

شماره بیست و هشتم

موسسه مطالعات بین المللی انرژی  
وابسته به وزارت نفت

فروردین ماه ۱۴۰۲



# ماهنامه تخصصی فناوری های انرژی Ener Tech



پژوهشکده مطالعات راهبردی فناوری انرژی

... رویدادهای فناوری

سخنی با مخاطب

**وبپات** استخراج قیمت متوسط مولفه های تاثیرگذار بر تولید انرژی های تجدیدپذیر

مخازن ذخیره زیرسطحی آب؛ واسطه ای مناسب برای ذخیره انرژی های تجدیدپذیر  
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

ابداع راهکار جدید استحصال سوخت هیدروژنی از آب دریا  
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

نقش موثر سرمایه گذاری شرکت های نفتی بر آینده ی توسعه صنعت همجوشی هسته ای  
حوزه: نظم نوین آینده انرژی

وداع شهرهای آلمان با انرژی هسته ای و حرکت؛ به سوی آینده ی هیدروژنی  
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

یک کمپرسور نوآورانه، ابداعی و کارآمد برای ایستگاه سوختگیری هیدروژنی  
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

پس از بازیافت پره های توربین های بادی؛ امکان بازیافت سلول های پنل خورشیدی نیز توسط محققان سوئدی فراهم شد  
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

ثبت رکورد جدید از کارایی سلول های خورشیدی در دانشگاه ملک عبدالله عربستان سعودی  
حوزه: نظم دوره گذار انرژی

همکاری پتروبراس با هالبرتون برای تحول دیجیتال؛ استفاده از فضای ابری iEnergy  
حوزه: نظم کنونی انرژی

معرفی نسل جدید ربات MK۲ برای عملیات زیرسطحی دریایی  
حوزه: نظم کنونی انرژی

**مدل انرژی جهانی شل، چشم اندازی تا سال ۲۱۰۰**

حوزه: نظم نوین آینده انرژی

**راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت های پیش روی ایران**

حوزه: نظم نوین آینده انرژی

**مزایا و نارسایی های فناوری های جذب و انبارش کربن**

حوزه: نظم دوره گذار انرژی

**تاثیر تحول دیجیتال بر زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز**

حوزه: نظم کنونی انرژی

**حوزه ی انرژی ایران از منظر ChatGBT**

حوزه: نظم کنونی انرژی

گزارش های تحلیلی

عقیل براتی، عباس یعقوبی، قاسم توتونچی، امیرحسین هوشمند، امیرحسین فاکهی، اعظم محمدباقری، صدیقه جوادپور، شیرین رضایی عدل، بهاره فرهمندپور، سید صادق ضرغامی، طاهر خرم روز، مهدی کربلایی، پیمان نیلچی پور  
طراحی و صفحه آرایی: مرجان بهرامی، نازنین شاهین  
ناشر: موسسه مطالعات بین المللی انرژی  
تارنما: iies.ac.ir  
iies.mop.ir

شناسنامه :

مدیر مسئول: علی اصغر رجبی  
ناظران علمی: عرفان ریاحی  
سردبیر: قاسم توتونچی  
همکاران این شماره: فریبا ریاحی - سمانه سنجرى - پیمان نیلچی پور - مجید خالقی - مهدی کربلایی - قاسم توتونچی  
هیأت تحریریه: علی اصغر رجبی، غلامعلی رحیمی، عباس زراء نژاد،



## سخنی با مخاطب؛

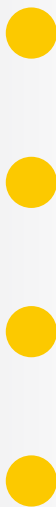
بنام خدا

### با درود و عرض ادب

در این شماره از ماهنامه ی تخصصی، گزارش های تحلیلی با موضوعات "مدل انرژی جهانی شل؛ چشم اندازی تا سال ۲۱۰۰"، "راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت های پیش روی ایران (بخش آخر)"، "مزایا و نارسایی های فناوری جذب و انبارش کربن"، "حوزه ی انرژی ایران از منظر ChatGBT" و "تحول دیجیتال در زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز (بخش دوم)" و نیز رویدادهای فناوری اخیر تقدیم گردیده است که امید است مورد توجه واقع شود. همچنین قیمت برخی مولفه های تاثیرگذار بر تولید انرژی های تجدیدپذیر به صورت آماری و در مقایسه با ماه قبل ایفاد می گردد.

با آرزوی توفیق و سلامتی و شادکامی

سردبیر

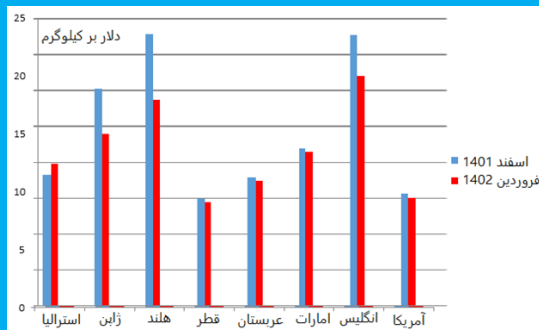




## وببات استخراج قیمت متوسط مولفه های تاثیرگذار بر تولید انرژی های تجدیدپذیر

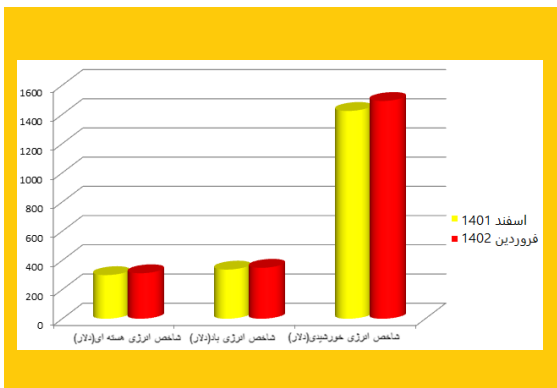
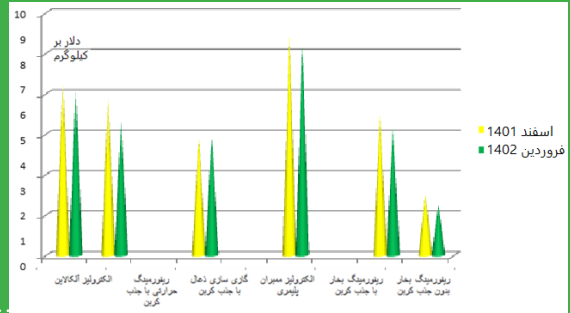
همانگونه که مخاطبین محترم ماهنامه ی تخصصی استحضر دارند استخراج، انتشار و تحلیل مولفه های انرژی فسیلی مانند قیمت نفت و فرآورده های نفتی، گاز، ذغالسنگ و ... مسبق به سابقه بوده و از طرق مختلف منتشر می گردد. از سوی دیگر به نظر می رسد مولفه های غیرفسیلی انرژی نیز حائز اهمیت باشد که کمتر مورد توجه قرار گرفته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

ردیف	مولفه انرژی غیر فسیلی (دلار بر کیلوگرم)	میانگین ماه اسفند ۱۴۰۱	میانگین ماه فروردین ۱۴۰۲
۱	قیمت میانگین تولید هیدروژن استرالیا با انواع فناوری	۳/۶۷	۳/۹۵۸
۲	قیمت میانگین تولید هیدروژن ژاپن با انواع فناوری	۶/۰۴۲	۴/۷۹
۳	قیمت میانگین تولید هیدروژن هلند با انواع فناوری	۷/۵۸۶	۵/۷۴۵
۴	قیمت میانگین تولید هیدروژن قطر با انواع فناوری	۲/۹۹۶	۲/۸۹۳
۵	قیمت میانگین تولید هیدروژن عربستان با انواع فناوری	۳/۵۸۳	۳/۴۷۳
۶	قیمت میانگین تولید هیدروژن امارات با انواع فناوری	۴/۴۰۳	۴/۲۹۶
۷	قیمت میانگین تولید هیدروژن انگلیس با انواع فناوری	۷/۵۶۲	۶/۴۱۷
۸	قیمت میانگین تولید هیدروژن آمریکا با انواع فناوری	۳/۱۱۲	۳/۰۳۲

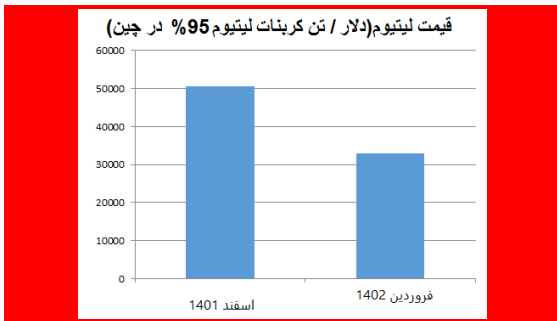


ردیف	مولفه انرژی غیر فسیلی (دلار بر کیلوگرم)	میانگین ماه اسفند ۱۴۰۱	میانگین ماه فروردین ۱۴۰۲
۹	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری الکترولیز آلکالاین در کشورهای مختلف	۴/۲۳۳	۴/۰۳۴
۱۰	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری ریفر مینگ حرارتی با جذب کربن در کشورهای مختلف	۳/۹	۳/۳۳۵
۱۱	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری گازی سازی ذغالسنگ با جذب کربن در کشورهای مختلف	۲/۸۵۳	۲/۸۹۳
۱۲	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری الکترولیز الکترولیت ممبران پلیمری در کشورهای مختلف	۵/۳۹۸	۵/۱۶۴
۱۳	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری ریفر مینگ بخار با جذب کربن در کشورهای مختلف	۳/۴۶۱	۳/۱۱۶
۱۴	قیمت میانگین تولید هیدروژن با فناوری ریفر مینگ بخار بدون جذب کربن در کشورهای مختلف	۱/۵۲۸	۱/۲۵۵

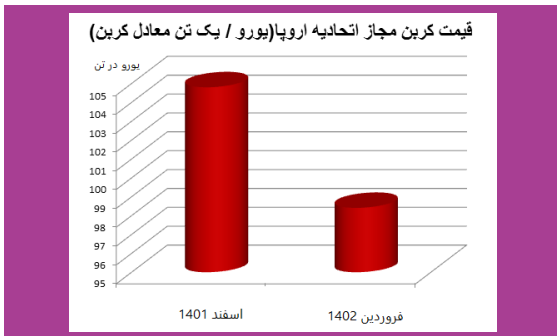
قیمت تولید هیدروژن با تفکیک فناوری  
( میانگین ماهانه )



ردیف	مولفه انرژی غیر فسیلی	میانگین ماه اسفند ۱۴۰۱	میانگین ماه فروردین ۱۴۰۲
۱۵	شاخص انرژی باد (دلار)	۲۹۹,۱۹	۳۱۱,۹۷
۱۶	شاخص انرژی خورشیدی (دلار)	۳۳۷	۳۴۹,۳۱
۱۷	شاخص انرژی هسته ای (دلار)	۱۴۲۴	۱۴۹۲,۴۷

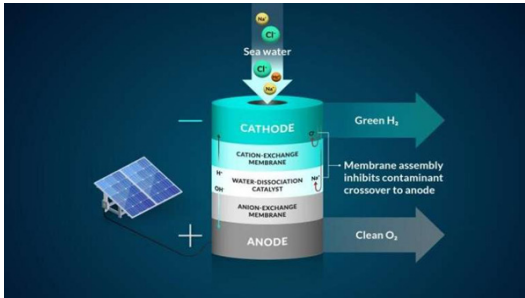


ردیف	مولفه انرژی غیر فسیلی	میانگین ماه اسفند ۱۴۰۱	میانگین ماه فروردین ۱۴۰۲
۱۸	قیمت لیتیوم (دلار / تن کربنات لیتیوم ۹۵٪ در چین)	۵۰۶۲۵	۳۲۹۱۶



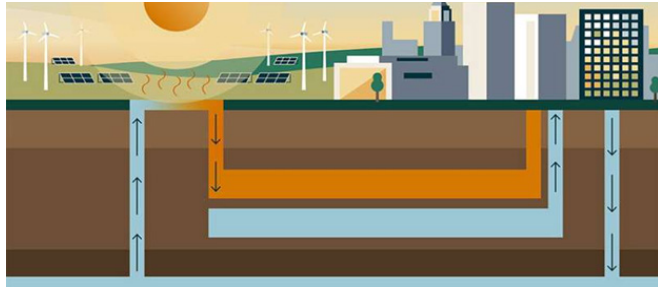
ردیف	مولفه انرژی غیر فسیلی	میانگین ماه اسفند ۱۴۰۱	میانگین ماه فروردین ۱۴۰۲
۱۹	قیمت کربن مجاز اتحادیه اروپا (یورو / یک تن معادل کربن)	۱۰۴,۸	۹۸,۴۱

## ابداع راهکار جدید استحصال سوخت هیدروژنی از آب دریا



آب دریا ترکیبی از اکسیژن و هیدروژن و محلولی از سدیم و سایر عناصر است و همین ترکیب شیمیایی، استحصال هیدروژن از آب دریا را دشوار نموده است. محققان دپارتمان انرژی دانشگاه استنفورد در اواخر مارس سال ۲۰۲۳ راهکاری را ابداع کرده اند که با استفاده از دو غشای ممبران و جریان الکتریسیته، هیدروژن سبز را از آب دریا به دست آورند. استفاده از آب شیرین طبیعی هم به دلیل محدودیت آن بر روی کره زمین و هم به دلیل وجود املاح معدنی ولواندک، گزینه‌ی مناسبی برای استحصال هیدروژن سبز نیست. شیرین‌سازی آب شور یا آب دریا نیز فرایندی گران، دشوار و انرژی بر است. به هر حال بسیاری از روش‌های استحصال هیدروژن از آب شیرین از رویکردهای غشایی یک لایه استفاده می‌کنند که در این تحقیق، ساختاری دو غشایی با ورودی آب ناخالص دریا و البته جریان الکتریسیته برای کنترل جریان یون‌ها بهره برده شده است. یکی از موارد مورد تمرکز تحقیق، کنترل دقیق و حداکثری یون کلرید است. کلر به صورت کلرید در کلرید سدیم محلول در آب دریا، عنصری و یونی فعال برای کاهش کارایی الکترولیز از طریق ایجاد واکنش‌های جانبی در نزدیکی آنند می‌باشد که پژوهشگران نزدیک شدن آن به محل واکنش ناخواسته و کند کننده را کنترل نموده‌اند. به عبارتی ایده‌ی محوری تحقیق، تجمع چندین لایه غشا یا ممبران در مسیر آب دریا در یک سامانه می‌باشد به گونه‌ای که هر یک از غشاها با طراحی منحصر به فرد خود وظیفه‌ی جداسازی یا عبور یون یا اتم خاص را داشته باشد و از دید کلی ورودی سامانه به صورت مجتمع و یکپارچه آب دریا و خروجی آن هیدروژن سبز و اکسیژن خالص باشد. با استفاده از بررسی پرتوی با اشعه ایکس ری، مسیر حرکت یون‌ها و کارایی غشاها طراحی شده در حال ارزیابی است. مهم‌ترین چالش این محققان، مقیاس پذیری نتایج در تولید تجاری و انبوه هیدروژن می‌باشد.

## مخازن ذخیره زیرسطحی آب: واسطه‌ای مناسب برای ذخیره انرژی های تجدیدپذیر



حدود ۱۲ درصد تقاضای انرژی جهان معطوف به سرمایه‌بش و گرمایش بخش خانگی و تجاری است. اقبال به انرژی‌های تجدیدپذیر سبب گردیده ذخیره سازی انرژی پاک با توجه به ماهیت تناوبی و غیر دائمی آن به صورت مساله جدی حوزه‌ی انرژی تبدیل شود. استفاده از باتری‌های ذخیره‌سازی با معادل هیدرولیکی یا نیوماتیک آن از این دسته تلاش‌ها می‌باشد. محققان دریافته اند با استفاده از آب‌های زیرسطحی محصور تحت محل زندگی خانوار یا تجمع مراکز تجاری و مسکونی، تا ۴۰٪ صرفه جویی در مصرف انرژی در قالب برق یا گاز حاصل می‌شود و آب زیرسطحی، ذخیره‌سازی بسیار مناسبی برای حفظ حرارت و تحویل آن در شرایط بسیار سرد محیط، و نیز حفظ برودت و تحویل آن در بیشینه‌ی گرمای محیطی سطحی می‌باشد. این راهکار را ذخیره انرژی حرارتی آبخوان نامیده‌اند و مبتنی بر پمپاژ زیرسطحی به سطح آب برای تبادل حرارتی سطحی در پیک برق مازاد و بازگشت گرانشی به آبخوان زیرسطحی می‌باشد. شبیه‌سازی‌ها نشان داده است حفظ دمای آب زیرسطحی تا ماه‌ها پایدار است و می‌تواند ذخیره‌ی انرژی خود در قالب حرارت یا برودت را در بیشینه‌ی نیاز به مصرف کننده بازگرداند و ذخیره‌ی خود را آزاد نماید.

توجه به قواعد ترمودینامیک، بهره‌گیری از ویژگی‌های زمین‌شناختی و استفاده از خاصیت عایق بودن زمین کلیدهای این تحقیق می‌باشد. آمریکا و هلند اقبال زیادی به این رویکرد ذخیره‌سازی انرژی پاک داشته‌اند. بدیهی است این راهکار برای اقلیم‌های با نوسان زیاد و تفاوت محسوس دمای فصول کارایی بیشتری داشته و محیط‌های معتدل با تفاوت اندک فصل سرما و گرما، گزینه‌ی مناسبی نیستند. محققین دقت لازم در انتخاب لایه‌ی مناسب آبخوان زیرسطحی دارند به گونه‌ای که اساساً آب آتشفانی که عموماً از بالاترین سطوح استحصال می‌گردد، مورد استفاده واقع نشده و عمق بیشتر آب زیرسطحی برای ذخیره‌ی انرژی مدنظر باشد؛ هر چند هیچ ماده‌ی شیمیایی افزونه‌ای به آب اضافه نشده و ترکیبات آن تغییر نمی‌کند. عدم نیاز به مخازن آب یا یخ بر روی زمین از مزایای این راهکار می‌باشد. در عین حال هزینه‌های اولیه راه‌اندازی بر اساس واحد انرژی قابل ذخیره، ۱۵ تا ۲۰ درصد بیش از سایر روش‌ها است که در مرور زمان قابل جبران خواهد بود. مشکل و چالش اصلی پیش‌رو، همانند اکثر حوزه‌های مرتبط با انرژی پاک، مقیاس پذیری و قابلیت تعمیم آن است و نتایج این تحقیق، مبتنی بر ۵۸ ساختمان یک یا دو طبقه با خانوار ساکن در آن، قابلیت تعمیم به عموم را ندارد.



## نقش موثر سرمایه گذاری شرکت های نفتی بر آینده ی توسعه صنعت همجوشی هسته ای



پالسی برای جبران نیاز به توان است که نیازمند فناوری قطع و وصل فرایند تولید توان است.

در این بین ورود سرمایه گذاری شرکت های نفتی به حوزه ی انرژی هسته ای فیزیکی قابل توجه و تداعی کننده ی گذار شرکت های نفتی به هولدینگ های انرژی است. شرکت اِنی تفاهم نامه ای را با کمپانی های توسعه دهنده ی فیوژن وابسته به دانشگاه MIT منعقد نموده تا پیاده سازی تجاری و مقیاس صنعتی همجوشی را تسریع بخشند. اِنی اعلام نموده قبلاً و از سال ۲۰۱۸ در راستای اینکه این شرکت خود را در راهبری فناوری انرژی جهان خصوصاً کربن زدایی می بیند، حمایت هایی از استارت آپ های همجوشی هسته ای داشته است و به توفیقاتی نظیر طراحی و ساخت آهنربای اَبَر سانی دما بالا، با کاربرد در این فناوری نایل شده است. اِنی امیدوار است تا سال ۲۰۳۰ اولین نیروگاه همجوشی هسته ای آزمایشی محصور مغناطیسی عملیاتی گردد.

انرژی ناشی از همجوشی هسته ای اخیراً به عنوان یک منبع لایزال و نامحدود انرژی پاک مطرح گردیده است. تحقیقات پژوهشگران نشان می دهد به غیر از چالش ها و گلوگاه های فنی و فناوری، مباحث اقتصادی و قیمت نهایی واحد انرژی بسیار مهم خواهد بود. محققان اعتقاد دارند مردم برای تامین انرژی خود هزینه ی معقول صرف خواهند کرد چون به انرژی نامحدود و مقیاس بزرگ نیازی ندارند. به عبارتی اگر مردم منبع انرژی پاک با قیمت نازل تر بیابند، علاقه ای به همجوشی هسته ای نشان نخواهند داد. از این روش باید دولت ها و حکومت ها، که نیاز به انرژی بی نهایت و نامحدود پاک دارند، بیشترین علاقه به همجوشی هسته ای را نشان دهند. به هر حال آینده ی فیوژن، بستگی زیادی به قیمت تمام شده رقابتی این انرژی دارد. شبیه سازی ها نشان می دهد چنانچه قیمت یک کیلووات توان فیوژنی تا ۷۰۰۰ دلار قیمت یابد، احتمال اقبال ۱۰۰ گیگاوات معادل یک پنجم برق ایالات متحده

به همجوشی وجود دارد. اما چنانچه قیمت دیگر رقابتی پاک انرژی همجوشی هسته ای، به مقادیری کمتر از آستانه ی ۷۰۰۰ دلار در کیلووات برسند، اقبال عمومی به همجوشی زیاد نخواهد بود. دو رویکرد حالت دائمی و پالسی به همجوشی وجود دارد. در راهکار نخست، نیروگاه مانند نسخه های کنونی تجاری شده وستنی، دائماً در مدار بوده که وجود ذخیره ساز انرژی مازاد را اجتناب ناپذیر می کند و قیمت هر کیلووات توان فیوژنی را تا ۱۰۰۰ دلار افزایش می دهد. رویکرد دیگر ورود به مدار



## وداع شهرهای آلمان با انرژی هسته ای و حرکت: به سوی آینده ی هیدروژنی



به شهروندان و شاغلین داده اند. آنها اعلام کردند از برخی زیرساخت ها و شبکه ی برق فعلی برای تولید هیدروژن سبز استفاده خواهد شد و از پاییز آتی، مجتمع تولید فولاد سبز متکی بر هیدروژن سبز مد نظر خواهد بود.

تعطیلی نیروگاه های هسته ای از سوی دیگر انتقاد دیگر اقلشار جامعه ی انرژی آلمان را به همراه داشته که اعتقاد دارند در شرایط ابری یا پایین بودن سرعت باد، دولت خواه یا خواه به سراغ ذغال سنگ خواهد رفت. اما دولت آلمان تضمین داده به مدد شبکه ی متصل و منقطع برق بین کشورهای همسایه، مانند کشور دوستدار اتم فرانسه، آلاینده ی کربنی حتی در شرایط بحران رخ نخواهد داد.

به رغم حذف حدود ۵۰٪ برق تولیدی آلمان مربوط به این سه نیروگاه، خاموشی یا اختلالی در شبکه رخ نداد. انرژی هسته ای کماکان منبع انرژی بدون کربن و قابل اتکالی است؛ اما آلمان از بیم وقایعی مانند فوکوشیما و چرنوبیل، حتی در سطح فناوری خود از کنترل شرایط بحرانی عاجز بوده و انرژی هسته ای را گزینه ای پرخطر می داند و پاسخی برای اقتناع افکار عمومی ندارد.

مراسم تعطیلی این سه نیروگاه، ضمن تقدیر از کارکنان آن که در امنیت و ایمنی کامل ده ها سال تامین انرژی پایدار برق را به عهده داشتند، در حالی برگزار شد که مسئولین نوید جایگزینی و راه اندازی تاسیسات برق بادی و خورشیدی جهت تولید هیدروژن را

سه نیروگاه هسته ای دیگر در آلمان به دلیل آنچه دولت ناپایدار بودن انرژی هسته ای و فسیلی می داند، تعطیل شدند. این نیروگاه ها ۳۵ سال به صورت مداوم برق میلیون ها شهروند آلمانی را تامین می نمودند. این تعطیلی مورد پیگیری انجمن های مردم نهاد بود و صرفاً به دلیل بحران گازی ناشی از مناقشه ی اوکراین، اندکی به تعویق افتاد. البته این اقدامات بیشتر در آلمان پیگیری می گردد و برخی دیگر از کشورهای اروپایی از بیم قیمت های بالای سوخت فسیلی و تنگناهای تغییر اقلیم و انتشار کربن، تعطیلی نیروگاه های هسته ای را به تعویق انداخته و یا در تدارک احداث نیروگاه های جدید و نوسازی تاسیسات قدیمی هستند. اما به هر حال

## یک کمپرسور نوآورانه، ابداعی و کارآمد برای ایستگاه سوختگیری هیدروژنی

اجتناب از هرگونه نشت هیدروژن داشته است. محققین توجه ویژه ای به کوچک بودن اتم هیدروژن داشته اند که سبب می گردد برخی عملکردهای زیرسیستم ها به دلیل پوشش و رسوخ هیدروژن تغییر یابد. به عنوان مثال المان های مغناطیسی و آهنرباها برای عملکرد طبیعی و نرمال نیاز به پوشش مقاومی در برابر هیدروژن دارند. همچنین با تدابیر فناورانه و نوآور، این کمپرسور اساساً به روانکاری روغنی، که سبب آلودگی مسیر هیدروژن می گردد بی نیاز است.

محققان انستیتو تحقیقات جنوب غرب (سوئیت) تگزاس ایالات متحده در اوایل آوریل سال ۲۰۲۳ یک کمپرسور اختصاصی سازی شده با خواص هیدروژن برای استفاده در ایستگاه های سوختگیری خودروهای الکتریکی دارای پیل سوختی با تاکید بر فشرده سازی کارآمد و قابلیت اطمینان بالا طراحی نموده اند. ساختار رفت و برگشتی متکی بر یک موتور خطی سبب افزایش کارایی فشرده سازی هیدروژن گردیده است. استفاده از پیستون سرامیکی نیز نقش مهمی در کاهش انبساط گرمایی و

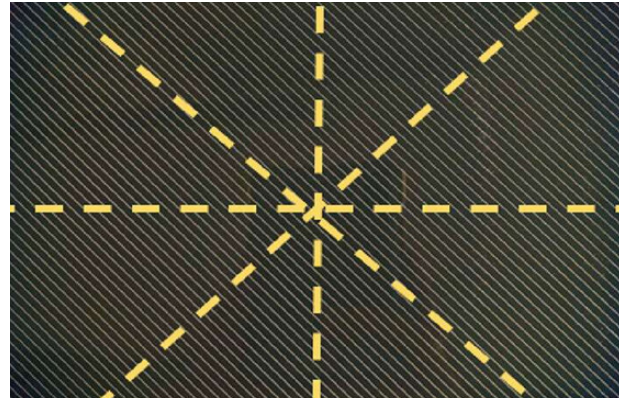






## پس از بازیافت پره های توربین های بادی: امکان بازیافت سلول های پنل خورشیدی نیز توسط محققان سوئدی فراهم شد

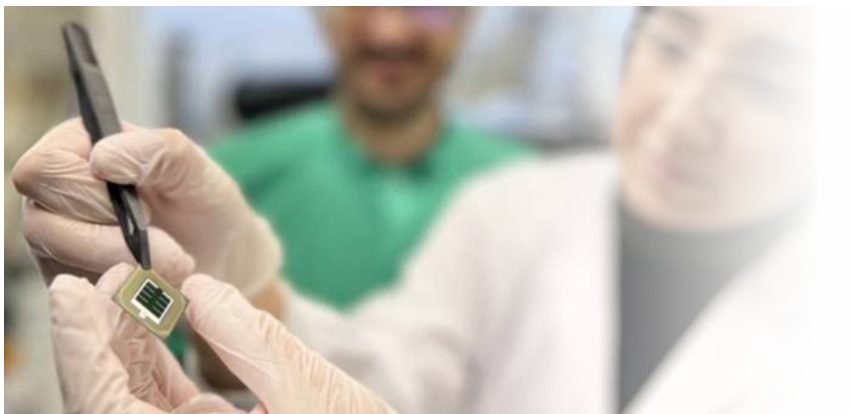
مسیر پیشرفت پنل های خورشیدی، از گلوگاه بازیافت پسماند عبور می کند. جایی که ممکن است منجر به کاهش بیشتر هزینه ها و قیمت نهایی گردد. پنل های خورشیدی سیلیکونی فقط مشکل پسماند دارند و محققین به دنبال راهکاری برای مدیریت این پسماند مانند مدیریت پسماندهای پره های توربین های بادی هستند (در شماره های قبل ماهنامه ی تخصصی، رویدادی تحت عنوان انرژی سبز، سبزتر می گردد در این زمینه منتشر گردید). اما پنل های خورشیدی CIGS از فلزات مس، ایندیوم، گالیوم و سلنیوم استفاده می کنند و با توجه به ترکیبات نقره، منعطف تر و شکل پذیر بوده و کاربرد بیشتری یافته اند. در این زمینه محققان سوئدی موفق به راهکار بازیافت بخش زیادی از این فلزات از پسماندهای پنل های خورشیدی



CIGS شده اند. از ویژگی های خاص متداجریابی بازیافت محققین سوئدی، دوستدار محیط زیست بودن روش است به گونه ای که از مواد شیمیایی خاص و حرارت بالا بهره گرفته نمی شود. آنها معتقد هستند در کنار منافع اقتصادی، متدا بازیافت و نیز کاهش شدت تقاضا به نقره و ایندیوم - که تولید آنها انرژی بر و آلاینده است - نهایتاً در جهت حفاظت از محیط زیست خواهد بود. شگرد و ویژگی خاص روش سوئدی ها صبر و مرور زمان است. آنها با تعریف فرایندی که یک روز به طول می انجامد، ۱۰۰٪ نقره و ۸۵٪ ایندیوم را از پسماند بازیافت می کنند و قائل به این هستند عجله ی زیادی ندارند، چرا که قبلاً این پسماند به دور انداخته می شد. لازم به ذکر است فرایند در دمای اتاق و بدون حرارت انجام می گیرد.

## ثبت رکورد جدید از کارایی سلول های خورشیدی در دانشگاه ملک عبدالله عربستان سعودی

سلول های خورشیدی تجاری شده سیلیکونی، بازدهی ۲۰ الی ۲۲ درصد را برای خود مطرح می کنند. اما محققان به این بازدهی قانع نیستند و در تلاش برای افزایش کارایی انرژی خورشیدی می باشند. این رقابت بین المللی از گذرگاه فناوری عبور می کند. محققان دانشگاه ملک عبدالله عربستان سعودی در رقابتی سخت با پژوهشگران آلمانی (که رکورد بازدهی ۳۲/۵ درصد را به ثبت رسانده بودند) با رویکرد سلولهای پشت سر هم یا Tandem به صورت ترکیب سیلیکون و پروسکایت موفق به نیل به بازدهی ۳۳/۲٪ شده اند. این کارایی به تایید لابراتوارهای معتبر اروپایی رسیده و اکنون در صدر فهرست بیشترین کارایی در انرژی تجدید پذیر می باشد. تخمین زده می شود این فناوری تا سال ۲۰۳۲ بیش از ۱۰ میلیارد دلار گردش مالی داشته باشد. گام بعدی این محققان، تجاری سازی این پنل با مساحت ۲۴۰ سانتی متر مربع می باشد.





## همکاری پتروبراس با هالیبرتون برای تحول دیجیتال؛ استفاده از فضای ابری iEnergy



هالیبرتون اعلام نموده کمپانی نفتی پتروبراس برزیل برای مدیریت چالش های فراساحلی خود خصوصاً مشکلات زیرسطحی از پلتفرم و فضای ابری iEnergy استفاده خواهد کرد. مدلسازی زمین شناسی، تفسیر سنگ شناسی، پشتیبانی از تصمیمات اکتشاف و تولید، مسائل مرتبط با مهندسی و ژئوفیزیک در این پلتفرم یکپارچه شده اند و با استفاده از یادگیری ماشین، قابلیت تصمیم سازی را نیز دارد. بهینه سازی در مقایسه با شرایط فعلی و کاهش زمان متوسط بین دو خرابی و نیز ارتقاء نگهداشت و پشتیبانی در کنار پیشرفت فناوری در اکتشاف و تولید، از اهداف این تحول دیجیتال در حوزه ی نفت می باشد.

## معرفی نسل جدید ربات MK2 برای عملیات زیرسطحی دریایی



حالت عملیاتی دیگر، شرایط مداخله ی عملیات فیزیکی است که با استفاده از عملگرهای مخصوص و بازوهای رباتیک، فعالیت زیرسطحی را به انجام می رساند. طراحان امیدوارند هزینه های تاسیسات نفتی فراساحلی و وابستگی آن به اپراتورها و عملگرهای انسانی کاهش یابد.

یکپارچه ساز داده های حسگری، شبیه ساز، ماژول تجربه و تحلیل داده و نرم افزار اختصاصی می باشد و از مخبرات زیرسطحی سونار و سطحی رادیویی بهره می گیرد. دو حالت عملیاتی برای این ربات در نظر گرفته شده است. نخست حالت پاترول و گشت است که بر روی مسیر های تعیین شده به منظور بازرسی و کنترل با هدف جمع داده حرکت می نماید.

کمپانی های توسعه دهنده ی ربات های زیردریایی، نسل جدید ربات MK2 را رونمایی کردند. این ربات قابلیت جمع آوری داده و عملیات مداخله به صورت فیزیکی را دارد. مشتریان فعلی ربات های زیرسطحی، دریای شمال و خلیج مکزیک می باشند. زیردریایی کاملاً الکتریکی، مجهز به ماژول های هوش مصنوعی، بازوهای رباتیک، رابط کاربری،

## نظم نوین آینده انرژی

## ... گزارش تحلیلی ...

### ... بخش اول ...

# مدل انرژی جهانی 'شل، چشم اندازی تا سال ۲۱۰۰'

سمانه سنجری؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

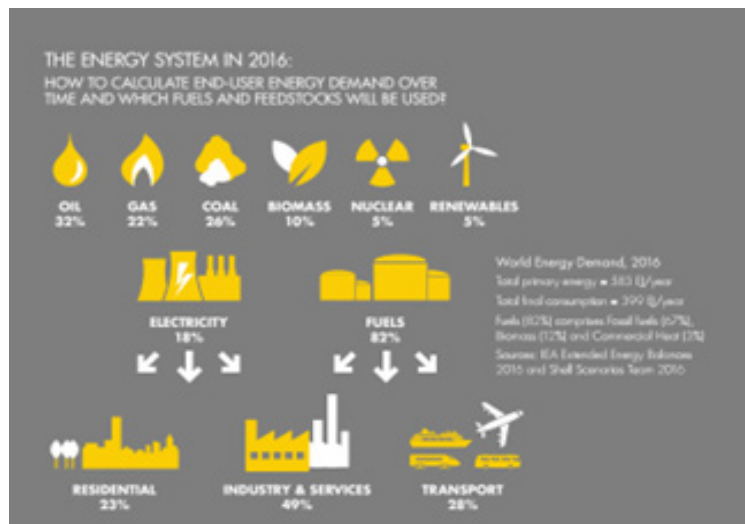
جهان در آینده چقدر انرژی مصرف خواهد کرد و انرژی های آتی چه اشکالی خواهند داشت؟

### ۱- مقدمه

مدل انرژی جهانی به عنوان ابزاری برای کشف آینده های محتمل و جایگزین برای سیستم انرژی جهان و حمایت از رویکرد شل به سناریوها طراحی شده است. این مدل در میان مدل های انرژی بلندمدت با توجه به رویکرد و سطح جزئیاتش بی بدیل است. این مدل با نیازهای مصرف کنندگان خدمات انرژی (مانند روشنائی، یا مقدار بار حمل شده در جاده ها) آغاز می شود و نیازها را به تقاضا برای همه اشکال انرژی تبدیل می کند. این مدل تمام بخش های اقتصاد را همراه با تمام فناوری های انرژی قابل پیش بینی پوشش می دهد و همه این موارد با هم، برای برآورد چشم انداز کل تقاضای انرژی جهان با منظور نمودن جزئیات سطوح تقاضا در سطح کشورها، تا سال ۲۱۰۰ اجرا می کند. مدل سازی در چارچوبی پویا انجام می شود. به این معنی که تغییرات در یک بخش می تواند بر دیگران تاثیر بگذارد. یک ویژگی متمایز مدل انرژی جهانی شل، قابلیت آن برای کشف روندهای کوتاه مدت محتمل و همچنین چگونگی تکامل آن ها در تبدیل سیستم انرژی در بلندمدت است.

در حمایت از کار توسعه استراتژی، شل برای ۴۵ سال گذشته همواره از سناریوهایی استفاده کرده است. در واقع، سناریوها داستان هایی از چگونگی توسعه جهان و سیستم های آن با توجه به تعدادی محرک های اصلی و فرضیات در حال توسعه، در طول زمان هستند. مدل انرژی جهانی شل، برای ارائه یک چارچوب کمی دقیق و استحکام بخشی منطق سناریوها توسعه داده شده است. به عبارتی، مدل انرژی جهانی ابزاری اصلی در بررسی تکامل تقاضای انرژی در کشورهای مختلف و در بخش های مختلف است که کمک می کند با توجه به درجه ثبات سیستم، فرضیات مختلف در سیاست، اقتصاد، فن آوری و انتخاب های مصرف کننده حفظ شود. با مدل تأمین انرژی جهانی شل می توان تأثیرات تغییرات ایجاد شده در بخش دیگری از جهان را بر روی دیگر بخش ها به طور منسجم مورد بررسی قرار داد. هدف تدوین سناریوهای شل، پاسخ به سوال بسیاری از مخاطبان در مورد نحوه مدل سازی انرژی است. این راهنما نیز در صدد کمک به پاسخگویی این سوال است.

### سیستم انرژی در سال ۲۰۱۶



### مدل جهانی انرژی شل / ترکیب مدل از بالا به پایین و از پایین به بالا



1. World Energy Model (WEM)

ورودی‌های فنی - اقتصادی سنتی و همچنین دیدگاه‌های مبتنی بر سناریو در مورد تغییرات در عرضه و پذیرش فناوری‌های جدید انرژی توسط مصرف‌کنندگان است. ارزیابی‌ها معمولاً شواهد تاریخی، روندها و برنامه‌های فعلی، قضاوت کاربران و نظرات متخصصین را در بر می‌گیرند.

سازنده سناریو باید سازگاری بین فرضیات ورودی را حفظ کند. به عنوان مثال، سیاست‌های پشتیبانی از توسعه شهرهای فشرده می‌تواند بر خروجی‌ها اثرگذار باشد. گسترش شهرها لزوماً نیاز به سفر شهری را افزایش می‌دهد. اما، می‌تواند استفاده بیشتر از حمل و نقل عمومی و برقی‌شدن سریع‌تر وسایط نقلیه را تسهیل نماید.

### بررسی محدوده‌های قابل قبول برای انواع سوالات سیستم انرژی

نمونه‌هایی از سوالات که از سناریوها (مرتبط با مدل انرژی جهانی) حمایت می‌کنند عبارتند از:

- ◀ چگونه ممکن است تقاضای انرژی در کل آسیا و جهان افزایش یابد؟
- ◀ بازارهای نفت و گاز از لحاظ جغرافیایی تا چه اندازه سریع و در چه بخش‌هایی تکامل خواهد یافت؟
- ◀ آیا استفاده ۱۰۰ درصدی از انرژی‌های تجدیدپذیر در این قرن محتمل خواهند بود؟
- ◀ مسیر انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی چیست؟
- ◀ چه چارچوب سیاستی و چه ملزوماتی باید در نظر گرفته شوند تا محدودیت‌های توافق پاریس رعایت شود؟

### نقش مدل جهانی شل در گفتمان شرکت و بحث‌های عمومی گسترده‌تر

- ◀ در شرکت شل، مدل انرژی جهانی یک مدل مرجع کلیدی برای ستاد مرکزی (هلدینگ) شرکت و همچنین بسیاری از کسب و کارهای آن است.
- ◀ خارج از شرکت، مدل انرژی جهانی در امور مشارکتی، روابط دولتی و ارتباطات خارجی، نظیر انتشار سناریوهای شل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ترکیبی از روش‌های مدل‌سازی

در این مدل شاهد ترکیب نقاط قوت هر دو روش مدل‌سازی اقتصادی (بالا به پایین) و مهندسی (معمولاً پایین به بالا) هستیم:

- ◀ مدل‌سازی اقتصادی
  - رشد فزاینده تقاضای انرژی
  - جانشینی حامل‌ها، منابع انرژی و منابع
  - ارزش‌های غیر پولی شکل‌های مختلف انرژی
  - اتصال جهان به یکدیگر، اثرات دینامیکی را آشکار می‌کند، به عنوان مثال، تأثیر افزایشی تقاضای گاز و ذغال‌سنگ در کشورهای آسیایی پس از نشت نیروگاه فوکوشیما و تأثیر ظهور نفت و گاز شیل در آمریکای شمالی بر قیمت جهانی نفت و گاز

◀ مدل‌سازی مهندسی

درمیان این ابعاد نه تنها انرژی، بلکه دیگر عناصر کلیدی مانند بهره‌وری، قیمت‌ها و نتایج مانند انتشار نیز پوشش داده شده است.

شایان ذکر است که بخشی از این گزارش شامل مقدمه، توصیف مدل انرژی جهانی شل و بخشی از نحوه کار آن در این شماره و نحوه مدلسازی و خروجی‌های این مدل در شماره‌ی ماه آینده ارائه خواهد شد.

## ۲- مدل انرژی جهانی چیست؟ مدل سیستم انرژی بلندمدت شل

◀ مدل انرژی جهانی شل برای در نظر گرفتن اعداد در سناریوهای بلندمدت، تحول سیستم انرژی در سطحی جزئی و کشوری در یک چارچوب سازگار و جامع طراحی شده است.

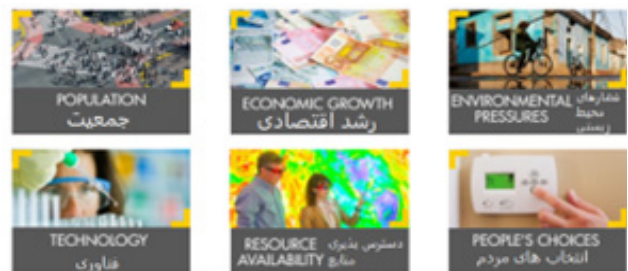
◀ مدل انرژی جهانی به بررسی توسعه تقاضای تجمیعی بر اساس نیازهای مصرف‌کنندگان به خدمات انرژی می‌پردازد. سپس گزینه‌های انرژی مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان انرژی را تبدیل به نمودار می‌کند. این مدل، تقاضا را در برابر عرضه با استفاده از محدودیت‌های منابع، نرخ تولید و قیمت‌ها متعادل می‌کند.

◀ مدل انرژی جهانی، مجموعه‌ای از صفحات گسترده اکسل مرتبط با کنترل داده‌ها و اجرای مدل است که توسط ویژوال بیسیکا کنترل می‌شود. موتور اصلی شامل بیش از ۵۵۰۰۰ خط است؛ موتور خروجی قادر است طیف گسترده‌ای از جداول و نمودارهای سفارشی را تولید کند.

◀ مدل انرژی جهانی، رویکردهای بالا به پایین و پایین به بالا را با توجه به سه مولفه اصلی (تقاضا، انتخاب و عرضه هر بخش) ترکیب می‌کند.

◀ این مدل، شامل انباره بزرگی از داده‌های تاریخی از سال ۱۹۶۰م در مورد تقاضای انرژی و هم پیش‌ران‌ها<sup>۱</sup> است. این برنامه در مقاطع زمانی سالانه اجرا می‌شود و در صورت نیاز تا سال ۲۱۰۰ نیز قابل بهره‌برداری است.

### شش پیش‌ران کلیدی سیستم انرژی



جمعیت/ فناوری/ رشد اقتصادی/ دسترسی به منابع/ فشارهای محیطی/ انتخاب‌های مردم

مدل انرژی جهانی شل دارای ۷۵ ورودی مختلف مبتنی بر سناریو است که این شش پیش‌ران کلیدی را پوشش می‌دهند. این موارد شامل

1. Visual Basic
2. Drivers

آیا ورودی‌های کلیدی دخیل در ساخت داستان سناریو، هم از نظر عرضه و هم تقاضا، نسبت به این قیمت‌ها تاب‌آور خواهند بود؟

### محاسبه تقاضای کل انرژی: از خدمات انرژی توسط مسیر بهره‌وری مصرف نهایی گرفته تا تقاضای نهایی انرژی

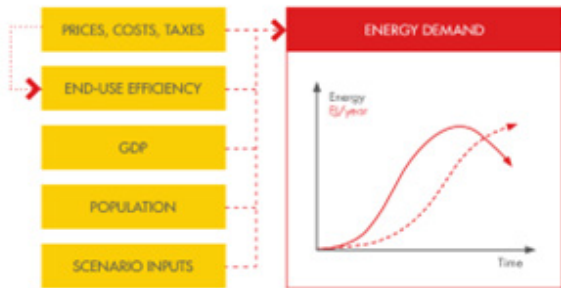
مدل انرژی جهانی، شامل ساختار غیر خطی تقاضای خدمات انرژی؛ به مفهوم الگوی پایین - سپس بالا - دوباره پایین کنشش به درآمد، در طول چرخه توسعه انرژی است. با این حال، سطحی که در آن تقاضای خدمات انرژی بالغ می‌شود، بیشتر به عوامل زمینه‌ای کشوری مانند آب و هوا، قیمت بلندمدت، سیاست‌های صنعتی، در دسترس بودن منابع طبیعی یا تراکم جمعیت بستگی دارد. چنین عواملی در منحنی‌های نردبان انرژی وارد شده‌اند.

شواهد تجربی در تولید سناریوها بسیار مهم هستند. با این حال، دو چالش اساسی زیر در فرایند ساخت سناریو وجود دارد:

◀ نردبان‌های انرژی<sup>۴</sup> اقتصادهای درحال ظهور تاچه حد از آنچه که در کشورهای توسعه یافته نشان داده‌اند، فاصله دارد؟

◀ نردبان‌های انرژی اقتصادهای غنی در آینده چه شکلی خواهد داشت؟ به عنوان مثال، ممکن است «زندگی هوشمند» منجر به تقاضای کم‌تر یا بیشتر انرژی شود.

یک یافته رایج در این تحلیل آن است که به طور متوسط، کشورهای در حال توسعه به دلیل سطوح پایین تر درآمد سرانه خانوارها و عدم دسترسی به فناوری‌ها و تجهیزات پیشرفته، در رده‌های پایین تر نردبان انرژی، نسبت به وضعیت کنونی کشورهای ثروتمند قرار دارند. در مقیاس کوچک‌تر از منظر عوامل محیطی مرتبط با تغییر اقلیم نیز نیازمند پشتیبانی بیشتری نسبت به کشورهای توسعه یافته هستند.



### ۱- تقاضای انرژی از مسیر «نردبان‌های انرژی»

◀ نردبان انرژی نشان‌دهنده روشی است که تقاضای تجمیعی کل

۴. Energy ladder: نردبان انرژی، منابع غالب انرژی خانوارها را بر حسب سطوح مختلف درآمد نشان می‌دهد. با افزایش سطح درآمد، نوع سوخت‌ها از زیست توده سنتی به سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته سوق می‌یابد.

• عرضه بالقوه منابع انرژی - سیاسی و فنی  
• محدودیت‌های عملی در نرخ ساخت فناوری و گردش تجهیزات

• شناخت محدودیت‌های برون‌یابی روند و حفظ جزئیات در مرزهای قابل قبول

داشتن یک منطق شفاف مهم است. وقتی آینده روشن به نظر می‌رسد، یک سوگیری رایج این است که مردم اغلب انتظار دارند زودتر از آنچه که هست به آن برسند. مدل انرژی جهانی، می‌تواند نشان دهد که برای رسیدن به نتیجه‌ی خاص، چه باوری مورد نیاز است؟

### ۳- مدل انرژی جهانی چگونه کار می‌کند؟

مدل انرژی جهانی دارای ۳ مولفه اصلی؛ تقاضا، گزینه و عرضه انرژی است.



سازوکارهای قیمت‌گذاری این سه مولفه؛ تقاضا، گزینه‌ها و تأمین انرژی را به هم مرتبط می‌کنند. به عنوان مثال، قیمت‌های بالاتر، تقاضای کل را هم از طریق کنشش قیمت و هم از طریق جذب بهره‌وری کاهش خواهد داد. به علاوه، نرخ جایگزینی را تغییر داده و انتخاب حامل‌های انرژی و منابع گران‌تر را کاهش خواهند داد. اما (معمولاً) منجر به عرضه بیشتر نیز می‌شوند.

### ارتباط دادن قیمت‌ها با داستان‌های سناریو

◀ استفاده از قیمت‌ها برای ایجاد تعادل در عرضه و تقاضا، مدل را پویا می‌سازد. به این ترتیب، تغییرات در یک بخش از جهان یا تغییر در یک زنجیره ارزش بر دیگران تاثیر خواهد گذاشت. نتیجه می‌تواند مانند «اثر بادکنکی»<sup>۳</sup> باشد که در آن فشار برای کاهش عرضه یا تقاضا در یک بخش از سیستم انرژی، می‌تواند به رشد در بخشی دیگر منجر شود. به طور نمونه، توسعه گاز شیل در آمریکای شمالی، تقاضای ذغال‌سنگ محلی را کاهش داده اما منجر به صادرات بیشتر ذغال‌سنگ به اروپا می‌شود.

◀ مدل انرژی جهانی، تقاضا را هم براساس قیمت‌ها و هم ورودی‌های مستقل سناریویی، مانند مفروضات هزینه انرژی‌های تجدیدپذیر، بهبود کارایی یا نرخ گردش مالی محاسبه می‌کند.

◀ بنابراین، فرآیند ساخت سناریو، به معنی فرآیند بررسی فرضیات سناریو همراه با بررسی سازگاری آن با مدل انرژی جهانی است.

◀ به عنوان مثال، اگر ترکیبی از ورودی‌های مدل انرژی جهانی منجر به شرایط آشکار شده بازار اعم از بسیار سست (یا شدیداً محدود)، توسط قیمت‌های بسیار پایین (یا بالا) شود، آنگاه این امر می‌تواند ورودی ارزشمند برای فرآیند ساخت سناریو باشد. توسعه داستان‌های سناریویی داخلی سازگار تقریباً همیشه یک فرآیند تکرارشونده است. در این مورد، در تکرارها باید بررسی شود که

3. Balloon effect

14 END-USE SECTORS	
Sector	Unit of Energy Service
Heavy Industry	Tonne of steel equivalent
Agriculture & Other Industry	Heating requirement in buildings
Services	Heating requirement in buildings
Passenger Transport - Ship	Passenger kilometre
Passenger Transport - Rail	
Passenger Transport - Road	
Passenger Transport - Air	
Freight Transport - Ship	Tonne kilometre
Freight Transport - Rail	
Freight Transport - Road	
Freight Transport - Air	
Residential - Heating & Cooking	Heating requirement in buildings
Residential - Lighting & Appliances	Electricity need
Non energy use	Oil equivalent for output

درآمد سرانه، در نقطه ای اشباع صورت می گیرد، به این معنا که با رشد درآمد، شیب رشد مصرف انرژی، تغییر قابل توجهی نمی کند. به طور مثال، وقتی درآمد متوسط به ۴۰۰۰ دلار/ فرد برسد، تقاضا شیب افزایشی خواهد گرفت. به عبارت دیگر، الاستیسیته افزایش می یابد. با افزایش درآمد در حدود ۱۵۰۰۰ دلار/ فرد، رشد مصرف رشدی آرام است. علیرغم وجود نوعی ثبات در الگوی کلی مصرف انرژی، تنوع قابل توجهی نیز در وضعیت کشورها در نقطه عطف به چشم می خورد. به طور مشابه، نقطه ای که رشد تقاضای انرژی برای هر کشوری کند می شود، به طور قابل توجهی متفاوت است.



- ◀ سهم بازار برای یک حامل انرژی (برای مثال برق) در یک بخش اقتصادی (به طور مثال بخش مسکونی) توسط هزینه تعمیر یافته آن در مقایسه با حامل های انرژی رقیب تعیین می شود.
- ◀ هزینه عمومی شامل هزینه های سوخت، عملیات، سرمایه گذاری و هزینه های متناسب سوخت برای فعالیت ها یا رفع نیازمندی های مشتریان<sup>۷</sup> (به عبارتی ترجیح غیر پولی برای اشکال مختلف انرژی) است.
- ◀ مدل انرژی جهانی، از روش انتخاب گسسته لاجیت چند جمله ای<sup>۸</sup> استفاده می کند.
- ◀ شیب منحنی S نشان دهنده حساسیت بازار به تفاوت در هزینه است.

انرژی به تغییرات در قیمت ها و درآمدها (تولید ناخالص داخلی) را نشان می دهد.

◀ هرچه افراد ثروتمندتر می شوند، معمولاً از خدمات انرژی بیشتری استفاده می کنند. با این حال، این رابطه بین تقاضای خدمات انرژی و درآمد، که به عنوان نردبان انرژی نیز شناخته می شود، خطی نیست و نسبتاً مختص هر کشوری است.

◀ بازده استفاده نهایی از انرژی (به عنوان مثال اقتصاد سوخت خودروها) پیوندی بین خدمات انرژی و تقاضای نهایی انرژی برقرار می کند.

◀ تقاضا ممکن است اشباع شود و در برخی بخش ها حتی ممکن است کاهش یابد. با این حال، بخش هایی نیز وجود دارند که هیچ اشباعی را نشان ندادند.

◀ اغلب پس از درآمد، قیمت دومین عامل تعیین کننده تقاضای بلندمدت انرژی در یک کشور است. بررسی اثرات قیمت به توضیح برخی از تفاوت های میان مسیر کشورها در نردبان انرژی کمک می کند.

◀ در واقع، بخش خدمات، انرژی زیادی را برای مشتریان فراهم می کند. به عنوان مثال، رانندگان اتومبیل برای سرعت و راحتی و همچنین مسافت طی شده، ارزش قائل می شوند. با این وجود، فعالیت کلی با یک واحد اندازه گیری نمایش داده می شود، که در این مدل سه نقش دارد. اول، رشد تقاضای کلی برای فعالیت را مقیاس می کند. دوم، ارائه تغییرات کارایی کاربر نهایی را امکان پذیر می کند. سوم، بررسی جایگزینی انرژی های مختلف با بازده های نسبی متفاوت در یک بخش را ممکن می سازد. سناریوهایی که شامل ایجاد خدمات انرژی جدید، مانند سفر فضایی یا هواپیماهای بدون سرنشین هستند، می توانند در ادامه مدل سازی شوند.

### کل انرژی اولیه<sup>۵</sup> در مقابل کل مصرف نهایی: نردبان انرژی معمولاً با استفاده از تقاضای انرژی اولیه رسم می شود

کل انرژی اولیه، نشان دهنده مقدار کل منابع انرژی مصرفی در کشور شامل؛ نفت خام، ذغال سنگ، انرژی هسته ای تولید شده، زمین گرمایی و غیره است. کاربران نهایی، بیشتر اوقات، از این منابع انرژی استفاده نمی کنند. در عوض، حامل های انرژی، از جمله الکتریسیته، سوخت های مایع و - احتمالاً در آینده - هیدروژن را خریداری می کنند.

مصرف نهایی کل<sup>۶</sup>، تقاضا برای حامل های انرژی توسط بخش های مصرف کننده نهایی است.

تلفات در فرآیندهای تبدیل تا حد زیادی موجب تفاوت میان کل انرژی اولیه و مصرف نهایی کل می شوند.

مدل انرژی جهانی، از استانداردهای اندازه گیری آژانس بین المللی انرژی برای تمام منابع انرژی و حامل های مرتبط پیروی می کند.

### نردبان انرژی شکل S (نوسانی) دارد

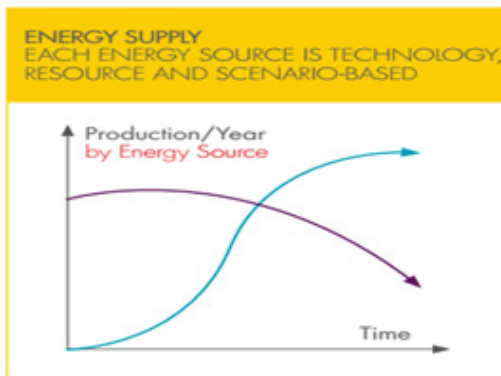
با شروع حرکت در مسیر توسعه توسط کشورهای بسیار فقیر، تمایل چشمگیری به مصرف انرژی وجود ندارد. با رشد اقتصاد و افزایش

7. Fuel Convenience Factor

8. Discrete Choice Methodology of Multinomial Logit

5. Total Primary Energy (TPE)

6. Total Final Energy (TFE)



به قیمت‌ها، اولویت‌ها، امنیت انرژی یا سیاست‌ها است. انتخاب‌های متعددی براساس گزینه‌های هزینه وجود دارد و انتخاب‌های مختلف انرژی ممکن است جایگزین‌های خوبی نباشند.

مدل انرژی جهانی تأمین انرژی را به دو روش (۱) کنترل حداکثر تولید سالانه و (۲) محدودیت‌های نرخ استقرار سالانه برای فناوری های جدید انرژی، به عنوان مثال فنوتولناتیک خورشیدی انجام می‌دهد.

- ◀ محدودیت‌های تأمین، بر اساس منبع، سناریوهای دسترسی به منابع مختلف انرژی، خاص هستند؛ مانند اقبال عمومی که مزارع هسته‌ای یا بادی را هدایت خواهد کرد.
- ◀ سناریوهای عرضه براساس قیمت‌های مختلف و محیط‌های سیاسی انتخاب می‌شوند.
- ◀ ورودی‌های تأمین براساس تحقیق در مورد پتانسیل تأمین، به ویژه برای هر منبع انرژی، بنا نهاده شده‌اند.
- ◀ مدل‌سازی عرضه نفت و گاز در مدل عرضه جهانی شل (مدل جهانی عرضه)

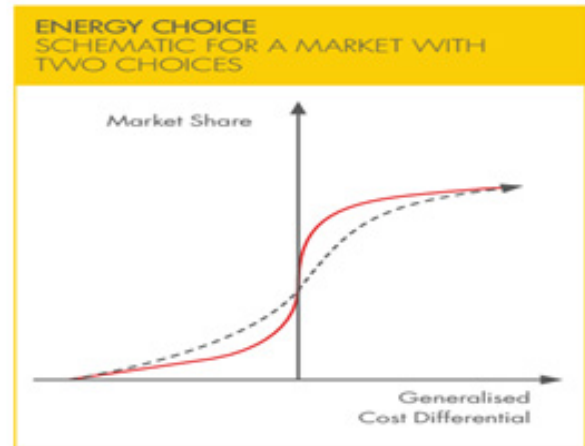


مدل انرژی جهانی از مدل عرضه جهانی شل، که در اینجا نشان داده شده است، برای عرضه دقیق نفت و گاز استفاده می‌کند. حفظ تعادل از طریق تکرار بین مدل‌ها است. تأمین تمام منابع انرژی دیگر در داخل مدل انرژی جهانی مدل‌سازی شده است.

### ۳. تأمین انرژی

- ◀ ماژول تأمین انرژی، پتانسیل تولید سالانه انرژی، برای هر منبع انرژی را مشخص می‌کند.
- ◀ عرضه سالانه ترکیبی از محدودیت‌های نرخ تولید، پتانسیل عرضه فیزیکی و چشم‌انداز عرضه وابسته به سناریوها است.

این رویکرد، طیف وسیعی از اولویت‌های مصرف‌کننده را ممکن می‌سازد و در صدد بهینه‌سازی مصرف نیست.



### ۲. انتخاب انرژی

انتخاب انرژی یک فرآیند دو مرحله‌ای در مدل انرژی جهانی برای تعیین ترکیب انرژی است:

- انتخاب حامل های انرژی مصرف کنندگان نهایی (برق، فراورده‌های نفتی و غیره) برای هر یک از بخش‌های مصرف‌کننده نهایی.
- انتخاب تولیدکنندگان منابع انرژی (نفت خام، انرژی باد و غیره) برای هر یک از حامل های انرژی.

این مدل، از رویکردی رفتاری برای تخصیص تقاضای منابع یا حامل های انرژی، با اذعان به ترجیحات مختلف کاربران، استفاده می‌کند. هدف این مدل، نمایش چگونگی انتخاب میان فناوری ها و نحوه تغییر این گزینه ها در پاسخ به قیمت ها، ترجیحات، امنیت انرژی یا سیاست ها است. همه گزینه ها بر اساس پایین ترین قیمت نیست. گزینه های متفاوت انرژی می توانند جایگزین های ایده آلی نباشند.

مدل انرژی جهانی، از یک رویکرد رفتاری برای تخصیص تقاضای انرژی به یک حامل یا منبع انرژی با توجه به اولویت های مختلف کاربران انرژی استفاده می‌کند. هدف این مدل، نمایش نحوه انتخاب از میان فن‌آوری‌ها و نحوه تغییر انتخاب‌های آن‌ها در پاسخ

18 ENERGY SOURCES					
TRANSPORT	SHP	END-USER CHOICES	PRODUCER CHOICES	Oil	
	RAIL			Electricity	Natural Gas
	ROAD			Liquid Fuels	Coal
	AIR			Gaseous Fuels	Nuclear
RESIDENTIAL	HEATING & COOKING	INDUSTRY & SERVICES	NON-ENERGY	Hydro-electricity	
	LIGHTING & APPLIANCES			Solid Fuels	Biofuels - 1st Gen
INDUSTRY & SERVICES	HEAVY	NON-ENERGY	NON-ENERGY	Biofuels - 2nd Gen	
	OTHER			Biomass	
	SERVICES			Biomass - Marine	
	NON-ENERGY			Biomass - Traditional	
				Biomass - Commercial	
				Waste	
				Geothermal - Hydrothermal	
				Geothermal - Engineered	
				Solar - Photovoltaic	
				Solar - Thermal	
				Wind	
				Tidal	
				Wave	

علاوه بر این، نفت و گاز طبیعی از منحنی‌های هزینه تأمین<sup>۹</sup> استفاده می‌کنند.

- ◀ منابع تجدیدپذیر، هسته‌ای و الکتریکی در سطح کشور از منظر عرضه ایجاد محدودیت می‌کنند، در حالی که نفت، گاز طبیعی، ذغال‌سنگ و انرژی زیستی در سطح جهانی متعادل هستند.
- ◀ در حالی که تقاضای انرژی و انتخاب انرژی دیدگاه عمدتاً اقتصادی دارند، تأمین انرژی بیشتر بر ظرفیت فیزیکی انرژی قابل ارایه متمرکز است.
- ◀ با توجه به تجربه کشورهای پیشرو، محدودیت‌های نرخ تولید، زمانی مهم هستند که فناوری‌های انرژی جدید بوده و در مرحله رشد نهایی باشند.
- ◀ در بلندمدت، دیگر عوامل اجتماعی و سیاسی غالب هستند. سناریوها باید عوامل سیاسی و اجتماعی مختلفی را که بر عرضه هر منبع انرژی تأثیر گذارند را ارائه کنند. به عنوان مثال، انرژی هسته‌ای تحت تأثیر پذیرش عمومی، امنیت انرژی و ایمنی است، در حالی که انرژی باد در ساحل، تحت تأثیر الگوهای طبیعی باد و پذیرش عمومی است. برای انرژی‌های فسیلی، عدم قطعیت نسبت به میزان منابع نهایی نیز یک عامل مهم است.

قیمت‌ها از منابع تا حامل‌های انرژی شروع به کار می‌کند.

- ◀ قیمت‌های حامل‌های انرژی مبتنی بر هزینه هستند، از هزینه‌های ظرفیت واحد<sup>۱۰</sup> تشکیل شده‌اند و در تعیین مالیات‌ها و یارانه‌ها نقش دارند.
- ◀ مدل انرژی جهانی، از نردبان‌های انرژی به دنبال دو مرحله برای انتخاب انرژی استفاده می‌کند تا تقاضا برای هر منبع انرژی در هر کشور در هر سال را بدست آورد.
- ◀ در نهایت، اگر محدودیت‌های عرضه بیشتر شوند، مدل به تخصیص مجدد تقاضا باز خواهد گشت.
- ◀ داده‌های تاریخی و جدول‌بندی کامل تقاضای انرژی پیش‌بینی‌شده به یک صفحه گسترده خروجی منتقل می‌شود که در آن کاربر می‌تواند از طیف وسیعی از نمودارها، به عنوان مثال الزامات صادرات - واردات، کاهش تقاضا توسط منطقه، انتشار دی اکسید کربن و هزینه کل سرمایه‌گذاری استفاده کند.
- ◀ شایان ذکر است که مدل انرژی جهانی، شبیه‌سازی سناریو محوری از سیستم انرژی جهان را فراهم می‌کند، این مدل، یک مدل هدف محور (به عبارتی بهینه‌سازی) نیست.



تبدیل روش شناسی به خروجی‌ها

TURNING THE METHODOLOGY INTO OUTPUT

SCENARIO DRIVERS

POPULATION, ECONOMIC GROWTH, FUELS CHOICE, TECHNOLOGY, RESOURCES AVAILABILITY, TRANSPORTATION NEEDS

PRICE

POTENTIAL SUPPLY, ENERGY LADDERS, TOTAL DEMAND, ENERGY CHOICE, PRODUCTION

OUTPUTS

EJ, \$, km, CO<sub>2</sub>

◀ مدل انرژی جهانی، تقاضای انرژی هر کشور برحسب هر بخش را به صورت سالانه تا سال ۲۱۰۰ مدل‌سازی کرده است.

◀ مدل از داده‌های تاریخی و ورودی‌های سناریوی انتخابی شروع می‌شود.

◀ به منظور محاسبه عرضه و تقاضای هر سال، موتور مدل با تشکیل

۱۰. Unit capacity costs: مخارج یا هزینه‌هایی است که یک شرکت به منظور گسترش عملیات تجاری خود متحمل می‌شود. به عبارت دیگر، اینها هزینه‌هایی هستند که یک سازمان برای افزایش ظرفیت خود برای انجام عملیات تجاری متحمل می‌شود.

۹. Cost-of-Supply curve: منحنی عرضه نموداری است که چگونه تأثیر تغییر در قیمت یک کالا یا خدمات بر مقدار عرضه‌شده توسط فروشنده را نشان می‌دهد.



## راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت‌های پیش روی ایران

پیمان نیلچی پور؛ پژوهشگر موسسه ی مطالعات بین المللی انرژی

### مقدمه

بازار هیدروژن احتمالاً در چندین فاز و طی چند دهه توسعه خواهد یافت؛ این بازار از مرحله‌ی ۱) راه‌حل‌های پراکنده‌ی محلی (به ۲) مشارکت‌های دوجانبه و سپس به ۳) قراردادهای بزرگ بین‌المللی و نهایتاً ۴) به یک تجارت جهانی توسعه خواهد یافت. سیر حرکت این بازار از سطح محلی به منطقه‌ای و سپس بین‌المللی خواهد بود، اما سرعت توسعه‌ی آن در مناطق و بخش‌های مختلف تفاوت خواهد داشت.

هیدروژن به‌عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی در بخش صنعت، حمل‌ونقل، تجارت و خانگی نقشی اساسی ایفا خواهد کرد.

### مهم‌ترین راهبردهای هیدروژن کشورهای پیشرو در جهان کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا:

اولویت اتحادیه‌ی اروپا توسعه‌ی هیدروژن تجدیدپذیر است که عمدتاً با استفاده از انرژی بادی و خورشیدی تولید می‌شود. هیدروژن در حال حاضر بخشی جزئی از ترکیب انرژی اتحادیه‌ی اروپا است و هنوز عمدتاً با استفاده از سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، به‌ویژه گاز طبیعی یا زغال‌سنگ که منجر به انتشار سالانه ۷۰ تا ۱۰۰ میلیون تن دی‌اکسید کربن در منطقه‌ی اتحادیه‌ی اروپا می‌شود. برای ایفای نقش هیدروژن در خنثی‌سازی انتشار کربن در هوا، این ماده باید در مقیاس بسیار وسیع‌تری مورداستفاده قرار گیرد و فرایند تولید آن باید کاملاً کربن‌زدایی شود. برای نیل به این هدف اتحادیه اروپا اقدام به تدوین سند جامع راهبرد هیدروژن در سطح اتحادیه کرده است.

مهم‌ترین راهبردهای هیدروژن اتحادیه اروپا: افزایش سرمایه‌گذاری‌ها، افزایش تقاضا، ایجاد ظرفیت‌های تولید و زیرساخت‌های صادرات و واردات هیدروژن، قانون‌گذاری و نظارت، حمایت از تحقیق و توسعه و نوآوری، مشارکت اعضای اتحادیه با هم و دیگر کشورهای جهان.

### روسیه:

روسیه در راستای روند جهانی کاهش اتکا به منابع انرژی هیدروکربنی (سوخت‌های فسیلی)، که بر محیط‌زیست و آب‌وهوا اثرات منفی می‌گذارند، برای تولید و صادرات هیدروژن اقدام به برنامه‌ریزی کرده است. دولت روسیه همچنین برای تأمین امنیت انرژی، به دنبال توسعه‌ی فناوری هیدروژن به‌عنوان جایگزینی برای منابع سنتی انرژی است.

مهم‌ترین راهبردهای هیدروژن روسیه: ایجاد خوشه‌های تولید هیدروژن در مناطق مختلف روسیه و استفاده از ظرفیت‌های مختلف هر منطقه برای تولید و صادرات هیدروژن. هدف‌گذاری برای صادرات هیدروژن به منطقه‌ی آسیای میانه و کشورهای عضو اتحادیه‌ی اروپا به‌عنوان بازارهای اصلی، اتخاذ مکانیسم‌های حمایت دولتی در بخش‌های تولید، تحقیق و توسعه، مصرف، قانون‌گذاری و مشارکت‌های بین‌المللی.

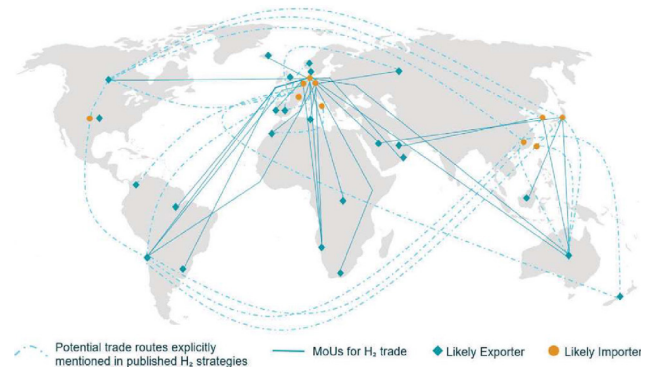
در بخش‌های قبلی از «سلسله گزارش‌های راهبردهای هیدروژن جهان، فرصت‌های پیش روی ایران» به راهبردها و اقدامات کشورها در توسعه‌ی فناوری هیدروژن به‌عنوان یکی از محورهای اصلی گذار جهانی انرژی پرداخته شد. در این گزارش ضمن ارائه‌ی خلاصه‌ای از رئوس مطالب گزارش‌های پیشین، به اوضاع و شرایط جاری فناوری هیدروژن در ایران و فرصت‌ها و تهدیدهای پیش روی کشور در این حوزه خواهیم پرداخت:

### شرایط بازار جهانی هیدروژن در یک نگاه:

- تقاضا برای هیدروژن در سال ۲۰۲۰ به ۸۱ میلیون تن بالغ شد که فقط ۱ درصد از ترکیب انرژی جهان را تشکیل می‌دهد.
- در حال حاضر، سهم بخش تولید فرآورده‌های نفت و گاز از تقاضای کلی هیدروژن، بالغ بر ۹۶ درصد است.
- چین حدوداً ۲۵ درصد از تولید و مصرف جهانی هیدروژن را در اختیار دارد.
- در حال حاضر منشأ تولید هیدروژن عمدتاً سوخت‌های فسیلی پرکربن است.
- بخش عمده‌ی هیدروژن، در محل، تولید و مصرف می‌شود.
- نقل‌وانتقال هیدروژن از طریق خطوط لوله و حمل‌ونقل زمینی صورت می‌گیرد.
- امکانات ذخیره‌سازی محدود است.
- قیمت‌گذاری شفاف نیست.

### چشم‌انداز بازار جهانی هیدروژن

- هیدروژن نقشی حیاتی در کربن‌زدایی از سیستم‌های انرژی ایفا خواهد کرد.
- هیدروژن به‌عنوان یک منبع انعطاف‌پذیر، در بخش تولید برق نیز نقش مهمی بازی خواهد کرد.
- بحران جاری انرژی احتمالاً موجب تسریع در تحول بازار هیدروژن خواهد شد.





## چین:

چین تا سال ۲۰۲۵، یک سیستم نسبتاً کامل توسعه‌ی صنعت انرژی هیدروژنی را در این کشور مستقر خواهد کرد. تا سال ۲۰۳۵، سهم هیدروژن حاصل از انرژی تجدیدپذیر در مصرف نهایی انرژی چین به‌طور چشمگیری افزایش خواهد یافت که نقش حمایتی مهمی در گذار انرژی سبز این کشور طبق برنامه‌ریزی‌های انجام‌شده خواهد داشت.

مهم‌ترین راهبردهای هیدروژن چین: کاهش قیمت و افزایش ظرفیت تولید داخل هیدروژن، حمایت دولتی از تحقیق و توسعه، افزایش تقاضای داخلی، همکاری‌های بین‌المللی و سرمایه‌گذاری مشترک، تولید خودروهای مجهز به پیل سوختی و توسعه‌ی زیرساخت‌های توزیع هیدروژن، افزایش ظرفیت الکترولیزرهای ساخت داخل و پرهیز از واردات هیدروژن.

## آلمان:

استفاده از هیدروژن (به‌طور اخص هیدروژن سبز)، نقش بسیار مهمی در تحقق اهداف گذار انرژی آلمان ایفا خواهد کرد. آلمان در این مسیر اهداف و برنامه‌های بلندپروازانه‌ای را در سطح داخلی و بین‌المللی تدوین و آغاز کرده است.

مهم‌ترین راهبردهای هیدروژن آلمان: تبدیل فناوری هیدروژن به یک گزینه‌ی رقابت‌پذیر و کاهش قیمت آن، توسعه‌ی بازار داخلی هیدروژن، استفاده از هیدروژن به‌عنوان جایگزین منابع دیگر انرژی، استفاده از هیدروژن سبز به‌عنوان ماده‌ی پایه در بخش صنعت به‌جای هیدروژن فسیلی، گسترش و بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل و توزیع هیدروژن، توسعه‌ی علمی و پرورش نیروی کار ماهر، شکل دادن به فرایند گذار انرژی و همراهی با آن با استفاده از توسعه‌ی فناوری هیدروژن، تقویت صنعت و ایجاد امکان استفاده از فرصت‌های بازار جهانی هیدروژن برای شرکت‌های آلمانی، ایجاد همکاری‌ها و بازارهای بین‌المللی هیدروژن.

## ژاپن:

دولت ژاپن اهداف بلندپروازانه‌ای برای دستیابی به کربن خنثی در آینده و افزایش امنیت انرژی این کشور تعیین کرده است. در این مسیر، هیدروژن و آمونیاک نقش مهمی در کربن‌زدایی از سیستم انرژی ژاپن بازی می‌کنند.

مهم‌ترین راهبردهای هیدروژن ژاپن: توسعه‌ی زنجیره‌ی بین‌المللی تأمین هیدروژن، شامل تولید، ذخیره، حمل‌ونقل و مصرف، سرمایه‌گذاری مشترک دولتی و خصوصی در زمینه‌ی تحقیق و توسعه، بازبینی چهارچوب‌های قانونی برای حمایت از بهره‌برداری گسترده از هیدروژن و آمونیاک.

## ایالات متحده:

ایالات متحده، به‌واسطه‌ی بخش‌های عظیم پالایشی و شیمیایی، هم‌اکنون یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان هیدروژن در جهان است و به‌طور سنتی از هیدروژن به‌عنوان حامل انرژی حمایت کرده است.

مهم‌ترین راهبردهای هیدروژن ایالات متحده: تولید هیدروژن از منابع متنوع داخلی، شامل زغال‌سنگ، زیست‌توده، گاز طبیعی، نفت، فرآورده‌های نفتی (برای مثال، پلاستیک‌های ضایعاتی) و مواد قابل بازیافت دیگر همراه با فناوری CCUS، ایجاد دسترسی وسیع به هیدروژن جهت مصرف در تولید مواد شیمیایی و سوخت‌های مایع، استفاده از هیدروژن کربن خنثی در حمل‌ونقل، تولید برق در نیروگاه‌های ثابت یا دورافتاده، پشتیبانی از شبکه‌ی توزیع برق پایدار و قابل‌اعتماد با استفاده از توربین‌های هیدروژنی سیکل ساده یا سیکل ترکیبی، ایجاد ظرفیت ذخیره‌سازی انرژی در مقیاس وسیع با استفاده از هیدروژن، حمایت از نوآوری‌های هیدروژن محور در صنایع داخلی جهت تولید محصولات پیشرفته.

## کشورهای منطقه‌ی خلیج فارس:

اقتصاد سیاسی کشورهای حاشیه‌ی خلیج فارس نشان می‌دهد ایجاد یک اقتصاد هیدروژنی در تملک دولت، شرایط موجود سیستم اقتصادی این کشورها را حفظ می‌کند، زیرا صادرات هیدروژن جایگزینی مستقیم به‌جای صادرات سوخت‌های فسیلی در آینده خواهد بود. کشورهای حاشیه‌ی خلیج فارس هر کدام از منظرهای متفاوتی به توسعه‌ی فناوری هیدروژن علاقه‌مند هستند و سیاست‌های و اقدامات مختلفی را در این خصوص در پیش گرفته‌اند. درحالی‌که عربستان سعودی قدم‌های بزرگی را در ایجاد مراکز عظیم تولید هیدروژن سبز و آبی آغاز کرده است، امارات متحده‌ی عربی با تدوین یک چهارچوب سیاستی محکم، اولین گام‌های جسورانه‌ی خود را به سمت تولید هیدروژن سبز و آمونیاک برداشته است. عمان، برای حرکت به سمت تولید هیدروژن از منابع تجدیدپذیر بر همکاری با اتحادیه اروپا تمرکز کرده است و قطر همچنان بر صادرات ال.ان.جی و مشارکت در تولید هیدروژن آبی در خارج از کشور تمرکز دارد. کویت و بحرین با احتیاط به دنبال سرمایه‌گذاری در این بخش و مشغول امکان‌سنجی برای آن هستند و عراق همکاری با صاحبان فناوری هیدروژن را برای استقرار این فناوری در کشور برای کاهش وابستگی به واردات برق دنبال می‌کند.

## شرایط جاری فناوری هیدروژن در ایران

در ایران، صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی اکثراً مجهز به سیستم تولید هیدروژن هستند که عمدتاً از طریق ریفرمینگ متان با استفاده از بخار آب انجام می‌گیرد. از این میزان تولید، بخشی از آن به‌صورت هیدروژن گازی به صنایع پتروشیمی منتقل شده و بخش قابل‌توجهی در خود پالایشگاه مورداستفاده قرار می‌گیرد. در واقع تاکنون در ایران سرمایه‌گذاری اساسی برای تولید هیدروژن در مقیاس وسیع انجام نگرفته است. درعین‌حال، در حوزه‌ی مطالعاتی و تولید دانش در خصوص فناوری هیدروژن فعالیت‌های محققان ایرانی قابل‌توجه و امیدوارکننده بوده است. در زمینه‌ی سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌های راهبردی، نقشه‌ی راه ویژه و جامعی در خصوص فناوری هیدروژن تدوین نشده است. در ذیل به مهم‌ترین اقدامات صورت گرفته در این حوزه طی دهه‌های اخیر خواهیم پرداخت.

## ۱. تدوین و تصویب سند راهبرد ملی پیل سوختی کشور

یکی از اولین اقدامات قانونی و راهبردی صورت گرفته در ایران،



در قسمت تولید هیدروژن؛ ساخت نمونه‌ی نیمه‌صنعتی مولد هیدروژن به روش تبدیل گاز طبیعی، توسعه‌ی فناوری جاذب‌ها و غشا در بخش خالص‌سازی هیدروژن و تحقیق درباره‌ی ذخیره‌سازی هیدروژن با استفاده از جاذب‌ها و نانولوله‌های کربنی، اشاره کرد.

### ۳. فعالیت‌های وزارت نیرو

عمده فعالیت‌های وزارت نیرو در زمینه‌ی فناوری هیدروژن از طریق دفتر انرژی هیدروژن و پیل سوختی سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) صورت گرفته است. از مهم‌ترین پروژه‌ها و فعالیت‌های صورت گرفته در این خصوص می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ◀ خرید، نصب و راه‌اندازی پیل سوختی پلیمری ۲۵ کیلووات متصل به شبکه
- ◀ راه‌اندازی پیل سوختی پلیمری ۵ کیلووات تولید هم‌زمان برق و حرارت (CHP)
- ◀ راه‌اندازی پیل سوختی پلیمری ۱ کیلووات دما بالا
- ◀ راه‌اندازی پیل سوختی پلیمری ۱/۲ کیلووات دما پایین
- ◀ راه‌اندازی پیل سوختی پلیمری ۱۰ کیلووات

### ۴. فعالیت‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

فعالیت‌های مطالعاتی و عملیاتی متمرکز این وزارت خانه در حوزه‌ی هیدروژن از طریق مرکز فناوری‌های هیدروژن و پیل سوختی پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی در سازمان پژوهش‌های علمی و فناوری ایران انجام گرفته است. از جمله مهم‌ترین اقدامات این سازمان می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- ◀ انتشار فصلنامه‌ی تخصصی هیدروژن و پیل سوختی به زبان انگلیسی
- ◀ ارزیابی و مطالعات امکان‌سنجی فناوری ذخیره‌سازی هیدروژن در کشور

### ۵. انجمن علمی هیدروژن و پیل سوختی

انجمن علمی هیدروژن و پیل سوختی ایران از سال ۱۳۹۱ فعالیت خود را با اخذ مجوز رسمی از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری آغاز کرده است. فعالیت اعضای این انجمن در جهت رشد و اشاعه‌ی علوم و فناوری‌های مرتبط با هیدروژن و پیل سوختی در کشور و تبدیل این انجمن به مرجع علمی، پایگاه دانش و کانون گردهمایی متخصصین و خبرگان این حوزه است. تاکنون پنج دوره کنفرانس ملی هیدروژن و پیل سوختی توسط این انجمن برگزار شده است و طی این کنفرانس‌ها بیش از ۵۰۰ مقاله‌ی تخصصی در حوزه‌ی هیدروژن انتشار یافته است.

### نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها در مسیر توسعه‌ی

#### فناوری هیدروژن در ایران

#### نقاط قوت:

- ◀ وفور ظرفیت‌های طبیعی شامل منابع انرژی تجدیدپذیر، از جمله انرژی خورشید و باد و مجاورت با دریا برای تولید هیدروژن سبز
- ◀ برخورداری از منابع عظیم گاز طبیعی برای تولید هیدروژن آبی

تصویب سند راهبرد ملی پیل سوختی کشور است که در خردادماه سال ۸۶ به پیشنهاد کمیته راهبری پیل سوختی، در هیئت دولت وقت صورت پذیرفت و به تصویب مجلس شورای اسلامی نیز رسید. در مقدمه‌ی این سند، دلایل ذیل برای تدوین این سند بیان شده است:

- ◀ وجود منابع عظیم گاز طبیعی که در حال حاضر یکی از مهم‌ترین منابع استحصال هیدروژن بوده و همچنین قابلیت استفاده‌ی مستقیم در پیل سوختی را نیز دارد.
- ◀ برخورداری کشور از پتانسیل مناسب نیروی انسانی متخصص.
- ◀ وجود سابقه، تجربه و توان علمی در تبدیل و فراروش سوخت‌های فسیلی.
- ◀ وجود زیرساخت‌های تولید و توزیع گاز طبیعی در کشور که بستر را برای به‌کارگیری فناوری پیل سوختی در سطح گسترده فراهم می‌آورد.
- ◀ وجود منابع مناسب انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر باد، خورشید و زمین‌گرمایی با قابلیت استحصال هیدروژن.
- ◀ جدید بودن فناوری و فاصله (شکاف) فناورانه نه‌چندان زیاد کشور با کشورهای پیشرفته جهان.
- ◀ در دسترس بودن بازارهای بالقوه فناوری پیل سوختی در صنایع حمل‌ونقل و نیروگاه در دهه‌های آتی و ایجاد و توسعه بازارهای جدید مصرف گاز طبیعی.
- ◀ در بند ۵ این سند راهبردهای ذیل برای دستیابی به اهداف این سند تعیین شده‌اند:
- ◀ توسعه‌ی فناوری پیل‌های سوختی راهبردی «غشا پلیمری تبادل یونی» و «اکسید جامد» و فناوری کلیدی آن‌ها از طریق تحقیقات پایه، کاربردی و توسعه‌ای.
- ◀ توسعه فناوری‌های مربوط به مبدل‌های گاز طبیعی به هیدروژن و ذخیره‌سازی هیدروژن.
- ◀ کمک به ایجاد و توسعه بازارهای داخلی و نفوذ در بازارهای بین‌المللی پیل سوختی با کاربرد حمل‌ونقل و تولید برق با شروع از بازارهای زود هنگام مولدهای خانگی با پیل سوختی غشاء پلیمری تبادل یونی.
- ◀ توسعه و تکمیل نظام ملی نوآوری پیل سوختی در کشور

### ۲. فعالیت‌های وزارت نفت

با توجه به این‌که تحقیق و توسعه درباره‌ی تولید سوخت و زیرساخت‌های سوخت از وظایف پژوهشگاه صنعت نفت است، ایجاد پایلوت تحقیقات در زمینه‌ی تولید هیدروژن بر اساس طرح مصوب وزارت نفت با عنوان «طرح توسعه دانش فنی مبدل‌های تولید هیدروژن و گاز سنتز» در این پژوهشگاه انجام شده است. این پایلوت به منظور تولید هیدروژن با خلوص مورد نیاز پیل‌های سوختی به‌ویژه پیل‌های پلیمری طراحی شده است.

از دیگر وظایف این پژوهشگاه، تحقیق، توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های مورد نیاز پیل سوختی است. این پژوهشگاه اجرای پروژه‌های تحقیقاتی درباره‌ی تولید، خالص‌سازی و ذخیره‌سازی هیدروژن را نیز در دستور کار خود قرار داده است. از آن جمله می‌توان به تحقیق و توسعه‌ی فناوری‌های ریفرمینگ، غشا و پلازما



## کلام آخر

نسل تصمیم‌گیرنده‌ی امروز در حوزه‌ی انرژی در نقطه‌ی عطفی تاریخی به سر می‌برد و کوچک‌ترین کاهلی و عدم مسئولیت‌پذیری در آماده‌سازی کشور برای عبور ایمن از گذار جهانی انرژی، هم نسل کنونی و هم نسل‌های بعدی را با چالش‌های جدی و به‌احتمال‌زیاد جبران‌ناپذیر مواجه می‌سازد. این موضوع هنگامی مهم‌تر می‌شود که نگاه مطالبه‌گران کنونی و آتی کشور به فهرست بی‌بدیل نقاط قوت و فرصت‌های حال حاضر کشور در حوزه‌ی هیدروژن می‌افتد و مهم‌تر آن‌که هیچ ادعایی در مورد عدم آگاهی از روند گذار انرژی و نقش قطعی هیدروژن در این مسیر پذیرفتنی نخواهد بود. در مقابل حرکت جهادی همراه با برنامه‌های راهبردی اثبات‌شده‌ی مبتنی بر دانش، راه را برای استفاده از موهبت هیدروژن به‌عنوان اهرم تأمین امنیت انرژی و تسهیل گردش چرخ اقتصاد آینده کشور هموار می‌سازد.

## منابع:

سند راهبرد ملی پیل سوختی کشور

[https://rc.majlis.ir/fa/law/print\\_version/128878](https://rc.majlis.ir/fa/law/print_version/128878)

خبرگزاری شانا

[www.shana.ir/news/134564/](http://www.shana.ir/news/134564/)

انجمن علمی هیدروژن و پیل سوختی

<https://ihfca.ir/>

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، دفتر انرژی هیدروژن و پیل سوختی

<https://www.satba.gov.ir/fa/hydrogen/projects>

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، سازمان پژوهش‌های علمی و فناوری ایران، فصلنامه‌ی هیدروژن و پیل سوختی ایران

<https://ijhfc.irost.ir/>

امکان‌سنجی تولید هیدروژن در ایران با به‌کارگیری انرژی‌های سبز، محمد پاشاخانو، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات Mp.tech.manage@gmail.com؛ فرزاد طرحانی، دانشگاه مالک اشتر، tarhani@mut.ac.ir

<https://www.sid.ir/paper/863666/fa>

◀ موقعیت جغرافیایی مناسب برای دسترسی به بازارهای متعدد هیدروژن

◀ ظرفیت علمی و تحقیقاتی بالا برای پشتیبانی از اقدامات عملیاتی در حوزه‌های مختلف تولید، ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل هیدروژن

◀ بازار مصرف بالقوه وسیع داخلی

## نقاط ضعف:

◀ عدم وجود یک سند جامع راهبردی یا نقشه‌ی راه مدون

◀ عدم برخورداری از فناوری‌های روز دنیا برای بهره‌برداری از ظرفیت‌های موجود

◀ ضعف در ضمانت اجرا و پیشبرد سیاست‌های مصوب

◀ پراکندگی فعالیت‌های تحقیقاتی و اجرایی و عدم هم‌افزایی میان فعالان

◀ همکاری‌های بین‌المللی محدود

## فرصت‌ها:

◀ امکان استفاده و توسعه‌ی زیرساخت‌های موجود صنعت نفت و گاز و برق برای تولید، ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل هیدروژن

◀ امکان استفاده از بستر موجود تجارت بین‌المللی انرژی برای تسهیل ورود به بازار هیدروژن

◀ آمادگی پذیرش اجتماعی هیدروژن به‌عنوان سوخت جایگزین در بازار داخلی به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل و صنعت با توجه به

چالش‌های زیست‌محیطی موجود

◀ فرصت همکاری مشترک با همسایگان منطقه‌ای و تشکیل یک قدرت منطقه‌ای تأثیرگذار در بازار جهانی هیدروژن

## تهدیدها:

◀ عدم سرعت در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری و عقب ماندن از روند تحولات جهانی فناوری هیدروژن

◀ وابستگی به واردات، پس از جهانی‌شدن مصرف هیدروژن به‌عنوان سوخت جایگزین منابع فسیلی

◀ از دست دادن درآمدهای صادراتی با افت بازار جهانی منابع هیدروکربنی در روند گذار جهانی انرژی

◀ چالش در انجام تعهدات بین‌المللی در حوزه‌ی محیط‌زیست و آب‌وهوا و مواجهه با جرائم مربوطه و محرومیت از حمایت‌های

بین‌المللی برای حرکت در مسیر گذار جهانی انرژی

## نظم دوره گذار انرژی

## گزارش تحلیلی . . .

# مزایا و نارسایی های فناوری جذب و انبارش کربن

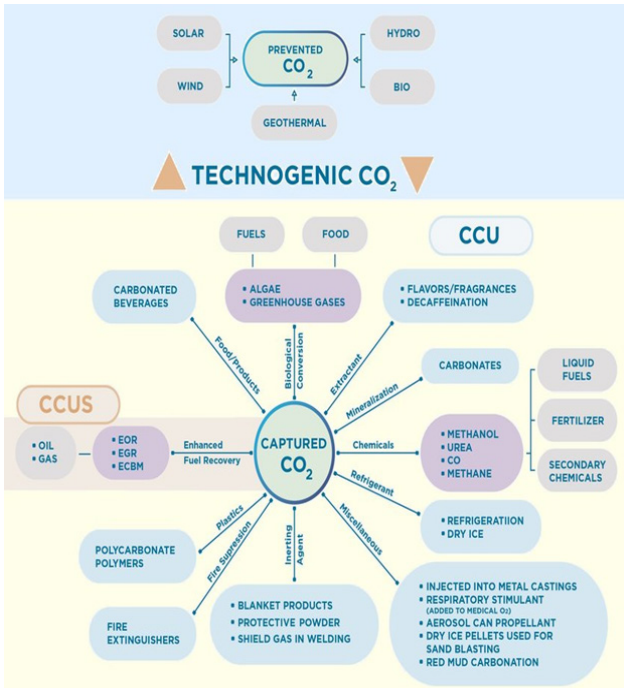
فریاریاحی؛ پژوهشگر موسسه مطالعات بین المللی انرژی

### مقدمه

جذب و ذخیره کربن احتمالاً نقش مهمی در گذار به انتشار صفر ایفا می کند. با این حال، بر کسی پوشیده نیست که پذیرش آن قبل از رسیدن به مقیاس قابل توجه، با چالش های زیادی روبرو خواهد شد. هزینه بالای این فناوری، گرچه عاملی تعیین کننده است، لیکن، تنها چالشی نیست که مانع پذیرش گسترده این فناوری می شود. در این تحقیق، هدف آن است که به بررسی مزایا و چالش های مهم این فناوری پرداخته شود.

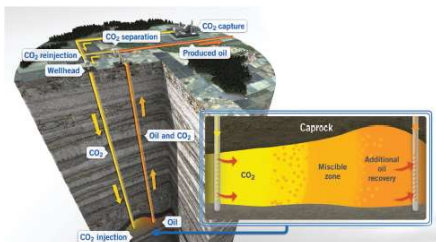
پیش از ورود به بحث، تشریح واژگان مشابه در حوزه فناوری های مرتبط با کربن، به منظور درک یکسان از ادبیات ضروری است. فناوری های جذب و ذخیره کربن، جذب، استفاده و ذخیره کربن<sup>۱</sup> و جذب و ترسیب کربن<sup>۲</sup> در کاهش تغییرات اقلیمی و تأثیر بر خالص انتشار گازهای گلخانه ای نقش دارند، اما در مبدا و مقصد و نوع استفاده از کربن جذب شده متفاوت هستند. جذب کربن معمولاً فقط به فرآیند جمع آوری کربن از منابع صنعتی سازی اشاره دارد که سطوح بالایی از انتشار گازهای گلخانه ای را منتشر می کنند، در حالی که ترسیب کربن دوره طولانی مدتی را نشان می دهد که در آن دی اکسید کربن جذب شده نگهداری می شود. توجه به تفاوت میان انبارش و ترسیب کربن از آن رو شایان توجه است که انبارش کربن به مقدار ذخیره کل کربن موجود در یک جنگل یا بخشی از جنگل (درختان، خاک) و ترسیب کربن به فرآیند حذف کربن از اتمسفر و ذخیره آن به شکل دیگری مانند چوب که نمی تواند بلافاصله آزاد شود، مرتبط است<sup>۳</sup>.

جذب، استفاده و ذخیره کربن، فناوری هایی است که می تواند غلظت بالای دی اکسید کربن منتشر شده از فعالیت های صنعتی را جذب و در جای دیگر مورد استفاده قرار دهند. در نتیجه، نقش کلیدی در کربن زدایی و رسیدگی به چالش تغییرات اقلیمی جهانی دارد. به جهت درک بصری بهتر، تفاوت های پیش گفته در شکل های ۱ و ۲ ارائه شده اند.



شکل ۲: خوشه های فناوری های کم کربن یا فاقد کربن<sup>۴</sup>

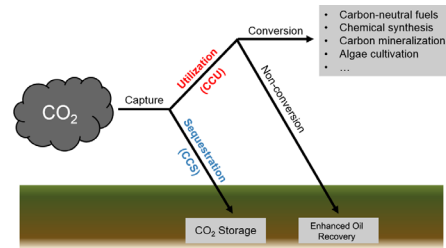
تزریق دی اکسید کربن، برای دهه های متمادی به عنوان ابزاری برای افزایش بازیافت نفت از مخازن تهی شده به کار رفته است. در فرآیند ارائه شده در شکل ۳، در حالی که امکان ترکیب دو مایع با هر نرخی بدون جداسازی وجود دارد<sup>۵</sup>، موثرترین شیوه ای است که در آن CO<sub>2</sub> تزریق شده گرانی فاز نفت را کاهش می دهد و نفت موجود در حفره هارا در یک فرآیند تخلیه تک فاز جابجا می کند.



شکل ۳: نمودار فرآیند تزریق دی اکسید کربن برای افزایش بازیافت مخزن بر مبنای انیتسیتی جهانی CCS<sup>۶</sup>

## کاربردهای جذب و انبارش کربن در ازدیاد برداشت نفت شباهت ها و تفاوت های میان فناوری های ترکیبی جذب و ذخیره سازی کربن و بازیافت نفت

افزایش ضریب بازیافت نفت از طریق تزریق دی اکسید کربن، نوعی فناوری بهره برداری از دی اکسید کربن برای افزایش استحصال



شکل ۱: تفاوت میان فرآیندهای جذب، استفاده و تبدیل و ترسیب کربن<sup>۷</sup>

## ۱. افزایش بازیافت نفت از طریق تزریق دی اکسید کربن<sup>۷</sup>

1. Carbon Capture & Storage (CCS)  
 2. Carbon Capture, Usage and Storage (CCUS)  
 3. Carbon Capture & Storage (CCS)  
 4. <https://climatechange.ucdavis.edu/climate/definitions>  
 5. [https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_capture\\_and\\_utilization](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_capture_and_utilization)  
 6. Tcvetkov, P. (2021). Climate Policy Imbalance in the Energy Sector: Time to Focus on the Value of CO<sub>2</sub> Utilization. *Energies* 14, 2021. <https://doi.org/10.3390/en14020411>.

7. Co-2EOR  
 8. Miscible mode  
 9. Global CCS Institute, CCS images, Understanding CCS Resources, <http://www.globalccsinstitute.com/understandingccs/Information-resource>, Melbourne, Australia.

مورد نیاز برای ترکیب دو مایع با هر نرخی بدون جدا شدن دارد. این تعادل در تعیین تداوم فرآیندهای افزایش ضریب بازیافت از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، شناخت و بهینه سازی فرآیندهای ترکیب نفت خام و دی اکسید کربن و جابجایی دی اکسید کربن در مخازن متخلخل، هم برای افزایش ضریب بازیافت نفت و هم برای انبارش دی اکسید کربن برای افزایش کارایی و هزینه های کمتر ضروری است<sup>۱۳</sup>. لیکن، توفیق یک پروژه افزایش ضریب بازیافت در تبدیل به یک پروژه جذب و انبارش کربن احتمالاً نیازمند توجه به زمینه گسترده تر و احتمالاً شامل چارچوبی مشخص و قانونی شامل مشارکت صاحبان فضای مخازن برای دسترسی و مدیریت دغدغه های مرتبط است. در جدول ۱ تفاوت های اساسی میان جنبه های دو فناوری پیش گفته ارائه شده است<sup>۱۴</sup>.

نفت خام موسوم به ضریب بازیافت نفت<sup>۱۵</sup> در مخازن است. افزایش مقادیر نفت استحصال شده به ازای فرآیندهای اصلی بهینه در حدود ۱۵-۵ درصد نفت درجای اصلی<sup>۱۶</sup> است و استفاده معمول از ۳ تن دی اکسید کربن تزریق شده، منجر به افزایشی معادل یک بشکه نفت خواهد شد. فناوری ترکیبی جذب و ذخیره سازی کربن و جذب و ذخیره سازی کربن به منظور افزایش ضریب بازیافت نفت، دارای فرایندهای مشابه با اهدافی متفاوت هستند. جذب و ذخیره سازی کربن به منظور افزایش ضریب بازیافت نفت<sup>۱۷</sup> برای بازیابی مقادیر بیشتر نفت از مخازن که تولید نفت آن زیر سطح بحرانی قرار گرفته است، کاربرد دارد و در عین حال مقداری از دی اکسید کربن تزریق شده به طور دائم در مخزن با فشار درون مخزن، منتج به افزایش برداشت می شود. برای اینکه این فرآیند از نظر اقتصادی تداوم داشته باشد، نیاز به مقادیری به مراتب بیشتر از مقادیر بهینه

جدول ۱: تفاوت های بنیادی میان پروژه افزایش ضریب بازیافت با تزریق دی اکسید کربن و پروژه های جذب و انبارش کربن<sup>۱۵</sup>

جنبه	افزایش ضریب بازیافت نفت از طریق تزریق دی اکسید کربن	جذب و انبارش کربن
هدف	افزایش کارایی تولید نفت و گاز در حد تحمل مخزن	کاهش انتشار گازهای گلخانه ای رها شده در جو زمین برای پشتیبانی از الزامات/فعالیت هایی در زمینه مدیریت تغییر اقلیم
چرخه عمر دی اکسید کربن	دی اکسید کربن جذب شده از منبع طبیعی یا با منشأ انسانی، حمل و در حد تحمل مخازن به آنان تزریق و در یک حلقه فرآیند بسته بازیافت می شود.	گازهای گلخانه ای از منابعی با منشأ فعالیت های انسانی حمل و به مخازن هیدروکربوری خالی شده به منظور جذب مداوم و ایمن تزریق می شود
چارچوب اولیه قانونی	قانونگذاری نفت و گاز یا محصولات پتروشیمیایی	قانونگذاری در خصوص فضاهای مخصوص انبارش گازهای گلخانه ای قانونگذاری در خصوص معدن کاوی و استخراج مواد معدنی مدیریت زیست محیطی/ قانونگذاری در خصوص ارزیابی اثرات زیست محیطی
حوزه اختیارات قانونگذاری مرتبط	قانونگذاری نفت، گاز و انرژی	قانونگذاری نفت، گاز و انرژی قانونگذاری در حوزه معدن و استخراج مواد معدنی قانونگذاران زیست محیطی

10. Enhanced Oil Recovery (EOR)

11. Original oil in place (OOIP)

12. CCSEOR

13. M. L. Godec, Global technology roadmap for CCS in industry: Sectoral assessment CO2 enhanced oil recovery, Advanced Resources International, Inc. and United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 2011.

14. Ken Allinson, Dan Burt, Lisa Campbell, Lisa Constable, Mark Crombie, Arthur Lee, Vinicius Lima, Tim Lloyd and Lee Solsbey. Best Practice for Transitioning from Carbon Dioxide (CO2) Enhanced Oil Recovery EOR to CO2 Storage. Energy Procedia 13. 6956 – 6950 (2017) 114th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-13-18-14 November 2016, Lausanne, Switzerland.

15. Ken Allinson, Dan Burt, Lisa Campbell, Lisa Constable, Mark Crombie, Arthur Lee, Vinicius Lima, Tim Lloyd and Lee Solsbey. Best Practice for Transitioning from Carbon Dioxide (CO2) Enhanced Oil Recovery EOR to CO2 Storage. Energy Procedia 13. 6956 – 6950 (2017) 114th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-14, 13-



## ۲. مزایای جذب و انبارش کربن ۱-۱. پتانسیل جذب بالای کربن

تقریباً ۵۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه ای در ایالات متحده مستقیماً از تولید انرژی یا صنعت ناشی می شود. شاید بزرگ ترین مزیت جذب و انبارش کربن، توانایی آن در جذب دی اکسید کربن از منابع انتشار نقطه ای و سپس ذخیره دائمی آن در سازندهای زمین شناسی باشد. آژانس بین المللی انرژی تخمین می زند که جذب و انتشار کربن می تواند تا ۲۰ درصد از کل انتشار دی اکسید کربن از تأسیسات صنعتی و تولید انرژی را حذف نماید. در فرآیند جذب و انتشار کربن، از اکسیژن برای احتراق سوخت استفاده می شود و گاز خروجی باقی مانده نیز دارای غلظت بسیار بالایی از دی اکسید کربن است. این امر باعث می شود که دی اکسید کربن در فرآیند جذب با جذب واکنش داده و سپس جدا شود. بر اساس تحقیق انجام شده در استرالیا، کاهش انتشار ناشی از جذب و انبارش کربن، بالاتر از سناریویی است که در آن این فرآیندکنار گذاشته شود و صرفاً بر ارتقای کارایی انرژی و کاربرد فناوری های ذریع تأکید شود. در سناریوی اول میزان کاهش جهانی تا سال ۲۰۵۰ کربن ۲۵/۸ درصد و در سناریوی دوم ۱۸ درصد برآورد می شود<sup>۱۶</sup>.

## ۲-۱. ایجاد فرصت های شغلی و رشد اقتصادی

پتانسیل برای جذب و انبارش کربن به نحوه ایجاد اکوسیستمی از مشاغل و سرمایه گذاری های جدید توسط اینترنت شبیه است. در کوتاه مدت، سناریوی توسعه پایدار آژانس بین المللی انرژی، نیاز به ۷۰ تا ۱۰۰ تأسیسات جدید جذب و انبارش کربن را تا سال ۲۰۵۰ در سال برآورد می کند که بین ۶۵۵ میلیارد تا ۱/۲۸ تریلیون دلار هزینه سرمایه های نیاز دارد. این امر به معنای ایجاد حداکثر ۱۰۰۰۰۰ شغل ساختمانی و ۴۰۰۰۰۰ موقعیت شغلی برای بهره برداری از این تجهیزات است. احداث مکان های برای جذب و انبارش کربن، طرح های بالقوه ای برای رشد اقتصادی قابل توجه در مکان هایی مانند منطقه بزرگ هیوستون است، جایی که ۱۱ شرکت در سپتامبر ۲۰۲۱ حمایت خود را از پیشرفت جذب و انبارش کربن در این شهر اعلام کردند. برآورد می شود که این طرح ها به بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار سرمایه گذاری خصوصی و دولتی نیاز داشته باشد و هزاران شغل جدید را ایجاد نماید<sup>۱۷</sup>.

## ۱-۳. تولید مقیاس وسیع هیدروژن

جذب و ذخیره کربن، نقش مهمی در تولید در مقیاس وسیع «هیدروژن آبی»، به عنوان یک سوخت کم انتشار که از گاز طبیعی به دست می آید، ایفا خواهد کرد و توسط آن انتشار گازهای گلخانه ای درگیر در تولید هیدروژن را می توان حذف کرد و هیدروژن را در اعماق زمین ذخیره نمود. به علاوه، امکان عرضه و مقیاس بندی

سریع هیدروژن آبی را فراهم می کند که می تواند تقاضای رو به رشد بخش حمل و نقل و صنعت را برآورده کند. این امر زمانی شایان توجه خواهد شد که بنا به پیش بینی آژانس بین المللی انرژی مصرف جهانی هیدروژن تا سال ۲۰۷۰ هفت برابر شده و به ۵۲۰ میلیون تن برای کربن زدایی حمل و نقل، صنعت، ساختمان ها و تولید برق افزایش می یابد. حدود ۶ درصد از کاهش انتشار جمعی در سناریوی توسعه پایدار ناشی از هیدروژن کم کربن است که ۴۰ درصد تقاضای هیدروژن توسط تولید سوخت های فسیلی مجهز به فناوری های جذب و استفاده از کربن در سال ۲۰۷۰ تأمین می شود<sup>۱۸</sup>.

## ۴-۱. امکان حذف هم زمان سایر آلاینده ها در فرآیند جذب و انبارش کربن

در فرآیند جذب و انبارش کربن، برای احتراق سوخت اکسیژن، از اکسیژن برای احتراق سوخت استفاده می شود و گاز خروجی باقی مانده نیز دارای غلظت بسیار بالای دی اکسید کربن است. این امر موجب جداسازی دی اکسید کربن در فرآیند جذب و انبارش کربن از طریق واکنش با جذب و جداسازی آن می شود.

در طول احتراق سوخت اکسیژن، غلظت بالای اکسیژن مورد استفاده برای احتراق منجر به کاهش قابل توجه اکسید نیتروژن<sup>۱۹</sup> و گازهای دی اکسید گوگرد<sup>۲۰</sup> می شود<sup>۲۱</sup>. یک مطالعه انجام شده برای آزمایشگاه ملی آرگون، کاهش ۵۰ درصدی گازهای اکسید نیتروژن در احتراق سوخت اکسیژن را در مقایسه با احتراق نشان داده شده است<sup>۲۲</sup>. با استفاده از هوای معمولی، ذرات ایجاد شده توسط احتراق اکسی سوخت جذب و انبارش کربن را می توان با یک رسوب دهنده الکترواستاتیک حذف کرد.

## ۳. نارسایی های جذب و انبارش کربن

### ۲-۱. هزینه های سرمایه ای و عملیاتی بالا

پروژه های جذب و انبارش کربن به ویژه برای زیرساخت های انتقال و ذخیره سازی، نیاز به سرمایه گذاری اولیه قابل توجهی دارند. به منظور تجهیز صنایع موجود و نیروگاه های تولید برق به فناوری جذب و انبارش کربن، در صورت عدم ارائه یارانه، هزینه محصول تولیدی افزایش می یابد. در گزارشی از محققان دانشگاه یوتا، تخمین هایی مبنی بر افزایش ۵۰ تا ۸۰ درصدی هزینه برق به منظور پرداخت هزینه اجرای این فناوری برای تجهیزات و مواد لازم برای جداسازی، ایجاد زیرساخت های حمل و نقل و سپس ذخیره آن به دست آمده است.

فرآیند جذب دی اکسید کربن به دلیل استقرار و هزینه های انرژی بالا گران است. استخراج، پمپاژ و فشرده سازی دی اکسید کربن به این معنی است که مصرف انرژی یک واحد صنعتی با تجهیزات جذب، بیش از یک کارخانه متناظر فاقد این تجهیزات است. اگرچه

16. A. Matysek, M. Ford, G. Jakeman, A. Gurney, and B. S. Fisher, Technology: Its Role in Economic Development and climate Change, ABARE Research Report 06.6, Canberra, July 2006, pp. 101-100.

17. <https://corporate.exxonmobil.com/climate-solutions/carbon-capture-and-storage/carbon-capture-storage-economic-growth-decarbonization>.

18. <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions/ccus-in-the-transition-to-net-zero-emissions>.

19. NOx

20. SO2

21. Leung, Dennis, et al. "An Overview of the Current Status of Carbon Dioxide Capture and Storage Technologies." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 2014, 39, pp. 443-426., doi:10.1016/j.rser.2014.07.093.

22. Buhre, B. J. P., et al. "Oxy-Fuel Combustion Technology for Coal-Fired Power Generation." *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 31, no. 2005, 4, pp. 307-283., doi:10.1016/j.peccs.2005.07.001.



## ۲-۳. نا مشخص بودن ظرفیت ذخیره سازی طولانی مدت دی اکسید کربن

آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده<sup>۲۵</sup> تخمین می زند که همه کشورها ظرفیت ذخیره سازی دی اکسید کربن کافی برای اجرای صحیح جذب و انبارش کربن را نخواهند داشت<sup>۲۶</sup>، به گفته محققان دانشگاه علم و صنعت خلیفه، محاسبه ظرفیت دقیق مکان های ذخیره سازی مختلف دشوار و نامشخص است<sup>۲۷</sup>.

## ۲-۴. ریسک فرونشست زمین بر اثر کاربرد فناوری جذب و انبارش کربن

ضرورت توجه به مسأله احتمال افزایش فرونشست<sup>۲۸</sup> زمین در جایگاه های جذب و انتشار کربن در ایران به دلیل تنش بالای آبی، مسأله بسیار تعیین کننده ای در انتخاب این فناوری است. آزاد شدن تنش مؤثر عمودی در اثر فشار بیش از حد تزریق گاز، موجب انبساط مخزن و کاهش پایداری زمین می شود. گسترش مخزن به سطح زمین باعث بالا آمدن زمین با همان سازوکاری است که زیربنای فرونشست زمین در بالای میادین گازی/نفتی متراکم اما با علامت معکوس است. این امر می تواند به عنوان یک عارضه جانبی، به کاهش فرونشست زمین به ویژه در نواحی کم ارتفاع ساحلی شود<sup>۲۹</sup>. نتایج تحقیقات، نشان داده جنوب غرب، شمال شرق و برخی از نواحی مرکزی ایران، حساسیت زیاد یا خیلی زیاد به فرونشست زمین نشان می دهند. استان های همدان و خوزستان که میادین نفتی عمدتاً در این استان قرار دارند، بالاترین درصد مناطق در معرض خطر فرونشست زمین<sup>۳۰</sup> را نشان داده اند<sup>۳۱</sup>.

## ۲-۵. تصویر عمومی منفی از فناوری جذب و ذخیره سازی کربن

با توجه به ریسک های پیش گفته، ذخیره کربن دارای چندین خطر است که محبوبیت آن را در میان عامه، کاهش می دهد. اجرای فناوری جذب و ذخیره سازی کربن در مقیاس بزرگ، به مکانی وسیع نیاز دارد. طبق مطالعه دانشمندان دانشگاه معدن سنت پترزبورگ، آگاهی عمومی از این فناوری در بیشتر نقاط جهان کم است<sup>۳۲</sup>. با این حال، در مورد جذب و انبارش کربن اغلب گرایش منفی نه "در حیات پستی من"<sup>۳۳</sup> در مردم وجود دارد که موجب گرایش به تعلیق پروژه های بزرگ ذخیره سازی کربن که در نزدیکی آنها ساخته شده است، می شود. زیرا به دلیل خطرات بالقوه برای سلامتی و سبک زندگی وجود، افراد احساس می کنند که منصفانه نیست مکان انبارش کربن، در نزدیکی آنها احداث شود<sup>۳۴</sup>.

این هزینه ها بین فرآیندهای مختلف متفاوت است. به عنوان مثال، فرآیندهایی که در آن دی اکسید کربن به طور جداگانه تولید می شود، مانند تولید کودشیمیایی، نسبت به فرآیندهایی که در آن دی اکسید کربن نیاز به جداسازی دارد، مانند تولید سیمان، هزینه های عملیاتی کمتری دارند.

از آنجا که کاربرد فناوری جذب و انتشار کربن عموماً شامل افزایش هزینه برای صنعت است، محصولات کالایی رقابتی کمتری می کنند و کسب و کارها ممکن است وسوسه شوند از به کارگیری این فناوری به منظور حفظ حاشیه سود خود اجتناب ورزند<sup>۳۵</sup>.

## ۲-۲. ناامنی مکان های انتقال و ذخیره سازی دی اکسید کربن و خطر آلایندگی اکوسیستم های مجاور

پتانسیل نشت خطرناک گاز دی اکسید کربن، علیرغم رعایت قواعد ایمنی، هنوز وجود دارد. به استناد گفته هیأت بین دولی تغییر اقلیم، اگر دی اکسید کربن از یک خط لوله نشت کند، غلظت بین ۷ تا ۱۰ درصد در هوای محیط می تواند تهدیدی فوری برای زندگی انسان باشد. به علاوه، نشتی در محل ذخیره سازی زیرزمینی نیز محتمل است. نشت ناگهانی دی اکسید کربن در محل تزریق، می تواند سلامت افراد و حیوانات اطراف را به خطر بیندازد. به علاوه، مکان های ذخیره دی اکسید کربن ممکن است اهداف بالقوه تروریستی باشند<sup>۳۶</sup>. انتخاب نادرست مکان ذخیره سازی، نشت تدریجی دی اکسید کربن در مکان های ترسیب کربن، فلسفه کاربرد فناوری جذب و انبارش به عنوان جاذب کربن از اتمسفر را زیر سوال می برد. گزارش انجمن بین المللی هیدروژئولوژیست ها، جذب و انبارش کربن را خطری بالقوه محیطی برای منابع آب های زیرزمینی می داند و تأکید دارد که مکان های جمع آوری دی اکسید کربن، باید فقط در سازندهای زمین شناسی که فاقد پتانسیل انبارش آب هستند و با سفره های زیرزمینی ارتباط ندارند، احداث شود. از نظر ارزیابی احتمال نشت و فرار دی اکسید کربن، اطلاعات کمی در مورد رفتار کربن به ویژه در مقادیر زیاد وجود دارد. نشت تدریجی ناشی از شکستگی های لایه های سنگ یا چاه های تزریقی، علاوه بر آلودگی خاک و آب های زیرزمینی، موجب حل مواد معدنی که به جلوگیری از خروج گاز کمک می کنند، شود. نتایج حاصل از آزمایش های تزریق فرار دی اکسید کربن به سفره های آب شور در تگزاس حاکی از اسیدی تر شدن سفره های زیر زمینی آب و نفوذ به سازندهای سنگی اطراف، انحلال آنها و افزایش احتمال بالقوه نشت گاز در سطح آب شده است.

23. <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-carbon-capture-and-storage>.

24. Abanades, Juan Carlos, et al. "Carbon Dioxide Capture and Storage Summary for Policymakers." Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Environmental Protection Agency (EPA)

26. Dooley, J. J., et al. "Carbon Dioxide Capture and Geologic Storage: a Core Element of a Global Energy Technology Strategy to Address Climate Change." The Global Energy Technology Strategy Program.

27. Ajayi, Temitope, et al. "A Review of CO2 Storage in Geologic Formations Emphasizing Modeling, Monitoring and Capacity Estimation Approaches." Petroleum Science, vol. 2019, 16, pp. -1028 1063., doi:10.1007/s8-0340-019-12182.

28. Land subsidence

29. Ghazifard, A.1, Fatemi Aghda, S.M.2 and Taherynia, M.H.3. Assessment of South Pars Gas Field Subsidence Due To Gas Withdrawal. Civil Engineering Infrastructures Journal, 197 - 187 :(2)47, December 2014 ISSN: 2093 - 2322.

30. Land subsidence

31. M. Panahi, K. Khosravi, A. Golkarian, M. Roostaei, R. Barzegar, E. Omidvar, F. Rezaie, P. M. Saco, Al. Sharifi, C. Jun, M. Bateni, C. Lee & S. Lee (2022). A country-wide assessment of Iran's land subsidence susceptibility using satellite-based InSAR and machine learning, Geocarto International, DOI: 10.106049.2022.2086631/10.1080.

32. Tcvetkov, Pavel, et al. "Public Perception of Carbon Capture and Storage: A State-of-the-Art Overview." Heliyon, vol. 5, no. 2019, 12, pp. E02845., doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02845.

33. Not in My Back Yard (NIMBY)

34. <https://www.treehugger.com/carbon-capture-and-storage-ccs-pros-and-cons5120005->



## نظام کنونی انرژی

## گزارش تحلیلی . . .

### بخش دوم: تحول دیجیتال . . .

### تأثیر تحول دیجیتال بر زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز

مجید خالقی راد؛ کارشناس ارشد فاوا شرکت ملی نفت ایران

#### مقدمه:

اطمینان حاصل نمایند که کارکنان آن‌ها ایمن‌تر، میادین مولدتر/پربازده و دارایی‌های سرمایه‌ای در اوج/نهایت کارایی عمل خواهند کرد. سرعت و وسعت انتقالات صنعت و نوآوری‌هایی که آن‌ها را به حرکت وا می‌دارد و تجدید قوا می‌کند، بر همه جنبه‌های کسب و کار امروز تأثیر می‌گذارد.

[۸]

امروزه، صنعت انرژی در حال تبدیل شدن به یک کسب و کار دیجیتال است که بر کل زنجیره تامین تأثیر می‌گذارد، اما با بیان اینکه بگوئیم بصورت دیجیتالی متحول شوید یا بر روی فناوری‌های جدید سرمایه گذاری کنید، این امر به راحتی میسر نمی‌شود. برای متحول کردن واقعی کسب و کار خود، باید از داده‌های خود استفاده کنید و فرهنگ مبتنی بر بینش<sup>۱</sup> را پیرامون آن ایجاد نمایید. [۸]

#### حوزه‌ها و اقدامات کلیدی تحول دیجیتال

تحول دیجیتال مداوم صنعت نفت و گاز شامل ترکیبی از فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی<sup>۲</sup>، اینترنت اشیا<sup>۳</sup>، واقعیت افزوده<sup>۴</sup>، اتصال تلفن همراه و رایانش ابری برای جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و واکنش بلادرنگ به اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به تولید در میدان نفتی می‌باشد. [۹]

بعضی از زمینه‌های بسیار خاص برای تحول دیجیتال در تولید نفت و گاز (تاثر، ۲۰۲۱)

ترکیبی دقیق و تعریف شده از فناوری‌های متعارف، هوش مصنوعی، داده‌های موجود فراگیر، اتصال پذیری و تشریک مساعی می‌توانند برای لحاظ کردن وضعیت آینده پالایشگاه‌ها یا کارخانه‌های پتروشیمی به‌طور هماهنگ عمل کنند. [۱۰]

این تحول به دلیل تقاضای با رشد سریع برای فناوری‌های میادین نفتی دیجیتال<sup>۵</sup> از سوی شرکت‌هایی که به دنبال افزایش کارایی، کاهش هزینه‌های عملیاتی و تسریع در تصمیم‌گیری هستند، راهبری و پیش برده می‌شود. [۹]

#### تحول دیجیتال در زنجیره ارزش نفت و گاز (اکتشاف و تولید، انتقال و نگهداری/ذخیره، پالایش و پخش، بازاریابی)

تحول دیجیتال به تنهایی و بطور مستقل اتفاق نمی‌افتد؛ شرکت‌های شریک و همکار خدمات بلندمدت به مشتریان در صنایع نفت و گاز، باید یک استاندارد روشن برتر و متعالی را در زیرساخت‌ها، برنامه‌های کاربردی و مدیریت محل کار حفظ کنند. [۱۱]



در گزارش پیش رو، به نقش تحول دیجیتال در زنجیره ی ارزش صنعت نفت و گاز پرداخته شده است. در بخش نخست، که در شماره ی قبل ماهنامه ایفاد گردید، بازیگران صنعت و تعابیر زنجیره ی تامین و زنجیره ی ارزش و فعالیت های مرتبط مرور شد. سپس بهینه سازی در زنجیره مطرح شده و عوامل کلیدی در این بهینه سازی فهرست گردید. آنگاه مفهوم تحول دیجیتال خصوصاً در صنعت نفت و گاز تبیین شد. در بخش دوم گزارش، در ادامه ی مباحث مطرح شده، حوزه ها و اقدامات کلیدی تحول دیجیتال در نفت و گاز، تحول دیجیتال در زنجیره ی ارزش، تحول دیجیتال برای بهینه سازی زنجیره و نمونه هایی از تحول دیجیتال در طول زنجیره ی ارزش تقدیم می گردد.

#### تحول دیجیتال در نفت و گاز

برای اینکه شرکت‌های نفت و گاز به اهداف استراتژیک خود (شکل ۱) دست یابند، نمی‌توانند به رویکردهای قدیمی برای توسعه/مقیاس گذاری/پیمایش کسب و کار خود تکیه کنند. کارهای دستی، تجزیه و تحلیل سنتی و تعمیر و نگهداری مبتنی بر شرایط به آسانی باعث تحریک رشد با نرخ‌های رقابتی در چشم انداز و تکنولوژی‌دانا در حال تغییر نمی‌شود. تحول دیجیتال تضمین می‌کند که کسب و کارها با کاهش زمان تکمیل پروژه‌ها، کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزودن ارزش بیشتر به عملیات روزانه، به طور کارا مقیاس پذیر شوند. [۷]



۱ افزایش دسترسی بودن / موجودیت فرآورده/تولید



۲ کاهش چشمگیر هزینه های عملیاتی



۳ بهبود ایمنی کارکنان و تجهیزات



۴ محقق ساختن هدف خالص سفر

شکل ۱: رابطه تحول دیجیتال با اهداف استراتژیک شرکت‌های نفت و گاز [۷]

چرا بسیاری از شرکت‌های نفت و گاز مصمم به تحول دیجیتال هستند؟ باید گفت شرکت‌های مدرن نمی‌توانند بدون بدست آوردن بینش از داده‌ها، حاشیه سودها را بهبود بخشند، سود را افزایش دهند یا از همتایان خود پیش تر باشند. آن‌ها باید برای بدست آوردن مزایای کامل از داده‌های خود، عملکرد کسب و کار را از تجزیه و تحلیل گرفته تا عملیات و بازاریابی تغییر دهند. شرکت‌های پیشرو در صنعت نفت و گاز با سرعت به انقلاب/تحول دیجیتال پیوسته‌اند و پیشرفت‌های فناوری را برای بهبود عملکرد و عملیات‌های کارآمدتر خود اتخاذ کرده‌اند. با این حال، سرعت فعلی پذیرش دیجیتال به آسانی مورد قبول واقع نمی‌شود. ضرورت امروز تسریع در تحول دیجیتال به دلیل نوسانات رو به رشد قیمت و افزایش تقاضا برای انرژی‌های جایگزین است. با چنین انگیزه‌ای برای تغییر، شرکت‌های انرژی به دنبال استفاده از فناوری‌هایی هستند تا

1. insights-driven culture
2. AI
3. (IoT)
4. (AR)
5. Digital Oil Field (DOF)

## در مخازن نفتی (تجزیه و تحلیل در سراسر مناطق عملکردی)

برنامه ریزی: بر اساس انواع داده های متعدد، بهترین مناطق را برای توسعه جدید شناسایی کنید.

تجزیه و تحلیل سناریو: تولید آتی را پیش بینی کنید و سناریوهای برای تولید از جمله شرایط اقتصادی اعمال کنید.

بهینه سازی نگهداری، برنامه ریزی و مسیر: افزایش هزینه ها را آشکار کنید، سیستم های تولید را بررسی کنید، از مدل های یادگیری ماشین<sup>۷</sup> برای درک علت اصلی خرابی های شناسایی شده استفاده کنید، هزینه های آتی را پیش بینی کنید، و برنامه ای برای رسیدن به یک چارچوب زمانی برای رفع مشکل ایجاد کنید.

بهینه سازی تکمیل: از مدل های یادگیری ماشین برای درک پارامترهای تکمیل که بر تولید تأثیر می گذارند، استفاده کنید. سناریوهای «چه می شود اگر»، امکان ارزیابی افزایش تولید در مقابل هزینه های سرمایه ای و برآورد تولید مناطق جدید را فراهم می کند.

## در چاه نفتی (بهینه سازی تولید)

نظارت بلادرنگ: داده های حسگر را به صورت ۲۴ ساعته و ۷ روز هفته (۷\*۲۴) جهت تشخیص ناهنجاری های بلادرنگ برای جلوگیری از خرابی، افزایش عمر تجهیزات و پایش افزایش تولید و کارکرد/اجرای صحیح سیستم ها نظارت کنید.

تشخیص ناهنجاری: از روش های یادگیری ماشین برای تشخیص ناهنجاری استفاده کنید و آستانه های بهینه تشخیص را معین کنید تا هزینه های از کار افتادن، مدت خرابی و سرویس دهی متعادل شود.

## در حفاری (عملیات حفاری)

یکی از این فناوری ها اتوماسیون/خودکارسازی دکل حفاری است. شرکت های نفت و گاز به طور بالقوه می توانند با استفاده از اتوماسیون دکل، تأثیر روگود اقتصادی را بر سازمان محدود کنند. اتوماسیون دکل به برپایی و جمع آوری دکل های جدید در مناطق خاص کمک می کند، زیرا اطلاعات مربوط به منطقه می تواند ذخیره شود، که منجر به عملیات منعطف تر و منتج به کارایی پایدار می شود و نیاز به یادگیری مجدد منحنی های یادگیری حفاری را در آینده به حداقل می رساند و علاوه بر آن در "زمان مناسب" نتیجه بهبود سودآوری افزایش می یابد.

عملیات حفاری بلادرنگ: با پاکسازی و گردآوری خودکار آن، تجزیه و تحلیل بلادرنگ و ارائه یافته ها به مهندسان حفاری به ارزش داده های حفاری/حفار اولیه سرعت بدهید.

شناسایی فعالیت: مسیر واقعی چاه را بطور بلادرنگ نظارت کنید، همچنین بصورت بلادرنگ، مسیر را درست کنید و آن را بهینه نمایید.

شما به یک پلتفرم تحول دیجیتال متصل، قابل اعتماد و چابک نیاز دارید که بتواند حجم زیادی از داده ها را برای تصمیم گیری هوشمندانه و آگاهانه در کل کسب و کار استفاده کند.

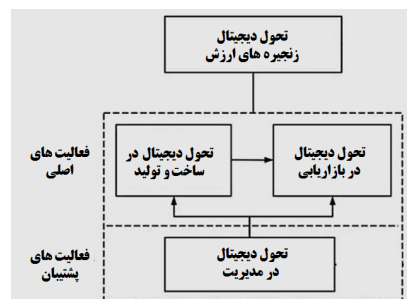
متصل - این پلتفرم با ایجاد دوقلوهای دیجیتالی خوب، شفافیت عملیاتی را برای دارایی های میدان به آسانی قابل دسترس می سازد و تجزیه و تحلیل متمرکز را فراهم می کند.

قابل اعتماد - برنامه ریزی از طریق جریان های کاری هوشمند که



شکل ۲: اجزا و محرک های تحول دیجیتال در زنجیره ارزش نفت و گاز [۱۱]

## فعالیت های اصلی و پشتیبان تحول دیجیتال زنجیره ارزش



شکل ۳: فعالیت های اصلی و پشتیبان تحول دیجیتال زنجیره ارزش [۱۲]

## تحول دیجیتال برای بهینه سازی زنجیره ارزش

تحول دیجیتال (بطور کلی دی ایکس؟) فقط وسیله ای برای پایان دادن به آن است. اما عاقبت چیست؟ در صنعت انرژی و شیمیایی، زمانی که دارایی ها عملیاتی شدند، دی ایکس، کاربرد دیجیتالی سازی در بهینه سازی زنجیره ارزش است و از این طریق محدودیت های آن را برطرف می کند. تبدیل استراتژی به نتایج مستلزم قصد/نیت بالا، تلاش صادقانه و اجرای هوشمندانه است. این نشان دهنده انتخاب عاقلانه بسیاری از گزینه ها است. این چیزی است که معنای "عالی" بودن آن است. برای این امر، مدل عملیاتی کسب و کار شما بسیار مهم است. در ساده ترین حالت، این شامل افراد، فرآیندها، سیستم ها و دارایی های فیزیکی است. ترکیب هر یک و نحوه تعامل آنها با یکدیگر در دنیای جدیدی از پلتفرم های دیجیتال و فناوری های دیجیتال مخرب به شدت در حال تغییر هستند. تحقق پتانسیل کامل بهینه سازی زنجیره ارزش مستلزم یک تغییر عمده در مدل کسب و کار است. [۷]

## نمونه های کاربردی تحول دیجیتال در زنجیره ارزش نفت و گاز

با فناوری های پیشرفته برای مخزن، چاه و حفاری می توانید شکاف های فرآیندهای تحلیلی را برطرف کنید و یک استراتژی واقعی مبتنی بر داده ایجاد کنید:

- بینش هایی تولید کنید که تصمیم های سریع تر و هوشمندانه تر را برای بهبود عملیات ممکن می سازد

- بطور بلادرنگ برای استفاده/ بهره جویی از فرصت ها و کاهش مخاطرات/ریسک ها اقدام کنید

- بدون اینکه توسط فرآیندهای سخت و سخت محدود شوید، سازگاری/ تطابق زمینه ای/محتوایی داشته باشید.



تعیین می‌شود. مولفه های تحول دیجیتال با کارشناسان داخلی و خارجی بررسی می‌شود. دامنه و مزایا با هدف رسمی کردن تغییرات در سیاست‌های شرکت و آگاه کردن تصمیم‌گیرندگان در مورد آنچه مورد انتظار است، شناسایی می‌شوند.

۲- فاز قهرمان که باید اشتهای و چشم‌انداز را به کل شرکت گسترش دهد. نمایندگانی از مدیریت ارشد، فروشندگان و کارشناسان بخش به عنوان سهامداران برای ترویج پروژه در سرتاسر شرکت منصوب می‌شوند. گزینه‌های تمام پیشران‌های فناوری شناسایی شده از فروشندگان، کارشناسان صنعت، مشاوران و منابع داخلی برای بهترین انتخاب بررسی می‌شوند. بحث‌ها و کارگاه‌های آزاد برای دریافت بازخورد از کارمندان و اطمینان از تأیید با ایجاد تمرکز بر موضوعاتی که می‌خواهند به آنها بپردازند، برگزار می‌شود.

۳- فاز پیاده‌سازی، منابع دیجیتال انتخاب شده را در سیستم‌های شرکت ترکیب می‌کند. فناوری که در حال حاضر در دسترس نیست، معرفی و فناوری موجود که نیاز به گسترش یا ارتقاء دارد، ارائه می‌شود. تیم‌های مدیریت ارشد و پروژه، فرهنگ تغییر و ارتباطات را ایجاد می‌کنند تا اطمینان حاصل شود که پیشران‌های فناوری به حداکثر می‌رسد. بررسی مداوم کاربست و تدارکات فناوری با نیروی کار ایجاد می‌شود تا اطمینان حاصل شود که پروژه‌ها پسرقت نمی‌کنند.

۴- مرحله تکامل، مهارت نیروی کار را افزایش می‌دهد. پیشران‌های فناوری انتخاب شده ممکن است در حال حاضر مورد استفاده قرار گرفته باشند و یا ممکن است کاملاً جدید باشند و یا صنعتی کاملاً جدید باشند که توسط اجرای فناوری ایجاد شده است. در تمام این موارد، مهارت‌های نیروی کار قدیمی از طریق آموزش سیستم‌های جدید و استخدام نیروی کار جدید افزایش می‌یابد. از طریق فروشندگان، کارشناسان و منابع انسانی، جلسات آموزشی و کارگاه‌هایی برای ادغام فناوری که عملیات را تغییر می‌دهد و ابزارهای همکاری را با سایر بخش‌ها افزایش می‌دهد، برنامه ریزی می‌شود. همچنین، متخصصان فناوری کاملاً جدید شرکت، اما نه داخل/جزو سیستم/سازمان، به عنوان کارگران قراردادی یا کارمندان تمام وقت استخدام می‌شوند.

۵- فاز بهره برداری، مرحله‌ای است که قهرمانان پروژه اطمینان حاصل می‌کنند که تحول به طور کامل مورد استفاده قرار گرفته است. جلسات بازبینی مداوم و بازخورد پیشرفت‌های انجام شده به شناسایی زمینه‌های موفقیت و زمینه‌هایی که فرصت‌های بیشتری در آنها وجود دارد، کمک می‌کند. با دور شدن از فرآیندهای موروثی بلندمدت، کارکنان در حال تطبیق با فناوری جدید خواهند بود و قادر به شناسایی پیشرفت‌ها و پیشران‌های جدید هستند. قهرمانان پروژه به کار با کارمندان برای ایجاد یک فرهنگ چابک ادامه می‌دهند تا از راه‌حل‌های مجزاشده از سایر بخش‌ها اجتناب کنند.

۶- مرحله ارزیابی، مدیریت ارشد را از پرداخت اقتصادی پروژه مطلع می‌کند. بازده سرمایه‌گذاری برای هر محرک فناوری اجرا شده محاسبه می‌شود. تحلیلگران مالی با هر بخش، همکاری می‌کنند تا تغییرات در کارایی، اثربخشی، هزینه عملیات، اطلاعات بدست آمده و تغییرات ارزش‌داری را بررسی کنند. در این مرحله، موفقیت‌ها شناسایی می‌شوند و مناطقی که بازده کافی را ارائه نمی‌کنند، کاهش می‌یابد.

در پایان توصیه‌های راهبردی زیر به صورت فهرست وار ایفا می‌گردد: - رفع شکاف‌های فرآیندهای تحلیلی و ایجاد یک استراتژی واقعی مبتنی

توسط تجزیه و تحلیل‌های قدرتمند پشتیبانی می‌شوند، یکپارچه می‌شود.

چابک- فرآیندهای معمول خودکار و یک اکوسیستم تدارکات بهینه نیز دو نتیجه آن هستند.

## استخراج/اکتشاف<sup>۸</sup>

هدف: تحقق بخشیدن به سبب/پورتفو منابع موجود، از جمله شناسایی منابع تجاری فرعی و حاشیه‌ای که سودآوری را کاهش می‌دهند و سرمایه قابل توجهی را بلوکه می‌کنند.

ارزش بالقوه: استخراج با اطمینان بالاتر و با دوام تجاری عمیق‌تر از مخازن/ذخایر ۲۲ که ۵۰ درصد از ذخایر ۱۲ را شکل می‌دهند.

جهش دیجیتال: تقویت شناخت بصری دانشمندان زمین‌شناسی با استفاده از یادگیری ماشین برای نشانه‌گذاری جغرافیا بیان وضعیت: داده‌های استاندارد، الگوریتم‌های پیشرفته و یکپارچه‌سازی رایانه‌های با کارایی بالا، عملیات را در مراحل تجزیه و تحلیل و مصورسازی قرار می‌دهد و مستلزم آن می‌گردد. [۱۳]

## توسعه<sup>۹</sup>

هدف: شکستن سیلوهای داده و یافتن نرخ بازگشت سرمایه دیجیتال برای بی‌عیب و نقص ماندن سرعت و جهت نوآوری‌ها

ارزش بالقوه: صرفه‌جویی در هزینه‌های چاه، سالانه بیش از ۳ میلیارد دلار برای بازیگران اصلی بالادستی

جهش دیجیتال: ادغام و تجزیه و تحلیل با لایه بندی امن چارچوب‌های یکپارچه و تجزیه و تحلیل بر روی داده‌های حفاری متنوع با استفاده از معماری منبع باز

بیان وضعیت: اهداف متمایز، ابزارهای اختصاصی و فقدان داده‌های استاندارد، باعث بروز مساله یکپارچه‌سازی شده و ضرورت آن را ایجاد می‌کند. [۱۳]

## تولید<sup>۱۰</sup>

هدف: شکستن چرخه بی‌پایان ارتقاء و مقاوم/مجهزسازی تجهیزات در میادین موجود بدون خرج کردن زیاد هزینه

ارزش بالقوه: جریان‌های نقدی اضافه/مازاد بیش از ۲ میلیارد دلار، سوای صرفه‌جویی در هزینه‌های خرابی و تعمیر تجهیزات

جهش دیجیتال: حسگری با پیروی از استراتژی تولید داده‌های لایه‌ای و گسترش تجزیه و تحلیل تا سطح مخزن

بیان وضعیت: تداوم عملیات و پایگاه‌داری‌های قدیمی و فرسوده، بیانگر ضرورت وضعیت حسگری عملیات بوده و لزوم آن را توضیح می‌دهد. [۱۳]

## توصیه‌های سیاستی و پیشنهادات راهبردی جهت صنعت نفت جمهوری اسلامی ایران:

استراتژی تحول دیجیتال این فرآیند را به شش مرحله تقسیم می‌کند:

- ۱- فاز تجسم، مرحله‌ای که چشم‌انداز پروژه توسط مدیریت مافوق
8. Exploration
9. Development
10. Production



های بالادستی برای به حداکثر رساندن طول عمر خود نیاز به تکامل دارند. بررسی های اخیر در بیش از ۲۰۰ شرکت نفت و گاز، تنها ۷ درصد آن ها به عنوان قهرمانان یا پیش قراولان دیجیتال معرفی شده اند. از سوی دیگر، مبتدیان دیجیتال، استراتژی های دیجیتال را در مناطق پراکنده گنجانده اند و هیچ گونه یکپارچگی در سرتاسر سازمان و یاسازگاری در کاربست آن ها وجود ندارد. یک تحول موفق، نیاز به اجرای دسته جمعی چندین پیشرفت فناورانه برای هماهنگی جهت تأثیرگذاری بر استراتژی کسب و کار دارد و مستلزم مشاهده نتایج مالی مثبت آن است. تغییرات در سازمان باید رویکردی کل نگر با اتصال منابع داده برای تشکیل یک معماری اطلاعاتی داشته باشد که هم تحول دیجیتال را فعال سازد و هم عملکرد و داده های به موقع را برای موارد استفاده خاص فراهم نماید. هدف کلان تحول دیجیتال، تغییر نگاه یک شرکت بالادستی نفت و گاز به آینده خود است. همکاری برای ساخت آینده لازم بوده و اهمیت دارد. شرکت ها باید از تغییرات مختلف در فلسفه و نگرش نسبت به عملیات های سنتی خود استقبال نمایند. وقتی سطح عدم اطمینان و فرسایش تدریجی قریب الوقوع تقاضا - که سایه گسترده ای بر صنعت انداخته را در نظر بگیرید، رویکرد تحول دیجیتال منطقی و قابل فهم می شود. هدف از تحول دیجیتال، فراهم کردن منابع برای شرکت های نفت و گاز جهت تغییرات جدی در قیمت های بازار هر چند سال یکبار، پاسخگویی به فناوری های قدیمی و نیروی کار سالخورده و اقدامات پیشدستانه در برابر نیازهای اجتماعی، فرهنگی، زیست محیطی و اقتصادی است. تحول دیجیتال می تواند با حذف کردن افزونگی ها، گردش کار و جریان های کاری از هم گسیخته و پراکنده، فرآیندهای ناکارآمد، موانع دانش و محدودیت ها در فرصت ها، آینده شرکت را تغییر دهد. برای دستیابی به این مأموریت، باید به اهداف عینی خاصی که بر عملیات ها در سراسر سازمان تأثیر گذارند، دست یافت. این اهداف به سه گروه طبقه بندی می شوند: گروه اول شامل اهداف فرآیندی بوده که دستیابی و رهگیری اهداف بعدی را فراهم می سازد. گروه دوم، اهداف رفتاری هستند. گروه سوم، اهداف نتیجه ای بوده که منعکس کننده تغییراتی برای کل سازمان هستند.

بر داده در مخازن، چاه ها و حفاری آن  
- تولید بینش هایی که تصمیم های سریع تر و هوشمندانه تر را برای بهبود عملیات ممکن می سازد  
- اقدامات بلا درنگ برای استفاده از فرصت ها و کاهش ریسک ها  
- عدم محدود شدن در فرآیندهای سفت و سخت و سازگاری/ تطابق زمینه ای/ محتوایی  
- شناسایی بهترین مناطق برای توسعه جدید بر اساس داده های متنوع و متعدد  
- پیش بینی تولید آتی و اعمال سناریو هایی برای تولید (مثلا در شرایط اقتصادی)  
- استفاده از مدل های یادگیری ماشین برای درک علت اصلی خرابی های شناسایی شده در مخازن نفتی، پیش بینی هزینه های آتی آن و طرح برنامه ای برای رسیدن به یک چارچوب زمانی برای رفع مشکل  
- بکارگیری داده حسگرها به صورت ۲۴ ساعته و ۷ روز هفته (۲۴\*۷) جهت نظارت و تشخیص ناهنجاری های بلا درنگ چاه ها برای جلوگیری از خرابی، افزایش عمر تجهیزات و پایش افزایش تولید و کارکرد/ اجرای صحیح سیستم ها (بهینه سازی تولید)  
- ساخت، اصلاح، نظارت و بهینه سازی مسیر واقعی چاه ها و اتوماسیون عملیات حفاری  
- ضرورت پلتفرم (بن سازه) تحول دیجیتال متصل، قابل اعتماد و چابک جهت استفاده حجم زیادی از داده ها برای تصمیم گیری هوشمندانه و آگاهانه در کل کسب و کار  
- تقویت شناخت بصری دانشمندان زمین شناسی با استفاده از یادگیری ماشین برای نشانه گذاری جغرافیا در اکتشاف و تولید  
- ادغام و تجزیه و تحلیل با لایه بندی امن چارچوب های یکپارچه و تجزیه و تحلیل بر روی داده های حفاری متنوع با استفاده از معماری منبع باز  
- بکارگیری حسگرها با پیروی از استراتژی تولید داده های لایه ای و گسترش تجزیه و تحلیل تا سطح مخزن  
صنعت نفت و گاز یکی از کندترین صنایع در تغییر و تحول استراتژی کسب و کار در رابطه با فناوری اطلاعات بدل شده است. به ویژه شرکت

## منابع

- [1] Vitali Rack (2017), Business model innovation in the oil and gas supply industry, master thesis, Nord University
- [2] P. Joshi, L. Haghnegahdar, Z. Anika, M. Singh (2017), Supply Chain Innovations in the Oil and Gas Industry, Industrial and Systems Engineering Conference
- [3] Renato Lima-de-Oliveira, 2017, From Resource Extraction to Knowledge Creation: Oil-Rich States, Oil Companies and the Promotion of Local R&D
- [3] <https://moga.saoga.org.za/resources/oil-gas-value-chains>
- [4] The Oil and Gas value chain: a focus on oil refining, Cuadernos Orkestra, 46/2018 ISSN 7638-2340
- [5] VALUE CHAIN OPTIMIZATION MANIFESTO, Digitalize with Purpose, 2020, KBC, [www.kbc.global](http://www.kbc.global)
- [6] Kelsey L. Prestidge (2021), Digital Transformation in the Oil and Gas Industry: Challenges and Potential Solutions, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
- [7] Benefits of Digital Transformation for Oil and Gas Companies, TIBCO whitepaper, 2022
- [8] AI Implementation in the Oil & Gas Industry, ©SparkCognition, Inc. 2022. All rights reserved. OG-EBK 011322 v3.0
- [9] Digital transformation for oil & gas investors, 2021
- [10] The autonomous plant: Entering a new digital era, September 2021, 10
- [11] Driving digital transformation in oil and gas, ATOS, Trusted partner for your Digital Journey
- [12] Chaohong Na, Xue Chen, Xiaojun Li, Yuting Li and Xiaolan Wang (2022), Digital Transformation of Value Chains and CSR Performance Sustainability, <https://doi.org/10.3390/su141610245>
- [13] Anshu Mittal, Andrew Slaughter, Vivek Bansal (2017) From bytes to barrels, The digital transformation in upstream oil and gas, A report by the Deloitte Center for Energy Solutions, Deloitte Insights is an imprint of Deloitte Development LLC

## ۱. ChatGBT چیست؟

شاید برای اولین بار که با ChatGBT مکالمه کنید به این یقین برسید که وارد عصر جدیدی از فعالیت انسان شده اید و جذابیت آن به حدی است که تا روزها استفاده از آن شما را سرگرم و ذهن شما را درگیر خواهد نمود.

گسترش هوش مصنوعی و تکنولوژی های مرتبط آن در سطوح مختلف فناوری، عصر جدیدی در توسعه لبه فناوری رقم زده است. ChatGBT یک ربات مکالمه بر مبنای هوش مصنوعی است که توسط شرکت OpenAI توسعه یافته و در نوامبر ۲۰۲۲ منتشر شده است که توانسته است تنها ۵ روز پس از انتشار یک میلیون کاربر جذب کند. شما با استفاده از این محصول می توانید محتوایی جدید تولید کنید. بعنوان مثال می توانید از آن راهکار بخواهید، یک متن بلند را خلاصه کنید، مکالمه روزانه و جذاب داشته باشید، از آن برای حل مسائل ریاضی استفاده کنید، برای تصحیح کدهای برنامه نویسی کمک بخواهید و بسیاری از مسائلی که روزانه با آن برخورد می کنید و به دنبال راه حل و ارائه محتوا می گردید استفاده کنید.

ChatGBT از هوش مصنوعی مولد (generative AI) استفاده می کند به این معنی که با استفاده از هوش مصنوعی شبیه ای را آموزش می دهد که خروجی آن شبکه تا به حال وجود نداشته است و محتوای جدید تولید کند. هوش مصنوعی مولد از تکنولوژی هایی است که در ماه های اخیر توجه بسیار زیادی را جذب کرده است و شرکت OpenAI در این زمینه پیشرفت قابل توجهی داشته است و در قلب این تکنولوژی قرار دارد.

اگرچه محصولات مشابهی توسط شرکت های مایکروسافت، متا (فیسبوک سابق) و ... منتشر شده است اما این محصولات بدلیل مشکلات عظیمی مانند ارائه مطالب خطرناک، غیرمحترمانه و بعضاً غلط کنار گذاشته شده اند، اما ChatGBT با داشتن یک مدل قدرتمند می تواند به سوالات پاسخ دهد، اشتباهات را تصحیح کند و درخواست های نامناسب را رد کند.

نرم افزار ChatGBT با استفاده از حجم زیاد داده های متنی و تکنولوژی های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین آموزش داده شده است. مدل یادگیری ChatGBT از یادگیری تقویت شونده از بازخورد انسان استفاده می کند.

اگرچه ChatGBT بهترین نسخه ارائه شده از این تکنولوژی است اما همچنان نقطه ضعف هایی دارد که ممکن است خروجی را دچار مشکل کند. از محدودیت های موجود در آن می توان موارد زیر را نام برد:

۱. ممکن است اطلاعات نادرست ارائه دهد.
۲. ممکن است آموزش های خطرناک یا جهت دهی شده ارائه دهد.
۳. دانش محدود در مورد جهان و اخبار بعد از سال ۲۰۲۱ دارد.

## ۲. حوزه انرژی و ChatGBT

با توجه به اهمیت حوزه انرژی در ابعاد مختلف دولت ها، شرکت ها و جوامع، استفاده از تکنولوژی های نوین و قرار گرفتن در لبه فناوری می تواند کمک قابل توجهی به پیشرفت در این حوزه نماید. با استفاده از

ChatGBT می توان جهت بهبود در بخش های مختلف تصمیم گیری، طراحی و سیاست گذاری حوزه انرژی استفاده نمود. حتی می توان از این ابزار برای انجام بسیاری از وظایفی که توسط فعالین این بخش انجام می شود (مانند طراحی، نوشتن گزارش، بهبود خطا و ...) کمک گرفت. اگرچه این ابزار همچنان خطاهایی دارد اما استفاده از آن بسیار راهبردی خواهد بود. احتمالاً در سال های آینده این ابزار و یا ابزارهای مشابه مبتنی بر این تکنولوژی نقش قابل توجهی در توسعه حوزه انرژی ایفا خواهند نمود در نتیجه توجه به این بخش می تواند بسیار موثر واقع شود.

## ۳. مشورت با ChatGBT

در این قسمت به پرسش مهمترین چالش های حوزه انرژی و ارائه راهکار توسط ChatGBT پرداخته شده است که در ادامه آمده است.

**۱/۳) جایگاه آینده صنعت نفت ایران در سالهای آینده چگونه خواهد بود؟**  
با توجه به تحریم های اقتصادی و فشارهای بین المللی برای کاهش وابستگی به نفت، صنعت نفت ایران در سالهای آینده با چالش های زیادی مواجه خواهد بود. اما با توجه به ذخایر نفت و گاز قابل توسعه و ظرفیت های فنی و تولیدی قابل توجه، ایران می تواند با استفاده از فناوری های نوین و توسعه منابع پایین دستی، در حوزه های مختلفی از جمله پتروشیمی، گاز شیمیایی، برق های تجدیدپذیر و ... به عنوان یک کشور صادرکننده و مستقر نفت، جایگاه مطلوبی را در بازار جهانی داشته باشد. همچنین، تمرکز بر توسعه صادرات غیر نفتی و صنایع دیگر در کنار صنعت نفت، باعث کاهش وابستگی به نفت و بهبود اقتصادی کشور خواهد شد.

## ۲/۳) چگونه ناترازی انرژی در ایران را کاهش دهیم؟

برای کاهش ناترازی انرژی در ایران، می توان از روش های زیر استفاده کرد:

۱. افزایش کارایی انرژی: با بهره گیری از تکنولوژی های جدید و بهینه سازی فرآیندها، می توان مصرف انرژی را در صنایع و ساختمان ها کاهش داد.
۲. توسعه انرژی های تجدیدپذیر: با افزایش تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و آب، می توان ناترازی انرژی را کاهش داد.
۳. تشویق به استفاده از خودروهای پاک: با تشویق به استفاده از خودروهای برقی و هیبریدی، می توان مصرف سوخت و ناترازی انرژی در حمل و نقل را کاهش داد.
۴. کنترل مصرف انرژی در خانواده ها: با آموزش به خانواده ها برای کاهش مصرف انرژی در خانه، می توان ناترازی انرژی را در این بخش کاهش داد.
۵. افزایش تولید داخلی: با توسعه صنایع داخلی و تولید محصولات داخلی، می توان به کاهش وابستگی به واردات و همچنین ناترازی انرژی کمک کرد.

**۳/۳) دلیل عدم موفقیت در کاهش شدت انرژی مصرفی ایران چه بوده است؟**

عدم موفقیت در کاهش شدت انرژی مصرفی در ایران به دلایل متعددی برمی گردد، از جمله:

خانواده‌ها پرورش داده‌شود تا مصرف انرژی کاهش یابد.

۵. **تولید داخلی:** باید به تولید داخلی سوخت‌های فسیلی توجه شود تا وابستگی به واردات آن‌ها کاهش یابد.

۶. **ارائه تسهیلات مالی:** باید تسهیلات مالی برای صنایع و ساختمان‌ها جهت بهبود کارایی انرژی ارائه شود.

۳/۵) **جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در آینده سبد انرژی ایران چگونه است؟**

انرژی‌های تجدیدپذیر در آینده سبد انرژی ایران بسیار مهم خواهند بود. با توجه به کاهش منابع سوخت فسیلی و همچنین نیاز روزافزون به انرژی، استفاده از منابع تجدیدپذیر، به عنوان یک منبع انرژی پایدار، بسیار مهم خواهد بود. همچنین، تحریم‌ها و مشکلات واردات سوخت‌های فسیلی، نشان می‌دهد که استفاده از منابع تجدیدپذیر، به عنوان یک راه حل جایگزین، بسیار ضروری است. در نتیجه، توسعه منابع تجدیدپذیر به عنوان یک اولویت برای کشور ایران در آینده، مطرح است. **توضیح:** در ادامه‌ی این پاسخ خالی از لطف نیست نگاهی به تاسیسات انرژی تجدیدپذیر ایران و ظرفیت تقریبی کمی آن داشته باشیم. **این ظرفیت در مقایسه با حجم انبوه سرسام آور مصرف انرژی در ایران تقریباً هیچ انگاشته می‌شود.** شایان ذکر است نیروگاه‌های برق آبی در این جدول ذکر نشده که تجدیدپذیر تلقی می‌گردد و انگهی مشکلات عدیده‌ی دیگری از بعد خشکسالی و کاهش نزولات آسمانی مطرح است. همچنین نیروگاه هسته‌ای بوشهر، مستقل از اینکه تجدیدپذیر انگاشته نمی‌شود، به دلیل عدم اطلاع از ظرفیت واقعی درج نگردیده است.

نیروگاه برق بادی	متجیل	۹۰	ارقام به مگاوات
نیروگاه برق بادی	میل نادر	۵۰	
نیروگاه برق بادی	کهک	۵۵	
نیروگاه برق بادی	خواف	۲	
نیروگاه برق بادی	بینالود	۲۸	
نیروگاه برق زمین گرمایی	مشکین شهر	۵۰	
نیروگاه برق خورشیدی	بم	۱۰۰	
نیروگاه برق خورشیدی	شیراز	۲۰	
نیروگاه برق خورشیدی	مکران	۲۰	
نیروگاه برق خورشیدی	جرقوبه	۱۰	
نیروگاه برق خورشیدی	آباده	۱۰	
نیروگاه برق خورشیدی	یزد	۱۷	

۳/۶) **آیا جلوگیری از خام فروشی نفت خام و گاز طبیعی در ایران سیاست درستی است؟**

بله، جلوگیری از خام فروشی نفت خام و گاز طبیعی در ایران سیاست درستی است. این امر به دو دلیل مهم برمی‌گردد. اولاً، استفاده از منابع تجدیدپذیر به عنوان یک راه حل جایگزین برای تأمین انرژی، به عنوان یک منبع پایدار، ضروری است و جلوگیری از خام فروشی نفت و گاز طبیعی، می‌تواند به توسعه منابع تجدیدپذیر کمک کند. دوماً، به عنوان یک کشور صادرکننده نفت و گاز، ایران باید درآمدزایی را از سایر منابع درآمدزایی تنوع بخشید تا در صورت بروز هرگونه مشکل در بازار جهانی

۱. **عدم توجه به کارایی انرژی:** در بسیاری از صنایع و ساختمان‌ها، هنوز از تکنولوژی‌های قدیمی و غیر بهینه استفاده می‌شود و عدم توجه به بهره‌وری انرژی باعث افزایش مصرف انرژی شده است.

۲. **وابستگی به سوخت‌های فسیلی:** در حال حاضر، بخش عمده‌ای از انرژی مصرفی در ایران، از سوخت‌های فسیلی تأمین می‌شود و عدم توجه به توسعه منابع تجدیدپذیر باعث شده است که وابستگی به سوخت‌های فسیلی افزایش یابد.

۳. **نظارت نامناسب:** در بسیاری از موارد، نظارت و کنترل بر مصرف انرژی نامناسب است و این باعث شده است که بسیاری از صنایع و ساختمان‌ها به صورت غیر قانونی از انرژی استفاده کنند.

۴. **عدم توجه به آموزش و پرورش فرهنگ صرفه‌جویی:** در بسیاری از خانواده‌ها، فرهنگ صرفه‌جویی به خوبی پرورش ندیده شده است و عدم توجه به این مسئله باعث افزایش مصرف انرژی شده است.

۵. **عدم توجه به تولید داخلی:** وابستگی به واردات سوخت‌های فسیلی باعث شده است که ناترازی انرژی در این حوزه بیشتر شود و عدم توجه به تولید داخلی باعث شده است که این وابستگی بیشتر شود.

#### تاکید نوری رهبری معظم

**انقلاب بر عدم اسراف انرژی، یا همان کاهش شدت مصرف انرژی، در برق، گاز و فرآورده‌های نفتی:**

[بعضی عیوب هم در خود ما مردم

هست که اینها را هم باید برطرف

کنیم. در بین ما مردم بعضی از عیوب

وجود دارد که اتفاقاً مرتبط با مسائل اقتصادی است؛ یکی اش

اسراف است. ما اسراف می‌کنیم؛ آب را اسراف می‌کنیم، نان را اسراف

می‌کنیم، برق را اسراف می‌کنیم، گاز را اسراف می‌کنیم؛ مسرفانه

عمل می‌کنیم. بعضی از کشورهایی که چند برابر ما جمعیت دارند،

مصرف گازشان از ما کمتر است، مصرف بنزینشان از ما کمتر است.

مصرف بنزین ما بالا است، مصرف گاز ما بالا است؛ مسرفانه عمل

می‌کنیم. آب را هدر می‌دهیم، نان را دور میریزیم؛ این عیب بزرگی

است؛ این را باید برطرف کنیم. من چند سال قبل از این، روی این به

طور خاص تکیه کردم.]

۳/۴) **چگونه کارایی انرژی در ایران را افزایش دهیم؟**

برای افزایش کارایی انرژی در ایران، می‌توان از راهکارهای زیر استفاده کرد:

۱. **استفاده از تکنولوژی‌های بهینه:** صنایع و ساختمان‌ها باید از تکنولوژی‌های جدید و بهینه استفاده کنند تا کارایی انرژی در آن‌ها افزایش یابد.

۲. **توسعه منابع تجدیدپذیر:** باید به توسعه منابع تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و آب توجه شود تا وابستگی به سوخت‌های فسیلی کاهش یابد.

۳. **نظارت و کنترل بر مصرف انرژی:** باید نظارت و کنترل بر مصرف انرژی در صنایع و ساختمان‌ها بهبود یابد تا از مصرف غیر قانونی جلوگیری شود.

۴. **آموزش و پرورش فرهنگ صرفه‌جویی:** باید فرهنگ صرفه‌جویی در

نفت، کشور قادر به تأمین نیازهای مالی خود باشد.

### ۳/۷) آیا افزایش قیمت انرژی در ایران می تواند مصرف انرژی را کاهش دهد؟

بله، افزایش قیمت انرژی می تواند مصرف انرژی را کاهش دهد. زیرا با افزایش قیمت انرژی، مصرف کنندگان برای صرفه جویی در هزینه های خود، سعی در کاهش مصرف انرژی خواهند داشت. علاوه بر این، افزایش قیمت انرژی می تواند افزایش آگاهی مصرف کنندگان درباره صرفه جویی در مصرف انرژی و استفاده از منابع تجدیدپذیر را نیز به همراه داشته باشد. به همین دلیل، بسیاری از کشورها برای کاهش مصرف انرژی و حمایت از منابع تجدیدپذیر، به تعیین قیمت های انرژی بالاتر اقدام می کنند.

### ۳/۸) چگونه یارانه انرژی در ایران را با کمترین اثرات اقتصادی حذف کنیم؟

حذف یارانه انرژی در ایران می تواند اثرات اقتصادی جدی داشته باشد، اما با برخی اقدامات می توان این اثرات را کاهش داد. به عنوان مثال:  
۱- **تدریجی کردن حذف یارانه:** به جای حذف ناگهانی یارانه، می توان آن را به صورت تدریجی کاهش داد تا مردم زمان کافی برای تطبیق با وضعیت جدید داشته باشند.

۲- **جایگزینی یارانه با سیستم تسهیلات:** به جای یارانه، می توان سیستم تسهیلات را به صورت جایگزین قرار داد. به عنوان مثال، می توان تسهیلات برای تعویض خودروهای قدیمی با خودروهای کم مصرف و صرفه جوی ارائه داد.

۳- **پشتیبانی از خانوارهای آسیب پذیر:** برای کاهش اثرات حذف یارانه، می توان برنامه های پشتیبانی از خانوارهای آسیب پذیر را اجرا کرد. به عنوان مثال، می توان برای خانواده های با درآمد کم، تخفیفات ویژه برای قیمت انرژی را ارائه داد.

۴- **بهبود سیستم حمل و نقل عمومی:** با بهبود سیستم حمل و نقل عمومی و افزایش تسهیلات برای استفاده از آن، می توان مصرف سوخت خودروها را کاهش داد و به دنبال آن، نیاز به یارانه انرژی را کاهش داد.

### ۳/۹) آیا افزایش قیمت سوخت و خوراک صنعت پتروشیمی می تواند به کاهش مصرف انرژی در این صنعت کمک کند؟

بله، افزایش قیمت سوخت و خوراک صنعت پتروشیمی می تواند به کاهش مصرف انرژی در این صنعت کمک کند. با افزایش قیمت سوخت، شرکت های پتروشیمی مجبور به کاهش مصرف سوخت و به دنبال آن، کاهش مصرف انرژی خود می شوند. همچنین، با افزایش قیمت خوراک صنعت پتروشیمی، شرکت های این صنعت مجبور به بهینه سازی فرآیندهای تولید خود و کاهش هدررفت انرژی می شوند. با این حال، باید توجه داشت که افزایش قیمت سوخت و خوراک صنعت پتروشیمی نیز ممکن است بر اقتصاد کلی کشور تاثیر منفی داشته باشد. بنابراین، باید با دقت و هوشمندان به این موضوع نگرینست و راهکارهای مناسب را برای کاهش مصرف انرژی در صنعت پتروشیمی و همچنین کاهش اثرات منفی افزایش قیمت سوخت و خوراک آن پیدا کرد.

### ۳/۱۰) صنعت پتروشیمی ایران باید در چه جهتی توسعه یابد؟

توسعه صنعت پتروشیمی در ایران می تواند در چند جهت مفید واقع شود. این شامل:

۱- **توسعه صادرات:** با توجه به داشتن ظرفیت بالایی در تولید محصولات پتروشیمی، توسعه صادرات این محصولات به کشورهای دیگر می تواند

منجر به افزایش درآمد و ارزآوری برای کشور شود.

۲- **تولید محصولات با ارزش افزوده بالا:** توسعه تولید محصولات با ارزش افزوده بالا، مانند پلاستیک های پیشرفته، الیاف مصنوعی، رنگ ها و رزین های پیشرفته، می تواند به افزایش سطح تکنولوژی و نوآوری در صنعت پتروشیمی کمک کند و همچنین درآمد بالاتری را برای کشور فراهم کند.

۳- **کاهش وابستگی به صادرات نفت خام:** با توسعه صنعت پتروشیمی، می توان به کاهش وابستگی کشور به صادرات نفت خام و همچنین ایجاد تنوع در صادرات اقتصادی کمک کرد.

۴- **توسعه فناوری:** توسعه فناوری در صنعت پتروشیمی، می تواند به افزایش بهره وری و کاهش هزینه ها در تولید محصولات پتروشیمی کمک کند و همچنین به ایجاد فرصت های شغلی در زمینه فناوری کمک کند.

### ۳/۱۱) چگونه صادرات گاز طبیعی و نفت خام ایران را افزایش دهیم؟

برای افزایش صادرات گاز طبیعی و نفت خام ایران، می توان به روش های زیر اشاره کرد:

۱- **توسعه صنعت پتروشیمی:** با تولید محصولات پتروشیمی با ارزش افزوده بالا، می توان به افزایش صادرات این محصولات به کشورهای دیگر کمک کرد و درآمد بیشتری برای کشور فراهم کرد.

۲- **ایجاد تنوع در صادرات:** با توسعه صنعت های دیگر به جز نفت و گاز، می توان به کاهش وابستگی به صادرات این دو محصول کمک کرد و درآمد بیشتری برای کشور فراهم کرد.



**یکی از محصولات و فناوری های مفقوده در ایجاد تنوع صادراتی، گاز مایع LNG است که اخیراً مجدداً مورد تأکید رهبری معظم انقلاب واقع گردید:**

[در جاده، در ریل، در سدسازی، در آبرسانی [مثل] همین آبرسانی غدیر که [افتتاحش] اخیراً انجام گرفت در ساخت پالایشگاه، در ساخت بیمارستان؛ که بسیاری از اینها در همین ۱۴۰۱ انجام گرفته است؛ که یک قسمتی، یک بخشی در پارس جنوبی تماماً از سفر تا مدش ایرانی است؛ این [پیشرفت] اتفاق افتاد؛ کی؟ در وقتی که این همه تحریم هست، این فشار اقتصادی هست. [پیشرفت] در تولید گاز مایع که یکی از کارهای بسیار مهم بود که یک گشایشی برای کشور به وجود می آورد ان شاء الله. در همین دوران اخیر به وجود آمد؛ در دورانی گذشته هم کارهای مفصلی انجام گرفته است.]

۳- **افزایش توانایی تولید:** با افزایش توانایی تولید نفت و گاز، می توان به افزایش صادرات این دو محصول کمک کرد.

۴- **افزایش همکاری های بین المللی:** با افزایش همکاری های بین المللی و جذب سرمایه گذاران خارجی، می توان به افزایش صادرات نفت و گاز کمک کرد.

۵- **بهره وری بیشتر در صنعت نفت و گاز:** با بهره وری بیشتر در صنعت نفت و گاز، می توان هزینه های تولید را کاهش داد و در نتیجه قیمت صادرات را کاهش داد و بازار صادرات را گسترش داد.



## ۱۳/۱۲) چگونه انتشار گازهای گلخانه‌ای در حوزه انرژی ایران را کاهش دهیم؟

برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در حوزه انرژی ایران، می‌توان به روش‌های زیر اشاره کرد:

۱- استفاده از منابع انرژی پاک: با توسعه صنعت تولید انرژی پاک مانند انرژی خورشیدی، بادی، هیدروالکتریک و... می‌توان به کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرد.

۲- توسعه صنعت حمل و نقل عمومی: با توسعه حمل و نقل عمومی و جایگزینی خودروهای سوخت‌گیر با خودروهای برقی و یا هیبریدی، می‌توان به کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرد.

۳- بهینه‌سازی فرآیندهای صنعتی: با بهبود فرآیندهای صنعتی و استفاده از تکنولوژی‌های پاک، می‌توان به کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرد.

۴- افزایش آگاهی عمومی: با افزایش آگاهی عمومی درباره اثرات منفی گازهای گلخانه‌ای بر محیط زیست، می‌توان به کاهش مصرف سوخت و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرد.

۵- اجرای قوانین و مقررات محیط زیست: با اجرای قوانین و مقررات محیط زیست و تحریم صنایع آلوده، می‌توان به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کرد.

## ۱۳/۱۳) برای کاهش ناترازی گاز طبیعی، سرمایه‌گذاری در تولید آن موثرتر است یا بهینه‌سازی مصرف آن؟

برای کاهش ناترازی گاز طبیعی، بهینه‌سازی مصرف آن موثرتر است. بهینه‌سازی مصرف گاز طبیعی شامل استفاده از دستگاه‌های با راندمان بالا، عایق کردن سیستم‌های گرمایش و سرمایش، تعویض لوله‌های گاز قدیمی و خراب و استفاده از چراغ‌های LED و... می‌شود. این اقدامات باعث کاهش مصرف گاز طبیعی و در نتیجه کاهش ناترازی آن می‌شود. به علاوه، این روش‌ها همچنین به کاهش هزینه‌های انرژی در خانه‌ها و صنایع کمک می‌کنند. هرچند که سرمایه‌گذاری در تولید گاز طبیعی نیز می‌تواند در کاهش ناترازی آن مؤثر باشد، اما به علت تأثیرات منفی آن بر محیط زیست و احتمال کاهش تقاضا برای سوخت‌های فسیلی در آینده، بهینه‌سازی مصرف گاز طبیعی به عنوان روش اولویت دار محسوب می‌شود.

## ۱۳/۱۴) چگونه مشارکت عمومی در اصلاح الگوی مصرف انرژی ایران را افزایش دهیم؟

برای افزایش مشارکت عمومی در اصلاح الگوی مصرف انرژی ایران، می‌توان به راهکارهای زیر اشاره کرد:

۱- آموزش و اطلاع‌رسانی: ارائه آموزش‌های مناسب و اطلاع‌رسانی صحیح درباره روش‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش پسماندهای زیست محیطی به مردم، می‌تواند باعث افزایش آگاهی آن‌ها در این زمینه شود.

۲- تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر: تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و آب، به دلیل کاهش تأثیرات منفی بر محیط زیست و صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی، می‌تواند به افزایش مشارکت عمومی در این زمینه کمک کند.

۳- تخصیص منابع مالی: تخصیص منابع مالی برای پروژه‌های توسعه

انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش مصرف انرژی، می‌تواند افزایش مشارکت عمومی را تسهیل کند.

۴- ارائه تسهیلات: ارائه تسهیلات مالی و قرض‌های با شرایط مناسب برای خانواده‌ها و صنایع برای بهبود الگوی مصرف انرژی، می‌تواند باعث افزایش مشارکت عمومی در این زمینه شود.

۵- همکاری با سازمان‌های مردم‌نهاد: همکاری با سازمان‌های مردم‌نهاد و جوامع محلی برای افزایش آگاهی و ترویج الگوی مصرف انرژی صحیح، می‌تواند به افزایش مشارکت عمومی در این زمینه کمک کند.

## ۱۳/۱۵) چگونه صنایع ایران را به کاهش مصرف انرژی ترغیب کنیم؟

برای ترغیب صنایع ایران به کاهش مصرف انرژی، می‌توان به راهکارهای زیر اشاره کرد:

۱- ارائه تسهیلات مالی: ارائه تسهیلات مالی با شرایط مناسب به صنایع برای تجهیز به تجهیزات صرفه‌جویی انرژی و بهبود سیستم‌های انرژی مانند سیستم‌های روشنایی و سیستم‌های خنک‌کننده، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در صنایع کمک کند.

۲- ارائه آموزش: ارائه آموزش‌های مناسب به صنایع درباره روش‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش پسماندهای زیست محیطی، می‌تواند باعث افزایش آگاهی آن‌ها در این زمینه شود.

۳- تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر: تشویق به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و آب، به دلیل کاهش تأثیرات منفی بر محیط زیست و صرفه‌جویی در هزینه‌های انرژی، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در صنایع کمک کند.

۴- اجرای سیاست‌های دولتی: اجرای سیاست‌های دولتی برای کاهش مصرف انرژی در صنایع مانند تعیین استانداردهای صرفه‌جویی انرژی، بهبود قوانین و مقررات در این زمینه، و اختصاص بودجه به پروژه‌های صرفه‌جویی انرژی، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در صنایع کمک کند.

۵- همکاری با سازمان‌های مردم‌نهاد: همکاری با سازمان‌های مردم‌نهاد و جوامع محلی برای افزایش آگاهی و ترویج الگوی مصرف انرژی صحیح در صنایع، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در صنایع کمک کند.

## ۱۳/۱۶) راهکارهای کوتاه مدت کاهش ناترازی گاز طبیعی ایران در فصل زمستان چیست؟

۱- افزایش تولید گاز طبیعی: با افزایش تولید گاز طبیعی، نیاز به واردات گاز کاهش می‌یابد و از ناترازی گاز طبیعی در فصل زمستان جلوگیری می‌شود.

۲- کنترل مصرف در بخش‌های صنعتی: کنترل مصرف گاز طبیعی در بخش‌های صنعتی و تنظیم دما و فشار در دستگاه‌های صنعتی، می‌تواند به کاهش ناترازی گاز طبیعی در فصل زمستان کمک کند.

۳- ترویج استفاده از سوخت‌های جایگزین: ترویج استفاده از سوخت‌های جایگزین مانند برق، نفت و زغال سنگ در جایی که ممکن است، می‌تواند به کاهش ناترازی گاز طبیعی در فصل زمستان کمک کند.

۴- تعمیر و نگهداری خطوط انتقال: تعمیر و نگهداری خطوط انتقال گاز طبیعی و جلوگیری از نشت گاز، می‌تواند به کاهش ناترازی گاز طبیعی در فصل زمستان کمک کند.

۵- افزایش ظرفیت ذخیره گاز: افزایش ظرفیت ذخیره گاز طبیعی در سال‌های آینده، می‌تواند به کاهش ناترازی گاز طبیعی در فصل زمستان کمک کند.



استفاده از فناوری های جدید و بهینه سازی فرآیندهای تولید انرژی، هزینه های تولید کاهش می یابد و ایران می تواند با فروش انرژی به قیمت مناسب، درآمد بیشتری کسب کند.

در نهایت، توسعه سرمایه گذاری در بخش انرژی نیز می تواند به تامین منابع مالی کمک کند. با توجه به پتانسیل بالای ایران در زمینه صنعت انرژی، سرمایه گذاران می توانند در بخش های مختلف صنعت انرژی سرمایه گذاری کنند و به دلیل بازده بالای سرمایه گذاری، درآمد بالایی را کسب کنند.

### ۳/۱۹) ایران چگونه می تواند منابع مالی لازم جهت توسعه صنعت نفت و گاز خود را تامین کند؟

برای تامین منابع مالی لازم جهت توسعه صنعت نفت و گاز، ایران می تواند از راهکارهای زیر استفاده کند:

۱- **جذب سرمایه گذاری خارجی:** با جذب سرمایه گذاری خارجی، ایران می تواند بخش خصوصی را به عنوان یک پلتفرم برای توسعه صنعت نفت و گاز استفاده کند. این راهکار می تواند به عنوان یک فرصت برای توسعه همکاری های بین المللی و افزایش سطح تجارت با سایر کشورهای در زمینه صنعت نفت و گاز در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

۲- **توسعه صادرات نفت و گاز:** با افزایش تولید نفت و گاز در ایران و صادرات آن به بازارهای جهانی، درآمد کشور نیز افزایش می یابد. همچنین، توسعه صادرات محصولات پتروشیمی نیز می تواند به تامین منابع مالی کمک کند.

۳- **استفاده از فناوری های جدید:** با استفاده از فناوری های جدید و بهینه سازی فرآیندهای تولید نفت و گاز، هزینه های تولید کاهش می یابد و ایران می تواند با فروش نفت و گاز به قیمت مناسب، درآمد بیشتری کسب کند.

۴- **توسعه سرمایه گذاری در بخش نفت و گاز:** با توجه به پتانسیل بالای ایران در زمینه صنعت نفت و گاز، سرمایه گذاران می توانند در بخش های مختلف صنعت نفت و گاز سرمایه گذاری کنند و به دلیل بازده بالای سرمایه گذاری، درآمد بالایی را کسب کنند.

۵- **توسعه بخش های دیگر صنعت:** با توسعه بخش های دیگر صنعت مانند صنعت پتروشیمی، ایران می تواند منابع مالی لازم جهت توسعه صنعت نفت و گاز خود را تامین کند.

۶- **بهبود مدیریت مالی:** با بهبود مدیریت مالی و کاهش هدررفت ها، ایران می تواند درآمدهای بیشتری را از فروش نفت و گاز کسب کند و به تامین منابع مالی جهت توسعه صنعت نفت و گاز خود بپردازد.

### ۴. جمع بندی

ربات ChatGBT به رغم نو بودن تکنولوژی و فاصله قابل توجه تا بلوغ، پاسخ های قابل تاملی در مسائل کلان حوزه انرژی ایران داده است. اگر چه برخی از این پاسخ ها غیر دقیق و یا حتی گاه اشتباه است اما نباید هدف اصلی از استفاده این ابزار که تعدد نظرات کارشناسی و ارائه راهکار است را فراموش کنیم. فرض کنید یک مشاور در کنار خود دارید که حجم قابل توجهی از داده های متنی موجود را مطالعه کرده و توانمندی بالایی دارد در نتیجه استفاده از این مشاور می تواند کمک قابل توجهی به تصمیم گیری و انجام فعالیت ها نماید. در نتیجه استفاده از تمام پتانسیل های بر پایه تکنولوژی موجود، می تواند کمک قابل توجهی به توسعه حوزه انرژی در کشور نماید.

توضیح: افزایش ظرفیت ذخیره سازی گاز طبیعی، فرایندی موثر اما زمانبر است که پس از رکود چندساله، فعال شدن آن اجتناب ناپذیر است. اما توجه صاحب نظران را به راهکار راهبردی استفاده از تاسیسات ذخیره سازی گاز مایع، قابلیت حمل و نقل با زیرساخت ریلی و شبکه ی قابل توازن در ماهشهر، بندرعباس، ری، اراک، سنگ بست و... در کنترل بحران های گازی زمستانی جلب می نماییم. به عنوان مثال، بهره گیری پیشینه از تاسیسات گاز مایع سنگ بست مشهود، می توانست بخش بیشتری از بحران گازی خراسان را در زمستان ۱۴۰۱ را مدیریت نماید.



### ۳/۱۷) چگونه تولید نفت ایران را افزایش دهیم؟

برای افزایش تولید نفت در ایران، می توان به روش های زیر رجوع کرد:

۱- **استفاده از فناوری های جدید:** استفاده از فناوری های جدید در حفاری، استخراج و پالایش نفت، می تواند به افزایش تولید نفت در ایران کمک کند.

۲- **توسعه میدان های نفتی:** توسعه میدان های نفتی و بهره برداری بهینه از آن ها، می تواند به افزایش تولید نفت در ایران کمک کند.

۳- **جذب سرمایه گذاری خارجی:** جذب سرمایه گذاری خارجی و همکاری با شرکت های بین المللی در حوزه نفت، می تواند به افزایش تولید نفت در ایران کمک کند.

۴- **بهینه سازی فرآیندهای پالایش:** بهینه سازی فرآیندهای پالایش نفت و استفاده از تکنولوژی های پیشرفته در این زمینه، می تواند به افزایش تولید نفت در ایران کمک کند.

۵- **توسعه صادرات نفت:** توسعه صادرات نفت به بازارهای جدید و گسترش روابط تجاری با کشورهایمانند چین و هند، می تواند به افزایش تولید نفت در ایران کمک کند.

### ۳/۱۸) ایران چگونه می تواند منابع مالی لازم جهت گذار انرژی را تامین کند؟

برای تامین منابع مالی لازم جهت گذار انرژی، ایران می تواند از راهکارهای مختلف استفاده کند. اولین راهکار، جذب سرمایه گذاری خارجی است. با جذب سرمایه گذاری خارجی، ایران می تواند بخش خصوصی را به عنوان یک پلتفرم برای توسعه صنعت انرژی استفاده کند. این راهکار می تواند به عنوان یک فرصت برای توسعه همکاری های بین المللی و افزایش سطح تجارت با سایر کشورهای در زمینه صنعت انرژی در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

راهکار دیگر، توسعه صادرات نفت و گاز است. با افزایش تولید نفت و گاز در ایران و صادرات آن به بازارهای جهانی، درآمد کشور نیز افزایش می یابد. همچنین، توسعه صادرات محصولات پتروشیمی نیز می تواند به تامین منابع مالی کمک کند. راهکار دیگر، استفاده از فناوری های جدید در صنعت انرژی است. با



ChatGPT



# EnerTech



## PROFESSIONAL MONTHLY JOURNAL OF ENERGY TECHNOLOGIES (ENERTECH)



Institute For International Energy Studies

[www.iies.ac.ir](http://www.iies.ac.ir)  
[www.iies.mop.ir](http://www.iies.mop.ir)

