شماره بیستم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی
وابسته به وزارت نفت

مردادماه ۱۴۰۱

ماهنامه تخصصی
فناوری های انرژی ۲۰
EnerTech

پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

رویدادهای فناوری

۲ سخنی با مخاطب

۳ چراغ سبز پاکستان به امارات برای تولید نیابتی هیدروژن سبز
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۳ نیاز اروپا به ۱۵۰ گیگاوات برق تجدیدپذیر برای تحقق اهداف هیدروژن سبز
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۴ شرکت های فناور اسکاتلندی؛ پیشرو در حفاری آب های عمیق و تلفیق سکوهای نفت و گاز دریایی و پلتفرم های بادی فراساحلی
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۴ همکاری شرکت نفت عمان و کمپانی شل در زمینه ی CCUS
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۵ امور حفاری ادنوک امارات متحده ی عربی در نیمه اول سال ۲۰۲۲ به میزان ۴۳٪ سود بیشتر کسب کرده است
حوزه: نظم کنونی انرژی

۸ بازار پررونق ازدیاد برداشت و بهبود بازیابی نفت مبتنی بر مواد شیمیایی تزریقی
حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

۶ معرفی فناوری های نوظهور و کلان روندهای فناورانه انرژی، نفت و گاز در سال ۲۰۲۲
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

۱۳ کاهش ریسک‌ها و هزینه‌های عملیات بازرسی در صنعت نفت و گاز با استفاده از ربات‌های خودکار
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

۱۸ بحران روسیه و اوکراین؛ اختلال در روند گذار انرژی اروپا یا تسریع آن
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

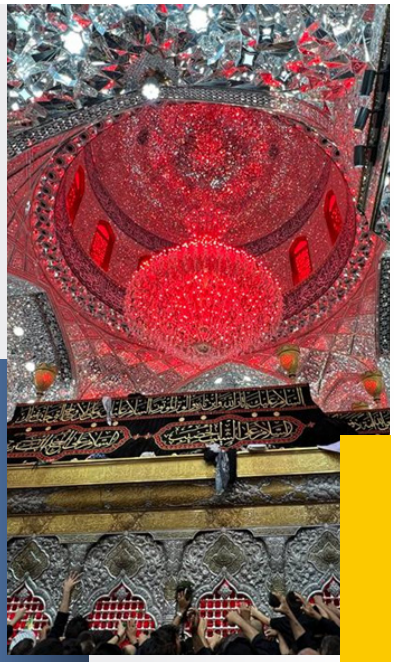
۲۱ نشانه گذاری فراورده ی نفتی به منظور مقابله با قاچاق و مبارزه با عرضه ی خارج از شبکه ی سوخت
حوزه: نظم کنونی انرژی

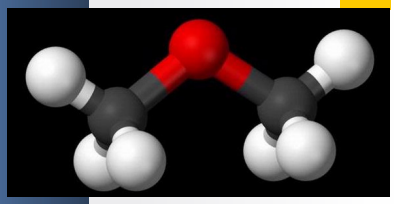
۲۷ برنامه ای مبتنی بر ۱۰ راهکار برای کاهش اتکاء اروپا به گاز روسیه
حوزه: نظم کنونی انرژی

شناسنامه :

مدیر مسئول: عقیل براتی
ناظران علمی: عرفان ریاحی، احمد خان بیگی
سردبیر: قاسم توتونچی
همکاران این شماره: پیمان نیلچی پور، صدیقه جوادپور، شیرین رضایی عدل، 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، سیدصادق 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؛

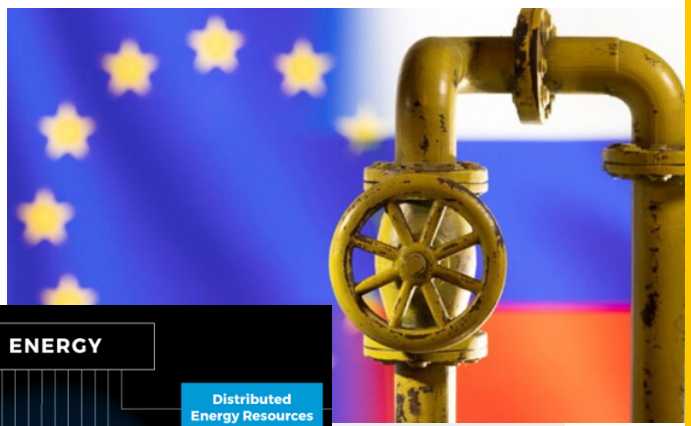
بنام خدا

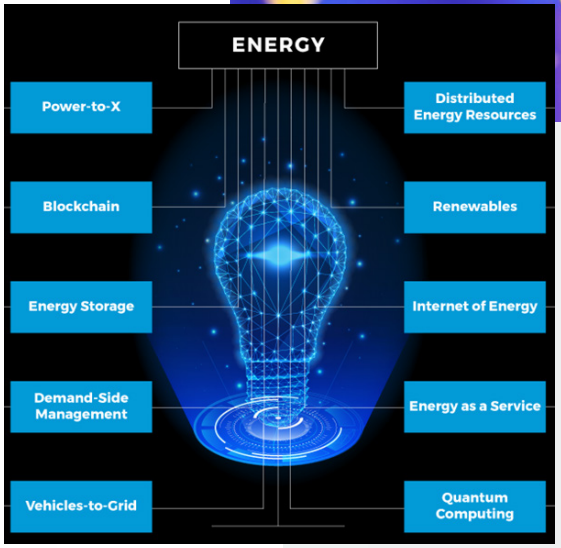
با درود و عرض ادب

در این شماره از ماهنامه ی تخصصی، گزارش های تحلیلی با موضوعاتی مانند "معرفی فناوری های نوظهور و کلان روندهای برتر فناوری انرژی، نفت و گاز"، "رباتیک خودکار در خدمت بازرسی فنی نفت و گاز"، "تاثیر جنگ اوکراین بر گذار انرژی اروپا"، "راهبرد نشانه گذاری فراورده های نفتی(Fuel Marking) در مقابله با قاچاق سوخت" و "برنامه ی ده راهکاره ی اروپا برای کاهش وابستگی به گاز روسیه" و نیز رویدادهای فناوری اخیر تقدیم گردیده است که امید است مورد توجه واقع شود.

با آرزوی توفیق و سلامتی و شادکامی

سردبیر

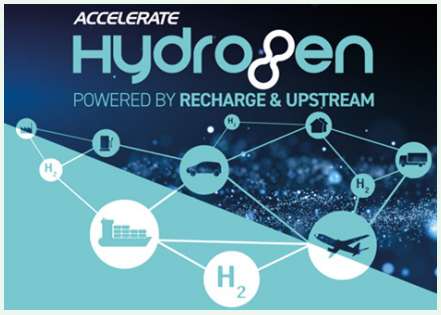




رویدادهای فناوری

نظم نوین آینده انرژی

چراغ سبز پاکستان به امارات برای تولید نیابتی هیدروژن سبز



امارات قصد دارد با ایجاد نیروگاه های با ظرفیت ۱/۲ گیگاواتی خورشیدی/بادی در خاک پاکستان، برق مورد نیاز تولید هیدروژن سبز با ثلث ظرفیت (۴۰۰ مگاوات) را به دست آورد. این اقدام بر اساس یک مجوز جامع از یکی از ایالات پاکستان برای تولید ۵۰۰ مگاوات برق بادی و ۷۰۰ مگاوات برق خورشیدی است که به هر حال به مزرعه ای از توربین ها و سلول های فتوولتاییک نیاز دارد و با توجه به محدودیت زمین در امارات و مزیت های ویژه جغرافیایی، تولید نیابتی مدنظر قرار گرفته است. پشتیبانی فناورانه طرح با کمپانی انگلیسی اوراکل پاور بوده و سالیانه برای امارات ۵۵۰۰۰ تن هیدروژن سبز حاصل خواهد نمود. به عنوان یک مشوق محلی، امکان فروش برق مازاد به ایالت مورد نظر پاکستان در طرح دیده‌شده و نحوه ی بهره برداری یا فروش هیدروژن سبز حاصله، محرمانه باقی مانده است. آنچه رویکرد کمپانی انگلیسی پشتیبان را تعجب آمیز می نماید، سابقه آن در پروژه های نیروگاهی مبتنی بر زغالسنگ سیاه/قهوه ای، که آلوده ترین نوع سوخت فسیلی باشد، است. به نظر می رسد که این شرکت به واسطه ی این پروژه ی هیدروژن سبز، در صدد کاهش برخی جرایم محیط زیستی و عوارض اقلیمی است. این پروژه و امثال آن، برای سیاست گذاران حوزه ی انرژی کشور، مصادیق بارزی از بازی برد – برد در حوزه ی انرژی است.

نیاز اروپا به ۱۵۰ گیگاوات برق تجدیدپذیر برای تحقق اهداف هیدروژن سبز

اروپا ۲۰ میلیون تن هیدروژن سبز را در سال ۲۰۳۰ برای مصرف خود هدف گذاری نموده است که برای تحقق این هدف در گام نخست، به ۱۵۰ گیگا وات برق تجدیدپذیر برای الکترولیز آب نیاز دارد تا نیمی از این نیاز را برطرف نماید. به میزان ۱۰ میلیون تن هیدروژن سبز نیز از طریق واردات تامین خواهد شد که قوانین سخت گیرانه ای برای اطمینان از سبز بودن آن مطرح می باشد. اروپا برای بخش هایی از حوزه ی صنعت و حمل و نقل که کربن زدایی آن دشوار است، روی هیدروژن سبز حساب کرده است. اروپا باید به میزان نیمی از ظرفیت فعلی تولید برق آبی خود را به ظرفیت های جدید برق تجدیدپذیر که عمدتاً متکی بر انرژی خورشیدی و بادی است، معطوف نماید. خلاء های قانونی و چالش جانمایی محل الکترولیز آب در اروپا از موانع اجرایی پیش رو است. به نظر می رسد هند با هدف ۵ میلیون تن هیدروژن مصرفی در سال، با اروپا در یک مسیر هستند و منافع و راهبردهای مشترکی دارند.

رویدادهای فناوری

نظم دوره گذار انرژی

شرکت های فناور اسکاتلندی؛ پیشرو در حفاری آب های عمیق و تلفیق سکوهای نفت و گاز دریایی و پلتفرم های بادی فراساحلی

کمپانی های فناور اسکاتلندی در تلاش هستند با افزایش کارایی حفاری در آبهای عمیق، سکوهای نفتی دریای شمال و تجهیزات فراساحلی بادی تجدیدپذیر را برای کربن زدایی بیشتر صنعت نفت و گاز تلفیق نمایند. این فناوری، که به تکنولوژی دو دیگ در کنار هم موسوم شده، همزمان از منافع حفاری کارا و پر بازده عمیق دریایی و نیز انرژی باد مبتنی بر دکل های حامل توربین مستقر بر بستر عمیق دریا منتفع می گردد. به نظر می رسد این فناوری تلفیقی بتواند برنده ی جایزه ی INTOG یا نوآوری هدفمند نفت و گاز شود که با برقی سازی بخشی از پلتفرم استخراج نفت و گاز عمیق دریایی، کربن زدایی صنعت نفت را رقم می زند. اگر چه این اولین اقدام در دریای شمال بوده است، اما به نظر می رسد خیلی زود این فناوری به دریای خزر و اقیانوس اطلس در مجاورات سواحل کانادا تسری یابد. گزارش ها حاکی است مذاکراتی در آگوست ۲۰۲۲ با آذربایجان برای همکاری مشابه در دریای خزر صورت گرفته است. دور از ذهن نیست فناوری اسکاتلندی ها برای شرکت نفت خزر جمهوری اسلامی ایران نیز مفید فایده باشد.

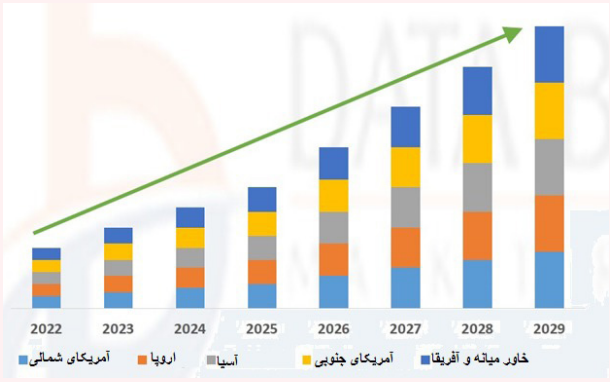
همکاری شرکت نفت عمان و کمپانی شل در زمینه ی CCUS

شرکت توسعه ی نفت عمان یا PDO تفاهم نامه ی مهمی در زمینه ی مطالعه و پیاده سازی CCUS یا سامانه بازجذب و بهره برداری کربن به منظور مهارسازی دی اکسید کربن منعقد نموده اند. انتقال و اکتساب فناوری و مشارکت در هزینه های پیاده سازی در این تفاهم نامه آمده است. به نظر می رسد رویکرد راهبردی فنی مبتنی بر باز تزریق مجدد دی اکسید کربن به چاه باشد. از اهداف دیگر تفاهم نامه، هم افزایی توانمندی ها و حرکت به سوی هیدروژن کم کربن ذکر گردیده است. همچنین تطبیق برنامه اجرایی CCUS با افق چشم انداز ۲۰۴۰ عمان و قوانین محلی در زمینه ی گازهای گلخانه ای مدنظر قرار گرفته است. یادآور می گردد کمپانی شل دارای ۳۴% سهام PDO و اداره کننده بلوک ۱۰ خشکی نفت عمان می باشد. در کشور ما نیز با توجه به برخورداری از حجم عظیم منابع هیدروکربوری، تامل بیشتر به رویکردهای اکتساب فناوری CCUS در ایران ضروری می باشد.

امور حفاری ادنوک امارات متحده ی عربی در نیمه اول سال ۲۰۲۲ به میزان ۴۳٪ سود بیشتر کسب کرده است.

شرکت حفاری ادنوک با راهبرد توزیع منطقی قراردادها از منظر فناوری و اقتصادی در بخش خشکی و حفاری دریایی و سرویس و خدمات به میادین نفتی، موفق به کسب این سودآوری گردید. رویکرد شرکت حفاری ادنوک، ارتقاء و به روزرسانی ناوگان حفاری از منظر کیفیت فنی و کمیت و تعداد بوده تا ضمن تسریع خودکفایی کامل امارات از بابت حفاری گاز طبیعی، امکان حضور در مناقصات بین المللی حفاری را میسر سازد.

بازار پررونق ازدیاد برداشت و بهبود بازیابی نفت مبتنی بر مواد شیمیایی تزریقی



تحقیقات منتشرشده در آگوست ۲۰۲۲ نشان می دهد بازار EOR/IOR متکی بر تزریق مواد شیمیایی در محدوده ی سال های ۲۰۲۲ الی ۲۰۲۹ دارای نرخ رشد مرکب سالیانه ی ۵/۹۰ % خواهد بود. این بازار فناوری خصوصا نزد کشورهای هند و چین، بخشی از هزینه های واردات سوخت آنها را جبران خواهد کرد. عربستان سعودی، امارات متحده عربی و مصر، در زمره مشتریان این فناوری در حوزه خاور میانه و شمال آفریقا قرار دارند. این در حالی است که شرکت های نفتی جمهوری اسلامی ایران نیز به رغم تحریم های بین المللی در تلاش برای رویکردهایی نظیر PDC یا الماس پلی کریستالی فشرده هستند.

گزارش تحلیلی | نظم نوین آینده انرژی

معرفی فناوری های نوظهور و کلان روندهای فناورانه انرژی، نفت و گاز در سال ۲۰۲۲

صدیقه جوادپور
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

۱-مقدمه و شرح مساله:

با نگاهی دقیق به بخش انرژی، نشانه‌های مختلف دگرگونی سریع و پیشرفت در فناوری های مورد استفاده در این صنعت جلب توجه می نماید و دولت‌ها در سرتاسر جهان قوانینی را تصویب می‌کنند تا منابع و فناوری‌های انرژی پایدار را برای امکان استفاده کارآمد از سیستم‌های انرژی تسهیل کنند. به طور کلی، روندهای صنعت انرژی را می‌توان در سه عنوان کلی زیر دسته‌بندی کرد:

- **کربن زدایی:** که نشان دهنده گذار به سمت اقتصادی پاک و بدون کربن با ادغام و افزایش سهم منابع انرژی تجدیدپذیر است. افزایش قابل توجه سهم خودروهای الکتریکی و مالیات‌های بیشتر بر استفاده از سوخت‌های فسیلی مصادیقی برای کربن زدایی هستند.
- **تمرکززدایی:** که به توزیع جغرافیایی انرژی (به ویژه برق) توسط تعداد زیادی از تولیدکنندگان و مصرف کنندگان چند سطحی اشاره دارد. امروزه برخی از مناطق به طور مستقل برق تولید می‌کنند، حتی اگر هنوز به شبکه‌های توزیع متصل نشده باشند. علاوه بر این، تمرکززدایی شدت انرژی کمتر را ممکن می‌کند و فرصت‌هایی را برای استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی فراهم می‌کند.
- **دیجیتالی شدن:** به معنای استفاده گسترده از ماشین‌ها و دستگاه‌های دیجیتال در تمام سطوح سیستم توان، از تولید و زیرساخت گرفته تا دستگاه‌های کاربر نهایی است. همانطور که مشخص است، Energy 4.0 [۱] این صنعت را قادر می‌سازد تا راه حل‌های هوشمند مدیریت انرژی و توان مبتنی بر تعامل ماشین با ماشین و ماشین با انسان را بکار بگیرد.

۲-روندهای فناوری حوزه انرژی بصورت کلان

استارت‌آپ ها بدلیل پویایی، دانش‌محور و مسئله محور بودن و همچنین روندساز بودن در اقتصاد جدید جهانی می‌توانند سوگیری فناوری ها را تا حد زیادی روشن کنند. در این گزارش از مطالعات موسسه استارت‌آس[۲] در شناسایی روندهای فناورانه در حوزه انرژی بهره برده شده است. این موسسه با در دست داشتن اطلاعات بیش از ۲۰۹۳۰۰۰ برنامه استارت‌آپی و توسعه‌ای موجود در سطح جهان و با بهره‌گیری از ابزار داده‌کاوی و هوش مصنوعی، نمایی کلی از فناوری‌های روند شده و نوظهور در صنعت انرژی را ارائه کرده و تصمیم‌گیری استراتژیک در این زمینه را بهبود می‌بخشد. این

شکل ۱ : ده روند غالب فناوری انرژی در سال ۲۰۲۲

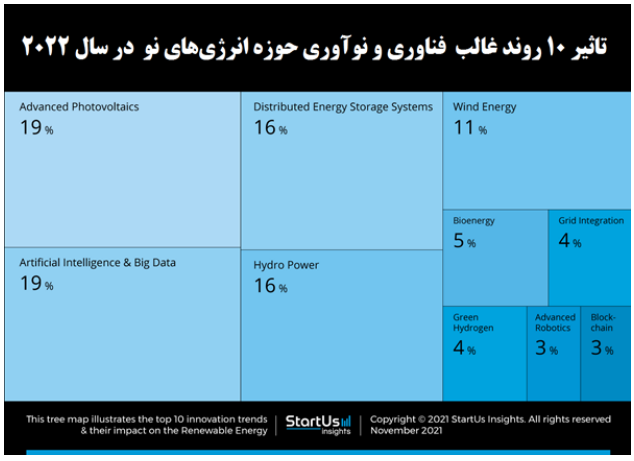
۱. تکامل فناوری‌ها و معرفی اینترنت اشیا در صنعت نه تنها به انقلاب صنعتی جدید چهارم منجر شده است، بلکه باعث ظهور Energy 4.0 نیز شده است که به کاربردهای اینترنت اشیا در صنعت انرژی می‌پردازد.

۲. StartUs Insight

مطالعات در دو دسته صورت گرفته است؛ ۱) روندهاي كلي انرژی که اغلب سمت و سوي انرژي هاي تجديدپذير دارد و ۲) روندهای فناورانه و نوآورانه حوزه نفت و گاز، که مي‌تواند توامان در تصوير چشم‌انداز تحولات صنعت انرژي كمك كند.

در نقشه نوآوری شکل (۱)، نمای کلی از ۱۰ روند و نوآوری برتر صنعت انرژی که بر شرکت‌های انرژی در سراسر جهان تأثیر می گذارد و نام استارت‌آپ‌ها و شرکت‌هاي نوظهور شاخصي که در سرتاسر جهان در حوزه مربوطه در حال فعالیت هستند ارائه شده است.

نقشه شکل (۲)، تأثیر ۱۰ روند برتر صنعت انرژی را که بر شرکت‌هاي مرتبط با انرژي در سال ۲۰۲۲ تأثیر خواهند گذاشت نشان می‌دهد. توسعه زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر، تولید انرژی، ذخیره‌سازی و کارایی نوآوری‌هاي حوزه انرژي با شرکت‌های نوظهور متعددی که فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر و کم‌هزینه را توسعه می‌دهند، هدایت می‌شود. این حوزه‌هاي زيرساختي در ترکیب با هوش مصنوعی (AI)، اینترنت اشیاء و بلاک چین، تقریباً سه چهارم روندهای آتي صنعت انرژی را شکل می‌دهند. توسعه و بهبود وسایل نقلیه الکتریکی (EVs) و راه‌حل‌های شارژ خودروهاي برقي، بر امکان گذار به حمل و نقل بدون آلایندگی و حل چالش‌های مرتبط با زیرساختهاي مرتبط تمرکز دارند.



شکل۲: درصد وزنی تاثیر ده روند غالب فناوری انرژی در ۲۰۲۲

تمرکز استارت‌آپ‌ها و شرکتهاي نوظهور در جهان در حوزه انرژي در نقشه شکل (۳) ارائه شده است.

ده روند غالب در فناوري و نوآوري حوزه انرژي (كه بر انرژي‌هاي نو نيز تمركز دارد) را مي‌توان به اختصار چنين تشريح كرد:

الف) فتوولتاییک پیشرفته

شرکت‌های خورشیدی در تلاش هستند که کاربرد PV[3] را با توجه به جنبه‌هاي درست محيطي و در عين حال با حداقل نياز به استفاده اضافی از زمین ادغام و بهبود دهند. در نتیجه، فتوولتائیک هاي يكپارچه، سلول های فتوولتاییک شناور، و

شکل۳: تمرکز جغرافیایی توسعه ده روند برتر فناوری انرژی در ۲۰۲۲

اگري ـ ولتاییک‌ها[4] تغییر منطقی پیش رو در روند فتوولتاییک‌ها هستند. علاوه بر این، استارت آپ‌ها در حال توسعه سلول‌های لایه نازک هستند تا پنل‌های خورشیدی را انعطاف پذیر، مقرون به صرفه، سبک وزن و سازگار با محیط زیست کنند. برای بهبود عملکرد PV، شرکت‌های نوظهور در حال ابداع فناوری‌هایی برای تمرکز انرژی خورشیدی با استفاده از آینه‌ها و عدسی‌ها هستند. همچنین نوآوری‌هايي چون استفاده از پروسکایت [5] و سایر نوآوري‌هايي كه حداكثر كارايي و بهره‌وري سلول فتوولتاييك را در بر خواهد داشت و تبديل انرژي را به ميزان قابل توجهی افزايش مي‌دهد مبناي كار بسياري از اين شركت‌هاست. همچنين رويكرد بازيافت و استفاده حداقلي از منابع جديد و استفاده از مواد جايگزين براي توسعه پايدار از جمله رويكردها در روند توسعه فتوولتاييك‌هاست.

ب) هوش مصنوعی و بزرگ‌داده‌ها[6]

شبکه انرژی یکی از پیچیده‌ترین زیرساخت‌ها است و نیاز به تصمیم‌گیری سریع در زمان دارد، بزرگ‌داده‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی با استخراج الگوي نهفته در داده‌ها و تبدیل داده به اطلاعات این امکان را برای تصمیم‌گیران فراهم می‌کنند. کاربردهای هوش مصنوعی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر فراتر از تجزیه و تحلیل و مدیریت شبکه، به پیش‌بینی مصرف انرژی و بروزرساني پیش‌بینی‌کننده منابع انرژی تجدیدپذیر کمک می‌کند که در نهایت با فعال کردن بین شبکه‌اي برنامه‌های انرژی، امکان پیش بینی سطوح ظرفیت شبکه را فراهم کرده و انجام معاملات و قیمت‌گذاری مستقل مبتنی بر زمان را میسر می‌کند. با نوآوری در محاسبات ابری، نیروگاه‌های مجازی تولید برق از تاسیسات برقي را تکمیل خواهند کرد. علاوه بر این، استارت‌آپ‌ها از تجزیه و تحلیل داده‌ها و یادگیری ماشین برای طراحی مدلهاي انرژی‌های تجدیدپذیر و تجزیه و تحلیل عملکرد آنها بهره مي‌برند.

پ) سیستم های ذخیره انرژی توزیع شده (DESS[7])

این سیستم‌ها تولید و ذخیره انرژی تجدیدپذیر را محلی می‌کنند

۳ Photo Voltaic
۴ Agrivoltaic سیستم خورشیدی با کاربرد دوگانه براي استفاده همزمان از زمین برای تولید برق خورشیدی فتوولتائیک و کشاورزی است.
۵ perovskite یک ماده معدنی زرد، قهوه ای یا سیاه که عمدتاً از تیتانات کلسیم تشکیل شده است.
۶ Big Data
۷ Distributed Energy Storage Systems

و نوسانات در تولید را پوشش می‌دهند. بر اساس نیازهای اقتصادی و سایر الزامات، استارت‌آپ‌ها طیف وسیعی از راه حل‌های مبتني بر باتری و بدون باتری را براي رفع معضل نوسانات تولید برق حاصل از انرژي‌هاي نو ارائه می‌دهند. به عنوان مثال، باتری‌های جریان[۸] انرژی کم و ثابت مبناي کارشان است، در حالی که باتری‌های حالت جامد[۹] سبک وزن هستند و تراکم انرژی بالا ارائه می‌دهند. برای کاربردهایی که در مدت زمان کوتاه نیاز به انرژی زیاد دارند، از خازن‌ها و ابرخازن‌ها نیز استفاده می‌شود. با توجه به نگرانی‌های مربوط به تخلیه، ایمنی و آلودگی محیط‌زیست در بکارگیری باتري‌ها و خازن‌ها، استارت‌آپ‌ها در حال ابداع جایگزین‌های ذخیره‌سازی بدون باتری همچون فن‌آوری‌های پمپاژ آب و هوای فشرده هستند. از سوی دیگر به دنبال فناوري‌هايي هستند که انرژی مازاد از طریق فناوری‌هاي P۲X [۱۰] به اشکال دیگر انرژی مانند گرما یا متان برای ذخیره‌سازی و تبدیل مجدد تبدیل می‌شود.

ت) انرژي برق آبی

انرژي برق‌آبي حاصل حرکت آب است. بر خلاف خورشید و باد، انرژی آبی قابل پیش‌بینی و در نتیجه قابل اعتمادتر است. علاوه بر این، سدهای برق آبی و همچنین انرژی اقیانوسي که از جزر و مد، جریان‌هاي آبي و امواج تولید می‌شود، تراکم انرژی بالایی ارائه کرده و در عین حال وابستگی به منابع متداول را کاهش می‌دهند. نوآوری‌ها در این منابع تجدیدپذیر بر مبدل‌های انرژی و بهبود اجزاي مورد نیاز در برداشت بیشتر انرژی متمرکز است. در انرژی آبی، سدهای برق آبی در مقیاس کوچک و سدهای جزر و مدی، تولید انرژی غیرمتمرکز را ممکن می‌سازند. در تبدیل انرژی حرارتی اقیانوس (OETC[۱۱])، انرژی از طریق گرادیان حرارتی ایجاد شده بین سطح و عمق آب مهار می‌شود همچنین تعداد کمی از استارت‌آپ‌ها نیز شیب شوری ایجاد شده به دلیل اختلاف فشار اسمزی بین آب دریا و رودخانه را به انرژی قابل استفاده تبدیل می‌کنند.

ث) انرژی باد

هرچند باد یکی از قدیمی‌ترین منابع انرژی است، طبیعت متغیر و در حال تحول سریع حوزه انرژي بادي آن را به یکی از روندهای اصلی حوزه انرژي تبدیل کرده است. استارت‌آپ‌ها در حال ابداع توربین‌های بادی دریایی و هوایی هستند تا تقاضا برای انرژی بادی زمینی را کاهش دهند. نوآوری‌هاي این حوزه اغلب با سایر منابع انرژی مانند توربین‌های بادی شناور، انرژی خورشیدی یا جزر و مدی ادغام می‌شوند. برای بهبود بیشتر کارایی، پیشرفت‌های مداومی در طراحی‌های آیرودینامیکی تیغه‌هاي توربین ها شکل گرفته است. استارت‌آپ‌ها همچنین ژنراتورها و توربین‌های کارآمدی را برای افزایش راندمان تولید انرژي طراحي و تولید می‌کنند. پایداری مواد تیغه‌ها یکی از چالش‌هایی است که امروزه صنعت انرژي بادي با آن مواجه است. برای مقابله با این موضوع، استارت‌آپ‌ها در حال ایجاد فناوری‌های بدون تیغه و مواد ترموپلاستیک قابل بازیافت برای تولید تیغه‌ها هستند.

ج) انرژی زیستی

بیوانرژی نوعی انرژی تجدیدپذیر است که از منابع زیست توده به دست می‌آید. سوخت‌های زیستی مایع با کیفیت قابل مقایسه با بنزین بوده و برای استفاده در وسایل نقلیه مستقیماً با بنزین مخلوط می‌شوند. برای دستیابی به این کیفیت، شرکت‌هاي تولید کننده سوخت‌هاي زیستي، فرآیندهای تولید سوخت زیستی و تکنیک های مربوط به آن را به طور مداوم بهبود می‌دهند. اکثر فرآیندهای تبدیل سوخت‌زیستی مانند مایع‌سازی هیدروترمال (HTL[۱۲])، تجزیه در اثر حرارت، فناوری پلاسما، پودر سازي و تبدیل به گاز شدن از تبدیل حرارتی برای به دست آوردن سوخت‌های زیستی استفاده می‌کنند. علاوه بر این از تکنیک‌های ارتقاء مانند برودت، هیدراته کردن، درجا[۱۳] و جداسازی غشایی برای حذف محتوای گوگرد و نیتروژن استفاده می‌شود. به طور مشابه، فرآیند تخمیر، بیواتانول تولید می‌کند که به راحتی می‌تواند مستقیماً با بنزین مخلوط شود. تخمیر همچنین توانایی تبدیل ضایعات، غلات غذایی و گیاهان را به اتانول زیستی دارد و در نتیجه تنوع مواد اولیه را موجب می‌شود. از سوی دیگر، مواد اولیه با انرژی متراکم منجر به بهینه‌سازي کیفیت سوخت می‌شود. به همین دلیل، استارت‌آپ‌ها و شرکت های بزرگ، مواد اولیه جلبکی و میکروجلبکی را برای استفاده در فرآیندهای تبدیل فوق در نظر گرفته‌اند.

چ) یکپارچه‌سازی شبکه

فناوری‌های یکپارچه‌سازی شبکه در درجه اول دربرگیرنده انتقال، توزیع و تثبیت انرژی‌های تجدیدپذیر است.کانون های تولید انرژی تجدیدپذیرِ متغیر اغلب از مراکز تقاضا دور است که تلفات انتقال و توزیع انرژي را موجب می‌شود. برای غلبه بر این موضوع، از فناوری‌های الکترونیکی شبکه‌ای انرژی کارآمد مانند نیمه‌رساناهای نیترید گالیوم (GaN) و کاربید سیلیکون (SiC) استفاده می‌شود. چالش فرکانس و نوسانات ولتاژ ناشی از تولید انرژی تجدیدپذیرِ متغیر از طریق راه حل‌های مبتنی بر میکروکنترلرها قابل حل است. علیرغم وجود این فناوری‌ها، تثبیت شبکه به دلیل تناوب در مصرف انرژی یک چالش بزرگ است. فناوری وسیله نقلیه به شبکه (V۲G[۱۴]) به تثبیت شبکه در ساعات اوج مصرف کمک می‌کند، در حالی که راه حل‌های شبکه به خودرو (G۲V[۱۵]) از وسیله نقلیه به عنوان یک واحد ذخیره‌سازی استفاده می‌کند و در نتیجه هم صنعت انرژی و هم صنعت حمل و نقل بصورت

۸ Flow Battery
۹ Solid-state battery
۱۰ Power to X، تعدادی از مسیرهای تبدیل برق، ذخیره انرژی و تبدیل مجدد آن (معمولاً) در دوره‌هایی که با نوسان تولید انرژی تجدیدپذیر بیش از بار است.
۱۱ Ocean thermal energy conversion
۱۲ hydrothermal liquefaction
۱۳ In-Situ
۱۴ Vehicle-to-grid فناوری که این امکان را فراهم می‌کند که انرژی از باتری یک خودروی الکتریکی به شبکه برق بازگردانده شود.
۱۵ grid-to-vehicle یک فناوری شارژ هوشمند است. در اصل، در این فناوري باتری‌های پرظرفیت را نه تنها به‌عنوان ابزاری برای تغذیه خودروهای برقی، بلکه سلول‌های ذخیره‌سازی پشتیبان برای شبکه برق در نظر می‌گیرد.

برنده- برنده از آن سود می‌برند.

ح) هیدروژن سبز

گاز هیدروژن بالاترین تراکم انرژی را در بین تمام سوخت‌ها دارد و انتشار گازهای گلخانه‌ای آن تقریباً صفر است. بیشتر هیدروژن از منابع تجدیدناپذیر به شکل هیدروژن‌هایي در طیف‌هاي آبي، خاکستری و قهوه‌ای و ... (بسته به تکنولوژي مورد استفاده) به دست می‌آید. در دهه گذشته، پیشرفت‌هاي ایجاد شده در انرژی‌های تجدیدپذیر و سلول‌های سوختی، روند تغییر فناوري هاي انرژي را به سمت هیدروژن سبز سوق داده است. اما در عین حال که پاک‌تر است، همچنان با مشکلات راندمان تبدیل انرژی پایین سلول‌های سوختی و چالش‌های حمل و نقل نیز دست و پنجه نرم می‌کند. به همین دلیل، روند توسعه هیدروژن سبز بر بهبود ذخیره‌سازی، حمل و نقل و توزیع هیدروژن و فناوري هاي وابسته به آن تمرکز دارد.

خ) رباتیک پیشرفته

کارایی تولید و فرآیند، مانعي بزرگ در بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر است و رباتیک، دقت و استفاده بهینه از منابع را برای غلبه بر این چالش امکان پذیر می‌کند. به عنوان مثال، پنل‌های خورشیدی خودکار برای به حداکثر رساندن تبدیل انرژی با توجه به زاویه تابش نور خورشید در هر زمان تغییر جهت می‌دهند. رباتیک، خودکارسازي تجهیزات و همچنین فرآیندهای تعمیر و نگهداری را تسریع می‌کند و در عین حال نیاز به کار انسانی را کاهش می‌دهد. بازرسی پرنده های بدون سرنشین و عملیات و تعمیر و نگهداری خودکار مبتنی بر رباتیک، کارهای تکراری خطرناک را انجام می‌دهند و در نتیجه ایمنی و بهره‌وری را بهبود می‌بخشند. نمونه‌ای از این مورد استفاده از پهپادهای مبتنی بر تصویربرداری اولتراسونیک آرایه فازی برای تشخیص سریع آسیب‌های داخلی یا خارجی در توربین های بادی بزرگ است. پهپادها همچنین از طریق تصویربرداری و محاسبه داده‌های ارتفاعی، امکان ایجاد دوقلو یا همزاد دیجیتال سایت و نقشه‌های سه بعدی را فراهم می‌کنند.

د) بلاک چین

استارت‌آپ‌های انرژی از فناوری بلاک چین برای پیشبرد تراکنش‌های قابل اعتماد در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، قراردادهای هوشمند، امکان تجارت برق همتا به همتا (P۲P[۱۶]) را برای انرژی قابل تراکنش فراهم می‌کنند. شبکه‌هاي انرژي موجود در برابر تهدیدات سایبری آسیب‌پذیر هستند و لذا بلاک چین می‌تواند برای رمزگذاری داده‌های مرتبط با عملیات شبکه و نظارت مورد استفاده قرار گیرد. بلاک چین از طریق رمزگذاری داده‌ها، تراکنش‌های دیجیتال را تسهیل می‌کند. ارائه دهندگان انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند از بلاک چین برای ردیابی زنجیره نگهداری شبکه انرژي استفاده کنند. علاوه بر این، بلاک چین به قانون‌گذاران اجازه می‌دهد تا انطباق تراکنش ها با مقررات تدوین شده را با دسترسي به داده‌هاي شفاف بررسي کنند.

۳-روندهـاي فناوري در حوزه نفت و گاز به صورت خاص

روندهای فناوری و فناوری های نوظهور صنعت نفت و گاز این صنعت را کارآمدتر، ایمن‌تر و هوشمندتر می‌کند. برای این منظور،

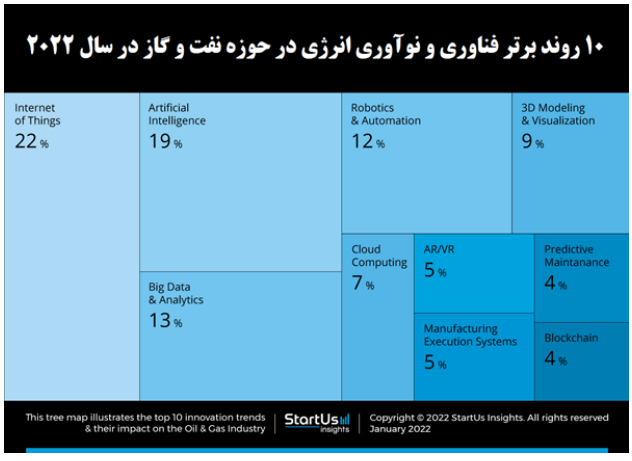
شکل۴: ده روند غالب فناوری های نفت و گاز در ۲۰۲۲

۱۶ peer-to-peer

شرکت‌ها راه‌هایی را برای دیجیتالی کردن، خودکارسازی و حل موثر و رقابتی چالش‌های پیچیده مهندسی زیرسطحی ارائه می‌کنند. به عنوان مثال، الگوریتم‌های هوش مصنوعی (AI) یک مزیت رقابتی است و شرکت‌های نفت و گاز را قادر می‌سازد تا بهره‌وری میادین نفتی یا چاه‌ها را افزایش دهند. علاوه بر این، اتخاذ تدریجی روش‌های پیشرفته رباتیک و مدیریت داده‌ها، زمان پردازش اطلاعات را تسریع کرده و نیاز به نیروی انسانی را کاهش می‌دهد.

همانگونه که پیشتر گفته شد، موسسه استارت‌آس اینسایت، برای شناسایي روندهاي فناوري صنعت نفت و گاز بصورت خاص نیز استارت‌آپ‌های برتر این حوزه در جهان را مورد بررسي قرار داده است که در نقشه نوآوری شکل (۴)، نتایج آن در قالب نمای کلی از ۱۰ روند و نوآوری برتر نفت و گاز و نام استارت‌آپ‌ها و شرکت‌هاي نوظهور شاخصي که در سرتاسر جهان بر شرکت‌هاي نفت و گاز در سراسر جهان تأثیر می‌گذارند، ارائه شده است.

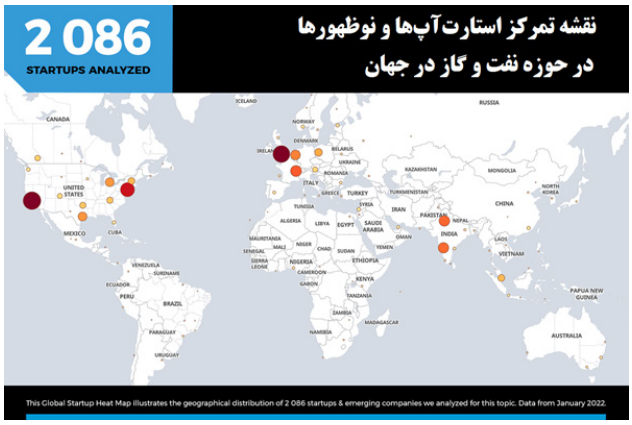
شکل ۵ تأثیر ۱۰ روند برتر صنعت نفت و گاز را نشان می دهد. اینترنت اشیا (IoT) و هوش مصنوعی بزرگترین روند صنعت نفت و گاز را تشکیل می‌دهند. تجزیه و تحلیل بزرگ‌داده‌ها، فناوری ابري، تعمیرات و نگهداري پیش‌بین، سیستم‌های اجرایی ساخت، مدیریت داده‌های حیاتی و ابزارهای تجزیه و تحلیل را امکان‌پذیر می‌سازد که به طور قابل‌توجهی کارایی عملیاتی کلی را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، هوش مصنوعی کاربردهای رباتیک در سکوهای نفتی و تصحیح فرآیندهای تصویربرداری چاه نفت را امکان پذیر می‌کند. استارت‌آپ‌های نفت و گازي همچنین راه‌حل‌های مبتني بر بلاک‌چین را در دست توسعه دارند که در آن بدلیل شفافیت موجود، کل زنجیره ارزش نفت و گاز قابل مشاهده و ردیابي است. در نهایت، فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی ایمنی کارگران را بهبود می‌بخشند و عملیات از راه دور و آموزش مجازی را امکان‌پذیر می‌سازند.



شکل۵: درصد وزنی تاثیر ده روند غالب فناوری نفت و گاز در ۲۰۲۲

شکل (۶) نمایش دهنده تمرکز بخشی از استارت آپ های فعال در حوزه انرژی است که به طور خالص در زمینه فناوری های نفت و گاز فعالیت می کنند. این نقشه نشان می‌دهد که محل ظهور اکثر این شرکت‌ها اروپای غربی است، در حالی که افزایش فعالیت در ایالات متحده و هند نیز قابل مشاهده است.

ده روند غالب در فناوري و نوآوري حوزه نفت و گاز را مي‌توان به



شکل۶: تمرکز جغرافیایی توسعه‌ی روندهای غالب فناوری نفت و گاز در ۲۰۲۲

اختصار چنین تشریح کرد:

الف) اینترنت اشیا (IoT)

صنعت نفت و گاز مي‌تواند از اینترنت اشیا برای بهبود تولید، بهینه‌سازی تجهیزات، تضمین ایمنی کارگران و نظارت بر مناطق دورافتاده استفاده کند. حسگرهایی که در داخل چاه‌ها قرار می‌گیرند، مانند عوامل پیشگیری از انفجار (BOP[۱۷]) و سوپاپ اطمینان، جمع‌آوری داده‌ها را در زمان واقعی امکان‌پذیر می‌کنند. با استفاده از این داده‌ها، به سرعت تجهیزات معیوب شناسایی می‌شود و به مهندسان میدانی کمک می‌کنند تا سرعت پیش‌بینی واقعه و لذا سرعت واکنش خود را افزایش دهند. راه‌حل‌های مبتني بر اینترنت اشیا به تأسیسات نفت و گاز اجازه می‌دهد تا هزینه‌های تعمیر و نگهداری را به حداقل ممکن برسانند و دیدي دقیق‌تر از تجهیزات یا فرآیندهای موجود ارائه کنند.

ب) هوش مصنوعی

صنعت نفت و گاز کنوني به طور فزاینده‌ای از هوش مصنوعی و علم داده‌ها برای حل مشکلات پیچیده در عملیات بالادستی، میانی و پایین دستی استفاده می‌کند. پلتفرم‌های مجهز به هوش مصنوعی از تصمیم‌گیری با بینش‌هایی از تحلیل‌های پیش‌بین، تجویزی و شناختی پشتیبانی می‌کنند. به این ترتیب، هوش مصنوعی به مهندسان نفت و مدیران صنعت نفت و گاز کمک می‌کند تا ایده‌های جدید اکتشاف و تولید را کشف و پیاده‌سازی کنند و بازدهي و بازگشت سرمایه را افزایش دهند.

ج) داده های بزرگ و تجزیه و تحلیل

عملیات روزانه در صنعت نفت و گاز حجم زیادی از داده‌های بدون ساختار تولید می‌کند. پلتفرم‌های کلان داده به تحلیلگران داده در صنعت نفت و گاز کمک می‌کنند تا از دل داده‌ها اطلاعات و بینش مورد نیاز را استخراج کنند. همچنین این امر برای مهندسانی که به دنبال بهینه‌سازی تولید و یا حصول اطمینان از ایمنی مخازن هستند کاربردي است. علاوه بر این، داده‌های تاریخی عملیات‌های گذشته، آموزش و تست الگوریتم‌ها و مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی را بهبود مي‌بخشد. با استفاده از تجزیه و تحلیل داده های بزرگ،

۱۷ blowout preventers

صنعت نفت و گاز مي‌تواند در روند تصميمات روزانه در راستاي كاهش هزينه‌هاي عملياتي و انتشار كربن، بهره‌ورتر عمل كند.

د) رباتیک و اتوماسیون

اغلب، اپراتورهای نفت و گاز در محیط‌های سخت و پیچیده کار می‌کنند که خطر قابل توجهی برای ایمنی انسان به همراه دارد. برای مقابله با این خطر، صنعت نفت در حال تطبیق با راه حل‌های رباتیک و خودکارسازي براي افزايش ايمني محل كار و همچنين افزايش سرعت عمليات است. ربات‌ها همچنین برای بازرسی، نقشه برداری و خودکارسازي صنعتي در سكوهاي نفتي و پالايشگاه‌ها مفيد هستند. رباتیک و خودکارسازي، عملیات را سرعت می‌بخشد و نیاز به نیروی انسانی را کاهش می‌دهد که نوبه خود باعث افزایش کارایی و كاهش خطاهاي انساني مي‌شود.

ه) مدلسازی و تجسم سه بعدی

مدل‌سازی سه‌بعدی و تصویرسازي با كيفيت بالا به ايجاد نمايه‌اي واقعي از مخازن زيرسطحي و ساير تجهيزات نفت و گاز كمک مي‌كند. در ترکیب با داده‌های تاریخی تولید، مدل‌سازی سه بعدی مي‌تواند مراحل تولید و تزریق را در طول چرخه حیات مخزن شبیه‌سازی کند که خود به امکان پیش‌بینی خطراتی که بر ایمنی مخزن تأثیر می گذارد کمک می‌کند. مهندسان نفت و گاز مي‌توانند برنامه‌ريزي توليد و عمليات را بر اساس خروجي مدل بهينه كنند. علاوه بر این، مدل‌سازی و تصویرسازي سه‌بعدی در حالی که عملکرد دارایی‌های نفت و گاز را افزایش می‌دهد، باعث کاهش هزینه‌ها و خطرات مي‌شود.

و) رایانش ابری

رایانش ابری قادر است داده‌ها را روی سرورهای راه دور ذخیره و پردازش کند و حافظه محلی گران قیمت و ظرفیت‌های محاسباتی را آزاد کند. صنعت نفت و گاز در فعالیت های روزانه خود حجم عظیمی از داده‌ها را تولید می‌کند. استفاده از فناوری ابری و برنامه‌های نرم‌افزاری مرتبط با آن، بهره‌وری نفت و گاز، امنیت، و مقیاس‌پذیری را افزایش می‌دهد و همچنین تحول دیجیتالي شدن را تسهیل می‌کند. ابزارهای بومی ابری امکان تجزیه و تحلیل پیشرفته، داشبوردهای تصویری آموزنده و دسترسی از راه دور به اطلاعات زمان واقعی را فراهم مي‌كنند.

ز) واقعیت افزوده و مجازی

فناوری چند بعدي[۱۸] شامل واقعیت افزوده و مجازی (AR/VR[۱۹])، واقعیت ترکیبی (MR[۲۰]) و واقعیت توسعه یافته (XR[۲۱]) است. در صنعت نفت و گاز، راه‌حل‌های مبتنی بر فناوری واقعیت، با نمایش اطلاعات بلادرنگ درباره تجهیزات، ابزار و قطعات، کارایی را افزایش داده و خطاها را کاهش می‌دهد. برای مثال، شرکت‌های اکتشاف و تولید (E&P) مي‌توانند از راه‌حل‌های مبتني بر واقعيت افزوده يا مجازي براي نظارت از راه دور، تصويربرداري از پايين چاه و آموزش مجازی استفاده کنند. علاوه بر این برخي شركتهاي پيشرو، محيط‌هاي واقعي و مجازي را تركيب مي‌كنند تا تعامل انسان و ماشين را با استفاده از ابزارهای پوشیدنی و هشدارهای گوشی‌های هوشمند امکان‌پذیر کنند.

ح) سیستم‌های اجرایی ساخت (MES[۲۲])

این سیستم‌ها امکانات تولید، فناوری‌های عملیاتی چون کنترل نظارتی و جمع‌آوری داده‌ها (SCADA[۲۳]) و سیستم‌های محاسباتی را برای کنترل فرآیند تولید یکپارچه می‌کند. از آنجایی که فرآیندهای تولید تجهیزات نفت و گاز پیچیده هستند، مهندسان به دنبال راه حل‌هایی برای نظارت و کنترل فرآیندهای عملیاتی بصورت مستمر هستند. MES معماری هوشمندی را برای سیستم‌های تولیدی با کنترل یکپارچه در صنعت نفت و گاز فراهم مي‌كند که به این ترتیب، فناوری‌های میادین نفتی را قادر می‌سازد که تولید سریع‌تر، ایمن‌تر و مطمئن‌تر را تضمین کنند.

ط) تعمیر و نگهداری پیش‌بین

نگهداری و عملیات پیش‌بین شامل جمع‌آوری داده‌ها از حسگرها در تاسیسات میدانی و ادغام آنها با الگوریتم‌های یادگیری ماشین است. این امر مهندسان را قادر می سازد تا به سرعت شرایط تجهیزات را ارزیابی کرده و اقدامات تعمیر و نگهداری را به موقع را اجرا کنند. عملیات پیش‌بینی، همراه با پلتفرم‌های نرم‌افزاری، تصویرسازي قطعات ريز را فراهم مي‌كند و به اپراتورهای نفت و گاز اجازه می‌دهد تا خرابی‌های احتمالی را پیش‌بینی کنند. علاوه بر این، تعمیر و نگهداری پیش‌بین، در تمامی عملیات‌های بالادستی، میان‌دستی و پایین‌دستی کاربرد پیدا می‌کند. این راه حل‌ها ایمنی را بهبود می‌بخشد، عمر تاسیسات را افزایش می‌دهد و هزینه‌های مربوط به عملیات و تعمیر و نگهداری را کاهش می‌دهد.

ی) بلاک چین

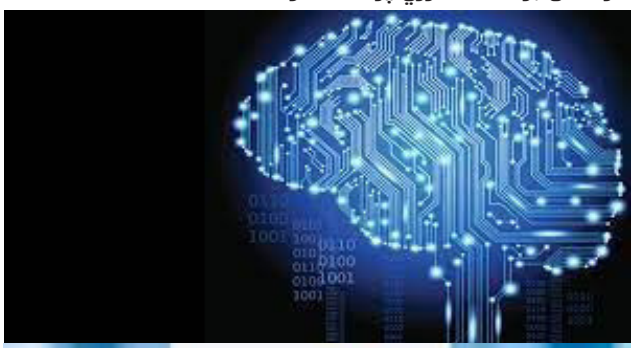
پیش‌بيني مي‌شود كه بلاک چين به طور فزاينده‌اي در عمليات‌هاي مختلف صنعت نفت و گاز نفوذ خواهد كرد. قراردادهای هوشمند امنیت و شفافیت را که بسیار مورد نیاز اسناد و عملیات نفت و گاز است را فراهم می‌کند. دفترکل‌هاي توزيع شده بين پيمانكاران، كارمندان و قراردادهاي هوشمند را در خود جاي مي‌دهد. علاوه بر این، بلاک چین به شرکت‌های نفت و گاز اجازه می‌دهد تا صورتحساب‌ها، تسویه حساب‌های پس از انجام معامله و حسابداری سرمایه‌گذاری مشترک را خودکار کنند. بلاک چین همچنین برای ردیابی ناوگان هیدروکربنی، تجارت، خرده فروشی B۲C[۲۴]، و صورتحساب درون گروهی بسیار مفید است.

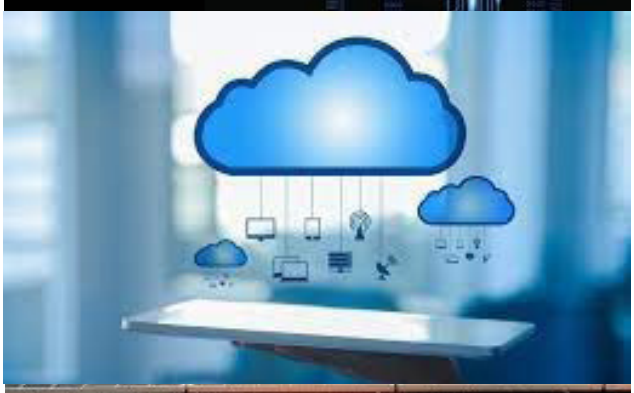
۱۸ Immersive technology
۱۹ augmented and virtual reality
۲۰ mixed reality
۲۱ extended reality
۲۲ Manufacturing Execution Systems
۲۳ supervisory control and data acquisition
۲۴ Business to customer

٤-جمع بندی و نتیجه گیری و نظریه کارشناسی:

با توجه به روندهاي ذكر شده در فوق كه متاثر از روند گذار انرژي ناشي از كربن صفر و هدف جلوگیری از افزایش دمای كره زمين بيش از ۱/۵ درجه و توافقات مربوطه در كنوانسيونهاي بين‌المللي است و از طرفي غناي كشور ما ايران در منابع هيدروكربوري، نگارنده رويكردهای زير را در افق برنامه‌ريزي حوزه انرژي كشور پيشنهاد مي‌كند كه عبارتند از برنامه ریزی برای توسعه انرژيهاي تجديدپذير و افزايش تمركز بر فرآورش و كاهش خام‌فروشي نفت و گاز در كنار توجه و اهتمام به فناوري هاي توليد هيدروژن مبتني بر منابع هيدروكربوري و رويكرد افزايش كارايي، بهبود و ارتقا صنعت نفت و گاز با بهره‌گيري از فناوريهاي نوين.

دو منبع غني خورشيدي و در برخي مناطق بادي در كشور مي‌تواند افق جديدي در توليد پايدار برق در كشور ايجاد كند كه نيازمند توسعه و تحقيق در چالشهاي مترتب بر آن است، همچنين، با نگاهي به رقباي منطقه چون امارات، دانش‌افزايي و توسعه و تحقيق در توليد هيدروژن آبي از منابع فسيلي و استفاده از فناوريهاي نوين و نوظهور در افزايش راندمان و بهره‌وري در بالادست تا پايين دست صنعت مي‌تواند در برنامه كار توسعه و تحقيق سازمانهاي ذيربط قرار گيرد. بديهي است روندهاي شناسايي شده در هر دو حوزه انرژي به صورت كلان و نفت و گاز به صورت خاص مي‌تواند چشم انداز فعاليت پارك علم و فناوري صنعت نفت را بيش از پيش تبيين نمايد. در اين راستا حمايت از استارت آپ های موجود كه منطبق با روندهای برتر اين حوزه هستند نيز می تواند مورد تاكيد قرار گيرد و از ظرفيت های آنها بهره برداری مناسب شود. در شمارگان آتي به بررسي هر روند و اثرات آن بر صنعت انرژي پرداخته خواهد شد.





گزارش تحلیلی | نظم دوره گذار انرژی

کاهش ریسک‌ها و هزینه‌های عملیات بازرسی در صنعت نفت و گاز با استفاده از ربات‌های خودکار

پیمان نیلچی پور
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

۱-مقدمه

ریسک و هزینه‌ی بالا، دو عاملي هستند که به‌طورقطع بر اکثر عملیات بازرسي در صنعت نفت و گاز سایه افکنده‌اند. ربات‌های خودکار هوشمند می‌توانند هر دو عامل را کاهش دهند.

صنعت نفت و گاز ذاتاً یك صنعت خطرآفرین است. این واقعیت در هر سطحي از این صنعت، از بالادست و میان‌دست تا پایین‌دست صدق می‌کند. فراي خطرات عملیاتي، رویه‌های حفاظت و بازرسي نیز با ریسك بالایي روبه‌رو هستند. اعمال استانداردهاي ایمني در این صنعت براي کارکرد مؤثر محصولات و دارایی‌ها و البته براي حفظ سلامت و زندگي کارکنان آن لازم و اساسي است. به‌این‌ترتیب، حجم بازرسی‌ها، به‌منظور رعایت الزامات قانونی، مدیریت ریسک و اطمینان از حفظ و دوام دارایی‌ها بسیار زیاد است.

بازرسی‌ها ممکن است به‌شدت هزینه‌بر باشند. عواملي نظیر افزایش تقاضا براي استانداردهاي HSE (استانداردهاي محیط‌زیست، سلامت و ایمني)، هزینه‌های رو به رشد تجهیزات پرخطر و افزایش تعداد تجهیزات فرسوده نیز بر هزینه‌های بازرسي می‌افزایند.

همچنین فشارهاي سازماني بر صنعت نفت و گاز، ازجمله دو دستورالعمل اتحادیه‌ی اروپا موسوم به ATEX در خصوص حداقل الزامات ایمني اماکن و تجهیزات مورداستفاده در فضاهاي داراي ظرفیت انفجار، نیاز به انجام بازرسی‌های بیشتر را تقویت می‌کنند.

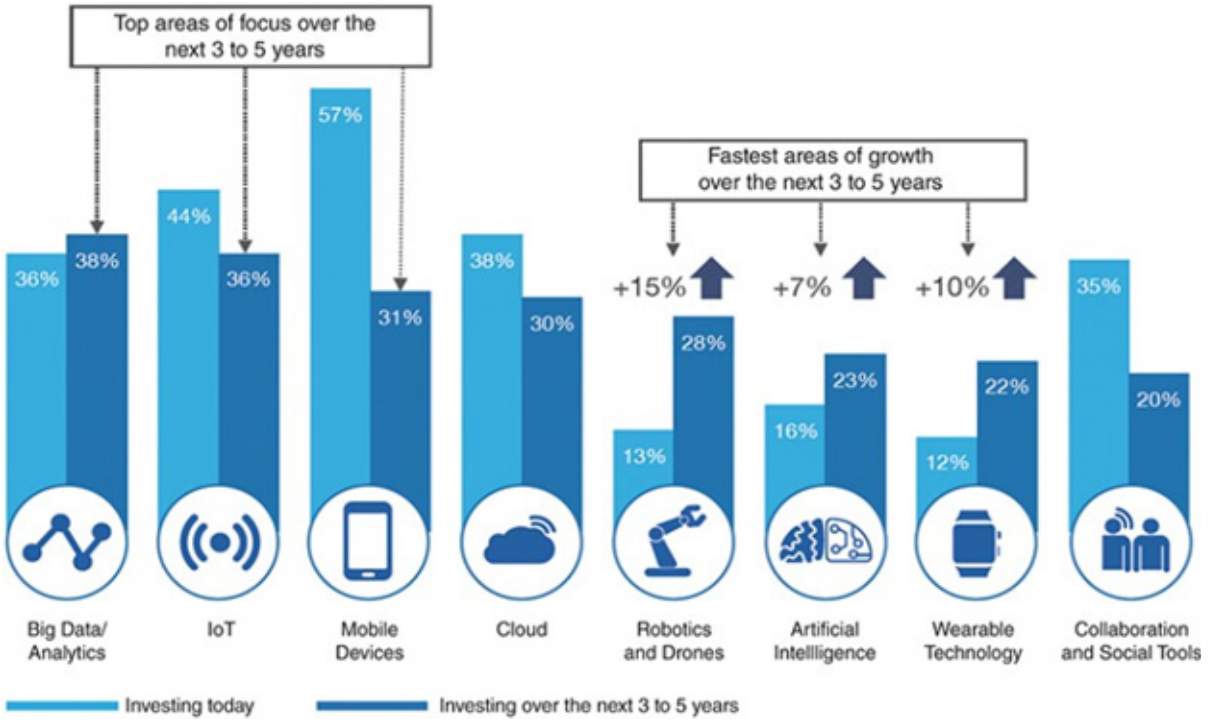
۲-توسعه‌ی فناوري رباتیك در صنعت نفت و گاز

فناوري رباتیك در ۵ سال گذشته با پیشرفت و توسعه‌ی حسگرها، موتورها و سیستم‌های ناوبري کم‌هزینه تحولي عظیم یافته است. علاوه بر این، فناوری‌های هوش مصنوعي، تحلیل داده‌ها و اینترنت اشیا نیز به‌طور روزافزون در حال تبدیل‌شدن به بخش جدایی‌ناپذیر ربات‌های نسل بعدي هستند که از قابلیت عملیات کاملاً خودکار راه دور برخوردار خواهند بود. این پیشرفت‌ها در فناوري رباتیك، در نحوه‌ی انجام عملیات مختلف در صنعت نفت و گاز تحولي عظیم ایجاد می‌کنند و فرایند تصمیم‌گیری داده محور و قابلیت‌های پیش‌بینی را در این صنعت بهبود خواهند بخشید.

در گزارش سال ۲۰۲۰ مجمع جهاني اقتصاد، پیش‌بینی شده است که در سه تا پنج سال آینده، فناوري رباتیك به‌عنوان یکي از پرکاربردترین فناوری‌ها در میان فناوری‌های دیجیتال، بیشترین میزان سرمایه‌گذاری در این حوزه را به خود اختصاص خواهد داد و انتظار می‌رود صنعت نفت و گاز بیشترین رشد را در بهره‌برداری از این فناوري داشته باشد.

۳-خطرات بازرسی‌های انساني در صنعت نفت و گاز

در اغلب بازرسی‌های صنعت نفت و گاز خطرات بسیاري وجود



شکل ۱ : رباتیک در صنعت نفت پرکاربرد است و پرکاربردتر می‌شود

دارد، ازجمله براي نشت‌يابي‌ها يا تشخيص انتشار گازهاي فرار، شناسايي درزها و ترک‌ها و عيوب ديگر در دارايی‌های در معرض خطر، آزمايش سلامت خطوط لوله، شيرها و پمپ‌ها و مجموعه‌ای از بازرسی‌های موردنياز ديگر. بااين‌حال، در اين بازرسی‌ها، وجود عامل انساني است که به‌طور فزاينده‌ای احتمال خطر را بالا می‌برد. درهرصورت، اين يك واقعيت انکارناپذير است که اشتباه انساني مهم‌ترين عامل خطر در هر مجموعه‌ی صنعتي است و همواره نيز دليل اصلي بروز حوادث صنعتي ازجمله در صنعت نفت و گاز بوده است.

شرايط در بسياري از مکان‌های پرخطر که در آن‌ها بازرسي توسط انسان صورت می‌گيرد وخيم‌تر می‌شود. بازرسی‌ها ممکن است در مکان‌های دورافتاده يا در مناطقي انجام شود که دسترسي به آن‌ها دشوار يا محدود است. فضاهاي محدود يا محصور می‌تواند شامل مخازن نفت، انبار بشکه‌های مواد سوختي و ديگر فضاهاي بسته‌ی در معرض انفجار و همچنين کشتی‌های حامل سوخت باشد. اين‌گونه فضاهاي بازرسي به‌ويژه در صنعت گاز، اغلب داراي سطوح خطرناکي از گازهاي سمي و مضر يا بخارهاي اشتعال‌پذير، شامل حجم بالايي از متان که تا ۸۵ درصد از ترکيب گاز طبيعي را تشکيل می‌دهد نيز هستند. گاز ترش با توجه به حجم قابل‌توجهی از سولفيد هيدروژن در ترکيب آن، يکي ديگر از مواد بسيار خطرناك است که به‌شدت سمي و همچنين انفجاري است. سولفيد هيدروژن و بسياري از ديگر محصولات مشتق از نفت، عامل زنگ‌زدگی و تخريب فلزات نيز هستند که می‌توانند سلامت کارکنان مسئول بازرسي را با خطرات بيشتري مواجه سازند.

شکل۲: ربات مدل ۱ – ExR ساخت شرکت ExRobotics در بسیاری از شرکت‌های گاز ازجمله در چندین کارخانه‌ی شرکت شل مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

علاوه بر خطرآفرينی بالا، هزينه بري زياد نيز به‌واسطه‌ی لزوم صرف زمان و نيروي کار بسيار، يك عامل منفي در بازرسی‌های اين صنعت به شمار می‌رود. بر اساس گزارش نشريه‌ی فناوري نفت (JPT)، تحقيقاتي در مورد آزمايش غير مخرب پيشرفته، با استفاده گسترده از فناوری‌های رباتيك، توسط شرکت ملي نفت ابوظبي در سايت‌های ميدان گازي اين شرکت انجام شده است. محققان اين شرکت اماراتي طي اين تحقيقات دريافته‌اند که استفاده از اين فناوري براي بازرسي صحت و سلامت دارايی‌ها و تجهيزات (به‌ويژه در خصوص مخازن تحت‌فشار آفلاين) از نظر صرف زمان و کاهش هزينه‌های عملياتي بسيار مفيد و سودمند است. همچنين در اين تحقيق تأکيد شده است که هيچ‌گونه اختلال، خدشه يا آسيبي به تجهيزات در روند بازرسی‌ها وارد نيامده است. بهره‌برداری از فناوري رباتيك همواره نسبت به اعزام افراد براي انجام کارهای يکسان از ايمني بيشتري برخوردار بوده است؛ به‌ويژه در مکان‌هايی که به لحاظ ايمني براي انسان غيرقابل دسترسي هستند. طبق اين تحقيقات، ارسال ربات‌های زميني به فضاهاي داراي ظرفيت انفجار که رعايت حداقل سطوح ايمني در آن‌ها طبق دستورالعمل‌های ATEX الزامي است بسيار بهتر از اعزام نيروهاي انساني است.

مزاياي ديگري نيز در تحقيقات فوق موردتوجه قرار گرفت، ازجمله اينکه: ۱ـ استفاده از فناوري رباتيك نياز به ورود کارکنان به مخازن تحت‌فشار را رفع می‌کند يا به حداقل می‌رساند که به‌طور خودکار شاخص‌های ايمني خطر را در يك سايت بهبود می‌بخشد؛ ۲ـ اختلالات عملياتي را به دليل بازرسی‌های کوتاه‌تر و بهينه‌تر، به‌واسطه‌ی اخذ داده‌های باکيفيت به حداقل می‌رساند؛ ۳ـ تأثيرات زيست‌محيطی احتمالي را نيز به کم‌ترين ميزان کاهش می‌دهد يا از بروز آن‌ها جلوگيري می‌کند و ۴ـ هزينه‌های مربوط به باز کردن و تميزکاري مخازن به‌شدت کاهش می‌يابد.

مزيت ديگر استفاده از ربات‌های خودکار هوشمند در حوزه‌ی «بازرسی‌های ريسك محور» (RBI) قرار دارد که در صنعت نفت و گاز نيز متداول است و در آن، بازرسی‌ها بر اساس «دارايی‌های اولويت‌دار» و طبق برآورد ريسك احتمال خرابي (PoF) و پيامد خرابي (CoF) در هر يك از دارايی‌ها انجام می‌پذيرد. اين خرابی‌ها معمولاً بر سلامتي، محيط‌زيست، کسب‌وکار و ايمني تأثيرگذار هستند. اين تأثيرات را می‌توان با بهره‌برداری از ربات‌های خودکار هوشمند در بازرسی‌های ريسك محور کاهش داد و با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط ربات‌ها در اين نوع از بازرسی‌ها به‌طور مؤثرتری به برآورد ريسك احتمال خرابي و پيامدهاي خرابي دارايی‌ها پرداخت.

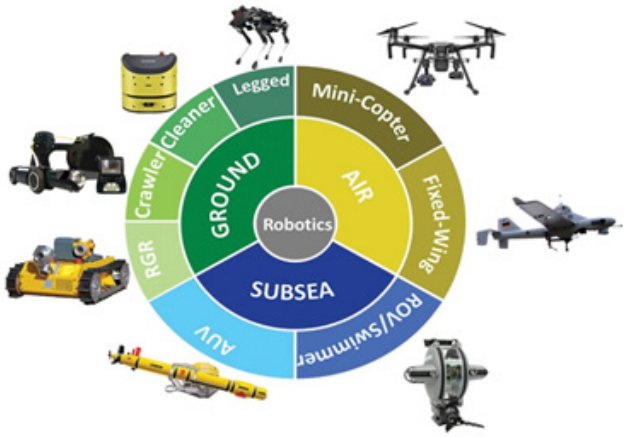
در يك صنعت به‌واقع انباشته از ريسك و هزينه، استفاده از ربات‌های خودکار جهت انجام بازرسی‌ها يك گزينه‌ی منطقي و هوشمندانه براي کاهش ريسک‌ها و هزينه‌ها است. با توسعه‌ی فناوري رباتيك برخوردار از هوش مصنوعي در انجام عمليات بازرسي در صنعت نفت و گاز، از يک سو جمع‌آوری داده‌ها بهبود می‌يابد و از سوي ديگر بهره‌وری و امنيت عمليات بازرسي ارتقا پيدا می‌کند. اين مهم با استفاده از ويژگی‌های پيشرفته‌ای ازجمله ويژگی‌های ذيل به انجام می‌رسد:

- مديريت ناوگان مبتنی بر بستر ابری
- گردآوری اطلاعات کاربردي بر پايه‌ی تحليل‌های هوش مصنوعي
- توانايي انجام عمليات بازرسي در مناطق خطرناك با رعايت دستورالعمل‌های ATEX
- استفاده از پيشرفته‌ترين فناوری‌های ناوبري خودکار
- توسعه‌ی ارتباط از راه دور با استفاده از شبکه‌های واي فاي، ۳G، ۴G و ۵G و فناوري اينترنت اشيا

٤-حوزه‌های تمرکز فنـاوري رباتيك در صنعت نفت و گاز

فناوري رباتيك را می‌توان در طيف وسيعي از حوزه‌های صنعت نفت و گاز بر اساس نيازها و الزامات هر حوزه مورد بهره‌برداری قرار داد، ازجمله در عمليات بازرسي. در کل، دامنه‌ی انجام عمليات با

استفاده از فناوري رباتيك در صنعت نفت و گاز به سه نوع عمليات هوايي، زميني و زيردريايي تقسيم‌بندي مي‌شود.



شکل۳: تقسیم‌بندی حوزه های فعالیت رباتیک در صنعت نفت

۵-عمليات بازرسي توسط ربات‌هاي هوايي

ربات‌های هوايي با استفاده از ابزارهاي مختلف پرواز ازجمله ملخ‌های گردان در آسمان حركت مي‌كنند و به مانور مي‌پردازند. ميني‌كوپترها به‌طور وسيعي در صنعت نفت و گاز مورداستفاده قرار مي‌گيرند، به‌ويژه در عملياتی كه مستلزم چابكي و واكنش‌های سريع هستند. براي مثال از اين نوع ربات در بازرسی‌های ديداري در فضاهاي محدود، نقشه‌برداری، سنجش ضخامت، مديريت ساخت‌وساز، نظارت‌های زيست‌محيطی، مراقبت و امنيت و عكس‌برداری و فيلم‌برداری هوايي استفاده مي‌شود. ربات‌های پرنده‌ی مجهز به بال ثابت در عمليات بازرسي خطوط لوله، عمليات تجسس فراساحل براي واكنش به حوادث و فوريت‌ها و تجسس نشت نفت در دريا و طيف وسيعي از عمليات ديگر مورداستفاده قرار مي‌گيرند.

در روش‌های سنتي و مرسوم بازرسي مخازن مرتفع، از داربست استفاده مي‌شود و بازرس‌ها با استفاده از بالابر به اين مخازن دسترسي مي‌يابند و به بررسي شرايط آن مي‌پردازند. با استفاده از فناوري رباتيك، ربات‌های بازرس پرنده بر فراز و اطراف مخازن به پرواز درمی‌آيند و از طريق عكس‌برداری با وضوح بسيار بالا و جمع‌آوری داده‌های حرارتي، به بررسي شرايط آن‌ها و يافتن هرگونه

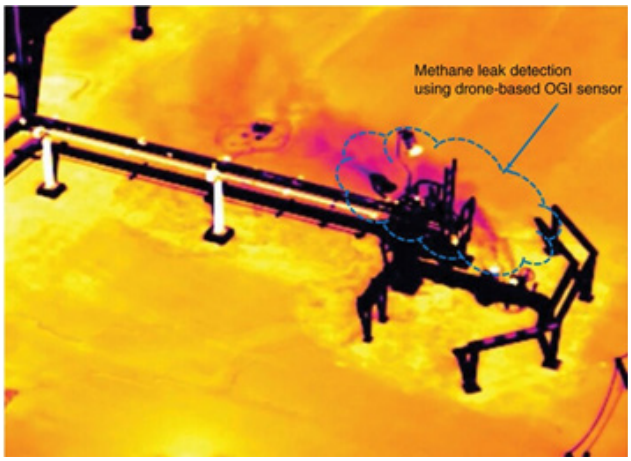
شکل۴: کاربرد ربات پرنده در بازرسی فنی

تغيير شكل، شكاف، زنگ‌زدگی يا خرابي پوشش‌ها مي‌پردازند.

براي بازرسي مشعل‌ها نيز دسترسي به نوك ميله‌ی مشعل محدود است و تنها در دوره‌های زماني برنامه‌ريزی‌شده‌ی خاموشي مشعل يا مواقع اضطراري خاموشي اين امكان وجود دارد. در اين مورد، ربات‌های پرنده بدون نياز به خاموشي مشعل‌ها، براي بررسي ناهنجاری‌های احتمالي به آن‌ها نزديك مي‌شوند. اين قابليت‌ها موجب پيشگيري از هزينه‌های بالقوه و افزايش ايمني مي‌شوند، زيرا نياز به كار در ارتفاع بازرسان و تعطيلي تأسيسات براي انجام بازرسي را رفع مي‌كنند.

استفاده از يك ربات هوايي هوشمند براي بازرسي از نوك ميله مشعل موجب جلوگيري از هزينه‌های اضافي و بهبود امنيت مي‌شود زيرا نياز به انجام عمليات بازرسي توسط مأموران بازرسي در ارتفاع رفع مي‌شود و علاوه بر آن، عمليات بازرسي بدون نياز به تعطيلي انجام مي‌پذيرد.

يكي ديگر از عمليات مهم، بازرسي نشت متان و ديگر گازهاي هيدروكربني با استفاده از ربات‌های پرنده است. در اين عمليات، براي يافتن مراكز نشت متان و سنجش ميزان آن از ربات‌های بازرس پرنده استفاده مي‌شود. با اين روش، انجام تعهدات زيست‌محيطی در كاهش انتشار گازهاي گلخانه‌ای نيز تسهيل مي‌گردد.



شکل۵: کاربرد ربات پرنده در بازرسی فنی تشخیص نشت

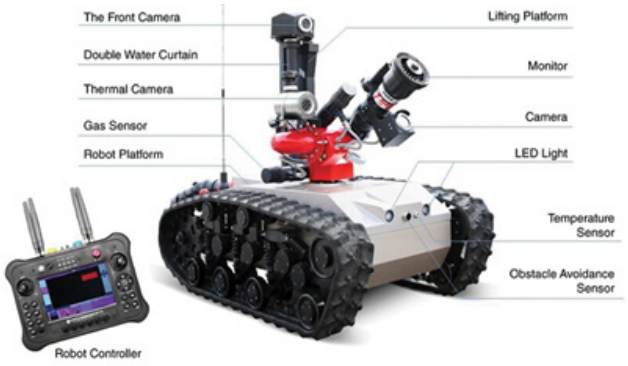
تصويربرداري اپتيكال از گازها (OGI). در اين روش، با استفاده از حس‌گرهای پيشرفته در دوربين‌های تخصصي پرتوسنج حرارتي گازهايي نظير متان، اتان، پروپان، بوتان و بنزن مورد تجسس قرار مي‌گيرند و در صورت بروز نشتي تصويربرداری مي‌شوند.

طيف‌سنجي جذبي توسط ديود ليزري قابل تنظيم (TDLAS). هنگامی‌كه نشت يك گاز از طريق تصويربرداری اپتيكال تشخيص داده مي‌شود، يك پرتوي ليزري با طول‌موجی مشخص از يك ديود قابل تنظيم به آن مي‌تابد. گاز مربوطه پرتوي ليزر را طبق خصوصيات فيزيكي خود جذب مي‌كند. هر مولكولي يك منحني و ويژگي جذب نور واحد دارد و اين ويژگي فيزيكي براي شناسايي و سنجش ميزان تمركز گاز مورداستفاده قرار مي‌گيرد.

۶-عمليات بازرسي توسط ربات‌هاي زميني

ربات‌های زميني ربات‌های متحرك يا ثابتي هستند كه به‌طور خودكار به عمليات مي‌پردازند و از فعاليت‌های عملياتي نظير عمليات

بازرسي پشتيباني مي‌كنند. وظايفي كه اين ربات‌ها مي‌توانند انجام دهند شامل بازرسی‌های ديداري و گرمايي سطح اول، خوانش نشانگرها، تشخيص نشت گاز، تشخيص و تحليل ارتعاشات محيطي و مكانيكي و واكنش به موارد اضطراري مي‌شود. تركيبي از هوش مصنوعي و تحليل داده‌ها، اين ربات‌ها را قادر مي‌سازد به‌عنوان بازرسان يا دستياران فرا هوشمند و برخوردار از چندين مهارت عملياتي در فرايندهاي بازرسي غير مخرب چندمنظوره عمل كنند.



شکل۶: ربات‌زمینی

براي انجام عمليات بازرسي خودكار از راه دور در محيط‌های دورافتاده، نسل بعدي ربات‌های زميني مجهز به بازوها و پاها درحال‌توسعه هستند تا بستر رباتيك قابل‌اعتماد و چابكي را مهيا كنند. اين نسل از ربات‌های زميني هوشمند كه به بازوهاي قابل حركت در چندين محور مختلف مجهز هستند مي‌توانند كارهايي مثل، كنترل شيرها و پنل‌هاي كنترل محلي را به عهده بگيرند.

۷-عمليات بازرسي توسط ربات‌های زيردريايي

ربات‌های زيردريايي در محيط‌های دريايي به كار گرفته مي‌شوند و مجهز به موتورهاي پيشران هستند. تعداد موتورها مقدار آزادي عمل، توانايي حركت در جهات مختلف، حفظ توازن و موقعيت‌يابی صحيح اين نوع از ربات‌ها را تعيين مي‌كند. اين ربات‌ها از طيف وسيعي از كاربردهاي زيردريايي برخوردار هستند، ازجمله بازرسي، اكتشاف، تحقيقات در مورد حيات دريايي و تجسس‌ها.

دو نوع ربات زيردريايي وجود دارد: ربات‌های كنترل شونده از راه دور (ROV) و ربات‌های زيردريايي خودران (AUV). ربات‌های كنترل شونده ربات‌های متصلي هستند كه به جمع‌آوری داده‌ها و تهيه تصاوير و ويدئوها مي‌پردازند و آن‌ها را براي كاربر ارسال مي‌كنند. آن‌ها مجهز به انواع حسگرها و يك بازوي گيرنده هستند كه آن‌ها را قادر مي‌سازد به آزمايش و بازرسي بپردازند. اين فناوري نياز به قايق‌ها و غواصان بازرس را جهت بررسي و نظارت بر تجهيزات زير دريا نظير خطوط لوله، زيرسازی‌ها، كابل‌های كامپوزيت، سازه‌های آبگير و غيره به حداقل مي‌رساند. ربات‌های خودران، ربات‌های غير متصلي هستند كه به‌صورت خودران در زير دريا به تجسس مي‌پردازند و تصاويري با وضوح بسيار بالا تهيه مي‌كنند.

۸-اقدامـات بزرگ‌ترين رقيب منطقه‌ای ايـران (آرامكو) در زمينه‌ي بهره‌برداری از فناوري رباتيك

با توجه به اهداف بلندپروازانه‌ی شركت آرامكو براي تبديل‌شدن به يك شركت انرژي پيشرو در زمينه‌ی ديجيتال و هوشمندسازي فعاليت‌های عملياتي در سال ۲۰۲۲، اين شركت جهت انجام فعاليت‌های بهره‌ورانه، اقتصادي و امن‌تر در زمينه‌های بازرسي، عمليات اضطراري، نقشه‌برداری هوايي، نظارت بر پروژه‌ها، مراقبت امنيتي و نظارت‌های زيست‌محيطی در حال تسريع بهره‌برداری و توسعه‌ی فناوری‌های رباتيك خود است.

بخش بازرسي خدمات مهندسي شركت آرامكو، مديريت و رهبري فعاليت‌های رباتيك آن را به‌عنوان بخشي از برنامه‌ی تحول ديجيتال اين شركت به عهده دارد. در سال ۲۰۱۹، ناوگان ربات‌های خودران آرامكو به ۱۸ دستگاه رسيد. اين ربات‌ها به عمليات بازرسي در خشكي و فراساحل، مخازن ذخيره‌سازی، سازه‌های مرتفع، زيرساخت‌های سيستم برق، نقشه‌برداری هوايي و نظارت‌های زيست‌محيطی مشغول هستند. هفت دستگاه از اين ربات‌ها جهت پشتيباني از بخش برنامه‌ريزی و زمان‌بندی تأمين نفت (OSPAS) و مراكز كنترل اضطرار و فوريت، به فيلم‌برداری و ارسال تصاوير زنده به اين بخش‌ها مي‌پردازند. علاوه بر اين، تعداد ديگري از ربات‌های خودران اين شركت در راستاي انجام تعهدات زيست‌محيطی اين شركت به بازرسي نشت متان و سنجش تراكم اين گاز و گازهاي هيدروكربني ديگر در كارخانه‌ی گاز عثمانيه‌ی اين شركت مشغول به كار هستند.

در سال ۲۰۱۹، آرامكو اولين ربات آتش‌نشان ضد انفجار را كه به چندين دوربين تصويري و حرارتي، حسگرهاي دنبال‌كننده‌ی حرارت و سيستم جستجوي گاز مجهز است براي انجام عمليات مؤثرتر آتش‌نشانی در موقعيتي نزديك‌تر به منبع آتش‌سوزی به خدمت گرفت. اين ربات با استفاده از شبكه‌ی امن شركت، قابليت ارسال تصاوير زنده به اتاق كنترل OSPAS و مركز فرماندهي عمليات اضطرار و فوريت سيار را دارد.

با توجه به اقدامات صورت گرفته، به نظر مي‌رسد آرامكو با اتخاذ راهبردهاي عملياتي و هدف‌گذاری‌های مشخص به‌سرعت به سمت بهره‌برداری از دستاوردهاي انقلاب صنعتي چهارم جهان در كليه‌ی فعاليت‌های عملياتي خود است و اين امر زنگ خطري براي صنعت نفت و گاز ايران در رقابت آينده با اين رقيب سنتي خود است.

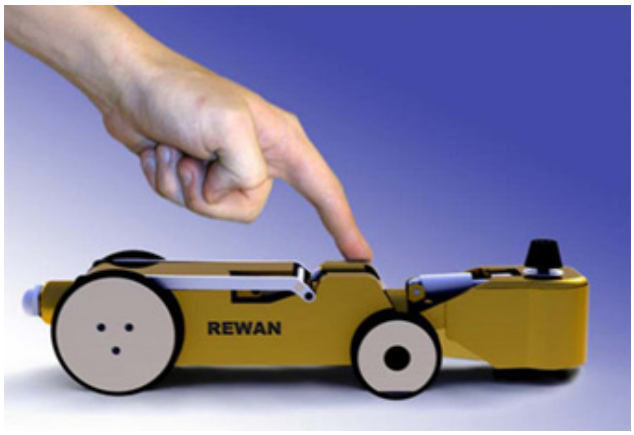
۹-فنـاوري رباتيك در صنعت نفت و گاز ايران

ظرفيت‌های علمي و توانمندی‌های فني نخبگان ايراني در حوزه‌ی رباتيك افتخارات جهاني بسياري براي كشور به ارمغان آورده است. در يك دهه‌ی گذشته اقدامات خوبي در خصوص توسعه‌ی دانش رباتيك در سطح صنعت نفت و گاز كشور صورت گرفته كه نشان از آگاهي متصديان امر به اهميت اين شاخه‌ی نوين در توسعه‌ی اين صنعت در آينده دارد. در اين راستا، در سال ۹۳ اولين نشست فناوری ربات‌های صنايع نفت، گاز و پتروشيمی با حضور شش استان كشور به‌صورت ويدئو كنفرانس در مركز خدمات كسب‌وكار اراک برگزار شد.
https://www.isna.ir/news/markazi-69556

اقدامات عملي قابل‌توجهی نيز در اين زمينه به انجام رسيده است. براي مثال، شركت نفت خزر با هدف انجام كار روزآمد و حركت در مسير توسعه، از ربات‌های زيردريايی پيشرفته‌ي ويژه‌ي آب‌های عميق در فعاليت‌های اكتشافی خود استفاده مي‌كند.
www.shana.ir/news/247384

همچنین، نخستین ربات لایروب مخازن نفتی در خاورمیانه توسط یك مخترع ایراني در استان همدان ساخته شده است. کاهش هزینه و زمان عملیات، افزایش ایمني و استفاده از انرژي باد به عنوان منبع تامین انرژي، از مزایای این ربات هوشمند است. این ربات لایه‌روب مخازن نفتی در سال ۱۳۹۲ به شماره ۸۱۷۵۸ در سازمان ثبت اختراعات صنعتی ایران ثبت شده است.
https://www.iribnews.ir/000Cuq

در تلاشي دیگر، یکی از واحدهای فناور مستقر در مرکز رشد دانشگاه علم و صنعت ایران موفق به ساخت رباتی شده است که می‌تواند بدون استفاده از انرژی الکتریکی به بازرسی و تعمیر خطوط لوله‌ی گاز یا محیط‌های آلوده به گازهای قابل اشتعال بپردازد. طراح این ربات، محمدرضا قهرمانی، تصریح کرده است که ایده‌های نوآورانه‌ی به‌کاررفته در این ربات به ثبت جهانی رسیده است و نمونه‌های اولیه‌ی آن توانسته است جایزه علمی ربات دالن را در سال ۲۰۱۲ از آن خود کند.
https://www.isna.ir/news/94030200781



شکل۷: ربات ویژه‌ی بازرسی و تعمیر خطوط لوله‌ی گاز، طراحی شده در دانشگاه علم و صنعت

دستاورد دیگر در این زمینه، ساخت اولین ربات آتش‌نشان صنعت نفت ایران در مجتمع پتروشیمی خوارزمی است که به کوشش کارشناسان ایرانی و با تکیه‌بر دانش بومي در این مجتمع پتروشیمی ساخته شده است.
https://www.nipna.ir/fa/newsagency/7256

تولیداتي نیز در سطح تجاري توسط شرکت‌های دانش‌بنیان صورت گرفته است، براي مثال ربات سایرو (Si-Ro) یك ربات بازرس محیط و چندمنظوره با کاربردهای متنوع به‌ویژه در محیط‌های غیرقابل‌دسترس است که توسط یک شرکت ایرانی، به تولید رسیده است. از این ربات چندمنظوره با قابلیت نصب بازوهای عملیاتی می‌توان در انجام برخی فرایندهای دشوار در محیط‌های خطرناک یا مناطقی که از دسترس انسان خارج است استفاده نمود. به‌عنوان مثال، بررسی وضعیت مخازن سوخت و تأسیسات آن، انجام عملیات بلستینگ کانال‌ها و یا برش‌کاری شبکه‌های لوله‌ای واقع‌شده در عمق زمین ازجمله مواردی هستند که می‌توان در آن‌ها از این ربات استفاده کرد.
https://idehkavan.com/product/siro

شکل۸: ربات سایرو، ساخت ایران

۱۰-نتیجه گیری

فناوري رباتیك به‌سرعت در حال توسعه است و به‌طور روزافزون هوشمندتر و داراي کارکردهای متنوع‌تری می‌شود. هوش مصنوعي، تحلیل داده‌ها و اینترنت اشیا نیز در حال تبدیل‌شدن به جزء جدایی‌ناپذیر ربات‌های نسل جدید هستند که آن‌ها را کاملاً خودکار و قادر به انجام عملیات راه دور خواهند کرد. شرکت‌ها با به‌کارگیری و بهره‌برداری از این فناوري روز دنیا می‌توانند انجام عملیات مختلف ازجمله عملیات بازرسي را هم ازنظر امنیت و هم ازنظر اقتصادي بهبود بخشند.

توجه به این نکته ضرورت دارد که فناوري رباتیك در ایران از ظرفیت‌هاي فراوانی برخوردار است که قابلیت آن‌ها در سطح جهان به اثبات رسیده است. با سرمایه‌گذاري بر روي برنامه‌هاي تحقیق و توسعه و به‌کارگیري نیروهاي متخصص در این حوزه، نه‌تنها مي‌توان صنعت نفت و گاز کشور را به‌سرعت به فناوري روز رباتیك مجهز کرد، بلکه گامي بلند به سمت پیشگامي در این حوزه به‌عنوان قطب تولید دانش و انتقال فناوري رباتیك در منطقه و جهان برداشت.

بنابراین با توجه به‌سرعت توسعه‌ی فناوري رباتیك و دیگر فناوری‌های توانمندساز در این حوزه و حرکت سریع شرکت‌های فعال در حوزه‌ی انرژي به سمت بهره‌برداری از آن‌ها جهت دست‌یابی به بهره‌وری و منافع اقتصادي بیشتر، ضرورت سیاست‌گذاری سریع، برنامه‌ریزی دقیق، سرمایه‌گذاری هدفمند و اقدامات عملي مستمر در این حوزه به‌ویژه درزمینه‌ی عملیات بازرسي در صنعت نفت و گاز کشور بیش‌ازپیش احساس می‌شود. همکاري‌هاي بین‌المللي نیز جهت تبادل دانش و تجربه و اجراي پروژه‌هاي عملیاتي مشترك در این مسیر لازم است. شایان ذکر است به‌کارگیري اصول مدیریت نوآوري در توسعه‌ي فناوري‌هاي این حوزه کمك به سزایي به حرکت ایده‌هاي نو از آزمایشگاه تا بازار خواهد کرد.

منابع:

https://www.energy-robotics.com/post/lowering-the-risk-autonomous-robotic-inspections-in-the-oil-gas-industry

https://jpt.spe.org/emerging-robotic-technologies-for-oil-and-gas-operations

بحران روسیه و اوکراین؛ اختلال در روند گذار انرژی اروپا یا تسریع آن

صدیقه جوادپور
پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

اروپای کنونی بحران زده است. این قاره واردات انرژی از روسیه را تحریم کرده و در پي آن تقریباً کل قاره اروپا به دلیل تصمیم تلافي‌جویانه روسیه برای ارسال کمتر گاز طبیعی به اروپا دچار تزلزل شده است. بر اساس پیش بینی های جدید، زمستان سختی براي اروپا در راه است، اما از طرفي قطع برنامه‌ریزی نشده محموله‌های گاز روسیه به اروپا در واقع می‌تواند محرک بسیار کارآمدی برای گذار سریعتر انرژی اروپا به انرژی‌های تجدیدپذیر باشد.

در حالی که بسیاری از کشورهای اروپایی به دنبال کاهش انتشار کربن و محدود کردن اثرات تغییرات آب و هوایی هستند. برای دستیابی به این هدف، آنها از زغال سنگ، پرمصرف‌ترین سوخت کربنی، فاصله گرفته‌اند و در سال‌های اخیر اتکای خود را به گاز طبیعی افزایش داده‌اند. به عنوان مثال، تعداد کشورهای عضو اتحادیه اروپا که تولید کننده آنتراسیت که خالص‌ترین شکل زغال سنگ با بالاترین محتوای کربن است، از ۱۲ کشور در سال ۱۹۹۰ به تنها دو کشور لهستان و جمهوری چک در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است.

تقریباً یک سوم تقاضای گاز اروپا برای گرمایش ساختمان‌ها و پخت و پز و یک سوم دیگر برای تولید برق استفاده می‌شود. حدود بیست درصد آن توسط صنایع تولیدی و مابقی در صنایع پتروشیمی و خود صنعت گاز در حین تولید مصرف می‌شود. سیاستگذاران اروپایی مصمم هستند وابستگی گازی اتحادیه اروپا به روسیه را در سال جاری به میزان دو سوم کاهش دهند. این جایگزینی دردناک و پرهزینه خواهد بود و افزایش واردات LNG از آمریکا و خاور میانه را در مرکز توجه قرار می‌دهد. مطمئناً این رویکرد فرصتی است برای شتاب در برنامه های انرژی هسته‌ای بلژیک، پمپ‌های حرارتی فرانسه، انرژی خورشیدی آلمان و انرژی بادی پان- اروپایی که همگی به کاهش وابستگی به انرژی وارداتی روسیه کمک خواهند کرد. برخی از این گزینه‌ها می‌توانند در سال جاری نقش خود را ایفا کند اما برخی دیگر به چندین سال زمان نیاز دارند تا اثری معنادار بر این استقلال داشته باشند.

با علم به این موارد پژوهشگران دانشگاه آرهوس[1] با مدلی مبتنی بر کل سیستم انرژی اروپا با وضوح بالا به بررسی اثرات بلندمدت قطع گاز روسیه در راستای هدف کربن زدایی از سیستم انرژی اروپا پرداخته است. در این مطالعه دو سناریو برای گذار انرژی در اروپا مد نظر قرار گرفت. یکی با رویکرد بلندپروازانه و با هدف قراردادن افزایش دمای جهانی زیر ۱/۵ درجه سانتیگراد و دیگری با رویکردي متعادل‌تر و با هدف افزایش دما تا زیر ۲ درجه سانتیگراد که هر دو در توافقنامه آب و هوایی پاریس، در سال ۲۰۱۵ مورد وفاق اغلب کشورها قرار گرفته است.

مقایسه نتایج مدل برای این دوسناریو نشان مي‌دهد که کمبود گاز در میان مدت باعث تحول سریع سیستم انرژي اروپا تا قبل از ۲۰۳۰خواهد شد. اما پس از ۲۰۳۰ تنها سناریو ۱/۵ درجه سانتیگراد است که به اروپا این امکان را مي‌دهد که سریعتر به استقلال انرژي برسد و در عین حال احتمال تجربه تاثیرات وخیم شدن تغییرات اقلیمي را کاهش دهد.

کاهش عرضه گاز در کل اروپا می‌تواند به تسریع افزایش منابع انرژی تجدیدپذیر کمک کند، مشروط بر اینکه کشورها به جاه طلبی‌های اقلیمی خود متعهد باقي‌بمانند. در غیر این صورت، این خطر وجود دارد که در دوره میانی گذار به سمت کربن زدایی کامل، سوخت‌های فسیلی دیگر جایگزین گاز شوند. در واقع در سال های ۲۰۲۵ الي ۲۰۳۵ باید سالیانه تقریباً ۴۰۰ گیگاوات انرژي تامین شود تا این امر محقق گردد که خود یک چالش بزرگ است.

1 Aarhus University

اتحادیه اروپا اعلام کرده است که برای تغییر سیستم انرژی خود به ۲۱۰ میلیارد یورو (۲۲۰ میلیارد دلار) سرمایه گذاری اضافی نیاز دارد که با تحقق آن سرعت و مقیاس استقرار انرژی کم کربن افزایش می‌یابد. اتحادیه اروپا همچنین صرفه‌جویی و بهره‌وری انرژی و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های نفت و گاز را هدف قرار داده است تا مسیرهای عرضه جدید را فعال کند. اتحادیه اروپا به عنوان بخشی از مجموعه اقداماتش برای تسریع استقلال خود از سوخت های فسیلی روسیه و پاسخ به بحران آب و هوا، «توسعه و سرعت بخشیدن گسترده» به انرژی‌های تجدیدپذیر را در نظر گرفته است. اروپا در نظر دارد تا سال ۲۰۲۵ ظرفیت فتوولتائیک خورشیدی و میزان استقرار پمپ‌های حرارتی را دو برابر کند. به طور خاص، کمیسیون اروپا (EC) پیشنهاد الزام سقف خورشیدی برای ساختمان‌های تجاری و عمومی را از سال ۲۰۲۷ و برای ساختمان‌های مسکونی جدید از سال ۲۰۲۹ ، ارائه کرده است.

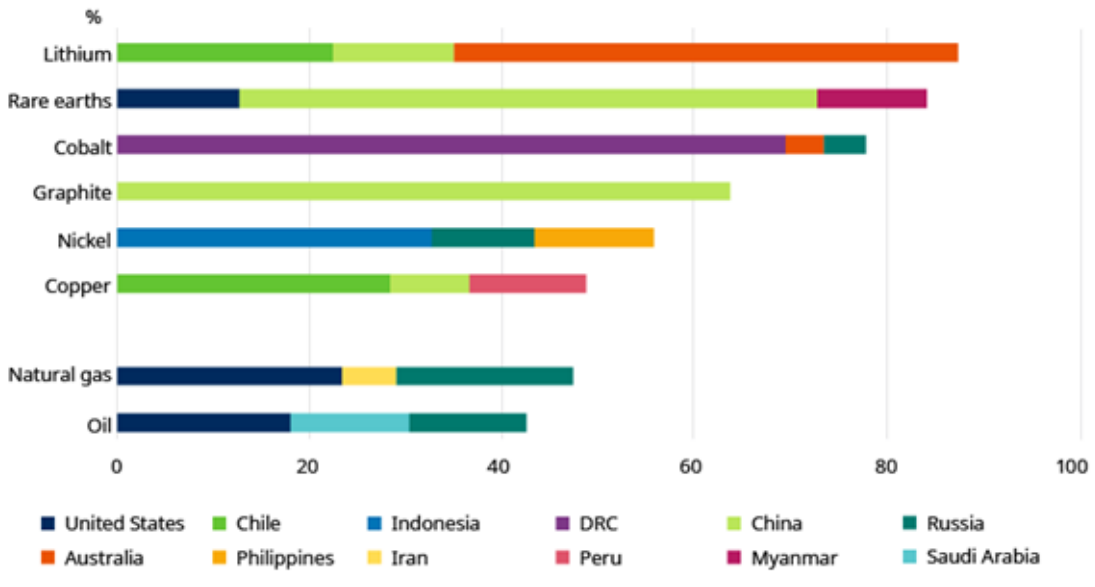
این در حالی است که تحقیقات آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) نشان می‌دهد که فن‌آوری‌های انرژی پاک، از جمله توربین‌های بادی، پنل‌های خورشیدی و وسایل نقلیه الکتریکی، بسیار بیشتر از انرژی سوخت‌های فسیلی به مواد معدنی وابسته هستند و در دوران گذار تقاضای معدنی و فلزی افزایش خواهد یافت.

دانشگاه کاتولیکه لوون[۲] بلژیک افزایش تقاضای مورد نیاز در گذار انرژی برای فلزات خاص در اروپا را برآورد کرده است. تقاضا برای مس ۳۵ درصد در مقایسه با آنچه در حال حاضر در قاره استفاده می‌شود، افزایش می‌یابد، در حالی که مصرف سیلیکون، نیکل و کبالت به ترتیب ۴۵، ۱۱۰ درصد و ۳۵۰ درصد افزایش می‌یابد و انتظار می‌رود تقاضا برای لیتیوم ۳۵ برابر بیشتر شود و این افزایش تقاضا پس از سال ۲۰۴۰ کاهشی شود، چراکه از این سال فلزات مورد نیاز بیشتر از طریق بازیافت وسایل نقلیه اسقاط شده و سایر تجهیزاتی چون توربین‌های بادی و به لطف واقعیت خواص فیزیکی دائمی فلزات در دسترس خواهند بود. لذا تا سال ۲۰۵۰ بازارهای ثانویه منبع اصلی تامین فلزات مورد نیاز خواهند بود.

تا آن زمان، اروپا احتمالا با توجه به محدودیت عرضه جهانی و وابستگی به واردات برای بسیاری از این مواد کلیدی، شاهد اختلالات و تنگناهای شدید خواهد بود. صندوق بین المللی پول ، تقاضا و عرضه پیش‌بینی شده برای فلزات را طی ۳۰ سال آینده با فرض تحقق سناریوی آژانس بین المللی انرژی برای انتشار خالص صفر برآورد کرده است که نشان از کمبود عرضه بیش از ۵۰ درصدی برای گرافیت، کبالت، نیکل و لیتیوم است. این عدم تعادل عرضه و تقاضا بر قیمت این فلزات کلیدی و در نتیجه بر تورم انرژی فشار مازاد وارد می‌کند و موجب افزایش نگرانی‌های مربوط به قیمت انرژی خواهد شد.

وابستگی بالای واردات اروپا به این مواد کلیدی همچنان بر وابستگی تامین انرژی به پویایی تجارت بین‌الملل، تأثیر می‌گذارد. این بدان معناست که این قاره در چند دهه آینده همچنان در برابر منابع خطر ژئوپلیتیک آسیب پذیر خواهد بود. چراکه در واقع زنجیره تامین مواد خام مورد نیاز در دوره گذار از نظر جغرافیایی بیشتر از نفت یا گاز طبیعی متمرکز است. نمودار زیر سه کشور تولیدکننده برتر در استخراج مواد معدنی و سوخت های فسیلی کلیدی را نشان می‌دهد و نشان می‌دهد که تولید جهانی لیتیوم، کبالت و عناصر خاکی کمیاب توسط چند کشور کنترل می شود.

به طور خاص، جمهوری دموکراتیک کنگو مسئول حدود ۷۰ درصد از عرضه جهانی کبالت (فلز کلیدی برای باتری های خودروهای الکتریکی) است. در همین حال، چین ۶۰ درصد از تولید جهانی عناصر کمیاب خاکی را به خود اختصاص داده است همچنین بر تولید گرافیت، یکی دیگر از اجزای حیاتی باتری، تسلط دارد. در نهایت، تنش‌های بین اروپا و روسیه می‌تواند روند گذار را بیشتر به خطر بیندازد زیرا روسیه تولیدکننده مهم نیکل و کبالت است. همچنین روسیه تامین کننده بزرگ مواد خام اتحادیه اروپا است و ۱۷ درصد از واردات آلومینیوم و نیکل اروپا، ۷ درصد مس و ۵ درصد کبالت و



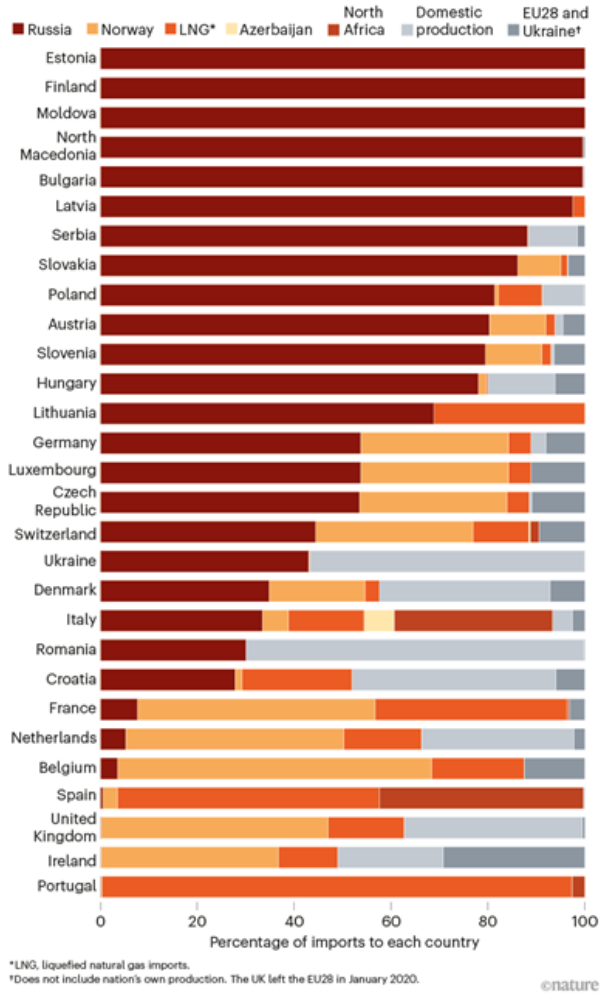
Source: IEA, Schroders Economics Group, June 2022. 605437

۲ Katholieke Universiteit Leuven

نیکل را به خود اختصاص داده است.

لذا اینگونه که به نظر می‌رسد تنش‌های ژئوپلیتیکی بین روسیه و اروپا پیامدهای مهمی بر اهداف تغییرات اقلیمی اروپا دارد. در کوتاه‌مدت، به نظر می‌رسد اروپا برای ادامه عرضه انرژی مقرون به صرفه به مصرف‌کنندگان خود، مجبور است انتشار کربن خود را افزایش دهد.

در عین حال، انتشار صفر خالص برای اروپا همچنان قابل دستیابی به نظر می‌رسد چرا که اقداماتی برای تسریع استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های پاک با انجام سرمایه‌گذاریهای کلان در حال انجام است. هرچند کمبود عرضه مواد خام کلیدی که می‌تواند توانایی اتحادیه اروپا برای دستیابی به اهداف سبز خود را تضعیف کند چالش پیش روی اروپاست، درصورتیکه این قاره بتواند تمام زیرساخت‌های مورد نیاز برای تولید انرژی خورشیدی و بادی را ایجاد کند، در نهایت از لحاظ تامین انرژی مستقل شده و از منابع بی‌نهایت و نامحدود انرژی بهره‌مند خواهد شد.



جمع بندی، نتیجه گیری و اظهار نظریه‌ی کارشناسی:

با توجه به مطالب این گزارش و دیگر تحلیل‌های مراکز معتبر بین المللی، به نظر می رسد سبد تامین انرژی قاره‌ی اروپا به عنوان یکی از بزرگ ترین مراکز مصرف و واردات انرژی در جهان، در حال تحول بسیار سریعی است. بنابراین بسیاری از صادرکنندگان و عرضه کنندگان انرژی به ویژه گاز طبیعی، در تلاش برای یافتن فرصت های جدید اقتصادی و تقویت و تثبیت جایگاه خود در صادرات انرژی به این قاره هستند. با توجه به موقعیت خاص ژئوپلیتیک جمهوری اسلامی ایران و منابع سرشار انرژی فسیلی و تجدیدپذیر، شایسته است متولیان سیاست خارجی و بخش انرژی کشور به این موضوع توجه ویژه نموده و تلاش شود از این موقعیت با توجه به ظرفیت های کشور حداکثر استفاده و بهره برداری صورت پذیرد. در این راستا پیشنهاداتی نظیر همکاری با کشورهای دارای فناوری LNG درراستای صادرات به اروپا، استفاده از ظرفیت خطوط لوله همسایگان برای صادرات گاز به اروپا، اجرای پروژه های تجدیدپذیر با مشارکت شرکت های دارای فناوری به منظور تامین انرژی کشور و صادرات مازاد به اروپا و نیز صادرات گاز مازاد با تامین انرژی مورد نیاز کشور از محل تجدیدپذیر قابل طرح و بررسی است.

منابع

https://www.schroders.com/en/us/institutional/insights/economic-views3/will-russia-ukraine-war-disrupt-europes-energy-transition/
https://www.dnv.com/feature/the-ukraine-war-will-not-derail-europes-energy-transition.html
https://jpt.spe.org/will-the-ukraine-war-derail-europes-energy-transition
https://www.weforum.org/agenda/2022/05/russia-energy-eu-oil-green-fossil-fuel/
https://www.offshore-energy.biz/russias-war-in-ukraine-will-not-hinder-europes-energy-transition-dnv-says/
https://www.nature.com/articles/d41586-022-00969-9
https://www.zmescience.com/science/lack-of-russian-gas-could-actually-accelerate-europes-energy-transition-02082022/

نشانه گذاری فراورده ی نفتی به منظور مقابله با قاچاق و مبارزه با عرضه ی خارج از شبکه ی سوخت

قاسم توتونچی – پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

۱-مقدمه و شرح مساله

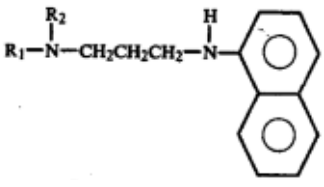
نشانه گذاری یا کد گذاری فراورده ی نفتی عبارت است از تزریق غلظت دار ساده یا ترکیبی مواد شیمیایی با ساختار شبیه به هم و متفاوت در زیرساختارها، به گونه ای که غلظت، وجود یا عدم وجود این ماده ی شیمیایی به صورت منفرد یا ترکیبی از غلظت ها بیان کننده ی اثر انگشت و ویژگی خاص نمونه ی شاهد یا مصداق باشد. حاکمیت انرژی بر اساس دارا بودن یا نبودن نشانه فراورده ی موجود در جغرافیا و زمان خاص(موضوعات مربوط به قاچاق و عرضه ی خارج از شبکه)، میزان غلظت نشانه(موضوعات مربوط به رقیق سازی)، میزان ترکیب غلظت ها(موضوعات مربوط به امتزاج غیر مجاز) و ... می تواند اعمال رگولاتوری و مدیریت نموده و عواید زیاد مالی از قبل بازگشت یارانه، عوارض و مالیات مطرح نماید.

از دهه ۱۹۵۰ رنگ های تزریقی به مواد سوختی اولین نشانه گذارهای فراورده های نفتی تلقی می شد. اکنون این رنگ های مرئی جای خود را به ترکیبات نامرئی داده اند که با کیت های سیار میدانی توسط بازرسان و افسران غیرفنی قابلیت استفاده یافته و تشخیص های مهمی را رقم می زنند. خروجی های رقومی و کوانتیزه ناشی از تجهیزات آنالیزور ابزار دقیق، این امکان را به بازرسان برای تحلیل غلظت ماده نشانه گذار یا ترکیب غلظت های مواد متنوع ممزوج شده می دهد.

رویکرد نشانه گذاری فراورده در عین حال که یک روش عملیاتی و اجرایی بازرسی فنی و اعمال رگولاتوری است، مبتنی بر فناوری بوده و مواد شیمیایی جدید نشانه گذار و ادوات و تجهیزات میدانی شناسایی و تشخیص، همواره یک فناوری نوظهور محسوب می شوند.

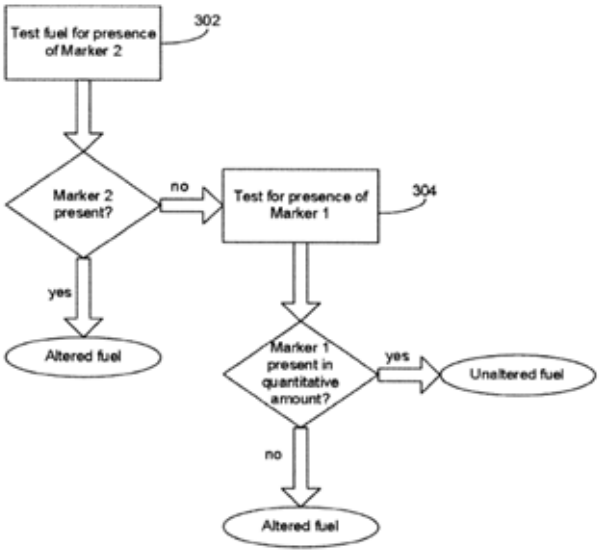
از دهه ها قبل اختراعاتی در همین زمینه به ثبت رسیده است که با مرور زمان، نواقص و آسیب پذیری های آن مشخص و اختراعات دیگر، موارد قدیمی تر را نقض و نسخ نموده اند.

یک ثبت اختراع قدیمی در سال ۱۹۸۰ ساختاری برای ماده نشانه گذاری محلول در فراورده های نفتی پیشنهاد داده که ضمن تنوع نسبی در تعداد حالت ها، با توجه به فناوری آن زمان، روش های تشخیصی شیمیایی را برشمرده است. ساختار این ماده به شرح زیر بوده که در آن R۱ و R۲، می تواند هیدروژن و یا آلکیل با تعداد ۱ الی ۲۰ اتم کربن باشد.



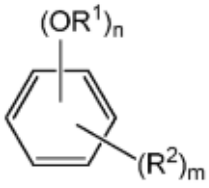
شکل۱: ساختار ماده‌ی شیمیایی نشانه‌گذار؛ اختراع ۱۹۸۰

در سال ۲۰۱۱ ثبت اختراع به شماره ۲۰۱۱/۰۲۲۹۹۸۳A۱ از سویی به فرایندهای فلوچارتی عملیاتی نشانه گذاری و تشخیص فراورده با نمودارهای جریان کار پرداخته و از سویی نشانه گذاری باینری را در کنار نشانه گذاری غلظتی اعمّ از وزنی یا حجمی مطرح نموده است. به عبارتی نشانه گذار باینری به قدری خاص و منحصر به فرد و غیرطبیعی است که نمونه از فراورده نباید دارای آن باشد. این مفهوم در مقایسه با پذیرش انواع نشانه گذارها حتی به صورت ممزوج و ترکیبی با غلظت های مختلف بیان می گردد که دو کاربرد مختلف را تبیین می کند.



شکل۲: فلوچارت تشخیصی اختراع سال ۲۰۱۱

در سال ۲۰۱۴ ثبت اختراع به شماره ۰۸۱۵۵۶A۱/WO۲۰۱۴ یک ساختار فرموله و پر تیراژ برای نشانه گذار فراورده ی نفتی پیشنهاد داده که هم با روش های طیف سنجی(اعمّ از جرمی یا غیرجرمی) و هم با رویکردهای جذبی قابل تشخیص و شناسایی است. این ساختار Ar(R2)m(OR1)n در شکل زیر نمایش داده شده است.

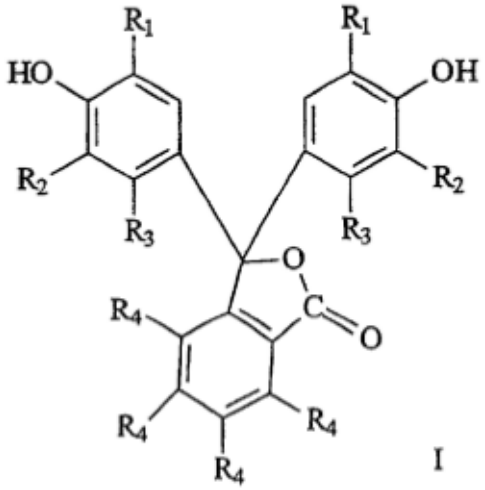


شکل۳: ساختار نشانه‌گذار؛ اختراع ۲۰۱۴

که در آن Ar یک سیستم حلقوی آروماتیک با ۶ الی ۲۰ کربن، OR۱ یک آلکیل شامل C۱۲-C۱ یا یک آلکنیل شامل C۱۲-C۲ می باشد و R۲ یک آلکیل مبتنی بر C۱۲-C۱ یا آلکنیل مبتنی بر C۱۲-C۳ است. عدد صحیح m بین صفر و ۵ و عدد صحیح n بین صفر تا

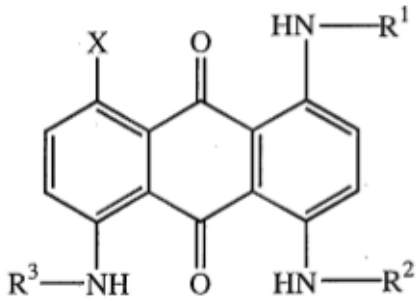
۳ بوده و ترکیب تعدادهای انتخابی m، n، تعداد کربن های آلکیل یا آلکنیل و حلقه ی آروماتیک، تنوع بی نظیری در نشانه گذاری را فراهم می نماید. میزان اختلاط از ۰/۰۱ الی ۱۰۰ PPM یا تعداد پارت حل شونده در یک میلیون پارت حلال در نظر گرفته می شود. در اختراع انواع روش های کروماتوگرافی گازی متداول و پیشرفته و ویرایش های ترمیونیک برای تشخیص ترکیب و میزان نشانه گذارها در نمونه تشریح شده است. همچنین ساختار نشانه گذار قابل تقطیر و فراورده ی نفتی قابل پاک سازی از آن اعلام شده به گونه ای که فرایند نشانه گذاری، بازگشت پذیر تلقی می گردد.

اختراع ثبت شده در اتحادیه اروپا به شماره ۰۸۲۰۴۹۹B1 ضمن پیشنهاد ساختار ماده نشانه گذار به شرح زیر، بر بدون رنگ بودن این ماده در ویرایش های مختلف و غلظت های متفاوت تاکید دارد. در ساختار زیر R۱ یک آلکیل یا آلکوکسی با ۱ الی ۸ کربن، R۲ و R۳ شامل هیدروژن یا آلکیل یا آلکوکسی های ذکر شده و R۴ هر ترکیبی از برومین، کلرومین یا هیدروژن می باشد.



شکل۴: ساختار یک ماده شیمیایی نشانه گذار ثبت اختراع در اروپا

اختراع دیگر ثبت شده در اتحادیه اروپا به شماره ۱۳۲۳۸۱۱A۲ ساختار نشانه گذار دیگری را پیشنهاد داده که در آن R۱، R۲ و R۳ ترکیب آلکیل، آریل یا آرالکیل و X، ترکیبی از NH۲ یا OH می باشد. این اختراع بر نامرئی بودن نشانه گذاری و تعیین محدوده طول موج جذب و عبوری محلول تاکید دارد.



شکل۵: ساختار ماده کدکننده ی سوخت؛ تاکید اختراع بر نامرئی بودن نشانه گذاری

همانگونه که مشاهده می گردد ساختارهای متنوعی برای ماده ی شیمیایی نشانه گذار مطرح می باشد. نکته ی مهم این است که طراح با حفظ ساختار کلی، با کم و زیاد کردن پیوندهای شیمیایی و اتم های کربن، هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن و ... به تعداد زیادی حالات تنوع جهت کدگذاری می رسد و محدودیت تعداد برای تنوع فراورده ها، تنوع انبارهای نفت و مبادی پالایشی، برچسب های زمانی نشانه گذاری، کدگذاری سلسله مراتبی در طول زنجیره ی تامین و توزیع و نشانه گذاری واقعه – پایه(مثلاً نشانه گذاری به مجرد تخلیه از نفتکش در مخزن جایگاه عرضه) وجود ندارد. اکنون رقابت در بهتر بودن ماده ی شیمیایی نشانه گذار معطوف به ارزان بودن، تنوع زیاد کدها، عدم افت کیفیت سوخت، دوستدار محیط زیست بودن ، سهولت تشخیص و شناسایی در محل میدان بدون نیاز به آزمایش های ستادی پیچیده و زمانبر و بدون رنگ بودن می باشد.

۱-مرور سوابق نشانه گذاری در جهان

◄ تجربه فیلیپین

فیلیپین از حدود ۳۷/۵ میلیارد پزوی فیلیپین قاچاق و فرار مالیاتی حوزه ی سوخت و فراورده ی نفتی رنج می برد. در همین راستا دولت فیلیپین طرح نشانه گذاری فراورده را در تمام انبارهای نفت قبل از توزیع هر فراورده ی سوختی(حتی الکل هایی که ندرتاً کاربرد سوخت محرکه می یابند) و درباره تمام مواد سوختی پالایشی وارداتی یا تولید داخل آن کشور اجرایی نموده است. این نشانه گذاری بر اساس یک ماده بیوشیمیایی منحصر به فرد تحت عنوان اثر انگشت سوخت تلقی گردیده است و غیر قابل دستکاری است. فرایند تشخیصی نمونه های سوخت، با استفاده از آزمایش و تجهیزات ساده، به سرعت مشخص می نماید نمونه ی فراورده متعلق به یک محموله ی قانونی و ثبت شده است یا به یک محموله قاچاق و بدون پرداخت عوارض و مالیات تعلق دارد. بهره برداری از سامانه به جز کاربران نفتی، به سرعت به وزارت نیرو و برق و همچنین منابع طبیعی و محیط زیست تسری پیدا کرده است. هزینه ی اولیه ملزومات و ماده نشانه گذار در وهله ی اول با دولت و در ادامه به عهده ی مبادی وارد کننده و تولیدکننده ی پالایشی خواهد بود. جرایم ۲/۵ تا ۱۰ میلیون پزویی و حبس یک تا هشت سال برای انواع جرایم متوجه سیستم نشانه گذاری سوخت تعریف شده است. جرایمی چون خرید و فروش و حمل سوخت بدون نشانه، رقیق سازی، تلاش برای تولید نشانه ی تقلبی، تلاش برای حذف نشانه، اقدام به اختلاط و امتزاج سوخت با نشانه های ترکیبی ثبت نشده و ... از این جمله اند.

شکل۶: فیلیپین از موفق ترین تجارب مقابله با قاچاق متکی بر نشانه گذاری سوخت

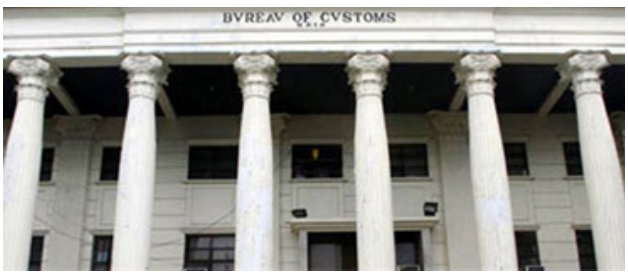
در سال ۲۰۱۹ فیلیپین حدود ۴۰ میلیارد لیتر فراورده نفتی انبارهای خود را نشانه گذاری کرد و در کوتاه مدت، تعداد قابل توجه پرونده ی قضایی برای شرکت های خصوصی، مرزنشینان، خرده فروشان و زنجیره تامین و توزیع که سوختی بدون نشانه گذاری بایسته در اختیار داشته اند، تشکیل شد و عواید هنگفت مالی به خزانه واریز گردید. به گونه ای که کشفیات در سال ۲۰۲۱ به حدود چند ده هزار لیتر محدود گردید.

شکل۷: عمده ی قاچاق و تخلف در فیلیپین متوجه نفتگاز بوده است

عمده ی تخلفات متمرکز بر گازوئیل بدون نشانه گذاری و قاچاق بوده است. شایان ذکر است قاچاق هم کشور مبدا و هم دولت کشور مقصد که بر عوارض و مالیات توزیع سوخت گران قیمت حساب کرده است را مورد آسیب قرار می دهد و مصرف کننده ی نهایی سوخت قاچاق و واسطه و دلّال قاچاقچی منتفع می گردد.

شکل۸: فرایند نشانه گذاری سوخت در یک انبار نفت در مانیل

در فیلیپین بخش نفت و انرژی صرفاً مشارکت کننده و همراه با یک برنامه ی حاکمیتی بوده و امور گمرکات فیلیپین نماینده ی دولت در برنامه ی نشانه گذاری سوخت می باشد.



شکل۹: مسئولیت نشانه گذاری سوخت در فیلیپین با امور گمرک می باشد و تاسیسات نفتی، مشارکت و همراهی می نمایند.

تجربه تانزانیا

تانزانیا در سال ۲۰۱۹ یک فراخوان بین المللی به خدمت گرفتن مشاور در زمینه ی کدگذاری سوخت و فراورده ی نفتی ترتیب داد و خیلی سریع و در سال ۲۰۲۱ تمام انبارهای نفت اصلی و مادر خود (۲۰ انبارنفت) را به سیستم تزریق نشانه گذار فراورده مجهز نمود. همچنین تعداد قابل توجهی تجهیزات XRF جهت تشخیص غلظت در نمونه های مصداق به صورت سیار در نظر گرفته شد. رویکرد ملاک بودن PPM در سامانه ی نشانه گذاری تانزانیا، گویای احتمال هدف گذاری مقابله با امتزاج، رقیق سازی، قاچاق و عرضه ی خارج از شبکه ی سوخت در سرزمین اصلی تانزانیا است و احتمال ترکیب چندین ماده ی شیمیایی نشانه گذار وجود دارد. در عین حال راهبرد فناورانه و اهداف اجتماعی و اقتصادی و رویکرد بازرسان به صورت خیلی محرمانه باقی مانده است. شایان ذکر است متولی اجرای این برنامه در تانزانیا، وزارت نفت یا انرژی آن نبوده و سازمان استاندارد به عنوان مجری و بهره بردار در نظر گرفته شده است.

شکل۱۰: مسئولیت نشانه گذاری سوخت در تانزانیا با اداره کل استاندارد می باشد.

تجربه نامیبیا

کشور نامیبیا وزارت معادن و انرژی خود را در سال ۲۰۱۶ مکلف به اجرای دستور العمل کامل نشانه گذاری فراورده های سوختی در مراحل واردات، انبارش، توزیع و تجارت و فروش نموده است. این دستور العمل به طور کلی استفاده و تجارت فراورده ی بدون مارکر را ممنوع دانسته و بر روی وجود فراورده سوختی مارک شده در محل ها، ایالت ها و استان های غیر مجاز حساس می باشد. روال های تست و آزمون تشریح شده و برای فریب در نشانه گذاری، مجازات سنگینی تعیین شده است.

شکل۱۱: شدیدترین مجازات در نامیبیا در دستکاری و تلاش بر فریب نشانه گذاری است.

تجربه غنا

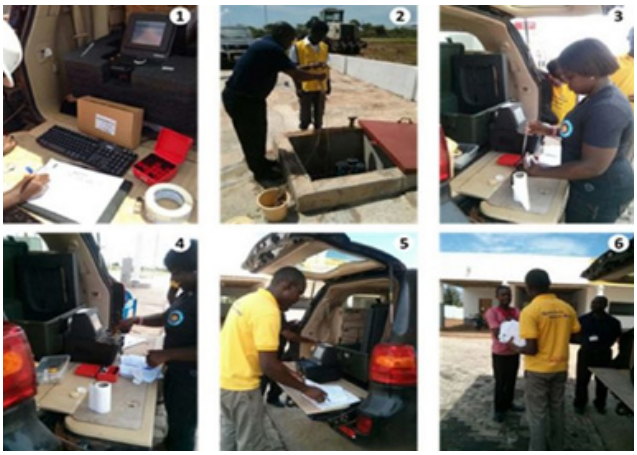
غنا در سال ۲۰۱۲ دستورالعمل و قانون نشانه گذاری سوخت خود را با هدف مقابله با قاچاق و حفظ کیفیت سوخت ابلاغ و اجرایی نمود. به رغم شفافیت نسبی دستورالعمل و انتشار عمومی آن و تعیین

شکل ۱۲ : نمونه برداری به منظور شناسایی کد فراورده در غنا؛ کمپانی GOIL

تکلیف ذیربطان، روال ها و زیرساخت های قانونی، مواد سوختی مشمول طرح و تاسیسات نفتی مربوطه و ...، با هدف جلوگیری از آسیب پذیری طرح، بخش عمده ای از مکانیسم ها، اهداف، راهبردها و روش های اجرایی دولت غنا و همچنین بازخوردهای مالی ناشی از آن به کلی محرمانه باقی مانده است. اما تداوم طرح گویای توفیق و بازدهی مناسب آن بوده است.

شکل ۱۳ : غنا تجربه ای موفق در کدگذاری سوخت داشته است

در شکل زیر مراحل ششگانه ی بازرسی فنی نشانه گذاری یک جایگاه عرضه سوخت در غنا نمایش داده شده که شامل ثبت مکان و زمان و مستندسازی اولیه، نمونه برداری مصداق و شاهد، تزریق ۱۰ میلی لیتر فراورده ی نمونه به تجهیزات پرتابل تشخیص نشانه گذاری، انجام تست های مکرر با نمونه به منظور افزایش دقت تکرارپذیری، صدور نتیجه تست و نهایتاً اطلاع رسانی به ذیربط و مسئول جایگاه به منظور اطلاع از صحت محموله و یا به عکس عدم صحت آن و الزام ادای توضیح می باشد.



شکل ۱۴ : مراحل بازرسی فنی مبتنی بر نشانه گذاری فراورده؛ غنا

تجربه ی کمپانی تریسرکو[1]

کمپانی انگلیسی تریسرکو به صورت جهانی برنامه های نشانه گذاری فراورده را به منظور جلوگیری از قاچاق، رقیق سازی، امتزاج و جایگزینی سوخت را برای مشتریان خود به انجام می رساند. بیش از ۶۰ سال سابقه در این زمینه و توجه ویژه به مباحث زیست محیطی در نشانه گذاری فراورده ی نفتی از ویژگی های این شرکت است. یادآور می گردد به هر حال این ماده ی نشانه گذار، به همراه سوخت می سوزد و غلظت تا ۱۰۰ ppm آن می تواند در گازهای حاصل از احتراق تاثیرات مخرب زیست محیطی ایجاد نماید. یکی از ملاک های جذب مشتری این شرکت، اطمینان سازی برای کسب و کار فراورده ی نفتی و حفظ اعتبار برند و نشان تجاری وی است تا توزیع کننده و خرده فروشان نتوانند فراورده ای جز با کیفیت و جز از مسیر و معبر قانونی که صاحب نشان تجاری کسب و کار سوخت نفتی دنبال می کند، بفروشند. این کمپانی با ایجاد زنجیره ی نشانه گذاری در سول زنجیره ی تامین و حمل و فروش، با دقت خوبی محل و مرحله ای که در آن تقلب، ترقیق، امتزاج و ... صورت گرفته و برای صاحب نشان تجاری کسب و کار سوختی گلوگاه محسوب می شود را مشخص می کند. ابزارهای قابل حمل شناسایی و تشخیص و همچنین امکانات متمرکز آزمایشگاهی که نتایج را روی زیرساخت ابری انحصاری همین کمپانی منتشر می نمایند از امتیازات محسوب می شود. همچنین تریسرکو در بسیاری از موارد که کشف جرم توسط واحد دیگری صورت گرفته اما برای اثبات و ادله ی محکمه پسند نیاز به مستندات مثبته می باشد، نقش ایفا کرده و فرایند اثبات/ نفی را طی می کند. تریسرکو در آخرین گزارش های خود در حدود ۱۰ میلیارد دلار بازگشت سرمایه، بازگشت فرار مالیاتی و جلوگیری از قاچاق را اعلام نموده است. این شرکت ضمن حفظ ساختارهای عرف CHON مبتنی بر ترکیبات کربن، نیتروژن، هیدروژن و اکسیژن، بر دوستدار بودن محیط زیست ترکیبات نشانه گذار تاکید دارد.

شکل ۱۵ : تریسرکو ۱۰ میلیارد دلار بازگشت مالی ناشی از مقابله با قاچاق را برای مشتریان به ارمغان آورده است.

آنچه در تریسرکو در خصوص نشانه گذاری سوخت انجام می شود و اهدافی که دنبال می گردد در شکل ۱۶ بیان شده است:

لحاظ کردن کل زنجیره از مبادی پالایشی و انبارهای نفت تا نازل سوختگیری شهروندان، حمایت از تامین و توزیع پایدار، مبارزه با قاچاق و تاکید بر برگشت مالی صحیح عوارض و مالیات و پشتیبانی از یارانه ها، پیشگیری از تخلف و مقابله با جرایم سازمان یافته، بهبود کیفیت هوا با تاکید بر مصرف فراورده های قانونی و ممزوج نشده

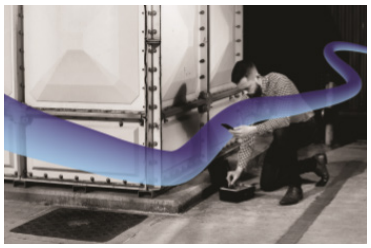
1 Tracerco

شکل۱۶ : اهداف تریسرکو در نشانه گذاری سوخت

جلوگیری از خرابی ها و کاهش عمر صنایع و ماشین آلات با مصرف فراورده بی کیفیت قاچاق و اطمینان دهی به مشتری مصرف کننده بابت کیفیت سوخت از این دسته هستند.

شکل۱۷ : گستره ی فعالیت تریسرکو در کدگذاری فراورده

تریسرکو با ۲۰ دفتر در آمریکای شمالی، ۱۵۰۰ دفتر در آمریکای جنوبی، ۱۶ کشور اروپایی و ۱۰۰ کشور غیر اروپایی را تحت پوشش خدمات خود دارد. تجهیزات پرتابل و قابل حمل جهت شناسایی و تشخیص در میدان به دور از آزمایش های شیمیایی مفصل ستادی از



شکل۱۸ : ادوات تشخیص و شناسایی میدانی و قابل حمل نشانه گذاری فراورده

امتیازات ویژه تریسرکو می باشند.

◄ تجربه کمپانی کوتکنا[۲] سوئیس

شرکت بازرسی بین المللی کوتکنا نیز ۸ هدف مهم فرایند نشانه گذاری روی فراورده سوختی خود را در اینفوگرافی زیر خلاصه نموده است.

شکل۱۹ : اهداف کمپانی کوتکنا در کدگذاری ماده ی سوختی

✓ استفاده از یک مهر تایید شیمیایی روی سوخت و اثر انگشت منحصر به فرد روی فراورده ی نفتی به منظور مقابله با قاچاق و بازگشت یارانه ها و عوارض و مالیات

✓ مبارزه جدی با حجم عظیم عرضه خارج از شبکه و قاچاق با ترفندها و روش های مختلف

✓ حفظ کیفیت سوخت و حفظ اعتبار حاکمیت انرژی

✓ فناوری نوظهور ماده ی شیمیایی نشانه گذار منحصر به فرد و غیر قابل فریب

✓ غیر قابل شناسایی بودن برای اغیار و شناسایی سریع دو دقیقه ای برای بازرسان و افسران

✓ دوستدار بودن محیط زیست و عدم لطمه به کیفیت سوخت

✓ اعتمادزایی نزد مشتریان و مصرف کنندگان بابت کیفیت و منشا سوخت

✓ راهکار یکپارچه و مشارکتی نشانه گذاری در تمام زنجیره تامین و توزیع

◄ تجربه اتحادیه اروپا با مارکر DOW

اتحادیه اروپا نشانه گذار DOW را برای سوخت های مورد نظر و زنجیره های تامین و انتقال و فروش منتخب در سال ۲۰۲۲ انتخاب نمود. این ماده که به یورو مارکر یا اکوریت پلاس نیز موسوم گشته است، با هدف مبارزه با قاچاق سوخت برنامه ریزی شده و اهداف مالی هنگفتی در زمینه ی بازگشت عوارض و یارانه ها را دنبال

۲ COTECNA

می کند. اتحادیه اروپا همه ساله بین ۷ الی ۱۰ میلیارد یورو ضرر ناشی از قاچاق سوخت و عرضه ی خارج از شبکه فراورده نفتی می بیند. فناوری این مارکر اروپایی یک تکنولوژی نوظهور و غیر قابل فریب تلقی می شود. این نشانه گذار قبلاً پایلوت های موفقی در بریتانیا و ایرلند داشته است. ادعا می شود تمام روش های فیزیکی و شیمیایی بی اثر سازی نشانه گذار و غیر فعال سازی و فریب آن در فناوری DOW لحاظ شده و بسیار مقاوم و منعطف می باشد. فناوری DOW از فلزات سنگین یا دیوکسین هالوکربن ها استفاده نمی کند و ترکیب آن بر پایه کربن – هیدروژن – اکسیژن بدون نیتروژن می باشد. نشانه گذار با کیفیت عالی در حلال حامل حتی در دمای بسیار پایین اروپای شمالی قابل تزریق بوده و هم در میدان به صورت برخط با تجهیزات پرتابل و هم در آزمایشگاه های پیشرفته فرایند شناسایی قابل انجام می باشد. کمپانی DOW در ۳۱ کشور جهان دارای ۱۰۴ سایت تولیدی داشته و دارای فروش سالیانه ۵۵ میلیارد دلار از بابت نشانه گذاری در سال ۲۰۲۱ بوده است.

۳-پالایش و پخش جمهوری اسلامی ایران و نشانه گذاری فراورده؛نظریه کارشناسی

همانگونه که ذکر شد، کشور مبدا قاچاق سوخت و دولت کشور مقصد قاچاق، که بر روی عوارض و مالیات نرخ بالا و واقعی سوخت حساب نموده است، از قاچاق لطمه می بینند. با توجه به یارانه ی زیاد اعمالی به قیمت سوخت در ایران و نبود دولت های منسجم و متکی بر عوارض مالیاتی سوخت خصوصاً در شرق کشور و تفاوت قیمتی هنگفت سوخت در دو طرف مرز ایران و همسایگان و نیز نوسانات نرخ ارز در کشور که به انتفاع قاچاقچی فراورده نفتی می افزاید، دولت جمهوری اسلامی ایران از این امر متضرر می شود. با توجه به ماهیت مخفی و مکتوم قاچاق، هیچگاه تخمین دقیق از میزان آن و آنالیز دقیق از مبادی آن در کشور و آسیب شناسی کامل صورت نگرفته و اقدامات مشترک وزارت نفت و ستاد مبارزه با قاچاق ارز و کالا، به دلیل وابستگی اقدامات تکمیلی به دستگاه های متعدد دیگر کم اثر و جزیره ای باقی مانده است. شایان ذکر است رویکردهای فناورانه و سیستمی اخیر وزارت نفت در نگرش به پدیده ی قاچاق و کم کردن تاثیر اپراتور انسانی در فرایندهای اندازه گیری و ثبت، اقدامی مبارک تلقی می شود. به عنوان بخشی از پازل بزرگ رویکرد فناورانه مقابله با قاچاق، در مقایسه با روش های دیگر، استفاده از فناوری نشانه گذاری فراورده نفتی می تواند راهگشا باشد. شرکت ملی پالایش و پخش فراورده های نفتی جمهوری اسلامی ایران با نشانه گذاری هوشمند فراورده و با رصد و نمونه برداری از محموله های سوختی، می تواند به گراف جابجایی خارج از شبکه ی سوخت در کشور پی ببرد و منشا اصلی قاچاق و عرضه ی خارج از شبکه را دریابد. به عنوان مثال علی الاصول فراورده ی تخصیصی از انبارهای نفت یک استان مرکزی به جایگاه های عرضه و مصرف کنندگان عمده، نبایستی در استان جنوب شرقی کشور وجود داشته باشد و چنانچه چنین محموله ای وجود داشته باشد، با توجه به کدگذاری آن با دقت خوبی می توان به منشا و مبدا این سوخت پی برد. حتی با کدگذاری واقعه پایه می توان تشخیص داد آیا این محموله ی سوخت غیر مجاز و غیر عرف و خارج از شبکه در استان شرقی کشور، قبل از تخلیه در مخازن مصرف کننده ی عمده و جایگاه عرضه منحرف گردیده و یا پس از آن این اقدام صورت گرفته که هر یک اقدام بایسته ی مقتضی خود را می طلبد. در حالت نخست، رخداد غیر مجاز در لایه بالاتر تامین و توزیع رخ داده؛ اما در فقره ی دوم توجه به سامانه هوشمند سوخت و اتفاقاتی که در سوختگیری ها و تراکنش های نامتعارف جایگاهی رخ داده معطوف می باشد. حتی بازرسی های تصادفی منجر به تشخیص فراورده نشاندار ایرانی در مخازن جایگاهی آن سوی مرز، چنانچه دارای کد مجاز صادراتی از مبدا مشخص و با هدف صادرات نباشد، گویای قاچاق بوده و نشانه ی نامرئی آن بیان کننده ی مبدا این سوخت ارزشمند می باشد. تواتر،تکرار،تناوب و تیراژ وجود نشانه و کد یک مبدا یا مقصد به صورت خاکستری و مشکوک، مثلاً یک انبارنفت، یک جایگاه، یک نشان تجاری یا برند پمپ بنزین و ...، الزام مداقه بر فرایند ها، کنترل مضاعف، کشف آسیب پذیری ها و تشدید بازرسی و حسابرسی را ایجاب می کند. با اجرای این سیستم می توان دریافت که آیا روند جابجایی سوخت به شکل نامتعارف در همه استان ها، پمپ بنزین ها، انبارهای نفت مناطق و نواحی است؟ اگر چنین باشد دولت با یک ساختار تامین و توزیع و فروش آسیب دیده روبرو است. اما با اطمینان می توان گفت این شرایط برای همه مناطق یکسان نیست و عمده ی مبادی سوخت و مقاصد آن، به درستی و منطبق بر ضوابط و قواعد و به پشتوانه ی نظارت های سیستمی در حال انجام وظیفه ی صحیح می باشند. در این صورت خروجی بازرسی مبتنی بر نشانه گذاری، نگاه مقام مسئول را به نواحی خاصی معطوف می کند.

صرف اقدامات ضابطین متولی کشف محموله های قاچاق درشناورهای خلیج فارس کافی نیست و هنگامی این اقدام مبارک تکمیل می گردد که منشا این سوخت و مبدا چنین فراورده نفتی با اسناد مثبته و مبتنی بر نشانه گذاری و کد مربوطه مشخص شده و با تشدید بازرسی و مرور سوابق، گلوگاه برای همیشه رفع شود. مقابله با قاچاق بایستی صدها کیلومتر قبل از مرزها به وقوع بپیوندد؛ اصل وجود محموله با کد و نشانه ی مربوط به توزیع در استان شمالی، در یک استان مرکزی، تخلف و عرضه ی خارج از شبکه است؛ مستقل از اینکه جهت حرکت نفتکش متخلف به سمت کدام مرز کشور به منظور قاچاق و یا به سمت کدام مصرف کننده ی داخلی به منظور عرضه ی خارج از شبکه باشد. این مهم فقط با نشانه گذاری هوشمند و سیستمی فراورده نفتی و سوخت، و با کمک گرفتن از فناوری (کم و زیاد کردن اتم های کربن، نیتروژن، هیدروژن و اکسیژن در ساختار مواد شیمیایی) نشانه گذاری در فراورده های نفتی حاصل می شود.

برنامه ای مبتنی بر ۱۰ راهکار برای کاهش اتکاء اروپا به گاز روسیه

قاسم توتونچی، شیرین رضایی عدل؛ پژوهشگران موسسه مطالعات بین المللی انرژی

۱-مقدمه و شرح مساله

رخدادهای اخیر و بحران اوکراین، واردات گاز اروپا از روسیه را به میزان دو سوم کاهش داده و به نظر میرسد این کاهش تا ۸۰% نیز خواهد رسید. اروپا روزانه ۳۸۰ میلیون متر مکعب گاز طبیعی از طریق خط لوله دریافت می نموده است که سالیانه بالغ بر ۱۴۰ میلیارد متر مکعب می گردد. این میزان به همراه حدود ۱۵ میلیارد متر مکعب LNG به رقم کل ۱۵۵ میلیارد متر مکعب می رسد که از این میزان حدود ۴۵% آن تا ۲۴ فوریه ۲۰۲۱ از طریق روسیه تامین می شد. اروپا در راستای سیاست انتشار خالص صفر، مسیر هموار و تدریجی برای کاهش وابستگی خود به گاز طبیعی را طی می نمود. اما این رخداد با تاثیرات شدید و کوتاه مدت، برخی مصرف کنندگان انرژی آسیب پذیر را دچار مشکل خواهد کرد. به همین دلیل راهکارهای کوتاه مدت و اضطراری کاهش وابستگی به گاز روسیه، در محافل انرژی اروپا مطرح و دارای اهمیت گردیده است. راهکارهای ده گانه ای در این گزارش مطرح می گردد که می تواند در کمتر از یک سال حدود ۵۰ میلیارد متر مکعب از نیاز گازی اروپا را کاهش دهد تا هم از تاثیرات بحران روسیه – اوکراین بر اروپا بکاهد و هم قبل از سال ۲۰۳۰، که گزینه ای ایده آل و آرمانی برای قطع اتکاء به گاز طبیعی در اروپا با اهداف محیط زیستی بوده است، این مهم محقق شود. راهکارها با توجه به جغرافیا و ساز و کار تامین انرژی برای کشورهای مختلف متفاوت است؛ اما وجه اشتراک آنها، نقش محوری فناوری کارآمد و سرمایه گذاری با رویکرد انرژی پاک است. کاهش وابستگی به گاز روسیه برای اروپا، آن هم به صورت مقطعی و سریع، امری ساده و سهل نیست و مستلزم هماهنگی ها و تعاملات عمیق سیاسی در زمینه ی امنیت انرژی و مشارکت تامین کنندگان دیگر انرژی و صادرکنندگان جایگزین و در عین حال ملاحظات فناورانه ی مصرف کنندگان و حاکمیت است.

۲-راهکارهای دهگانه اروپا برای کاهش اتکاء به گاز روسیه

قرارداد جدید گازی با روسیه منعقد نشود

در پایان سال ۲۰۲۲ قرارداد گازی با گازپروم روسیه و اتحادیه اروپا به میزان تامین ۱۵ میلیارد مترمکعب خاتمه می یابد. به صورت سنتی، این قرارداد تامین نسبت به سال قبل حدود ده درصد افزایش می یافته که این امر از سال ۲۰۲۱ به ۲۰۲۲، حدود ۱۲% بوده است. نخستین اقدام اروپا، توقف افزایش و رشد قرارداد و نگاه داشتن آن در میزان فعلی است. تجربه نشان داده گاز روسیه برای اروپا آسیب پذیری جدی امنیت انرژی را فراهم آورده و اولین راهکار، توقف رشد و اجتناب از بیشترشده این وابستگی است. اروپا در یک ریاضت خودخواسته ی انرژی و با حسن استفاده از شرایط مقطعی ایجاد شده، می تواند جایگزین مناسبی هم در تامین کننده، هم در نوع حامل انرژی و هم در زیرساخت، فراهم آورده و تنوع لازم را به سبد تامین انرژی خود بدهد.

شکل ۱: اروپا عزم جدی در رشد قراردادهای گازی با روسیه ندارد

جایگزینی روسیه با منابع غیر روسی

اروپا فقط با تعامل و تبادل گازی با آذربایجان و نروژ، می تواند تا ۱۰ میلیارد متر مکعب گاز در سال را جایگزین گاز وارداتی از روسیه کند و از زیرساخت های روسی نیز بهره نبرد. این امکان خوبی برای جبران بخشی از فقدان گازی اروپا است. از سوی دیگر، تامین LNG از تولید کنندگان آن با توجه به عدم الزام به انتقال خط لوله ای و زیرساخت های ثابت، از لحاظ تئوری اروپا را تا سقف ۶۰ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی معادل بی نیاز می کند. البته باید دانست فروشندگان LNG در آسیا، منتظر چنین اقبالی به LNG هستند و مشتریان فعلی خود را نیز دارند و برای همین هزینه جابجایی مشتری سنتی خود به اروپا را از وی طلب خواهند کرد. پیش بینی و تحلیل بیان می کند اگر اروپا به تامین ۲۰ میلیارد متر مکعب LNG معادل اکتفا کند، بدون التهاب عمیق در قیمت، تامین کنندگان جدید غیرروسی یافته خواهند شد که از بعد جغرافیایی و حمل و نقل و همچنین مذاکرات سیاسی و دیپلماسی، در مجموع گزینه ی خوبی برای اروپا فراهم می شود.

شکل ۲: آذربایجان گزینه ای مطلوب برای تامین گاز اروپا

با این راهکار، گاز طبیعی نروژ و آذربایجان به علاوه تامین LNG غیرروسی، حدود ۳۰ میلیارد مکعب نیاز اروپا را پوشش می دهد.

ذخیره سازی عاقلانه

خطوط لوله ی گاز اروپا، یک منبع عظیم و گسترده و غیرمترکز ذخیره سازی گاز محسوب می شود که تا قبل از اکتبر هر سال، به صورت سنتی و همه ساله با افزایش فشار خطوط لوله، ذخیره سازی گاز برای عبور از بحران های مقطعی، سرمای شدید، رخدادهای غیرمترقبه و ... صورت می پذیرد. اکنون بحران بزرگتری تمام اروپا را فرا گرفته و این در حالی است که بحران های محلی احتمالی، با همکاری های بین المللی قابل مدیریت است. اگر اروپا بر مبنای اعتماد وثیق درون قاره ای میزان ذخیره سازی خود را در ۲۰۲۲ به ۹۰% میزان مشابه در ۲۰۲۱ کاهش دهد، خود را از بابت حدود ۱۸ میلیارد مترمکعب گاز مورد نیاز خود در همین سال بی نیاز خواهد دید.

جایگزینی انرژی با استقرار پروژه های بادی و خورشیدی

اروپا زیرساخت و فناوری بالغ پروژه های بادی و خورشیدی را در اختیار دارد و با توجه به میزان و تیراژ تولید محصولات فناور مورد نیاز و نیز نصب و راه اندازی های قبلی، این راهکارهای تامین انرژی را برای خود بسیار ارزان نموده است. تحلیل آژانس بین المللی انرژی گویای این است که اروپا با اتخاذ سیاست اجرایی صحیح و تخصیص بخشی از هزینه های خرید گاز در تابستان برای افزایش ذخیره سازی، معادل ۲۰ ترا وات ساعت انرژی برقی پاک را در اختیار خواهد داشت که به صورت متمرکز از نیروگاه های خورشیدی و بادی حاصل شده است. همچنین همین تحلیل در برقی سازی شهری این نوید را می دهد که با سرمایه گذاری سه میلیارد یورویی در کشورهای آفتاب گیر اروپا، قاره ی اروپا به ۱۵ ترا وات ساعت برق آفتابی پراکنده و غیرمتمرکز از پشت بام های ساکنین اتحادیه دست خواهد یافت. این دو اقدام زودبازده و ضربتی، ۳۵ ترا وات ساعت انرژی معادل ۶ میلیارد مترمکعب نیاز گازی اروپا را پوشش خواهد داد.

شکل۳: انرژی خورشیدی و بادی؛ ایجاد انعطاف در تلورانس های گازی

اقبال به منابع انرژی دیگر با انتشار کربن صفر؛ هسته ای و زیستی

اروپا ظرفیت های فراوانی در زمینه های هسته ای و زیستی دارد که در کوتاه مدت می تواند به کار برده و از بحران عبور کند. تحلیل آژانس بین المللی انرژی گویای این است که فقط با به مدار آمدن نیروگاه هسته ای فنلاند که به دلیل تعمیرات دوره ای و نگهداشت و پشتیبانی موقتا از مدار خارج شده بود، با توجه به عدم مقاومت جدی اجتماعی در قبال انرژی هسته ای و حضور آن کشور در خط مقدم مواجهه با روسیه (همجواری در خلیج فنلاند و عزم عضویت در ناتو) تا ۲۰ ترا وات ساعت انرژی قابل حصول خواهد بود. از سوی دیگر ناوگان نیروگاه های زیستی اروپا عمدتاً به دلیل عدم نیاز جدی و انرژی جایگزین در دسترس، با نیمی از ظرفیت کار می کند که با اقبال به آن و تولید با ظرفیت کامل، ۵۰ ترا وات ساعت انرژی زیستی برای اروپا سهل الوصول خواهد بود. مجموع این ۷۰ ترا وات ساعت معادل ۱۳ میلیارد متر مکعب گاز مورد نیاز اروپا را پوشش خواهد داد، ضمن اینکه تاثیر شگرفی در کاهش انتشار کربن به وجود خواهد آمد.

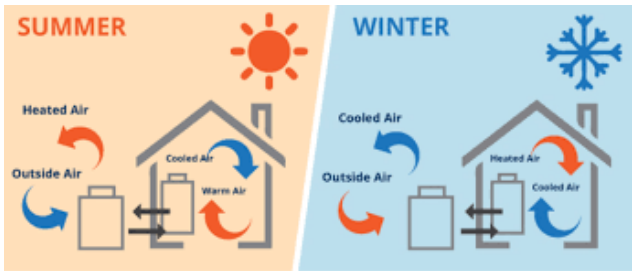
شکل۴: تنها یک نیروگاه هسته ای فنلاند، بخش زیادی از نیاز به گاز روسیه را رفع می کند

تدابیر کوتاه مدت حمایتی از مصرف کنندگان آسیب پذیر برق

بی شک احتمال جایگزینی بخشی از گاز مورد نیاز اروپا از منابع غیرروسی در بحبوحهء بحران، قیمت بالاتری را برای سوخت اروپا رقم خواهد زد. این افزایش قیمت سوخت بلافاصله خود را در قالب قیمت بالاتر برق نشان خواهد داد و شرکت های تولید کننده ی برق، قیمت بالاتری را برای برق مصرفی اروپا اعلام خواهند کرد و قبوض سنگین تری صادر خواهد شد. اما بخش عمده ای از برق اروپا، برق غیرگازی است و افزایش عمومی قیمت برق، سود سرشاری را نصیب این شرکت ها خواهد کرد. وضع فوری مالیات بر سوددهی کمپانی های تولید برق، که برق آبی، هسته ای، زیستی، آفتابی و بادی را با هزینه های قبل از بحران اوکراین تولید می کنند اما با قیمت نهایی ناشی از تاثیرات بعد از بحران روسیه و اوکراین قیمت گذاری کرده و قبض صادر می کنند، قابل تعریف است. این مالیات ماخوذه به صورت مستقیم یا غیرمستقیم می تواند برای مصرف کنندگان برق گران یارانه تلقی شود. این ساز و برگ در رومانی و ایتالیا به تصویب محلی رسیده است.

تسریع در روند نصب و راه اندازی پمپ های حرارتی به جای بویلرهای گازی

این جایگزینی دارای مفهومی نهادینه شده و مقبول در اروپا است و طرح های اجرایی متعددی وفق نقشه ی راه و زمان بندی در حال اجرا هستند و افق های طولانی تری را دنبال می نمودند. اما در حالت بحرانی اخیر، صرفاً با دو برابر شدن نرخ نصب و راه اندازی اشاره شده و تسریع و تغییر در برنامه ی زمان بندی، سالانه ۲ میلیارد متر مکعب نیاز اروپا به گاز طبیعی رفع می شود.



شکل۵: تسریع در برنامه های جاری اروپا، مانند پمپ های حرارتی، در بی نیازی از گاز روسیه راهگشا است.

تسریع در افزایش بهره وری ساختمان ها و صنایع

این محور نیز در اروپا به عنوان یک امر مطلوب و غایی پذیرفته شده و در حال اجرا و تسری است. به گونه ای که حدود ۱% ساختمان های اروپا در سال بازسازی و نوسازی می شوند و حین این نوسازی، ضمن تجهیز به پمپ حرارتی، ترموستات های هوشمند و دیگر ملزومات برنامه ی "هدف ۵۵" نصب می گردند. محاسبات نشان می دهد افزایش ۰/۷ درصدی در این نصب و تجهیز، به عنوان یک اضطرار عمومی در اروپا، یک میلیارد متر مکعب گاز را صرفه جویی خواهد کرد. در حوزه صنعت نیز پرداختن به ممیزی انرژی و ملزومات برنامه ای قبلی و تسری صرفاً به ۵% صنایع کوچک و متوسط، که اینرسی و لختی کمتری در برابر تغییر سریع را دارند، حدود یک میلیارد مترمکعب از نیاز اروپا را به گاز در حوزه صنعت خواهد کاست. با چنین اقدامات ضربتی، کوچک، مقیاس پذیر و منطبق بر برنامه ی قبلی، اروپا ۲ میلیارد متر مکعب دیگر از گاز روسی مستقل تر خواهد شد.

تنظیم ترموستات ها روی یک درجه کمتر

اکنون در بسیاری از مردم ساکن اروپا چنین مفاهیمی القاء و پذیرفته شده است و بیان جملاتی نظیر اینکه با کاهش یک درجه ای دمای مطلوب ترموستات، با پناهندگان اوکراینی همراه می شویم، عرف، مقبول و دارای زمینه ی ذهنی قابل پیاده سازی است. تحلیل آژانس بین المللی انرژی این است که با کاهش دمای رفاه از ۲۲ درجه سانتیگراد در اروپا به صورت میانگین به یک درجه پایین تر در زمستان، نیاز به ۱۰ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی رفع می شود.

فشار فناوری و نوآوری به عنوان انعطاف ساز

اروپا هیچ گاه در بدبینانه ترین سناریوها و تحلیل ها، فقدان انرژی برای مدت طولانی را تجربه نخواهد کرد و منابع و ذخائر مکتوم و غیرفعال انرژی در اختیار داشته و با قدرت دیپلماسی برون قاره ای و توانمندسازی درون قاره ای، قطعاً بدون انرژی نخواهد ماند. اما

شکل۶: ترموستات های هوشمند و غیر هوشمند مبتنی بر توجیه اجتماعی، با تاثیرات میلیارد مترمکعبی در مصرف

مشکل اینجا است که نوسانات امنیت انرژی و پذیرش احتمال بحران های مقطعی حتی کوتاه مدت در انرژی اروپا، به عکس بخش های دیگری از جهان، غیر قابل تصور و تحمل است. به عبارتی اروپا هزینه ی زیادی را در ایجاد انعطاف پذیری بین منابع انرژی و مصرف کنندگان، عمدتاً با واسطه ی برقی سازی، پرداخت می نموده و عمدتاً در قالب هزینه خرید و تامین گاز طبیعی بوده است. به عبارتی گاز طبیعی، که اکنون برای اروپا به ارزانی و سهل الوصولی قبل نخواهد بود، نقش پایدارساز و نوسان گیر و هموارکننده ی تراز انرژی را داشته است. اکنون زمان آن است که اروپا در انتخاب انعطاف ساز تراز انرژی نیز انعطاف به خرج دهد و با ایجاد تنوع فناورانه در مکانیسم های تامین پیک های بحرانی مصرف انرژی و عدم تامین آن، وابستگی خود را به گاز طبیعی، اعمّ از روسی یا غیرروسی و اعمّ از گاز طبیعی یا LNG، بکاهد. شبکه های منعطف، به هم متصل و هوشمند برق درون قاره ای یا حداقل بین کشوری، برقی سازی هوشمند، پروژه های عظیم مزارع باتری، تولید گاز طبیعی مصنوعی(SNG)، طرح های هیدروژن کم کربن یا بی کربن، پروژه های ذغالسنگ سبز مجهز به جاذب کربن، تولید بیومتان و متان سنتزی و ... همه و همه راهکارهایی هستند که نیاز نیست به کار بسته شوند تا تامین همه ی انرژی اروپا را به عهده بگیرند. بلکه اعتمادزایی و ذخیره سازی انرژی برای عبور از مقاطع حساس زمانی و پیک های مصرف بدون پشتوانه ی انرژی در اروپا کافی است. جالب اینکه تمام این راهکارها فناورانه بوده و انعطاف پذیری سیاسی، امنیتی و تجاری حوزه ی انرژی و گاز اروپا، جز از مسیر نوسان گیری، پایدارسازی و هموارکنندگی فناورانه با به تله انداختن انرژی مازاد عرضه و تزریق آن در بزنگاه تقاضا میسر نخواهد بود.

گام های فراتر – ماورا راهکارهای ده گانه

راهکارهای ده گانه ی ذکر شده عموماً مندرج و منطبق بر برنامه های جاری اروپا بوده و اقبال عمومی تجاری، سیاست گذاری و اجتماعی و حتی بلوغ فناوری برای آن فراهم است و صرفاً با تنظیم مجدد نرخ و سرعت پیشبرد، اروپا می تواند به بیش از ۸۱ میلیارد متر مکعب استقلال از گاز روسیه برسد که با توجه به نیازسنجی گاز اروپا، این اقدامات به منزله بی نیازی کامل از گاز روسیه و گام جدی در کاهش مصرف گاز طبیعی و سوخت فسیلی در اروپا است. اما اگر اروپا عزم جدی تری در زمینه ی قطع وابستگی به گاز طبیعی را دنبال کند، سیاست های تغییر فوری فناوری در نیروگاه های گازی برای مصرف

سوخت های مایع – به همراه سامانه های جاذب کربن- و همچنین سوخت جامد نظیر ذغالسنگ دور از ذهن نیست، به گونه ای که ظرفیت های آماده استفاده از ذغالسنگ به جای گاز با ملاحظات زیست محیطی حدود ۲۸ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی را مازاد خواهد نمود و ظرفیت های فعال نیروگاهی برای مصرف سوخت های مایع غیر LNG، حدود ۶ میلیارد مترمکعب نیاز را رفع خواهد نمود. ۳۴ میلیارد مترمکعب کاهش نیاز به گاز مازاد بر ۸۰ میلیارد مترمکعب ناشی از راهکارهای دهگانه، اروپا را چندان در موضع ضعف و شکننده ای قرار نمی دهد.

شکل۷: ایران چه نقشی در بحران گازی اروپا خواهد داشت؟

۳-ایران و بحران گازی اروپا

همانگونه که ذکر شد، با راهکارهای دهگانه مرور شده و راهکارهای تکمیلی سوخت جامد/مایع غیرگازی نیروگاهی در اروپا، تا حد زیادی نگرانی و تنش امنیت انرژی در اروپا حل شده است. اکنون منطبق بر همین محورها، نقش و جایگاه احتمالی توصیه ای صنعت نفت، گاز و انرژی جمهوری اسلامی ایران مرور می شود. به وضوح ایران نیز می تواند در کنار آذربایجان و نروژ، خصوصاً از طریق سوآپ با آذربایجان، تامین کننده گاز جایگزین روسیه، شاید با قیمتی بهتر از فروش به همسایگان، باشد.

شکل۸: تامین غیرمستقیم انرژی اروپا با جمهوری اسلامی ایران؛ شاید؟ باید؟

تولید انبوه تجهیزات انرژی خورشیدی و بادی، قطعاً در آسیا بسیار ارزانتر از اروپا تمام خواهد شد و ضمن انتقال تکنولوژی و اکتساب فناوری، اشتغال زایی و ارزآوری برای کشور را به همراه خواهد داشت، روندی که در تعامل با کشور اسلوونی آغاز گردیده است. در زمینه فناوری های ذخیره سازی انرژی، اروپا به رغم پیشرفت هنوز ظرفیت زیادی در این زمینه دارد و ورود کشور به حوزه هایی مانند باتری های خاص، هیدروژن کم کربن و تولید متان مصنوعی که بلوغ نسبی فناورانه برای آنها در کشور مهیا است، بازار خوبی را در اروپا در زمینه ی پایدارسازی و گرفتن فراجهش/ فروجهش های تراز عرضه و تقاضای انرژی ایجاد خواهد کرد. در پایان باید دانست اروپا در هر زمینه ای به جمهوری اسلامی ایران نیاز داشته باشد، مسائل سیاسی پیش رو و تحریم های ظالمانه ایالات متحده مانع بزرگی محسوب می شود. که باید با تدابیر حکیمانه رفع شوند تا زمینه ایفای نقش در خور برای کشور عزیزمان مهیا گردد.

منبع:

A 10-Point Plan to Reduce the European Union’s Reliance on Russian Natural Gas,EIA,2022

EnerTech

Professional Monthly Journal of Energy Technologies (EnerTech)

Institute For International Energy Studies

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