکت پترو براس، مستلزم گسترش افق‌های آینده و لحاظ نگرش بازار و مشتری در مورد خدمات و محصولات شرکت بود. از این رو هدایت یک پروژه آینده نگاری، فهم بهتر از محیط رقابتی شرکت، شناسایی فرصت‌های معطوف به کسب و کار پایدار و شناسایی بازارهای جدید بر پایه انتظار از مسیرهای توسعه تکنولوژی را به همراه داشت.

در راستای رفع مشکلات و نارسایی‌های یاد شده، پس از انجام مطالعات گسترده، ابتدا یک کمیته مشترک با مدیریت مرکز تحقیقات و حضور عمده مدیران اجرایی شرکت با هدف نظارت و یکپارچه نمودن استراتژی‌های تکنولوژی در همه حوزه‌های کسب و کار، با عنوان کمیته تکنولوژی شرکت پترو براس به وجود آمد. علاوه بر این اقدام، یک مرکز تحقیقات در برزیل، پروژه ای با هدف گسترش افق دید نسبت به روندهای تکنولوژی و کسب و کار و ارائه بازخورد به کمیته تکنولوژی شرکت پترو براس را آغاز نمود. این طرح توسط مرکز مدیریت و مطالعات راهبردی وزارت علوم و تکنولوژی برزیل پایه گذاری شده است. شرکت پترو براس در این تجربه آینده نگاری با رویکردی یکپارچه، در سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶، بخش‌های نفت، گاز، انرژی‌های تجدید پذیر، محیط زیست و توسعه پایدار را طي مراحل ذیل و به سه روش آینده نگاری"، مشتمل بر «سناریوسازي، دلفی و نگاشتن مسیر تکنولوژی» مطالعه و بررسي نمود.

۱. تعریف هدف برای آینده نگاری تکنولوژی و تعیین اولویت‌ها و حوزه‌های آینده نگاری؛

۲. پیش آینده نگاری که شناسایی جدیدترین تکنولوژی‌های جهانی،

روندهای مهم تکنولوژی و تحرکات استراتژیک را در بر خواهد گرفت؛

۳. آینده نگاری که شامل انجام دادن یک تحقیق دلفی با بهره گیری از نظرات مدیریت ارشد و پرسنل فنی و انضمام نتایج این تحقیق با سناریوی مرجع شرکت و سناریوهای متمرکز و وابسته به حوزه های کسب و کار است؛

۴. تشکیل سمینارهای خارج از شرکت که شامل برگزاری چهار جلسه با حضور حدود ۳۰۰ نفر در هر جلسه بود. قابل ذکر است که این جلسات توسط مشاورین خارج از شرکت هدایت شده بود و کارکنان فنی شرکت پترو براس، دانشگاه‌های برزیل و نهادهای دولتی ذیربط برزیل، گرد هم می‌آمدند؛

۵. سناریوسازی برای افق‌های زمانی مختلف، از جمله سال ۲۰۳۰ که به وسیله آن بر اساس پیشران‌های کلیدی آینده در مورد فرصت‌ها و چالش‌های تکنولوژی شرکت تصویرسازی می‌شد؛

۶. نگاشتن مسیرهای تکنولوژی در حوزه‌های مختلف کسب و کار شرکت پترو براس؛

۷. تصمیم گیری از طریق برگزاری سلسله جلساتی به منظور تحلیل دستاوردهای آینده نگاری و برگزاری دو جلسه در کمیته تکنولوژی شرکت پترو براس به منظور شناسایی فرصت‌های تکنولوژیک.

نتیجه گیری

امروزه ابزار بسیار موثر در تدوین استراتژی‌های تکنولوژی صنعت نفت، با سرعتی بی‌سابقه در کشورها و شرکت‌های موفق در حال پیگیری و اجرا است. در این راستا، فواید حاصل از انجام آینده نگاری تکنولوژی برای سیاستگذاران عرصه تکنولوژی آن چنان ارزشمند است که نمی‌توانند چگونگی انجام این فرایند را نادیده گیرند و حاضر به تامین منابع بسیاری نظیر منابع زمانی، مالی و نیروی انسانی خبره، برای انجام صحیح و موثر این فرآیند هستند، چرا که سناریوها یا ریگر پیشبرد امور به بهترین نحو ممکن در شرایط محیطی متفاوت می‌باشند و با کشف نظام مند چالش‌ها و فرصت‌های بالقوه اما غیر منتظره شناسایی شده، به عنوان ابزاری در خدمت تدوین استراتژی‌ها قرار می‌گیرند. البته انجام صحیح و موثر یک پروژه آینده نگاری، خود مستلزم کسب اطلاعات و آگاهی نسبت به ابعاد مختلف یک پروژه آینده نگاری است. لذا به نظر می‌رسد آگاهی و به کارگیری ابعاد مختلف پروژه‌های آینده نگاری شرکت‌های برتر نفتی جهان، می‌تواند در توسعه فرایند سیاستگذاری و برنامه ریزی راهبردی صنعت نفت و گاز کشور عزیزمان ایران مفید واقع گردد.

منابع:

آینده نگاری و سناریو نویسی شل، بی پی، پتروبراس، حمید رمضانپور، نفت ما، ۱۳۹۴.

سناریونگاری یا برنامه ریزی بر پایه سناریوها، عزیز علیزاده، وحید وحیدی مطلق، امیر ناظمی، موسسه مطالعات بین المللی انرژی، ۱۳۸۷.

نشریه عصر کیمیاگری، شماره ۴۲، ۱۳۹۴.

به‌کارگیری رویکرد سناریونگاری منطق شهود (ILS) ، برای تدوین سناریوهای آیندهٔ حیات یکی از پالایشگاه‌های گاز کشور در شرایط کاهش خوراک، سعید رعیت‌پیشه، رضا محیط، رضا احمدی کهنعلی، کنفرانس مدیریت استراتژیک دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ۲۰۱۹.

گزارش تحلیلی

نظم کنونی انرژی

نگاهی بر راهبرد پالایشگاه‌های مقیاس کوچک و مستقل خصوصی چین (موسوم به Teapot)

قاسم توتونچی – پژوهشگر موسسه مطالعات انرژی

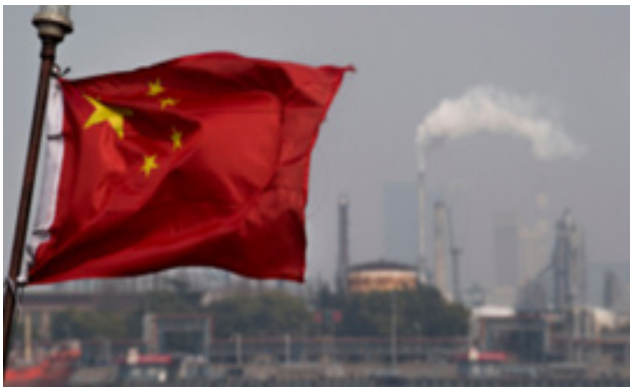
درسال ۲۰۱۵ چین تصمیم بزرگی را اتخاذ نمود و مجوز واردات نفت‌خام از طریق سهمیه‌ها را به پالایشگاه‌های مستقل موسوم به پالایشگاه‌های تیپات صادر نمود. پالایشگاه‌های بزرگ چین، سال‌ها بود از کمبود حمایت‌های دولتی و پایین بودن سود و مشکلات مالیاتی و ... رنج می‌بردند؛ اما ساختار جدید پالایشگاه‌های مستقل، خیلی زود بازخورد مثبتی داشت و در پایان سال ۲۰۱۶ میلادی، ۱۹ پالایشگاه تیپات، مجموعاً ۱/۴۸ میلیون بشکه در روز پالایش نفت‌خام داشتند که این رقم از تمام واردات نفت‌خام روزانه‌ی کشوری چون اسپانیا بیشتر است. شایان ذکر است ظرفیت نامی این پالایشگاه‌ها بیش از این مقدار بوده است.

دولت چین قبل از آن به مدت دو دهه تلاش معکوسی در حمایت از تاسیسات دولتی داشت، اما نوعی ناامیدی از چابکی در پایین‌دست بخش دولتی نفت، مسبب تصمیم صدور مجوز تیپات‌ها برای ایجاد جوّ رقابتی مشروط بر رعایت قواعد محیط‌زیستی و استانداردهای محصولات و فراورده‌ها گردید.

به هر حال تیپات‌ها با فشار اجتناب‌ناپذیری از سوی پالایشگاه‌های دولتی روبرو هستند و مهم‌ترین آسیب‌پذیری آنها، احتمال تغییر سیاست دولت در خصوص صدور مجوز واردات نفت‌خام و صدور فراورده‌ی تولیدی می‌باشد. با اینحال، رویکرد دولت چین، تا کنون حفظ حمایت در کنار تشدید نظارت بوده است.

درسال ۲۰۱۷ تخمین روشنی از آینده‌ی تیپات‌ها وجود نداشت. برخی این روند را رو به رشد ارزیابی کرده و موفقیت تیپات‌های مستقل را تضمین کافی برای بقا و توسعه می‌دانند؛ چرا که با اشتیاق و ولع زیاد نفت‌خام را حتی با قیمت بالاتر از عرف چین خریداری می‌کنند و با تامین ملاحظات مالیاتی و رگولاتوری دولت، به دلیل کارایی و کارآمدی، حاشیه‌سود خوبی را حفظ می‌کنند. اما برخی اعتقاد داشتند پالایشگاه‌های بزرگ دولتی، بعد از اعمال فشار کافی، خط مشی ادغام تیپات‌ها در ساختار خود را در پیش رو خواهند گرفت تا مکانیسم‌های واردات نفت و صادرات فراورده‌ی آنها را تسهیل کنند. گزاره‌ی دوم خیلی زود در نیمه‌ی دوم سال ۲۰۱۷ مصداق پیدا کرد و سه ادغام تیپات در پالایشگاه‌های وابسته به دولت گزارش گردید.

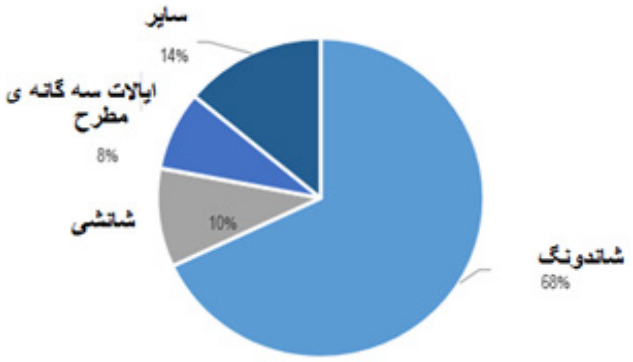
به هر حال تیپات‌ها گزاره‌ی قابل تاملی در چین بوده و هستند. همین تیپات‌ها بودند که درسال ۲۰۱۷ سبب شدند روسیه صادرکننده‌ی برتر نسبت به عربستان در زمینه‌ی صادرات نفت به چین شود. همچنین آنگولا و برزیل تامین کنندگان مطرح دیگری شدند و گزینه‌هایی مانند عمان، ونزوئلا و مالزی شانس صادرکنندگی به تیپات‌های چین را یافتند. عربستان از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ به استثناء ۲۰۰۷، همواره بزرگترین صادر کننده‌ی نفت‌خام به چین بود ولی دیگر اینطور نیست. درسال ۲۰۱۷، تیپات‌ها ۱۴% واردات نفت چین را افزایش دادند. دولت چین هم از موفقیت مقطعی تیپات‌ها حسن استفاده کرد و ایجاد ظرفیت‌های LNG و CNG (بدون آنکه به پالایش نفت مرتبط باشد)، قواعد جدید مالیاتی و محیط زیستی و تکلیف و الزام به مشارکت در جمع‌آوری تاسیسات نفتی قدیمی را به عهده‌ی آنها گذاشت.



به هر حال بدبینانه‌ترین نگاه و تحلیل، که توسعه‌ی تیپات‌ها را در ۲۰۱۷ دور از ذهن می‌دید، بقای آنها در همین سطح را تایید می‌نمود، زیرا دولت چین از سیاست میدان دادن به مستقل‌ها در مقایسه با پالایشگاه‌های دولتی، راضی‌تر بود و از فساد در پالایشگاه‌های وابسته به دولت رنج می‌برد.

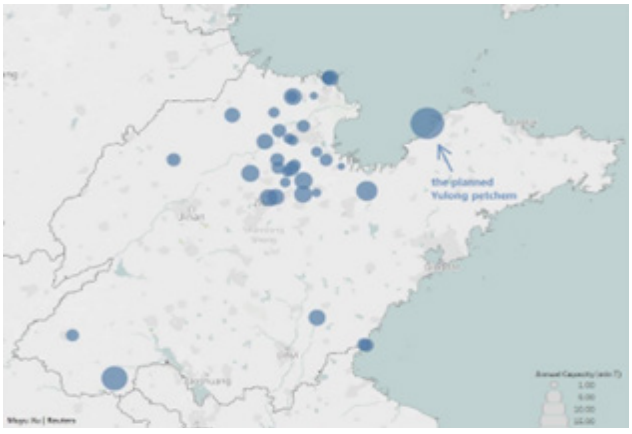
تیپات‌ها استقلال خود را از سایینوپک، سی.ان.پی.سی و شرکت ملی نفت فراساحلی چین حفظ نمودند. ساختار آنها پیچیده نبود و داعیه‌ای بر پوشش تمام طیف محصولات نداشتند. معماری ماژولار آنها، پیاده‌سازی و توسعه را آسان و کارآمدی اولیه را کمی کاهش می‌داد. این کاهش کارآمدی با امکان‌سنجی مثبت توسعه‌پذیری آسان، جبران می‌گردید. دوسوم پالایشگاه‌های مستقل، متعلق به مالکین خصوصی است که مورد توجه بیشتر تحلیل‌ها خواهد بود. یک‌سوم آنها به عبارتی خصولتی بوده و در عین حال که متعلق به سه شرکت بزرگ ملی نفت نیستند، اما دارای سهامداران و مالکان دولتی و حکومتی محلی و ایالتی می‌باشند. متوسط ظرفیت آنها ۷۰/۰۰۰ بشکه در روز است؛ اما مصادیقی با ظرفیت ۲۴۰/۰۰۰ بشکه در روز نیز وجود دارد. حدود ۷۰% پالایشگاه‌های مستقل در شاندونگ جانمایی شده است. این جانمایی، یک پشتوانه‌ی تاریخی دارد. در دهه‌ی ۶۰ میلادی، دولت برای کاهش مقاومت مردم محلی و جلوگیری از انفجار و تخریب خط لوله‌ی میدان نفتی شنگلی، به مقامات محلی اجازه داد از نشت نفت خط لوله، به عنوان خوراک پالایشی استفاده کنند. شنگلی، دومین میدان نفتی بزرگ چین است. به هر حال جانمایی‌ها در کشور چین تابعی از نزدیکی به سواحل، بنادر و میادین نفتی است. حدود ۱۰% پالایشگاه‌های مستقل در شانشی قرار دارند.

درشکل۱ نمودار فراوانی جانمایی تیپات‌های مستقل در استان‌های چین نشان داده‌شده است.



شکل ۱: نمودار وزنی جانمایی تیپات‌ها در استان‌های چین

درشکل۲ جانمایی تیپات‌های مستقل استان شاندونگ برای بالغ بر ۶۰ تاسیسات نشان داده‌شده است.



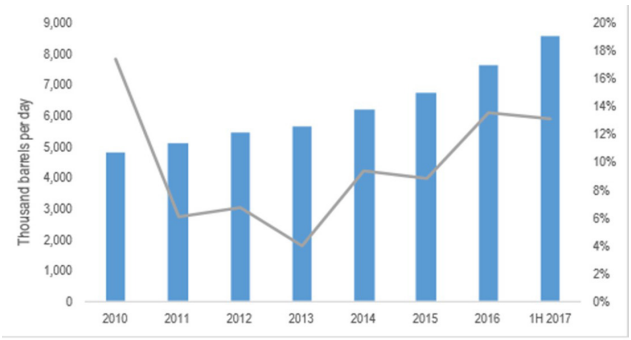
شکل ۲: جانمایی تیپات‌ها در شاندونگ

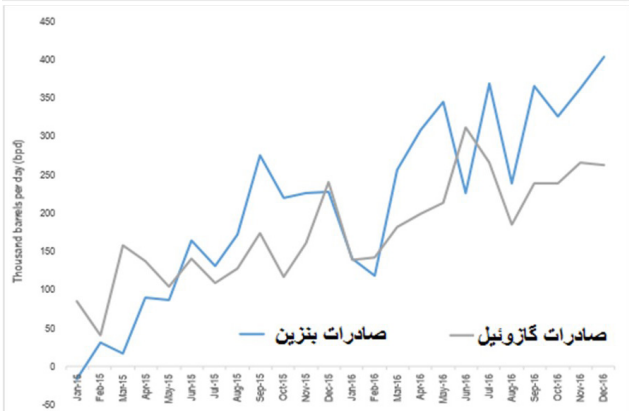
درشکل۳ جانمایی مگا ـ پالایشگاه‌های دولتی و خصوصی چین نیز نمایش داده‌شده است.

شکل ۳: جانمایی پالایشگاه‌های تیپات و مگا در چین

ظرفیت تیپات‌های مستقل از سال ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۵ از ۱۳% به ۲۹% از سبد پالایشی چین رسید. ظرفیت نامی پالایشی این پالایشگاه‌ها در سال ۲۰۱۵ بالغ بر ۴ میلیون بشکه در روز بود. لیکن، از نبود خوراک نفت‌خام و تغییر شرایط فروش تسهیل‌شده‌ی فراورده‌ی خود نگران بودند و بازدهی پالایشی به میزان پایین‌تری تثبیت شد. اگرچه این موانع تا حدی پس از آن دوره رفع گردید.

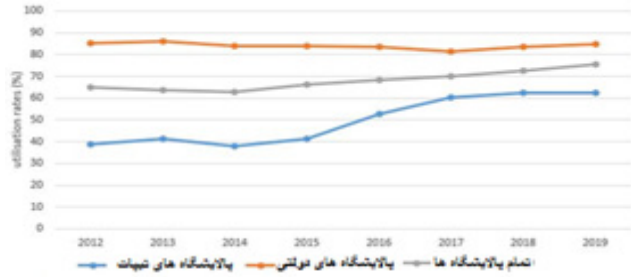
همچنین در محدوده‌ی زمانی مدنظر، نمودارهای رشد در واردات نفت‌خام و رشد در صادرات محصولات نفتی مبتنی بر فعال‌شدن تیپات‌ها، ارتباط معناداری را القاء می‌نماید.





شکل ۴: رشد واردات نفت‌خام و صادرات فراورده نفتی

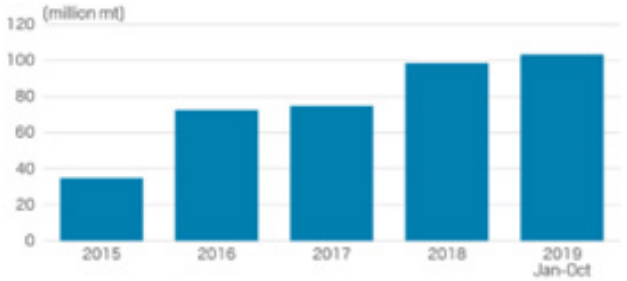
درشکل۵ روند تغییرات نرخ بهره‌برداری پالایشگاه‌های چین، اعم از پالایشگاه‌های مگا و تیپات‌ها در بازه‌ی ۲۰۱۲ الی ۲۰۱۹ نمایش داده‌شده است.



شکل ۵: تغییرات خروجی پالایشی تیپات‌ها و پالایشگاه‌های دولتی ۲۰۱۲-۲۰۱۹

یکی از معیارهای ارزیابی جهانی وضعیت تیپات‌های چین، ملاک حجم نفتکش‌های منتظر تخلیه و ظرفیت تخمینی آنها است. نهاد kyrros، با رصد ماهواره‌ای تردد بنادر شاندونگ و هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی، در شرایط غیرشفاف بودن اطلاعات منتشره‌ی چین، تخمینی از میزان فعالیت و سهم تیپات‌ها در سبد پالایش چین به دست می‌آورد. تخمین kyrros در ۲۰۱۸ بر اساس یادگیری ماشین و هوش مصنوعی، گویای ۲۷% واردات نفت‌خام چین از جانب تیپات‌های مستقل بوده است که این تخمین تا حد زیادی با آمار و ارقام تطابق دارد. در عین حال، در ۲۰۱۸ تصمیم کاهش نیم میلیون بشکه در روز خوراک ۶۰ تیپات مستقل شاندونگ گرفته‌شد. دولت ترجیح می‌دهد تعداد زیادی مجتمع پالایشی مستقل و فعال با کارکرد ۴۰ تا ۵۰ درصد بازدهی نداشته باشد

و مجموعه‌های با خوراک کمتر از ۶۰/۰۰۰ بشکه در روز را نمی‌پسندد. در سال ۲۰۱۹ بود که نقدهایی برشعار "اول پالایش کن! سپس فکر کن!" مطرح شد و اختصاص سهمیه ثابت واردات نفت‌خام، در عین حال که به عنوان ابزار حمایتی مطرح بود، به عنوان پاشنه‌ی آشیل راهبرد تیپات بیان‌شد. سهمیه‌های مازاد و غیرقابل استفاده به انحراف کشیده‌شد و دولت را برای اصلاح رویه و روند مصمم نمود. در عین حال روند افزایشی واردات نفت‌خام شاندونگ تا سال ۲۰۱۹ حفظ شد (مطابق شکل ۶)

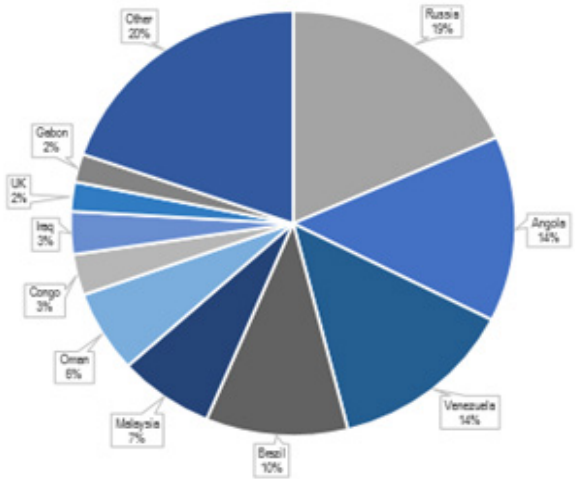


شکل ۶: رشد واردات نفت‌خام شاندونگ ۲۰۱۵-۲۰۱۹

درسال ۲۰۲۰ تیپات‌های چینی به اتانول به عنوان یک افزونه تا ۱۰% حجمی در بنزین خود علاقه‌مندشدند تا همزمان واردات نفت را کاهش و تعهدات تکلیفی محیط‌زیستی و کاهش کربن خود را پوشش دهند.

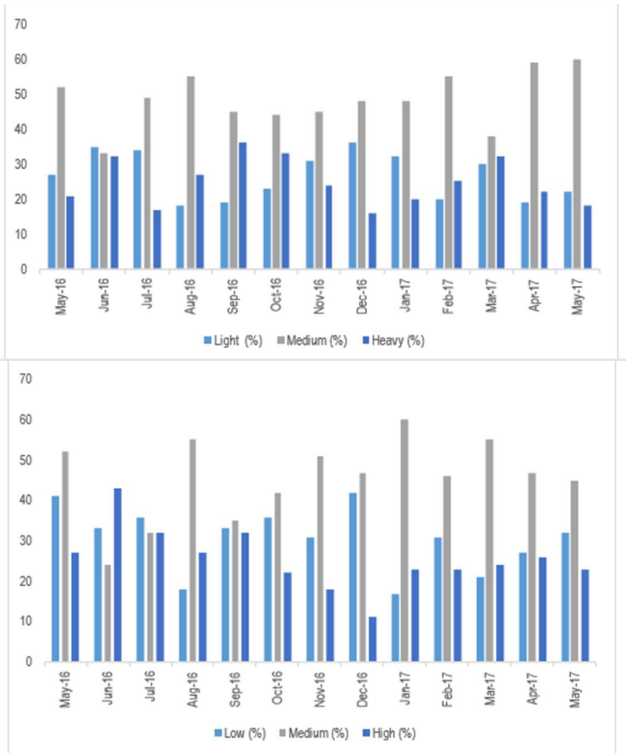
تامین کنندگان نفت‌خام تیپات‌های چین:

تامین کنندگان نفت‌خام تیپات‌های مستقل بسیار متنوع هستند. چون مالکین آنها به دور از هرگونه ملاحظات سیاسی و حتی بدون تمرکز زیاد روی مشخصات فنی خوراک، با ملاک قیمت مناسب نسبت به خرید اقدام می‌کنند. در عین حال یک قاعده‌ی سرانگشتی وجود دارد که دوسوم خوراک ازشش کشور تامین می‌گردد. درشکل ۷ مشارکت کشورهای جهان در صادرات نفت‌خام به چین نشان داده‌شده است (۲۰۱۷). به نظر می‌رسد ایران در بخش سایر جانمایی شده است.



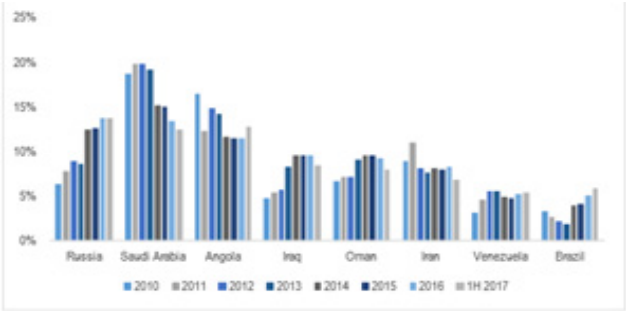
شکل ۷: نمودار سهم تامین کنندگان نفت‌خام چین

تیپات‌های مستقل انواع خوراک‌ها با میزان درصد گوگرد و چگالی یا دانسیته‌ی متنوع را وارد می‌کنند و با اختلاط آنها، ویژگی‌های فنی خوراک مورد نیاز خود را تامین می‌کنند. درشکل ۸، تنوع گوگرد و دانسیته‌ی نفت‌خام وارداتی تیپات‌ها درسال ۲۰۱۷ نمایش داده‌شده است.



شکل ۸: تنوع در میزان گوگرد و دانسیته‌ی نفت‌خام وارداتی تیپات‌های چین

روسیه حمل محموله‌ی نفتی خود را در ۴ روز، آسیای جنوب‌شرقی (مالزی) با ۱۵ - ۱۰ روز، آنگولا با ۲۰ روز و خلیج فارس با حداکثر ۳۰ روز مسافت[۱]، مبادی مهم نفت‌خام برای تیپات‌ها هستند. به تبع مسافت‌های طولانی، محموله‌های کوچک را غیرممکن می‌سازند. روسیه با امتیازات قیمتی و مسافتی، درسال ۲۰۱۷ رتبه‌ی نخست و آنگولا رتبه‌ی دوم تامین‌کنندگان را داشتند و این در حالی است که عربستان سومین رتبه را به خود اختصاص داده است. درشکل زیر روند صادرات نفت خام چند کشور از جمله ایران به چین در چندسال مختوم به ۲۰۱۷ نشان داده‌شده است.



شکل ۹: پروفایل میزان صادرات نفت خام کشورهای مختلف به چین- ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۷

عدم خرید توسعه‌ای از ایران و عربستان توسط تیپات‌های مستقل چینی، دلایل مشابهی چون عدم انعطاف قیمتی، مسافت دور، عدم متناسب‌سازی پیشنهادات مشابه با چانه‌زنی روس‌ها و ترجیح فروش‌های سالیانه‌ی محموله‌های بزرگ و ... دارا می‌باشد.

در هر حال چین به مدد پالایشگاه‌های مستقل تیپات، ایالات متحده‌ی آمریکا را پشت سر گذاشت و بزرگ‌ترین کشور پالایشی جهان درسال ۲۰۲۲ گردید. دولت چین ازسال ۲۰۲۱ فشار جدیدی را روی تیپات‌ها

بابت به روزرسانی تیپات‌های ناکارآمد اعمال نمود که بلافاصله با مطرح شدن بازیگران جدید در زمینه‌ی مجتمع‌های مینیاتوری پترو – پالایشی مستقل جایگزین روبروشد. درسال ۲۰۲۲ همه‌گیری قابل توجهی در تیپات‌ها برای خرید با تخفیف ویژه (مشابه‌شرایط نفت ایران) ایجاد گردیده، موضوعی که بیش از همه توجه آرامکوی عربستان را به خود جلب نموده است. درسال ۲۰۲۲ میزان واردات تیپات‌ها به میزان ۲۰% یا یک پنجم واردات چین رسیده است. درسال ۲۰۲۱ مجدداً دولت چین محدودیت و فشارهای نظارتی جدیدی را در زمینه‌های محیط زیستی، مالیاتی و قاچاق و فروش مجدد داخلی نفت‌خام وارداتی به جای پالایش، مطرح کرد و خط‌مشی‌های کم کربن خود را به جای شروع از شرکت‌های ملی نفت، از تیپات‌ها آغاز نمود. اکتبر ۲۰۲۱ نقطه‌ی عطف کاهش سهمیه‌ی دولت به مینی تیپات‌ها بود و ظرفیت واردات پالایشگاه‌های دولتی افزایش یافت. به نظر می‌رسد دولت چین سیاست و خط‌مشی مشابه انقلاب پالایشی تیپات‌ها را در زمینه‌ی پتروشیمی مدنظر دارد و تصمیم دارد با محدودسازی ظرفیت پالایشی مازاد، که سود آن متوجه بخش خصوصی تیپات مستقل است، ظرفیت خصوصی پتروشیمیایی را افزایش داده و خروج ارز دولتی خود را به این واسطه کاهش دهد. قیمت پایین زمین، زمینه‌ی تاریخی، حمایت مقامات محلی، اشتغال زایی و ... همه‌سبب گردیده درسال ۲۰۲۲ شاندونگ به عنوان نامتقارن‌ساز پالایش چین مطرح شده و از جانب مقامات محلی، مقاومت و مخالفت با دولت مرکزی مطرح گردد. در استان‌های همجوار شاندونگ، مجتمع‌های کوچک پتروشیمیایی در حال ساخت هستند و مقامات محلی شاندونگ، ضمن دریافت ضمانت‌نامه از تیپات‌ها بابت عدم فروش مجدد نفت‌خام وارداتی در بازار داخلی، آنها را به بستن پالایشگاه‌های کوچک و تبدیل آن به مجتمع تبدیلی نفت به محصولات پتروشیمیایی سوق می‌دهند. لذا بعید نیست اندکی تغییر در جانمایی و تعداد تیپات‌ها در چین با سمت و سوی کاهشی رخ دهد؛ اما کماکان در ۲۰۲۲ نیز یک‌سوم ظرفیت پالایشی چین و یک پنجم واردات نفت‌خام آن کشور متوجه تیپات‌ها است. از طرفی نیز، پالایشگاه‌های مستقل، با فروش سهام به مبادی دولتی، آن‌ها را به‌شدت وامدار و وابسته به خود نموده‌اند.

از ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۲ زمان کافی سپری شد تا اطمینان و جذابیت کافی برای فروشندگان سنتی خاورمیانه ایجاد شود. در ۲۰۱۷ عربستان، کویت و ایران، تلاش خود برای بازار تیپات چین آغاز کردند. درسال ۲۰۲۱ مجموع فروش نفت‌خام عربستان، کویت، امارات و عمان به تیپات‌های چینی به ۳۲/۵% از کل محموله‌های خرید نفت‌خام تیپات‌ها رسید که نسبت به ۲۰۲۰، ۸% افزایش داشت. آرامکو همزمان با پالایش، مجتمع‌های پتروشیمیایی مینیاتوری را نیز نشان گرفته و سهامدار آنها می‌شود. به هر حال روسیه مجدداً بازار نفت‌خام تیپات چین را که با ESPO یا نفت‌خام سیبری شرقی از آن خود کرده بود، به آهستگی به عربستان واگذار می‌نماید. تحریم‌های آمریکا بر روسیه، افزایش هزینه‌های حمل و امتناع بانک‌های چینی در تعامل بانکی و مالی با روسیه، در این زمینه بی‌تاثیر نبوده و مناقشه‌ی اوکراین، نقطه‌ی عطف تضعیف بازار ۲۰% روسیه در تیپات‌های چینی بوده است. در نبود روسیه، تیپات‌ها مجدداً به نفت ایران با تخفیف ویژه‌ی تحریمی علاقه‌مند شده‌اند. به طور خلاصه، تیپات‌های پالایشی چین به موازات فشارهای نظارتی دولتی، تضمین‌شده به بقا هستند.

این نکته نیز بسیار حائز اهمیت است که همزمان با روند جهانی، تیپات‌ها از پالایش با پیچیدگی کم به‌سمت پتروپالایش با پیچیدگی بیشتر در حال تغییر و پوست اندازی هستند. در نبود روسیه، خلیج فارس و خاورمیانه گزینه‌ی مبدا جایگزین واردات برای تیپات‌های چینی هستند.

تحولات راهبرد تیپات چین ۲۰۲۱-۲۰۲۲:

چین که ۱۷% ظرفیت پالایشی جهان را در اختیار دارد، بنا بر تصمیمات ملی ضمن تاثیرپذیری مثبت و منفی از پایان کرونا و مناقشه‌ی اوکراین، نهایتاً صادرات فراورده‌های نفتی خود را در فصول پایانی ۲۰۲۱ الی سال ۲۰۲۲ کاهش داده است. این کاهش چشم‌گیر حدود ۴۰% بوده و از ۲۴۰ میلیون بشکه‌سالانه (در مقایسه‌ی سال منتهی به ۷ ژوئن ۲۰۲۲ نسبت به مدت مشابه در ۲۰۲۱) به ۱۴۰ کاهش یافته است[۶]. این کاهش حدوداً ۲% پالایش نفت جهان و ۰/۵% خوراک نفت‌خام پالایشی است. این ظرفیت پالایشی مازاد که دچار خود تعطیلی شده است در شرایطی که پالایشگاه‌های جهان و خصوصاً اروپا با تمام ظرفیت کار می‌کنند، نیاز به تحلیل عمیق دارد. دوسوم فراورده نفتی صادراتی از چین به آسیا می‌رود و صادرات فراورده‌ی چینی به اروپا، می‌توانست معجزه ایجاد کند. اما مهره‌ها و بازیگران به گونه‌ای چیده‌شده است که در حال حاضر، عربستان انگیزه‌ای برای فروش بیشتر نفت نداشته و پالایشگاهی را در عطش نفت‌خام خود نمی‌بیند. از طرف دیگر اروپا به‌شدت وابسته به فراورده‌ی نفتی روسی است و روزانه ۰/۴ میلیون بشکه نفتگاز از روسیه تامین می‌کند که ضامن بقای تجارت انرژی و مانع تحریم کامل روسیه است. به عبارتی دیگر، در شرایطی که ناحیه‌ی سود تولید فراورده‌ی پالایشی مثبت و جذاب است، دلیل محدودسازی تیپات‌های چینی مستقل از جانب دولت مرکزی مبهم است.

یک‌شاخص سنگاپوری (دیزل کرک) به عنوان حاشیه‌سود پالایش چین رشد به‌شدت افزایشی را تا آوریل ۲۰۲۲ گزارش داده است.

در عین حال تخمین زده می‌شود مجدداً در سه ماهه‌ی چهارم ۲۰۲۲ روند واردات نفت‌خام پالایشگاه‌های مستقل شاندونگ افزایش یابد. میزان واردات نفت‌خام نشان می دهد که آخرین تغییرات بیانگر کاهش ۲/۷% از آگوست به سپتامبر ۲۰۲۲ می باشد و رقم واردات کنونی را به ۳/۴۶ میلیون بشکه در روز رسانیده است.

منابع و مراجع:

[1]https://www.energypolicy.columbia.edu/research/report/rise-chinas-independent-refineries

[2]https://www.energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/CGEPRiseofChinaIndependentRefineriesChinese0_917.pdf

[3]https://www.mei.edu/publications/somethings-brewing-chinas-teapot-refineries-and-middle-east-oil-producers

[4]https://www.ft.com/content/2b6d92cc946-c11-e-7bdfa-eda243196c2c

[5]https://www.kayrros.com/blog/why-is-oil-building-up-along-chinas-coast/#:~:text=China's20%20121%teapot20%refineries20%collectively,d20%of20%overall20%downstream20%capacity

[6]https://www.bruegel.org/blog-post/what-role-china-global-refining-crunch

[7]https://www.reuters.com/article/us-china-oil-refineries-closures-idUSKBN23G0Z9

[8]https://www.spglobal.com/commodityinsights/ko/market-insights/latest-news/oil/-102119china-oil-quota-shandong-refineries

EnerTech

Professional Monthly Journal of Energy Technologies (EnerTech)

Institute For International Energy Studies

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