موسسه مطالعات بین المللی انرژی
(وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران)

# بولتن تخصصی فناوری
## موسسه مطالعات بین المللی انرژی

شماره پنجم، فروردین ماه ۱۴۰۰

۵

# بولتن تخصصی فناوری موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

شماره پنجم، فروردین ماه ۱۴۰۰

ناشر: مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

**مدیرمسئول**

امیرحسین هوشمند

**ناظران علمی**

عرفان ریاحی، مهدی احمدخان بیگی

**سر دبیر**

سیدفرهنگ فصیحی

**مدیر داخلی**

عباس زراء نژاد

**هیأت تحریریه**

حامد حوری‌جعفری، رامش زروانی، مهدی شریف زاده، امیرحسین‌هوشمند، عباس زراءنژاد، امیرحسین فاکهی، سیدصادق ضرغامی، غلامعلی رحیمی، آزاده دباغی، حمیدرضا مصطفایی، نرجس سرعتی آشتیانی، طاهر خرم‌روز

**همکاران این شماره**

امیرحسین سوهانکار، ناصر باقری مقدم، حسین حیرانی، مهدی صحاف زاده، نرجس سرعتی آشتیانی

نشانی: تهران، خیابان ولیعصر، روبروی پارک ملت، خیابان شهید سلطانی (سایه سابق)، پلاک ٦٥
مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، کدپستی ۱۹۶۷۷۴۳۷۱۱، صندوق پستی ٤٧٥٧- ١٩٣٩٥
تلفن: ۹-۲۲۰۲۹۳۵۱ نمابر: ۲۲۰۵٤۸۵۳

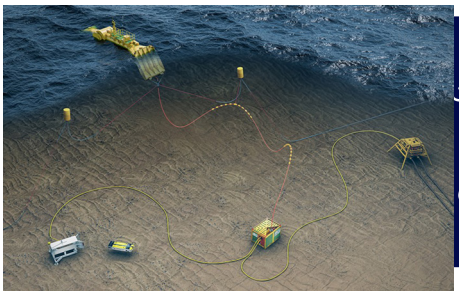
www.iies.ac.ir

دریافت فایل الکترونیکی و همچنین دسترسی به سایر شماره‌های بولتن از طریق سایت موسسه امکان‌پذیر است.

## دراین‌شماره می‌خوانید...

مهمترین اخبار و رویدادهای علمی در حوزه فناوری انرژی(تازه ها)

آینده صنعت پایین دستی — صفحه ۵



سرمایه گذاری شرکتهای انرژی جهت استفاده از نیروی امواج در پروژه های زیر دریا — صفحه ۶

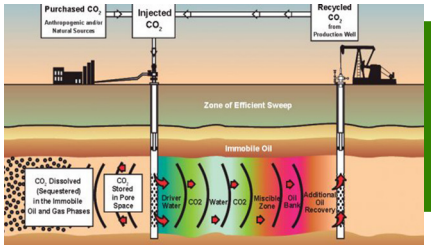
فصل اول: رصد فناوری‌های انرژی

الزامات فناورانهٔ تحقق انتشار خالص صفر کربن تا سال ۲۰۷۰ — صفحه ۷

فصل دوم: نفت، توسعه و زنجیره ارزش

چشم انداز و اهداف کلان توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران — صفحه ۲۰

فصل سوم: معرفی شرکت‌های حوزه انرژی




شرکت‌های برتر تحقیقاتی در حوزه میادین نفتی هوشمند (Digital Oilfield) — صفحه ۲۸


در این گزارش چشم انداز انتشار کربن در سالها و دهه های آتی در دو سناریوی سیاست های موجود و سناریوی توسعهٔ پایدار بررسی شده است. سپس نیازهای فناورانه برای تحقق انتشار خالص صفر حول سه محور بهینه سازی مصرف انرژی، منابع انرژی جایگزین و جذب کربن و استفاده و یا ذخیرهٔ آن مورد توجه و بررسی قرار می گیرد. در پایان فرصتها و تهدید های پیش روی ایران به اجمال ارائه می گردد.

در مقاله ای تحت عنوان «معرفی سند راهبردی توسعه فناوری بالادستی شرکت ملی نفت ایران» که در شماره چهارم بولتن تخصصی فناوری منتشر شد، اهمیت و نقش فناوری در توسعه اقتصادی و ضرورت مداخلهٔ دولت در تدوین اسناد توسعهٔ فناوری مورد بررسی قرار گرفت و بیان شد شرکت ملی نفت ایران با هدف افزایش توانمندی فناورانه در بخش بالادست صنعت نفت اقدام به تدوین «سند راهبردی توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران» نموده است.

در مقاله حاضر به معرفی روش تدوین و خروجی چشم‌انداز و اهداف کلان توسعه فناوری بالادستی شرکت ملی نفت ایران پرداخته می شود.

هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز از جمله مهم‌ترین دستاوردهای اخیر در صنعت نفت و گاز محسوب می‌شود که سنگ بنای پیاده سازی آن، به دست آوردن منابع داده، تدوین مدل داده و ارائه شاخص‌های عملکردی است. با توجه به مزایای چشمگیر تکنولوژی هوشمند، بیش از نود درصد از شرکت‌های موجود در صنعت نفت دنیا بیش از پانزده سال است که در حال بهکارگیری و توسعه این تکنولوژی می‌باشند. Schlumberger با ۲۵۶ حق ثبت اختراع، بر فضای ثبت اختراع فناوری میدان نفتی دیجیتال تسلط دارد. Halliburton با ۱۳۶ حق ثبت اختراع، مقام دوم را دارد و پس‌ازآن China National Petroleum و Baker Hughes به ترتیب در مقام سوم و چهارم جای دارند.

## سرمقاله

بنام خداوند دانایی

کلان روند ها، نظام های نوین و بلند مدتی هستند که سبب ایجاد تحولات و تغییرات پایدار ساختاری در کسب و کار، اجتماع، اقتصاد و محیط زیست شده و پیامدهایی تغییرناپذیر برای بازارهای جهانی بوجود می آورند. در بخش انرژی، مطالعه کلان روندها برای هریک از ذی نفعان جهت استفاده از فرصت ها و مقابله با تهدیدها، و همچنین بررسی اثرات آنها بر کسب و کارشان، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. با مطالعه کلان روندها در بخش انرژی، برنامه ریزی برای آینده عرضه و تقاضا تسهیل گردیده و میزان سرمایه گذاری در بخش های مختلف قابل ارزیابی خواهد بود. با توجه به گزارشات شرکت های معظم مشاوره ای فعال در بخش انرژی، دهه های آتی، تحولات جدید در شش حوزه ذیل را به ارمغان خواهند آورد:

۱. زیست محیطی: تعهدات بین المللی در خصوص کاهش آلاینده ها و تاثیر آنها بر بخش های عرضه و تقاضا

۲. اجتماعی: نرخ رشد جمعیت، میزان مهاجرت های داخلی و خارجی، بعد خانوار، شاخص های جمعیت شناختی

۳. فناوری ها: انرژی های تجدیدپذیر و ذخیره سازی آنها، خودروهای الکتریکی، پیل های سوختی

۴. شهرنشینی: نرخ رشد شهرنشینی، شهرهای هوشمند، زیرساخت ها

۵. دیجیتالی شدن: اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، کلان داده، واقعیت مجازی/افزوده (VR/VA)

۶. اقتصاد کلان و بازار: تخمین حداکثر تقاضای انرژی های فسیلی، توازن اقتصاد جهانی، رشد و اندازه بازارها

جهت مقابله با چالشهای آتی حاصل از این تحولات، ابتدا آنها باید به درستی درک گردند، سپس راهبردهای مناسب جهت همراستایی با آنها تدوین شده و در نهایت با پایش مستمر تحولات، اقدامات برنامه ریزی شده مناسب انجام شود.

با توجه به اثرات قابل توجه کلان روندها بر بخش انرژی کشور خصوصا صنعت نفت، لزوم انجام مطالعه ای جامع جهت بررسی تاثیر این عوامل و نحوه سازگاری با آنها ضروری بنظر می رسد. در این راستا، دانش آینده پژوهی می تواند بطور نظام مند و علمی، وضعیت های محتمل آینده پیش روی بخش انرژی و نفت را توسط شناسایی مولفه های کلیدی و تدوین سناریوها بررسی نماید.

موسسه مطالعات بین المللی انرژی

# آینده صنعت پایین دستی

مطلب حاضر بخشی از پیام کارلوس ماورر (carlos Maurer)، معاون اجرایی بخش کربن زدایی شرکت شل می باشد.

جهان در حال تغییر بوده و این تغییر سریع می باشد. با شتاب گرفتن اقدامات کاهش انتشارکربن به صفر در بحبوحه همه گیری COVID-19 و پیش از کنفرانس امسال COP26 سازمان ملل در گلاسگو، یک احساس اضطراری مشترک در حال ظهور است.

صنعت پایین دستی پیچیده است و اگر بخواهد از تغییر پارادایم جهانی به سمت یک ترکیب جدید انرژی استفاده کند، باید هم اکنون اقدام نماید. با بهره گیری از ذهنیت نوآوری صنعت، فناوری های دیجیتال نقشی حیاتی در انتقال به آینده ای با کربن کمتر دارند. اما این بخش به پیشگامانی نیاز دارد همچون دولت ها و مشاغلی که مایل به تقویت و تحول هستند. کنفرانس Future Downstream (۲۰۲۱) در سومین سال خود بیش از هر سال دیگر اپراتورهای پتروشیمی و پالایشگاه، شرکت های خدمات پایین دستی، متخصصان اتوماسیون و دیجیتالی سازی پایین دستی و تأمین کنندگان فناوری را گرد هم آورده بود. در این نشست بیش از پنجاه سخنران با نفوذ از سراسر جهان گرد هم آمدند تا فرآیند دیجیتالی شدن و نوآوری در شکل گیری بخش پایین دستی نفت و گاز را واشکافی نمایند. در طی این رویداد دو روزه، ۱۰ جلسه پانل موضوعی بحث در مورد یادگیری ماشین، هوش مصنوعی، مدیریت عملکرد دارایی، تجزیه و تحلیل داده ها، امنیت سایبری، مدیریت زنجیره تامین و تحول دیجیتال ارائه گردید.

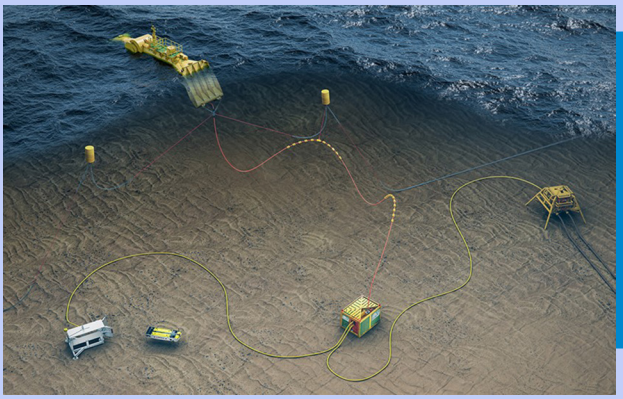
صنعت پایین دستی با اعمال رقبای جدید و مقررات جدید به طور مداوم در حال پیشرفت است، که تحول و پذیرش دیجیتال را تسریع می کند. همراه با تأثیر کربن زدایی و انطباق با ESG یا (Environmental,Soeial and Governance)، پالایشگاه ها باید در برنامه های پایداری خود طی سالهای آینده تجدید نظر کنند. پالایش سبز و پالایش دیجیتال در حال تبدیل شدن به عباراتی هستند که ذینفعان و سرمایه گذاران به طور فزاینده ای می خواهند آن را بشنوند.

کارلوس ماورر در سخنرانی اصلی خود، سه روند اصلی را که منجر به مشاغل پایین دستی می شود، تحلیل نمود: کربن زدایی بخشی، نیاز به همکاری گسترده و اهمیت دیجیتالی شدن. مقابله با تغییرات آب و هوایی یک چالش فوری است. وی افزود: این فقط مربوط به سال ۲۰۵۰ نیست. این مربوط به کاری است که امسال انجام می دهیم. شرکت شل به تحقق هدف انتشار خالص صفر کمک خواهد کرد. ما این کار را با کاهش انتشار گازهای گلخانه ای حاصل از فعالیت های خود و سوخت ها و سایر محصولات انرژی که به مشتریان خود می فروشیم، انجام خواهیم داد. ما در حال تحول در کسب و کار خود و یافتن فرصت های جدید هستیم. ما انرژی کم کربن تری مانند سوخت های زیستی، هیدروژن، شارژ وسایل نقلیه الکتریکی و برق تولید شده توسط خورشید و باد را فراهم خواهیم کرد.

امروزه ۸۱ درصد از کارگران صنعتی به دلیل عدم دسترسی به داده ها ناامید شده اند. این زمان معادل ۵٫۳ ساعت در هفته در وقت تلف شده برای جمع آوری و دستیابی به داده ها است.

۶۶ درصد از همه تأخیرهایی که بیش از یک هفته طول می کشد مستقیماً به عدم دسترسی به داده ها و اطلاعات مربوط می شود. این فرهنگ تقسیم دانش ناکارآمد هر ساله هزینه ۴۷ میلیون دلاری بهره وری از دست رفته را برای شرکت ها در پی دارد. ۹۰-۸۰ درصد از سوانح صنعتی که باعث خرابی بی برنامه و هزینه بر می شود، به خطای انسانی نسبت داده می شود. با جمع آوری داده ها و تحلیل رفتار پویای آن، سازمان ها با امکان بخشیدن به عملیات از راه دور، پیش بینی تعمیر و نگهداری، اتوماسیون و بهبود قابل توجه همکاری، بهره وری عملیاتی را بهبود می بخشند.

لینک خبر http://www.oilandgastechnology.net/news/future-downstream-digitalisation-will-drive-decarbonisation-people-are-key-not-technology



## سرمایه گذاری شرکتهای انرژی جهت استفاده از نیروی امواج در پروژه های زیر دریا

شرکت های Chrysaor، Mocean Energy، EC-OG، OGTC، Modus و Baker Hughes در یک برنامه جهت توسعه نیروی امواج و سیستم ذخیره انرژی برای پروژه های زیر دریا مبلغ ۱,۶ میلیون پوند سرمایه گذاری کردند.این برنامه یک سیستم انرژی تجدید پذیر متکی به نیروی امواج را برای راه اندازی تجهیزات زیر دریا پایه ریزی خواهد کرد. برنامه هدف جهت تست این پروژه سال جاری میلادی خواهد بود. کارشناسان حوزه استفاده از نیروی امواج در شرکت Mocean Energy و توسعه دهندگان ذخیره سازی انرژی در شرکت EC-OG به نیروهای شرکت های Chrysaor، Modus، OGTC و Baker Hughes پیوستند تا این مجموعه در پروژه دموی یک سیستم انرژی تجدید پذیر متکی به نیروی امواج جهت راه اندازی تجهیزات زیر دریا سرمایه گذاری کند. این برنامه نشان خواهد داد نیروی امواج چگونه با کوپل شدن به سیستم ذخیره انرژی زیر آب می تواند جهت کاهش موثر هزینه های تامین نیروی محرکه برای تجهیزات تولید نفت و گاز زیر دریا و وسایل نقلیه زیر دریایی استفاده شود و رد پای کربن را در این فرایند به طور موثری کاهش دهد.

سرمایه گذاری اختصاصی شرکت OGTC با مشارکت مالی شرکای پروژه همراه شده است. آزمایش هماهنگ پروژه در آگوست و جولای ۲۰۲۱ در خارج از دریا انجام خواهد شد و هدف بر این است تا سیستم در مراحل بعد در همین سال در دریا آزمایش گردد. این برنامه در ادامه مطالعات پیشین در سال ۲۰۲۰ پی گیری می شود که بخشی از سرمایه گذاری آن توسط شرکت OGTC وشرکای دیگر تامین شده است. در آن مطالعات مزایای زیست محیطی طرح مفهومی برنامه مذکور مورد تأیید قرار گرفته است.

لینک خبر https://www.ogtc.com/news-events/newsroom/news/2021/coalition-of-energy-companies-invest-in-demonstrating-wave-power-for-subsea-projects/

# الزامات فناورانهٔ تحقق انتشار خالص صفر کربن تا سال ۲۰۷۰

امیر حسین سوهانکار

پژوهشگر اندیشکدهٔ حکمرانی انرژی و منابع ایران

## مقدمه

در حال حاضر بیش از هر زمان دیگری بر لزوم استفاده از فناوری‌های انرژی غیرفسیلی یا پاک تأکید می‌شود. گرچه فناوری تنها لازمهٔ تحقق آیندهٔ توأم با انرژی پاک نیست، هیچ مسیر معتبر و مطمئنی برای رسیدن به انتشار خالص صفر کربن را نمی‌توان بدون گسترش سریع فناوری‌های انرژی غیرفسیلی در سراسر بخش انرژی متصور شد.

در دوره‌های زمانی مختلف، انتشار کربن بواسطهٔ سیاست‌هایی که دولت‌ها اتخاذ می‌کردند کاهش یافته است. برای مثال، احداث رآکتورهای هسته‌ای در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ به اوج خود رسید، اما پس از آن روند توسعهٔ برق هسته‌ای کند شد. در عصر حاضر، توربین‌های بادی و فوتوولتاییک‌های خورشیدی به دلیل سیاست‌های حمایتی در اتحادیهٔ اروپا، ایالات متحده، چین و هند رشد سریعی را به خود دیدند. انرژی بادی و خورشیدی در حال حاضر به ترتیب ۵ و ۲٫۵ درصد از عرضهٔ جهانی برق را شامل می‌شوند. سوخت‌های زیستی، عمدتاً به دلیل الزام و اهدافی که در کشورهای برزیل، آمریکا و ایالات متحده برای استفاده از این سوخت‌ها در ترکیب با بنزین وجود دارد، حدود ۳ درصد از نیاز بخش حمل و نقل به انرژی را تأمین می‌کند.

با این وجود، فناوری‌های انرژی غیرفسیلی در بخش‌هایی که به مصرف کنندهٔ نهایی مربوط است، پیشرفت آهسته‌ای را تجربه کرده است. بهره‌وری انرژی، اصلی‌ترین ابزار برای مهار رشد انتشار کربن دی‌اکسید در بخش‌های مرتبط با مصرف کنندهٔ نهایی بوده است. پیشرفت‌هایی نیز، بویژه در توسعهٔ خودروهای الکتریکی که در سال ۲۰۱۹ حدود ۲٫۶ درصد از کل فروش خودروهای جهان را به خود اختصاص داد، روی داده است. در سالیان گذشته سرعت توسعهٔ فناوری‌های حیاتی مانند هیدروژن و جذب و ذخیره‌سازی کربن نیز افزایش یافته است. با این وجود، اگر دنیا قرار است تا پایان قرن بیست و یک به انتشار خالص صفر برسد، نیاز است تا پیشرفت‌های به مراتب سریع‌تری در بخش‌های مرتبط با مصرف‌کنندهٔ نهایی، که منشأ ۵۵ درصد از کربن دی اکسید منتشرشده از صنعت و انرژی است، روی دهد.

رشد تقاضای انرژی به مراتب بیشتر از گسترش استفاده از فناوری‌های انرژی غیرفسیلی است. در سال ۲۰۱۹، انتشار کربن دی اکسید ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی به بیش از ۳۳ گیگا تن، که بالاترین رکورد محسوب می‌شود، رسید.

بسیاری از زیرساخت‌های انرژی کنونی، بویژه در آسیا، در ابتدای دورهٔ فعالیت خود قرار دارند. حدود ۴۵ درصد از ظرفیت نصب شدهٔ تولید برق آسیای جنوب شرقی طی ۱۰ سال گذشته، و حدود ۷۰ درصد طی بیست سال گذشته ساخته شده‌اند. اکثر زیرساخت‌های تولید فولاد، سیمان و مواد شیمیایی نیز، بویژه در چین، نسبتاً تازه تأسیس هستند. متوسط جهانی سن این تأسیسات بین ۱۰ الی ۱۵ سال است، در حالیکه به صورت معمول دورهٔ فعالیت واحدهای شیمیایی ۳۰ و کارخانه‌های فولاد و سیمان ۴۰ سال است. در صورتی که زیرساخت‌های کنونی دست نخورده باقی بمانند، تا سال ۲۰۷۰ حدود ۷۵۰ گیگا تن کربن دی اکسید بیشتری نسبت به اکنون منتشر خواهد شد. این موضوع به خودی خود بخش زیادی از منابع بودجهٔ مربوط به کاهش انتشار کربن دی اکسید برای محدود کردن افزایش دما به ۲ درجهٔ سانتی گراد را به خود اختصاص خواهد داد.

### نیازهای فناورانه برای تحقق انتشار خالص صفر

آژانس بین‌المللی انرژی در گزارش دورنمای فناوری انرژی، برای ترسیم مسیر فناوری انرژی، دو سناریو را در نظر گرفته که به شرح زیر است:

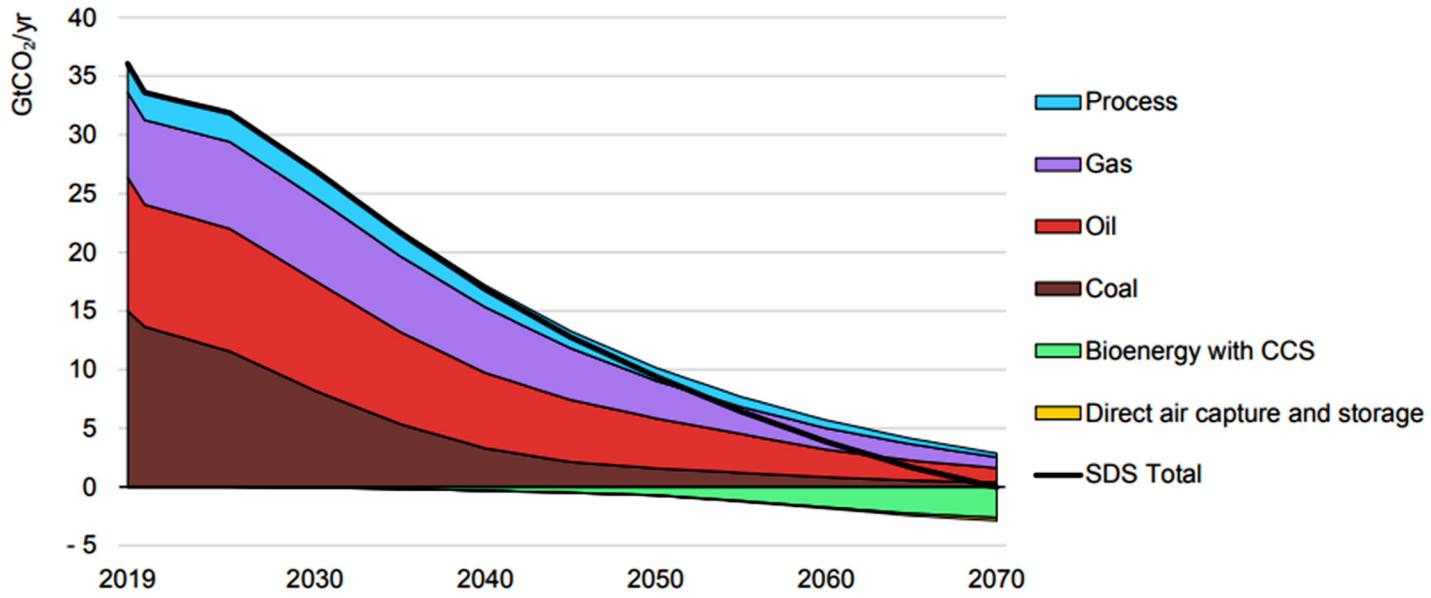
**سناریوی توسعهٔ پایدار:** از این سناریو برای تعیین نیازهای فناورانه به منظور رسیدن به انتشار خالص صفر در بخش انرژی استفاده شده است. این سناریو برای یافتن الزامات تحقق اهداف پاریس طراحی شده است. مسیر انتشار کربن دی اکسید مربوط به بخش‌های صنعت و انرژی در این سناریو با رسیدن به انتشار خالص صفر کربن دی اکسید در بخش انرژی تا سال ۲۰۷۰ همراستا است.

**سناریوی سیاست‌های موجود:** از این سناریو به عنوان بنچمارکی برای سناریوی توسعهٔ پایدار استفاده می‌شود. در این سناریو تکامل سیستم انرژی جهان با فرض اجرای تمام تعهدات و سیاست‌هایی که تاکنون از سوی دولت‌ها اعلام شده است، ارزیابی می‌شود. در این سناریو فرض شده است که در آینده سیاست‌ها و اقدامات اعلام شده تغییری نخواهند کرد، اما تأثیر این اقدامات بر تکامل بلند مدت فناوری لحاظ شده است.

رویکرد در سناریوی سیاست‌های موجود بدین شکل است که در آغاز، شرایطی تعریف می‌شود و سپس از طریق مدلسازی مشخص می‌شود که با این شرایط، آیندهٔ سیستم انرژی به چه شکل خواهد بود؛ هدف در این سناریو این نیست که به یک خروجی خاص و ویژه برسیم. در سناریوی توسعهٔ پایدار اما رویکرد متفاوتی اتخاذ شده است. در این سناریو شرایطی برای آیندهٔ مطلوب تعیین شده است و از طریق مدلسازی، اقتصادی‌ترین مسیر برای تحقق آن از طریق مداخله‌های سیاستی از جمله حمایت‌های هدفمند از تحقیق، توسعه و بکارگیری فناوری، ترسیم می‌شود.

تحت سناریوی سیاست‌های بیان‌شده، انتشار کربن دی اکسید پس از افت در سال ۲۰۲۰ بدلیل اثرات اقتصادی ویروس کووید-۱۹ به روند صعودی خود باز خواهد گشت. در نقطهٔ مقابل، تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، اقدامات در نظر گرفته شده برای بهبود پایدار اقتصادهای کرونازده و افزایش مداخله‌های سیاستی باعث خواهد شد تا سال ۲۰۱۹ سال اوج انتشار کربن دی اکسید لقب گرفته و انتشار خالص صفر در سال ۲۰۷۰ محقق شود. در سناریوی توسعهٔ پایدار، انتشار کربن دی اکسید ناشی از احتراق سوخت فسیلی و فرایندهای صنعتی به ۳ گیگاتن در ۲۰۷۰ کاهش خواهد یافت. این میزان از طریق فناوری‌های دارای انتشار منفی جبران شده و در مجموع در سال ۲۰۷۰ نشر خالص کربن به صفر می‌رسد (شکل ۱).

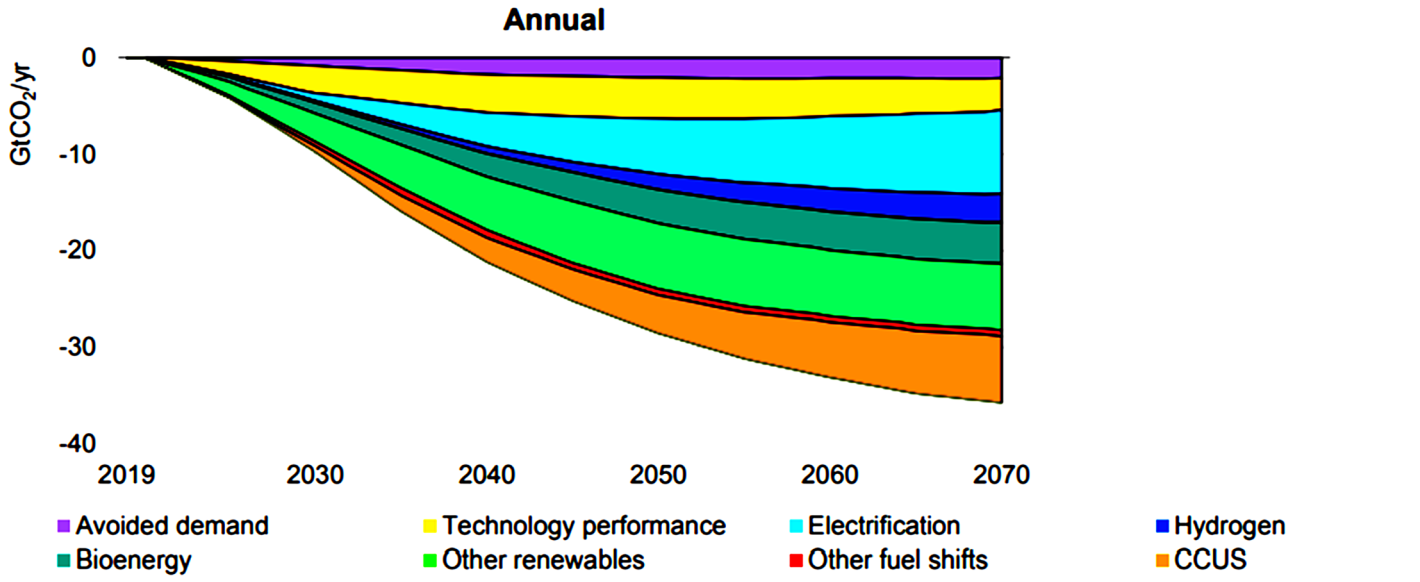
براساس سناریوی توسعهٔ پایدار، دستیابی به انتشار خالص صفر کربن دی اکسید به گستره‌ای از اقدامات و تحولات فناورانه نیاز دارد که در شکل ۲ سهم هر یک از آن‌ها در کاهش انتشار کربن دی‌اکسید تا سال ۲۰۷۰ نشان داده شده است.




IEA 2020. All rights reserved.

Notes: CCS = carbon capture and storage. SDS= Sustainable Development Scenario.

شکل۱: انتشار کربن دی اکسید در بخش انرژی به تفکیک سوخت و فناوری تحت سناریوی توسعهٔ پایدار از سال ۲۰۱۹ تا سال ۲۰۷۰نهایی (منبع IEA–۲۰۱۹)




IEA 2020. All rights reserved.

شکل۲: کاهش انتشار کربن دی اکسید در بخش انرژی به تفکیک سوخت و فناوری تحت سناریوی توسعهٔ پایدار از سال ۲۰۱۹ تا سال ۲۰۷۰

اولین اقدام مربوط به بهره‌وری انرژی، بویژه در فرایندهای صنعتی، گرمایش و سرمایش محیط و اقتصاد سوخت وسایل نقلیه و در وهلهٔ دوم انرژی‌های تجدیدپذیر، علی‌الخصوص باد و فوتوولتاییک خورشیدی است. طی دو دههٔ آینده، بهره‌وری انرژی و تجدیدپذیرها به همراه هم تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، ۷۰ درصد از مجموع انتشار کربن دی‌اکسید نسبت به سناریوی سیاست‌های موجود خواهند کاست. کارایی مواد اولیه یا Material Efficiency نیز از تقاضا برای خدمات انرژی خواهد کاست. این موضوع در مجموع تا سال ۲۰۴۰ بدلیل کاهش نیاز به تولید مواد اولیه (از طریق طراحی برای دورهٔ فعالیت طولانی، کاهش وزن محصولات، کاهش تلفات مواد اولیه در فرایند تولید و ساخت و ...) حدود ۵ درصد از انتشار کربن دی اکسید می‌کاهد. برقی سازی، فناوری‌های جذب و ذخیرهٔ کربن، سوخت‌های زیستی و هیدروژن نیز درمجموع بیش از ۵۰ درصد از مجموع انتشار کربن دی اکسید نسبت به سناریوی سیاست‌های موجود خواهند کاست.

در بلندمدت، چهار فناوری به عنوان فناوری‌های حیاتی در مسیر رسیدن به انتشار خالص صفر گازهای گلخانه‌ای ظهور خواهند کرد:

**برقی سازی بخش مصرف کنندهٔ نهایی**

سهم برقی سازی در کاهش انتشار با کربن زدایی کامل بخش تولید برق افزایش می‌یابد: برقی سازی تحت سناریوی توسعهٔ پایدار به تنهایی تا سال ۲۰۷۰ حدود ۲۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با سناریوی سیاست‌های موجود خواهد کاست.

**فناوری جذب و ذخیرهٔ کربن**

نقش سیستم‌های جذب و ذخیرهٔ کربن در طول مسیر رسیدن به انتشار خالص صفر تغییر می‌کند: در ابتدا، تمرکز بر کربن زدایی از تأسیسات کنونی بخش برق و صنایع سنگین است، اما با گذشت زمان نقش این فناوری به جذب کربن از جو تغییر می‌کند تا بدین ترتیب انتشار بخش‌هایی که کاهش نشر آلایندگی از آن‌ها دشوار است را جبران کند. سیستم‌های جذب و ذخیرهٔ کربن تحت سناریوی توسعهٔ پایدار در مجموع تا سال ۲۰۷۰ حدود ۱۵ درصد از کل انتشار را کاهش خواهد داد.

**هیدروژن کم کربن و سوخت‌های سنتز مانند آمونیاک و سوخت‌های هیدروکربنی سنتزی**

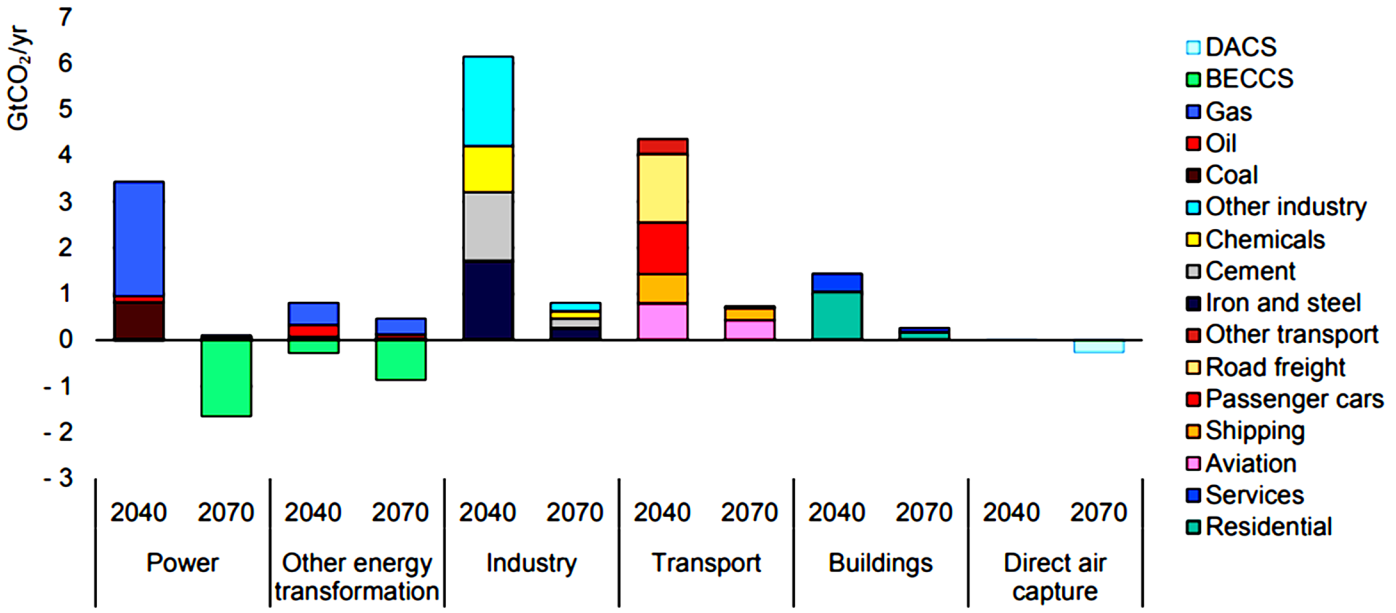
استفاده از این سوخت‌ها در طول زمان در بخش‌های مختلف افزایش خواهد یافت و تا سال ۲۰۷۰ حدود ۶ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای را درمقایسه با سناریوی سیاست‌های موجود کاهش خواهد داد.

**انرژی زیستی پایدار**

در سناریوی توسعهٔ پایدار، انرژی زیستی (که به صورت پایدار تولید شده باشد) نقش مهمی را در کاهش انتشار کربن در کوتاه مدت خواهد داشت (برای مثال در بخش حمل و نقل). با این وجود، انرژی زیستی این پتانسیل را دارد که در بخش‌های دیگر مانند صنعت نیز مورداستفاده قرار گیرد. این منبع انرژی تحت سناریوی توسعهٔ پایدار تا سال ۲۰۷۰ در مجموع باعث کاهش ۱۲ درصدی انتشار کربن دی اکسید، نسبت به سناریوی سیاست‌های موجود، خواهد شد.

این چهار دسته فناوری در مرکز تمام تلاش‌ها برای کاهش انتشار است. البته در بخش‌هایی نظیر صنعت و حمل و نقل، کاهش انتشار کار دشوار و سختی خواهد بود. با این وجود، بسیاری از بخش‌های زنجیرهٔ ارزش این فناوری‌ها در مراحل اولیهٔ توسعه قرار دارند و در مجموع نسبت به برق تجدیدپذیر، برق هسته‌ای و فناوری‌های بهبود بازدهی استفاده از سوخت‌های فسیلی کمتر توسعه یافته‌اند.

بیشترین فرصت طی ۲۰ سال آینده در فناوری‌هایی وجود خواهد داشت که در حال حاضر از نظر اقتصادی و فنی توجیه‌پذیر باشند. در بخش حمل و نقل، این فرصت بیش از هر چیز در حوزهٔ خودروهای سواری (که باید اکثر آن‌ها تا سال ۲۰۷۰ برقی شده باشند) وجود دارد.




IEA 2020. All rights reserved.

شکل ۳: انتشار جهانی کربن دی‌اکسید به تفکیک هر بخش و سوخت تحت سناریوی توسعهٔ پایدار در سال‌های ۲۰۴۰ و ۲۰۷۰

در بخش ساختمان این فرصت عبارتست از تأمین آب گرم با استفاده از پمپ حرارتی. اما در سایر بخش‌ها و بویژه در بخش صنایع سنگین و حمل و نقل در مسافت طولانی، دسترسی به تکنولوژی‌های انرژی پاک، محدود و دورهٔ فعالیت زیرساخت‌های کنونی طولانی خواهد بود. به همین دلیل تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، انتشار جهانی در این بخش‌ها تا سال ۲۰۷۰ به صفر نخواهد رسید (شکل ۳). حتی تحت سناریوی توسعهٔ پایدار نیز، همچنان در صنایعی مانند سیمان، آهن و فولاد و همچنین حمل و نقل هوایی، کشتیرانی و حمل بار در جاده از سوخت‌های فسیلی استفاده خواهد شد.

## بهره‌وری انرژی

فناوری‌های مربوط به بهروری انرژی در سناریوی توسعهٔ پایدار، می‌توانند تا ۴۰ درصد از مجموع انتشار کربن دی‌اکسید تا سال ۲۰۷۰ نسبت به سناریوی سیاست‌های موجود بکاهد. این کاهش انتشار از موارد زیر نشأت می‌گیرد:

بهبود بازدهی و نوسازی تجهیزات، بهبود بازدهی فرایندهای صنعتی، استفاده از برق کم کربن، تجدیدپذیرها و هیدروژن در تجهیزات سمت مصرف‌کنندهٔ نهایی. تقاضای پرهیزشده یا Avoided demand از طریق بهبود بازدهی مواد اولیه و حمل و نقل عمومی نیز تأثیرگذار خواهد بود.

بهره‌وری انرژی از دو طریق باعث کاهش انتشار می‌شود:

**کاهش کل انرژی مصرفشده:** در سناریوی توسعهٔ پایدار در نتیجهٔ اقدامات مربوط به بهینه‌سازی، مجموع تقاضای نهایی انرژی حدود ۳۰ درصد کمتر از سناریوی سیاست‌های موجود خواهد بود. چنین کاهشی بدلیل افت چشمگیر شدت انرژی در بخش مصرف‌کنندهٔ نهایی، بویژه در ساختمان‌ها و حمل و نقل جاده‌ای (۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش نسبت به سال ۲۰۱۹) ممکن خواهد شد.

**ایجاد فشار نزولی بر سیستم عرضهٔ بالادستی:** برای مثال، نیاز به ظرفیت کمتر برای تأمین اوج تقاضای برق می‌تواند از هزینهٔ کربن‌زدایی برق بکاهد. تجهیزات سرمایشی با بازدهی بالا به تنهایی می‌توانند تا سال ۲۰۵۰ حدود ۱,۲ تریلیون دلار در هزینه‌های سرمایه‌ای برای تولید برق صرفه‌جویی کند.

مزیت‌های بهره‌وری انرژی اما به کاهش انتشار کربن محدود نمی‌شود و در حل سایر چالش‌ها، مانند امنیت انرژی، دسترسی به انرژی تمیز، ایجاد شغل، رشد اقتصادی، کیفیت هوا و بهداشت و سلامت نیز تأثیرگذار خواهد بود. به منظور بهره‌برداری از تمام پتانسیل‌های بهره‌وری، بسته‌های سیاستی باید تقاضا برای محصولات با بهره‌وری بالا و یکپارچگی مؤلفه‌هایی همچون تنظیم‌گری، مشوق‌ها و اطلاعات (جمع‌آوری داده به منظور نظارت بر روند پیشرفت بهره‌وری محصولات و اعلام آن از طریق برچسب زنی یا Labelling، اعطای گواهی‌نامه و ...) را هدف بگیرند. به موازات آن، تحقیق و توسعه نیز باید بهبود عملکرد محصولات و گسترش محدودهٔ کاربری تجهیزات (برای مثال گسترش کاربری پمپ حرارتی برای استفاده در طیف وسیع‌تری از کاربردهای صنعتی و ساختمانی) را هدف بگیرد.

## تمرکز بر بهره‌وری مواد اولیه

بهره‌وری مواد اولیه ، طیف وسیعی از اقدامات را در مراحل مختلف تولید محصول پوشش می‌دهد که از طریق استفاده و مدیریت بهینهٔ مواد باعث کاهش انرژی مصرفی می‌شود. تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، اقدامات زیر می‌توانند تا ۵ درصد از انتشار کربن نسبت به سناریوی سیاست‌های موجود بکاهد:

**فاز طراحی:** یکی از عوامل مهم در طراحی بهینه، کاهش وزن محصول است. چاپ سه بعدی یک فناوری نویدبخش برای کاهش وزن محصولات است. در فاز طراحی هم‌چنین باید طول عمر محصول مدنظر قرار گیرد. بری مثال شاید راه حل بهینه، طراحی یک محصول با دوام باشد. گرچه ممکن است این امر باعث افزایش اولیه تقاضای مواد شود، اما به دلیل کاهش تعداد دفعات جایگزینی آن محصول در مجموع باعث کاهش انتشار می‌شود.

**فاز تولید:** در این فاز می‌توان ضایعات را کاهش داد، از استفادهٔ بیش از حد از مواد اولیه جلوگیری کرد و از موادی استفاده کرد که در طول عمر خود دارای آلایندگی کمتری هستند.

**فاز مصرف:** افزایش دورهٔ استفاده از یک محصول یا ساختمان از طریق تعمیر و نوسازی تجهیزات می‌توانند نیاز به مواد برای تولید محصولات جدید را کاهش داد.

**پایان عمر محصول:** استفادهٔ مجدد یا بازیافت مواد در پایان عمر یک محصول می‌تواند نیاز به تولید مواد اولیهٔ جدید را کاهش دهد.

اقدامات مربوط به افزایش طول عمر ساختمان‌ها، تأثیر بسیاری در کاهش تقاضا برای مواد دارد. این اقدامات تحت سناریوی توسعهٔ پایدار می‌توانند مصرف فولاد و سیمان را در دورهٔ ۲۰۱۹ تا ۲۰۷۰ نسبت به سناریوی سیاست‌های موجود به ترتیب ۴۰ و ۷۰ درصد کاهش دهد.

## باتری

با افزایش سهم برق در مصرف نهایی انرژی (سهم برق در مصرف نهایی انرژی از ۱۹ درصد کنونی تحت سناریوی توسعهٔ پایدار به ۴۷ درصد خواهد رسید. تحت این سناریو برق تا سال ۲۰۶۰ جای نفت را به عنوان پراستفاده ترین حامل انرژی در بخش حمل و نقل خواهد گرفت به نحوی که بیش از یک سوم از تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل تا سال ۲۰۷۰ از طریق برق تأمین خواهد شد.)، تقاضا برای فلزات و مواد معدنی موردنیاز برای تولید زیرساخت‌ها و تجهیزات مربوط به تولید برق کم کربن افزایش خواهد یافت. مس، لیتیوم، کبالت و پلاتین از فلزات اساسی دوران گذار انرژی محسوب می‌شوند. از مس برای تولید خطوط انتقال و توزیع؛ لیتیوم و کبالت برای تولید باتری‌های لیتیوم-یون؛ و پلاتین در سلول‌های سوختی استفاده می‌شود. آسیب‌پذیری زنجیرهٔ عرضهٔ کبالت، که تأسیسات استخراج و فراوری آن از لحاظ جغرافیایی متمرکز است، در افزایش قیمت سال ۲۰۱۸ مشخص شد. این موضوع انگیزهٔ مضاعفی را برای تولیدکنندگان باتری ایجاد کرد تا محتوی کبالت باتری را کاهش دهند.

در حال حاضر چندین فناوری ذخیرهٔ انرژی که به کبالت نیازی ندارند در مرحلهٔ طراحی قرار دارد اما زمان تجاری شدن این طرح‌ها نامشخص است. لیتیوم در حال حاضر دارای زنجیرهٔ تأمین پایدارتری است، اما از آنجا که ویژگی‌های فیزیکی لیتیوم باعث شده تا این ماده در تولید باتری‌های با چگالی انرژی بالا غیرقابل جایگزین باشد، ممکن است عرضهٔ آن با شرایط بحرانی روبه‌رو شود.

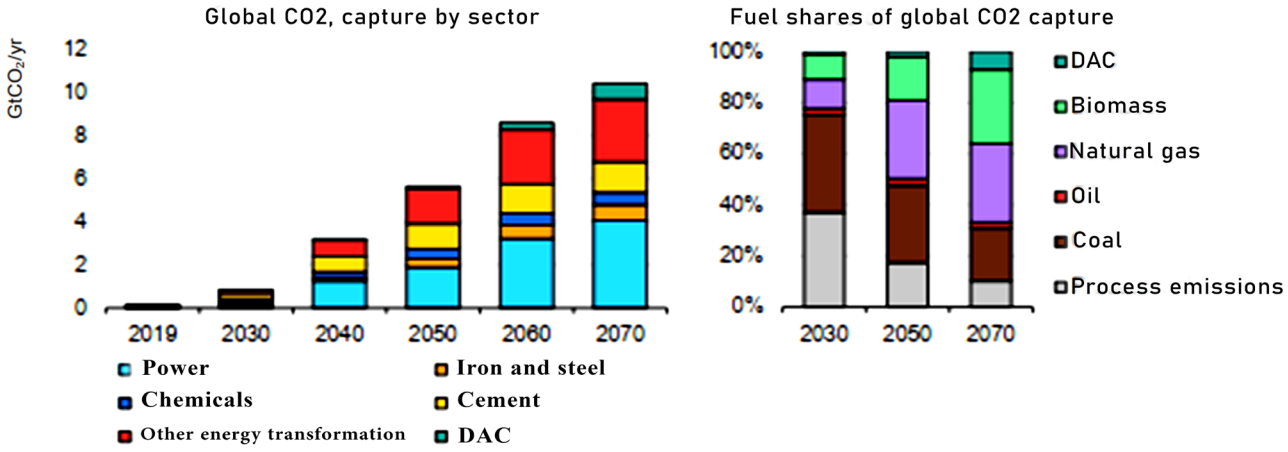
استفاده از باتری در حمل و نقل تا حد زیادی به حمل و نقل جاده‌ای محدود می‌شود. برای اینکه یک هواپیمای مسافربری تمام الکتریکی بتواند مسافت بین ۷۵۰ تا ۱۱۰۰ کیلومتر را بپیماید، به سلول‌های باتری با چگالی انرژی ۸۰۰ وات ساعت در هر کیلوگرم (Wh/kg)، بیش از سه برابر عملکرد کنونی باتری‌های لیتیوم یون، نیاز است. دو جایگزین وجود دارند که می‌توانند از لحاظ تئوری به این چگالی انرژی دست یابند: لیتیوم–سولفور و لیتیوم–هوا، که هر دو نیز در مراحل ابتدایی تولید اولین نمونه قرار دارند.

تولید لیتیوم تا سال ۲۰۷۰ تحت سناریوی توسعهٔ پایدار نسبت به سطوح کنونی حدود ۳۰ برابر افزایش می‌یابد که ۹۰ درصد از کل عرضهٔ لیتیوم به صنعت باتری وارد می‌شود. اقداماتی مانند بازیافت می‌توانند از به وجود آمدن اختلال در عرضهٔ لیتیوم جلوگیری کند. تمرکز فناوری‌های بازیافت باتری در حال حاضر بر نیکل و کبالت است، اما تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، ۳۵ درصد از تقاضای لیتیوم از طریق فناوری‌های بازیافت تأمین خواهد شد.

### فناوری جذب، استفاده و ذخیرهٔ کربن (CCUS) یا (Carbon capture, utilization and storage)

تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، سیستم جذب و ذخیرهٔ کربن نقشی حیاتی در گذار به سوی سیستم جهانی انتشار خالص صفر دارد. استفاده گسترده از این تکنولوژی در سناریوی توسعهٔ پایدار باعث می‌شود تا کل انتشار کربن دی اکسید نسبت به سناریوی مرجع (سیاست‌های موجود) ۱۵ درصد کاهش یابد. تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، در سال ۲۰۷۰ حدود ۱۰ گیگاتن کربن دی اکسید باید توسط این فناوری جذب شود تا جهان در آن سال به انتشار خالص صفر دست یابد. تقریباً ۴۰ درصد از کل کربن دی اکسیدهای جذب‌شده مربوط به بخش تولید برق است.

مطابق شکل ۴، تحت سناریو توسعهٔ پایدار، نقش جذب کربن دی اکسید از مدیریت انتشار از تأسیسات کنونی به جذب کربن از زیست توده و هوا تغییر می‌کند تا امکان حذف کربن از جو در مقیاس زیاد به وجود آید. در سال ۲۰۷۰ حدود ۴۰ درصد از کربن دی اکسید جذب شده مربوط به زیست توده و جذب مستقیم از هوا است.




IEA 2020.All rights reserved

DAC: جذب مستقیم از هوا

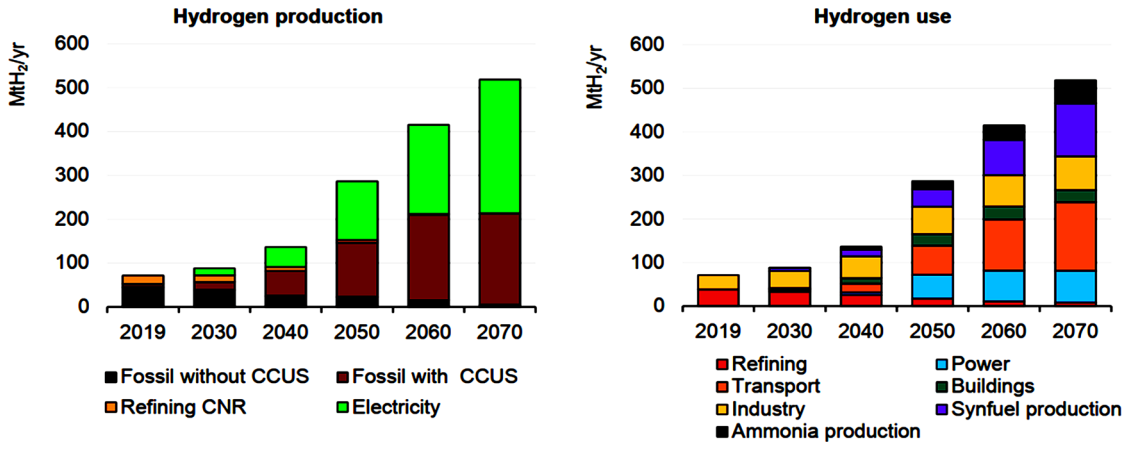
شکل ۴: رشد جذب کربن دی اکسید به تفکیک بخش و سوخت‌های مختلف تحت سناریوی توسعهٔ پایدار

نقش این فناوری تحت سناریوی توسعهٔ پایدار تا سال ۲۰۷۰ طی سه فاز تغییر خواهد کرد:

فاز اول – تا سال ۲۰۳۰ تمرکز این فناوری بر مدیریت انتشارهای زیرساخت‌ها و تأسیسات کنونی است؛ در این دهه بیش از ۸۰ درصد از کل کربن دی اکسید جذب شده مربوط به نیروگاه‌های ذغال سنگ، کارخانه‌های تولید مواد شیمیایی (عمدتاً تولید کود) و تأسیسات تولید سیمان، آهن و فولاد خواهد بود. طی فاز دوم از ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، تمرکز جذب کربن روی گاز طبیعی (هم در بخش تولید برق و هم در بخش تولید هیدروژن) خواهد بود. مقیاس استفاده از انرژی زیستی به همراه فناوری جذب و ذخیرهٔ کربن (BECCS) یا (Bio-energy with carbon capture and storage) در تولید برق و تولید سوخت زیستی (Carbon-neutral fuels) نیز به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد، به طوری که در سال ۲۰۵۰، ۱۵ درصد از کربن دی اکسید جذب شده مربوط به این بخش خواهد بود. در فاز نهایی از سال ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۰ تغییر مهمی در نقش فناوری CCUS روی خواهد داد. تأکید از کاهش انتشار از تأسیسات و زیرساخت‌های موجود به حذف کربن از جو و استفاده از آن در تولید سوخت تغییر می‌کند. در سال ۲۰۷۰، بیش از یک سوم از تمام کربن دی اکسید جذب شده مربوط به BECCS یا جذب مستقیم از هوا برای تولید انتشار منفی از سوخت‌های کربن خنثی (Bio-energy with carbon capture and storage) است.

## هیدروژن

یکی از گزینه‌ها برای کربن زدایی استفاده از هیدروژن است. البته این فناوری برای بخش‌هایی نظیر حمل و نقل در مسافت طولانی و تولید مواد شیمیایی، آهن و فولاد که راه‌حل‌های معدودی برای کاهش انتشار کربن دارند کاربرد بیشتری دارد. از سوی دیگر با افزایش سهم تجدیدپذیرها در سبد تولید برق، یکی از معدود فناوری‌های موجود برای ذخیرهٔ مقادیر زیادی برق، هیدروژن است. از هیدروژن و سوخت‌های مبتنی بر هیدروژن هم‌چنین می‌توان به عنوان ابزاری برای جابجایی انرژی تجدیدپذیر از مناطقی با منابع تجدیدپذیر فراوان به مناطقی با تقاضای انرژی فراوان استفاده کرد. با این وجود در حال حاضر استفاده از هیدروژن تا حد بسیاری به بخش پالایشگاهی و تولید آمونیاک و متانول در صنعت شیمیایی محدود است. در سال ۲۰۱۹، تقاضای جهانی هیدروژن ۷۵ میلیون تن بود و اکثر این هیدروژن از سوخت‌های فسیلی (به ویژه گاز طبیعی) بدون استفاده از فناوری جذب و ذخیرهٔ کربن تولید می‌شود. تحت سناریوی توسعهٔ پایدار و به منظور رسیدن به انتشار صفر کربن تا سال ۲۰۷۰، تقاضای جهانی هیدروژن تا سال ۲۰۷۰ به ۵۲۰ میلیون تن خواهد رسید (شکل ۵).




IEA 2020. All rights reserved.

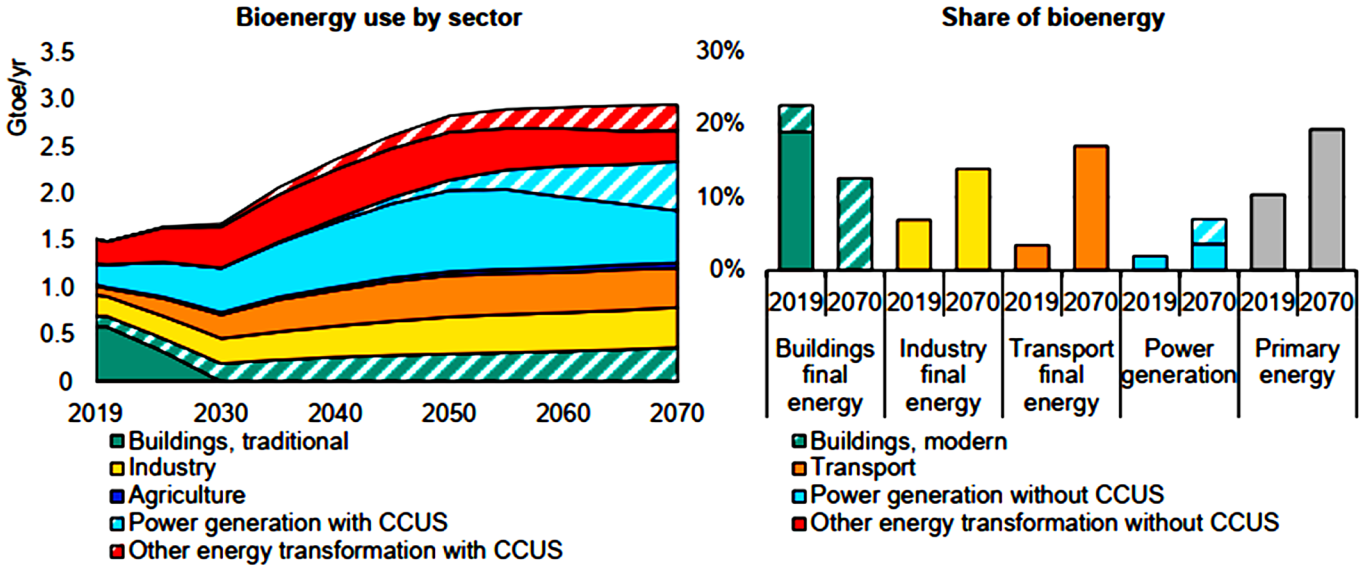
شکل ۵: تولید جهانی هیدروژن به تفکیک سوخت و تقاضای هیدروژن به تفکیک بخش‌های مختلف تحت سناریوی توسعهٔ پایدار

استفادهٔ مستقیم از هیدروژن در بخش حمل و نقل برای خودروها، کامیون‌ها و کشتی‌ها، ۳۰ درصد از تقاضای هیدروژن در سال ۲۰۷۰ را تشکیل می‌دهد. حدود ۲۰ درصد از تقاضای هیدروژن مربوط به تولید کروسان سنتز از هیدروژن و کربن دی اکسید برای بخش حمل و نقل هوایی است و ۱۰ درصد دیگر نیز در تولید آمونیاک به عنوان سوخت برای بخش کشتیرانی مصرف می‌شود. حدود ۱۵ درصد از تقاضای هیدروژن در سال ۲۰۷۰ نیز مربوط به بخش صنعت خواهد بود، عمدتاً برای تولید فولاد، آهن و مواد شیمیایی. ۱۵ درصد در بخش تولید برق، ۵ درصد در بخش ساختمان برای گرمایش فضا و آب و ۵ درصد برای ترکیب با گاز طبیعی و متان زیستی در شبکهٔ گاز استفاده می‌شود. در مجموع تولید و مصرف هیدروژن در سال ۲۰۷۰ نسبت به سال ۲۰۱۹ حدود ۷ برابر خواهد شد.

### انرژی زیستی

برای تحقق انتشار خالص صفر، مصرف انرژی زیستی باید افزایش چشمگیری داشته باشد. تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، انرژی زیستی بعد از انرژی خورشیدی، دومین منبع اولیهٔ انرژی است که تقاضای انرژی را تأمین خواهد کرد؛ سهم آن در کل تقاضای انرژی در سال ۲۰۷۰ نسبت به سطوح کنونی دوبرابر افزایش یافته و به ۲۰ درصد خواهد رسید (شکل ۶).

تقریباً ۶۰ درصد از مصرف نهایی انرژی زیستی (۴۰درصد از مصرف اولیهٔ انرژی) امروزه در قالب استفادهٔ سنتی از زیست توده جامد برای طبخ غذا در اقتصادهای نوظهور صورت می‌گیرد که تأثیرات سویی بر سلامت انسان، محیط زیست و اقتصاد دارد. فراهم آوردن سوخت‌های پاک برای تهیهٔ غذا تا سال ۲۰۳۰ یکی از اهداف برنامهٔ توسعهٔ پایدار سازمان ملل است. تحقق این هدف به معنای کاهش ۹۰ درصدی استفاده از زیست توده سنتی طی ۱۰ سال آینده است، که مستلزم افزایش پیوستهٔ مصرف بهینهٔ زیست توده در اشکال جامد، مایع و گاز است. تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، مصرف بهینهٔ زیست توده تا سال ۲۰۷۰، ۱۳ درصد از نیاز ساختمان‌ها به انرژی را تأمین خواهد کرد. بخش عمده‌ای از مصرف انرژی زیستی در سال ۲۰۷۰ مربوط به تولید سوخت زیستی برای بخش حمل و نقل و تولید برق و گرما به همراه CCUS است. ترکیب انرژی زیستی با فناوری جذب و ذخیرهٔ کربن، کربن دی اکسید را از چرخهٔ طبیعی کربن حذف کرده و انتشار منفی را ایجاد می‌کند: تحت سناریوی توسعهٔ پایدار این انتشار منفی برای تحقق انتشار خالص صفر ضروری است.




IEA 2020. All rights reserved.

شکل ۶: تقاضای جهانی انرژی زیستی به تفکیک بخش و سهم انرژی زیستی در بخش‌های کلیدی تحت سناریوی توسعهٔ پایدار

یکی از مزیت‌های انرژی زیستی این است که می‌توان آن را به شکل‌هایی از انرژی، که با فناوری‌های کنونی مبتنی بر احتراق سوخت‌های فسیلی سازگار هستند، تبدیل کرد. از آن می‌توان به عنوان خوراک صنایع شیمیایی و هم‌چنین در شبکه‌های کنونی سوخت‌رسانی و خطوط لولهٔ گاز استفاده نمود.

تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، سوخت زیستی مایع به کاهش انتشار از خودروها و کامیون‌های دارای فناوری‌های کنونی موتورهای احتراق داخلی تا دههٔ ۲۰۴۰ کمک می‌کند. از آن موقع به بعد، گسترش استفاده از برق و هیدروژن به عنوان سوخت باعث کاهش تقاضای سوخت زیستی در این بخش می‌شود. پس از آن تا دههٔ ۲۰۵۰ تقاضای سوخت زیستی در بخش کشتیرانی افزایش خواهد یافت تا زمانی که سوخت‌های جایگزین مانند هیدروژن و آمونیاک رشد تقاضای سوخت زیستی در این بخش را نیز محدود کنند. تا سال ۲۰۷۰، رشد تقاضای سوخت زیستی عمدتاً مربوط به بخش حمل و نقل هوایی خواهد بود. در سال ۲۰۴۰ حدود ۶۰ درصد از تقاضای سوخت زیستی مربوط به حمل و نقل جاده‌ای خواهد بود، اما این میزان تاسال ۲۰۷۰ به یک سوم کاهش می‌یابد، در حالیکه دو سوم باقیمانده در بخش حمل و نقل هوایی و کشتیرانی مصرف خواهد شد. سهم سوخت زیستی در تأمین تقاضای انرژی بخش کشتیرانی و حمل و نقل هوایی از ۰٫۱ درصد کنونی تا سال ۲۰۷۰ به حدود ۳۰ درصد خواهد رسید.

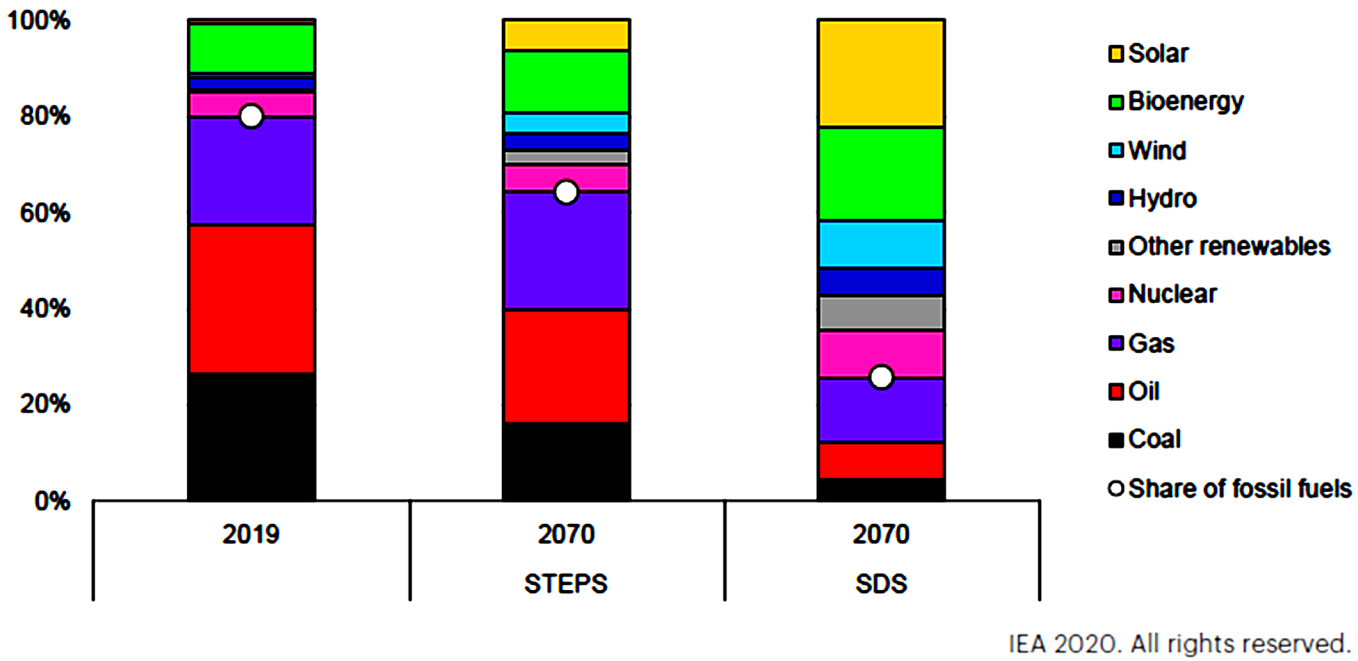
در مجموع استفاده از انرژی زیستی تحت سناریوی توسعهٔ پایدار باعث خواهد شد تا کل انتشار کربن دی اکسید نسبت به سناریوی مرجع حدود ۲۰ درصد کاهش یابد. اکثر این کاهش نیز در بخش برق، حمل ونقل و صنعت روی خواهد داد.

## پیامدها در بخش انرژی

اگر از فناوری‌های مذکور به نحوی که در بخش‌های قبل اشاره شد، استفاده شود، کل تقاضای انرژی دنیا تا سال ۲۰۷۰ تحت سناریوی توسعهٔ پایدار افزایش ناچیزی را نسبت به سال ۲۰۱۹ تجربه خواهر کرد و از ۱۴۵۹۰ میلیون تن معادل نفت کنونی به ۱۵۲۷۸ میلیون تن معادل نفت خواهد رسید. این رشد کند تقاضای انرژی تا حد بسیار زیادی به دلیل بهره‌وری انرژی و مواد است. این موضوع باعث می‌شود تا اوایل دههٔ ۲۰۵۰ تقاضای انرژی نسبت به سال ۲۰۱۹ کاهش یابد، اما پس از آن بدلیل استفادهٔ حداکثری از تمام پتانسیل‌های بهینه‌سازی توسط تکنولوژی‌های کنونی، تقاضای انرژی افزایش خواهد یافت. اما، تحت سناریوی سیاست‌های موجود، که آینده را برمبنای سیاست‌های اعلامی از سوی دولت‌ها پیش‌بینی می‌کند، تقاضای انرژی در سال ۲۰۷۰ به ۱۹۸۶۵ میلیون تن معادل نفت خواهد رسید.

استفاده از منابع انرژی پاک تحت سناریوی توسعهٔ پایدار افزایش شدیدی خواهد داشت و از ۲۰ درصد کنونی در سال ۲۰۷۰ به ۷۵ درصد می‌رسد. این درحالیست که سهم این منابع در تأمین انرژی سال ۲۰۷۰ تحت سناریوی سیاست‌های موجود به ۴۰ درصد خواهد رسید (شکل ۷).

در صورت تحقق سناریوی توسعهٔ پایدار، استفاده از سوخت‌های فسیلی در طول دورهٔ پیش‌بینی به شدت کاهش می‌یابد، و اکثر سوخت‌های فسیلی که در سال ۲۰۷۰ نیز استفاده می‌شوند به دلیل استفادهٔ گسترده از تکنولوژی جذب و ذخیرهٔ کربن، نشر کربن ندارند. مصرف ذغال سنگ در تمام بخش‌ها به جز تولید آهن و فولاد به صفر می‌رسد. تقاضای نفت ۷۵ درصد نسبت به سطوح کنونی خود کاهش خواهد یافت و به ۲۰ میلیون بشکه در روز خواهد رسید: تا سال ۲۰۷۰ تقریباً ۶۵ درصد از تقاضای نفت مربوط به خوراک پتورشیمی و مابقی مربوط به سوخت حمل و نقل هوایی و دریایی است. تقاضای گاز نیز در دههٔ ۲۰۲۰ به اوج رسیده و تا سال ۲۰۷۰، ۴۰ درصد پایین‌تر از سطوح کنونی خواهد بود. در سال ۲۰۷۰ بیشترین موارد مصرف گاز عبارتند از خوراک صنایع شیمیایی، سوخت نیروگاه‌های گازی به همراه فناوری جذب و ذخیرهٔ کربن و سوخت و خوراک تولید هیدروژن، البته به همراه فناوری جذب و ذخیرهٔ کربن.




IEA 2020. All rights reserved.

شکل ۷: سهم هر سوخت در تقاضای اولیهٔ انرژی جهان تحت سناریوهای سیاست‌های موجود (STEPS) و توسعهٔ پایدار (SDS)

تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، استفاده از انرژی هسته‌ای طی سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۷۰ بیش از دو برابر خواهد شد که ۷۵ درصد این رشد در اقتصادهای نوظهور آسیا روی خواهد داد. سهم تجدیدپذیرها، از جمله برق آبی و زیست توده جامد، از ۱۵ درصد کنونی در سال ۲۰۷۰ به ۶۰ درصد خواهد رسید. انرژی خورشیدی، که در تولید برق و گرمایش ساختمان و صنایع به کار می‌رود، تا سال ۲۰۷۰ بزرگترین منبع انرژی اولیه خواهد بود و ۲۰ درصد از تقاضای اولیهٔ انرژی جهان را به خود اختصاص خواهد داد. انرژی زیستی پایدار نیز تا آن زمان به دلیل ماهیت چندمنظورهٔ آن (به این معنی که می‌توان از آن در تولید برق و گرما برای ساختمان‌ها و صنعت و یا تبدیل آن به سوخت مایع برای حمل و نقل استفاده کرد) تقریباً به سهم مشابهی در سبد مصرف انرژی جهان دست خواهد یافت. ادغام سهم بیشتری از انرژی‌های تجدیدپذیر به شبکهٔ برق، استفادهٔ بیشتر از ساز و کارهای انعطاف‌پذیر مانند سیستم‌های ذخیرهٔ انرژی را به منظور تضمین امنیت انرژی می‌طلبد.

مطابق جدول ۱، تحت سناریوی توسعهٔ پایدار، تقاضای انرژی در کشورهای پیشرفتهٔ صنعتی، که دارای نرخ رشد اقتصادی و جمعیتی کمتری خواهند بود، با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد. تقاضای انرژی اولیه در اروپا و آمریکای شمالی، که پتانسیل بسیار زیادی برای بهینه‌سازی دارند، در سال ۲۰۷۰ حدود ۲۵ درصد کمتر از سال ۲۰۱۹ خواهد بود. در هند و اکثر اقتصادهای نوظهور، به ویژه در آفریقا و خاورمیانه، تقاضای انرژی تا سال ۲۰۷۰ افزایش می‌یابد، البته با نرخ بسیار کمتری نسبت به سناریوی سیاست‌های موجود. تقاضا در چین به دلیل اقدامات مربوط به بهینه‌سازی و کند شدن رشد اقتصادی تقریباً به میزان ۲۰ درصد کاهش خواهد یافت. کشورهای در حال توسعه در سال ۲۰۷۰ سوخت‌های فسیلی باقیمانده را مصرف خواهند کرد که نشان دهندهٔ بزرگ و جوان بودن صنایع این کشورها و سخت بودن حذف مستقیم کربن از آن‌هاست.

| | 2000 | 2019 | Sustainable Development Scenario 2040 | Sustainable Development Scenario 2070 | Stated Policies Scenario 2070 |
|---|---|---|---|---|---|
| Americas | 3 127 | 3 500 | 2 911 | 2 950 | 3 646 |
| Europe | 2 027 | 1 934 | 1 474 | 1 423 | 1 632 |
| Africa and the Middle East | 843 | 1 691 | 1 991 | 3 327 | 3 857 |
| Eurasia | 741 | 898 | 775 | 735 | 1 156 |
| Asia Pacific | 3 012 | 6 158 | 6 229 | 6 330 | 8 653 |
| International bunkers | 273 | 408 | 450 | 510 | 921 |
| **World** | **10 023** | **14 590** | **13 830** | **15 278** | **19 865** |

جدول ۱ : تقاضای انرژی اولیه به تفکیک مناطق و سناریو

لازم به ذکر است سناریوی مرجع آژانس بین‌المللی انرژی همان سناریوی سیاست‌های موجود است. تحت این سناریو و با توجه به سیاست‌های کنونی سوخت‌های فسیلی تا سال ۲۰۷۰ هم‌چنان بیش از ۶۰ درصد سبد تقاضای انرژی دنیا را تشکیل می‌دهند. بنابراین برای تحقق مسیر پیش‌بینی شده به منظور رسیدن به انتشار صفر کربن تا سال ۲۰۷۰، نیازمند هماهنگی کامل دولت‌ها و تغییر چشمگیر سیاست‌های آن‌ها است.

## جمع‌بندی

در این گزارش تلاش شد تا به صورت اجمالی، الزامات فناورانهٔ تحقق انتشار خالص صفر کربن تا سال ۲۰۷۰ بررسی شوند. با توجه به بررسی صورت گرفته، اگر سیاست‌هایی که تاکنون از سوی دولت‌ها و شرکت‌ها اعلام شده است، تغییر پیدا نکند، تقاضای انرژی تا سال ۲۰۷۰ حدود ۳۶ درصد نسبت به سال ۲۰۱۹ افزایش خواهد یافت و هم‌چنان بیش از ۶۰ درصد از تقاضای انرژی از طریق سوخت‌های فسیلی تأمین خواهد شد و دنیا هرگز به نشر خالص صفر کربن تا سال ۲۰۷۰ دست نخواهد یافت. به منظور تحقق این هدف، سه محور اساسی مورد تأکید قرار گرفته است:

**۱. فناوری‌های مرتبط با بهینه‌سازی:** با گسترش بیشتر بهینه‌سازی، می‌توان تا ۴۰ درصد از مجموع انتشار کربن دی‌اکسید تا سال ۲۰۷۰ نسبت به تداوم روند کنونی کاست. به منظور تحقق انتشار صفر کربن، تقاضای انرژی در سال ۲۰۷۰ نسبت به سال ۲۰۱۹ باید تنها حدود ۴,۷ درصد افزایش یابد.

**۲. منابع انرژی جایگزین:** برای تحقق انتشار خالص صفر کربن تا سال ۲۰۷۰، باید انرژی خورشید و انرژی زیستی جای نفت و گاز را به عنوان بزرگترین منابع تأمین کنندهٔ انرژی (هر کدام در سال ۲۰۷۰ باید حدود ۲۰ درصد از تقاضای اولیهٔ انرژی را تأمین کنند) بگیرند. همچنین مصرف هیدروژن نیز در بخش برق، صنایع سنگین و حمل و نقل نیز تا ۷ برابر باید افزایش یابد.

**۳. استفادهٔ گسترده از فناوری جذب، استفاده و ذخیرهٔ کربن:** از آنجا که در بهترین حالت هم‌چنان حدود ۲۵ درصد از تقاضای انرژی دنیا از طریق سوخت‌های فسیلی تأمین خواهد شد، این فناوری، یکی از اصلی‌ترین الزامات فناورانهٔ تحقق انتشار صفر کربن خواهد بود. استفادهٔ گسترده از این فناوری باعث خواهد شد تا کل انتشار کربن دی اکسید تا سال ۲۰۷۰ حدود ۱۵ درصد نسبت به سناریوی سیاست‌های موجود کاهش یابد. شایان ذکر است که در حال حاضر تنها حدود ۲۰ سیستم جذب و ذخیرهٔ کربن در سراسر دنیا فعال است، با این وجود طبق اعلام آژانس بین‌المللی انرژی سرعت استفاده از این تکنولوژی روز به روز در حال افزایش است.

در راستای برآورده شدن اهداف فوق الذکر، الزامات سیاستی بسیاری مورد نیاز است که از حوزهٔ بررسی گزارش حاضر خارج است و شایسته است که گزارش‌هایی در این زمینه و میزان تعهد کشورهای مختلف به اجرای این بسته‌های سیاستی تهیه شود.

## تهدیدها و فرصت‌ها برای جمهوری اسلامی ایران

از سه محور گفته شده، موضوع بهینه‌سازی در جمهوری اسلامی ایران از اولویت فراوانی برخوردار است. مطابق آخرین آمار ترازنامهٔ هیدروکربوری سال ۱۳۹۷، در فرایند تولید انرژی اولیه تا عرضهٔ انرژی نهایی بیش از ۵۷ درصد انرژی تولیدشده هدر می‌رود، در صورت بازیابی بخشی از این انرژی می‌توان بدون افزایش عرضه، تقاضای انرژی سال‌های آینده را پاسخ گفت. از سوی دیگر در سمت مصرف نیز پتانسیل‌های فراوانی برای کاهش تقاضا وجود دارد. طبق آخرین ترازنامهٔ هیدروکربوری ایران بخش مصرف انرژی در حدود ۴۱۵ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ظرفیت صرفه‌جویی انرژی دارد. این پتانسیل بیش از هر چیز در بخش خانگی وجود دارد (حدود ۱۷۰ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال) و پس از آن بخش‌های حمل و نقل و صنعت در رده‌های بعدی قرار دارند. به نظر می‌رسد با توجه به تنگناهایی که در تأمین نیاز گاز و برق کشور در فصل زمستان به وجود می‌آید، اجرای طرح‌های بهینه‌سازی در بخش خانگی و صنعت مانند طرح تعویض پنجره ساختمان‌های موجود با پنجره‌های دوجداره، که پتانسیل کاهش مصرف به میزان ۵٫۶ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در سال را دارد، و یا افزایش کارایی مصرف انرژی در صنایع آهن و فولاد که پتانسیل کاهش مصرف ۲ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی در سال را دارد، باید در اولویت قرار گیرد.

حدود ۸۰ درصد ظرفیت نصب شدهٔ نیروگاه‌های برق کشور را نیروگاه‌های حرارتی، عمدتاً با سوخت گاز، تشکیل می‌دهد. از طرفی همانگونه که عنوان شد تأمین نیاز گاز کشور با مشکلاتی روبه‌رو است. بنابراین منابع انرژی جایگزین مانند خورشیدی، بادی، هسته‌ای، هیدروژن و انرژی زیستی می‌توانند بخشی از نیاز کشور به برق و حتی گرمایش را تأمین کرده و از تقاضای گاز طبیعی بکاهند. البته توسعهٔ انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور با محدودیت‌های گوناگونی از جمله تأمین مالی و فناوری روبه‌رو است.

سیستم‌های جذب و ذخیرهٔ کربن در حال حاضر جز فناوری‌های نوظهور محسوب می‌شود، به طوریکه در سال ۲۰۲۰ تنها ۲۰ سیستم جذب و ذخیرهٔ کربن در سراسر دنیا فعال بود. با توجه به این موضوع ضرورت دارد تا گسترش فعالیت‌های تحقیق و توسعه در گونه‌های مختلف این فناوری در دستور کار قرار گیرد.

## مراجع


- Bioenergy Insights (2020), Chevron, Clean Energy Partner on "Adopt-a-port" Initiative, Bioenergy Insights, www.bioenergy-news.com/news/chevron-clean-energy-fuelspartner-on-adopt-a-port-initiative
- EC (European Commission) (2020), A Hydrogen Strategy for a Climate Neutral Europe, EC, Brussels ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf.
- IEA (International Energy Agency) (2020a), Global EV Outlook 2020, IEA, Paris, www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020
- IEA (2020b), World Energy Outlook Special Report on Sustainable Recovery, IEA, Paris, www.iea.org/reports/sustainable-recovery.
- IEA (2019b), World Energy Outlook 2019, IEA, Paris, www.iea.org/reports/world-energyoutlook-2019.
- IEA (2019c), Material Efficiency in Clean Energy Transitions, IEA, Paris, www.iea.org/reports/material-efficiency-in-clean-energy-transitions.
- IEA (2020), Energy Technology perspectives, IEA, Paris, https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020
- https://www.iea.org/commentaries/is-carbon-capture-too-expensive

# چشم انداز و اهداف کلان توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران

ناصر باقری مقدم (عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور)
حسین حیرانی (عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور)
مهدی صحاف زاده (دانشجوی دکتری مدیریت فناوری دانشگاه تهران)

## ۱. مقدمه

در مقاله تحت عنوان «معرفی سند راهبردی توسعه فناوری بالادستی شرکت ملی نفت ایران» که در شماره چهارم بولتن تخصصی فناوری منتشر شد، اهمیت و نقش فناوری در توسعه اقتصادی و ضرورت مداخلهٔ دولت در تدوین اسناد توسعهٔ فناوری مورد بررسی قرار گرفت و بیان شد شرکت ملی نفت ایران با هدف افزایش توانمندی فناورانه در بخش بالادست صنعت نفت اقدام به تدوین «سند راهبردی توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران» نموده است.

در مقاله پیشین ساختار اجرایی و مهم‌ترین خروجی‌های تدوین این سند معرفی شد. همان‌طور که در شکل صفحه بعد قابل مشاهده است این سند دارای هشت خروجی اصلی است که در این مقاله به معرفی روش تدوین و خروجی چشم‌انداز و اهداف کلان توسعه فناوری بالادستی شرکت ملی نفت ایران خواهیم پرداخت.

## ۲. چشم‌انداز توسعه فناوری در بخش بالادستی صنعت نفت در افق ۱۴۲۰

چشم‌انداز توسعه فناوری، عبارت است از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در حوزهٔ فناوری که در افق زمانی بلندمدت و متناسب با مبانی ارزشی جامعه تعیین می‌شود. به عبارت دیگر، چشم‌انداز، بیان آشکار آینده‌ای که فناوری به سوی آن حرکت می‌کند، و تصویر آینده‌ای است که کشور در جست‌وجوی خلق آن است. چشم‌انداز، تصویری از وضعیت یک کشور در زمانی است که به اهداف و راهبردهای خود در یک بازهٔ زمانی دست یافته باشد.

این چشم‌انداز در قالب یک بیانیه به نحوی تنظیم می‌شود که چالش‌های راهبردی و هدف‌های تعیین شدهٔ کیفی در سند، ارتباط مستقیم و معناداری با یکدیگر داشته باشند؛ نیازهای جامعه را در آینده و حال، به عنوان هماهنگی بین جامعه و تصویر آینده در بیان واژه‌ها و جمله‌ها یکسان کند (باقری‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۷).

اگر چشم‌انداز توسعهٔ فناوری به صورت دقیق، واضح، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شود، می‌تواند مسیر توسعهٔ فناوری را هدفمند و جهت‌دار نماید و مانند چراغی در افق بلندمدت، فراروی بازیگران مختلف توسعهٔ فناوری (دولت، صنعت و دانشگاهیان) قرار گیرد. (Lange, ۲۰۱۰)

در ادبیات مدیریت راهبردی، چشم‌انداز براساس مدل‌های مختلفی تعریف شده است. غالب این مدل‌ها برای تدوین در سطح بنگاه طراحی شده‌اند، اما می‌توان نتایج حاصل از بررسی این تعاریف متفاوت را برای طراحی چشم‌انداز در سطح ملی و صنعت استفاده کرد. لذا در ادامه چهار نوع از مدل‌های تدوین راهبرد که به تعریف چشم‌انداز پرداخته‌اند، معرفی می‌شود.

۱
- **چشم‌انداز توسعه فناوری در بخش بالادستی تا افق ۱۴۲۰:** چشم‌انداز،دورنمایی از دستیابی به اهداف در افق زمانی انتهای سند است. این دورنما به عنوان راهنما در کلان‌ترین سطح بر اهداف، راهبردها، سیاست‌ها و اقدام‌های تدوین شده در سایر بخش‌های سند اثرگذار خواهد بود.

۲
- **اهداف کلان توسعه فناوری در حوزه بالادستی:** اهداف کلان، مجموعه مقاصد بلند، میان و کوتاه‌مدتی هستند که در جریان برنامه‌ریزی برای نیل به چشم‌انداز طراحی شده، تدوین می‌شوند.

۳
- **سیاست‌های کلان توسعه فناوری در بخش بالادستی:** سیاست‌های کلان، چارچوبی است که کیفیت و چگونگی رسیدن به هدف و محقق شدن راهبردها را تعریف می‌کند. این چارچوب به یکپارچگی و رفع تناقضات راهبردها در مسیر دستیابی به اهداف کمک می‌کند، مسیر اجرای راهبردها را تسهیل می‌کند و به‌عنوان یک راهنما در جهت‌دهی به راهبردها نقش ایفا می‌کند.

4
- **حوزه های هدف فناوری (TTAs):** پس از ترسیم درخت حوزه‌های فناورانه و اولویت‌بندی چالش‌های عملیاتی، حوزه‌های هدف فناوری براساس برآورد بیشترین اثرگذاری در حل چالش‌های فناوری انتخاب می‌شوند.

۵
- **راهبردهای توسعه فناوری:** شناسایی فناوری‌های موجود و آینده ذیل هر TTA و اولویت‌بندی آنها به همراه سبک و روش اکتساب فناوری های اولویت دار، اجزای راهبرد توسعه فناوری را تشکیل می‌دهد.

۶
- **سیاست‌های اجرائی توسعه فناوری:** با هدف فراهم‌شدن بسترهای لازم جهت پیاده‌سازی، انسجام، و تضمین کیفیت اجرای راهبردهای فناوری اتخاذ می‌شوند. آسیب‌شناسی و تدوین سیاستهای ارتقاء نظام نوآوری فناورانه در بخش بالادست مسیر دستیابی به این هدف خواهد بود.

۷
- **برنامه عملیاتی و نقشه راه توسعه فناوری:** در این بخش عناوین پروژه های اجرائی، برآورد زمان و هزینه انجام پروژه، مجریان پیشنهادی و تقسیم کار اجرای پروژه‌ها در راستای تحقق راهبردها و سیاستهای خرد سند در قالب رهنگاشت توسعه فناوری تدوین می‌شود.

۸
- **نظام پایش، ارزیابی و به‌روزرسانی سند:** ساختار نظارت، شاخصهای ارزیابی ورودی، فرآیند، خروجی، پیامد و اثرات حاصل از اجرای سند و نیز مکانیزم و فرآیند به‌روزرسانی سند در مقاطع زمانی مختلف از اجزای این بخش خواهد بود.

شکل ۱. اجزا و خروجی‌های سند توسعهٔ فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران

**الف، تعریف دیوید:** براساس نظر دیوید، بیانیهٔ چشم‌انداز در شرکت‌ها براساس پاسخ به پرسش «ما چه می‌خواهیم بشویم و به کجا می‌خواهیم برسیم؟» توسعه داده می‌شود. بیانیهٔ چشم‌انداز باید کوتاه، و بهتر است یک جمله باشد و از همه ذی‌نفعانی که ممکن است ورودی و اطلاعاتی برای تدوین آن در اختیار داشته باشند، استفاده شود. براساس نظر دیوید، چشم‌انداز به عنوان یکی از فرآیندهای ابتدایی در تدوین راهبرد، به عنوان ورودی‌های اولیه و عناصر بالادست در تمام قدم‌های این فرآیند نقش ایفا می‌کند (دیوید، ترجمهٔ پارساییان و اعرابی، ۱۳۸۱).

**ب. تعریف پاتریک لوئیس:** چشم‌انداز به پرسش «چه چیزی می‌خواهیم ایجاد کنیم» پاسخ می‌دهد و تصویری ایده‌آل، واحد و جذاب از آینده ترسیم می‌کند. چشم‌انداز، تصویر جذابی از وعده‌هایی است که شور و اشتیاق و هیجان را در افراد و هنگام کار، القا و الهام می‌کند. به تعبیری دیگر، چشم‌انداز مشترک، یک تصویر شفاف و مورد تایید ذینفعان است که آینده را مشخص می‌کند. چشم‌انداز نیرویی محرک است که باعث تلاش و جست‌وجویی بی‌پایان برای موفقیت و برتری می‌شود.

**ج. تعریف آلیسون:** در این مدل، چشم‌انداز تصویر راهنمای موفقیت است. بیانیهٔ چشم‌انداز به پرسش«موفقیت چگونه است و شبیه چیست؟» جواب می‌دهد. چشم‌انداز باید گروه‌ها را به مبارزه و چالش بطلبد تا قابلیت‌هایشان را گسترش دهند و به اهدافشان برسند(Allison and Kaye, ۱۹۹۸).

از نظر او، بیانیهٔ چشم‌انداز مؤثر باید هم چشم‌انداز داخل و هم چشم‌انداز خارجی را در نظر بگیرد. چشم‌انداز خارجی روی این موضوع تمرکز دارد که اگر بنگاه به اهدافش برسد جهان چگونه بهبود می‌یابد، تغییر می‌کند و متفاوت می‌شود. هنگامی که چشم‌انداز خارجی بیان کرد که بنگاه چگونه برنامه‌ای برای تغییر جهان دارد، چشم‌انداز داخلی تعیین می‌شود. در این مدل، پیش‌نویس بیانیهٔ چشم‌انداز، با ایده‌ها و نگرش بیرون آمده از دل بحث‌ها و گفتگوها، و نیز با احساس و بینش مشترکی که از مسیر (جهت) و انگیزه ایجاد می‌شود، آغاز می‌گردد. تمامی ذینفعان باید در طوفان فکری ابتدایی و نیز بعضی از گفتگوها حاضر باشند.

**د. تعریف مک‌میلان:** چشم‌انداز، تصویر ذهنی قوی از آن چیزی است که ما در آینده می‌خواهیم بشویم. چشم‌انداز ریشه در واقعیت دارد، اما روی آینده تمرکز می‌کند. تدوین چشم‌انداز، راه و روش‌های خلاقانه برای چالش‌های کسب و کار فراهم می‌آورد و جرقهٔ ارزیابی و یادگیری پیوسته در سازمان را به وجود می‌آورد.

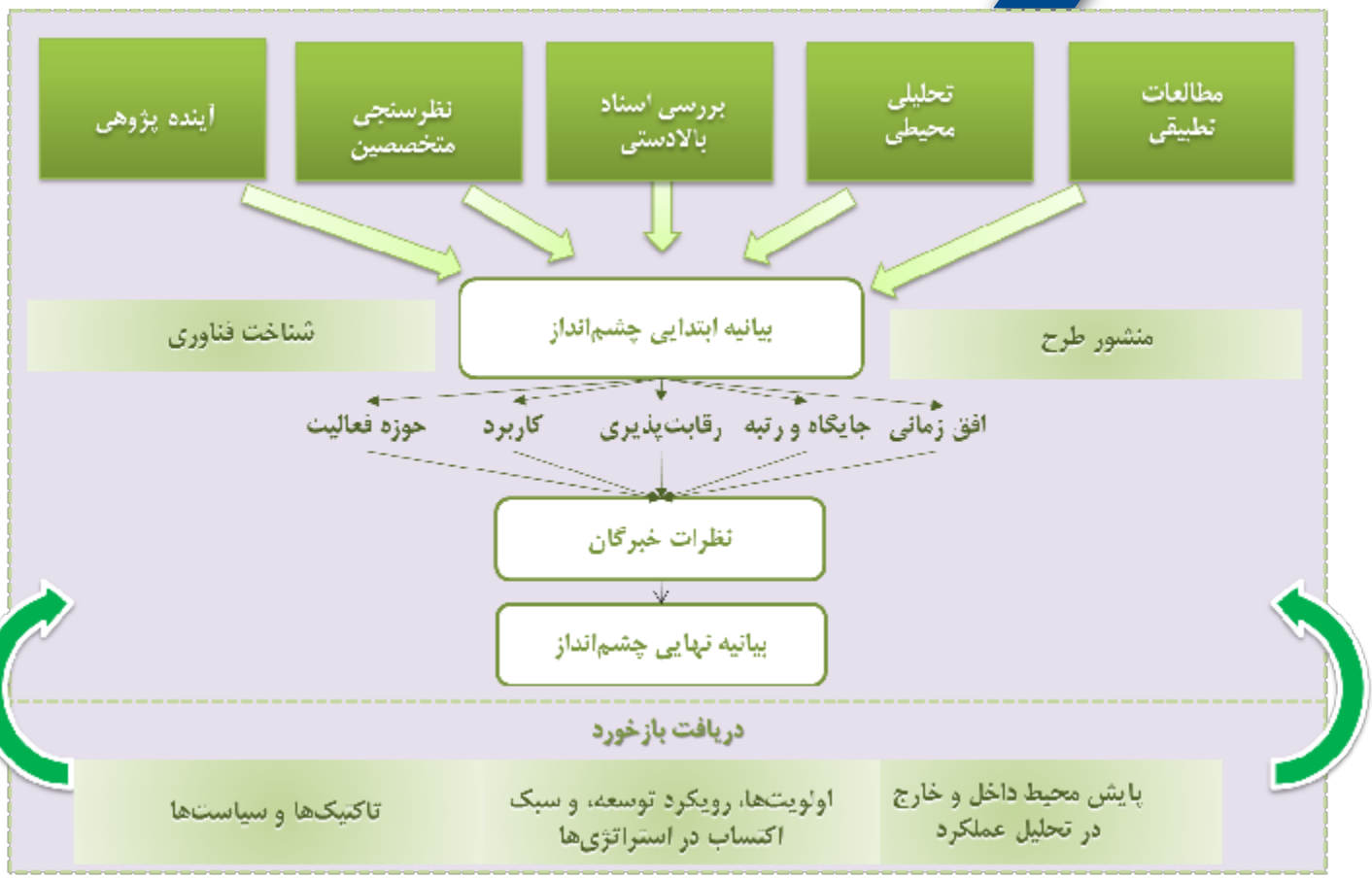
از نظر او دلایل تدوین چشم‌انداز سازمان عبارتند از: هماهنگی و متناسب کردن کار افراد مختلف، کمک به همه برای تصمیم‌گیری، ایجاد اصول و پایه‌ای برای برنامه‌ریزی کسب و کار، به چالش کشیدن اوضاع راحت و غیر ایده‌آل شرایط فعلی و ایجاد رفتارهای متجانس و موافق در افراد به صورت قابل توجه.

### ۱-۲ فرآیند تدوین بیانیه چشم‌انداز سند

با بررسی مدل‌های تدوین چشم‌انداز بنگاهی و نیز بهره‌برداری از مطالعات میکلی همچون آینده‌پژوهی، تحلیل محیطی توسعه فناوری در بخش بالادستی، تحلیل اسناد بالادستی و مطالعات تطبیقی، فرآیند تدوین بیانیه چشم‌انداز بخش بالادست صنعت نفت ایران ترسیم و در شکل زیر ارائه شده است:

**• مرحلهٔ اول**

در این مرحله مطالعات مقدماتی؛ شامل مطالعه تطبیقی، تحلیل عوامل محیطی، بررسی اسناد و قوانین بالادستی مرتبط و آینده‌پژوهی توسعه فناوری در بخش بالادستی انجام شده است. با استفاده از نتایج حاصل از این مرحله یک شناخت کلی نسبت به فضای داخلی و خارجی توسعه فناوری در بخش بالادست و آینده توسعه این بخش و چالشهای پیش رو و نیز الزامات موجود در اسناد و قوانین بالادستی حاصل گردید. خروجی این مرحله مهمترین اصولی است که میبایست در تدوین بیانیه چشم انداز مورد توجه قرار داد.




شکل ۲. فرآیند تدوین بیانیه چشم انداز

**در سایه عنایات الهی و در افق ۱۴۲۰، زنجیره ارزش بالادست صنعت نفت کشور با تلاش و همت عالی سرمایه‌های انسانی خلاق و توانمند، همراستا با بیانیه گام دوم و سیاست‌های اقتصاد مقاومتی، دارای جایگاه اول فناوری در منطقه بوده و ضمن احراز رتبه اول در تولید و بهره برداری از میادین مشترک نفتی با فناوری های جدید و پیشرفته، صنعت پیشرو در تجاری سازی فناوری در کشور می‌باشد.**

- **مرحلهٔ دوم**

در این مرحله بیانیه چشم‌انداز در قالب چند سناریو توسط تیم مشاور تدوین و به کمیته راهبری تدوین سند پیشنهاد می‌شود. در شکل زیر چهار سناریوی بیانیه چشم‌انداز تدوین شده در این مرحله نمایش داده شده است.

- **مرحله سوم**

در مرحله سوم، سناریوهای تدوین شده توسط تیم مجری سند در مرحله قبل باید به منظور دریافت و بررسی نظرات و انتخاب چشم‌انداز نهایی، به تایید کمیته راهبری سند برسد. این تایید و انتخاب علاوه‌بر نمایش صحت آینده ترسیم شده، به همگرا شدن نظرات خبرگان در مورد هریک از مولفه‌های چشم‌انداز منجر می‌شود. سناریو منتخب کمیته راهبری عبارت است از:

## ۳. اهداف کلان توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران

یکی دیگر از خروجی‌های اصلی در تدوین «سند راهبردی توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران»، تدوین اهداف توسعه فناوری است. این هدف‌گذاری در سطح کلان، به منظور شفاف کردن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در واقع این اهداف، پاسخگوی این پرسش اساسی می‌باشند که «برای رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟». با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنش‌گران دخیل در نظام توسعهٔ فناوری، اهداف بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را براساس آن، به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام می‌دهند.

تدوین اهداف توسعه فناوری با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف‌محور است که به دنبال ترسیم آینده‌ای مطلوب برای توسعهٔ فناوری است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-به-بالا، نگاهی مسئله‌محور به توسعهٔ فناوری دارد. با استفاده از این رویکرد ترکیبی، از یک طرف، هم‌راستایی اهداف با چشم‌اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ می‌شود، و از طرف دیگر، تمام مسائل و مشکلات موجود در مسیر توسعهٔ فناوری در بخش موردنظر نیز مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.

در منابع برنامه‌ریزی راهبردی در سطح بنگاه، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین ابعاد اهداف تعیین شده است. در زیر به طور خلاصه به بررسی این مدل‌ها پرداخته می‌شود:

**الف. ابعاد اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن (Kaplan and Norton, ۱۹۹۶)**

- منظر مالی (سودآوری، رشد درآمد و افزایش بهره‌وری)؛
- منظر مشتری (تعین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)؛
- منظر فرایندهای داخلی (روابط با تامین‌کنندگان، تصمیم‌گیری درمورد توسعهٔ محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)؛
- منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم، برنامه‌های آموزش کارکنان).

**ب. ابعاد اهداف در مدل پیرس و رابینسون**

- توجه به مشتری، نوآوری، بهره‌وری، توجه به بخش مالی، منابع انسانی، لحاظ کردن محیط خارجی.

**ج. ابعاد اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس**

- بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)؛
- نوآوری (بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول)؛
- بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)؛
- منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)؛
- منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائهٔ کار بهتر)؛
- مسئولیت اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)؛
- منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیهٔ مورد نیاز از داخل کشور).

### ۱-۳ فرآیند تدوین اهداف کلان

در تدوین اهداف کلان سند باید توجه کرد که اهداف در جهت رسیدن به چشم‌انداز و در مسیر ماموریت و استراتژی کلان صنعت نفت کشور باشد و از سوی دیگر اهداف کلان با توجه به قابلیت‌ها و ویژگی‌های خاص فناوری‌های صنعت نفت و بخش بالادست این صنعت تعیین شوند.

با توجه به نکات فوق‌الذکر مراحل تدوین اهداف کلان در سند راهبردی توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران در شکل زیر نمایش داده شده است.

شکل ۳. سناریوهای اولیهٔ بیانیه چشم‌انداز ایران

براین اساس فرآیند تدوین اهداف کلان بخش بالادست صنعت نفت طی چند مرحله انجام شده است:

**• مرحله اول**

در مرحله اول در چارچوب نتایج حاصل از مطالعات آینده‌پژوهی؛ بررسی اسناد بالادستی، تحلیلی محیطی، مطالعات تطبیقی، با محوریت مولفه‌های موجود در چشم‌انداز و در نظر داشتن اصول ارزشی، نسخه اولیه ای از اهداف کلان توسعه فناوری توسط تیم مجری سند، تهیه شده است. به تعبیری می‌توان گفت اهداف تدوین شده، ترجمهٔ چشم‌انداز در ابعاد مختلف می‌باشند.

**• مرحله دوم**

در مرحله دوم براساس برگزاری پنل های خبرگی، نظر متخصصین در راستای ابعاد چهارگانه اهداف، دسته‌بندی و بازنویسی می‌شوند.

چهار بعد حداقلی برای تدوین اهداف کلان توسعهٔ فناوری بالادست صنعت نفت عبارت است از:

**موقعیت رقابتی:** میزان موفقیت در تسلط نسبی بر بازار، درآمد کل، سهم بازار، سهم صادرات؛

**ظرفیت‌سازی:** رشد و پیشرفت دانش فناوری، توسعهٔ نیروی انسانی متخصص، بهره‌برداری و عملیاتی کردن دانش به فناوری؛

**مسئولیت اجتماعی:** درنظرگیری مسائل زیست‌محیطی، بهبود سطح رفاه اجتماعی، بالا بردن رشد اقتصادی، مشر و عیت بخشی ؛

**نوآوری:** بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول و فرآیند.

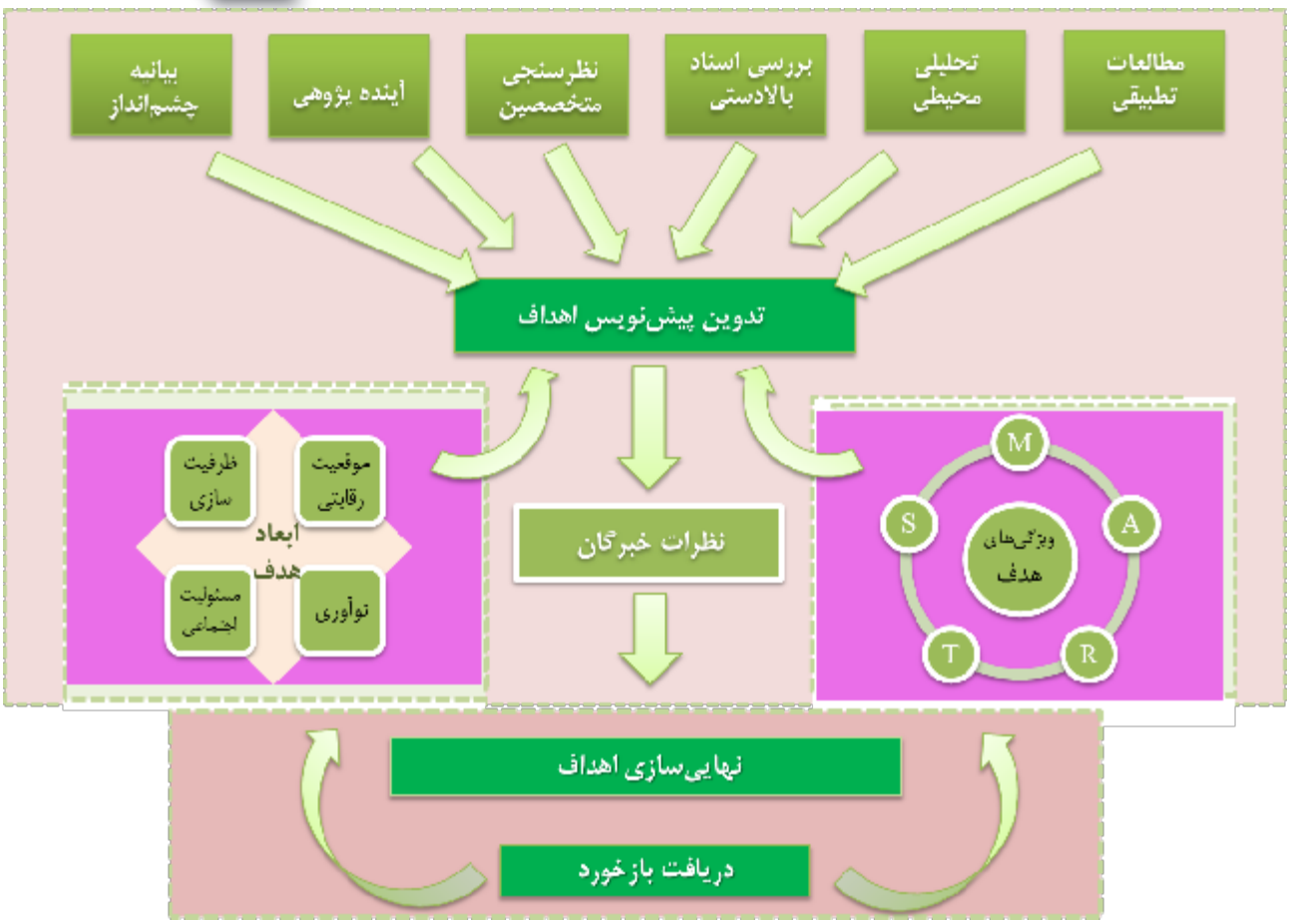
به‌علاوه در این مرحله اهداف از منظر دارابودن پنج ویژگی اصلی نیز بررسی و تکمیل می‌شوند. در شکل زیر ویژگی‌های اهداف کلان نمایش داده شده است.

**• مرحله سوم**

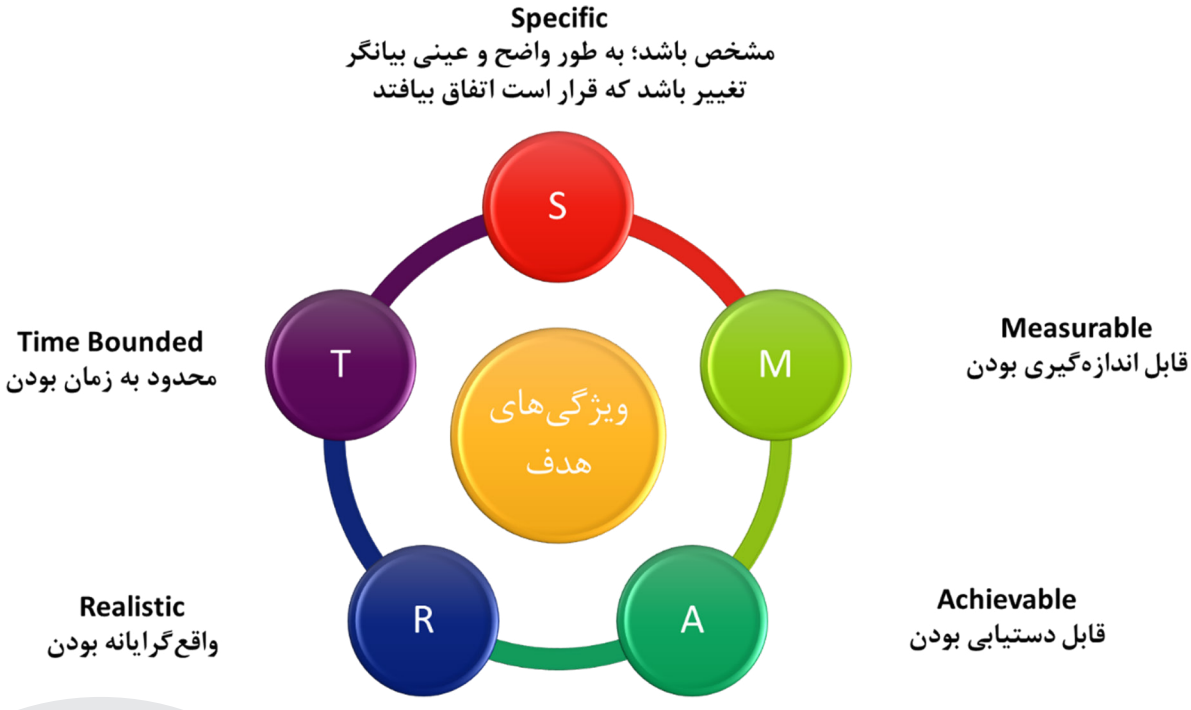
اهداف کلان، راهنمای تدوین محتوای سند در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیهٔ برگرفته از مطالعات نظری و بهره گیری از نظر متخصصین و خبرگان، نیازمند طرح و نهایی سازی در کمیته راهبری سند می باشد. براین اساس اهداف کلان سند راهبردی توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران در شکل زیر ارائه شده است.

**• مرحله چهارم**

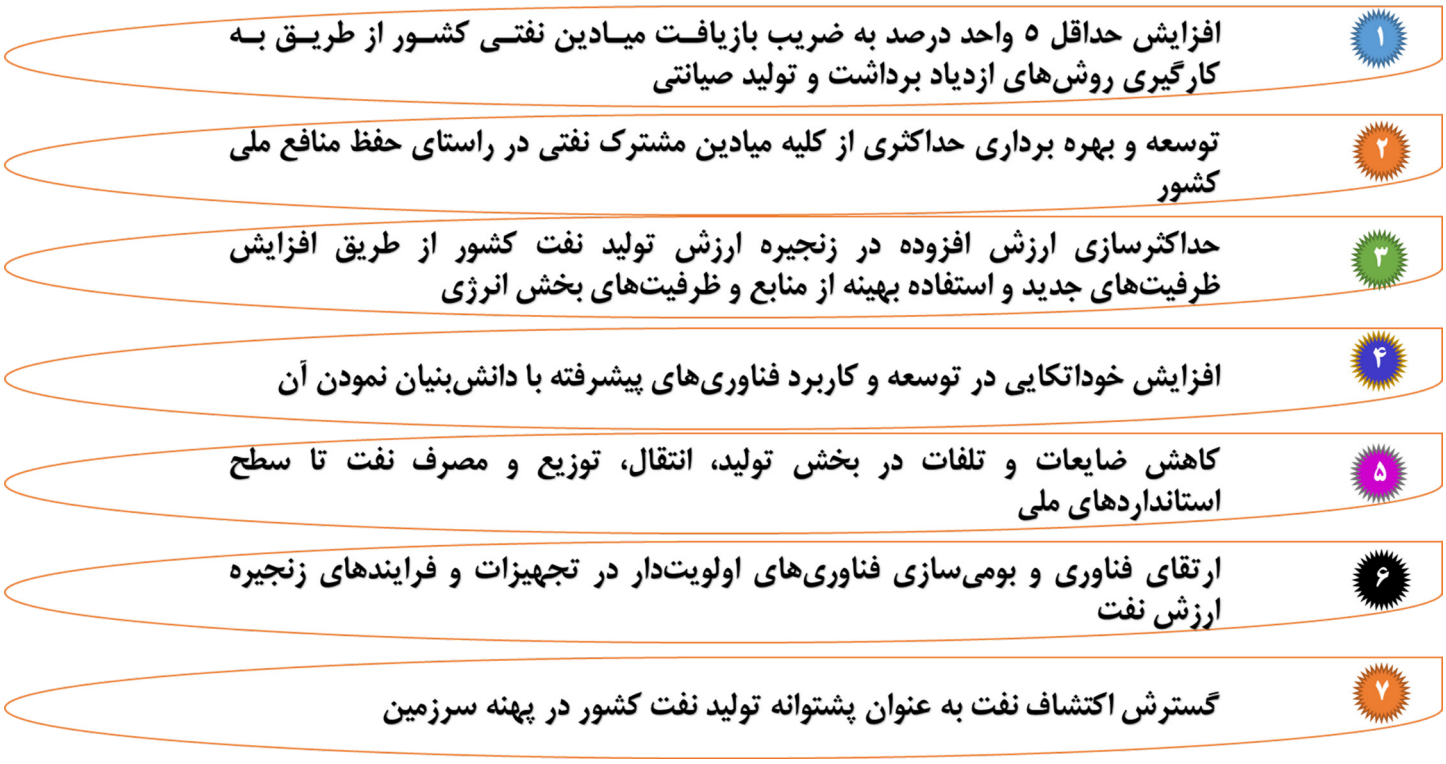
از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در فرآیندی تعاملی به وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در این بخش، ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند، دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود نظام نوآوری بخشی بالادستی صنعت نفت کشور، یکی از مهم‌ترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی اهداف کلان شود.




شکل ۴. فرآیند تدوین اهداف کلان سند راهبردی توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران




شکل ۵. ویژگی‌های اهداف کلان




شکل ۶. اهداف کلان سند راهبردی توسعه فناوری بالادست شرکت ملی نفت ایران

## ۴. منابع


باقری‌مقدم، ناصر؛ قاضی‌نوری، سیدسپهر؛ معلمی، عنایت‌اله؛ موسوی درچه، سید مسلم (۱۳۹۷). روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، تهران: مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.

دیوید، فرد آر (۱۳۸۱). مدیریت استراتژیک، ترجمه پارسائیان، علی؛ اعرابی، سید محمد، دفتر پژوهش‌های فرهنگی.

پیرس، جان؛ رابینسون، ریچارد کنت (۱۳۹۵)، ترجمه خلیلی شورینی، سهراب، انتشارات یادواره کتاب.

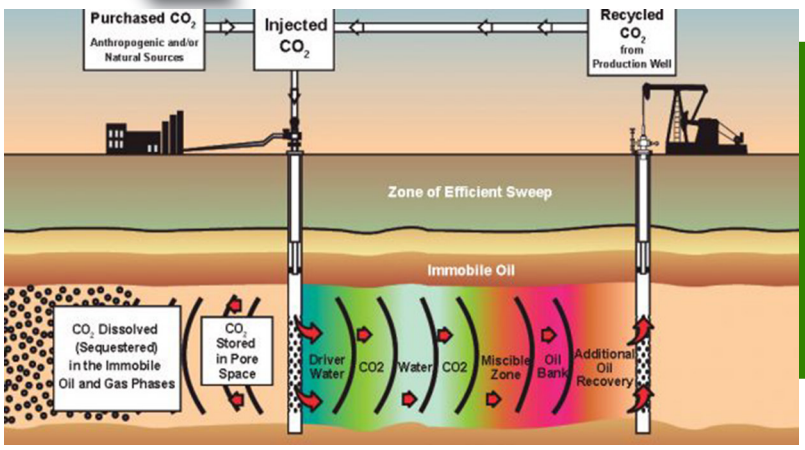
Allison, M., Kaye, J., 1998. Strategic Planning for Nonprofit Organizations.

Kaplan, R.S., Norton, D.P., 1 .۹۹۶The balanced scorecard: translating strategy into action. Harvard Business Press.

Lange, E., & Hehl-Lange, S. (2010). Making visions visible for long-term landscape management. *Futures*, *42*(7), 693-699.

Lewis, P. K., Murray, V. R., & Mattson, C. A. (2011). A design optimization strategy for creating devices that traverse the Pareto frontier over time. Structural and Multidisciplinary Optimization, 43(2), 191-204.

Phillips, B. S. (1966). Social research: Strategy and tactics. New York: Macmillan.




# شرکت‌های برتر تحقیقاتی در حوزه میادین نفتی هوشمند (Digital Oilfield)

نرجس سرعتی آشتیانی
پژوهشگر موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

**مقدمه**

میدان نفتی هوشمند در حقیقت یک سامانه فناورانه است که مقادیر عظیمی از داده‌های تولید شده را به صورت آنی جهت بهره برداری در مراکز عملیاتی، سامانه‌های توزیع شده رایانه‌ای و فنآوری های موبایل منتقل و ادغام می‌کند و هدف غایی این سامانه بیشینه نمودن شاخص‌های مالی میدان با حداقل نمودن دخالت انسانی است (Carvajal G., Maucec M. and Cullick S, ۲۰۱۸). هوشمندسازی چاه‌های نفت و گاز از جمله مهم‌ترین دستاوردهای اخیر در صنعت نفت و گاز محسوب می‌شود که با استفاده از سیستم‌های بسیار کوچکی در مقیاس نانو، بررسی وضعیت چاه‌های در دست حفاری و دریافت اطلاعات مورد نیاز در این مسیر را برای مدیران اجرایی شاغل در این بخش‌ها، امکانپذیر می‌سازد. با توجه سابقه و روند فرایندہ بکارگیری میادین نفتی هوشمند در دنیا و مهم‌تر از آن به دلیل اینکه تمامی کشورهای مجاور و دارای میادین مشترک با ایران از فنّاوری چاه هوشمند برخوردار هستند و با کمک همین دانش و فنّاوری تمامی دارایی‌های مشترک با ایران را بدون اینکه کوچک‌ترین دخل و تصرفی به آن‌ها داشته باشد، بهره‌برداری کرده و به فروش می‌رسانند، و با ملاحظه نیاز کشور در بالا بردن میزان حجم تولیدات نفتی و همچنین تصمیم تغییر در رویه انجام کار در تولیدات و بهره‌برداری نفت از مخازن نفتی کشور به دلیل کاهش سطح نفت در مخازن موجود در ایران و همچنین دسترسی به میادین مشترک در بلندمدت و افزایش درآمدهای حاصل از تولیدات نفتی، تحقیق در این حوزه و به‌کارگیری چنین فنّاوری با سطوح مختلف هوشمندی که دقیقاً برای رسیدن به همین هدف یعنی؛ بهینه‌سازی تولیدات نفتی پایه‌گذاری شده، ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله ضمن بررسی اجزای کلیدی این سامانه و سابقه تاریخی استفاده از آن، شرکت‌های برتر تحقیقاتی در این زمینه به طور خلاصه معرفی می‌شوند.

**اجزای میدان نفتی هوشمند**

به طور کلی می‌توان میدان هوشمند را به چهاربخش تقسیم نمود: ۱ ـ سخت افزار، ۲ ـ داده، ۳ ـ مدل، ۴ ـ طرح و تصمیم گیری

این چهار بخش توسط حلقه‌ای موسوم به حلقه ارزش با یکدیگر در ارتباط هستند به طوری که برخی فعالیت‌های مندرج در این حلقه حالت واسط بین چهار مرحله فوق دارند نظیر مرحله انتقال داده که نقش واسط بین مرحله سخت افزار و داده را برعهده دارد. این حلقه، براساس یک الگوریم کنترلی نظیر کنترل بهینه، کنترل پیش بینی یا تطبیقی یک مسیر بهینه جهت رسیدن به شرایط عملیاتی بهینه را محاسبه می‌نماید. در نهایت سیگنال‌های کنترلی توسط سیستم انتقال فرمان به شیر کنترل‌های درون چاهی ارسال می‌گردند.

بدین ترتیب حلقه ارزش میدان هوشمند تکمیل می‌گردد و مجدداً در لحظه بعدی کلیه داده‌های مربوط به شرایط عملیاتی توسط حسگرهای وضوع میدان هوشمند تنها منحصر به مقوله اتوماسیون نمی‌شود بلکه در واقع فراهم نمودن سه عنصر کلیدی است که برای عملکرد مؤثر هر سیستم ماشینی مورد نیاز است: داده‌های قابل اعتماد، مجموعه ابزارهایی که بتوانند این داده‌ها را به اطلاعات مفید تبدیل کند و کادر متخصص و مشاوران عملیاتی که با استفاده از این اطلاعات، تصمیمات درست را اتخاذ نمایند. سنگ بنای هوشمندسازی میدان نفتی، به دست آوردن منابع داده، تدوین مدل داده و ارائه شاخص‌های عملکردی است.

## سابقه به کارگیری فناوری میادین هوشمند در دنیا

نخستین چاه هوشمند در سال ۱۹۹ توسط شرکت WellDynamics و با استفاده از سیستم کنترل تجزیه‌و تحلیل مخزن از سطح، در میدان نفتی Snorre در دریای شمال اجرا شد.

در ۲۰۱۲ لین (Lien) و همکاران قابلیت اجرای تکمیل هوشمند چاه در میدان نفتی ساراماکا (Saramaca) واقع در جمهوری سورینام در جنوب آفریقا را ارزیابی کردند. در این پروژه به‌منظور نظارت مداوم بر عملکرد چاه و فشار درون‌چاهی، یک سیستم چاه هوشمند به‌طور کامل در میدان نصب شد. مزیت استفاده از این روش آن است که به‌محض عیب‌یابی اثرات دهانه چاه، تشخیص آن زودتر انجام‌شده و پس از شناسایی مشکلات، چاه مسدود می‌گردد. نتایج گزارش نشان می‌دهد که تولید به مقدار ۱۲ هزار بشکه در روز افزایش‌یافته است.

در ۲۰۱۲ کولینس (Kolinse) و همکاران تأثیرات تکمیل هوشمند چاه در میدان دریایی آگامبی واقع در نیجریه را بررسی کردند. فناوری تکمیل هوشمند چاه در هر دو چاه تولیدی این میدان باهدف کاهش مشکلات ناشی از پیچیدگی چینه‌شناسی و عدم قطعیت زیرسطحی در مخازن نصب شد.

درواقع این پروژه جهت تکمیل هوشمند چاه میدان آگامبی برای نظارت به هنگام و کنترل الزام برای عملکرد میدان و بازیابی بهینه انجام‌شده است. به جرأت می‌توان گفت که فرآیند مدیریت مخزن در میدان مذکور بسیار عاقلانه و با ادغام نظارت یکپارچه برنامه‌ها و شیوه‌های مدیریت تولید از چند ناحیه انجام‌شده و شاهد این امر افزایش تدریجی تولید در بین ماه‌های اوت و نوامبر ۲۰۱۰ است؛ به‌گونه‌ای که در اثر برنامه تکمیل هوشمند چاه، تولید روزانه به‌صورت تدریجی حدود ۱۰ هزار بشکه اضافه‌شده است.

در ۲۰۰۷ اندرسون (Anderson) و همکاران مطالعه‌ای دریکی از میدان‌های عربستان سعودی درباره حداکثر سطح تماس مخزن ۱۰ در چاه‌های چند شاخه‌ای انجام داده‌اند. در این طرح حداکثر سطح تماس مخزن، از طریق تنظیمات یک یا چند شاخه‌ای (چندجانبه) بیش از پنج کیلومتر تعریف‌شده است. نکته قابل‌توجه این است که نصب و راه‌اندازی فناوری چاه هوشمند می‌تواند کمک بسیاری جهت افزایش عمر چاه باشد و به همین دلیل است که این فناوری در میادین دیگری ازجمله نیکیکا در خلیج مکزیک، میدان نفتی برنت در دریای شمال و ... اجرایی شده و نتایج آن نسبت به میادین معمولی و بدون سیستم هوشمند رضایت‌بخش بوده است (جمالی، ۱۳۹۵).

با توجه به این اهمیت و مشخصه‌های ارائه‌شده، بیش از نود درصد از شرکت‌های موجود در صنعت نفت دنیا بیش از پانزده سال است که در حال به‌کارگیری و توسعه تکنولوژی هوشمند می‌باشند. جدول ۱ تاریخچه استفاده از این تکنولوژی در میادین نفتی دنیا را ارائه می‌نماید (مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۵).

در کشور قطر از سال ۲۰۱۱ تاکنون، تمامی چاه‌های نفتی حفاری‌شده دارای سامانه‌های هوشمند می‌باشند، منظور از سامانه‌های هوشمند، حتی سطح اول هوشمندی یعنی؛ پایش مستمر درون‌چاهی و در مراحل پیشرفته‌تر، کنترل و بهینه‌سازی باهدف رسیدن به مدیریت مخازن نفتی است. به‌طور مشابه در کشور عمان و امارات متحده عربی نیز بیش از نود درصد از چاه‌های جدیدالتأسیس مجهز به فناوری هوشمند می‌باشند.

| سال | وقایع |
|---|---|
| ۱۹۸۰ تا اوایل دهه ۱۹۹۰ | - نصب حسگرهای دما و فشار به منظور پایش مداوم<br>- پژوهش در زمینه ابزار و مفاهیم تکنولوژی چاه هوشمند برای اولین بار توسط شرکت OTIS در سال ۱۹۸۵ میلادی |
| ۱۹۹۳ | نصب اولین حسگر نوری دما/ فشار درون چاهی توسط شرکت Weatherford |
| ۱۹۹۴ | بررسی امکان سنجی تکمیل چاه هوشمند و ارائه سیستم تحلیل مدیریت مخزن کنترل شده از سطح توسط شرکت PES |
| ۱۹۹۶ | نصب آزمایشی سیستم تحلیل مدیریت مخزن کنترل شده از سطح توسط شرکت PES<br>استفاده از تکنیک چاه‌های هوشمند در چاه‌های فراساحلی |
| ۱۹۹۷ | نصب اولین سیستم چاه هوشمند با سیستم SCRAMS توسط شرکت‌های PES و هالیبرتون در میدان SAGA نروژ |
| ۱۹۹۸ | - تمایل شرکت‌های بیشتر جهت استفاده از این فناوری در میدان‌های نفتی<br>- استفاده از این فناوری و نصب اولین حسگرهای فیبرنوری در میدان Oseberg در دریای شمال توسط Norsk Hydro |
| ۲۰۰۴ | نصب تعداد ۱۳۰ حلقه چاه هوشمند بنا به آمار شرکت WellyDynamics |
| ۲۰۰۵ | نصب تعداد ۱۵۵ حلقه چاه هوشمند بنا به امار شرکت WellyDynamics |
| ۲۰۰۶ | شرکت بیکرهیوز در سال ۲۰۰۶ در زمینه چاه هوشمند در یک پروژه دریایی فوق عمیق در خلیج مکزیک با عمق آب ۲۵۰۰ متر و با احتمال وجود جریان‌های حلقوی قدرتمند شروع به کار کرد. |
| ۲۰۱۰ تاکنون | شرکت هالیبرتون ۳۶ مورد پروژه‌های تکمیل چاه هوشمند از اکتبر ۲۰۱۰ را در مناطق مختلفی از جمله اندونزی، کویت، عمان، نروژ، روسیه، برزیل و کانادا انجام داده است |
| ۲۰۱۴ | شرکت بیکرهیوز در سال ۲۰۱۴ در خاورمیانه اولین گزارشات مربوط به پروژه چاه هوشمند تمام الکتریکی ۸ زونی در جهان را انتشار داد. |

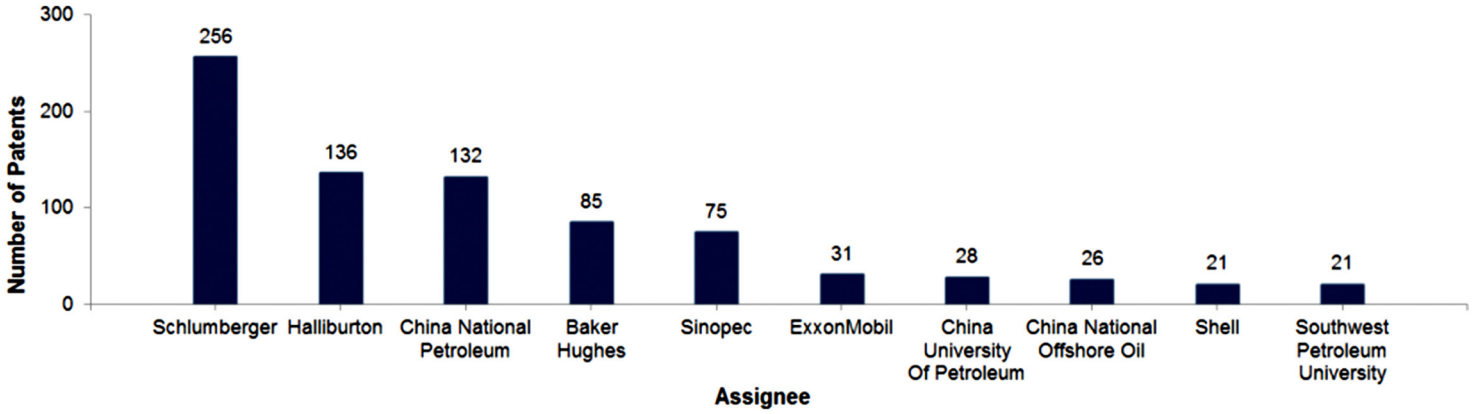
جدول ۱. تاریخچه استفاده از تکنولوژی چاه‌ها و میادین هوشمند در جهان

**شرکت‌های برتر تحقیقاتی در حوزه میادین نفتی هوشمند**

با جستجوی تمام خانواده‌های ثبت اختراع شده در ۲۰ سال گذشته در حوزه میادین نفتی هوشمند، شرکت‌هایی که به‌طور مداوم در این فضا نوآوری می‌کنند مطابق نمودار (شکل ۱) شناسایی‌شده‌اند (GreyB Team, ۲۰۱۵). Schlumberger (اولین شرکت بزرگ حفاری دریایی در دنیا) با ۲۵۶ حق ثبت اختراع، بر فضای ثبت اختراع فناوری میدان نفتی دیجیتال تسلط دارد. Halliburton (دومین شرکت بزرگ حفاری دریایی در دنیا) با ۱۳۶ حق ثبت اختراع، مقام دوم را دارد و پس‌ازآن China National Petroleum (شرکت ملی نفت چین) و Baker Hughes (چهارمین شرکت بزرگ حفاری دنیا) به ترتیب در شماره ۳ و ۴ قرار دارند. آیا این بدان معناست که اکنون بازیکنان نفت و گاز به این فکر می‌کنند که چگونه با استفاده از جدیدترین حس‌گرها و تکنیک‌های دیجیتال کارایی خود را افزایش دهند؟

آنچه قابل‌تأمل است، فعالیت ثبت اختراع دو نفر از سه بازیکن برتر است. ازیک‌طرف، ما شلمبرگر را داریم که از سال ۱۹۶۰ ثبت اختراع کرده است و از طرف دیگر China National Petroleum است که ۸۵٪ از کل اختراعات ثبت‌شده خود را پس از ۲۰۰۹ ثبت کرده است. این بدان معنی است که شرکت‌های دیگر خیلی سریع‌تر از بازیکنان قدیمی این حوزه را جدی می‌گیرند و نوآوری می‌کنند. این همچنین بدان معنی است که ممکن است در ۵ سال آینده این منظره بسیار متفاوت به نظر برسد، جایی که ممکن است بسیاری از شرکت‌های جدید به سلطه بازیکنان سنتی پایان دهند.

اگر نگاهی به رقبا داشته باشیم، و جدول زمانی نوآوری آن‌ها را در ده سال بررسی کنیم تا آن‌ها در دوره زمانی چگونه نوآوری می‌کنند. نمودار حبابی (شکل ۲) فعالیت‌های ثبت اختراع برترین رقبا در ۱۰ سال منتهی به ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد که در آن اعداد کنار حباب تعداد ثبت اختراعات منحصربه‌فرد ثبت‌شده توسط یک شرکت خاص را نشان می‌دهد.




شکل ۱ – تعداد ثبت اختراعات در حوزه میادین نفتی هوشمند تا سال ۲۰۱۵

افزایش مداوم در ثبت اختراع ثبت‌شده توسط China National Petroleum و Halliburton پس از سال ۲۰۰۹ به‌وضوح نشان‌دهنده علاقه آن‌ها برای تبدیل‌شدن به یک رهبر بازار در این فضا است.

### ۱– شلمبرگر (Schlumberger)

شلمبرگر، تأسیس‌شده در سال ۱۹۲۶، بزرگ‌ترین شرکت خدمات میادین نفتی جهان است. از اواخر دهه ۱۹۷۰ در نظارت و تحویل داده‌های واقعی از سایت چاه درگیر بوده و از سال ۲۰۰۰ تاکنون دیجیتالی سازی میدان نفتی را در تجارت خود گنجانده است.

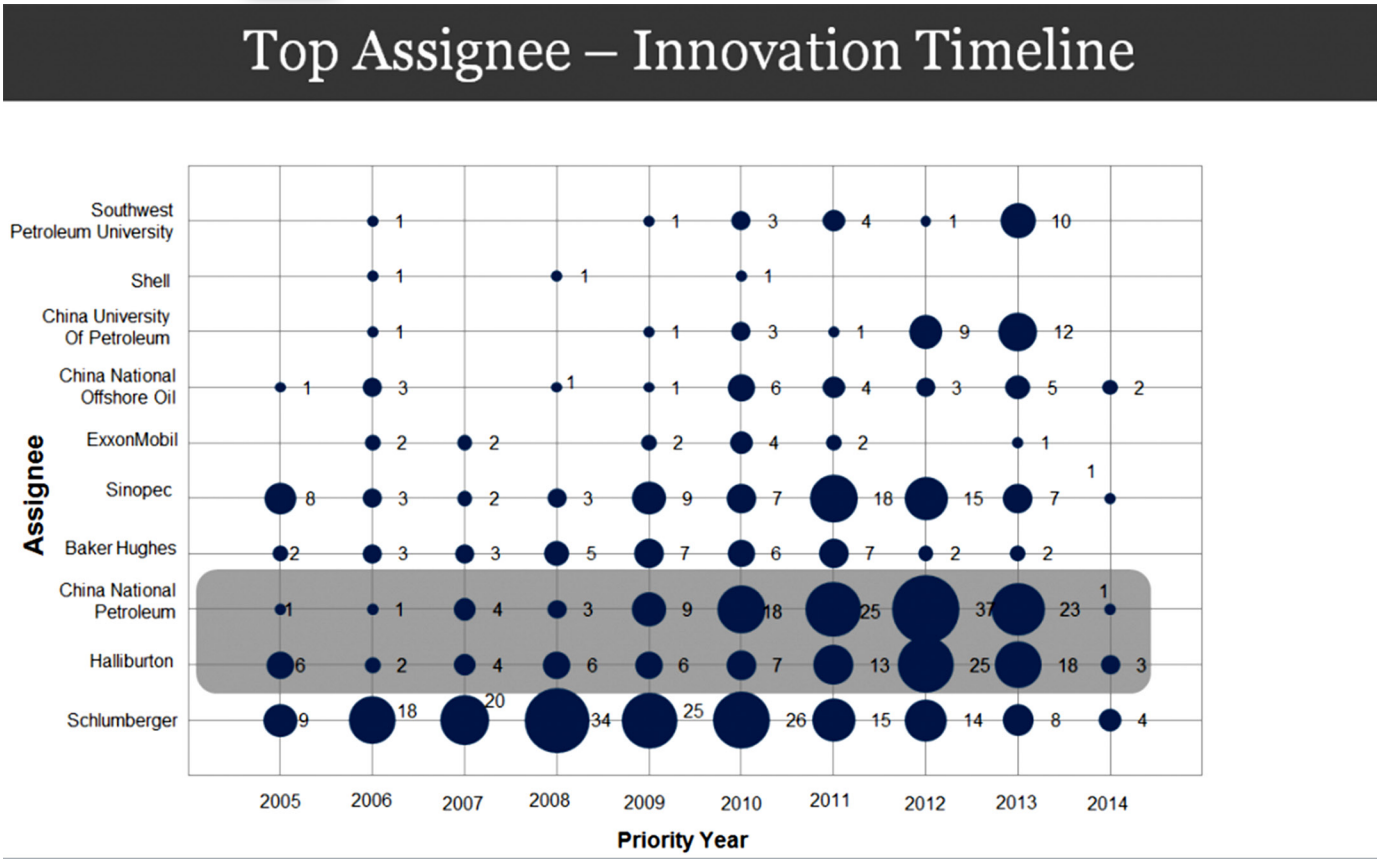
شلمبرگر از سال ۱۹۶۳ ثبت اختراع کرده و در ۵ سال گذشته ۲۴٪ حق اختراع کل سبد حق ثبت اختراع خود را ثبت کرده است. جدا از این، شلمبرگر با همکاری نهادهای مختلف مانند تحقیق و توسعه پراد (۹ حق ثبت اختراع)، تحقیق و توسعه نفت (۲ حق ثبت اختراع) و غیره حق ثبت اختراع را ثبت کرده است.

خدمات ارائه‌شده توسط Schlumberger عبارت‌اند از:

- تجزیه‌وتحلیل داده‌های زمان واقعی فرایندهای حفاری و تولید
- تجهیزات و حس‌گرهای حفر چاه و سوراخ
- ابزارهای نرم‌افزاری و فنون تفسیر و تحلیل داده‌ها

در ۵ سال گذشته، شلمبرگر ۴ شرکت برای افزودن خدمات بیشتر به تجارت خود خریداری کرده است. برخی از خریدهای شلمبرگر در حوزه میادین نفتی هوشمند عبارت‌اند از:

- Smith International (۲۰۱۰)
- Gushor (۲۰۱۳)
- Rock Deformation Research (۲۰۱۴)
- Saxon (۲۰۱۴)




شکل ۲– تعداد ثبت اختراعات شرکت‌های نفتی در حوزه میادین نفتی هوشمند از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵

## ۲– هالیبرتون (Halliburton)

هالیبرتون یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های میدان نفتی در جهان است. این شرکت نیاز صنعت انرژی درگیر در اکتشاف، توسعه و تولید نفت و گاز طبیعی را از طریق محصولات و خدمات خود برآورده می‌کند.

هالیبرتون از سال ۱۹۷۵ ثبت اختراع کرده است. بااین‌وجود، در ۶ سال گذشته ۴۲٪ از سبد ثبت اختراع خود را حق ثبت اختراع خودکرده است. در ۶ سال گذشته، هالیبرتون در درجه اول بر روی دیجیتالی سازی تکنیک‌های بهینه‌سازی و حفاری در صنعت نفت و گاز متمرکز بوده است. شما می‌دانید چرا؛ زیرا ۶۰–۷۰٪ حق ثبت اختراع آن‌ها مربوط به روش‌های بهینه‌سازی و حفاری بوده است.

خدمات ارائه‌شده توسط هالیبرتون عبارت‌اند از:

- موقعیت هیدروکربن
- مدیریت داده‌های زمین‌شناسی
- ارزیابی حفاری
- ساخت و تکمیل چاه
- بهینه‌سازی تولید

در آگوست ۲۰۱۴، هالیبرتون علناً برنامه خود را برای گسترش سبد محصولات خود از طریق خرید شرکت‌هایی که راه‌حل‌های فن‌آوری حفاری نفت و گاز ارائه می‌دهند، اعلام کرد. برنامه‌های آینده هالیبرتون شامل خرید در بازارهایی است که در آن حضور ندارد.

هالیبرتون در چند وقت اخیر شرکت‌های زیر را خریداری کرده است:

- Petris (۲۰۱۲)
- UReason Solution Environment (۲۰۱۴)
- Netflex Petroleum Consultants (۲۰۱۴)
- Europump Systems (۲۰۱۴)

**۱–شرکت ملی نفت چین**

شرکت ملی نفت چین (CNPC) بزرگترین شرکت یکپارچه در چین است که نفت و گاز را تولید و تأمین می‌کند. CNPC که در سال ۱۹۹۹ به‌عنوان بخشی از تجدید ساختار CNPC تأسیس شد، یک شرکت مادر Petrochina است و یکی از بزرگترین واگذاران در حوزه میدان نفتی است.

پس از ثبت اولین اختراع ثبت‌شده در سال ۲۰۰۲، CNPC به‌طور تصاعدی تکمیل حق ثبت اختراع خود را در حوزه میدان نفتی افزایش داده است. تمرکز CNPC بر ثبت اختراع نرم‌افزار / الگوریتم‌ها نشان‌دهنده علاقه روزافزون آن به افزایش عملکردهای خود با استفاده از IT است.

CNPC حق ثبت اختراعات را با همکاری نهادهایی مانند کارخانه ماشین‌آلات پکن (۱ حق ثبت اختراع)، دانشگاه ملی نفت فلات قاره چین و دانشگاه یانگ تسه (۱ حق ثبت اختراع)، اداره نفت داکینگ (۱ حق ثبت اختراع) و اکتشاف و توسعه نفت Tuhao (۱ حق ثبت اختراع) ثبت کرده است.

خدمات ارائه‌شده توسط CNPC شامل:

- کاوش ژئوفیزیک
- باز کردن لوله و حفاری
- ثبت داده و پیمایش رویداد (logging)
- ساخت سطح میدان نفت و گاز
- مهندسی نفت و پتروشیمی
- تجهیزات و تأمین مواد اولیه

در سال ۲۰۱۳، پتروبراس واحد پرو خود را به قیمت ۲,۶ میلیارد دلار به پتروچینا (CNPC) فروخت. تحصیل دارایی‌ها به CNPC کمک می‌کند تا خدمات نفتی را در آمریکای لاتین گسترش دهد.

## منابع:


- **جمالی، محمدجواد و فعلی، مصطفی، فرصت‌ها و چالش‌های به‌کارگیری فنآوری میادین هوشمند در ایران، ماهنامه علمی ترویجی اکتشاف و تولید، شماره ۱۴۰، ۱۳۹۵**
- **مرکز پژوهش‌های مجلس، معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولید، چاه و میدان هوشمند و کاربردهای آن در صنعت نفت ایران، ۱۳۹۵**
- Carvajal G., Maucec M. and Cullick S., “Intelligent digital oil and gas fields concepts, collaboration, and righttime decisions,” Elsevier Inc., 2018.
- GreyB Team, Competitive Intelligence – The Top Players of Digital OilFields, September 30, 2015
- JuneWarren-Nickle’s Energy Group (JWN), Digital Oilfield Outlook Report, October, 2019
- Lien, C.A., et al. Evaluation of a Smart Well System at the Saramacca Oil Fields: A Case Study. in SPETT 2012 Energy Conference and Exhibition. 2012. Society of Petroleum Engineers