موسسه مطالعات بین المللی انرژی

(وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران)

بولتن تخصصی فناوری

موسسه مطالعات بین المللی انرژی

شماره دهم، شهریور ماه ۱۴۰۰

۱۰

بولتن تخصصی فناوری موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

شماره دهم ، شهریور ماه ۱۴۰۰

ناشر: **مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی**

مدیرمسئول

عقیل براق

ناظران علمی

عرفان ریاحی، مهدی احمدخان بیگی

سر دبیر

سیدفرهنگ فصیحی

مدیر داخلی

شیرین رضایی عدل

هیأت تحریریه

حامد حوری‌جعفری، رامش زروانی، مهدی شریف زاده، عقیل براق، زینب حجار، عباس زراءنژاد، امیرحسین فاکهی، سیدصادق ضرغامی، غلامعلی رحیمی، حمیدرضا مصطفایی، اعظم محمدباقری، طاهر خرم‌روز

همکاران این شماره

ناصر باقری مقدم، حسین حیرانی، مهدی صحاف زاده، غلامعلی رحیمی، افسانه رحیمی

نشانی: تهران، خیابان ولیعصر(عج)، روبروي پارك ملت، خیابان شهید سلطانی (سایه سابق)، پلاك ٦٥

مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، کدپستی ۱۹۶۷۷۴۳۷۱۱، صندوق پستی ۴۷۵۷- ۱۹۳۹۵

تلفن: ۹-۲۲۰۲۹۳۵۱ نمابر: ۲۲۰۵۴۸۵۳

www.iies.ac.ir

دریافت فایل الکترونیکی و همچنین دسترسی به سایر شماره‌های بولتن از طریق سایت موسسه امکان‌پذیر است. اساتید و پژوهشگران محترم می توانند مقالات خود را در فرمت word به آدرس پست الکترونیکی IIEStechbulletin@mop.ir ارسال نمایند

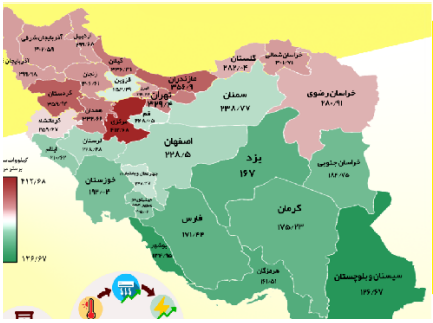
در این شماره می‌خوانید...

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

چین با راه‌اندازی برنامه تجارت انتشار (ETS) مبارزه با تغییر اقلیم را افزایش می‌دهد — صفحه ۵

شرکت شل بزرگ‌ترین پروژه‌ی تولید هیدروژن سبز الکترولیزی ... — صفحه ۶

معرفی طرح‌های برتر حوزه فناوری اطلاعات — صفحه ۷



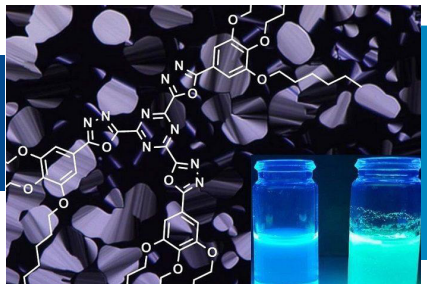
مصارف نهایی بخش خانگی به ازای زیرینای مسکونی و ارتباطات صنعت نفت در سال ۱۳۹۷ — صفحه ۸

فصل اول: نفت، توسعه و زنجیره ارزش

تدوین راهبردهای توسعه فناوری زنجیره ارزش بالادست شرکت ملی نفت ایران — صفحه ۹

در مقاله های پیشین چالش‌های فناورانه توسعه فناوری و حوزه‌های هدف فناوری به تفکیک بخش‌های زنجیره ارزش بالادست صنعت نفت ارائه گردید. در این مقاله راهبردهای توسعه فناوری زنجیره ارزش بالادست صنعت نفت ارائه می‌گردد که در ابتدا روش‌های تدوین راهبرد فناوری ارائه می‌شود، سپس روش‌شناسی شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌ها ذیل حوزه‌های هدف فناوری و تعیین سبک اکتساب فناوری به تفکیک بخش‌های زنجیره ارزش بالادست صنعت ارائه می‌گردد.

فصل دوم: رصد فناوری های انرژی



تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع (پتانسیل ذخیره‌سازی انرژی) — صفحه ۲۶

منابع فسیلی محدود است و این باعث می‌شود ، که این منابع به‌عنوان منابع نامطمئن شناخته شوند. بر این اساس، امروزه کشورهای توسعه‌یافته از سیستم‌های انرژی که به مقدار قابل‌توجهی برمبنای سوخت‌های فسیلی هستند، دور شده‌اند و به سمت بهره گیری از انرژی‌های تجدید پذیر که تولید آلایندگی ناچیز دارند پیش رفته‌اند.

ماهیت نوسانی تولید برق از منابع تجدید پذیر انرژی لزوم توسعه سیستم‌های توزیع با ظرفیت بالا و همچنین امکان ذخیره‌سازی متناوب انرژی را اجتناب‌ناپذیر نموده است.

سرمقاله

بنام خداوند دانایی

یکی از ضروریات توسعه پایدار، شناخت فناوری‌های نوظهور و پیشرفته در صنعت نفت و گاز و نحوه دستیابی به آن‌ها، انتقال و بومی‌سازی و نهایتاً توسعه آن‌ها می باشد و این اقدام باید منتج به کاهش هزینه‌های عملیاتی و زمان انجام کار، سهولت و بهبود عملیات تولید و ایجاد ارزش‌افزوده از مسیر نوآوری و خلق فناوری گردد. از طرفی، تحلیل زنجیره ارزش به‌عنوان یکی از راه‌های افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت می‌باشد که با شناخت، تدوین، تکمیل و ارزیابی زنجیره (و یا شبکه) ارزش صنعت نفت و گاز که در آن گزینه‌های مختلف تأمین انرژی برای کاربردهای گوناگون و نیز گزینه‌های مختلف و البته بهینه تولید مواد شیمیایی دیده‌شده باشد، می‌تواند تصمیم‌گیری‌های آتی را در خصوص چگونگی اولویت‌بندی حلقه‌های اثرگذار بر افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از منابع فسیلی و همچنین برنامه‌ریزی برای توسعه فناوری‌های موردنیازتسهیل نماید. زنجیره ارزش با نگاهی یکپارچه به فعالیت‌های سازمان، به دنبال بهبود عملکرد، بهبود کیفیت، بهبود ارتباطات، انتخاب صحیح فناوری‌های نوین و کشف حقایقی پنهان در مورد نقاط قوت و ضعف سازمان می‌باشد؛ بنابراین انتخاب فناوری باید مبتنی بر ارزیابی مناسب از زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز باشد.

با عنایت به موارد فوق، هیات تحریریه بولتن تخصصی فناوری آمادگی دارد با انتشار مطالب منتخب کارشناسان و پژوهشگران ارجمند صنعت نفت و انرژی، اساتید و دانشجویان محترم دانشگاه‌ها و متخصصین گرامی مؤسسات پژوهشی و شرکت‌های دانش‌بنیان در خصوص موضوعات مرتبط با مدیریت هوشمندانه فناوری‌های نوین انرژی و ایده‌های راهبردی و تحول‌آفرین این حوزه، ضمن پربارتر نمودن مطالب بولتن، موجبات تصمیم‌سازی‌های مناسب و همچنین ایجاد زمینه‌های مختلف پژوهشی در حوزه تبیین و تدوین راهبردهای فناوری انرژی را فراهم آورد تا این تلاش و همکاری گامی مؤثر در دستیابی به اهداف و رسالت‌های بخش انرژی کشور باشد.

موسسه مطالعات بین المللی انرژی

روش‌های متنوعی در خصوص ذخیره‌سازی انرژی برق وجود دارند که می‌توان از طریق آنها انرژی را در ساعات غیر پیک ذخیره نمود. در این راستا، تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع نظیر سوخت جت و متانول پاسخ مناسبی برای تقاضای ذخیره‌سازی متناوب انرژی به شمار می‌رود.
در این مطالعه ساختار فنی تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از ارائه یک مقدمه در مورد تکنولوژی‌های ذخیره‌سازی انرژی‌های تجدید پذیر، مفهوم تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع تجزیه‌وتحلیل خواهد شد.

فصل سوم: معرفی شرکتهای حوزه انرژی

صفحه ۳۷

بررسي شرکت سعودی آرامکو

در این گزارش به معرفی و بررسی شرکت نفت عربستان سعودی (سعودی آرامکو) به عنوان یکی از شرکت‌های برتر حوزه انرژی در سال ۲۰۲۰ درصحنه جهانی پرداخته شده است و شاخص‌های ذخایر انرژی، تولید، درآمد کل شرکت، میزان دارایی‌ها و سود و زیان در شرکت آرامکو مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت چشم‌انداز توسعه سرمایه‌گذاری بالادستی آرامکو در سال ۲۰۲۱ ارائه خواهد شد.

چین با راه‌اندازی برنامه تجارت انتشار (ETS) مبارزه با تغییر اقلیم را افزایش می‌دهد

دو روز بعدازآنکه اتحادیه اروپا از برنامه جدید کاهش انتشار کربن خود رونمایی کرد، چین برنامه تجارت انتشار خود را راه‌اندازی نمود. این برنامه، ابزاری مهم برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و خنثی نمودن کربن این کشور تا سال ۲۰۶۰ می‌باشد. این کشور که خود بزرگ‌ترین انتشاردهنده گازهای گلخانه‌ای در جهان است، با اجرای این برنامه، بزرگ‌ترین بازار تجارت کربن در جهان را به خود اختصاص می‌دهد و در آن، هزاران شرکت چینی را مجبور به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خود می‌کند. این برنامه محدودیت‌های انتشار را برای مشاغل با انتشار بالا تعیین کرده و به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا حق آلودگی را مبادله نمایند. البته چین از یک دهه پیش برنامه‌های خود را برای ایجاد بازار کربن اعلام کرده بود، اما به دلیل وابستگی به استفاده از زغال‌سنگ و ارجحیت سیاست‌های رشد اقتصادی بر سیاست‌های محیطزیست، روند پیشرفت آن کند شد.

این بازار در ابتدا ۲۲۲۵ تولیدکننده بزرگ برق را که تقریباً یک‌هفتم انتشار کربن جهانی را به‌واسطه مصرف سوخت‌های فسیلی دارند، تحت پوشش قرار می‌دهد. سیتی گروپ تخمین زده است که در این بازار، ۸۰۰ میلیون دلار اعتبار برای امسال خریداری‌شده و تا پایان دهه آتی به ۲۵ میلیارد دلار افزایش یابد. این میزان افزایش اعتبار موجب می‌شود که طرح تجارت چین یک‌سوم اندازه بازار اروپا باشد. در ابتدا انتظار می‌رفت که این طرح ازنظر وسعت بسیار بزرگ‌تر بوده و هفت بخش ازجمله هواپیمایی و پتروشیمی را شامل گردد. لیکن مرکز تحقیقات انرژی و هوای پاک چین اعلام نمود که دولت اهداف بلندپروازانه خود را به دلیل اهمیت رشد اقتصادی در شرایط همه‌گیری ویروس کرونا تعدیل کرده است.

یکی از نگرانی‌های این برنامه، قیمت پایین آلودگی در چین است. انتظار می‌رود که متوسط قیمت کربن در چین تا پایان سال ۴/۶ دلار به ازای هر تن باشد که بسیار کمتر از میانگین قیمت اتحادیه اروپا یعنی ۴۹/۴۰ دلار در هر تن است. نگرانی‌های دیگر در مورد این طرح شامل کمبود دانش فنی و فشار مداوم از طریق لابی‌های قدرت، استفاده از زغال‌سنگ و فولاد است که می‌تواند بر پیشرفت این بازار تأثیر بگذارد. در همین ارتباط هوو اسلاتر (Huw Slater) از انجمن کربن چین گفته است: مقامات و شرکت‌های محلی، اطلاعات کمی در مورد محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای و یا حتی اصول علوم تغییر اقلیم دارند، علاوه بر این مناطقی که برای رشد به صنایع زغال‌سنگ و کربن متکی هستند در پیوستن به این برنامه کند عمل می‌کنند. از طرفی «مقامات می‌ترسند که سرعت در مهار انتشار گازهای گلخانه‌ای، موجب کاهش اشتغال و بروز ناآرامی‌های اجتماعی در چین شود.»

لینک خبر:

https://www.euractiv.com/section/climate-environment/news/china-steps-up-climate-fight-with-/emissions-trading-scheme

شرکت شل بزرگ‌ترین پروژه‌ی تولید هیدروژن سبز الکترولیزی را با استفاده از فناوری غشاء الکترولیت پلیمری در اروپا راه‌اندازی می‌کند.

این پروژه که با حمایت یک کنسرسیوم اروپایی راه‌اندازی می‌شود، تولید هیدروژن را سرعت می‌بخشد و به دست‌یابی به هدف انتشار صفر خالص کربن در اروپا کمک می‌کند. این پروژه در پارک انرژی و مواد شیمیایی رینلند (Rheinland) در شرکت شل که در آن هیدروژن سبز تولید می‌شود راه‌اندازی و عملیاتی شده است. این کارخانه که به‌صورت کامل به مرحله‌ی عملیاتی رسیده است، اولین کارخانه‌ای است که از این فناوری در چنین مقیاسی استفاده می‌کند. طرح‌هایی نیز برای افزایش ظرفیت الکترولایزر این پروژه از ۱۰ مگاوات به ۱۰۰ مگاوات در دست تهیه است.

هوبرت ویونو (Huibert Vigeveno) مدیر بخش پایین‌دست شرکت شل در مراسم راه‌اندازی این پروژه اظهار داشت: «این پروژه شکل جدیدی از آینده‌ی انرژی و مدلی از تولید انرژی کم‌کربن را که می‌تواند در سراسر جهان الگوسازی شود به نمایش گذاشته است.»

او در ادامه گفت: «شرکت شل می‌خواهد به یک تأمین‌کننده‌ی پیشرو در تولید هیدروژن سبز برای مشتریان حوزه‌های صنعت و حمل‌ونقل در آلمان تبدیل شود.» شل در کل فرایند این پروژه از تولید برق با استفاده از نیروگاه بادی فراساحلی گرفته،تا تولید هیدروژن و توزیع آن در همه بخش ها، حضور خواهد داشت. شرکت شل هدف‌گذاری کرده است تا سال ۲۰۵۰ همگام با جامعه جهانی به یک کسب‌وکار در حوزه‌ی انرژی بدون کربن تبدیل شود. در همین راستا، این شرکت درصدد است تا پالایشگاه‌های خود را به پنج پارک انرژی و مواد شیمیایی دیگر تبدیل کند که این بدان معنا است که شل تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۵۵% از تولید سوخت‌های سنتی خود خواهد کاست. الکترولایزر پارک انرژی و مواد شیمیایی رینلند از برق تجدید پذیر برای تولید ۱۳۰۰ تن هیدروژن سبز در سال استفاده خواهد کرد. این هیدروژن سبز در ابتدا برای تولید سوخت‌های کم‌کربن و سپس در کربن‌زدایی از صنایع استفاده خواهد شد. الکترولایزر این پروژه توسط شرکت ITM Power در شفیلد انگلیس ساخته‌شده است و در آن از قطعاتی که ساخت کشورهای ایتالیا، سوئد، اسپانیا و آلمان می‌باشد، استفاده‌شده است. پروژه‌هایی ازاین‌دست نشان می‌دهند که چگونه نوآوری می‌تواند موجب انتفاع هم در اقتصاد و هم در محیط‌زیست شود. برای دست‌یابی به اهداف آب و هوایی تا سال ۲۰۵۰ نیاز است سیستم‌های انرژی اساساً تغییر شکل دهند. در این میان، هیدروژن سبز نقش مهمی در کربن‌زدایی از حمل‌ونقل و صنعت بازی می‌کند، چرا که از ظرفیت عظیمی برای کربن‌زدایی از بخش‌هایی که استفاده مستقیم از تجدیدپذیرها در آن‌ها ممکن نیست، برخوردار است. در این راستا، شرکت شل در نظر دارد ورود سلول‌های سوختی و فناوری‌های هیدروژنی به بازار را تسریع بخشد و استفاده از مزایای آن‌ها را در اروپا مهیا کند. شرکت شل همچنین در نظر دارد در آینده با استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر و زیست‌توده‌ها، سوخت‌های پایدار ویژه هوانوردی را نیز تولید کند. یک کارخانه‌ی تولید گاز طبیعی تجدید پذیر مایع نیز توسط این شرکت در دست ایجاد است.

لینک خبر:
https://www.shell.com/media/news-media-releases/2021/-shell-starts-up-europes-largest-pem-green-hydrogen-electrolyser.html

معرفی
طرح‌های برتر
حوزه فناوری اطلاعات
و ارتباطات صنعت نفت
در سال ۱۳۹۹

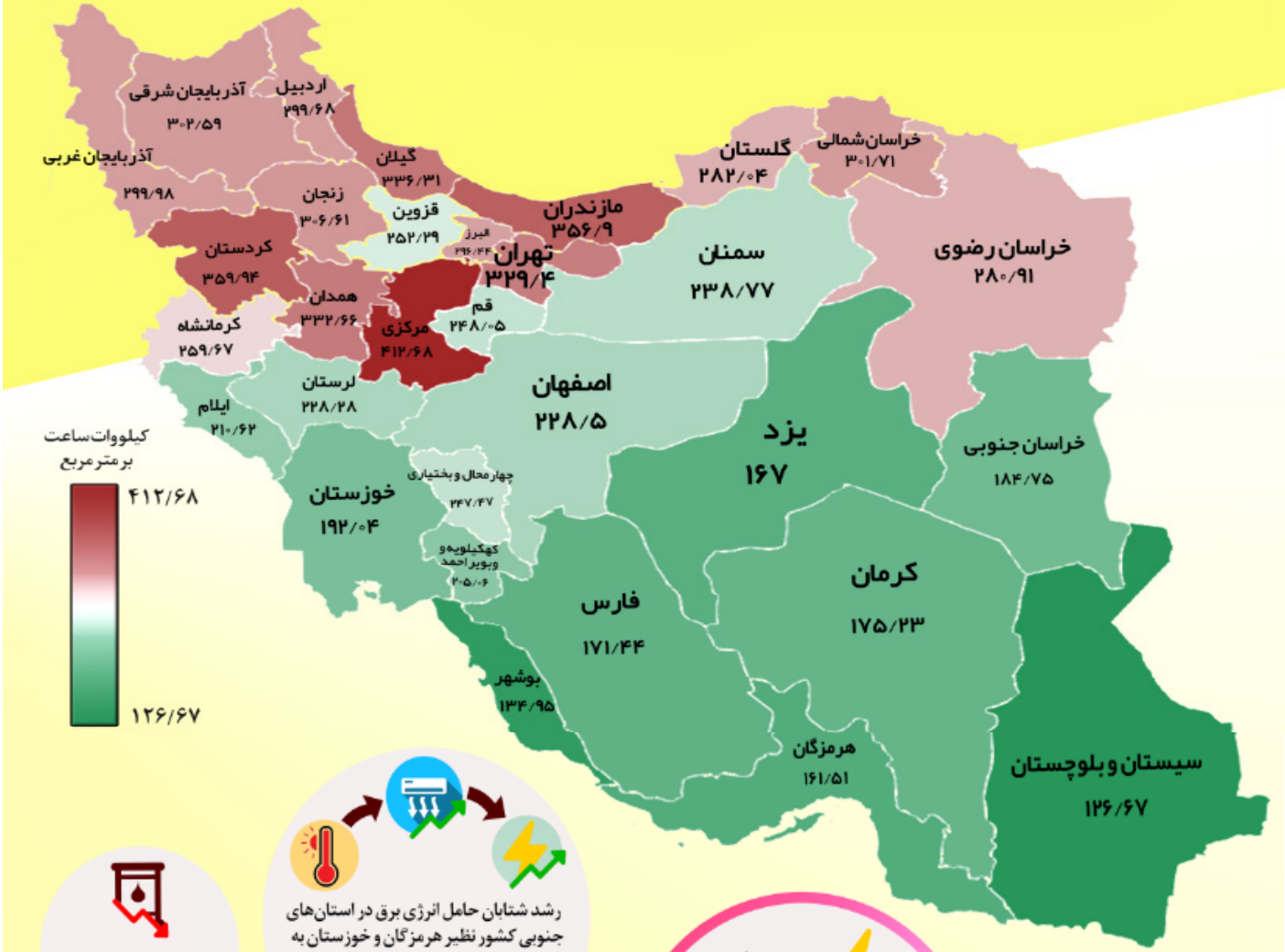
۲ – سامانه ارسال اطلاعات ایستگاههای گاز (Gas Master) شرکت گاز استان گیلان:

این محصول به صورت کاملاً بومی و با تکیه بر توان متخصصان داخلی طراحی و تولید گردیده است و به طور وسیع نیز در شرکت گاز استان گیلان نصب و مورد بهره برداری قرار گرفته است. محصول با نام تجاری GasMaster عرضه می‌شود که شامل یک سامانه منسجم نرم‌افزاری و سخت‌افزاری می باشد. بخش سخت‌افزاری سامانه که شامل تجهیز قرائت‌گر، مطابق با استاندارد ضد انفجار (بخش ذاتاً ایمن) طراحی و ساخته شده است، در داخل ایستگاه‌های گاز نصب می گردد و می تواند به صورت همزمان به دو دستگاه تصحیح کننده (حتی از برندهای مختلف) متصل گردد و در دوره های از پیش تعیین شده (قابل برنامه ریزی) به قرائت پارامترهای تصحیح کننده (نظیر میزان مصرف، فشار، دما، ضریب C، مصرف لحظه ای و ثبت رویدادهایی مانند باز شدن درب دستگاه، باز شدن درب ایستگاه و ...) بپردازد.

تمامی اطلاعات قرائت شده در یک بستر امن (پیامک یا APN) به سرور شرکت گاز که نرم افزار سرور روی آن نصب می باشد، منتقل گردیده و مورد پردازش قرار می گیرد. همچنین این محصول بر اساس استانداردهای مطرح و معتبر جهانی طراحی شده و گواهینامه‌های موردنیاز را از مراجع ذیصلاح دریافت نموده است.

سامانه تولید شده در حال حاضر در ۶۰۲ ایستگاه صنعتی و ۹۴ ایستگاه CNG مستقر در استان گیلان نصب گردیده و تمامی اطلاعات مورد نیاز در طول دو سال بهره برداری، در پایگاه داده شرکت گاز استان بارگذاری و در نرم‌افزار جامع مانیتورینگ نمایش داده می‌شود. با توجه به رسم نمودارهای کنترلی و وجود بخش پیشخوان در نرم افزار جامع، امکان هرگونه پایش مصرف به منظور تشخیص زودهنگام انواع خرابی و یا دستکاری میسر گردیده است. این سامانه برای ایستگاه گاز CNG با توجه به اهمیت بالاتر نظارت بر پارامترهای موثر، بازه‌های قرائت کوتاه‌تری (یکبار در ساعت) در نظر گرفته است.

مصارف نهایی بخش خانگی به ازای زیربنای مسکونی



تدوین راهبردهای توسعه فناوری زنجیره ارزش بالادست شرکت ملی نفت ایران

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

۱. مقدمه

در شماره پیشین (بولتن شماره ۸)، مقاله ای تحت عنوان «چالش‌های فناورانه توسعه فناوری و حوزه‌های هدف فناوری به تفکیک بخش‌های زنجیره ارزش بالادست صنعت نفت» ارائه گردید. در این مقاله راهبردهای توسعه فناوری زنجیره ارزش بالادست صنعت نفت ارائه می‌گردد.

راهبرد فناوری عبارت است از تصمیمی که سازمان در ارتباط با سرمایه‌گذاری، توسعه و بهره‌برداری از فناوری‌های محصول و فرآیند خود اتخاذ می‌کند. در ادبیات، روش‌ها و چارچوب‌های مختلفی با ویژگی‌های متمایزکننده‌ای برای تدوین راهبرد فناوری معرفی‌شده است که می‌توان آن‌ها را در سه گروه مبتنی بر «ساختار صنعت و موقعیت رقابتی»، رویکردهای «پویا» و رویکردهای «تصمیم‌گیری ماتریسی» تقسیم‌بندی کرد (Hax and Majluf ;2010 ,Ghazinoory and Farazkish 1996). بر همین اساس در این مقاله ابتدا روش‌های تدوین راهبرد فناوری ارائه می‌شود، سپس روش‌شناسی شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌ها ذیل حوزه‌های هدف فناوری و تعیین سبک اکتساب فناوری به تفکیک بخش‌های زنجیره ارزش بالادست صنعت ارائه می‌گردد.

۲. روش‌ها و چارچوب‌های تدوین راهبرد توسعه فناوری

با قبول فناوری و نوآوری‌های فناورانه به‌عنوان موضوع راهبردی در اوایل دهۀ ۸۰ میلادی، تصمیم‌گیری در مورد نحوۀ توسعه و استفاده از فناوری به‌عنوان یکی از مباحث حوزۀ علوم مدیریت، تحت عنوان راهبرد فناوری، مطرح شد. در این دوره، راهبرد فناوری به‌عنوان جزئی از راهبرد کسب‌وکار، با تمرکز بر تصمیم‌گیری در مورد توسعۀ فناوری در سطح بنگاه موردبررسی قرار می‌گرفت. به تعبیری دیگر می‌توان گفت که ارتباط میان فناوری‌ها و راهبرد رقابتی در مفهوم راهبرد فناوری تجلی پیدا می‌کرد. تحقیقاتی که در این دوره، فناوری را به‌صورت متغیر راهبردی در نظر می‌گرفتند، به دنبال پاسخ به دو پرسش کلیدی زیر بودند:

– چگونه می‌توان میان دو مؤلفه راهبرد فناوری و راهبرد کسب‌وکار ارتباط برقرار کرد (یکپارچگی راهبردها)؟

– تصمیم‌گیری در مورد راهبرد فناوری شامل چه ابعادی است؟

به عقیدۀ کلارک و همکاران (۱۹۸۹) راهبرد فناوری عبارت است از تصمیمی که سازمان در ارتباط با سرمایه‌گذاری، توسعه و بهره‌برداری از فناوری‌های محصول و فرآیند خود اتخاذ می‌کند. راهبرد فناوری، با ارائۀ یک الگوی تصمیم‌گیری هماهنگ، واحد و یکپارچه با راهبرد کسب‌وکار، به تصمیم‌گیری دربارۀ سه مؤلفۀ انتخاب فناوری مناسب، زمان مناسب توسعه و معرفی فناوری و

روش اکتساب فناوری می‌پردازد (Hax and Majluf, ۱۹۹۶)؛ اما لزوماً همهٔ روش‌های تدوین راهبرد فناوری، تمام این سه مؤلفه را پوشش نمی‌دهند.
در شکل زیر دسته‌بندی از روش‌ها و چارچوب‌های مختلف مرتبط با رویکردهای موجود در تدوین راهبرد فناوری ارائه‌شده است. در ادامه هر سه گروه به همراه مدل های مربوط به آنها مورد تحلیل قرارگرفته است.

شکل ۱ .دسته‌بندی روش‌های مختلف تدوین راهبرد فناوری

۲-۱ مدل‌های مبتنی بر ساختار صنعت و موقعیت رقابتی

این رویکرد مشتمل بر روش‌هایی است که دستیابی محیطی جذاب در بازار موجود را پایهٔ شکل‌گیری راهبردها قرار می‌دهند و به دنبال رسیدن به موقعیت رقابتی پایدار در صنعت می‌باشند. این رویکرد، راهبرد را به‌عنوان انتخاب زمینه‌های متناسب با قوت‌ها و موقعیت مطلوب بنگاه در نظر می‌گیرد و به محصولات نهایی و بازار آن‌ها توجه می‌کند. پایش محیط خارجی و نیز توانمندی‌ها و منابع داخلی، نقطهٔ شروعی برای تدوین راهبرد رقابتی در این رویکرد است (Stonham, 1998). در ادامه به بررسی مهم‌ترین چارچوب‌های اشاره‌شده در ادبیات این رویکرد پرداخته می‌شود.

مدل پورتر

پورتر (۱۹۸۵) در اوایل دههٔ ۱۹۸۰ میلادی به بررسی ارتباط میان راهبرد فناوری و راهبرد کسب‌وکار پرداخت. بر اساس این دیدگاه، شایستگی‌های رقابتی یک بنگاه، بستر مناسبی را برای تدوین راهبرد فناوری فراهم می‌آورد. او شایستگی‌های رقابتی را ویژگی‌هایی عنوان کرد که به ایجاد محیطی جذاب و پایدار می‌انجامد. پورتر عناصر راهبرد فناوری بنگاه را به شکل عمیقی موردبررسی قرارداد و نتیجه گرفت که راهبردهای فناوری از سه عنصر کلیدی انتخاب فناوری‌ها برای توسعه، راهبری یا دنباله‌روی و فروش و یا عدم فروش فناوری تشکیل‌شده است.

مدل هکس و ماجلوف

هکس و ماجلوف (۱۹۹۶) بر پایهٔ چارچوبی که پورتر ارائه کرده بود، مدلی فرآیندی برای تدوین راهبرد بنگاهی فناوری ارائه کردند. بر این اساس، آن‌ها در ابتدا به

قرار دادن راهبرد فناوری به‌عنوان یکی از راهبردهای کارکردی (Functional) در چارچوب فرایند تدوین راهبرد پرداختند. سپس واحدهای فناوری راهبردی (STU) یا (Strategic Technology Unit) تعریف‌شده و جذابیت و فرصت و تهدیدهای فناورانهٔ پیشرو با پایش محیطی فناوری و بررسی داخلی دقیق هرکدام از STUها به دست می‌آید. درنهایت T تدوین راهبرد فناوری بر اساس نتایج مراحل قبل، در سه مرحلهٔ انتخاب فناوری‌های موردنیاز برای توسعه، زمان‌بندی ارائهٔ فناوری جدید و روش‌های اکتساب آن‌ها کامل می‌شود.

مدل ای.دی.لیتل

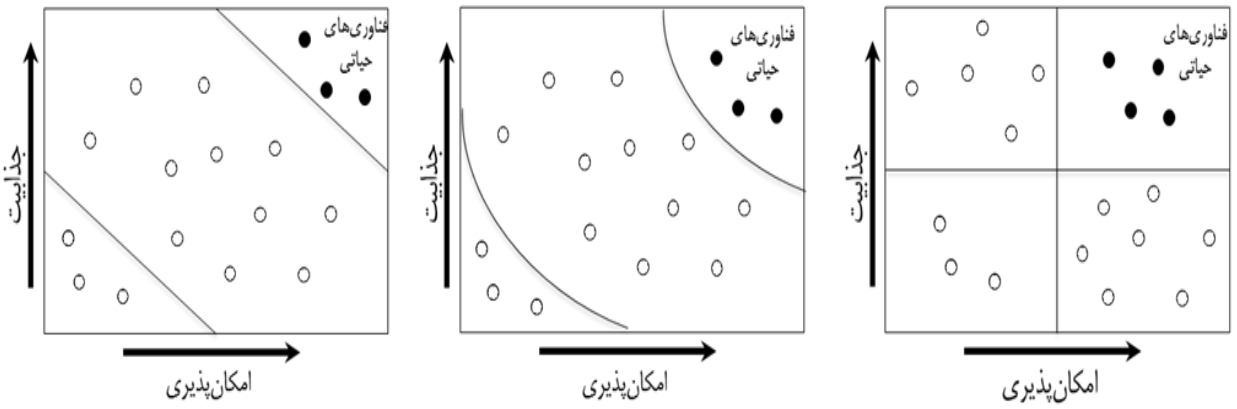
بر اساس این مدل، راهبرد فناوری باید بر اساس شایستگی‌های محوری یک بنگاه یا به عبارتی توانمندی‌های پایه‌ای آن باشد. توجه به نیازمندی‌ها، تقاضاها و احتیاج‌های بازار برای حفظ حیات هر سازمانی ضروری است، اما این نکته را نیز باید در نظر داشت که بنگاه‌ها توانمندی‌های مختلفی در فراهم آوردن نیازهای شناسایی‌شده دارند. از تعامل میان فناوری‌های هم‌راستا با شایستگی‌های محوری بنگاه و نیز توانمندی فناورانهٔ داخلی، راهبرد توسعهٔ فناوری معین می‌شود.

مدل مک کینزی

ایدهٔ محوری این مدل این است که چگونه تغییرات فناورانه بر تصمیم‌های راهبردی اثرگذار است و برعکس. بر اساس منحنی دورهٔ عمر فناوری (منحنی S شکل)، زوال فناوری هم‌زمان با رسیدن به نهایت قابلیت‌های عملکردی است. در این شرایط، نیاز به مدیریت گذاری ملایم به فناوری دیگر وجود دارد. این گذار ملایم به پیوسته شدن و کاهش شکاف فناورانه کمک می‌کند. در این شرایط، نیاز است که به تدوین راهبرد تحقیق و توسعه برای انتخاب فناوری جدید و گذار به سمت صحیح پرداخته شود (Foster, 1986).

روش فناوری‌های حیاتی (Critical technologies)

ارائهٔ فهرستی از فناوری‌های حیاتی، روشی معمول در مدل‌سازی راهبرد ملی فناوری است. هدف اصلی در فراهم آوردن فهرست فناوری‌های حیاتی، اتخاذ مجموعه‌ای از سیاست‌ها برای برآورده کردن اهداف از پیش تعیین‌شده است. در این روش، فناوری‌ها بر اساس دو معیار جذابیت و امکان‌پذیری و در قالب یک ماتریس دوبعدی رتبه‌بندی می‌شوند. داشتن پتانسیل در منفعت‌رسانی اجتماعی–اقتصادی و همچنین فرصت‌های علمی–فناورانه، جذابیت فناوری را نشان می‌دهد. معیار امکان‌پذیری فناوری نیز بیان‌کنندهٔ پتانسیل فناورانه و توانایی اجتماعی در به کار بردن فناوری‌های جدید است. نحوهٔ انتخاب فناوری‌های حیاتی بر اساس محل قرارگیری آن‌ها در ماتریس جذابیت–امکان‌پذیری است. برای انتخاب از میان حوزه‌های فناورانه، می‌توان ماتریس را بر اساس حدی از معیارهای جذابیت و قابلیت با خطوط کمانی، مورب و عمود بر هم تقسیم‌بندی کرد.



شکل ۲. ماتریس انتخاب فناوری‌های برتر در روش فناوری‌های حیاتی

۲-۲ مدل‌های مبتنی بر پویایی

در دوره ای که تغییرات سریع فناوری ها، بازار به‌شدت رقابتی میان بنگاه ها و نظام های غیر قدرتمند حقوق مالکیت فکری از ویژگی های اصلی آن است، نیاز به داشتن راهبرد فناوری پویا و منطبق با محیط روز بیش‌ازپیش احساس می شود (Ghazinoory and Farazkish, 2010). بر این اساس، بنگاه ها نیازمند داشتن مدل های تدوین راهبرد فناوری پویا هستند. برای پوشش این نیاز، رویکرد جدیدی مبتنی بر پویایی میان فناوری ها و متغیرهای راهبردی توسعه یافت. این رویکرد با پیش بینی آیندهٔ محتمل برای فناوری، در مورد ابعاد مختلف راهبرد فناوری تصمیم گیری می‌کند. در زیر به سه مدل اشاره‌شده است که بر مبنای رویکرد پویایی توسعه پیداکرده است.

نظریهٔ فوق رقابتی دی، آوینی (D'Aveni)

نظریهٔ فوق رقابتی دی آوینی، رویکردی معروف در زمینهٔ تدوین راهبرد فناوری بر اساس رویکرد پویایی است. طبق این نظریه، ویژگی پویایی در رقابت، موضوعی به‌شدت پراهمیت است و نمی تواند به‌عنوان موضوعی ثانوی در تفکر راهبردی موردبررسی قرار گیرد. دی آوینی تأکید می کند که بازار، پیوسته در حال تغییر و تحول است و این تکامل قدرت اصلی در اقدام های راهبردی است. در تفکر مبتنی بر پویایی، مهم ترین بعد از رقابت وضعیت فعلی بنگاه نیست، بلکه تغییرات ناشی از پویایی میان اجزا است.

مدل کیه زا (Chiesa)

کیه زا (۲۰۰۱)، مدلی در مورد تدوین راهبردهای فناوری در بسترهای پویا ارائه کرده است. در این مدل، بر پایهٔ آینده‌نگاری محیطی، تصمیم های مربوط به انتخاب، زمان‌بندی و نوع اکتساب فناوری کسب می شود. تصمیم گیری در مورد این سه بعد، باید به‌صورت هم زمان و متعامل به انجام برسد (Ghazinoory and Farazkish, 2010).

نقشهٔ راه فناوری

روش نگاشتن مسیر فناوری به‌طور گسترده‌ای هم در سطح بنگاه ها و هم در سطح صنایع به‌منظور حمایت از برنامه‌ریزی و تعیین راهبرد فناوری به‌کاررفته است (Barker and Smith ;2003 ,Albright and Kappel, 1995). روش نقشهٔ راه فناوری برای اولین بار توسط شرکت موتورولا (Motorola) برای برنامه ریزی یکپارچه محصول-فناوری مورداستفاده قرار گرفت. این رویکرد به‌طور فزاینده‌ای در مطالعات آینده‌نگاری به‌ویژه در مطالعاتی که در بخش‌های صنعتی خاصی تمرکز می‌کنند، مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌طورکلی نگاشت مسیر، شامل نمودار زمانی چندلایه‌ای است که پیشرفت‌های فناوری را در ردیف روندهای بازار قرار می‌دهد. به‌این‌ترتیب، مسیر تحقیقات و پیشرفت‌ها، تعیین‌شده و فعالیت‌ها به‌صورت هدف مدار مشخص می شوند. علت توجه به پویایی در این مدل نیز همین ترسیم مسیر توسعه طی زمان است.

۲-۳ مدل‌های ماتریسی

در این مدل ها اطلاعات پیرامون فناوری بر اساس معیارهای انتخاب‌شده در سلول های یک ماتریس چندبعدی ثبت می شود. با توجه به قرارگیری فناوری در هر یک از سلول های ماتریس، راهبرد مناسب با آن ناحیه برای توسعه اتخاذ می شود. ساختار این مدل ها ساده است و قادر به پاسخ گویی تمام نیازهای راهبرد فناوری نیستند؛ بنابراین، معمولاً از این مدل ها به‌عنوان ابزاری در تدوین یک مرحله از راهبرد فناوری استفاده می شود (انتخاب، زمان بندی، اکتساب). در بخش زیر، اصلی ترین این مدل ها موردبررسی قرار می گیرد.

ماتریس ارزیابی فناوری

در این ماتریس، یک فناوری جدید، بر طبق دو معیار می تواند دریکی از چهار سلول شکل قرار گیرد: میزان جدید بودن فناوری در دنیا (نوظهور یا شناخته‌شده) و توانمندی بنگاه در تولید فناوری (آری یا خیر). برای هر سلول این ماتریس یک تصمیم مشخص وجود دارد:

– ناحیهٔ A: بنگاه می تواند دارای آینده ای مطلوب در کسب این فناوری باشد و به فراگیری اصول آن بپردازد.

– ناحیهٔ B: بنگاه نمی تواند نسبت به توسعهٔ فناوری امیدوار باشد و لازم است به انتقال فناوری از خارج از بنگاه اقدام کند.

– ناحیهٔ C: به دلیل نوظهور بودن در دنیا و نیز توانمندی داخلی بنگاه، این فناوری به‌عنوان جذاب ترین گزینه برای توسعه محسوب می شود. در این شرایط، لازم است بخش جدیدی برای توسعهٔ این فناوری در بنگاه در نظر گرفته شود.

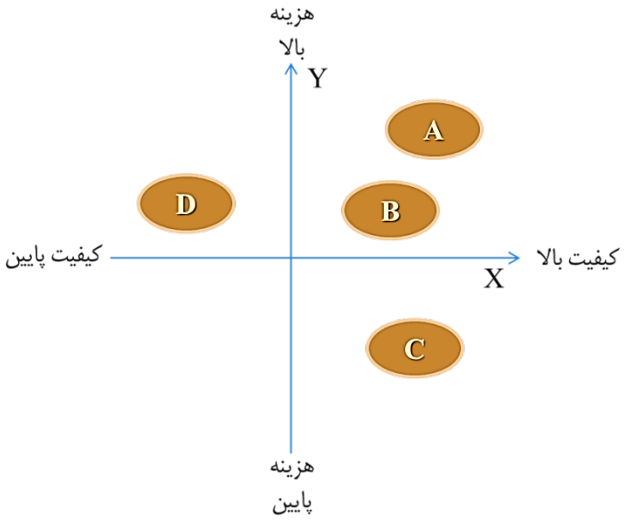
– ناحیهٔ D: به دلیل وجود توانمندی، فناوری نسبتاً جذاب تلقی می شود، اما شناخته‌شده بودن این فناوری در دنیا، ضرورت ایجاد بخش جدیدی برای توسعهٔ آن را از میان می برد.

بلوغ فناوری در دنیا	توانمندی بنگاه: خیر	توانمندی بنگاه: آری
جدید	A	C
شناخته‌شده	B	D

شکل ۳. ماتریس ارزیابی فناوری

روش موقعیت در نمودار X-Y

در این روش، محورهای X و Y می توانند نمایانگر دو فاکتور مختلف باشند (به طور مثال هزینه و کیفیت). در هر محور می توان بالا یا پایین بودن سطح فاکتور را به نمایش گذاشت. فناوری موردنظر بنگاه، ازنظر دو معیار در یک موقعیت خاص از نمودار قرار می گیرد. این نمودار موقعیت می تواند برای مقایسهٔ گزینه های مختلف از منظر فاکتور استفاده شود.



شکل ۴. روش موقعیت در نمودار X-Y

ماتریس سوات (SWOT) یا (Strenght, Weakness, Opportunity, Threat)

بر اساس این روش تدوین راهبرد، طراحی راهبرد موفق فناوری به میزان تطابق میان نقاط قوت و ضعف موجود بنگاه و فرصت ها و تهدیدهای موجود در محیط وابسته است؛ بنابراین، شناسایی عوامل اثرگذار داخلی و خارجی در توسعهٔ یک فناوری، باید جزئی از فرایند تدوین راهبرد باشد. ماتریس سوات ابزاری است که با کنار هم قرار دادن نقاط قوت و ضعف ازیک‌طرف و فرصت ها و تهدیدها از طرف دیگر، به استخراج راهبردهای اثربخش کمک می کند. طبق این ماتریس، چهار نوع راهبرد در توسعهٔ فناوری قابل پیاده سازی است:

– راهبرد SO (قوت–فرصت): در این شرایط لازم است از توانمندی های موجود در زمینهٔ فناوری برای بهره‌برداری از فرصت های محیطی استفاده شود؛

– راهبرد WO (ضعف–فرصت): مناسب است که با استفاده از فرصت های محیطی، بر نقاط ضعف موجود غلبه نمود؛

– راهبرد ST (قوت–تهدید): بنگاه باید به منظور رفع تهدیدهای محیطی از نقاط قوت خود استفاده کند؛

– راهبرد WT (ضعف–تهدید): بنگاه باید رویکردی در پیش گیرد تا بر نقاط ضعف فناورانهٔ خود غلبه کرده و از تهدیدهای خارجی دوری نماید.

	قوت (S)	ضعف (W)
فرصت (O)	استراتژی SO	استراتژی WO
تهدید (T)	استراتژی ST	استراتژی WT

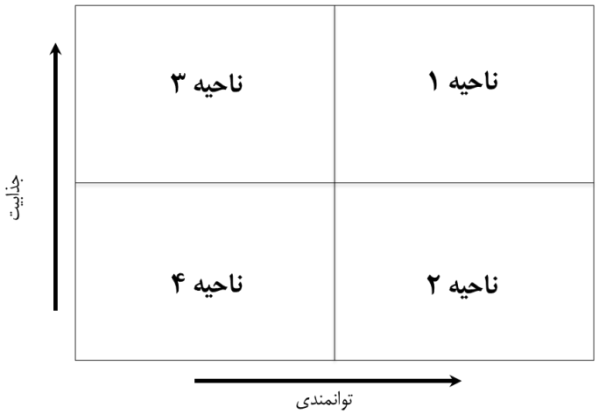
جدول ۱. ماتریس سوات

■ ماتریس جذابیت–توانمندی مورین (Morin ability-attractiveness matrix)

مدل مورین، یک روش تصمیم گیری راهبردی ماتریسی است که از یک ماتریس دوبعدی با معیارهای جذابیت–قابلیت تشکیل‌شده است. این مدل در ابتدا توسط مؤسسهٔ بین المللی تحقیقات استنفورد (Stanford Research International) توسعه پیدا کرد و توسعهٔ بیشتر آن، توسط مورین (۱۹۸۵) انجام شد. مدل تدوین راهبرد بر اساس ماتریس مورین شامل چهار مرحلهٔ اصلی زیر است:

– شناسایی فناوری های بااهمیت؛
– ارزیابی جذابیت فناوری های انتخاب‌شده؛
– ارزیابی توانمندی بنگاه در ارتباط با فناوری های شناسایی شده؛
– ترسیم ماتریس تصمیم گیری و قرار دادن فناوری ها در ماتریس بر اساس نتایج دو گام قبلی.

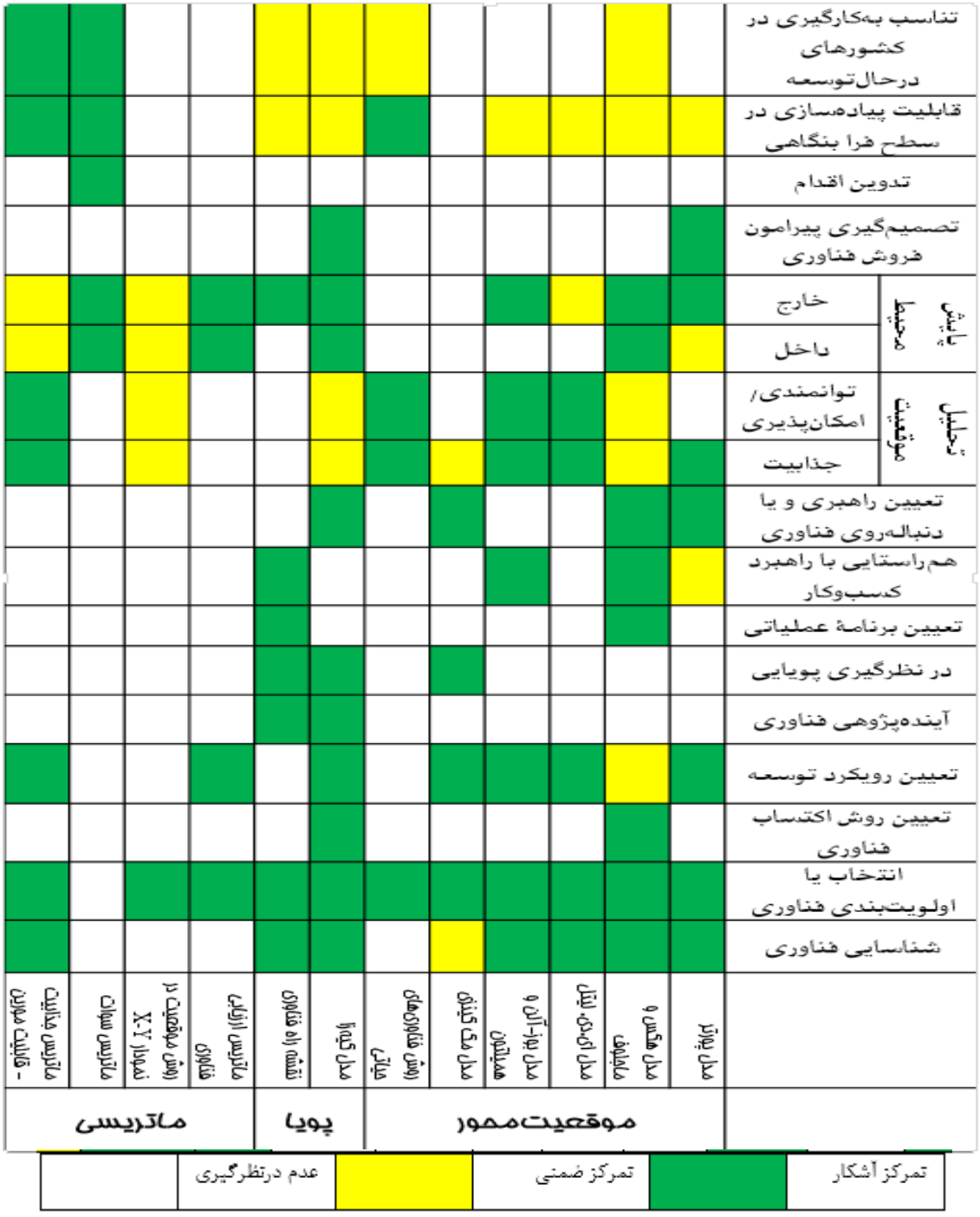
ارزیابی فناوری ها بر اساس دو معیار جذابیت و توانمندی اجازه می‌دهد که موقعیت هر فناوری در یک ماتریس دوبعدی به کمک زوج مرتب «توانمندی– جذابیت» تعیین شود. حال اگر هر یک از معیارهای فوق را به دو حالت کم و زیاد (یا پایین و بالا) تقسیم کنیم، ماتریس به چهار سلول (ناحیه) تقسیم می‌شود.



شکل ۵. ماتریس مورین

– ناحیهٔ ۱: نمایانگر موقعیت فناوری‌هایی است که دارای جذابیت بالایی هستند و توان سازمان نیز در ارتباط با این فناوری‌ها مناسب است. این فناوری‌ها اهرم‌های اصلی دست یابی به اهداف بلندمدت سازمان هستند و باید موردتوجه قرار گیرند. راهبرد کلی در ارتباط با این فناوری‌ها، سرمایه‌گذاری برای حفظ موقعیت است.
– ناحیهٔ ۲: نشان‌دهندهٔ موقعیت فناوری‌هایی است که توان بنگاه در ارتباط با آن‌ها خوب است ولی از جذابیت بالایی برخوردار نیستند. راهبرد کلی در این حالت، جایگزینی این فناوری‌ها با فناوری‌های دارای جذابیت بالاتر است، اگرچه لازم است که از توان موجود نیز حداکثر بهره‌برداری صورت گیرد.
– ناحیهٔ ۳: مربوط به فناوری‌هایی است که دارای جذابیت بالایی هستند ولی سازمان توان بالایی در آن‌ها ندارد. در این حالت، ابتدا باید علل و عوامل ضعف فناورانه، شناسایی و متناسب با آن برای بهبود توان فناورانهٔ سازمان برنامه ریزی شود.
– ناحیهٔ ۴: محل استقرار فناوری‌هایی است که جذابیت و توان در ارتباط با آن‌ها در وضعیت نامساعدی قرار دارد. این فناوری‌ها نمی‌توانند به‌هیچ وجه سازمان را در رسیدن به اهداف خود کمک کنند و سرمایه‌گذاری روی آن‌ها نیز صرفهٔ اقتصادی ندارد؛ بنابراین راهبرد سازمان در ارتباط با این فناوری‌ها چشم‌پوشی (رها کردن) است.

مدل‌های اشاره‌شده بر اساس هفده محور مختلف که ویژگی‌های ضروری در تدوین راهبرد فناوری است در جدول زیر با یکدیگر مقایسه شده‌اند. میزان برخورداری مدل ها از هریک از این محورها در قالب سه رنگ سبز (تمرکز صریح)، زرد (تمرکز ضمنی) و سفید (درنظرنگرفتن) ارائه‌شده است.



جدول ۲. مقایسه مدل‌های تدوین راهبرد فناوری

۳. روش‌شناسی شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌ها ذیل حوزه‌های هدف فناوری

به‌منظور اولویت‌بندی فناوری‌های حوزه بالادست از مدل مورین (ماتریس دوبعدی جذابیت–توانمندی) استفاده‌شده است. این روش بر اساس دودسته معیار جذابیت و توانایی به مقایسه میان گزینه های مختلف رقیب می‌پردازد. معیارهای جذابیت بیان‌کننده ابعاد ذاتی از فناوری است که برای سیاستگذاران دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، معیارهای توانمندی به دنبال ارزیابی پتانسیل‌های موجود در برگزیدن هریک از گزینه‌ها است. در این روش می‌توان هر حوزه فناوری را ازنظر جذابیت و توانایی، در ماتریس در نظر گرفت و حوزه‌های دارای جایگاه مناسب را انتخاب نمود.

در شکل زیر فرآیند اولویت‌بندی فناوری در هریک از حوزه های تخصصی پنج گانه نمایش داده‌شده است.

شکل ۶. فرآیند اولویت‌بندی فناوری ذیل حوزه‌های هدف فناوری (TTA)

بر اساس شکل مذکور کارگروه‌های تخصصی با توجه به حوزه‌های هدف فناوری اولویت‌بندی شده و پس از انجام مطالعات کتابخانه ای و پیشنهادات اعضای کارگروه تخصصی، فناوری‌های ذیل هریک از حوزه‌های هدف فناوری شناسایی شدند. سپس فناوری‌های شناسایی‌شده بر اساس دو معیار جذابیت فناوری و توانمندی بنگاه نمره‌دهی شدند. بدین منظور فرم اولویت‌بندی فناوری‌ها در قالب جدولی تهیه‌شده است. درنهایت با توجه به امتیاز هر فناوری جایگاه آن در ماتریس تصمیم‌گیری مشخص و فناوری‌های اولویت‌دار شناسایی‌شده است. پس از بحث و بررسی اعضای کارگروه‌های تخصصی،لیست فناوری‌ها موردبحث و بررسی و درنهایت لیست فناوری‌های اولویت‌دار مورد تأیید قرار گرفت. در ادامه فرآیند شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌ها ذیل حوزه‌های هدف فناوری در حوزه اکتشاف ارائه‌شده است.

۳-۱ شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌ها ذیل حوزه‌های هدف فناوری در حوزه اکتشاف

پس از تعیین حوزه‌های هدف فناوری، با تشکیل کارگروه تخصصی از اعضای کارگروه درخواست گردید برای هر حوزه هدف یک تا سه فناوری پیشنهاد دهند. سپس با برگزاری جلسات متعدد با اعضای کارگروه لیست فناوری‌های حوزه اکتشاف تکمیل گردید. در جدول ذیل لیست فناوری‌های هریک از حوزه های هدف فناوری بخش اکتشاف ارائه‌شده است.

حوزه هدف	فناوری اول	فناوری دوم	فناوری سوم			
پردازش داده‌های لرزه‌ای	فناوری‌های بهبود تصویرسازی افق‌های زیر سازند گچساران	فناوری‌های نوین مهاجرت و مهاجرت ناهمسانگرد زمانی و عمقی	فناوری پردازش با پهنای باند باز یا BroadBand Processing			
تفسیر کیفی و کمی داده‌های لرزه‌ای	فناوری مطالعات لرزه‌ای گذر زمان	فناوری‌های جدید مدلسازی سرعت و تبدیل زمان به عمق	فناوری‌های چینه‌شناسی لرزه‌ای توالی‌ها (seismic sequence stratigraphy)			
طراحی عملیات و برداشت داده‌های ژئوفیزیکی	فناوری OBC، فناوری OBN	فناوری‌های بهبود برداشت داده‌های لرزه‌ای با تفکیک‌پذیری بالا در مخازن هیدروکربوری عمیق (High Resolution (Deep Seismic	فناوری‌های برداشت با تک‌گیرندِ (Single geophone)،			
طراحی عملیات و برداشت داده‌های ژئوفیزیکی	فناوری 2D Wide-line acquisition در ژئوفیزیک کوهستان	فناوری‌های برداشت داده با به‌کارگیری Digifin و Solidstreamer	فناوری Walk away and 3D VSP	فناوری Wide azimuth acquisition	فناوری Wide azimuth acquisition	فناوری Time Laps	فناوری برداشت چند مؤلفه (Multi Component Acquisition)
مطالعات و مدلسازی سیستم هیدروکربوری	توسعه نرم‌افزار بومی مدلسازی سیستم هیدروکربوری	توسعه فناوری‌های نوین در زمینه‌ی ژئوشیمی	فناوری Kronos	فناوری ردیابی لرزه‌ای مسیرهای مهاجرت سیال و جریان دما	فناوری ردیابی لرزه‌ای مسیرهای مهاجرت سیال و جریان دما		
مدلسازی محیط و حوضه رسوبی	فناوری DIONESIS	فناوری Gocad					
مطالعات زمین شناسی و مدلسازی مخزن	فناوری‌های مرتبط با مدلسازی ساختمانی	فناوری به‌کارگیری سیستم چاه‌های هوشمند					
مطالعات و مدلسازی ژئومکانیک	فناوری Pore Pressure Analysis	فناوری ساخت لرزه‌ای مدل‌های ژئومکانیکی مخزن	فناوری پیش‌بینی فشار و دمای منفذی، پایداری چاه و کاهش ریسک حفاری	فناوری‌های انجام آزمایش‌های پیشرفته ژئومکانیک			
پردازش داده‌های لرزه‌ای	فناوری‌های بهبود تصویرسازی افق‌های زیر سازند گچساران						

جدول ۳. لیست فناوری‌های حوزه‌های هدف فناوری اکتشاف

پس از شناسایی فناوری‌ها ذیل حوزه‌های هدف فناوری، اقدام به اولویت‌بندی فناوری‌ها شد. اولویت‌بندی فناوری‌های هر حوزه بر اساس مدل ماتریس جذابیت توانمندی مورین با استفاده از شاخص‌های ارزیابی جذابیت و شاخص‌های ارزیابی توانمندی صورت گرفته است. در جدول زیر معیارهای جذابیت و توانمندی اولویت‌بندی فناوری‌ها ارائه‌شده است.

معیارهای ارزیابی جذابیت فناوری‌ها	معیارهای ارزیابی توانمندی فناوری‌ها
هزینه دستیابی به فناوری	سخت‌افزار (تجهیزات فنی و آزمایشگاهی موردنیاز برای توسعه فناوری)
میزان تقاضا برای فناوری	انسان افزار (نیروی انسانی با تحصیلات مرتبط، تجربه کافی و تخصص‌های بین‌رشته‌ای مرتبط برای توسعه فناوری)
نرخ رشد و تنوع کاربرد فناوری	دانش افزار (میزان انباشت دانش/ تجربه حاصل از اجرای پروژه‌های مرتبط با فناوری در سازمان، نرم‌افزارهای تخصصی موردنیاز برای توسعه فناوری، میزان دستیابی به منابع اطلاعاتی موردنیاز برای توسعه فناوری)
میزان فوریت دستیابی به فناوری در کمترین زمان	سازمان افزار (وجود امکانات سازمانی و ساختار مرتبط با توسعه فناوری)
کمک به تحقق هدف	
پتانسیل ایجاد/ تقویت مزیت رقابتی	
پتانسیل ایجاد/ تقویت مزیت رقابتی	
ریسک موفقیت دستیابی به فناوری	
میزان سهولت دستیابی به فناوری	
میزان سازگاری با محیط‌زیست	

جدول ۴. معیارهای جذابیت و توانمندی اولویت‌بندی فناوری‌ها

میزان جذابیت و توانمندی فناوری‌ها با اعدادی بین ۱ تا ۱۰ تعیین می‌شود. فرم جذابیت– توانمندی فناوری‌های حوزه اکتشاف مطابق جدول زیر می‌باشد.

حوزه هدف	فناوری‌های اولویت‌دار	معیارهای جذابیت			
		معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	...
حوزه هدف	فناوری‌های اولویت‌دار	معیارهای توانمندی			
		معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	...

جدول ۵. فرم جذابیت– توانمندی فناوری‌های حوزه اکتشاف

با توجه به معیارهای ذکرشده برای ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها، فرم پرسشنامه جذابیت- توانمندی فناوری‌های هر حوزه در کارگروه تخصصی ارائه و توسط اعضا تکمیل گردید. برای هر یک از معیارهای جذابیت و توانمندی امتیازی بین ۱ تا ۱۰ در نظر گرفته شد که امتیاز ۱۰ بیشترین و ۱ کمترین اهمیت را نشان می‌دهد. پس از تکمیل پرسشنامه توسط خبرگان و متخصصان کارگروه، میانگین امتیازات جذابیت و توانمندی برای هر فناوری محاسبه گردیده است تا پس از ترسیم ماتریس جذابیت - توانمندی، مبنای اولویت‌بندی فناوری‌ها قرار گیرد. نتایج حاصل پرسشنامه جذابیت- توانمندی فناوری‌های حوزه اکتشاف مطابق جدول زیر می‌باشد.

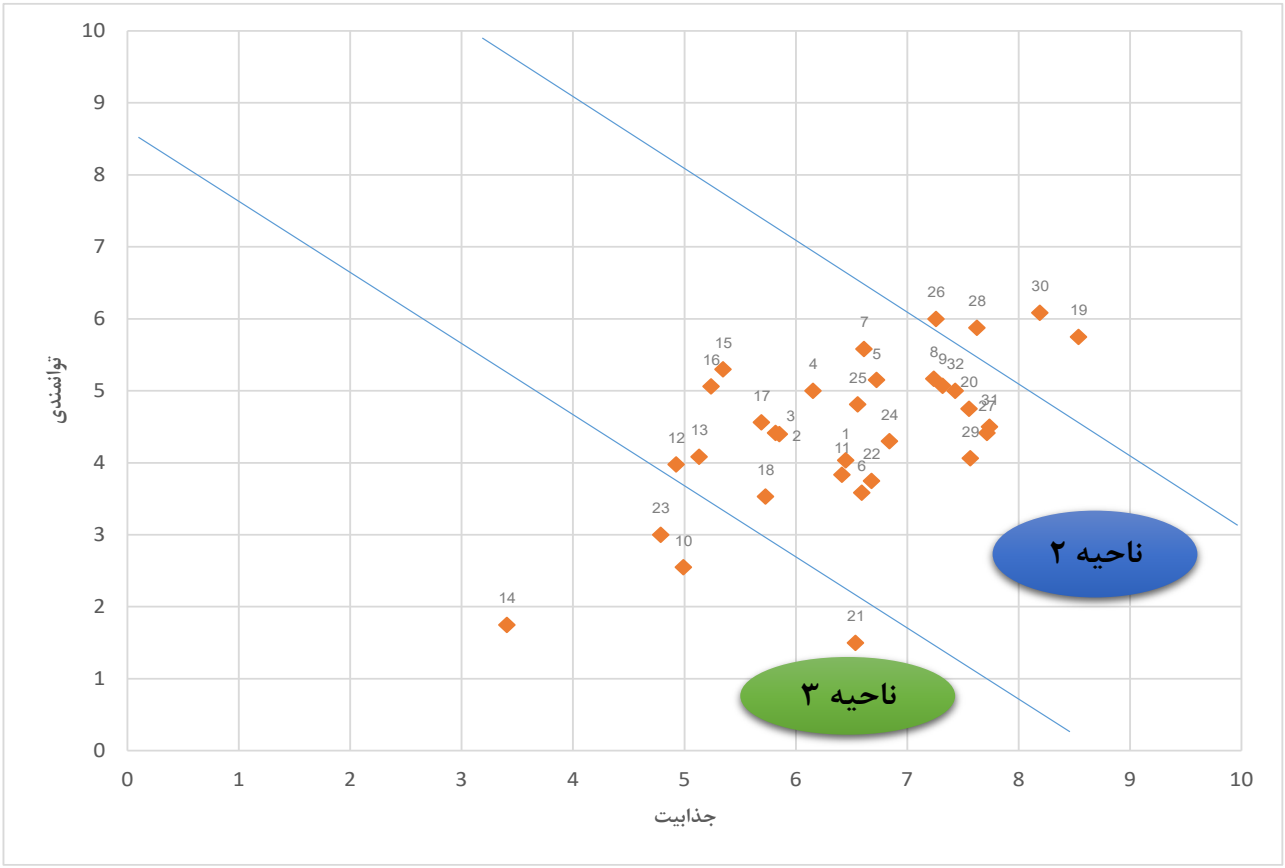
ردیف	حوزه هدف	فناوری‌ها	جذابیت	توانمندی	اولویت در حوزه هدف	اولویت در کل (از ۳۲ فناوری)
۱	پردازش داده‌های لرزه‌ای	فناوری‌های بهبود تصویرسازی افق‌های زیر سازند گچساران	۶.۴۴۵۷۱۹۹۵۵	۴.۰۳۵۷۱۴۲۸۶	۲	۱۹
۲		فناوری‌های نوین مهاجرت و مهاجرت ناهمسانگرد زمانی و عمقی	۵.۸۵۲۰۴۰۸۱۶	۴.۴	۳	۲۱
۳		فناوری پردازش با پهنای باند باز یا BroadBand Processing	۵.۸۱۶۳۲۶۵۳۱	۴.۴۱۶۶۶۶۶۶۷	۴	۲۲
۴		فناوری برگردان شکل کلی موج FWI(Full Wave form Inversion)	۶.۱۵۳۰۶۱۲۲۴	۵	۱	۱۴
۵	تفسیر کیفی و کمی داده‌های لرزه‌ای	فناوری مطالعه نشانگرهای لرزه‌ای	۶.۷۲۲۷۸۹۱۱۶	۵.۱۵	۴	۱۱
۶		فناوری مطالعات لرزه‌ای گذر زمان (D۴)	۶.۵۸۹۷۱۰۸۸۴	۳.۵۸۳۳۳۳۳۳۳	۵	۲۵
۷		فناوری‌های جدید مدلسازی سرعت و تبدیل زمان به عمق	۶.۶۱۰۹۶۹۳۸۸	۵.۵۸۳۳۳۳۳۳۳	۳	۸
۸		فناوری‌های چینه‌شناسی لرزه‌ای توالی‌ها seismic sequence stratigraphy	۷.۲۳۸۰۹۵۲۳۸	۵.۱۶۶۶۶۶۶۶۷	۱	۵
۹		فناوری مدلسازی فیزیک سنگ (Rock-Physics modeling)	۷.۳۱۶۳۲۶۵۳۱	۵.۰۷۱۴۲۸۵۷۱	۲	۷
۱۰	طراحی عملیات و برداشت داده‌های ژئوفیزیکی	فناوری OBC، فناوری OBN	۴.۹۸۹۲۸۵۷۱۴	۲.۵۵	۸	۳۰
۱۱		فناوری‌های بهبود برداشت داده‌های لرزه‌ای با تفکیک‌پذیری بالا در مخازن هیدروکربوری عمیق (High Resolution Deep Seismic)	۶.۴۱۳۲۶۵۳۰۶	۳.۸۳۳۳۳۳۳۳۳	۶	۲۴
۱۲		فناوری‌های برداشت با تک‌گیرنده (Single geophone)،	۴.۹۲۵	۳.۹۷۹۱۶۶۶۶۷	۷	۲۸
۱۳		فناوری D Wide-line acquisition۲ در ژئوفیزیک کوهستان	۵.۱۳۰۹۵۲۳۸۱	۴.۰۸۳۳۳۳۳۳۳	۴	۲۶

جدول ۶. نتایج پرسشنامه جذابیت- توانمندی فناوری‌های حوزه اکتشاف

۱۴	طراحی عملیات و برداشت داده‌های ژئوفیزیکی	فناوری‌های برداشت داده با به‌کارگیری Digifin و Solidstreamer	۳.۴۰۴۷۶۱۹۰۵	۱.۷۵	۹	۳۲
۱۵		فناوری Walk away and 3D VSP	۵.۳۴۶۹۳۸۷۷۶	۵.۳	۱	۱۷
۱۶		فناوری Wide azimuth acquisition	۵.۲۳۸۰۹۵۲۳۸	۵.۰۶۲۵	۲	۱۸
۱۷		فناوری Time Laps	۵.۶۹۰۴۷۶۱۹	۴.۵۶۲۵	۳	۲۰
۱۸		فناوری برداشت چند مؤلفه Multi Component) (Acquisition	۵.۷۲۵۷۶۵۳۰۶	۳.۵۳۱۲۵	۵	۲۷
۱۹	مطالعات و مدلسازی سیستم هیدروکربوری	توسعه نرم‌افزار بومی مدلسازی سیستم هیدروکربوری	۸.۵۳۵۷۱۴۲۸۶	۵.۷۵	۱	۲
۲۰		توسعه فناوری‌های نوین در زمینه‌ی ژئوشیمی	۷.۵۵۳۵۷۱۴۲۹	۴.۷۵	۲	۹
۲۱		فناوری Kronos	۶.۵۳۵۷۱۴۲۸۶	۱.۵	۵	۳۱
۲۲		فناوری‌های آزمایشگاهی مربوط به تولید و ژنتیک سیستم نفتی	۶.۶۷۸۵۷۱۴۲۹	۳.۷۵	۳	۲۳
۲۳		فناوری ردیابی لرزه‌ای مسیرهای مهاجرت سیال و جریان دما	۴.۷۸۵۷۱۴۲۸۶	۳	۴	۲۹
۲۴	مدلسازی محیط و حوضه رسوبی	فناوری DIONESIS	۶.۸۳۹۲۸۵۷۱۴	۴.۳	۲	۱۶
۲۵		فناوری Gocad	۶.۵۵۳۵۷۱۴۲۹	۴.۸۱۲۵	۱	۱۳
۲۶	مطالعات زمین شناسی و مدلسازی مخزن	فناوری‌های مرتبط با مدلسازی ساختمانی	۷.۲۵۷۱۴۲۸۵۷	۶	۱	۴
۲۷		فناوری به‌کارگیری سیستم چاه‌های هوشمند	۷.۷۱۴۲۸۵۷۱۴	۴.۴۱۶۶۶۶۶۶۷	۲	۱۲
۲۸	مطالعات و مدلسازی ژئومکانیکی	فناوری Pore Pressure Analysis	۷.۶۲۵	۵.۸۷۵	۲	۳
۲۹		فناوری ساخت لرزه‌ای مدل‌های ژئومکانیکی مخزن	۷.۵۶۵۴۷۶۱۹	۴.۰۶۲۵	۳	۱۵
۳۰		فناوری پیش‌بینی فشار و دمای منفذی، پایداری چاه و کاهش ریسک حفاری	۸.۱۹۰۴۷۶۱۹	۶.۰۸۳۳۳۳۳۳۳	۱	۱
۳۱	مطالعات و مدلسازی ژئومکانیکی	فناوری‌های انجام آزمایش‌های پیشرفته ژئومکانیک	۷.۷۳۸۰۹۵۲۳۸	۴.۵	۲	۱۰
۳۲		فناوری مدلسازی کوپل جریان سیال-ژئومکانیک مخزن	۷.۴۲۸۵۷۱۴۲۹	۵	۱	۶

ادامه جدول ۶. نتایج پرسشنامه جذابیت- توانمندی فناوری‌های حوزه اکتشاف

ماتریس جذابیت توانمندی و ناحیه‌بندی فناوری‌های حوزه اکتشاف بر اساس نتایج حاصل از پرسشنامه جذابیت- توانمندی به‌صورت شکل زیر می‌باشد.



شکل ۷. ماتریس جذابیت – توانمندی فناوری‌های حوزه اکتشاف

پس از محاسبه امتیازات جذابیت و توانمندی فناوری‌ها و ترسیم ماتریس جذابیت – توانمندی فناوری‌های حوزه اکتشاف، نتایج حاصل از این ماتریس در کارگروه تخصصی اکتشاف ارائه گردید. با توجه به نظرات اعضای کارگروه تخصصی اکتشاف و با در نظر گرفتن این نکته که فناوری‌های ناحیه اول ماتریس، اولویت بالاتری نسبت به سایر فناوری‌های ناحیه‌های دیگر دارند، فناوری‌های اولویت‌دار حوزه اکتشاف به شرح جدول ذیل می‌باشد:

ردیف	حوزه هدف	فناوری
۱	مطالعات و مدلسازی سیستم هیدروکربوری	توسعه نرم‌افزار بومی مدلسازی سیستم هیدروکربوری
۲	مطالعات زمین شناسی و مدلسازی مخزن	فناوری‌های مرتبط با مدلسازی ساختمانی
۳	مطالعات و مدلسازی ژئومکانیک	فناوری Pore Pressure Analysis
۴	مطالعات و مدلسازی ژئومکانیک	فناوری پیش‌بینی فشار و دمای منفذی، پایداری چاه و کاهش ریسک حفاری

جدول ۷. فناوری‌های اولویت‌دار حوزه اکتشاف بر مبنای ماتریس جذابیت و توانمندی

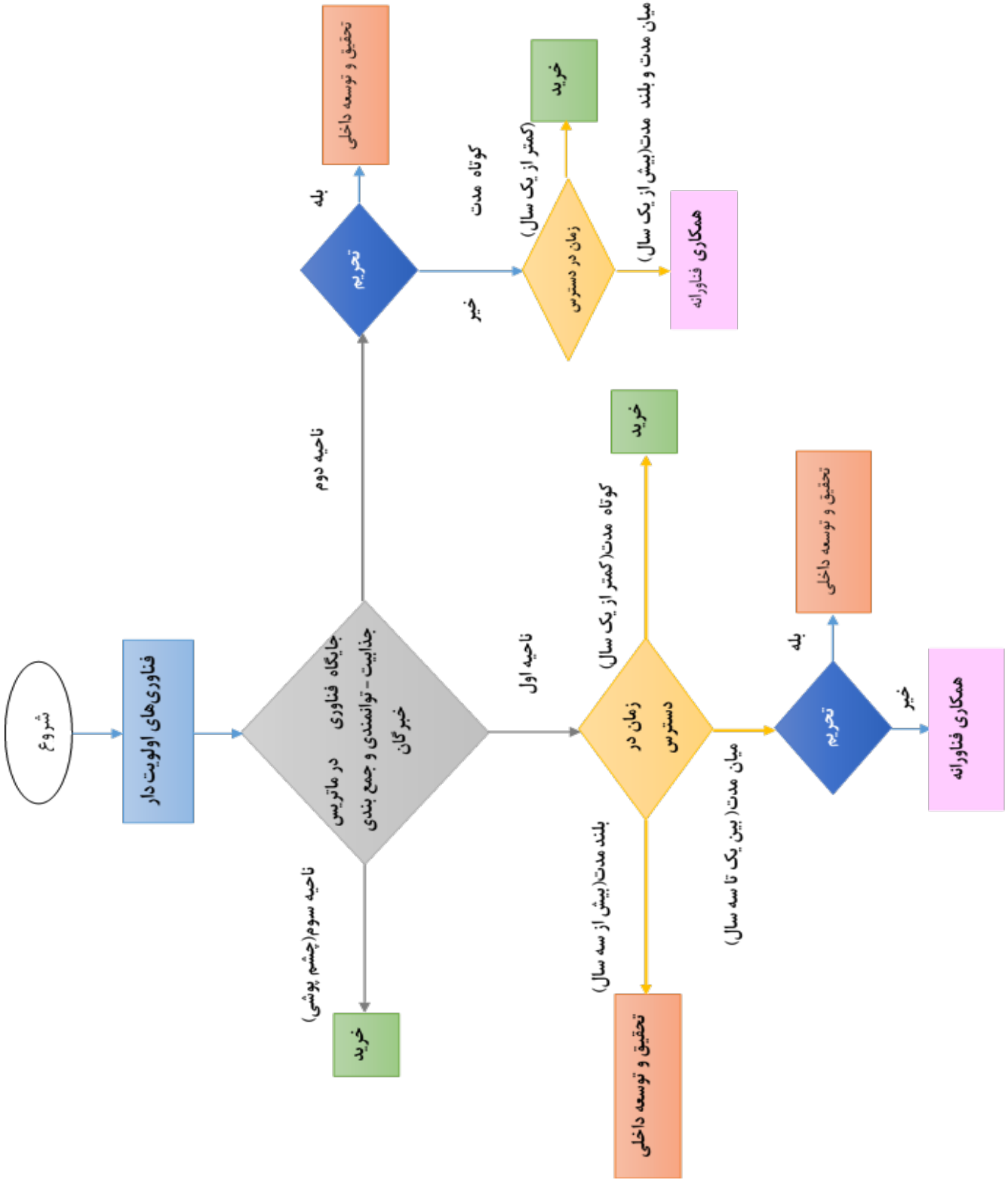
با توجه به دو معیار محدودیت منابع و پوشش حداکثری حوزه‌های هدف، فناوری‌های اولویت‌دار حوزه اکتشاف در کارگروه تخصصی موردبازنگری و بررسی مجدد قرار گرفت.

ردیف	حوزه هدف	فناوری
۱	پردازش داده‌های لرزه‌ای	FWI
۲	تفسیر کیفی و کمی داده‌های لرزه‌ای	مدلسازی فیزیک سنگ
۳	طراحی عملیات و برداشت داده‌های ژئوفیزیکی	WIDE AZIMUTH ACQUSITION
۴	مطالعات و مدلسازی سیستم‌های هیدروکربوری	توسعه فناوری‌های نوین در زمینه ژئوشیمی
۵	مدلسازی محیط و حوزه رسوبی	فناوری‌های مدلسازی محیط و حوزه رسوبی

جدول ۸. لیست نهایی فناوری‌های اولویت‌دار حوزه اکتشاف

۴.روش‌شناسی تعیین سبک اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار

جهت تعیین روش اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار الگوریتمی بر اساس مدل کیه‌زا (۲۰۰۱) طراحی‌شده است. این الگوریتم از چند شرط و ورودی و تصمیم‌گیری در هر مرحله استفاده می‌کند. الگوریتم پیشنهادی روش اکتساب فناوری‌های حوزه بالادست صنعت نفت به‌صورت شکل زیر می‌باشد.



شکل ۸. الگوریتم پیشنهادی روش اکتساب فناوریهای اولویت دار صنعت نفت

پس از ترسیم و ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی با توجه به ناحیه‌ای که فناوری‌های دارای اولویت در آن قرار دارند، مطابق الگوریتم پیشنهادی، روش اکتساب هر فناوری مشخص می‌شود. ناحیه‌های موردنظر در تعیین سبک اکتساب نیز به شرح زیر می‌باشد.

توسعه درون‌زا: این روش به ناحیه یک برمی‌گردد و در این ناحیه، استراتژی انتخابی توسعه درون‌زا است. توسعه درون‌زا یعنی توسعه‌ای که به‌صورت همه‌جانبه و در داخل کشور باید صورت گیرد و معمولاً از تحقیق و توسعه برای کسب یک فناوری شروع می‌شود. در حقیقت هنگامی‌که یک فناوری از جذابیت بالایی برخوردار است، چنانچه توانمندی دستیابی به آن فناوری نیز از میزان قابل قبولی برخوردار باشد، توسعه همه‌جانبه آن در کشور روش اکتساب مناسب آن فناوری خواهد بود.

انتقال فناوری: این استراتژی به فناوری‌های واقع در ناحیه دو برمی‌گردد. به این معنا که فناوری موردنظر با روش‌های مختلف انتقال فناوری تهیه خواهند شد. انتقال فناوری از طریق روش‌های مختلفی انجام می‌گردد، مانند تملک شرکتی، ادغام، سرمایه‌گذاری مشترک، اتحاد، تملک فردی، قرارداد تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری در تحقیقات، مشارکت با سهام، لیسانس و کنسرسیوم.

خرید: این استراتژی به فناوری‌هایی برمی‌گردد که در ناحیه سه واقع‌شده‌اند. بنابراین از فناوری‌های این دسته باید چشم‌پوشی کرد و در حیطه توسعه فناوری جایی ندارند؛ زیرا هنگامی‌که جذابیت یک فناوری در مقایسه با سایر فناوری‌ها پایین باشد و همچنین توانمندی دستیابی به آن فناوری نیز کم باشد، در اولویت‌های توسعه فناوری قرار نمی‌گیرد.

پس از تعیین فناوری‌های اولویت‌دار در هر کارگروه تخصصی، برای این فناوری‌ها سبک توسعه درون‌زا در داخل کشور باید صورت گیرد که معمولاً از تحقیق و توسعه برای کسب یک فناوری شروع می‌شود. سپس با توجه به نتایج ماتریس جذابیت توانمندی سبک اکتساب انتقال فناوری برای فناوری‌هایی که در ناحیه دوم واقع‌شده است در نظر گرفته‌شده که انتقال فناوری از طریق اقداماتی مانند تملک شرکتی، ادغام، سرمایه‌گذاری مشترک، اتحاد، تملک فردی، قرارداد تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری در تحقیقات، مشارکت با سهام، لیسانس و کنسرسیوم صورت می‌گیرد. درنهایت نیز برای فناوری‌هایی که در ناحیه سوم قرارگرفته‌اند سبک اکتساب خرید انتخاب گردیده است که در اولویت‌های تحقیق و توسعه قرار ندارد. در جداول زیر فناوری‌های اولویت‌دار به همراه سبک اکتساب فناوری‌ها، نهاد توسعه‌دهنده و بهره‌بردار حوزه اکتشاف ارائه‌شده است.

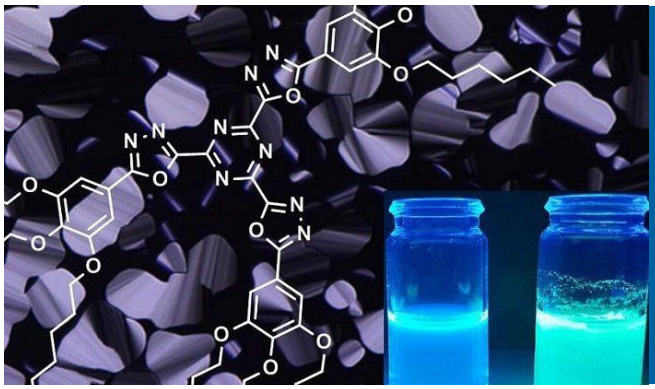
ردیف	عنوان فناوری اولویت‌دار	سبک اکتساب	نهاد توسعه‌دهنده	نهاد بهره‌بردار
۱	FWI	قرارداد تحقیق و توسعه	دانشگاه و مراکز تحقیقاتی/ شرکت‌های فناور	شرکت اکتشاف و تولید/شرکت‌های تابعه
۲	مدلسازی فیزیک سنگ	قرارداد تحقیق و توسعه	دانشگاه و مراکز تحقیقاتی/ شرکت‌های فناور	شرکت اکتشاف و تولید/شرکت‌های تابعه
۳	WIDE AZIMUTH ACQUSITION	همکاری فناورانه	دانشگاه و مراکز تحقیقاتی/ شرکت‌های فناور	شرکت اکتشاف و تولید/شرکت‌های تابعه
۴	توسعه فناوری‌های نوین در زمینه ژئوشیمی (بررسی تکنولوژیک پتانسیل هیدروکربنی)	تحقیق و توسعه	شرکت‌های فناور/ دانشگاه	شرکت‌های OSC
۵	فناوری‌های مدلسازی محیط و حوزه رسوبی	کنسرسیوم تحقیقاتی	شرکت‌های فناور (دانش‌بنیان) یا شرکت‌های منشعب از دانشگاه با همکاری دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی	شرکت‌های OSC

جدول ۹. سبک اکتساب و نهادهای توسعه دهنده و بهره بردار فناوری‌های اولویت‌دار حوزه اکتشاف

۵. منابع

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

- Ghazinoory, S. Farazkish, M. 2010. A model of technology strategy development for Iranian nano-composite companies. Technological and Economic Development of Economy 16, 25-42.
- 125. Hax, A.C., Majluf, N.S., 1996. The strategy concept and process: A pragmatic approach. PRENTICE HALL, New Jersey.
- Stonham, P., 1998. Takeover frenzy in telecoms: the case of MCI WorldCom.:: Part one: competitive strategies. European Management Journal 16, 318-326.
- 101. Foster, R.N., 1986. Timing Technological Transitions, in: Honvitch, M. (Ed.), Technology in the Modern Corporation -A Strategic Perspective. Pergamon Press.
- Chiesa, V., 2001. R & D strategy and organisation: managing technical change in dynamic contexts. Imperial College Pr.
- 32. Albright, R.E., Kappel, T.A., 2003. Roadmapping in the corporation. Research Technology Management 42, 31-40.
- Barker, D., Smith, D.J.H., 1995. Technology foresight using roadmaps. Long Range Planning 28, 21-28.



تکنولوژی تبدیل الکتریسیته به سوخت‌های مایع (پتانسیل ذخیره‌سازی انرژی)

افسانه رحیمی پژوهشگر موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

تکنولوژی‌های ذخیره‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر

در سال‌های اخیر سیاست انرژی اتحادیه اروپا متعهد و مبتنی برافزایش یکپارچگی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم انرژی بوده و تلاش‌های گسترده‌ای برای اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدید پذیر صورت گرفته است. این تمایل به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محدود به بازار اروپا نبوده ولی محوریت و مرکزیت عمده فعالیت‌ها در این زمینه می‌باشد. سیاست‌های انرژی عمدتاً مبتنی بر اهداف و تقاضاهای مربوط به موضوعات تغییر آب‌وهوا است بااین‌حال سایر عواملی که بر تمایل استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تأثیر می‌گذارند شامل پارامترهایی نظیر کاهش وابستگی به واردات انرژی و افزایش تولید داخلی انرژی و یا ایجاد ثبات در قیمت‌های انرژی می‌شوند. کشورهای آلمان و چین دو نمونه موفق در زمینه توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در سیستم انرژی خود به شمار می‌روند.

افزایش سهم منابع انرژی‌های تجدیدپذیر که در اکثر موارد با افزایش قطعی تولید انرژی همراه بوده است، به‌موازات خود منافع/مزایا و محدودیت‌ها/چالش‌هایی را نیز به همراه داشته است. در این مطالعه عمده تمرکز بر روی چالش‌های ناشی از افزایش مداوم سهم نوسانی تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در یک سیستم انرژی می‌باشد.

منابع انرژی‌های تجدیدپذیر تقریباً در تمامی بخش‌های سیستم انرژی نفوذ کرده‌اند: در بخش حمل‌ونقل با توجه به نوع سوخت، در بخش انرژی گرمایی/حرارتی (هم به شکل منبع انرژی در بخش گرمایش مکان‌ها و فضاها و هم در بخش فرایندهای گرمایشی) و همچنین در بخش الکتریسیته. عمده تمرکز مطالعه حاضر بر روی چالش‌های موجود در بخش تولید الکتریسیته خواهد بود. درواقع مطالعه حاضر به بررسی چالش‌های مربوط به ذخیره‌سازی انرژی الکتریسیته و راهکارهای مربوط به آن ازجمله تبدیل برق به گاز می‌پردازد.

میزان سهم نوسانی تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر در مناطق مختلف یکسان نبوده و به نقشه راه توسعه سهم انواع انرژی‌های تجدید پذیر در سبد انرژی کشورها بستگی دارد. به‌عنوان‌مثال میزان نوسان در تولید برق ناشی از منابع برق‌آبی و بیوماس در مقایسه با برق تولیدی از منابع بادی و فتوولتائیک کمتر است. بنابراین میزان نوسان در تولید برق مناطقی که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر خورشیدی و بادی در سبد انرژی آن‌ها بیشتر است، زیادتر خواهد بود. در اتحادیه اروپا بسته به طرح و نقشه راه ملی توسعه سیاست‌های انرژی، کشورهای مختلف به میزان متفاوت با چالش نوسان در تولید برق مواجه هستند. کشور آلمان بیشترین تأثیر را در این زمینه می‌پذیرد و کشورهای دیگری نظیر دانمارک، بریتانیا و اسپانیا با توجه به توسعه انرژی بادی در رتبه‌های بعدی قرار دارند. تأثیرپذیری کشورهای اسپانیا و ایتالیا عمدتاً به‌واسطه استفاده از انرژی خورشیدی خصوصاً از

نوع فتوولتائیک می‌باشد. با توجه به شرایط آب و هوایی نمی‌توان انتظار داشت که یک سطح ثابت از انرژی الکتریسیته توسط نیروگاه‌های بادی و خورشیدی قابل‌دسترس باشد. بنابراین در چنین شرایطی سیستم‌های انرژی با چالش تراز نوسانات شدید تولید مواجه هستند. در حال حاضر و احتمالاً تا چند سال آتی، مشکلات ناشی از نوسان موقتی و جزئی تولید برق محدود به چند منطقه خاص بوده و به‌طور مداوم به وقوع نمی‌پیوندد. معیارها و ابزار تعدیل سیستم انرژی با توجه به سهم انرژی‌های تجدید پذیر در حال حاضر موردنیاز نمی‌باشد، ولی در سال‌های آتی احتمالاً ضروری خواهند بود. بازه زمانی ضرورت استفاده از ابزارهای مدیریت نوسان تولید برق شدیداً به سهم انرژی‌های تجدید پذیر در سبد انرژی جهانی بستگی خواهد داشت.

در سال‌های آتی عرضه‌کنندگان و تولیدکنندگان برق قادر به پیش‌بینی نوسانات بزرگ در تولید برق با توجه به پیشرفت تجهیزات پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی می‌باشند، ولی این مسئله به‌طور کامل مشکل را برطرف نکرده و نیازمند مدیریت هوشمند و یکپارچه تولید خواهند بود. با توجه به کارایی انرژی اولیه، ازنقطه‌نظر زیست‌محیطی و اقتصادی نباید مدیریت سیستم تولید برق مبتنی بر خاموش کردن و از مدار خارج کردن نیروگاه‌های بادی و فتوولتائیک در شرایط مازاد عرضه برق باشد. در یک سیستم انرژی پایدار همه این روش‌های تولید برق به‌صورت یکپارچه مورداستفاده قرار می‌گیرند. برای دستیابی به این هدف، می‌بایست شبکه برق توسعه‌یافته و علاوه بر آن اشکال مختلف مدیریت بار، هم در بخش عرضه و هم در بخش تقاضا مورداستفاده قرار گیرند.

ولی مدیریت سیستم از طریق تغییر بار با مشوق‌های مالی و یا بدون مشوق‌های مالی جهت یکپارچه‌سازی بهینه تولید نوسانی در سیستم انرژی در سال‌های آتی کافی نخواهد بود و سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی نقش بسیار حیاتی در یکپارچه‌سازی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر با ساختارهای تولید نوسانی، ایفاء خواهند نمود تا بدون اینکه نیاز به تغییرات فیزیکی دائمی در شبکه باشد، مقادیر قابل‌توجهی انرژی برای استفاده آتی ذخیره‌سازی شود.

در حال حاضر سیستم‌های مختلفی برای ذخیره‌سازی انرژی برق در بازار وجود دارند که دارای مراحل توسعه کاملاً ناهمگون می‌باشند. برخی از این سیستم‌ها از سال‌های بسیار دور توسعه‌یافته‌اند نظیر سیستم ذخیره‌سازی تلمبه‌ای ذخیره‌ای برق‌آبی برای ذخیره‌سازی مقادیر بسیار بالای انرژی و یا تکنولوژی‌هایی که در حال حاضر درحال‌توسعه می‌باشند نظیر باطری‌های قابل شارژ و فلایویل‌ها. سیستم‌های ذخیره‌سازی برق می‌توانند به‌طورکلی به چند شیوه ذخیره‌سازی به‌وسیله انرژی مکانیکی (جنبشی و پنهانی بالقوه)، انرژی شیمیایی (ارگانیک و غیر ارگانیک) و انرژی الکتریکی تقسیم‌بندی شوند. ارزیابی اساسی تکنولوژی‌های ذخیره‌سازی بر مبنای تجزیه‌وتحلیل پارامترهای مربوط به هریک از تکنولوژی‌ها عمدتاً در قالب ارزیابی‌های تکنولوژیکی، اقتصادی، سیستمی، زیست‌محیطی و قانونی قابل انجام است. ارزیابی هر یک از تکنولوژی‌های ذخیره‌سازی فقط بر اساس یکی از معیارها کافی نبوده و راه‌حل‌های بهینه‌ای را جهت توسعه آتی سیستم‌های انرژی ارائه نخواهد داد. علاوه بر این، می‌بایست خاطرنشان شد که برای هر یک از سیستم‌های انرژی، کاربردهای متفاوتی می‌توان در نظر گرفت و مقایسه هر یک از پارامترهای خاص برای کاربرد خاصی از این تکنولوژی‌ها مورداستفاده بوده و دارای مزایایی می‌باشد. لذا بر این اساس، برای ارزیابی سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی متغیرها و پارامترهای زیر می‌بایست مدنظر قرار گیرد:

- ظرفیت ذخیره‌سازی
- حداکثر قدرت شارژ و دشارژ
- مدت‌زمان ذخیره ممکن
- کارایی/بهره‌برداری
- مزایای سیستم
- حداقل تلفات سیستم
- کل پتانسیل ذخیره‌سازی دستگاه‌ها و تأسیسات
- در دسترس بودن موقت، ظرفیت تضمین‌شده (زمان از روز، وابستگی فصلی)

- معقول بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری
- معقول بودن هزینه‌های عملیاتی (منابع، میزان انتشار)
- تأثیر اقتصادی (اثرات ارزش‌افزوده و غیره)
- شرایط مکان، محل تأسیسات، میزان نیاز به مداخلات توپوگرافی
- زیرساخت‌های موجود در محل تأسیسات نظیر شبکه برق
- امکان تبدیل، ملزومات تبدیل مجدد
- میزان پذیرش عمومی برای زیرساخت‌های جدید پروژه‌ها، تأثیرات زیست‌محیطی

ارزیابی همه‌جانبه و کامل متغیرهای مذکور به ترتیب ابعاد آن‌ها در این مطالعه امکان‌پذیر نیست و لذا متغیرهایی نظیر کارایی (الکتریسیته به الکتریسیته)، ظرفیت ذخیره‌سازی به ازای هر واحد و مدت‌زمان احتمالی ذخیره‌سازی به‌عنوان نمونه برای هر یک از تکنولوژی‌های مختلف ذخیره‌سازی انرژی آورده شده است.

در حال حاضر سیستم ذخیره‌سازی تلمبه‌ای ذخیره‌ای رایج‌ترین و قدیمی‌ترین تکنولوژی کنترل انرژی در سیستم انرژی الکتریکی به شمار می‌رود. در این تکنولوژی در زمان‌هایی که بار اضافی در شبکه وجود دارد آب از طریق پمپ‌های الکتریکی به یک مخزن در ارتفاع بالاتر فرستاده‌شده و در آن ذخیره‌سازی می‌شود، سپس هنگامی‌که تقاضای مازاد در شبکه وجود دارد آب ذخیره‌شده درون مخزن (پشت سد) به جریان افتاده و با به حرکت درآوردن توربین آبی، انرژی ذخیره‌شده مجدداً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. میزان کارایی این تکنولوژی ذخیره‌سازی در حدود ۸۵-۷۰ درصد است که نسبتاً میزان بالایی به شمار می‌رود. ظرفیت ذخیره‌سازی تکنولوژی تلمبه‌ای ذخیره‌ای با توجه به مناطق مختلف متفاوت است. البته ظرفیت موجود تأسیسات تلمبه‌ای ذخیره‌ای در حال حاضر محدود بوده و جوابگوی سهم بالاتر انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های آتی نخواهد بود. ساخت تأسیسات و زیرساخت‌های جدید تکنولوژی ذخیره‌سازی تلمبه‌ای ذخیره‌ای به دلیل تغییر در چشم‌اندازهای طبیعی منطقه و به دنبال آن عدم پذیرش و اقبال عمومی نسبت به آن، به‌سختی امکان‌پذیر است.

در تکنولوژی ذخیره سازی هوای فشرده، انرژی الکتریکی به هوای تحت‌فشار تبدیل‌شده و ذخیره‌سازی می‌شود و سپس در مواقع لزوم هوای فشرده از طریق توربین‌ها مجدداً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. مهم‌ترین مانع و اشکال این روش ذخیره‌سازی، ظرفیت حجمی پایین آن است و درنتیجه نیازمند ذخیره‌سازی مقادیر قابل‌توجهی هوای فشرده می‌باشد. به‌منظور افزایش کارایی این تکنولوژی می‌بایست گرمای هوای خروجی نیز مورداستفاده قرار گیرد. یکی دیگر از محدودیت‌های استفاده از این تکنولوژی هزینه‌های بالای آن می‌باشد.

باطری‌های قابل شارژ در گروه وسایل ذخیره‌سازی الکتروشیمیایی دسته‌بندی می‌شوند. علی‌الخصوص در مواقعی که ذخیره‌سازی مقادیر قابل‌توجهی انرژی برای مدت‌زمان طولانی موردنیاز است، هزینه‌های ویژه این سیستم‌ها بالا می‌رود. تخلیه/دشارژ تدریجی و تخریب این نوع باطری‌ها مدت‌زمان ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی را به‌وسیله آن‌ها محدود می‌نماید.

با توجه به‌ضرورت ذخیره‌سازی مقادیر قابل‌توجه انرژی و برای مدت‌زمان طولانی (روزها و ماه‌ها) و همچنین قابلیت پویایی و پاسخگویی سریع در مواقع اضطراری، پارامترهای زیر برای انتخاب تکنولوژی ذخیره‌سازی حیاتی و ضروری می‌باشند:

- ظرفیت بالای ذخیره‌سازی
- چگالی/تراکم بالای ذخیره‌سازی حجمی
- مزایای سیستم
- انعطاف‌پذیری سایت/مکان تأسیسات ذخیره‌سازی
- امکان کاربرد غیرمتمرکز تکنولوژی ذخیره‌سازی
- مدت‌زمان ذخیره‌سازی ممکن

این پارامترها به‌خوبی در روش ذخیره‌سازی شیمیایی نظیر تکنولوژی تبدیل برق به گاز (Power to liquids=PtL) پوشش داده می‌شوند. با توجه به ارزش گرمایی متان، پارامتری که برای متان ۳ برابر بیشتر از هیدروژن است، چگالی ذخیره‌سازی حجمی انرژی متان بالاترین میزان در میان همه تکنولوژی‌ها می‌باشد. لذا گاز متان دارای مزایا و خصوصیات ویژه‌ای برای استفاده از آن به‌منظور

ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی است. این مزایا و خصوصیات عبارتند از:

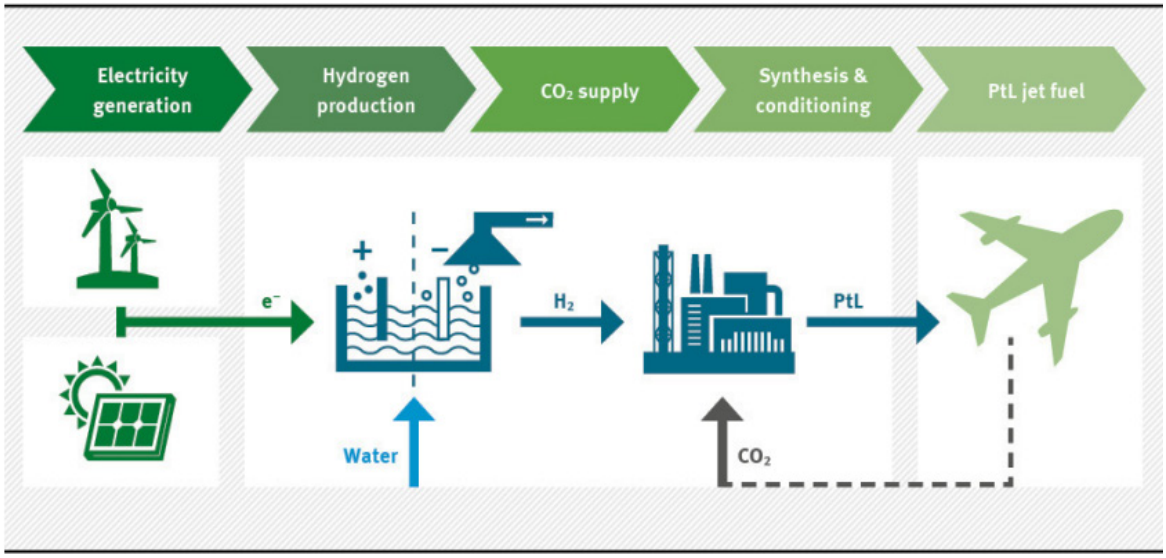
- امکان استفاده از متان به‌عنوان سوخت در بخش‌های مختلف
- امکان تبدیل مجدد آن به انرژی الکتریکی از طریق توربین‌های گازی
- چگالی/تراکم حجمی بالا
- وجود زیرساخت‌های گسترده انتقال و ذخیره‌سازی متان

تنها محدودیت و عیب این تکنولوژی ذخیره‌سازی سطح نسبتاً پایین کارایی کلی آن می‌باشد (۷۵-۳۰ درصد). البته درصورتی‌که عملیات تبدیل مجدد متان به الکتریسیته در نظر گرفته نشود میزان کارایی آن تا ۷۵-۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

به‌طورکلی می‌توان گفت که ساختار فنی و سازمانی فعلی سیستم‌های عرضه انرژی چندان مناسب یکپارچه‌سازی بهینه و کارای بخش به‌سرعت در حال رشد انرژی‌های تجدیدپذیر نیست. در بلندمدت، به‌منظور تأمین عرضه انرژی ایمن و ارزان و همچنین ساخت و راه‌اندازی تکنولوژی‌ها و ظرفیت‌های ذخیره‌سازی اضافی جدید، جهت تولید منابع تجدیدپذیر انرژی با هماهنگی بخش تقاضا، شبکه موجود برق و ظرفیت‌های ذخیره‌سازی، انطباق میان سیستم‌های انرژی ضروری است. این هدف با به‌کارگیری تکنولوژی‌های شیمیایی ذخیره‌سازی انرژی نظیر تبدیل برق به سوخت‌های مایع قابل‌دستیابی است.

مروری بر تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع

این تکنولوژی هنوز به‌طور عمومی شناخته‌شده نیست و اخیراً موردتوجه قرارگرفته است. در تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع، برق تولیدی واحدهای تجدید پذیر با استفاده از فرآیند الکترولیز و تولید هیدروژن و سپس ترکیب آن با دی‌اکسید کربن به سوخت‌های مایع تبدیل می‌شود. شمای کلی اجزای اصلی زنجیره عرضه تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع در شکل زیر نشان داده‌شده است.



شکل ۱. شمای کلی اجزای اصلی زنجیره عرضه تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع

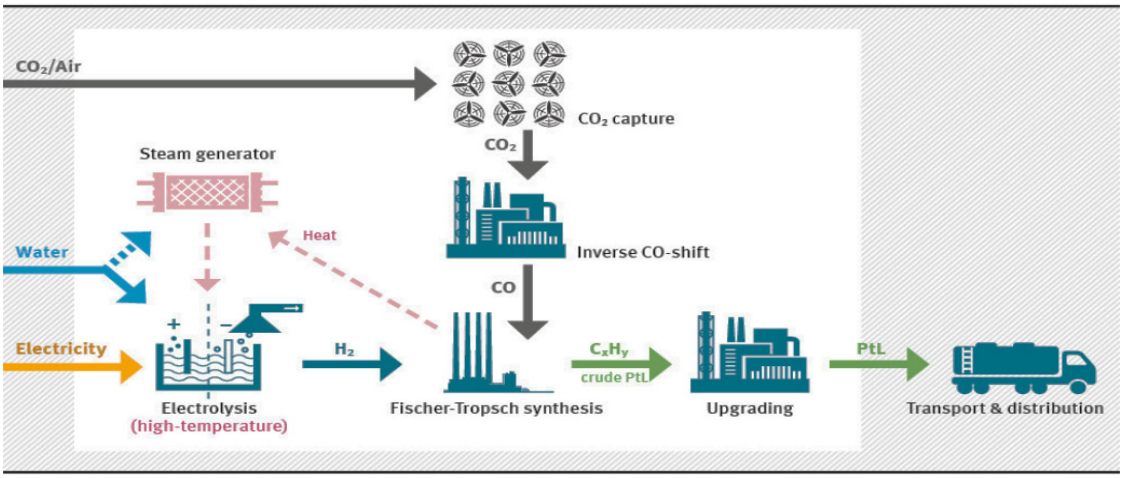
در این تکنولوژی اجزای اصلی فرآیند تبدیل شامل برق تجدید پذیر، آب و دی‌اکسید کربن است. برق تولیدی از منابع بادی و خورشیدی برای تولید هیدروژن از طریق الکترولیز آب مورداستفاده قرار می‌گیرد، درنتیجه سوخت‌های مایع از سنتز و ترکیب هیدروژن و دی‌اکسید کربن و برخی فرایندهای پالایشی مازاد (برای تولید فرآورده‌های با مشخصات ویژه) به وجود می‌آیند. در زنجیره عرضه تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع از دو روش متفاوت فرآیند فیشر تروپس و روش متانول (MeOH) استفاده می‌شود.

کارایی انرژی موردنیاز جهت تولید یک واحد سوخت جت در هر دو فرآیند فیشر تروپس و فرآیند متانول یکسان است. هر دو روش نسبت به نحوه مهار حرارت ایجادشده در فرآیند سنتز و استفاده از آن در فرآیند الکترولیز و یا فرآیند تهیه و جذب کربن شدیداً حساسیت دارند.

فرآیند فیشر تروپس

از فرآیند فیشر تروپس برای سنتز و تولید سوخت جت در تکنولوژی‌های تبدیل بیوماس به سوخت‌های مایع (BTL= biomass-to-liquid)، تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع (GTL= Gas to liquid) و تبدیل زغال‌سنگ به فرآورده‌های مایع (CTL =coal-to-liquid) استفاده می‌شود. در فرآیند تبدیل برق به سوخت‌های مایع در این روش می توان بجای بیوماس، گاز و زغال‌سنگ از هیدروژن تولیدی از فرآیند الکترولیز، نیز استفاده کرد.

در فرآیند فیشر تروپس تکنولوژی تبدیل برق به سوخت‌های مایع منواکسید کربن موردنیاز است. در تکنولوژی‌های تبدیل بیوماس به فرآورده‌های مایع و تبدیل زغال‌سنگ به فرآورده‌های مایع منواکسید کربن موردنیاز از طریق فرآیند گازی سازی بیوماس و زغال‌سنگ تولید می‌شود. در فرآیند تبدیل برق به سوخت‌های مایع دی‌اکسید کربن موردنیاز از منابع متمرکز دی‌اکسید کربن و یا از اتمسفر جمع‌آوری‌شده و سپس به منواکسید کربن تبدیل می‌شود.



شکل ۲. شمای کلی زنجیره عرضه تکنولوژی تبدیل برق به فرآورده‌های مایع با استفاده از فرآیند فیشر تروپس (الکترولیز آب در دمای بالا)

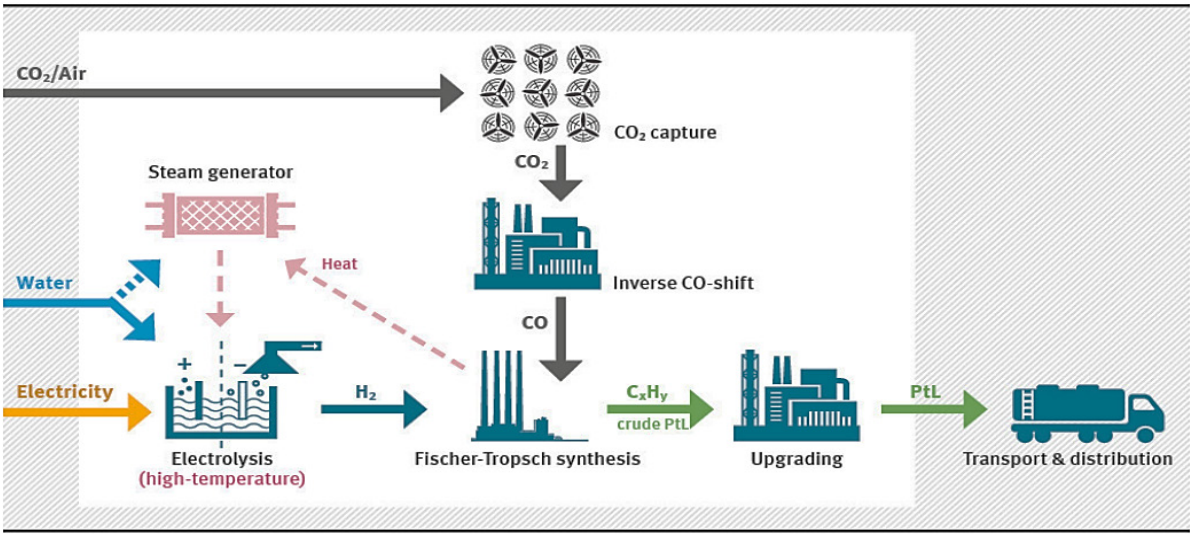
میزان انرژی الکتریسیته موردنیاز برای فرایند الکترولیز دمای بالا با استفاده از پیل سوختی الکترولیز اکسید جامد (SOEC= solid oxide electrolysis cell) به میزان قابل‌توجهی کمتر از الکترولیز آب در دمای پایین است. در الکترولیز آب در دمای بالا، از حرارت جانبی تولیدشده (۲۲۰-۲۵۰ درجه سانتی‌گراد) در فرآیند حرارت‌زای فیشر تروپس برای تولید بخار استفاده می‌شود و لذا بر این اساس میزان الکتریسیته موردنیاز کاهش می‌یابد.

علاوه بر این، در الکترولیز در دمای بالا، امکان الکترولیز هم‌زمان بخارآب و دی‌اکسید کربن وجود داشته و لذا در یک مرحله هم هیدروژن و هم منواکسید کربن تولید می‌شوند و نیازی به فرآیند مجزای تولید منواکسید کربن نمی‌باشد. بااین‌حال تکنولوژی الکترولیز هم‌زمان درحال‌توسعه و پیشرفت بوده و نیاز به تأییدیه‌ها و پشتوانه‌های علمی و عملی بیشتری جهت تجاری‌سازی دارد. بهسازی و ارتقاء کیفی فرآورده تولیدی فرآیند فیشر تروپس جهت تولید سوخت جت و سایر فرآورده‌های هیدروکربنی نیازمند چندین مرحله فرآوری دیگر است که عمدتاً شامل هیدروکراکینگ، ایزومراسیون و تقطیر می‌شود.این فرآیندها به‌طورمعمول در حال حاضر در مقیاس بزرگ در پالایشگاه‌های نفتی و همچنین در واحدهای تبدیل زغال‌سنگ به فرآورده‌های مایع (CTL) و تبدیل گاز به فرآورده‌های مایع (GTL) مورداستفاده

قرار می‌گیرند. میزان سهم فرآورده‌های تولیدی در فرآیند فیشر تروپس که مناسب مصرف به‌عنوان سوخت جت می‌باشد در حدود ۶۰-۵۰ درصد است. جهت افزایش سهم سوخت جت تولیدی در فرآیند فیشر تروپس می‌توان از فرآیند اولیگومری جهت فرآورش برش‌های C3 و C4 استفاده نمود.

فرآیند متانول

یک روش دیگر جهت تبدیل برق به فرآورده‌های مایع استفاده از محصول واسطه متانول است. در این روش ابتدا با استفاده از هیدروژن تولیدی فرآیند الکترولیز و دی‌اکسید کربن، محصول واسطه متانول تولیدشده و سپس متانول تولیدی در واحدهای تبدیل و بهسازی به فرآورده‌های مایع تبدیل می‌شود. تکنولوژی تولید فرآورده از متانول در حال حاضر به لحاظ صنعتی و تجاری شناخته‌شده بوده و چندین دهه است که در مقیاس بزرگ‌تر در واحدهای ریفرمینگ و سنتز گاز طبیعی به متانول (شامل تبدیل متانول به بنزین در برخی موارد) در حال استفاده می‌باشد. شمای کلی تکنولوژی تبدیل برق به فرآورده‌های مایع از طریق محصول واسطه متانول در شکل زیر نشان داده‌شده است.



شکل۳. شمای کلی زنجیره عرضه تکنولوژی تبدیل برق به فرآورده‌های مایع با استفاده از فرآیند متانول (الکترولیز آب در دمای بالا)

به‌منظور تخمین هزینه تولید سوخت جت از تکنولوژی تبدیل برق به فرآورده‌های مایع در بلندمدت، فرآیندهای فیشر تروپس و متانول که قبلاً موردبررسی قرار گرفت، مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند. در این مطالعه فرض شده است که تأسیسات تبدیل برق به فرآورده‌های مایع در منطقه‌ای واقع‌شده‌اند که سرعت وزش باد در آن زیاد است. برای برآورد هزینه‌های سرمایه‌ای تولید برق از باد از هزینه‌های سرمایه‌ای یک مزرعه بادی موجود در آرژانتین تحت عنوان Rawson که در سال ۲۰۱۲ به بهره‌برداری رسیده است، استفاده‌شده است. ظرفیت نیروگاه بادی موردبررسی در حدود ۷۷/۴ مگاوات بوده و هزینه سرمایه‌گذاری آن در حدود ۱۴۴ میلیون دلار در نظر گرفته‌شده است. با این فرضیات هزینه تولید برق آن در حدود ۱۵۰۰ یورو به ازای هر کیلووات برآورد گردیده است (نرخ تبدیل ارز در سال ساخت مزرعه بادی در سال ۲۰۱۲ بر اساس هر یورو معادل ۱/۲ دلار در نظر گرفته‌شده است). هزینه‌های سرمایه‌ای شامل ساخت یک خط انتقال فشارقوی به طول ۲۹۵ کیلومتر است. مزرعه بادی موردنظر در هرسال معادل ۲۹۰ گیگاوات ساعت برق تولید می‌کند (معادل ۳۷۵۰ ساعت در هرسال). هزینه‌های عملیاتی و تعمیر و نگهداری نیز معادل ۴۰ یورو به ازای هر کیلووات در نظر گرفته‌شده است. لذا با در نظر گرفتن نرخ بهره ۴ درصد و عمر مفید ۲۰ ساله، هزینه نهایی تولید برق در حدود ۴ سنت به ازای هر کیلووات ساعت برآورد گردیده است.

تولید سری و انبوه توربین‌های بادی می‌تواند موجب کاهش در هزینه‌های سرمایه‌گذاری در مزارع بادی گردد. از سوی دیگر در مناطقی که سرعت وزش باد کمتر باشد، می‌بایست توربین‌های با پره‌های بزرگتر و در ارتفاع بالاتر جهت تولید مقدار معینی از الکتریسیته نصب گردد که این امر موجب افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری و درنتیجه هزینه نهایی برق تولیدی می‌شود. لذا بر این اساس، فرض شده است که هزینه ۴ سنت به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی، به‌عنوان هزینه تولید برق تجدیدپذیر (خورشیدی و بادی) در بلندمدت برای عمده مناطق جهان مدنظر قرار گیرد.

همچنین، ظرفیت تولید تأسیسات تبدیل برق به فرآورده‌های مایع در حدود ۱۰۰ هزار تن در سال در نظر گرفته‌شده است. در این صورت با توجه به صرفه‌های مقیاس، هزینه‌های سرمایه‌گذاری کاهش می‌یابد. جهت مقایسه نتایج، دو روش جذب مستقیم دی‌اکسید کربن از هوا و استفاده از منابع متمرکز دی‌اکسید کربن مورد تحلیل قرارگرفته است. مدت‌زمان بهره‌برداری کامل تأسیسات نیز ۳۷۵۰ ساعت در هرسال فرض شده است. میزان الکتریسیته ورودی در صورت استفاده از روش الکترولیز در دمای پایین در حدود ۵۸۰ مگاوات در نظر گرفته‌شده است. جداول زیر آمار و اطلاعات بلندمدت مورداستفاده در ارزیابی تکنولوژی تبدیل برق به سوخت جت در دو روش الکترولیز در دمای پایین و دمای بالا و در دو روش فرآیند فیشر تروپس و فرآیند متانول را نشان می‌دهند.

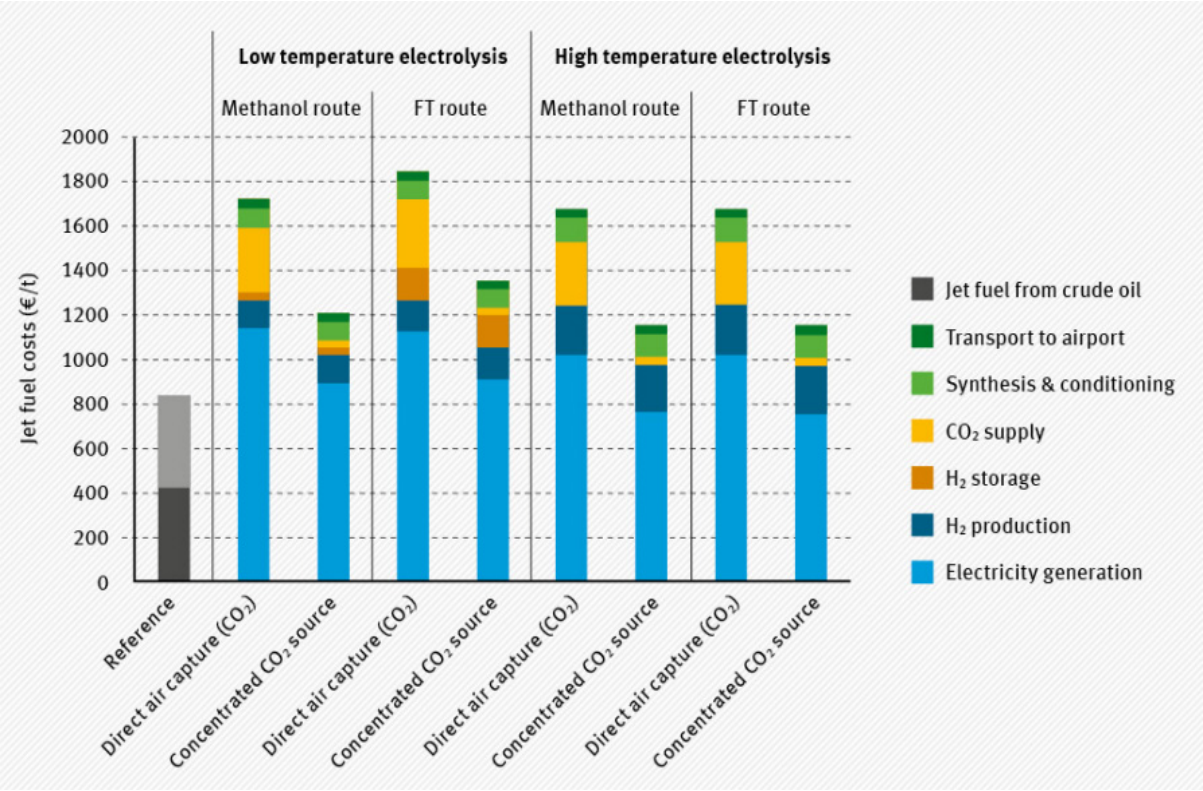
	Unit	Methanol pathway		Fischer-Tropsch pathway	
Technical key data					
CO_2 source	–	Direct air capture	Concentrated source	Direct air capture	Concentrated source
Electricity input	MW	760	594	729	588
Fuel output	MW_{LHV}	319	319	310	310
	t/h	26.6	26.6	25.8	25.8
	kt/yr	100	100	97	97
Efficiency	–	42%	54%	42%	53%
Investment					
Electrolysis	M€	140	140	140	140
H_2 storage	M€	3	3	30	30
CO_2 supply	M€	359	45	359	45
Synthesis & conditioning	M€	100	100	94	94
Total	M€	602	288	622	308
Specific costs					
Jet fuel	€/GJ_{LHV}	39.8	28.0	42.7	31.3
	€/t	1719	1206	1841	1352

جدول ۱ . آمار و اطلاعات بلندمدت مورداستفاده در ارزیابی تکنولوژی تبدیل برق به سوخت جت در روش الکترولیز در دمای پایین

	Unit	Methanol pathway		Fischer-Tropsch pathway	
Technical key data					
CO_2 source	–	Direct air capture	Concentrated source	Direct air capture	Concentrated sour
Electricity input	MW	869	645	836	613
Fuel output	MW_{LHV}	405	405	393	393
	t/h	33.8	33.8	32.8	32.8
	kt/yr	127	127	123	123
Efficiency	–	47 %	63 %	47 %	64 %
Investment					
Electrolysis	M €	159	159	159	159
H_2 storage	M €	0	0	0	0
CO_2 supply	M €	433	53	433	53
Synthesis & conditioning	M €	118	118	111	111
Total	M €	710	330	702	322
Specific costs					
Jet fuel	€/GJ_{LHV}	38.7	26.8	38.8	26.5
	€/t	1671	1155	1675	1144

جدول ۲ . آمار و اطلاعات بلندمدت مورد استفاده در ارزیابی تکنولوژی تبدیل برق به سوخت جت در روش الکترولیز در دمای بالا

باتوجه به آمار و اطلاعات مذکور هزینه تولید سوخت جت از برق تجدیدپذیر در نمودار زیر نشان داده شده است.



نمودار ۱ . مقایسه هزینه تولید سوخت جت از منابع فسیلی و تکنولوژی تبدیل برق به فرآورده های مایع

قیمت سوخت جت در آگوست ۲۰۱۶ بر اساس گزارش یاتا (IATA) در حدود ۴۶۸/۵ دلار در هر تن و یا معادل ۴۲۲ یورو به ازای هر تن و قیمت نفت خام در حدود ۴۲ دلار در هر بشکه بود. بر اساس گزارش چشم‌انداز انرژی سال ۲۰۱۵ آژانس بین‌المللی انرژی، قیمت سوخت جت تا سال ۲۰۴۰ می‌تواند تا بیش از ۹۵ دلار در هر بشکه و یا حدود ۸۳۷ یورو در هر تن افزایش یابد. این محدوده قیمتی می‌تواند به‌عنوان قیمت مرجع سوخت جت تولیدی منابع فسیلی در نظر گرفته شود. البته هزینه کربن و مالیات‌ها در این قیمت‌ها منعکس نشده است. اگر قیمت سوخت جت طی دو دهه آتی در محدوده مشاهده‌شده چند سال اخیر نوسان داشته باشد، در آن صورت اختلاف قابل‌توجهی میان هزینه تولید سوخت جت از منابع فسیلی و منابع تجدیدپذیر وجود خواهد داشت.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

فناوری تولید سوخت‌های مایع از برق یکی از این فناوری‌های نو در زمینه ذخیره‌سازی انرژی به شمار می‌رود. بنابراین با به‌کارگیری این فناوری می‌توان به تولید و ذخیره‌سازی سوخت جت و متانول پرداخت. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده، فناوری مذکور به‌خوبی تمام پارامترهای مهم در ذخیره‌سازی را پاسخگو است؛ به‌طوری‌که این فناوری ضمن داشتن بازدهی انرژی مناسب، بسته به سطح کاربرد آن، می‌تواند پاسخگوی ظرفیت‌های پایین (مقیاس کیلووات) تا بالا (مقیاس مگاوات) و مدت ذخیره‌سازی بالا باشد. مهم‌ترین بخش فناوری PtL تولید هیدروژن است که روش‌های گوناگون برای تولید آن ابداع‌شده است. تولید هیدروژن و نحوه انتقال و توزیع آن متناسب با شرایط و مزایای جغرافیایی متفاوت می‌باشد. اگرچه طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده بخش اعظمی از هیدروژن تولیدی در سطح جهان از سوخت‌های فسیلی به دست می‌آید، اما با توجه به نیاز روزافزون استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر و نو، در پژوهش‌های جدید تأکید بر تولید هیدروژن از طریق روش الکترولیز است. الکترولیز آب توسعه‌یافته‌ترین تکنولوژی برای تولید هیدروژن است که پیشینه اطلاعات تجاری آن به دهه ۱۸۹۰ برمی‌گردد. الکترولیز آب که در آن مولکول آب به مولکول‌های هیدروژن و اکسیژن تبدیل می‌شود، از گذشته برای برآوردن نیازهای شیمیایی صنعتی مورداستفاده قرار می‌گرفته است. باوجوداینکه تولید هیدروژن از روش الکترولیز آب، عموماً انرژی بیشتری در مقایسه با روش تولید آن از هیدروکربن‌ها مصرف می‌کند و درنتیجه هزینه بالاتری دارد، احتمالا به دلیل اینکه امکان ساخت تجهیزات کوچک آن در ایستگاه‌های سوخت‌گیری موجود وجود دارد، نقش مهمی در مرحله گذار اقتصاد هیدروژن ایفاء خواهد نمود. از طرفی امکان یکپارچگی با تکنولوژی‌های تجدیدپذیر غیر پیوسته و تناوبی مانند انرژی باد را دارد. در نگاهی کلی به نظر می‌رسد تولید هیدروژن از الکترولیز در مقایسه با تولید آن از منابع هیدروکربنی به‌خصوص گاز طبیعی به دلیل فراوانی و دارا بودن شبکه سراسری آن در کشور، از پتانسیل پایین‌تر و رقابت‌پذیری و جذابیت کمتری برخوردار باشد. بر این اساس به نظر می‌رسد توسعه واحدهای با مقیاس کوچک و در کاربردهای برق اضطراری و به‌صورت هیبرید با منابع تولید برق تجدیدپذیر (به‌طور مثال انرژی بادی و خورشیدی) مقرون به‌صرفه‌تر خواهد بود. همه در حال حاضر روش‌های موجود و فناوری‌های تصویر شده برای تولید هیدروژن از انرژی خورشیدی گران و پرهزینه (در حدود ۳ برابر روش‌های تولید هیدروژن از واحدهای زغال‌سنگ و یا گاز طبیعی) می‌باشند. بخشی از آن به دلیل ضریب استفاده سالانه پایین حدود ۲۰% (در مقایسه با مثلاً انرژی باد در حدود ۳۰% تا ۴۰%) از انرژی خورشیدی می‌باشد. این مورد فشار مضاعفی به هزینه یک تجهیز انرژی خورشیدی وارد می‌کند. واضح است در این حالت هیچ‌یک از روش‌های بهره برداری از انرژی خورشیدی قابل‌رقابت با سایر روش‌های تولید هیدروژن نیست. بااین‌وجود، ممکن است راهکارهای جدیدی ظهور کنند که قابل‌رقابت با روش‌های موجود باشند.

روش	مزایا	محدودیت ها
تولید هیدروژن از گاز طبیعی	- فراوانی منابع - وجود زیرساخت های توزیع - وجود فناوری های توسعه یافته و صنعتی شده	- تولید و نشر کربن - هزینه بالاتر هیدروژن نسبت به سوخت گاز طبیعی
تولید هیدروژن از زغال سنگ	- فراوانی منابع - وجود فناورهای توسعه یافته و صنعتی شده	- عدم وجود زیرساخت های توزیع - تولید و نشر کربن
تولید هیدروژن از الکترولیز	- وجود پیشینه مطالعات و تحقیقات پیل سوختی - امکان یکپارچه شدن با منابع تجدیدپذیر بادی و خورشیدی - سیستم های هیبرید اکسیداسیون هیدروکربنی/الکترولیز - امکان ساخت ظرفیت های کوچک - امکان اتصال به سیستم پیل سوختی - امکان کاربرد در تولید برق اضطراری	- کمبود منابع آب و برق - حساسیت بسیار بالا به قیمت الکتریسیته - عدم وجود مطالعات پایه - راندمان پائین الکترولیز - وجود سیستم مقیاس های پائین، پایلوت و غیر صنعتی - هزینه سرمایه ای بالای سیستم
تولید هیدروژن از انرژی باد- الکرولیز	- وجود پتانسیل بالای تولید برق از انرژی بادی	- هزینه های سرمایه گذاری بالای توربین های بادی
تولدی هیدروژن از انرژی خورشیدی		- هزینه بالای تولید از انرژی خورشیدی (بیش از سه برابر روش های تولید هیدروژن از واحدهای زغال سنگ یا گاز طبیعی)

جدول۳. مزایا و محدودیت‌های هر یک از روش‌های تولید هیدروژن

منابع و مآخذ

Lehner, Markus et al, 2014, Power-to-Gas: Technology and Business Models, Springer.
Vesa Vartiainen, SCREENING OF POWER TO GAS PROJECTS, Lappeenranta University of Technology, 2016.
Capela, Sandra, 2013, Power to Gas – A new way to valorize electricity overproduction. Retrieved 10.5.2016.
Liese, Thoren, Experiences and Results from the RWE Power-to-Gas-Projekt at Niederaussem site, AGSC, München, 2013. Retrieved 12.4.2016.
Viessmann Group, First PtG-plant with biological methanation goes live, 14.4.2015, Hannover Messe. Retrieved 12.4.2016.
Paulus, Johannes, Power-to-Gas – Erhöhung der Wasserstofftoleranz im Gasnetz – Machbarkeit und Chancen, 2013. Retrieved 19.4.2016.
Abengoa Hidrógeno S.A. 2016, Integration of an alkaline electrolyser with a hydrogen storage system based on metal hydride technology and a fuel cell system for electricity generation, Campus Palmas Altas. Retrieved 4.4.2016.

منابع و مآخذ

DNV GL, Technical assumptions, technology demonstration and results P2G project, 31.5.2015. Retrieved 16.3.2016.
DNV GL, Power-to-Gas Demonstration Project Rozenburg, Workshop Power2Gas: From Theory2Practice, 18.11.2014. Retrieved 16.3.2016.
Götz, Manuel et al, 2015, Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review, Renewable Energy, Vol. 85, pp. 1371-1390.
Hashimoto, K. et al, 2014, The production of renewable energy in the form of methane using electrolytic hydrogen generation, Energy, Sustainability and Society, Vol 4, issue 17, Springer.
Hofstetter, Dominic, 2014, Biocatalytic Methanation with Methanogenic Archaea for Power-to-Gas Energy Storage, Biomass for Swiss Energy Future Conference 2014. Retrieved 28.4.2016.
National Renewable Energy Laboratory, Harrison, Kevin et al. 2014 DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Review, Renewable Electrolysis Integrated System Development & Testing, 18.6.2014. Retrieved 3.4.2016.
Feito, Noel Gancedo, 2013, Feasibility of Wind-H2 Systems in Spain within the current RES Framework (Royal Decree-law 9/2013), Master's Thesis, University of Strathclyde, Engineering.
Grond, Lukas; Schulze, Paula and Holstein, Johan, 2013, Systems Analyses Power to Gas: Deliverable 1: Technology Review. Final Report, DNV KEMA Energy & Sustainability.
Pearson, Richard J. et al, 2011, Energy Storage via Carbon-Neutral Fuels Made From CO2, Water, and Renewable Energy, Proceedings of the IEEE, Vol. 100, No. 2, February 2012, pp. 440-460.
Gahleitner, Gerda, 2013, Hydrogen from renewable electricity: An international review of power-to-gas pilot plants for stationary applications. International journal of hydrogen energy, Vol. 38, pp. 2039-2061.

بررسی شرکت سعودی آرامکو

غلامعلی رحیمی عضو هیات علمی موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی

مقدمه

در مطالعه‌ای که با عنوان بررسی ۱۵ شرکت برتر حوزه انرژی در بولتن شماره ۸ مربوط به تیرماه ۱۴۰۰ به چاپ رسید، ۱۵ شرکت برتر حوزه انرژی در سال ۲۰۲۰ درصحنه جهانی بر اساس شاخص‌های ارزش بازاری، درآمد کل شرکت، میزان دارایی‌ها و سود و زیان معرفی شدند. این شرکت‌ها عبارتند از : شرکت نفت عربستان سعودی (سعودی آرامکو)، شرکت رویال داچ شل، شرکت اکسون موبیل، شرکت پتروچاینا، شرکت توتال، شرکت بی پی ، شرکت سینوپک، شرکت شورون، شرکت پتروبراس، شرکت جنرال الکتریک، شرکت ملی نفت فراساحل چین، شرکت اکینور، شرکت انی، شرکت اینترپرایز، شرکت فیلیپس. در سلسله مطالعات مربوط به شرکت‌ها، از این شماره به معرفی دقیق‌تر هر یک از شرکت‌های مذکور پرداخته خواهد شد.

معرفی شرکت آرامکو

آرامکو عربستان سعودی درنتیجه توافقنامه امتیازی میان دولت عربستان سعودی و شرکت استاندارد نفت کالیفرنیا (SOCAL) در سال ۱۹۳۳ تشکیل شد. آرامکو اندکی بعد اولین عملیات حفاری خود را آغاز نمود و اولین تولید نفت تجاری خود را در سال ۱۹۳۸ آغاز کرد. در طول دهه بعد، این شرکت به‌سرعت در سراسر عربستان سعودی گسترش یافت و به تولید نفت خام ۵۰۰ هزار بشکه در روز در سال ۱۹۴۹ رسید. برای ادامه روند تولید، این شرکت خط لوله توزیع خود را تکمیل نموده و خط لوله Trans-Arabian ، طولانی‌ترین خط لوله در جهان را ساخت. در سال ۱۹۷۳، دولت عربستان سعودی ۲۵ درصد سهام آرامکو را خریداری نموده و به‌تدریج سهام خود را به ۱۰۰ درصد در اواخر دهه ۱۹۷۰ افزایش داد. در اواخر دهه ۱۹۸۰، شرکت نفت عربستان سعودی (عربستان سعودی آرامکو) رسماً تأسیس شد. در سال ۱۹۸۹، آرامکو در تلاش برای تبدیل‌شدن خود از یک شرکت تولیدکننده و صادرکننده نفت به یک شرکت یکپارچه نفتی، سرمایه‌گذاری مشترکی با Texaco در ایالات‌متحده انجام داد. تا سال ۲۰۱۷، غول نفتی سعودی به تنها مالک بزرگ‌ترین پالایشگاه نفت خام آمریکای شمالی در پورت آرتور تگزاس تبدیل شد. در طول دهه ۱۹۹۰، این شرکت به ایجاد اتحاد و معاملات مشارکت در سراسر جهان ادامه داد. در سال‌های اخیر، این شرکت تلاش‌های خود را برای تنوع بخشیدن به تجارت خود افزایش داده و سرمایه‌گذاری زیادی در تحقیق و توسعه (R&D) برای گسترش به محصولات غیرفلزی و تبدیل مواد خام به مواد شیمیایی انجام داده است. میزان دخالت دولت عربستان در شرکت آرامکو بسیار زیاد است. این شرکت در درجه اول یک‌نهاد دولتی است که دولت عربستان سعودی بخش قابل‌توجهی از ثروت خود را از آن به دست می‌آورد. این شرکت نفت نرخ مالیاتی سنگین ۵۰ درصدی را به دولت عربستان سعودی پرداخت می‌کند. قبل از سال ۲۰۱۷ ، نرخ مالیات ۸۵ درصد بود.

دفتر مرکزی سعودی آرامکو در شهر ظهران است، اما فعالیت‌های آن در سراسر جهان انجام می‌شود و شامل اکتشاف، تولید، پالایش، مواد شیمیایی، توزیع و بازاریابی است. تمام فعالیت‌های این شرکت توسط وزارت نفت و منابع معدنی عربستان سعودی همراه با شورای عالی نفت و مواد معدنی کنترل می‌شود. بااین‌وجود مسئولیت وزارت در این زمینه بسیار بیشتر از شورا است.

ذخایر انرژی

این شرکت همچنین دارای بالاترین حجم ذخایر نفتی اثبات‌شده است. شرکت سعودی آرامکو، مسئولیت ۹۹% از ذخایر اثبات‌شده نفت خام کشور عربستان سعودی را که میزان آن به ۲۵۹ میلیارد بشکه (در حدود یک‌چهارم مجموع ذخایر نفت فعلی جهان) می‌رسد، بر عهده دارد. شرکت سعودی آرامکو مالک اصلی میدان نفتی غوار است که بزرگ‌ترین میدان نفتی جهان به شمار می‌آید. این میزان نزدیک به ۱۲ برابر ذخایر نفتی ایالات‌متحده آمریکا است. همچنین دارای ۲۷۹ هزار میلیارد مترمکعب ذخایر درجای گاز طبیعی است.

سودآوری

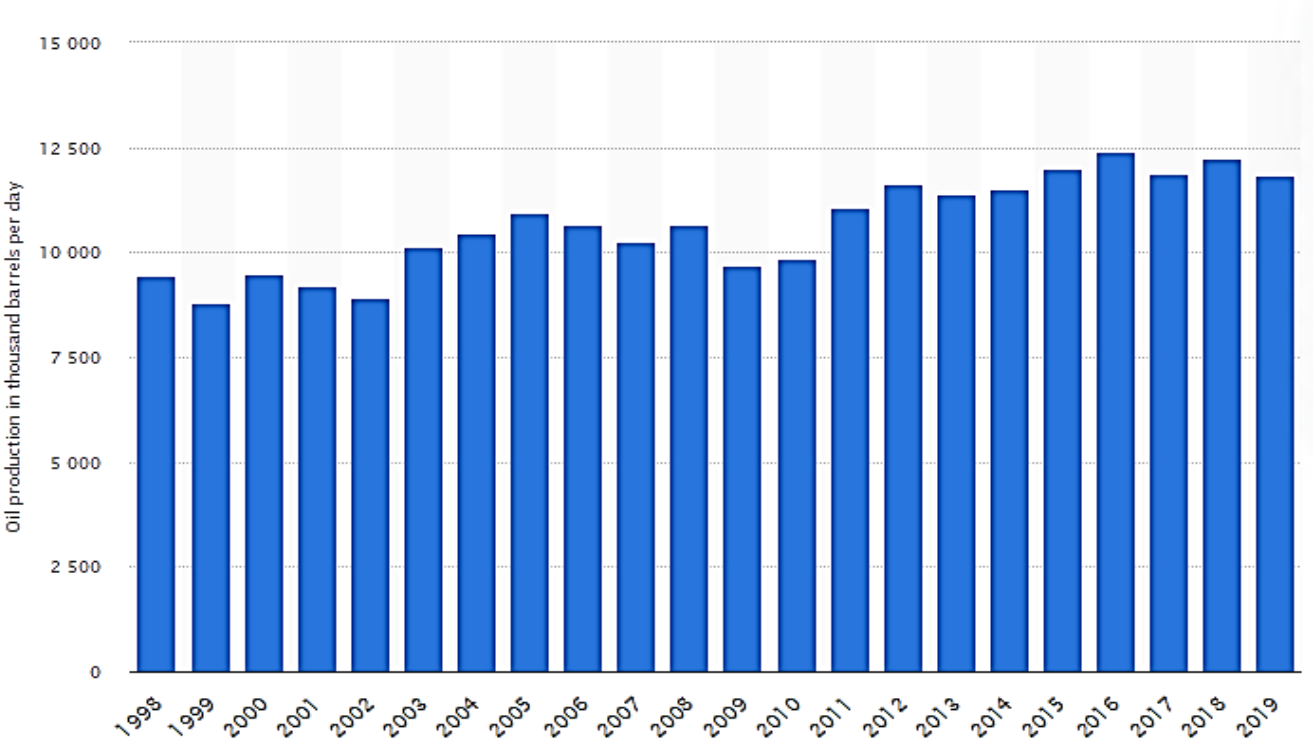
آرامکو در صدر فهرست ۱۵ شرکت بزرگ انرژی در جهان قرار دارد و اگر فقط ارزش بازاری یا سود را در نظر بگیرید، بزرگ‌ترین شرکت در کل جهان است. سود کلان این شرکت بیش از ۸۸ میلیارد دلار بوده و ۱۴ شرکت باقیمانده درمجموع ۹۳ میلیارد دلار سود داشته‌اند. سقف ارزش بازاری ۱۴ شرکت باقیمانده ۱,۵۸ تریلیون دلار است درحالی‌که سقف ارزش بازاری سعودی آرامکو در حدود ۱,۹ تریلیون دلار است. آرامکو یک شرکت سعودی با دومین ذخایر اثبات‌شده نفت در جهان است و بیشترین تولید نفت خام روزانه را در بین شرکت‌های نفتی دارد. متأسفانه، این شرکت همچنین مسئول حدود ۴,۵ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی از ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۵ است که یک آمار بسیار نگران‌کننده است.

آرامکو سعودی یک شرکت اکتشاف، پالایش و تجارت نفت و گاز است. این شرکت بزرگ‌ترین شرکت نفت و گاز یکپارچه جهان است که هم در بالادست و هم در پایین‌دست فعالیت می‌کند و انرژی و مواد شیمیایی تولید می‌کند. در سال ۲۰۱۹، سعودی آرامکو در حدود ۱۳,۲ میلیون بشکه نفت خام و مایعات تولید کرد که بیش از ۹,۹ میلیون بشکه در روز آن نفت خام بود. این شرکت در حدود ۹۶۰۰۰ کارمند دارد.

شرکت سعودی آرامکو در سال ۲۰۲۰ در رتبه اول جهانی قرار داشت. ارزش بازاری این شرکت در ژانویه ۲۰۲۰ در حدود ۱۸۹۸ میلیارد دلار بود که در ابتدای سال ۲۰۲۱ به بیش از ۲۰۵۱ میلیارد دلار افزایش‌یافته است. میزان کل درآمدهای این شرکت در سال ۲۰۲۰ در حدود ۳۳۰ میلیارد دلار بوده است. دارایی‌های آن ۳۹۸ میلیارد دلار و سود حاصل از فعالیت‌ها نیز ۸۸۲۰۰ میلیون دلار می‌باشد. حوزه‌های فعالیت این شرکت شامل انرژی، نفت و گاز و محصولات شیمیایی می‌باشد.

تولید نفت خام

در سال ۲۰۲۰ ، متوسط تولید هیدروکربن آرامکو ۱۲,۴ میلیون بشکه در روز معادل نفت بوده که شامل ۹,۲ میلیون بشکه در روز نفت خام بوده است. در ماه آوریل ۲۰۲۰، آرامکو به بالاترین تولید یک‌روزه نفت خام در تاریخ خود یعنی ۱۲,۱ میلیون بشکه در روز دست‌یافت.



منبع: OECD, 2020

نمودار ۱ : روند تغییرات تولید نفت خام و مایعات نفتی عربستان سعودی طی دوره ۲۰۱۹-۱۹۹۸

صنعت پالایش و مواد شیمیایی

در حال حاضر ظرفیت پالایش نفت خام این کشور در حدود ۵٫۴ میلیون بشکه در روز می‌باشد. شرکت نفتی سعودی آرامکو درمجموع دارای ۱۵ پالایشگاه نفت است که ۴ پالایشگاه در مالکیت کامل آن و ۱۱ پالایشگاه دیگر با مشارکت شرکت‌های دیگر می باشد.

پالایشگاه‌های مستقر در عربستان سعودی، که مالکیت کامل آن‌ها در اختیار شرکت سعودی آرامکو است:

- پالایشگاه جده: مستقر در جده
- پالایشگاه ریاض: مستقر در ریاض
- پالایشگاه ینبع: مستقر در ینبع
- پالایشگاه رأس تنوره: مستقر در رأس تنوره

پالایشگاه‌های مشارکتی با شرکت‌های دیگر، که در عربستان سعودی مستقر می‌باشند:

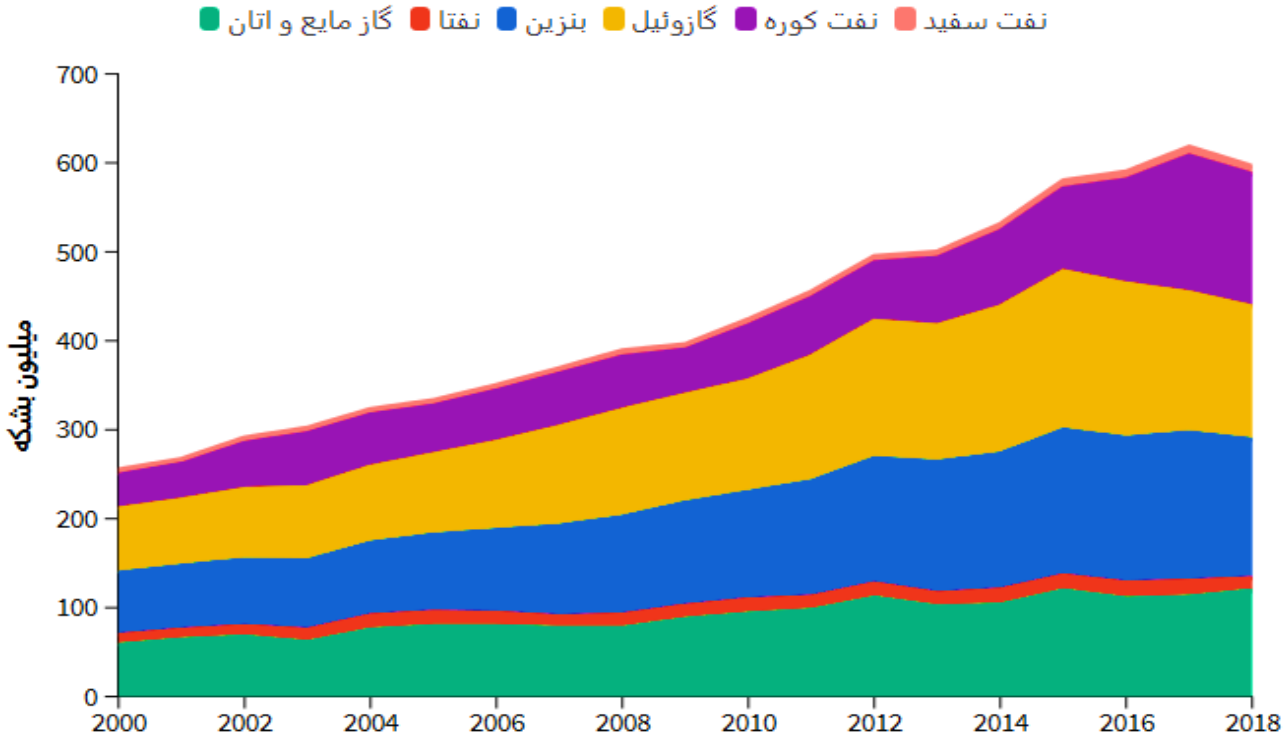
- پالایشگاه آرامکو موبیل: با مشارکت اکسان‌موبیل
- پالایشگاه آرامکو شل: با مشارکت رویال داچ شل
- پالایشگاه پترو رابغ: با مشارکت سومیتومو کمیکال
- پالایشگاه لوبریف: با مشارکت شرکت سرمایه‌گذاری جدوا
- پالایشگاه ساتورپ: با مشارکت توتال، در الجبیل
- پالایشگاه یانبو: با مشارکت ساینوپک

پالایشگاه‌های مشارکتی بین‌المللی:

- پالایشگاه فوجیان: در چین
- پالایشگاه ساینوپک سنمی: در چین
- پالایشگاه موتیوا: با مشارکت موتیوا انترپرایز، در ایالات متحده آمریکا
- پالایشگاه شووا شل: با مشارکت رویال داچ شل، در ژاپن
- پالایشگاه اس-اویل: با مشارکت اس-اویل، در کره جنوبی

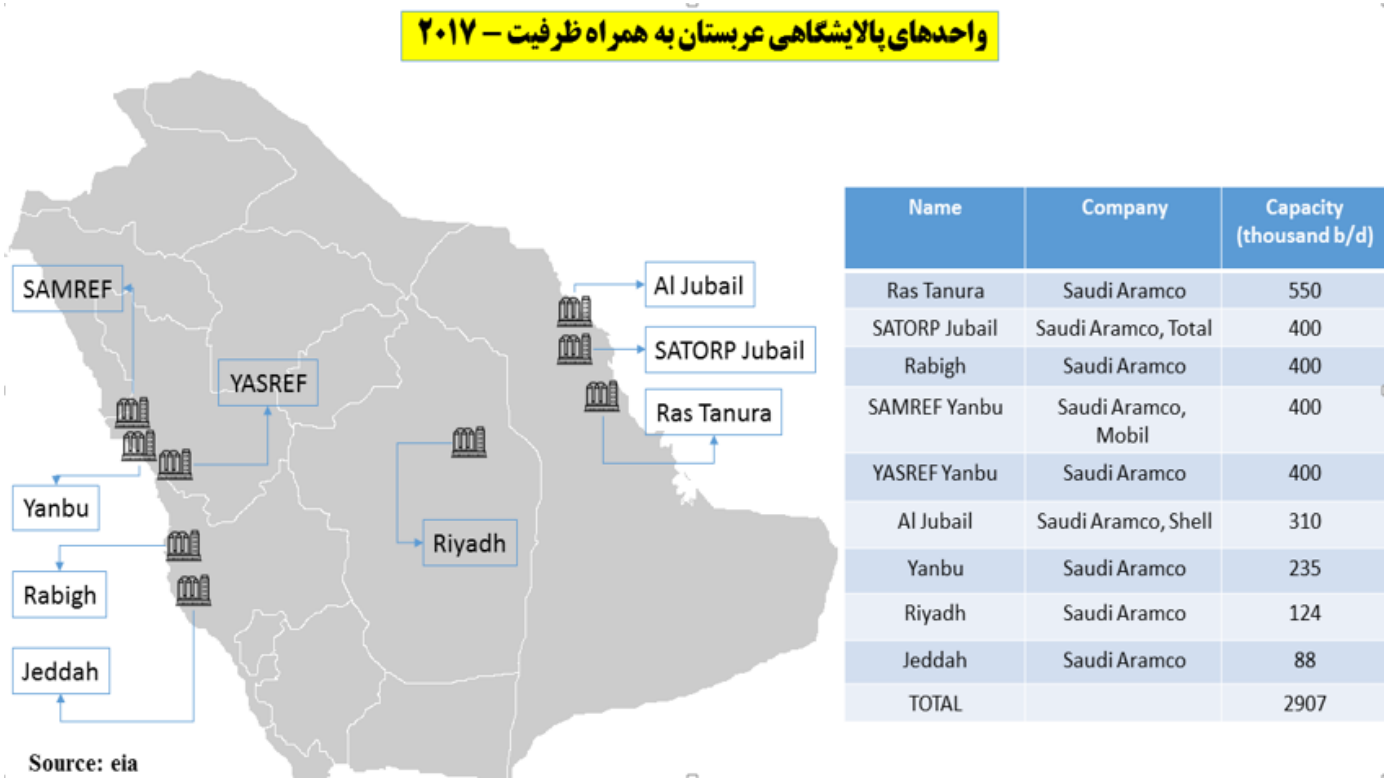
اولین موج سرمایه‌گذاری در صنعت پالایش نفت عربستان در دهه ۱۹۸۰ و هنگامی شروع شد که ظرفیت پالایشی این کشور تنها در حدود ۷۰۰ هزار بشکه در روز بود. تا پایان سال ۲۰۱۲ ظرفیت پالایشی عربستان به ۲.۱ میلیون بشکه در روز رسید. اما به دلیل آنکه بیشتر پالایشگاه‌های عربستان قبل از سال ۱۹۹۰ ساخته‌شده بودند، در مقایسه با پالایشگاه‌های مدرن ساخته‌شده در نقاط مختلف جهان، ضریب پیچیدگی نلسون کمتری داشتند و درنتیجه حجم تولید فرآورده‌های نفتی کم‌ارزشی مانند نفت کوره در این کشور زیاد بود.

با توجه به رشد سریع تقاضای داخلی و نسبت بالای تولید فرآورده‌های سنگین در سبد محصولات پالایشگاه‌های عربستان، کمبود فرآورده‌های نفتی سبک و میانی با سرعت بالایی فراگیر شد. به‌طور خاص، افزایش مصرف گازوئیل و بنزین به‌طور پیوسته به افزایش واردات این فرآورده‌ها شد. درنتیجه، صادرات محصولات پالایشی عربستان کاهش یافت و به طور طبیعی بر درآمدهای دولتی تاثیر گذاشت. نمودار زیر روند صعودی مصرف داخلی فرآورده‌های نفتی عربستان را بر اساس آمارهای آژانس بین‌المللی انرژی نشان می‌دهد.



منبع: آژانس بین‌المللی انرژی

نمودار ۲ : مصرف سالانه فرآورده‌های نفتی عربستان طی دوره ۲۰۱۸-۲۰۰۰



Name	Company	Capacity (thousand b/d)
Ras Tanura	Saudi Aramco	550
SATORP Jubail	Saudi Aramco, Total	400
Rabigh	Saudi Aramco	400
SAMREF Yanbu	Saudi Aramco, Mobil	400
YASREF Yanbu	Saudi Aramco	400
Al Jubail	Saudi Aramco, Shell	310
Yanbu	Saudi Aramco	235
Riyadh	Saudi Aramco	124
Jeddah	Saudi Aramco	88
TOTAL		2907

منبع : What Is Saudi Aramco? By Shoshanna Delventhal, Updated May 2020 ,20

نمودار ۲ : واحدهای پالایشگاهی عربستان به همراه ظرفیت در سال ۲۰۱۷

چشم‌انداز توسعه سرمایه‌گذاری بالادستی آرامکو در سال ۲۰۲۱

سعودی آرامکو با توجه به روند احیای اقتصاد جهان و بالطبع رشد تقاضای نفت پس از بحران کرونا تصمیم به افزایش سرمایه‌گذاری در بخش بالادستی صنعت نفت گرفته است. آرامکو قصد دارد رقم سرمایه‌گذاری خود را از ۱۹.۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ به ۲۵.۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۱ برساند که بخش اعظم افزایش سرمایه‌گذاری در سال ۲۰۲۱ مربوط به بخش بالادستی صنعت نفت است. بر اساس صورت سود و زیان سه ماه نخست، شرکت آرامکو در سه ماه نخست ۶.۵ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری داشته که از سه ماه چهارم سال ۲۰۱۹ تاکنون بی‌سابقه است.

پیش‌بینی می‌شود اگر آرامکو با همین الگو تا پایان سال سرمایه‌گذاری کند رقم سرمایه‌گذاری این شرکت به ۲۵.۹۸ میلیارد دلار برسد. سود عملیاتی شرکت آرامکو در سه ماه نخست برابر ۴۱ میلیارد دلار گزارش‌شده که ۶ میلیارد دلار بیشتر از مدت مشابه سال گذشته است. سود خالص نیز با رشد ۵ میلیارد دلاری نسبت به مدت مشابه سال پیش از آن به ۲۱.۷ میلیارد دلار رسیده است. بخش اعظم سود عملیاتی حاصل‌شده به بخش بالادستی مربوط می‌شود و بخش پایین‌دستی تنها ۴.۴ میلیارد دلار از مجموع سود عملیاتی را به خود اختصاص داده است.

عربستان سه میدان نفتی زلف، مرجان و بری را که توسعه آن‌ها متوقف‌شده بود برای توسعه به مناقصه گذاشته است. طبق برنامه اعلام‌شده، میدان مرجان با افزایش ظرفیت ۳۰۰ هزار بشکه در روز به ظرفیت تولید ۸۰۰ هزار بشکه در روز تا سال ۲۰۲۵ می‌رسد و میدان بری نیز با دو برابر ظرفیت تولید خود که معادل ۵۰۰ هزار بشکه در روز است، در همین افق زمانی تولید خواهد کرد. میدان فراساحلی زلف نیز که هم‌اکنون دارای ظرفیت تولید ۸۲۵ هزار بشکه در روز است با سرمایه‌گذاری جدید شاهد افزایش ظرفیت ۶۰۰ هزار بشکه در روز می‌شود.

منابع :

- 15 Largest Energy Companies in the World, Ty Haqqi, November 18, 2020. https://finance.yahoo.com/news/15-largest-energy-companies-world-134314149.html
- World Top Energy Companies List by Market Cap as on Jan 1st, 2020 . https://www.value.today/world-top-companies/energy
- What Is Saudi Aramco? By Shoshanna Delventhal, Updated May 20, 2020