شرکت ملی گاز ایران

مدیریت پژوهش و فناوری

تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری
Mini LNG

گزارش مدیریتی تفصیلی

گروه مشاوران مدیریت توسعه عمید

تیر ۱۳۹۳

معرفی پروژه

نفت و گاز طبیعی، مهم ترین منابع تأمین انرژی بشر امروزی هستند؛ به‌طوری که نفت خام ۴۵ درصد و گاز طبیعی ۲۵ درصد انرژی دنیا را تأمین می‌کنند؛ از این رو نفت و گاز در معادلات اقتصادی ـ سیاسی جهان اهمیت راهبردی دارند و در فرآیند روابط بین الملل نقش مهمی می‌توانند ایفا کنند.

امروزه حمل و نقل گاز به طور عمده از دو طریق صورت می‌گیرد: ۱) خطوط لوله گاز طبیعی ۲) تبدیل گاز طبیعی به LNG و حمل LNG با کشتی و یا کامیون‌های مخصوص. افزایش روز افزون تقاضای گاز باعث شده است که دارندگان مخازن گازی برای تامین و پوشش این تقاضا تجارت LNG را رونق داده و بالطبع به سمت احداث واحدهای جدید گام بردارند. بر اساس بررسی که مرکز مطالعات Zeus در سال ۲۰۱۱ انجام داده است، درحال حاضر در حدود ۵۰۰ میدان گازی با ذخیره ۳-۰/۵ تریلیون فوت مکعب در دنیا وجود دارد که برای احداث واحدهای مایع سازی با ظرفیت ۲-۰/۳ میلیون تن در سال مناسب می‌باشند. اختلاف قابل توجه قیمت گاز طبیعی و نفت خام طی سال‌های گذشته موجب افزایش تقاضا در بازارهای مصرفی برای توسعه واحدهای متوسط و کوچک مقیاس LNG در جهان شده است. این افزایش تقاضا در مناطقی مانند چین که دولت به دنبال جایگزینی گاز طبیعی و LNG به جای نفت خام می‌باشد، قابل‌توجه است.

در تبیین ضرورت اجرای این طرح می‌توان گفت، با توجه به رشد روز افزون مصرف گاز طبیعی و جایگزینی آن به جای دیگر منابع انرژی در کشور، تفاوت چشمگیر میزان مصرف در فصل‌های مختلف سال، آسیب پذیر بودن سیستم گازرسانی، احتمال بروز مشکلات در عملیات تولید و بهره برداری و ... ، طراحی و اجرای طرح مایع‌سازی و ذخیره سازی گاز طبیعی ضروری به‌نظر می‌رسد. مبادی اصلی تولید گاز طبیعی در ایران عبارتند از : پارس جنوبی، سایر میدان های گازی در خلیج فارس، میدان های گازی درون ساحلی در جنوب کشور، میدان‌های گازی شمال شرق، گازهای همراه نفت خام در جنوب غربی و در سایر میدان‌هایی که در آینده کشف خواهند شد. این مبادی عموما با فواصل طولانی نسبت به مراکز مصرف که در سطح کشور گسترده‌اند، قرار گرفته‌اند.

مشکلات متعارف در عملیات تولید گاز از مخازن، مشکلات متعارف در عملیات بهره برداری از پالایشگاه‌های گاز، نارسایی و مشکلات بهره‌برداری در سیستم انتقال (خطوط لوله و

ایستگاه‌های تقویت فشار)، حوادث و نوسانات غیرقابل پیش بینی از عوامل تهدید و ایجاد اختلال در سیستم گازرسانی به شمار می‌روند. این عوامل از هر دو بعد کمی و کیفی در عرضه گاز به مصرف کنندگان تاثیر مستقیم داشته و می‌توانند روند گاز رسانی به ویژه در فصل سرما را که سیستم گاز رسانی در حداکثر ظرفیت خود عمل می‌کند به شدت آسیب پذیر نمایند.

به منظور افزایش اطمینان شبکه گاز و کاهش هزینه‌های ناشی از قطع گاز در شرایط بحران و پیک مصرف، راهکارهای متنوعی در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که یکی از این راهکارها احداث واحدهای Mini LNG می‌باشد.

از سوی دیگر، با در نظر گرفتن افزایش سریع مصرف جهانی گاز پیش‌بینی می‌شود در بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰ مصرف گاز طبیعی از مصرف نفت پیشی گیرد که این مسئله منجر به توسعه قابل ملاحظه تجارت گاز شده و در نتیجه تغییرات عمده‌ای در روش‌های انتقال گاز از مبدا به بازارهای مصرف به وجود خواهد آمد. بازارهای گاز طبیعی که در گذشته منحصر به مصارف داخلی و یا انتقال به بازارهای همسایه توسط خط لوله بوده است، با ورود تکنولوژی‌های مایع سازی گاز طبیعی و امکان انتقال آن به صورت مایع، به سراسر دنیا گسترش خواهد یافت. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۰، حدود ۲۰ درصد تجارت جهانی گاز به صورت مایع انجام گیرد. با توجه به پیش‌بینی های صورت گرفته در خصوص افزایش قابل توجه تقاضای جهانی برای گاز طبیعی مایع شده، سرمایه‌گذاری بلند مدت بر روی این فناوری برای کشورهایی که دارای سهم قابل توجهی از گاز طبیعی در دنیا می‌باشند امری ضروری به نظر می‌رسد.

کشور ایران به عنوان دومین دارنده منابع گازی جهان، LNG را در کنار خط لوله به عنوان روش‌های اصلی صادارت گاز به کشورهای مختلف به حساب می‌آورد. بدین منظور اجرای سه پروژه مایع‌سازی گاز طبیعی در دستور کار وزارت نفت قرار گرفت که به دلایل مختلف از جمله وارداتی بودن فناوری و تجهیزات آن تا کنون به بهره‌برداری نرسیده است. لذا شرکت ملی گاز ایران با هدف دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت واحد LNG در مقیاس کوچک در کوتاه مدت و توسعه آن به مقیاس‌های بزرگ در بلندمدت، پروژه ترسیم نقشه راه توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی را تصویب نمود که تدوین این طرح از مهر ماه ۹۱ آغاز و در شهریور ماه ۹۲ به پایان رسید.

بی‌تردید آنچه که باید در انجام چنین طرح راهبردی‌ای مورد توجه قرار گیرد، از یک سو مبانی علمی و به‌روز در طراحی متدولوژی تدوین سند و از سوی دیگر بهره‌مندی از مجموعه تجارب مرتبط با موضوع در سطح دنیا و تطبیق‌پذیری آن با شرایط فنی و بومی کشور بوده است که این مهم با استفاده از توان تخصصی و فنی کارشناسان و صاحبنظران مرتبط محقق گردید.

نکته حائز اهمیت دیگری که در این مسیر مورد توجه تیم مشاور قرار گرفته است، ایجاد اجماع و حصول توافق بر نتایج این طرح راهبردی و اقداماتی است که در قالب سند ملی توسعه این فناوری ارائه شده است که این امر نیز از طریق برگزاری جلسات متعدد مشورتی با صاحب نظران صنعتی و دانشگاهی در حد بضاعت و مقدورات تحقق یافت.

در پایان تیم مشاور لازم می‌داند که از حمایت‌های مدیران محترم شرکت ملی گاز، خصوصا جناب آقای دکتر سعید پاک‌سرشت، جناب آقای مهندس حمید بنیاد، سرکار خانم دکتر مرضیه زارع تشکر و قدردانی نماید. همچنین از جناب آقایان دکتر علی وطنی، دکتر محمد رضا امید خواه، دکتر مجید عمید پور، مهندس مهران سرمد، مهندس محمد شاکر، مهندس بهرام بارانی و نیز آقای دکتر امیرناصر اخوان که با راهنمایی‌ها و هدایت‌های ارزشمند خود بر غنای این طرح افزودند کمال تشکر و امتنان را داریم.

ضمنا سرکار خانم‌ها مینا درودیان، نادیا میرالی، کبری بی‌جفا، زهرا چناری و آقایان مهدی صحاف‌زاده، مصطفی قنبری، نوید غیاضی و احمد احمدی از همکاران گروه مشاوران مدیریت توسعه عمید، در اجرای این طرح ملی مشارکت داشته‌اند که تشکر و قدردانی از زحمات و تلاش‌های این عزیزان را وظیفه خود می‌دانیم.

امید است که این طرح ملی بتواند راهگشای افق‌های آینده مطلوب در توسعه صنعت گاز کشور باشد.

تیم مدیریت طرح

ناصر باقری مقدم، مصطفی زمانیان

فهرست مطالب

گزارش اقدامات اجرایی ۱

بخش اول: مروری بر مطالعات مبنا ۸

۱- شناخت فنی فرایندها و تجهیزات ۸

۱-۱- پیش فرآوری گاز خوراک ۱۰

۱-۲- حوزه‌های کاربرد گاز طبیعی مایع شده ۱۵

۱-۳- شناسایی فرایندها و تجهیزات مرحله مایع‌سازی ۱۹

۲- ارزیابی تحلیلی الزامات بالادستی ۲۵

۳- شناخت و بررسی بازارهای بالفعل و بالقوه فناوری ۲۷

۳-۱- صادرکنندگان LNG ۲۷

۳-۲- واردکنندگان LNG ۳۰

۳-۳- بازارهای هدف LNG ۳۳

٤- ترسیم نگاشت ساختاری توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی در کشور ۳٦

۵- بررسی محیط حقوقی و اسناد ملی و بخشی مرتبط با توسعه فناوری ٤٤

۵-۱- بررسی مولفه‌های زیست محیطی اثرگذار بر روند توسعه فناوری ٤٤

۵-۲- مولفه‌های اقتصادی اثرگذار بر روند توسعه فناوری ٤٦

۵-۳- مولفه‌های اجتماعی اثرگذار بر روند توسعه فناوری ٤٨

۵-٤- مولفه‌های سیاسی اثرگذار بر روند توسعه فناوری ٤٩

٦- بررسی تجربیات جهانی ۵۲

٦-۱- استرالیا ۵۳

٦-۲- چین ۵۵

٦-۳- امریکا ۵٦

بخش دوم: نتایج تحلیلی ۵۷

۱ - تعیین میزان جذابیت و توانمندی ۵۷

۲ - ترسیم و تحلیل ماتریس ٦٤

بخش سوم: ارائه نقشه راه ملی توسعه فناوری ٦۸

۱- اهداف توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی ٦۸

۲- برنامه عملیاتی، تعیین مجری و همکار و زمان‌بندی اجرایی هر راهبرد ٦٩
۳- تعیین تقدم و تأخر راهبردها، اولویت‌بندی آن‌ها و تهیه نقشه راه ٧٤
پیوست ۱: سیاست‌های کلان موجود در اسناد بالا دستی در حوزه مایع‌سازی گاز طبیعی ٨٨
پیوست ۲: اسامی شرکت‌های توانمند شناسایی شده در طراحی و ساخت تجهیزات ٨٧
پیوست ۳: پرسشنامه مورد استفاده در ارزیابی جذابیت و توانمندی ٩٣

گزارش اقدامات اجرایی

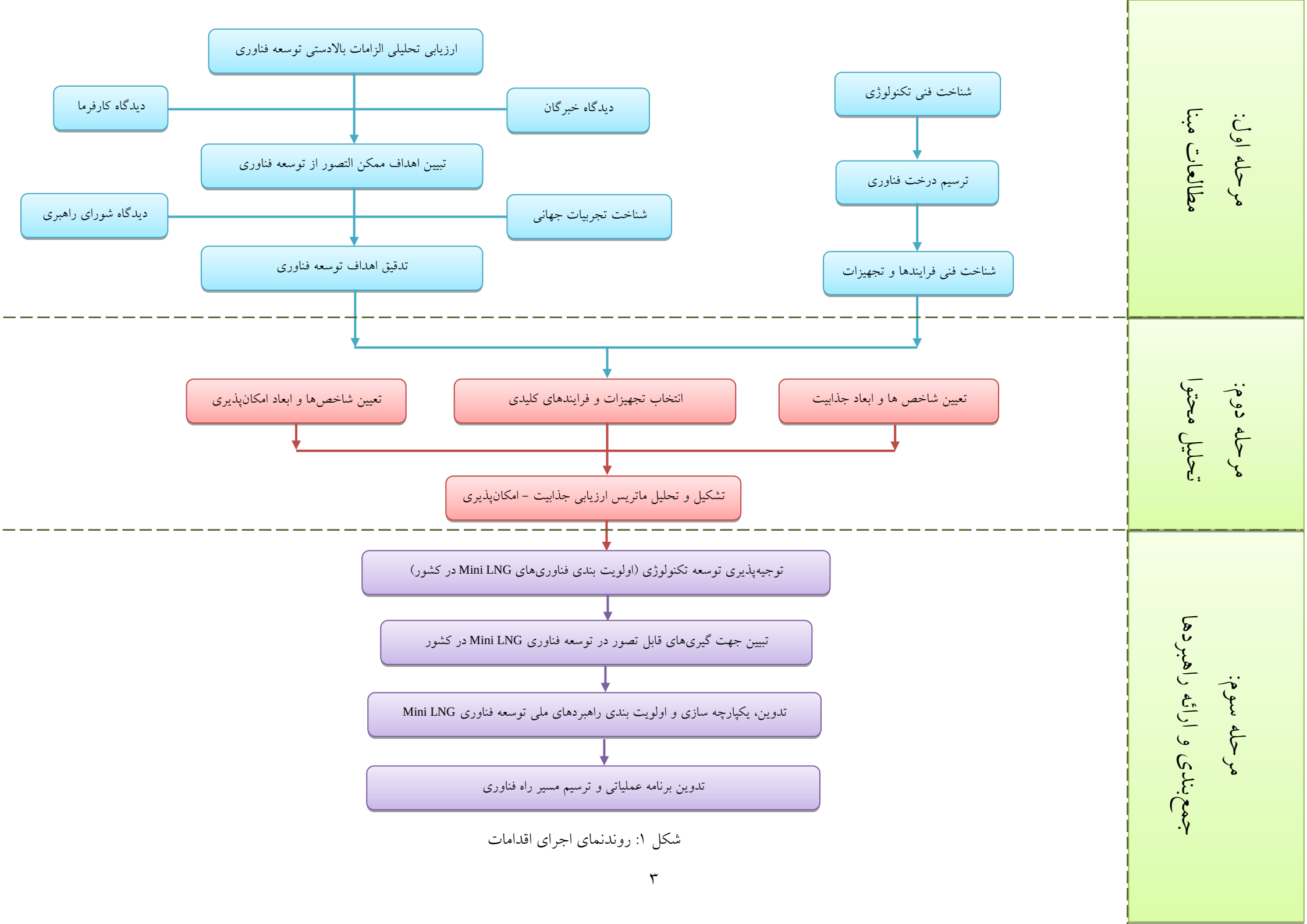
در محیط پرتلاطم و پویای دنیای امروز، هدایت مسیر فناوری که مشتمل بر هدف‌گذاری، اتخاذ راهبردها، تدوین سیاست‌ها و تعریف اقدامات است، لازمه توسعه موفق آن به‌شمار می‌رود. در کشورهایی که در مراحل ابتدایی توسعه زیرساخت‌های دانشی خود قرار دارند، توسعه یک فناوری را نمی‌توان تنها به دست مکانیزم‌های بازار آزاد سپرد. به منظور تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری Mini LNG، سه مرحله اصلی شامل مطالعات مبنا، تحلیل محتوا و جمع‌بندی و ارائه راهبردها در نظر گرفته شده است.

در مرحله اول مراحل پیش‌فرآوری گاز خوراک، ظرفیت واحدهای مایع‌سازی، فرایندها و تجهیزات کلیدی حوزه مایع‌سازی گاز طبیعی شناسایی شده و مورد بررسی قرار گرفته است. بخشی از نتایج این مرحله به صورت نگاشت فناوری (فرایند و تجهیزات) به تصویر کشیده شده است. از سوی دیگر در این مرحله مطالعاتی با رویکرد اسناد بالادستی موجود، شناخت و بررسی بازار فناوری، بررسی محیط حقوقی و اسناد ملی و بخشی مرتبط با توسعه فناوری، بررسی تجربیات جهانی، به منظور تعیین اهداف، استراتژی‌ها و اقدامات توسعه فناوری مایع سازی گاز طبیعی صورت پذیرفته است.

در مرحله دوم پس از تعیین فرایندهای منتخب و تجهیزات کلیدی، به تعیین میزان جذابیت و توانمندی با بکارگیری روش ماتریس جذابیت- توانمندی پرداخته شده است. در این روش ابتدا با در نظر گرفتن شرایط و ملزومات حوزه مایع‌سازی گاز طبیعی، دو دسته معیار شامل معیارهای جذابیت و معیارهای توانمندی در دو بخش فرایند و تجهیزات تعریف شده و در پرسشنامه‌ای گنجانده می‌شود. سپس پرسشنامه برای متخصصین این حوزه ارسال شده و پس از تکمیل، نتایج آن وارد ماتریس جذابیت- توانمندی شده و جایگاه هر فرایند یا تجهیز به طور نسبی تعیین می‌گردد.

در مرحله آخر که جمع‌بندی و ارائه راهبردها می‌باشد، اولویت‌بندی نهایی فرایندها و تجهیزات این حوزه انجام شده، روش اکتساب فناوری تعیین گشته و راهبردها از منظرهای مختلف تدوین گشته است. خروجی نهایی این طرح نقشه راه تحقق راهبردهای توسعه فناوری می‌باشد که شامل زمانبندی اجرایی هر راهبرد، تعیین منابع مالی، تعیین مجری و همکار و در نهایت تعیین تقدم و تاخر و اولویت‌بندی راهبردها می‌باشد. تیم برنامه‌ریزی پس از انجام مطالعات در زمینه تدوین استراتژی تکنولوژی و تعیین اولویت‌های

تحقیقاتی و اخذ مشاوره از اساتید فن و طی برگزاری جلسات متعدد، روند اجرایی ذیل را برای تعیین اولویت‌های تحقیقاتی فناوری Mini LNG در صنعت گاز کشور پیشنهاد کرده است. نمایی از این چارچوب اقدامات اجرایی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱: روندنمای اجرای اقدامات

به منظور راهبری مسیر مطالعات و جلوگیری از انحراف جریان هدایت پروژه، تشکیل یک کمیته راهبری در نظر گرفته شد. همچنین یک کمیته دیگر با عنوان کمیته فنی با حضور کارشناسان و متخصصین، برای ارائه راهنمایی در مسائل و موضوعات فنی تشکیل شد. اسامی افراد حاضر در هر یک از کمیته ها در جداول زیر ارائه شده است.

جدول ۱: اسامی اعضای کمیته راهبری پروژه

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان
۱	سعید پاک‌سرشت	پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز
۲	حمید بنیاد	پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز
۳	مرضیه زارع	پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز
٤	بیژن اوچانی	پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز
٥	شاهرخ زندیه وکیلی	پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز
٦	ناصر باقری‌مقدم	مدیر علمی طرح، شرکت مشاوران مدیریت توسعه عمید
۷	مصطفی زمانیان	مجری پروژه، شرکت مشاوران مدیریت توسعه عمید
۸	مهدی صحاف‌زاده	شرکت مشاوران مدیریت توسعه عمید
۹	سید مصطفی علوی	مدیریت گازرسانی
۱۰	منوچهر طاهری	شرکت ملی گاز ایران
۱۱	مهران سرمد	پژوهشگاه صنعت نفت
۱۲	ساسان صدرایی	پژوهشگاه صنعت نفت
۱۳	آقای فرصت	پژوهشگاه صنعت نفت
۱٤	آقای خاکپور	پژوهشگاه صنعت نفت
۱٥	آقای بیاناتی	شرکت ملی صادرات گاز ایران
۱٦	محمد شاکر	شرکت ملی صادرات گاز ایران
۱۷	خانم منصوری	شرکت ملی صادرات گاز ایران

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان
۱۸	مصطفی تکریمی خواه	شرکت ملی صادرات گاز ایران
۱۹	ساسان کاظمی نژاد	شرکت ملی صادرات گاز ایران
۲۰	معصومه ابراهیم نژاد	شرکت ملی گاز– مدیریت برنامه ریزی
۲۱	علی وطنی	دانشگاه تهران
۲۲	مهدی مهرپویا	دانشگاه تهران
۲۳	حسن جنگ آور	مرکز همکاریهای فناوری ریاست جمهوری
۲٤	حمداله پرهیزگاری	مرکز همکاریهای فناوری ریاست جمهوری
۲۵	آقای کی‌پور	مرکز همکاریهای فناوری ریاست جمهوری
۲٦	علی‌رضا پیمان پاک	مرکز همکاریهای فناوری ریاست جمهوری
۲۷	آقای قدسی زاده	شرکت مهندسی و توسعه گاز
۲۸	بهرام بارانی	انجمن سازندگان تجهیزات صنعت نفت ایران

جدول ۲: اسامی اعضای کمیته فنی پروژه

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان
۱	مرضیه زارع	پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز
۲	بیژن اوچانی	پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز
۳	شاهرخ زندیه وکیلی	پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز
٤	مهران سرمد	پژوهشگاه صنعت نفت
٥	محمد شاکر	شرکت ملی صادرات گاز ایران
٦	لیلا پهلوانی	شرکت صادرات گاز ایران
۷	مصطفی تکریمی خواه	شرکت ملی صادرات گاز ایران
۸	غلامعلی رحیمی	موسسه مطالعات بین المللی انرژی
۹	مصطفی زمانیان	شرکت مشاوران مدیریت توسعه عمید
۱۰	مهدی صحاف‌زاده	شرکت مشاوران مدیریت توسعه عمید
۱۱	مینا درودیان	شرکت مشاوران مدیریت توسعه عمید

لازم به ذکر است در این پروژه در مراحل مختلف از نظرات خبرگان صنعت و دانشگاه بهره برده شده است که در ادامه به اسامی آنان اشاره شده است.

- آقای مهندس محمد شاکر (کارشناس امور مهندسی شرکت ملی صادرات گاز ایران)
- آقای مهندس مهران سرمد (کارشناس امور مهندسی پژوهشگاه صنعت نفت)
- آقای مهندس بهرام بارانی (عضو انجمن استصنا، مدیرعامل شرکت کمپرسورسازی بارون)
- آقای دکتر علی وطنی (رئیس انستیتو مهندسی نفت پردیس دانشکده‌های تهران، سرپرست و مسئول راه اندازی انستیتو مهندسی گاز طبیعی مایع)
- آقای دکتر مجید عمیدپور (عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصیر)
- دکتر محمدرضا امیدخواه (عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس)

- آقای دکتر نوربخش (ریاست موسسه تحقیقاتی توربو ماشین های آبی)
- آقای دکتر کمالی نژاد (مدیر خرید تجهیزات دوار شرکت ایران ال ان جی)
- آقای دکتر مهرپویا (هیئت علمی دانشکده علوم و فنون دانشگاه تهران)
- آقای مهندس پرهیزکاری (دفتر همکاری های فناوری ریاست جمهوری)

در راستای اجرای پروژه‌های تخصصی، نیاز به استفاده مشاوران تخصصی برای پیشبرد بخش‌های مختلف تخصصی نیاز است. از این رو در این پروژه نیز از راهنمایی و مشاوره افراد متخصص در این حوزه بهره گرفته شد. اعضای اصلی کمیته مشاوران به قرار زیر می‌باشد:

جدول ۳: اسامی مشاوران پروژه

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان
۱	مهران سرمد	پژوهشگاه صنعت نفت
۲	غلامعلی رحیمی	موسسه مطالعات بین المللی انرژی
۳	بهرام بارانی	انجمن سازندگان تجهیزات صنعت نفت ایران (استصنا)

بخش اول: مروری بر مطالعات مبنا

فعالیت‌های عمده‌ای که در بخش اول صورت گرفته است که عبارتند از:

- شناخت فنی فرایندها و تجهیزات؛
- ارزیابی تحلیلی الزامات بالادستی
- شناخت و بررسی بازارهای بالفعل و بالقوه فناوری
- ترسیم نگاشت ساختاری توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی در کشور
- بررسی محیط حقوقی و اسناد ملی و بخشی مرتبط با توسعه فناوری
- بررسی تجربیات جهانی

در ادامه هر یک از عناوین اشاره شده به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱- شناخت فنی فرایندها و تجهیزات

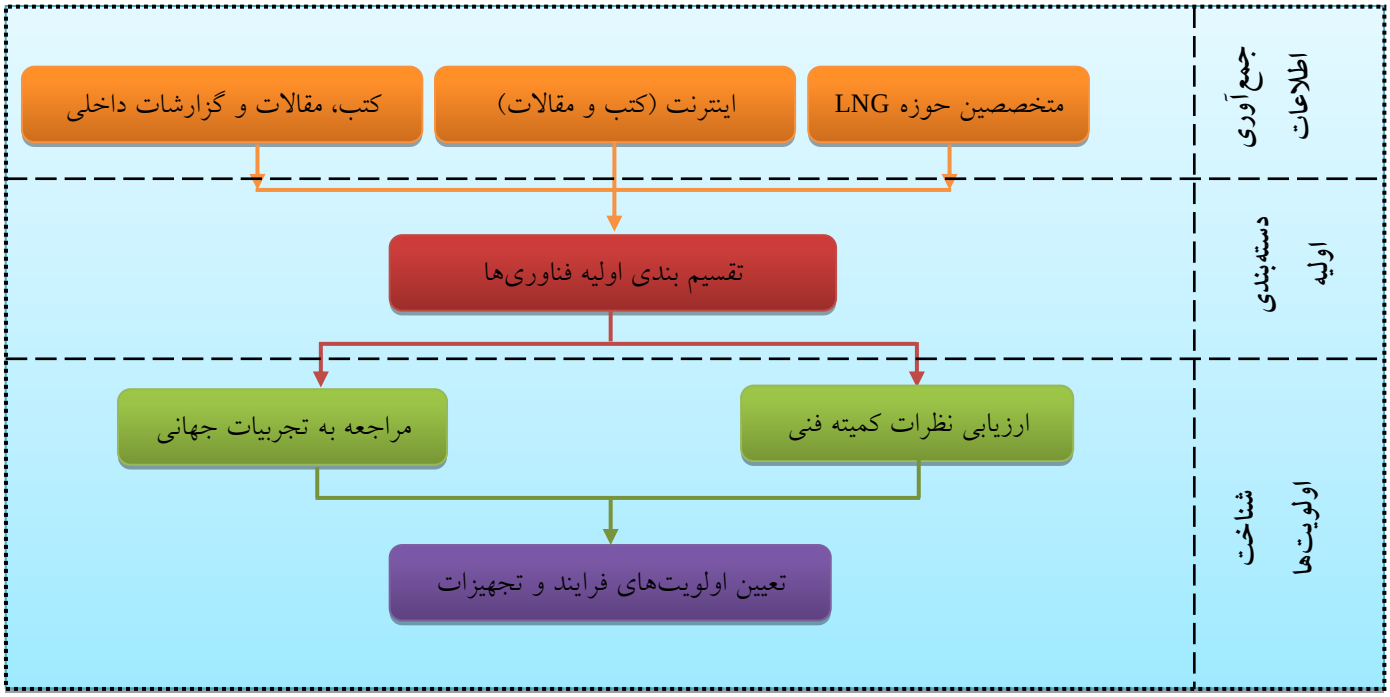
چنانچه گاز طبیعی در فشار اتمسفر تا دمای ١٦٤- درجه سانتی‌گراد سرد شود، به حالت مایع تبدیل می‌شود. LNG شامل بیش از ۹۵ درصد متان و درصد کمی اتان، پروپان و سایر هیدروکربون‌های سنگین‌تر است. حجم LNG، ١/٦٠٠ حجم گاز طبیعی و دانسیته آن ٠/٤٢ دانسیته آب است. این ماده، مایعی بی‌بو، بی‌رنگ و غیرسمی است و نسبت به فلزات یا سایر مواد حالت خورندگی ندارد. LNG یا بخار آن در محیط و فضای باز حالت انفجاری ندارد. کلیه آزمایشات انجام شده به منظور بررسی خواص LNG، ایمن بودن این سوخت را کاملا تایید می‌کند زیرا نشت مایع LNG یا بخارات آن به محض تماس با زمین یا در اثر حرارت محیط به سرعت تبدیل به گاز شده و چون در این حالت از هوا سبک‌تر است در محیط پراکنده و منتشر می‌شود. برخی از مزایای مهم استفاده از سوخت LNG به شرح زیر می‌باشد:

- هزینه‌های کمتر حمل سوخت
- کاهش آلودگی زیست محیطی
- افزایش ایمنی ناشی از حمل LNG در فشار اتمسفریک

در این بخش، در ابتدا پیش فرآوری گاز خط لوله جهت استفاده در فرایند مایع‌سازی به طور اجمالی بررسی شده است. در ادامه، فناوری‌های اصلی و زیر فناوری‌های کلیدی مایع سازی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند. از نتایج این بخش می‌توان به شناسایی حوزه‌های کاربرد، تقسیم واحدهای مایع‌سازی بر اساس ظرفیت و همچنین به انتخاب فرایندهای سردساز مخلوط تکی[1] و فرایندهای انبساطی نیتروژن[2] جهت احداث واحد مایع سازی در مقیاس کوچک اشاره کرد.

در ادامه تجهیزات کلیدی چرخه مایع سازی گاز طبیعی در ٤ مرحله مایع سازی، ذخیره سازی، انتقال و تبخیر مجدد، اختصاصا برای فرایندهای SMR و سیکل انبساطی نیتروژن مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعات فنی انجام شده در ادامه به اختصار تشریح می‌گردد.

لازم به ذکر است اولویت‌بندی میان فناوری‌های مایع سازی گاز طبیعی تنها با شناخت جامعی از این فناوری و ملزومات آن امکان‌پذیر است. با توجه به عدم وجود اطلاعات لازم و کافی در زمینه این فنـاوری در سطح کشور، تیم پروژه در سه مرحله شامل جمع‌آوری اطلاعات، دسته‌بندی اولیه و شناخت اولویت‌هـا، نتایج بخش فنی را ارائه نموده است. مراحل شناخت فنی پروژه در شکل ۲ ارائه شده است.

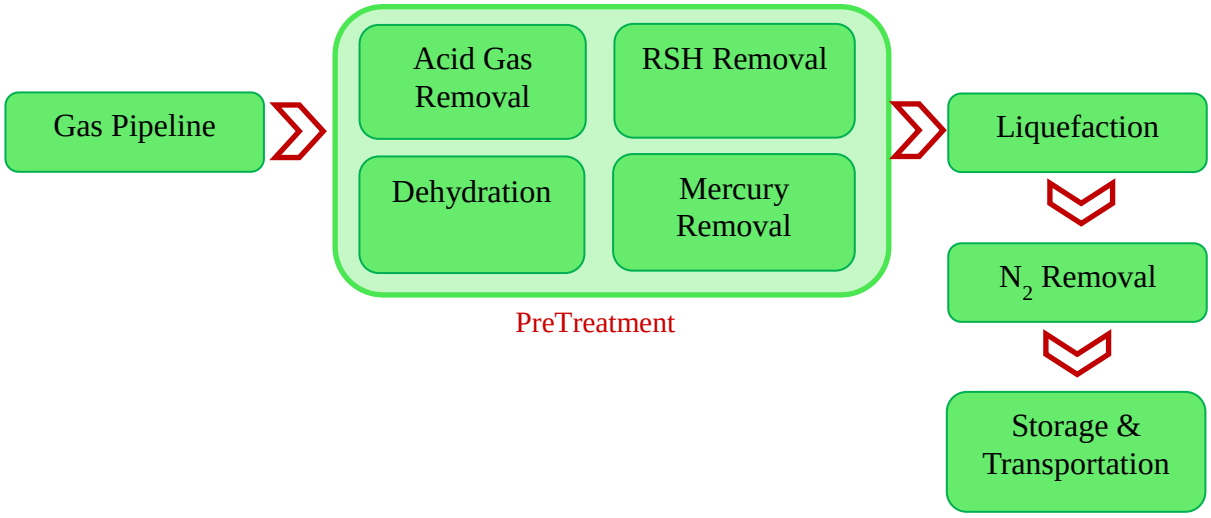


شکل ۲: مراحل شناخت فنی

[1] Single Mixed Refrigerant
[2] N_2 Expansion

۱-۱- پیش فرآوری گاز خوراک

تصویری از پروسه کلی تاسیسات مایع‌سازی LNG در ۳ نشان داده شده است. در یک طرح نمونه، گاز خوراک با فشار بالا از میادین گاز بالادستی پس از برخی فرآیندها و پروسه‌های اولیه در سر چاه، از طریق خطوط فشار قوی وارد تاسیسات مایع‌سازی شده و میعانات گازی همراه آن جداسازی می‌شود. سپس فشار آن جهت تطابق با فشار عملیاتی تاسیسات طراحی شده، کنترل می‌شود. پس از تحویل، ناخالصی‌های موجود نظیر گازهای اسیدی و ترکیبات گوگردی (دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن)، آب و جیوه که در فرآینده مایع‌سازی گاز ایجاد مشکل نموده و یا اینکه برای محصول نهایی نامطلوب می‌باشند، جداسازی می‌شوند.



شکل ۳: طرح شماتیک تاسیسات مایع‌سازی گاز

پیش از سردسازی گاز طبیعی، دی‌اکسیدکربن، جیوه، آب و H_2S باید از گاز خوراک جداسازی شوند. CO_2 معمولا بوسیله فرآیند آمین زدوده می‌شود، جیوه بوسیله مخلوطی که از تلقیح سولفور و کربن فعال حاصل می‌شود، جدا می‌گردد. بر این اساس در مرحله پیش‌فراوری، تاسیسات مایع‌سازی دارای واحدهایی به شرح زیر می‌باشد:

۱- واحد دریافت و اندازه‌گیری گاز ترش ورودی

۲- واحد جداسازی گازهای اسیدی

۳- واحد نم‌زدایی[1] و جداسازی مرکاپتان

٤- واحد جداسازی جیوه

٥- واحد مایع‌سازی

٦- واحد جداسازی نیتروژن

در واحد دریافت و اندازه‌گیری گاز ترش، گاز ورودی به کارخانه از نظر کیفیت و کمیت اندازه‌گیری می‌شود. فشار گاز و دبی حجمی آن به همراه آنالیز گاز از پارامترهای مهم مورد اندازه‌گیری هستند.

گاز ترش در مرحله بعد وارد تاسیسات شیرین‌سازی می‌شود که معمولا از واحدهای آمین جهت شیرین‌سازی گاز استفاده می‌گردد. این واحد با استفاده از آمین به عنوان حلال کار می‌کند. امروزه حلال‌های مناسب برای این واحد عبارتند از MDEA، DEA و Sulfinol-D. پس از جذب گازهای اسیدی توسط MDEA، حلال غنی‌شده در احیاکننده از گازهای اسیدی دفع می‌شود. علت حذف گازهای اسیدی در این واحد خورنده‌بودن، سمی‌بودن، یخ‌زدن این گازها در خلال فرآیند مایع‌سازی و بالا رفتن درصد گوگرد در LNG تولیدی است. گاز خروجی از این واحد وارد واحد نم‌زدایی و حذف مرکاپتان می‌شود.

در واحد نم‌زدایی و حذف مرکاپتان، گاز خروجی از واحد شیرین‌سازی، نم‌زدایی و مرکاپتان زدایی می‌شود تا در خلال مایع‌سازی با یخ‌زدن، خطوط لوله و تجهیزات را مسدود نکند. در این واحد در ابتدا گاز تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. با توجه به این سردسازی در حدود ٦۰ درصد آب موجود در خوراک جدا شده و لذا حجم بسترهای غربال مولکولی به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد. سپس گاز از بسترهای غربال مولکولی عبور می‌کند. با توجه به نوع غربال مولکولی مورد استفاده، بستر قادر به جذب آب و یا مرکاپتان موجود در گاز می‌باشد. درصورتیکه از نوع 3A و 4A استفاده شود تنها جداسازی آب امکان‌پذیر می‌باشد و در صورتی‌که از انواع دیگر نظیر 5A و 13X استفاده شود بستر قادر به جذب آب و قسمتی از مرکاپتان خواهد بود.

وجود جیوه در گاز سبب خوردگی سریع مبدل‌های آلومینیومی بخش تبرید می‌شود. به دلیل اینکه میزان جیوه در گاز ورودی به کارخانه از حد مجاز سیستم‌های تبرید بالاتر است، یک واحد حذف جیوه در

[1] Dehydration

پائین دست واحد نمزدایی و حذف مرکاپتان تعبیه شده است. این واحد از یک بستر کربن فعال تشکیل شده که میزان جیوه را تا حد زیر ۰/۰۱ $\mu g/Nm^3$ پائین می‌آورد.

پس از جداسازی ناخالصی‌ها، گاز طبیعی وارد مرحله سردسازی و مایع‌سازی می‌شود که در آن گاز طبیعی تصفیه شده در یک چرخه تبرید ترکیبی چند مرحله‌ای سرد شده و میعان پیدا می‌کند.

در واحد جداسازی نیتروژن، سیال خروجی از مرحله سردسازی وارد برج نیتروژن زدا شده و با کاهش فشارش به نزدیک فشار محیط، نیتروژن خود را از دست می‌دهد. مایع خروجی از پایین این برج به مخازن ذخیره LNG پمپ می‌شود.

۱-۱-۱-پیش‌فرآوری‌های لازم برای گاز خوراک ایران

به‌طور کلی، انتخاب مراحل پیش فرآوری موردنیاز، مستلزم تعیین مشخصات گاز خط لوله خوراک می‌باشد. نتیجه ٤ آنالیز مشخصات گاز خط لوله ایران که توسط پژوهشگاه صنعت نفت ارائه شده است در جدول ٤ نشان داده شده است. آنالیز انجام شده مقادیر هیدروکربن‌ها از C1 تا +C5، نیتروژن، دی‌اکسیدکربن، سولفید هیدروژن، مرکاپتان، آب و مقدار کلی گوگرد در گاز طبیعی ایران را نشان می‌دهد. جهت جمع‌بندی نتایج این جدول و مقایسه آن با مشخصات خوراک ورودی به واحد مایع‌سازی، حد بالای هر یک از ترکیبات در نظر گرفته شده و در جدول ٦ با مشخصات خوراک ورودی به واحد مایع‌سازی مقایسه شده است. لازم به ذکر است آنالیز شماره ٤ ارائه شده در جدول ٤ تاحدودی بدبینانه به نظر می‌رسد و تبعیت از آن موجب افزایش چشمگیر هزینه‌های پروژه خواهد شد. لذا ضروری است در فازهای بعدی پروژه مشخصات خوراک به طور دقیق تعیین شود تا از هرگونه هزینه اضافی جلوگیری شود.

جدول ٤: آنالیزهای مختلف از ترکیبات گاز خط لوله ایران

Composition	Analysis 1	Analysis 2	Analysis 3	Analysis 4
C1	86.8- 93.1 % mol	90- 92 % mol	88- 89 % mol	80 % mol min.
C2	1.1-5.3 % mol	2.5-3.5 % mol	4- 4.4 % mol	12 % mol max.
C3	0.3-1.7 % mol	0.2-0.8 % mol	1.1-1.6 % mol	4 % mol max.
C4	0.2-0.6 % mol	0.1-0.5 % mol	0.6-0.8 % mol	1 % mol max.
C5+	0.1-0.5 % mol	0.2-0.4 % mol	0.4-0.5 % mol	0.5 % mol max.
N_2	2.7-5.8 % mol	2.7-5.8 % mol	3.3-3.7 % mol	6 % mol max.
CO_2	0.1-1.4 % mol (1000-14000 ppmv)	1-1.3 % mol (10000-13000 ppmv)	1.3-1.5 % mol (13000-15000 ppmv)	1.0 % mol max. (10000 ppmv)
H_2S	0.1-3 mg/Sm^3	0.4-1 mg/Sm^3	trace	5 mg/Sm^3 max.
Mercaptans (as RSH)	0.3-13.3 mg/Sm^3	1.6-15 mg/Sm^3	trace	15 mg/Sm^3 max.
Total Sulphur (as S)	5.4-20.5 mg/Sm^3	5-25 mg/Sm^3	----------	100 mg/Sm^3 max.
Water content	0.5-23 mg/Sm^3	----------	----------	110 mg/Sm^3

همان‌گونه که اشاره شد، گاز خوراک ورودی به واحد مایع‌سازی ترکیب متفاوتی با گاز خط لوله دارد. در جدول ٥ به دو نمونه از ترکیب درصدهای خوراک ورودی به واحد مایع‌سازی اشاره شده است.

جدول ۵: مشخصات خوراک ورودی به واحد مایع‌سازی از دو مرجع متفاوت

impurity	Feed to LNG plant 1	Feed to LNG plant 2
Water	0.1 ppmv	1 ppmv
H_2S	4 ppmv	4 ppmv
CO_2	50 ppmv	50 ppmv
Total sulfur (H_2S, COS, organic sulfur)	20 ppmv	----------
RSH	----------	0.9 - 2.8 ppmv
N_2	1 mol%	3 mol%
Mercury	0.01 µg/Nm^3	0.01 µg/Nm^3
BTX	----------	2ppmv
Butanes	2 mol% max	----------
Pentanes+	0.1 mol% max	----------
Aromatics	2 ppmv	2 ppmv

جمع‌بندی نتایج جداول ٤ و ٥ و مقایسه مقادیر ناخالصی‌های گاز خط لوله ایران و ترکیب درصد مورد نیاز جهت خوراک ورودی به واحد مایع‌سازی در جدول ٦ ارائه شده است. همانگونه که از مقایسه مقادیر جدول مشخص است، در صورتیکه آنالیز ٤ مربوط به گاز خط لوله ایران را مبنای طراحی قرار دهیم، در مرحله پیش فرآوری باید مقدار نیتروژن از ۷ درصد مولی به ۳–۱ درصد مولی، مقدار CO_2 از ppmv ۱۵۰۰۰ به ۵۰ ppmv، مقدار مرکاپتان از ۹/٤ ppmv تا محدوده ۲/۸–۰/۹ ppmv، مقدار کل گوگرد از ۷۰ ppmv تا محدوده ۵۰–۱۰ ppmv، مقدار آب از ۱۳۷ ppmv تا محدوده ۱–۰/۱ ppmv و مقدار جیوه تا ۰/۰۱ µg/Nm3 کاهش یابد. مقدار سولفید هیدروژن در گاز خط لوله ایران در محدوده مجاز بوده و بنابراین نیازی به جداسازی این ترکیب وجود ندارد.

جدول ٦: مقایسه مشخصات گاز خط لوله ایران و خوراک واحد مایع‌سازی

impurity	Pipeline Gas Spec.	Feed to LNG
N_2	6 % mol	1-3 mol%
CO_2	15000 ppmv (1.5 % mol)	50 ppmv
H_2S	3.6 ppmv (5 mg/Sm^3)	4 ppmv
RSH	9.4 ppmv (20 mg/Sm^3)	0.9 - 2.8 ppmv
Total Sulphur (as S):	70 ppmv (100 mg/Sm^3)	10-50 ppmv
Water content:	137 ppmv (110 mg/Sm^3)	0.1-1 ppmv
Mercury	--------	< 0.01 µg/Nm^3

۱-۲- حوزه های کاربرد گاز طبیعی مایع شده

۱-۲-۱- گازرسانی به مناطق دور از دست‌رس

گازرسانی به شهرهای کوچک و روستاهای دورافتاده می‌تواند بصورت گازرسانی به یک نقطه مشخص با فاصله معلوم از خط فشار قوی گاز و یا گازرسانی بصورت شبکه‌ای به چند شهر یا روستای نزدیک به هم با فواصل معلوم از خط فشار قوی گاز انجام شود. کشورهای آمریکا، نروژ و چین از جمله کشورهایی هستند که از واحدهای مایع‌سازی گاز طبیعی در مقیاس کوچک به هدف گازرسانی به نقاط دور از دست‌رس بهره می‌برند.

همچنین گاز طبیعی مایع شده می‌تواند به عنوان جایگزین سوخت دیزل در انتقال به مناطق دور از دست‌رس مورد استفاده قرار گیرد. جایگزینی سوخت دیزل با LNG می‌تواند مزایایی مانند آلایندگی کمتر را در پی داشته باشد.

۱-۲-۲- پیک‌سایی[1] مصرف گاز

بطور کلی ذخیره‌سازی گاز طبیعی موجب ایجاد یک توازن در زمان مصرف بالای گاز طبیعی در طول سال می‌شود. این مصرف بالا می‌تواند به علت افزایش نیاز برای تولید گرما در زمستان و یا افزایش مصرف دستگاه‌های تهویه هوا در تابستان باشد. تولید مازاد LNG می‌تواند در زمان کاهش تقاضای گاز صورت گیرد که این تولید مازاد می‌تواند در ماه‌های پرمصرف مورد استفاده قرار گیرد.

شایان ذکر است که نصب واحدهای پیک‌سایی و ذخیره‌سازی هزینه‌بر است، اما هزینه قطع سرویس گازدهی و همین طور زیان واحدهای صنعتی در زمان قطع گاز می‌تواند بسیار بیشتر باشد. از مزیت‌های مهم ذخیره‌سازی LNG برای مصارف پیک‌سایی، قابلیت دسترسی سریع به آن است که موجب می‌شود به سرعت در جریان مصرف قرار گیرد.

استفاده از LNG با هدف پیک‌سایی در کشورهای مختلف بسیار مرسوم است. بطوری که تنها در کشور آمریکا نزدیک به ۷۰ واحد پیک‌سایی و ٤٥ واحد سیار[2] LNG برای گازرسانی به نقاط مختلف وجود دارد.

۱-۲-۳- پایانه‌های سوخت‌گیری LCNG

یکی از کاربردهای قابل ارائه در صنعت LNG استفاده از آن در پایانه‌های سوخت‌گیری برای تامین سوخت مایع و همچنین تولید CNG از آن می‌باشد. بطور کلی دو نوع کاربرد از این پایانه‌های سوخت گیری می‌توان ارائه داد که عبارتند از:

- تأمین سوخت خودروهای سنگین (اتوبوس و کامیون) LNG سوز با استفاده از ایستگاه‌های سوخت‌گیری LNG (مشابه ایستگاه‌های سوخت‌گیری CNG در ایران)
- به عنوان خوراک ایستگاه‌های CNG در قالب ایستگاه‌هایی با عنوان LCNG[3]: در این روش، فشار LNG ذخیره شده افزایش یافته و بطور مستقیم یا پس از تبخیر و تبدیل به CNG به مصارف خودروها می‌رسد.

[1] Peak Shaving
[2] satellite
[3] Liquefied-Compressed Natural Gas

از نمونه‌های این کاربرد می‌توان به ایستگاه LCNG شهر لس‌آنجلس با ظرفیت ذخیره‌سازی ۱۷۰ متر مکعب LNG اشاره کرد.

۱-۲-٤- حمل و نقل، صنایع دریایی و هوایی

LNG می‌تواند یک سوخت مناسب برای وسایل نقلیه باشد. برخی از این وسایل نقلیه، کامیون‌هایی هستند که وظیفه انتقال محموله‌های مختلف از بنادر را به عهده دارند. به منظور کاهش آلودگی هوا، برخی از این بنادر استفاده از سوخت‌های آلاینده را برای کامیون‌های مخصوص بارگیری ممنوع کرده‌اند. برخی از این بنادر در ایالات متحده آمریکا دارای جایگاه‌های سوخت LNG هستند. علاوه بر این، در برخی از نقاط دنیا، اتوبوس‌های شهری و منطقه‌ای، کامیون‌های حمل زباله و تراکتورهای سنگین از LNG به عنوان سوخت استفاده می‌کنند. از سوی دیگر، کاربرد LNG به عنوان سوخت جایگزین برای دیزل در صنعت حمل و نقل جاده‌ای در جهان نیز در حال گسترش است و مورد مصرف آن بیشتر در بازار مصرف خودروهای سنگین رواج یافته است. LNG از معدود سوخت‌هایی است که توانسته به طور واقعی با دیزل وارد رقابت شود و دانسیته انرژی معقولانه‌تری را ارائه دهد. LNG به لحاظ ارزش حرارتی و دانسیته انرژی مشابه سوخت دیزل (گازوئیل) است.

با توجه به آسیب‌های وارده از طرف گستردگی حمل و نقل به محیط زیست، نیاز به توسعه صنعت LNG بیش از پیش حس می‌شود. رشد صنعت LNG قادر است تا صنعتی با کمترین میزان آلایندگی و به صرفه‌تر را به همراه داشته باشد. LNG سوخت پاکی است، چون از احتراق گاز، نسبت به دیگر سوخت‌های فسیلی آلاینده‌های کمتری وارد اتمسفر می‌شود. امروزه در بسیاری از کشورها، خودروها به طور قابل توجهی به سامانه‌های گاز سوز مجهز شده‌اند که این مسئله نشان دهنده این موضوع است که گاز طبیعی می‌تواند به عنوان یکی از رقبای اصلی برای جایگزینی با سوخت دیزل و بنزین مورد استفاده قرار گیرد.

استفاده از سوخت LNG در صنایع هوایی نیز به عنوان یکی از پتانسیل‌های آینده مورد توجه قرار گرفته است. یکی از گزینه‌های توسعه تکنولوژی ناسا برای ۱۵ سال آینده استفاده از LNG به عنوان سوخت هواپیما می‌باشد.

امروزه استفاده از سوخت LNG در صنایع دریایی درحال گسترش است. هدایت کردن صنعت کشتی‌سازی در جهتی که از سوخت LNG استفاده کند موجب کاهش آلودگی هوا خواهد شد. امروزه بسیاری از کشتی‌های آب‌های عمیق از سوخت‌های نفتی استفاده می‌کنند که خروجی آن‌ها تا حد بالایی شامل ماده آلاینده SO_2 می‌باشد. قوانین محیط زیستی امروز محدودیت‌های سخت‌گیرانه‌ای در مورد میزان گوگرد در سوخت کشتی‌ها در نظر گرفته است. طبیعتا این قوانین به مرور زمان سخت‌تر و محدودتر خواهد شد. یکی از مزایای مهم LNG در مصارف به عنوان سوخت، عدم وجود گوگرد می‌باشد که این مزیت می‌تواند انتظارات محیط زیستی را کاملا برآورده کند. کشورهای نروژ و سوئد تجربیات موفقی در زمینه استفاده از LNG به عنوان سوخت کشتی‌ها را پشت سر گذاشته‌اند.

۱-۲-۵- کاربرد دریایی[1]

جهت بهره‌برداری از مخازن گازی کوچک و گازهای همراه پراکنده در سطح دریا که احداث خط لوله برای جمع‌آوری و انتقال آن‌ها به خشکی اقتصادی نیست می‌توان از سکوهای معلق مایع سازی گاز استفاده کرد. بدین صورت که گاز طبیعی استخراج شده توسط واحدهای تبریدی این سکوها به گاز مایع تبدیل شده و توسط کشتی های LNG به محل منتقل می‌شود.

۱-۲-٦- صادرات گاز

امروزه در داخل ایران صادرات گاز به صورت انتقال از طریق خطوط لوله انجام می‌پذیرد که این مسئله در برخی شرایط باعث ایجاد محدودیت در فرایند انتقال گاز می‌گردد. هزینه‌های بالای لوله‌کشی گاز تا مسافت‌های زیاد، عدم دسترسی زمینی به بازار هدف و مسائل ایمنی باعث ایجاد محدودیت در انتقال گاز حتی به کشورهای همسایه می‌شود. این در حالی است که بسیاری از کشورهای تولید کننده گاز طبیعی هم اکنون به صنعت مایع سازی گاز طبیعی رو آورده‌اند و گاز تولیدی خود را از طریق LNG توسط کشتی‌های حمل LNG، صادر می‌کنند. در حالی که ایران با وجود دسترسی به آب‌های آزاد و به عنوان یکی از بزرگترین مالکین گاز طبیعی دنیا هیچ گونه تولید گاز مایع طبیعی ندارد.

[1] Floating LNG

۱-۳- شناسایی فرایندها و تجهیزات مرحله مایع‌سازی

در این مرحله در ابتدا واحدهای مایع‌سازی به طور جداگانه بر اساس ظرفیت و نوع سیکل سرمایش تقسیم‌بندی شده و سپس تجهیزات کلیدی مرتبط با فرایندهای مورد نظر شناسایی و بررسی شده‌اند.

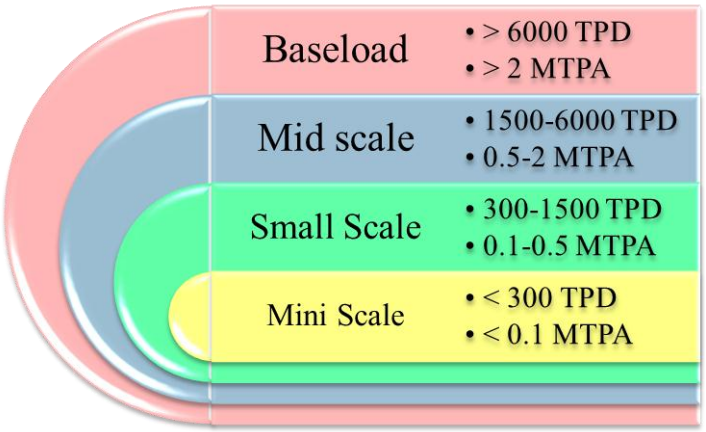
بطور کلی تعریف مقیاس بزرگ، متوسط و کوچک واحد LNG مرز مشخصی نداشته و صاحبان تکنولوژی تعاریف متفاوتی برای مقیاس‌های مختلف واحدهای مایع‌سازی گاز طبیعی ارائه کرده‌اند. تعدادی از تعاریف ارائه شده توسط شرکت‌های صاحب‌نام در زمینه واحدهای مایع‌سازی به اختصار در جدول ۷ گزارش شده است.

جدول ۷: ظرفیت واحدهای مایع‌سازی ارائه شده توسط شرکت‌های صاحب‌نام در فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی

Company	Scale	Size Range (TPD)	Size Range (MTPA)
Linde	Small to Mid scale	137-8200	0.05–3.0
Air Products	Small scale	82-1400	0.03-0.5
	Mid-scale	1400-6800	0.5-2.5
	Base load	8200-2200	3-8
Chart Energy & Chemicals	Small scale- fuelling station	< 30	< 0.01
	Small scale- other	30-500	0.01-0.18
	Peak shaving	50-200	0.02-0.07
	Mid-scale	500-2800	0.18-1
Technip	Mini LNG	< 274	< 0.1
	Small scale LNG	822-1400	0.3-0.5
	Mid scale LNG	2700-5500	1-2
	Large scale	8200-14000	3-5
	Mega scale	>16500	> 6
Shell	Micro LNG	< 270	< 0.1
	Mini LNG	270-1400	0.1-0.5
	Small LNG	1400-5500	0.5-2
	Mid-scale	5500-14000	2-5
Hamworthy	Mini LNG	5-50	0.002-0.018
	Small scale & Peak shaving	30-500	0.01-0.18
Kryopak	Micro LNG	100	0.036
	Small LNG	100-400	0.036-0.15

با توجه به اهمیت و تاثیر ظرفیت واحد مایع سازی در انتخاب فناوری مایع‌سازی و هماهنگی و همراستایی بیشتر در مراحل بعدی پروژه، یک تقسیم بندی مشخص با در نظرگرفتن تقسیم بندی ارائه شده توسط شرکت‌های صاحب نام این حوزه تعریف شد. تقسیم بندی ارائه شده به تائید کمیته فنی شرکت ملی گاز ایران رسید و هدف گذاری این پروژه واحدهای مایع سازی با ظرفیت کمتر از ۱۵۰۰ تن در روز (مقیاس Mini و Small) قرار گرفت. تقسیم بندی ارائه شده به قرار زیر بوده و ترسیم آن در شکل ٤ ارائه شده است.

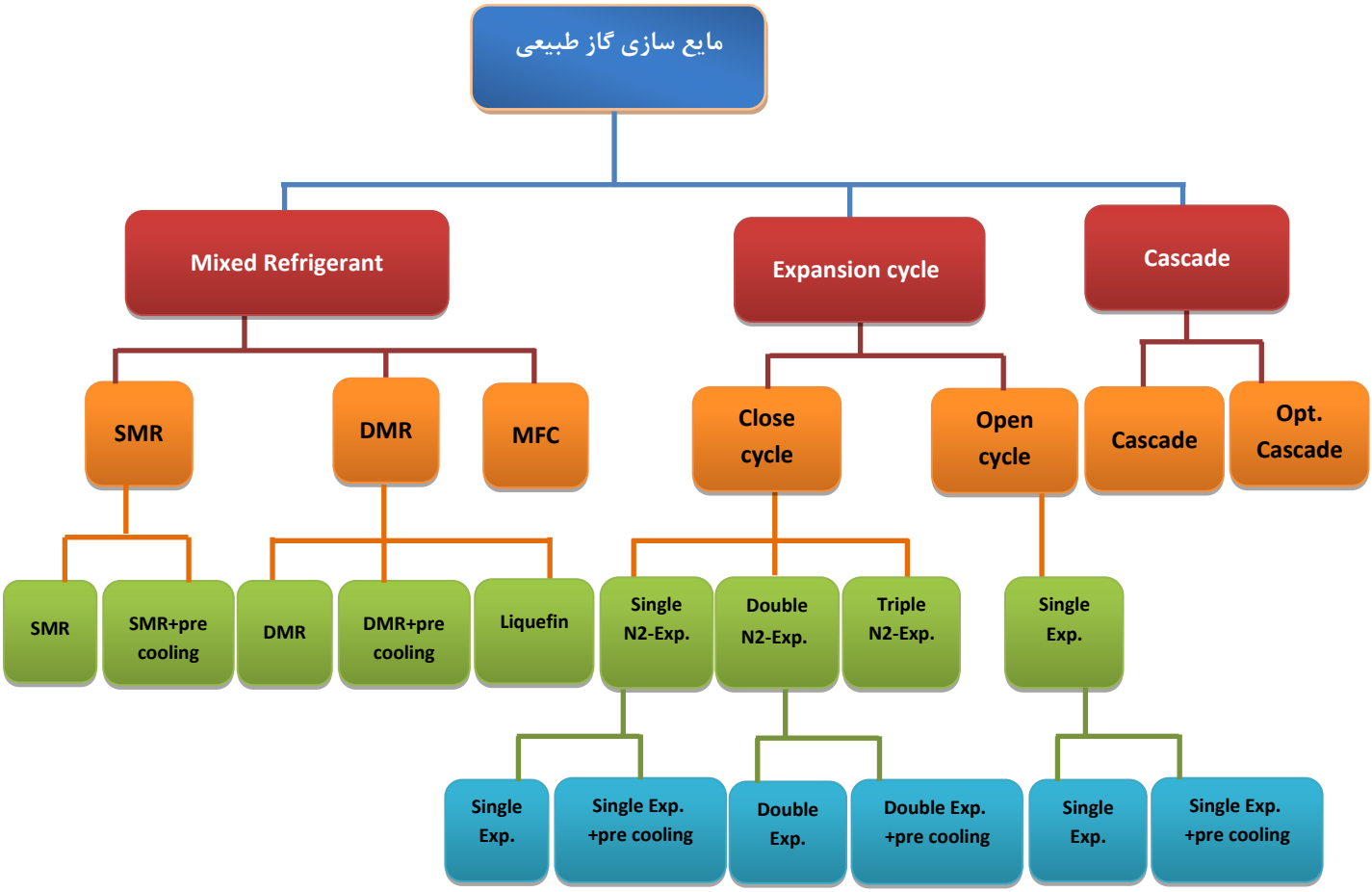
- ✓ **مایع‌سازی در مقیاس مینی (Mini scale LNG)**: با ظرفیت کمتر از ۳۰۰ تن در روز (کمتر از ۰/۱ میلیون تن در سال)
- ✓ **مایع‌سازی در مقیاس کوچک (Small scale LNG)**: با ظرفیت ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ تن در روز (۰/۱ تا ۰/۵ میلیون تن در سال)
- ✓ **مایع‌سازی در مقیاس متوسط (Mid scale LNG)**: با ظرفیت ۱۵۰۰ تا ٦۰۰۰ تن در روز (۰/۵ تا ۲ میلیون تن در سال)
- ✓ **مایع‌سازی در مقیاس بزرگ (Baseload scale LNG)**: با ظرفیت بیش از ٦۰۰۰ تن در روز (بیش از ۲ میلیون تن در سال)



شکل ٤: تقسیم بندی واحدهای مایع سازی براساس ظرفیت

در مرحله بعد، پس از تعیین و هدف‌گذاری ظرفیت مورد نظر در این پروژه، کلیه فناوری‌های تجاری شده در صنعت مایع سازی گاز طبیعی در ظرفیت‌های مختلف شناسایی شده و درخت فناوری‌های مایع‌سازی گاز طبیعی ترسیم شد. به منظور ترسیم درخت فناوری، کلیه فناوری‌ها و زیرفناوری‌های حوزه LNG در ٤ لایه مورد بررسی قرار گرفت. درخت فناوری بدست آمده در شکل ٥ قابل مشاهده می‌باشد. همانگونه که در شکل قابل مشاهده است فرایندهای مایع سازی گاز طبیعی در سه دسته فرایندهای سیال مبرد مخلوط، فرایندهای سیکل انبساطی و فرایندهای آبشاری دسته‌بندی شده‌اند.

فرایندهای سیال مبرد مخلوط عمدتا از نوع فرایندهای بسته می‌باشند که از مبردهای ترکیبی همچون ترکیب نیتروژن با ترکیبات متان، اتان، پروپان استفاده می‌کنند. این فرایندها اصولا به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند که عبارتند از: ١) فرایند ساده با سیال مبرد مخلوط ٢) فرایند مایع سازی با سیال مبرد مخلوط دوگانه ٣) فرایند مایع سازی آبشاری با سیال مبرد مخلوط



شکل ٥: درخت فناوری‌های مایع‌سازی گاز طبیعی

فرایندهای سیکل انبساطی دارای یک مشخصه اصلی می‌باشند که آن حضور واحدهای توربواکسپندر می‌باشد. سیال سردساز این دسته از فرایندها می‌تواند نیتروژن و یا بخشی از گاز خوراک باشد. بطور کلی فرایند سردسازی انبساطی در مقیاس محدود در دنیا مورد استفاده قرار گرفته است.

فرایندهای انبساطی را می‌توان با توجه به نوع سیکل به دو دسته سیکل‌های باز و بسته تقسیم کرد. بر این اساس می‌توان انواع فرایندهای انبساطی را به این شرح ارائه داد:

فرایند سیکل باز:

۱. فرایند انبساطی تک مرحله‌ای[1]

فرایند سیکل بسته:

۱. فرایند انبساطی نیتروژن تک مرحله‌ای[2]
۲. فرایند انبساطی نیتروژن دو مرحله‌ای[3]
۳. فرایند انبساطی نیتروژن سه مرحله‌ای[4]

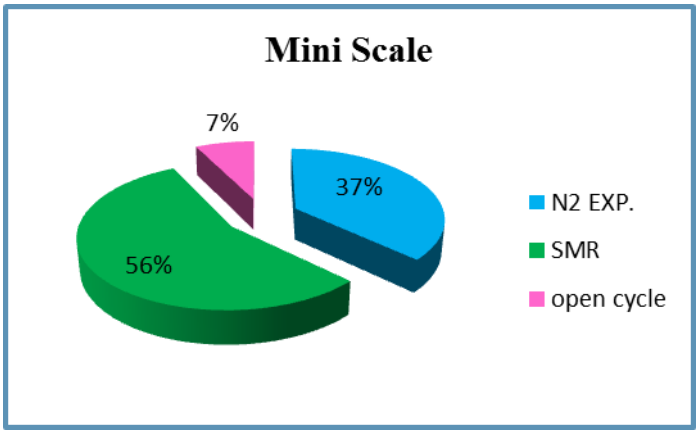
دسته سوم فرایندهای سیکل آبشاری هستند که در آنها عملیات سردسازی در ۳ مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول گرفتن حرارت توسط سیکل متان انجام می‌شود و حرارت گرفته شده به سیکل اتیلن فرستاده می‌شود، در ادامه، حرارت گرفته شده از سیکل اتیلن به سیکل پروپان منتقل می‌شود. این سیکل معمولا برای ظرفیت‌های تولید بالا اقتصادی بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی از عوامل مهم در انتخاب فناوری می‌تواند مقایسه سهم فناوری‌ها در واحدهای تجاری احداث شده در دنیا باشد. نتایج حاصل از بررسی سهم هر یک از فناوری‌های مایع‌سازی در مقیاس متوسط و کوچک در جدول ۸ و شکل‌های ٦ و ۷ قابل مشاهده می‌باشد. نتایج بررسی آماری ۷۲ واحد تجاری احداث شده در این مقیاس نشان می‌دهد که در مقیاس مینی فرایندهای سیکل انبساطی نیتروژن و فرایند سیال مبرد مخلوط تکی بیشترین سهم را در واحدهای احداث شده در دنیا داشته‌اند. برای واحدهای با مقیاس کوچک و متوسط، فرایند سیال مبرد مخلوط تکی دارای بیشترین سهم واحدهای احداث شده در دنیا می‌باشد.

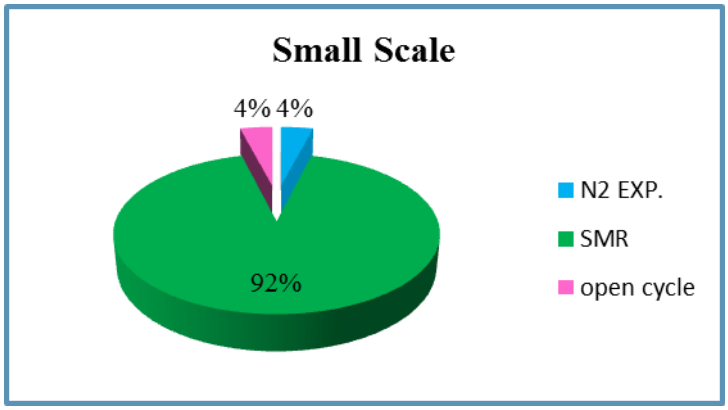
[1] Single Expander
[2] Single N_2 Expander
[3] Double N_2 Expander
[4] Triple N_2 Expander

جدول ۸: نتایج حاصل از بررسی سهم هر یک از تکنولوژی ها در مقیاس متوسط و کوچک

LNG Scale/ Tech.	N2-Exp.	SMR	Open Cycle	Recommends.
Mini	10	15	2	SMR-N2 EXP
Small	1	23	1	SMR
Mid	-	20	-	SMR
Total	11	58	3	72



شکل ٦: سهم فرایندهای مایع سازی در مقیاس mini

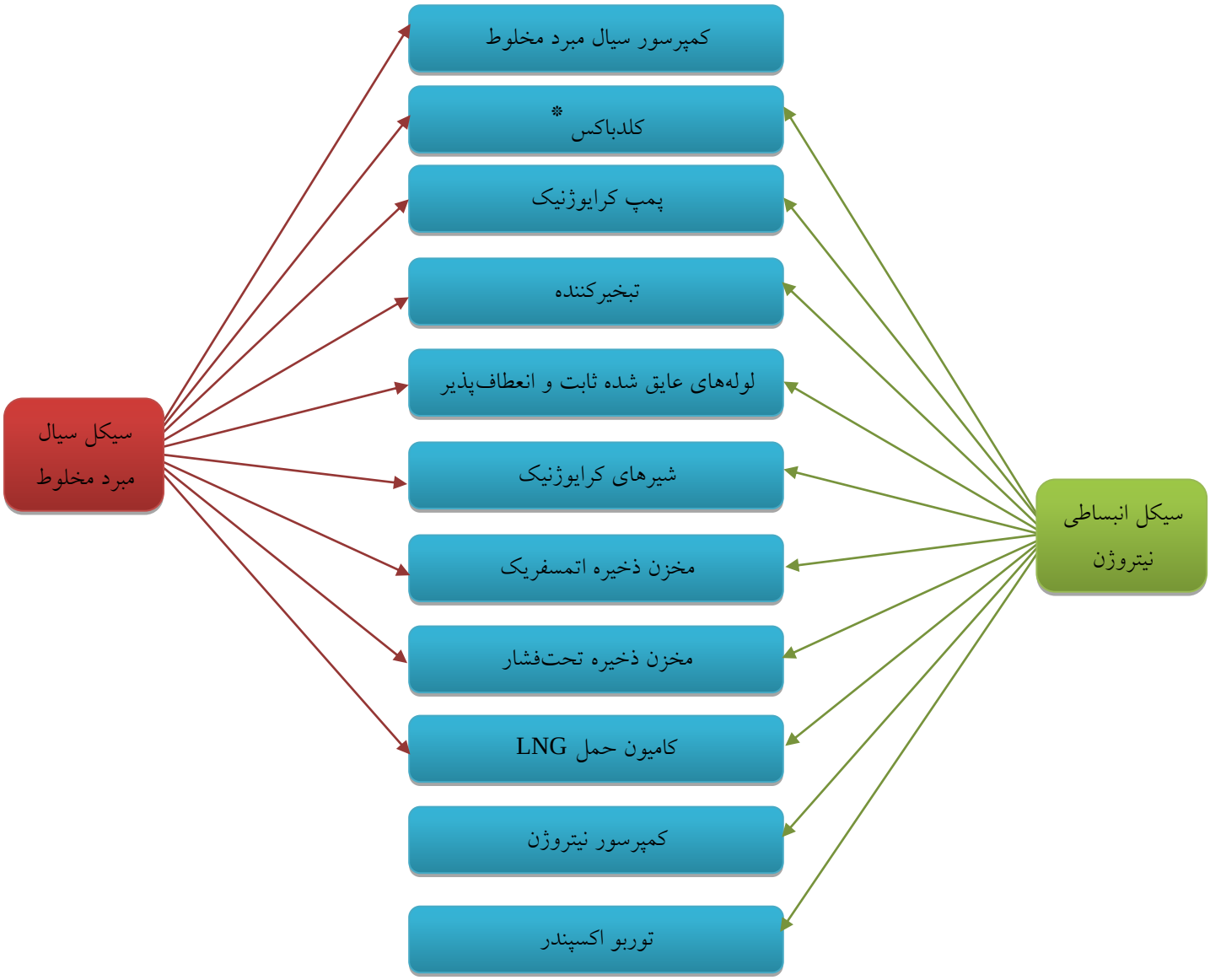


شکل ۷: سهم فرایندهای مایع سازی در مقیاس کوچک

پس از ارزیابی تجربیات جهانی در زمینه انتخاب فرایند در ظرفیت‌های مختلف، بررسی سهم تکنولوژی‌ها در واحدهای تجاری احداث شده در دنیا و با درنظرگرفتن نظرات کمیته فنی شرکت ملی گاز

ایران دو فناوری **سیکل سیال مبرد مخلوط تکی** و **سیکل انبساطی نیتروژن** برای مقیاس مورد نظر انتخاب گردید.

پس از بررسی‌های انجام شده و انتخاب فرایندهای منطبق با ظرفیت مورد نظر، سیکل سیال مبرد مخلوط تکی و سیکل انبساطی نیتروژن، تجهیزات اصلی هر یک از این فرایندها شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفت. در شکل ۸ به تجهیزات کلیدی این دو فرایند اشاره شده است. همانگونه که در شکل ۸ نشان داده شده است، بیشتر تجهیزات کلیدی این دو فرایند مشترک می‌باشد.



شکل ۸: تجهیزات کلیدی شناسایی شده در دو فرایند SMR و N2-EXP.

(* کلدباکس شامل مبدل حرارتی صفحه پره و محفظه استیل می‌باشد)

۲- ارزیابی تحلیلی الزامات بالادستی

در این بخش مستندات مصوب و غیرمصوبی که مرتبط با این موضوع هستند، مورد مطالعه قرار گرفت. مستندات بررسی شده شامل چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴، سیاست‌های کلی نظام در افق چشم‌انداز، قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، سیاست‌های کلی برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴-۱۳۹۰)، قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، سیاست‌های کلی کشور در زمینه نفت و گاز (مصوب سال ۱۳۷۹ مجمع تشخیص مصلحت نظام)، سند چشم انداز بیست ساله صنعت نفت، گاز و پتروشیمی، گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی، برنامه موازنه گاز طبیعی در افق چشم انداز ۲۰ ساله ۱۳۸۴-۱۴۰۴، پیش‌نویس چشم انداز آینده صنعت نفت جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴، گزارش برآورد تولید و مصرف گاز طبیعی و نحوه تخصیص بهینه آن تا سال ۱۴۰۳، چشم انداز بخش انرژی تا سال ۱۳۹۴ و طرح جامع بیست ساله صنعت گاز کشور می‌باشد.

جستجو و مطالعه اسناد بالادستی صنعت گاز در رابطه با برنامه‌ها و تکنولوژی این صنعت، این نتیجه را به دنبال داشت که در هیچ یک از برنامه‌های تدوین شده، به صراحت در مورد استراتژی صنعت در مورد تکنولوژی صحبتی نشده است. سیاست‌ها و اهداف مدون در این صنعت دارای مفهومی کلی و همه جانبه بوده و بخش و وزن خاصی به مقوله تکنولوژی داده نشده است. تنها در سند چشم انداز بیست ساله صنعت نفت، گاز و پتروشیمی بخشی به چشم انداز توسعه تکنولوژی در صنعت LNG اختصاص یافته است. در این سند نیز جهت گیری‌ها در حد پیشنهاد بوده و راهکارهای اجرایی برای آن معرفی نشده است. در پیوست ۱ سیاست‌ها و قوانین مرتبط با این حوزه به اختصار ارائه شده است.

لذا انجام این بخش از پروژه دو دستاورد عمده داشت:

۱- فقدان یک سیاست مشخص و مدون در رابطه با نیازمندی‌ها و جهت گیری‌های صنعت در رابطه با تکنولوژی LNG، لزوم انجام این پروژه و تدوین یک استراتژی تکنولوژی را نمایان‌تر می‌کند.

هر چند مطالعات و فعالیت‌هایی برای ترسیم چشم انداز و تدوین استراتژی صنعت گاز ایران انجام شده است ولی از یک سو این مطالعات دارای دید همه جانبه‌ای به صنعت LNG نبوده‌اند؛ به این معنا که کلیه عوامل تاثیرگذار بر فعالیت و موفقیت صنعت LNG مانند مسائل سیاسی و اقتصادی جهانی،

برنامه‌ریزی‌های داخلی کشور برای انرژی و بخصوص گاز طبیعی مایع، فعالیت‌ها و برنامه‌های سایر کشورها در این حوزه و مسائلی از این قبیل را به طور جامع در نظر نگرفته‌اند و به صورت موردی به آن‌ها پرداخته‌اند.

از سوی دیگر این مطالعات عمدتا با نگاهی کلی و کلان به صنعت LNG نگریسته‌اند و جهت‌گیری‌های اجزای صنعت از جمله فعالیت‌ها و تحقیقات تکنولوژیک صنعت گاز را مشخص نکرده‌اند.

۲- با مطالعه برنامه‌ها، پیش‌بینی‌های موجود و همچنین جهت‌گیری‌های صنعت LNG و بهره‌گیری از نتایج گزارش چشم انداز توسعه تکنولوژی در صنعت گاز، می‌توان مسیر توسعه‌ای برای صنعت LNG کشور تدوین کرد.

۳- شناخت و بررسی بازارهای بالفعل و بالقوه فناوری

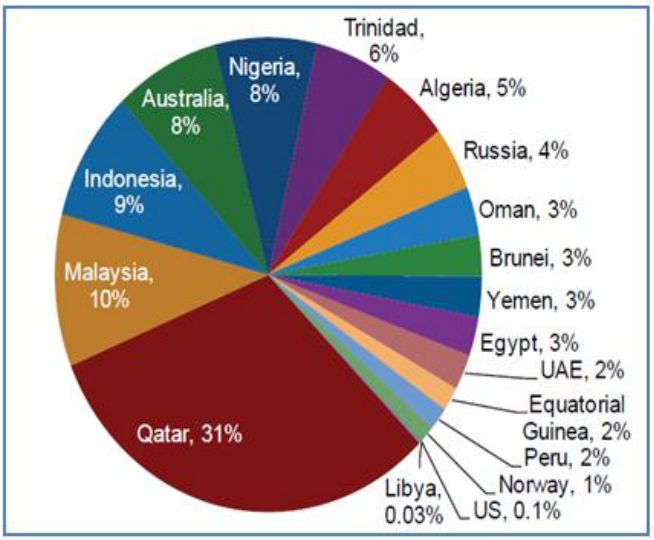
در سال‌های اخیر، جهان با رخدادهایی روبه‌رو بوده است که تاثیر بسزایی در صنعت LNG داشته‌اند. در سال ۲۰۱۰ رشد تقاضا در بازار LNG حدود ۲۲ ٪ بوده است. اما در سال ۲۰۱۱ بدلیل دستیابی کشور قطر به حداکثر ظرفیت تولیدیش یعنی ۷۷ میلیون تن در سال و کاهش میزان واردات ایالات متحده آمریکا به دلیل تکیه بر ذخایر گازی غیرمتعارف داخلی، بازار جهانی LNG به وضعیت اشباع رسید. اما زلزله شدید مارس ۲۰۱۱ در ژاپن وضعیت صنعت LNG را متحول نمود. به علت بروز این زلزله کلیه نیروگاه‌های هسته‌ای ژاپن بسته شده و این کشور برای تامین انرژی مورد نیازش واردات LNG را به میزان ۱۲٪ افزایش داد. نگرانی‌های زیست محیطی، نیاز به امنیت انرژی و رهایی از تاثیرات جدی افزایش قیمت نفت باعث شد تا کشورهای دیگری نیز به جمع واردکنندگان LNG بپیوندند.

۳-۱- صادرکنندگان LNG

در پایان سال ۲۰۱۱، ۱۸ کشور در صادرات منابع گاز خود به صورت LNG فعال بوده‌اند. قطر بزرگترین صادر کننده LNG در میان این کشورها می‌باشد و در سال ۲۰۱۱، با صادراتی معادل ۷۵/۵ تن LNG در حدود یک سوم (۳۱ درصد) کل عرضه جهانی را به خود اختصاص داده است. مالزی به عنوان دومین صادر کننده بزرگ LNG در سال ۲۰۱۱، سهم بسزایی در عرضه جهانی LNG دارد. مالزی و اندونزی همراه با استرالیا، این سه صادرکننده حوزه اقیانوس آرام در حدود ۲۷ درصد از عرضه LNG جهان را به خود اختصاص داده اند. قطر با برنامه‌ریزی و تولید ظرفیت اسمی معادل ۷۷ میلیون تن در سال، تسلط خود را به عنوان بزرگترین صادر کننده LNG در جهان تضمین کرده است. کشور استرالیا قصد دارد با گسترش ظرفیت مایع‌سازی، سهم قابل‌توجه قطر در صادرات LNG را تحت الشعاع قرار دهد.

همانگونه که در نمودار ۱ نشان داده شده است، میزان صادرات کشور استرالیا در سال ۲۰۱۱، ۱۹/۲ میلیون تن بوده است که این مقدار معادل ۸٪ کل LNG صادر شده در جهان می‌باشد. بنابر رتبه‌بندی صادرات، استرالیا هم‌اکنون چهارمین صادرکننده بزرگ LNG در جهان بوده و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ به مقام نخست در این زمینه دست یابد.

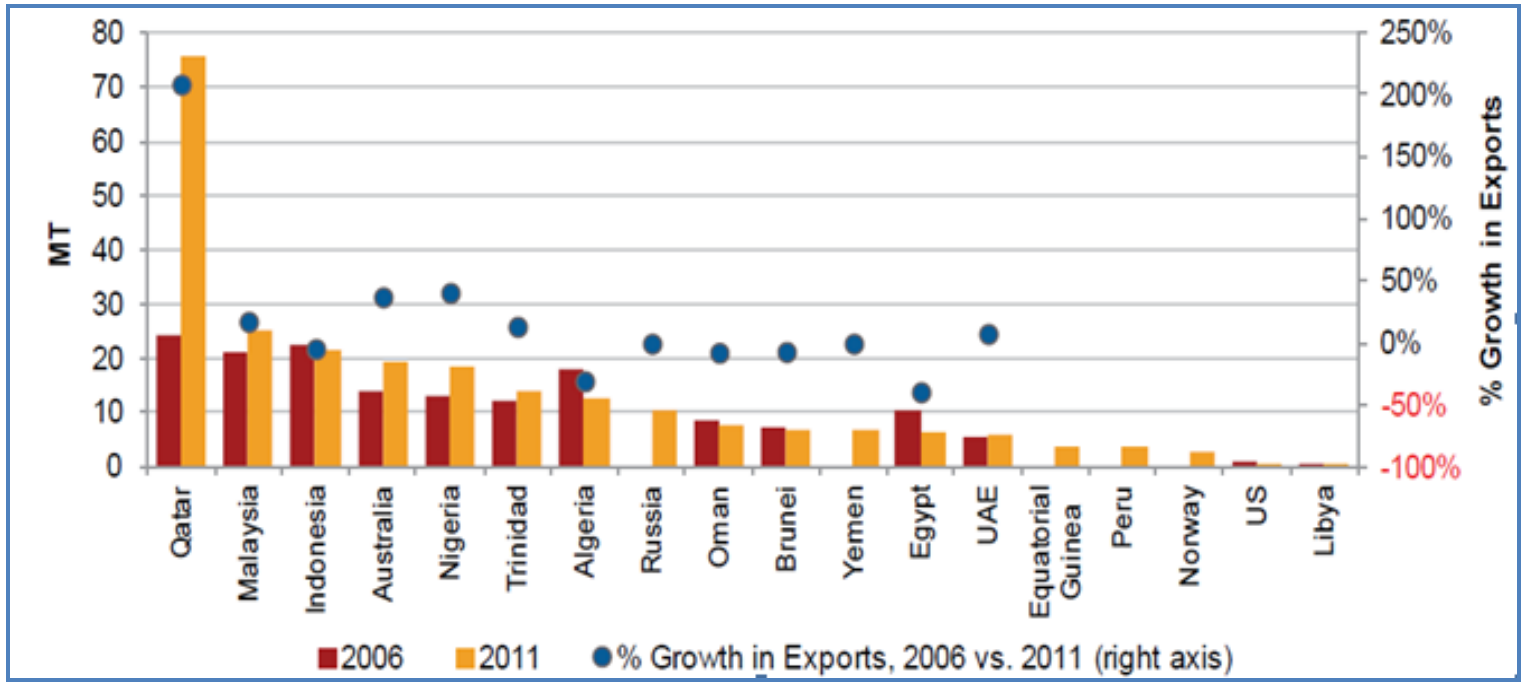
Exporter	MT
Qatar	75.5
Malaysia	25.0
Indonesia	21.4
Australia	19.2
Nigeria	18.7
Trinidad	13.9
Algeria	12.6
Russia	10.5
Oman	7.9
Brunei	6.8
Yemen	6.7
Egypt	6.4
UAE	5.9
Equatorial Guinea	4.0
Peru	3.8
Norway	2.9
US	0.3
Libya	0.1
Total Exports	**241.5**



نمودار ۱: رتبه‌بندی صادرات LNG در سال ۲۰۱۱

مقایسه میزان صادرات LNG چندین کشور جهان در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۱ و درصد رشد صادرات این کشورها در نمودار ۲ ارائه شده است. میزان صادرات کشور قطر از حدود ۲۳ میلیون تن در سال ۲۰۰۶ به بیش از ۷۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۱رسید که این نشان‌دهنده رشد ۲۰۰ درصدی صادرات قطر می‌باشد. رشد صادرات کشورهای استرالیا و نیجریه در سال ۲۰۱۱ حدودا ۲۵٪ بوده است. در این میان کشورهای الجزیره، عمان، بروئنی، ایالات متحده و لیبی با رشد منفی صادرات روبه‌رو بوده‌اند.

.

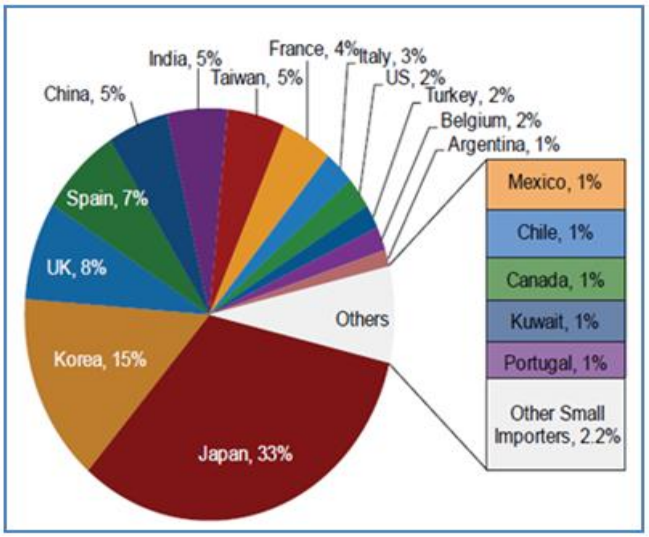


نمودار ۲: درصد رشد صادرات LNG کشورهای مختلف در بازه زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱

۳-۲- واردکنندگان LNG

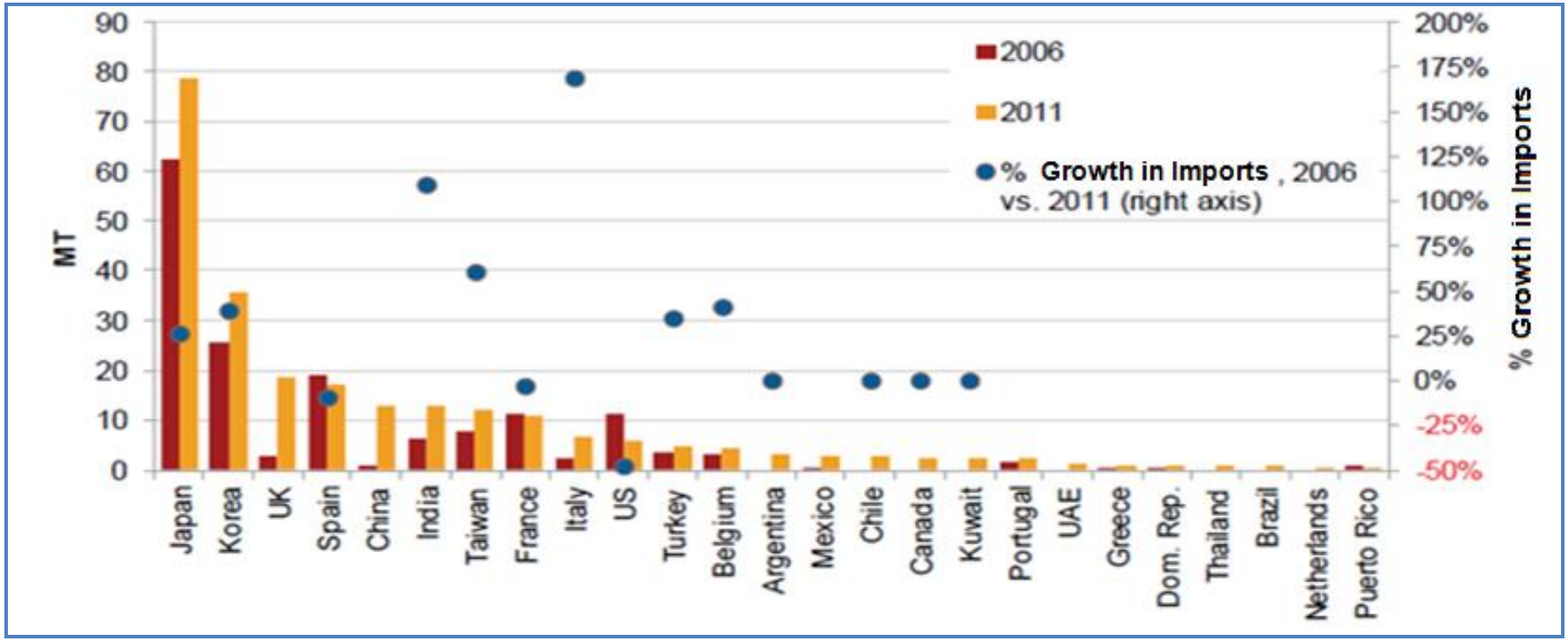
ژاپن و کره جنوبی با مصرف ٤٨ درصد از LNG تولیدی در سال ۲۰۱۱ از بزرگترین واردکنندگان LNG در جهان محسوب می‌شوند. یکی از مسائل مهم و تاثیر گذار در رشد نرخ واردات جهانی LNG، ظهور بازار های وارداتی کوچک با حجم واردات کمتر از ۳ میلیون تن در سال می‌باشد. در فاصله زمانی ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۱، همزمان با افزایش حجم واردات در برخی از کشورها، کشورهایی مانند ایالات متحده آمریکا، اسپانیا و فرانسه با کاهش حجم واردات در این دوره رو به رو بودند. در این دوره میزان تقاضا برای واردات LNG به شدت وابسته به میزان در دسترس بودن سایر منابع انرژی بوده است. تقاضای واردات LNG در اسپانیا به دلیل وابستگی این کشور به انرژی های تجدیدپذیر و تولید زغال سنگ در داخل کشور کاهش یافته است. در فرانسه در این دوره حدود ۳٪ واردات LNG کاهش یافته است. در ایالات متحده، افزایش عرضه گاز غیر متعارف، قیمت گاز را پایین نگه داشته و موجب کاهش تقاضای واردات LNG شده است. نمودار ۳ رتبه‌بندی واردات LNG در سال ۲۰۱۱ را نشان می‌دهد.

Importer	MT
Japan	78.8
Korea	35.8
UK	18.6
Spain	17.1
China	12.8
India	12.7
Taiwan	12.2
France	10.7
Italy	6.4
US	5.9
Turkey	4.6
Belgium	4.5
Argentina	3.2
Mexico	2.9
Chile	2.8
Canada	2.4
Kuwait	2.4
Portugal	2.2
UAE	1.2
Greece	1.0
Dom. Rep.	0.7
Thailand	0.7
Brazil	0.6
Netherlands	0.6
Puerto Rico	0.5
Total Imports	241.5



نمودار ۳: رتبه‌بندی واردات LNG در سال ۲۰۱۱

در بازارهای توسعه یافته و در حال ظهور، گاز به طور فزاینده‌ای جهت تامین برق، گرمایش و سرمایش مورد استفاده قرار گرفته و رشد اقتصادی به همراه داشته است. در طی پنج سال گذشته، کشورهای آرژانتین، برزیل، کانادا، شیلی، چین، کویت، مکزیک، هلند، تایلند، و امارات متحده عربی به جمع واردکنندگان LNG پیوسته‌اند.



نمودار ٤: درصد رشد واردات LNG کشورهای مختلف در بازه زمانی ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۱

۳-۳- بازارهای هدف LNG

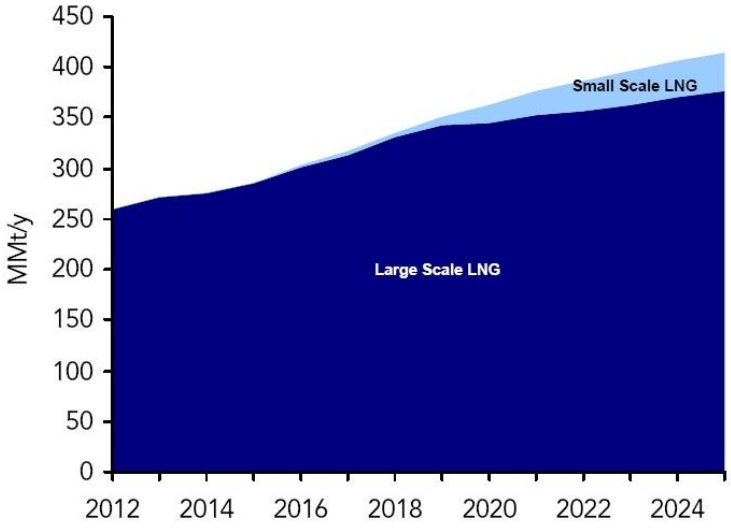
بازارهای هدف پنج صادرکننده بزرگ جهان یعنی قطر، مالزی، اندونزی، استرالیا و نیجریه و حجم صادرات LNG به هریک این بازارها برحسب میلیون تن در جدول ۹ مورد بررسی قرارگرفته‌اند. بازار اصلی LNG مالزی، استرالیا و اندونزی کشور ژاپن بوده و هریک از این کشورها به‌ترتیب ۱۵/۴۵، ۱۳/۶۹ و ۹/۲۶ تن LNG به ژاپن صادر نموده‌اند.

جدول ۹: بازارهای هدف LNG در سال ۲۰۱۱ [۱]

Importer / Exporter	Argentina	Belgium	Brazil	Canada	Chile	China	Dom Rep	France	Greece	India	Italy	Japan	Korea	Kuwait	Mexico	Netherlands	Portugal	Spain	Taiwan	Thailand	Turkey	UAE	UK	US*	Total
Qatar	0.43	4.59	0.29	1.57	0.45	2.31	-	2.38	0.12	9.70	4.48	11.58	7.85	1.12	1.31	0.27	0.12	3.52	4.00	0.25	0.43	0.78	16.15	1.79	75.5
Malaysia	-	-	-	-	-	1.72	-	-	-	0.13	-	15.45	3.91	0.32	-	-	-	-	3.40	-	-	0.06	-	-	25.0
Indonesia	-	-	-	-	-	2.40	-	-	-	-	-	9.26	7.57	-	0.19	-	-	-	1.95	0.07	-	-	-	-	21.4
Australia	-	-	-	-	-	3.71	-	-	-	0.04	-	13.69	1.16	0.19	-	-	-	-	0.34	-	-	0.06	-	-	19.2
Nigeria	0.30	0.06	0.05	-	-	0.67	-	2.66	0.06	1.00	-	1.90	1.13	0.59	0.86	0.05	1.91	4.74	0.67	0.12	0.92	0.06	0.88	0.05	18.7

در سال ۲۰۱۲ با توجه به افزایش تقاضا در آسیا و رشد نه چندان سریع منابع تامین LNG، رقابت فشرده‌ای در بازار گاز طبیعی مایع شده وجود داشته است. در سال ۲۰۱۲ علی رغم رشد بسیار بالای تقاضا در آسیا، میزان تامین گاز طبیعی مایع از میزان پیشبینی شده کمتر بود که علت این مسئله می‌تواند مربوط به تاخیر در شروع به کار واحدهای در حال احداث باشد. به عنوان نمونه زمان بهره‌برداری واحد مایع‌سازی گاز طبیعی آنگولا با ظرفیت ۵/۲ میلیون تن در سال، در فوریه ۲۰۱۲ تعیین شده بود اما این واحد در موعد مقرر به بهره برداری نرسید. یکی دیگر از دلایل کاهش تولید در سال ۲۰۱۲ نسبت به میزان پیشبینی شده آن مربوط به کاهش تولید کشورهای مصر، اندونزی و الجزایر می‌باشد. متوقف شدن تولید برای یک مدت کوتاه به منظور تعمیر و نگهداری در کشورهای قطر، استرالیا و ترینیداد نیز از دیگر عوامل کاهش میزان تولید LNG در سال ۲۰۱۲ می‌باشد.

پیش‌بینی می‌شود که سهم پروژه‌های تولید LNG در مقیاس کوچک، فقط حدود ۱۰٪ از تولید LNG و تجارت بین المللی آن تا سال ۲۰۲۵ است (شکل ۹).



شکل ۹: پیش بینی عرضه جهانی LNG برای تجارت بین المللی

تحلیل بازار LNG که توسط موسسه بیکر انجام شده است نشان می‌دهد با افزایش رشد تقاضا به دلایل رشد اقتصادی، افزایش تولید برق و ملاحظات زیست محیطی و همچنین تمایل تولید کنندگان برای نقد کردن منابع گاز طبیعی، بازار LNG از لحاظ جغرافیایی گسترش می‌یابد. تنوع بازار از لحاظ مصرف

کنندگان و تولید کنندگان (طرف های عرضه و تقاضای بازار) باعث خواهد شد که ریسک سرمایه گذاری در بازار کاهش یابد. افزایش تعداد بازیگران این حوزه باعث خواهد شد میانگین فاصله بین مصرف کنندگان و تولید کنندگان کاهش یابد که این امر باعث افزایش نقدینگی و تعداد معاملات می‌شود.

تحول بازار نتیجه افزایش نقدینگی بازار در می‌باشد که این تحول منجر به تغییر قراردادهای دو جانبه به سمت قراردادهای چند جانبه و افزایش معاملات خواهد بود در واقع بازار درونزا خواهد شد.درونزا شدن بازار بدین معنا خواهد بود که انتظارات آینده بر میزان سرمایه‌گذاری و معاملات تجاری فعلی تاثیر خواهد گذاشت. در واقع علت اصلی جهانی شدن بازار گاز و تغییر ساختار آن، گاز طبیعی مایع شده می‌باشد.

٤- ترسیم نگاشت ساختاری توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی در کشور

بدون شک، شناخت وضعیت کنونی و شرایط مطلوب علم و فناوری به یک چارچوب تحلیلی نیاز دارد. چارچوبی که امروزه در دنیا به عنوان یک ابزار تحلیلی قوی برای بررسی و تحلیل وضعیت کنونی فعالیت‌های علمی، فناورانه، نوآورانه و سیاست گذارانه شناخته شده است، چارچوب «نظام نوآوری» است. نظام نوآوری ابزار مناسبی برای تحلیل ویژگی‌های یک کشور در زمینه نواوری در عصر اقتصاد جهانی فراهم نموده و می‌توان از آن به عنوان ابزارهای راهنمای سیاست‌گذاری نوآوری و فناوری بهره برد. این ابزار اجزا و تعاملات بین عوامل را آشکار و عملکرد سیستم را به صورت یک کل، ارزیابی و بررسی می‌شود. برای داشتن یک تحلیل جامع بهتر است چهارچوب نظام نوآوری در هر دو سطح «ملی» و «بخشی» ترسیم می‌شود. مهمترین رویکرد تحلیل در نظام‌های نوآوری، رویکرد نگاشت نهادی و ماتریس نهاد-کارکرد است که در هر دو سطح ملی و بخشی ترسیم می‌شود و ارتباط هر یک از کارکردهای نظام را با نهادهای ملی یا بخشی مشخص می‌کند.

۴-۱- مراحل طراحی نگاشت نهادی نظام توسعه فناوری LNG و Mini LNG

الف) شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری LNG و Mini LNG در کشور: در مراجعه به اسناد، مدارک وگزارش‌های داخلی نهادهای عمده مرتبط با صنعت LNG و Mini LNG، شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظرگرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها، کم کم افق شناسایی نهادهای موثر در فرایند نوآوری این صنعت روشن‌تر گردید و با پیگیری‌های مستمر نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای هفت گانه نظام نوآوری مورد شناسایی قرار گرفت.

ب) شناخت روابط میان بازیگران مرتبط با توسعه فناوری LNG و Mini LNG: در این بخش، تلاش شد تا ضمن شناسایی و بررسی تعاملات موجود میان نهادهای مختلف صنعت LNG و Mini LNG با توجه به کارکرد اصلی‌شان در سیستم نوآوری این صنعت، نقاط ضعف، کاستی‌ها و گسستگی‌ها در این زمینه مشخص شود.

ج) تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود: با توجه به اطلاعات جمع آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد- کارکرد را تهیه کرد. در این ماتریس همان‌طور که از نامش پیداست دو عامل، نهادهای مختلف مرتبط با توسعه فناوری LNG و Mini LNG و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند.

جدول ۱۰: ماتریس «نهاد- کارکرد» نظام نوآوری بخشی (LNG)

کارکرد / نهاد	سیاست‌گذاری	تامین مالی و تسهیل نوآوری	انجام تحقیقات و نوآوری	انتشار فن‌آوری	ارتقاء کارآفرینی	توسعه منابع انسانی	تولید کالا خدمات
وزارت نفت	❊	❊	❊	❊	❊	❊	❊
شورای سیاست گذاری و نظارت راهبردی پژوهش وفناوری در صنعت نفت	❊			❊			
معاونت برنامه ریزی و نظارت بر منابع هیدروکربوری (وزارت نفت)	❊	❊		❊			
معاونت امور بین‌الملل و بازرگانی (وزارت نفت)		❊		❊			❊
معاونت پژوهش و فن آوری (وزارت نفت)	❊	❊	❊	❊	❊		
مدیریت پژوهش و فن آوری (وزارت نفت)	❊	❊	❊	❊			
معاونت مهندسی و خودکفائی و پدافند غیرعامل (وزارت نفت)	❊				❊		
مدیریت اوپک و نمایندگی ج.ا.ا در مجامع انرژی (وزارت نفت)	❊	❊		❊			
موسسه مطالعات بین المللی انرژی (وابسته به وزارت نفت)	❊	❊	❊				

کارکرد / نهاد	سیاست‌گذاری	تامین مالی و تسهیل نوآوری	انجام تحقیقات و نوآوری	انتشار فن‌آوری	ارتقاء کارآفرینی	توسعه منابع انسانی	تولید کالا خدمات
شرکت ملی نفت ایران	❊	❊	❊	❊	❊	❊	❊
شرکت مهندسی و توسعه نفت (شرکت ملی نفت)					❊		❊
شرکت پشتیبانی ساخت و تهیه کالای نفتی تهران (شرکت نفت)					❊		❊
مدیریت هماهنگی و نظارت بر تولید و توزیع نفت و گاز (شرکت ملی نفت ایران)	❊						
مدیریت پژوهش و فناوری (شرکت ملی نفت ایران)	❊	❊	❊	❊			
مدیریت برنامه ریزی تلفیقی (شرکت ملی نفت)	❊	❊		❊	❊		
شرکت بازرگانی نفت ایران (شرکت ملی نفت)	❊	❊		❊	❊		❊
شرکت‌های تولید نفت و گاز مانند شرکت نفت فلات قاره، شرکت نفت و گاز پارس و... (شرکت ملی نفت ایران)		❊			❊		❊
پژوهشگاه صنعت نفت (شرکت ملی نفت)		❊	❊				
دانشگاه صنعت نفت (مراکز و دانشکده‌های وابسته)			❊	❊		❊	
انستیتو مهندسی نفت دانشگاه تهران		❊	❊				
صندوق بازنشستگی پس انداز و رفاه کارکنان (شرکت ملی نفت)		❊					

کارکرد / نهاد	سیاست‌گذاری	تامین مالی و تسهیل نوآوری	انجام تحقیقات و نوآوری	انتشار فن‌آوری	ارتقاء کارآفرینی	توسعه منابع انسانی	تولید کالا خدمات
شرکت ملی گاز ایران	❊	❊	❊	❊	❊	❊	❊
مدیریت پژوهش و فناوری (شرکت ملی گاز ایران)	❊	❊	❊			❊	
مدیریت گاز رسانی (شرکت ملی گاز ایران)	❊				❊		
مدیریت هماهنگی و نظارت بر تولید گاز (شرکت ملی گاز ایران)	❊						
شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران (شرکت ملی گاز ایران)					❊		❊
شرکت انتقال گاز ایران	❊				❊		❊
شرکت دخیره سازی گاز طبیعی ایران	❊				❊		❊
شرکت بازرگانی گاز ایران	❊	❊			❊		❊
شرکت ملی صادرات گاز ایران	❊	❊			❊		❊
معاونت علمی و فن اوری ریاست جمهموری	❊	❊		❊	❊		
صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور(ریاست جمهوری)		❊		❊	❊		
دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری پردیس جمهور	❊	❊		❊			
پارک فناوری پردیس (ریاست جمهوری)		❊		❊	❊		
سازمان سرمایه‌گذاری و کمک های فنی و اقتصادی ایران	❊	❊	❊	❊	❊		
صندوق توسعه فناوری‌های نوین		❊		❊	❊		

کارکرد / نهاد	سیاست‌گذاری	تامین مالی و تسهیل نوآوری	انجام تحقیقات و نوآوری	انتشار فن‌آوری	ارتقاء کارآفرینی	توسعه منابع انسانی	تولید کالا خدمات
فن بازار ملی ایران		❊		❊	❊		
موسسه توسعه علوم و فناوری ایرانیان		❊		❊	❊		
موسسه توسعه فناوری نخبگان		❊		❊	❊		
صندوق توسعه تکنولوژی		❊		❊	❊		
انجمن‌های علمی انرژی کشور	❊			❊		❊	
سازمان گسترش و نوسازی	❊	❊		❊	❊		
سازمان ملی استاندارد		❊			❊		
وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری	❊				❊	❊	
مرکز پژوهش‌های مجلس	❊		❊				

قابل ذکر است که ممکن است در جدول فوق، در خصوص رابطه میان نهادها و کارکردهای آن‌ها، ارتباطات دیگری نیز به ذهن خوانندگان متبادر گردد که ممکن است کاملا صحیح باشد؛ اما در جدول فوق سعی شده است ارتباطاتی که دارای وزن و اهمیت بیشتری می‌باشد نشان داده شوند. روابط فوق بر اساس مطالعه اسناد و مدارک و شرح وظایف و ماموریت و اهداف هر یک از نهادها و واحدهای وابسته و تابعه استخراج شده است.

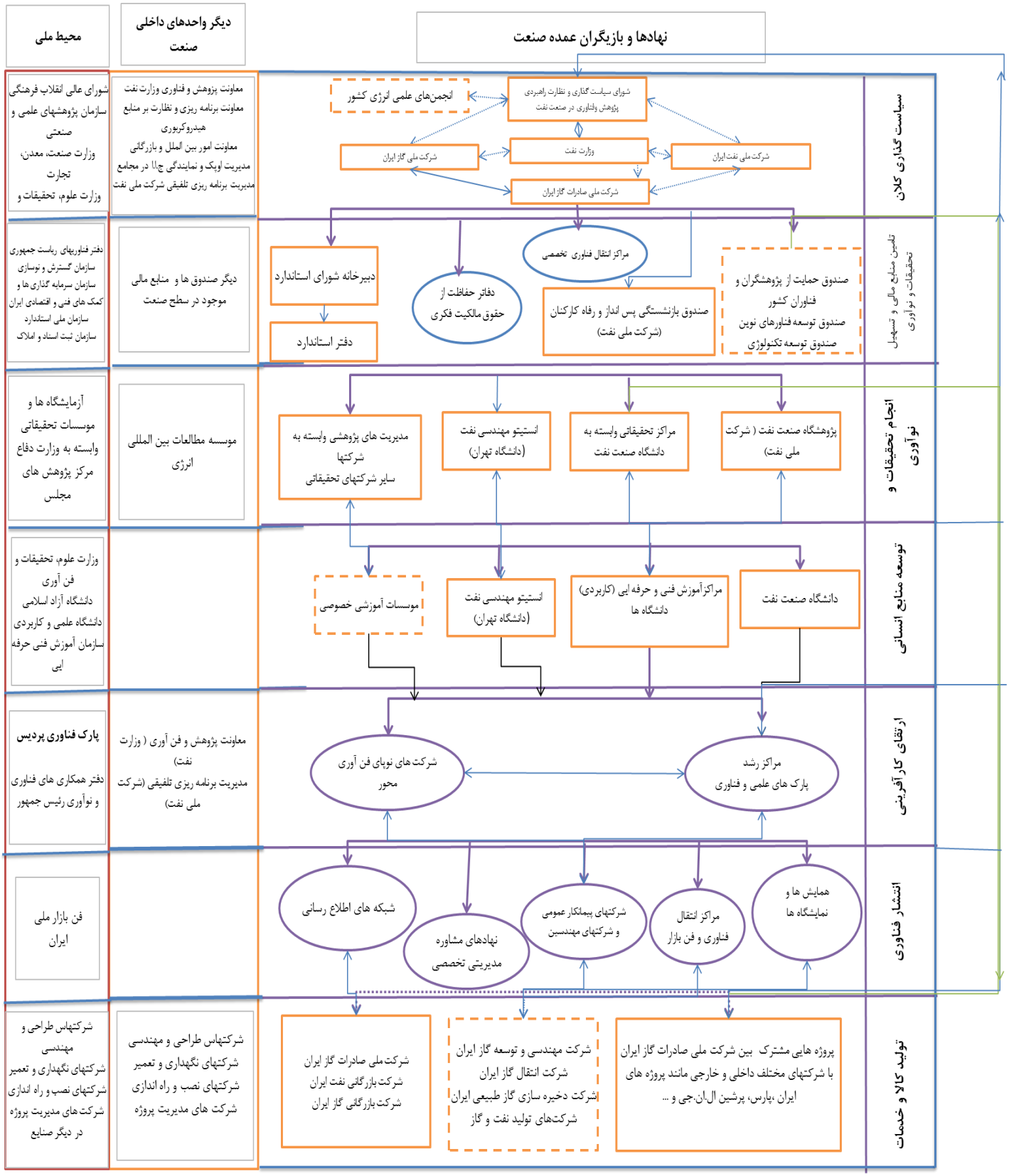
د) تهیه نگاشت نهادی برای وضع موجود: در این مرحله با توجه به اطلاعات ماتریس نهاد – کارکرد و اطلاعات جمع‌آوری شده، نگاشت نهادی نظام توسعه فناوری LNG و Mini LNG ترسیم شده است.

اعتقاد بر این است اگر متخصصان، مدیران، سیاستگذاران و خلاصه ذینفعان در تهیه یک نگاشت مشارکت داشته و نظرات آن‌ها اعمال گردد، در نهایت التزام عملی آن بیشتر خواهد بود و در واقع اخذ نظرات صاحب نظران ضمانت اجرایی و توجه به هر نگاشتی می‌باشد:

- تجزیه و تحلیل منابع مالی مرتبط با توسعه فناوری و نوآوری در بخش LNG و Mini LNG.
- اهمیت حیاتی سیاستگذاری توسعه علم وفناوری در بخش LNG و Mini LNG.
- میزان تکامل نظام حمایت از مالکیت معنوی به عنوان بستر توسعه صنعت و کشور.
- موضوع تجاری‌سازی نتایج تحقیقات در حوزه LNG و Mini LNG و ...

شکل ۱۰ ما حصل مرحله طراحی نگاشت نهادی نظام توسعه فناوری LNG و Mini LNG می‌باشد. در این شکل نهادهایی که به تازگی شکل گرفته‌اند و هنوز ارتباطات کاملی با بقیه اعضای سیستم نوآوری برقرار نکرده‌اند به شکل بیضی نشان داده شده‌اند. نهادهایی که از مدتها قبل شکل گرفته‌اند، اما نقش فعالی در کارکرد مربوط به خود ندارند را بصورت خطوط منقطع نشان داده‌ایم. ناگفته نماند که خطوط منقطع نیز حاکی از وجود ارتباطات ضعیف و تعریف نشده می‌باشد.

مسلما به منظور بهبود وضعیت موجود نظام نوآوری صنعت مورد نظرمان بایستی اقداماتی در خصوص شکل‌گیری نهادهای واقع در اشکال بیضی شکل و همچنین تلاش‌هایی در جهت پر رنگ‌تر نمودن نقش نهادهای واقع در اشکال با خطوط منقطع و تقویت ارتباط آن‌ها با دیگر نهادها، انجام دهیم. بسیاری از نهادهای نامبرده شده در ستون‌های جنبی شکل زیر، اغلب نهادهایی هستند که در دسته دوم – یعنی نهادهای واقع در خطوط منقطع– جای دارند لذا احیاء جایگاه آن‌ها می‌تواند اثر بسیار زیادی در ارتقا کیفیت نظام نوآوری صنعت داشته باشد. در این خصوص در ادامه بیشتر توضیح خواهیم داد.



شکل ۱۰: نگاشت نهادی وضعیت موجود نظام توسعه فناوری LNG و Mini LNG

در نهایت می‌توان نقاط ضعف ساختار کنونی صنعت LNG و Mini LNG را از منظر نهادهای تاثیر گذار بر فناوری به شرح ذیل جمع‌بندی کرد :

۱. سیاست‌های تحقیقات وفناوری در صنعتLNG و Mini LNG تدوین نشده است.

۲. نظارت بر پروژه های تحقیقاتی بسیار سطحی و نادقیق است.

۳. اولویت‌های انتقال فناوری از خارج تعیین نگردیده است.

٤. شورای استاندارد نقش اصلی خود را ایفا نمی‌کند واین نقیصه از عدم وجود راهکار توسعه فناوری صنعتLNG و Mini LNG ناشی می‌شود.

٥. سیاست‌هایی در حمایت از حقوق مالکیت معنوی وضع و نهادی برای امور اجرایی ان در صنعتLNG و Mini LNG ایجاد نشده است .

٦. مخفی سازی دانش واطلاعات به عدم انتشار فناوری منجر می‌شود و نهادی به عنوان واسطه به منظور انتقال دانش فنی در داخل صنعت وجود ندارد.

۷. شرکت‌های کوچک و متوسط مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته نقشی در توسعه فناوری در صنعتLNG و Mini LNG ندارند.

۸. عدم حمایت از کار آفرینی و نبود مراکزی بدین منظور، باعث دلسرد شدن کارآفرینان و عدم مخاطره پذیری آنان در سرمایه گذاری برای فناوری‌های پیشرفته شده است.

۹. برنامه ریزی‌های آموزشی دانشگاه‌ها حتی در صورت وجود بر اساس آینده‌نگری و نیازهای راهبردی صنعت صورت نمی‌گیرد.

۵- بررسی محیط حقوقی و اسناد ملی و بخشی مرتبط با توسعه فناوری LNG

در تحلیل محیط حقوقی و اسناد ملی و بخشی مرتبط با توسعه فناوری، در واقع محیط پیرامونی فناوری مورد بررسی قرار می‌گیرد. تحلیل محیط خارجی یک ابزار استراتژیک مناسب برای شناخت تصویر بزرگ از محیطی که فناوری موردنظر در آن اجرا می‌شود می‌باشد. این ابزار می‌تواند در راستای بهره‌برداری از فرصت‌ها و حداقل نمودن تهدیدهایی که فناوری با آنها مواجه است مورد استفاده قرار گیرد.

در راستای تحلیل محیط خارجی می‌توان آینده فناوری را در افق طولانی‌تری از زمان مشاهده کرد و تا حدودی فرصت‌ها و تهدیدهای پیش روی فناوری را شبیه سازی نمود.در این بخش، مولفه‌های زیست محیطی، سیاسی، اجتماعی و اقتصادی اثر گذار بر روند توسعه فناوری مورد بررسی قرار گرفته است.

توسعه و شکوفایی اقتصادی در کنار نیاز به حفاظت از محیط زیست داخلی و جهانی جزء اولویت‌های سیاستگذاری در جهان محسوب می‌شود. مزایا و مشکلات زیست محیطی ناشی از اجرای فناوری در تحلیل مولفه‌های زیست محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در تحلیل سیاسی، اجرای فناوری موردنظر از دید مسائل و محدودیت‌های سیاسی مورد بررسی قرار می‌گیرد و چالش‌ها یا فرصت‌های سیاسی ایجاد شده پس از دستیابی به فناوری مورد نظر بررسی می‌گردد.

در تحلیل اقتصادی شاخص‌ها و پارامترهای اقتصادی در اجرای فناوری مورد توجه قرار گرفته و فرصت‌های ایجاد شده در دستیابی به فناوری مورد نظر تحلیل می‌گردد.

مسائل و محدودیت‌های اجتماعی و فرهنگی ناشی از دستیابی به یک فناوری خاص نیز در تحلیل اجتماعی مورد توجه قرار می‌گیرد.

۵-۱- بررسی مولفه‌های زیست محیطی اثرگذار بر روند توسعه فناوری

به طور کلی گاز طبیعی در مقایسه با سایر سوخت‌ها آلایندگی کمتری دارد اما به‌دلیل سیری‌ناپذیری بشر برای تولید انرژی، سوزاندن گاز طبیعی نیز خود یکی از عوامل مهم در پدیده گرم شدن زمین به‌شمار می‌رود. حفر چاه برای استخراج گاز طبیعی، احداث خط لوله‌های طویل و ساخت واحدهای فرآوری گاز، موجب تخریب بخش قابل توجهی از محیط زیست می‌گردند. چه بسا در بسیاری از موارد گاز طبیعی در طبیعت بکر یا در زیر بستر اقیانوس‌ها یافت می‌شود که با استخراج آن صدمات زیادی به این مناطق وارد می‌گردد.

در صنعت LNG با توجه به اینکه تمامی مراحل مایع‌سازی و فرآوری گاز طبیعی در محل صورت می‌گیرد، دیگر نیازی به احداث خط لوله و ایستگاه‌های تقویت فشار، لایروبی و ساخت و ساز اسکله و واحدهای فرآوری LNG نبوده که این امر به کاهش قابل توجه اثرات زیست محیطی می‌انجامد، اگرچه احداث واحدهای مایع سازی و پایانه‌های دریافت و تبخیر مجدد گاز طبیعی به خودی خود اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی متعددی به‌دنبال خواهد داشت. در احداث واحدهای LNG، عملیات حفاری، دفع پسماندهای حفاری، ساخت اسکله و سایر تاسیسات و نیز فرسایش خاک تاثیرات کوتاه مدت و بلندمدتی بر روی زیستگاه‌های آبی و ساحلی خواهد داشت. همچنین هنگام عملیات بارگیری پایانه‌های LNG، آب و رسوبی که به منظور حفظ تعادل در کشتی حمل LNG ذخیره شده است، تخلیه می‌گردد که به‌همراه آن گونه‌هایی از آبزیان نیز از یک مکان به مکان دیگر منتقل می‌گردند. درصورت نشت و انتشار تصادفی LNG به‌هنگام ذخیره‌سازی، انتقال و حمل‌ونقل، انفجار و آتش‌سوزی رخ خواهد داد. از اینرو برای جلوگیری از بروز چنین رویدادهایی، یکپارچگی طرح ساختاری و کارایی مخازن LNG باید بر مبنای استانداردهای بین‌المللی باشد. اکسیدهای نیتروژن (NOx) ، مونواکسید کربن (CO)، دی‌اکسید کربن (CO_2) و دی‌اکسید گوگرد، در مواردیکه گاز ترش باشد، از جمله آلاینده‌هایی هستند که از واحدهای مایع‌سازی و پایانه‌های تبخیر مجدد بر اثر فعالیت‌های Flaring و Venting انتشار می‌یابند. ایجاد آلودگی صوتی از دیگر اثرات زیست محیطی تکنولوژی LNG به‌شمار می‌رود. از مهمترین عوامل ایجاد سروصدا در واحدهای مایع‌سازی گاز طبیعی می‌توان به پمپ‌ها، کمپرسورها و درایورها، مکش و تخلیه کمپرسور، خشک‌کن‌های هوایی، هیترها، کولرهای هوایی، تبخیرکننده‌ها و عملیات بارگیری و تخلیه مخازن LNG، اشاره نمود.

در حال حاضر صنعت LNG با دو بحث زیست‌محیطی مهم روبه‌روست که عبارتند از:

- انتشار متان- که می‌تواند از تمامی بخش‌های صنعت گاز نظیر بخش حفاری، تولید، فرآوری، انتقال و توزیع صورت گیرد. طول عمر متان در اتسمفر در مقایسه با دی‌اکسید کربن کوتاهتر بوده اما در به تله اندازی[1] تشعشعات خورشید نسبت به دی‌اکسید کربن بسیار قوی‌تر است. به گونه‌ای که به ازای مقادیر یکسانی از متان و دی‌اکسید کربن، اثر متان بر تغییر آب و هوا در یک دوره صد ساله، بیست و پنج برابر اثر دی‌اکسید کربن می‌باشد.

[1] Trap

- انرژی مورد نیاز برای مایع‌سازی، حمل‌ونقل و تبخیر مجدد LNG که برخی از کارشناسان معتقدند با توجه به مصرف بالای انرژی که جهت مایع سازی، حمل و نقل و تبخیر مجدد LNG مورد نیاز است، علی‌رغم مزایای LNG به‌عنوان یک سوخت پاک، مسئله‌ای چالش برانگیز می‌باشد.

۵-۲- مولفه‌های اقتصادی اثرگذار بر روند توسعه فناوری

به‌طور میانگین، گاز طبیعی از صورت‌های دیگر انرژی کم‌هزینه‌تر بوده و ارزان‌ترین روش برای گرمایش و پخت‌و پز به‌شمار می‌رود. راندمان بالا و قیمت پایین گاز طبیعی تاثیر به‌سزایی در کاهش صورت‌حساب سالیانه انرژی خانوارها دارد. برای صادرات گاز طبیعی ابتدا باید آنرا در واحدهای LNG به شکل مایع درآورد. صادرات LNG نه‌تنها یک فرصت بزرگ برای توسعه تجارت یک کشور به‌شمار می‌رود بلکه به ایجاد هزاران فرصت شغلی جدید در داخل کشور می‌پردازد. این فرصتهای شغلی فقط محدود به تاسیسات LNG نبوده و تمامی مراحل زنجیره ارزش تولید LNG را شامل می‌شود. این صنعت همچنین در رشد تولید ناخالص داخلی (GDP)، که از شاخص‌های مهم اقتصاد کلان در ارزیابی سلامت و عملکرد اقتصاد یک کشور به‌شمار می‌رود، رشد تولید ناخالص ملی(GNP)، افزایش درآمد حاصل از صادرات و توسعه اقتصاد منطقه‌ای تاثیر بسزایی خواهد داشت .

به عنوان مثال از تاثیراتی که صنعت LNG در اقتصاد استرالیا که کشوری پیشرو در این زمینه است، می‌توان به حصول درآمد حاصل از صادرات بالغ بر ۲ میلیارد دلار در سال، افزایش ۳/۵ درصدی نرخ رشد صادرات، افزایش ۱/۲٤ درصدی نرخ رشد تولید ناخالص داخلی (GDP) ، ایجاد بیش از ۸۰۰۰۰ فرصت شغلی، توسعه اقتصاد منطقه‌ای اشاره نمود. همچنین برآورد شده است که تا سال ۲۰۱۸ درآمد حاصل از صادرات LNG، در استرالیا به بیش از ۵۰ میلیارد دلار خواهد رسید.

بنابر گزارش سازمان تجارت بین‌المللی آمریکا (ITA)، به ازای هر یک میلیارد دلار صادرات LNG، بیش از ٦۰۰۰ شغل جدید ایجاد می‌گردد. از اینرو صادراتی به ارزش۱۳ تا ۲۵ میلیارد دلار، ایجاد ۷۵۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰۰ فرصت شغلی جدید پر درآمد و رشد اقتصادی پایدار را به‌دنبال خواهد داشت.

همچنین برآورد شده است تا سال ۲۰۳۵ صادرات LNG در آمریکا، ٤٥٢٠٠٠ فرصت شغلی ایجاد نموده و تولید ناخالص داخلی و درآمد حاصل صادرات LNG برای دولت آمریکا به ترتیب به ۷۳ میلیارد دلار و ٤٠ میلیارد دلار خواهد رسید.

قیمت کنونی گاز در ایالات متحده آمریکا بر اساس میزان عرضه و تقاضا تعیین می‌گردد که در صورت مجاز شدن صادرات LNG از این کشور، قیمت گاز در سطح آمریکا افزایش یافته و بالطبع تولید گاز نیز افزایش خواهد یافت. تاثیر صادرات LNG بر تراز حساب جاری آمریکا تابعی از نحوه قیمت‌گذاری صادرات گاز می‌باشد که طبق مفروضات اقتصادی ایالات متحده، به ازای هر شش میلیارد فوت مکعب در روز صادرات LNG، درآمد حاصل از صادرات برای این کشور تقریبا ۲۰ میلیارد دلار خواهد بود. همچنین توسعه صادرات گاز، منجر به کاهش صادرات کالاهای دیگر به‌دلیل منحرف شدن توجه مردم از سایر فعالیت‌های سودآور و افزایش هزینه تولید محصولات وابسته به گاز نظیر محصولات پتروشیمی، کودهای شیمیایی، شیشه، آلومینیوم و فولاد خواهد شد. به‌دنبال احداث تاسیسات جدید LNG، تعداد قابل توجهی شغل موقت در زمینه ساخت‌وساز ایجاد خواهد شد. برآورد شده است که ساخت یک واحد با ظرفیت ۲/۲ میلیارد فوت مکعب در روز دو سال به طول می‌انجامد و حدودا ۳۰۰۰ شغل موقت ایجاد می‌نماید. بی‌تردید، افزایش صادرات LNG تاثیرات دراز مدت قابل‌توجهی نیز در زمینه اشتغال‌زایی در این کشور به‌دنبال خواهد داشت.

به علت فراوانی گاز طبیعی در بریتیش کلمبیا، صنعت LNG در این کشور در حال ظهور است به‌گونه‌ای که طی سی سال آینده حدودا یک تریلیون دلار تولید ناخالص داخلی تجمعی برای اقتصاد این کشور به‌دنبال خواهد داشت. برآورد شده است که این صنعت بیش از ۷۵۰۰۰ شغل تمام وقت و ۳۹۰۰۰ حرفه در زمینه ساخت‌وساز ایجاد خواهد نمود.

پروژه‌های صادرات LNG بریتیش کلمبیا منافع اقتصادی قابل توجهی را هم در زمان احداث خطلوله، واحدهای مایع‌سازی و ترمینال‌های حمل LNG و هم در زمان راه‌اندازی و بهره‌برداری از آنها به‌دنبال خواهد داشت. احداث خطلوله جهت انتقال گاز طبیعی از شمال شرق بریتیش کلمبیا به سواحل غربی این کشور برای مایع‌سازی و صادرات به منطقه آسیا- اقیانوس آرام اثرات اقتصادی مستقیم و

غیرمستقیم قابل‌توجهی در پی خواهد داشت. به‌عنوان مثال، مطابق تجزیه و تحلیل مدل ورودی خروجی[1]، در سال احداث تاسیسات تولید ناخالص داخلی کانادا حداقل ٦٥٠ میلیون دلار، بر مبنای دلار سال ۲۰۱۱، افزایش یافته و تقریبا ۸۰۰۰ فرصت شغلی ایجاد خواهد گردید.

همچنین خبرگزاری Observer عمان اعلام کرد که درآمد حاصل از صادرات LNG در این کشور در سال ۲۰۱۲ بیش از ٤/٣٥ میلیارد دلار بوده است که در مقایسه با سال ۲۰۱۱ ، افزایش ٩/٦ درصدی داشته است.

در ایرلند نیز پروژه Shannon LNG منافع اقتصادی قابل‌توجهی نظیر تاثیر بر رشد ناخالص ملی(GNP)، رقابتی‌تر شدن قیمت‌های گاز به دلیل افزایش عرضه گاز به بازار، توسعه اقتصاد صنعت تولید برق را در پی خواهد داشت. برآورد شده است که این پروژه طی ۳۰ سال آینده، بیش از ۱/۳۵ میلیارد یورو بر تولید ناخالص ملی، برمبنای قیمت‌گذاری سال ۲۰۰۷، و نیز ٤١٠ میلیون یورو بر درآمد حاصل از صادرات این کشور خواهد افزود. همچنین انتظار می‌رود Shannon LNG، ٦٠٠ فرصت شغلی موقت ساخت‌وساز در زمان احداث و ۱۰۰ شغل دائم در زمان بهره‌برداری ایجاد خواهد نمود.

در جمع‌بندی می‌توان خاطر نشان کرد که احداث واحدهای LNG مزایای اقتصادی متعددی نظیر اشتغال‌زایی، توسعه اقتصاد منطقه‌ای، رشد تولید ناخالص داخلی و ملی، افزایش درآمد حاصل از صادرات را به همراه خواهد داشت.

۵-۳- مولفه‌های اجتماعی اثرگذار بر روند توسعه فناوری

همانگونه که در بخش مولفه‌های اقتصادی اشاره شد صادرات LNG نه‌تنها یک فرصت بزرگ برای توسعه تجارت یک کشور به‌شمار می‌رود بلکه به ایجاد هزاران فرصت شغلی جدید در داخل کشور می‌پردازد. این فرصتهای شغلی فقط محدود به تاسیسات LNG نبوده و تمامی مراحل زنجیره ارزش تولید LNG را شامل می‌شود. به‌عنوان مثال صنعت LNG در استرالیا ایجاد بیش از ۸۰۰۰۰ فرصت شغلی را در پی داشته است. همچنین برآورد شده است صادرات LNG در آمریکا تا سال ۲۰۳۵، حدودا ٤٥٢٠٠٠ فرصت شغلی ایجاد خواهد نمود. گرچه توسعه صنعت در بخش منابع در یک کشور فرصت‌های شغلی متعدد و اقتصادی قویتر را ایجاد می‌نماید اما به همان میزان می‌تواند باعث اعمال فشار بر زیرساخت‌های

[1] Input-Output Model

محلی نظیر اسکان، خدمات اجتماعی گردیده و دسترسی به خدمات بهداشت و درمان و آموزشی را محدود نماید. به‌عنوان مثال در کشور پیشرویی نظیر استرالیا توسعه صنعت LNG اثرات تجمعی قابل توجهی بر اجتماع و منطقه داشته است که به شرح زیر می‌باشد:

- تقاضا برای زیرساخت‌هایی نظیر جاده، انرژی و تامین آب شهری؛
- تقاضا برای خدمات دولتی نظیر بهداشت و درمان، مدرسه، نیروی پلیس و خدمات اورژانس؛
- اسکان؛
- تاثیر بر ملاکان روستایی؛
- تعارضاتی که در مورد آب زیرزمینی و اثرات آن بر آب تولید شده دارد؛
- مسائل ایمنی مربوط به چاه‌ها، خطوط لوله، واحدهای فرآیندی و کشتیرانی(حمل ونقل دریایی)؛
- تاثیراتی که مراحل احداث، فرآورش و حمل‌ونقل یک پروژه LNG بر جامعه دارد.

دولت استرالیا برای کنترل این اثرات سیاست‌هایی اتخاذ نموده است که عبارتند از:

- پررنگ‌تر کردن نقش دولت برای ارائه همکاری؛
- ایجاد ارتباط موثر میان ارزیابی تاثیرات اجتماعی و برنامه‌ریزی منطقه‌ای؛
- ایجاد تعامل و همکاری میان دولت، صنعت و اجتماع.

۵-٤- مولفه‌های سیاسی اثرگذار بر روند توسعه فناوری

بنا به تعریف تحریم‌های اقتصادی عبارتند از: دستکاری در روابط و همکاری‌های اقتصادی به‌منظور تأمین اهداف سیاسی. در واقع تحریم اقتصادی یک ابزار سیاست خارجی است که این امکان را فراهم می‌آورد که کشور با کشورهایی مقاصد سیاسی خود را نسبت به کشور هدف به‌هنگام بروز اختلاف اعمال کنند.

در سایه تحریم‌های غرب، بخش نفت و گاز ایران هم اکنون با مشکلات بسیاری در جذب سرمایه‌های خارجی برای توسعه رو به رو است. ایران برای توسعه میادین نفت و گاز نیازمند جذب سالانه حداقل ۲۵ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری می‌باشد. همچنین نیاز به فن آوری های روز دنیا که بعضا در انحصار

شرکت های بزرگ آمریکایی و اروپایی است، از ضرورت های مهم صنعت نفت و گاز ایران برای پیمـودن مسیر توسعه است که باید برای تامین آن چاره‌ای اندیشیده شود.

لازم به ذکر است که LNG در سر فصل تحریمی ایران قرار داشته و عناوین تحـریم در زمینـه مـایع سازی گاز طبیعی عبارتند از:

- مبدل‌های حرارتی PFHE با نسبت سطح به حجم بزرگتر از $۵۰۰m^2/m^3$؛
- مبدل‌های حرارتی CWHE ؛
- پمپ‌های فوق سرد برای انتقال سیالات با دمای کمتر از ۱۲۰- درجه سانتیگراد و با ظرفیت انتقال بیش از $۵۰۰m^3/hr$ و اجزای مرتبط با آن؛
- کلدباکس و تجهیزات آن شامل مبدل‌های حرارتی، لوله‌ها، سایر ادوات و عایق‌های مربوطه؛
- لوله‌های انعطاف‌پذیر و غیر انعطاف‌پذیر با قطر بزرگتر از ۵۰mm برای انتقال سیالات با دمای کمتر از ۱۲۰- درجه سانتی‌گراد؛
- فولادهای ضدزنگ با قطر بیرونی بیش از ۰/۲ یا بیشتر که ۲۳٪ یا بیش از ۲۳٪ وزنشان کروم است؛
- فولادهای ضدزنگ که از آلیاژ نیکل ساخته شده‌اند و با شماره "معادل ضد سوراخ" بیش از ۳۳ که نشانگر مقاومت فولاد در برابر خوردگی و زنگ زدگی است؛
- نرم‌افزارهای طراحی شده در زمینه LNG و زیر مجموعه‌های آن؛
- تکنولوژی‌های مایع‌سازی شامل تکنولوژی‌های لازم جهت توسعه، تولید و یا استفاده از LNG؛
- تکنولوژی‌های حمل و نقل LNG ؛
- تکنولوژی‌های مربوط به توسعه، تولید و یا استفاده از تجهیزات دریایی جهت انتقال LNG؛
- کشتی‌های حمل LNG.

از مهمترین آثار تحریم صنعت نفت و گاز بر روی فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی، می‌توان به کاهش سرمایه‌گذاری‌های خارجی، عدم دسترسی به تکنولوژی‌های مایع‌سازی در انحصار شرکت‌های پیشرو و امکان ناپذیر بودن واردات تجهیزات کلیدی واحدهای مایع سازی اشاره نمود که این امر بستر لازم جهت رسیدن به خودکفایی ملی را فراهم می‌آورد.

٦- بررسی تجربیات جهانی در توسعه فناوری

امروزه موضوع LNG مورد توجه بسیاری از سرمایه‌داران و سیاست‌گذاران قرار گرفته و شمار زیادی از کشورهای جهان، برنامه‌ریزی بلندمدتی را برای توسعه این صنعت، در صدر برنامه‌های کلان خود قرار داده‌اند. از مصارف عمده LNG می‌توان به کاربردهایی نظیر گازرسانی به روستاها و شهرهای دور افتاده یا صعب‌العبور، پیک‌سایی مصرف گاز، تأمین سوخت خودروها و وسایل نقلیه سنگین، خوراک ایستگاه‌های CNG با عنوان ایستگاه‌های LCNG، مصارف نیروگاهی و صنایع تولیدی و غیره اشاره نمود.

یکی از ابزارهای موثر در تدوین سیاست‌های توسعه فناوری در هر کشور، بررسی تجربیات شرکت‌ها و کشورهایی است که توانسته‌اند بخش قابل توجهی از مسیر توسعه را با موفقیت طی نمایند و در این مسیر به تجربیات ارزشمندی دست یافته‌اند که بی‌تردید می‌تواند رهگشای سایر کشورها در مسیر برنامه‌ریزی توسعه باشد.

بدین منظور در بخشی از پروژه تدوین نقشه راه توسعه فناوری Mini LNG، به بررسی تجربیات کشورهای استرالیا، چین و آمریکا پرداخته‌ایم. علاوه براین، با بررسی الگوهای فنی ارائه شده توسط شرکت‌های معتبر در زمینه مایع‌سازی گاز طبیعی، به تعریفی واحد برای طبقه‌بندی واحدهای مختلف LNG رسیده‌ایم. هرچند در این مسیر با استفاده از تجربیات این کشورها دسته‌بندی جامعی از کاربردهای Mini LNG ارائه گردیده است.

بررسی‌های انجام شده نشان داد، کشورهای امریکا، نروژ، برزیل، چین از جمله کشورهایی هستند که از واحدهای مایع‌سازی در مقیاس کوچک به منظور گازرسانی به نقاط دوردست و صعب‌العبور استفاده می‌کنند. احداث واحدهایMini LNG با هدف پیک‌سایی در کشورهایی نظیر ژاپن، انگلیس، کانادا و آمریکا بسیار مرسوم است. بطوری‌که تنها در کشور آمریکا نزدیک به ۷۰ واحد Mini LNG با هدف پیک‌سایی احداث شده است. یکی از کاربردهای قابل ارائه در صنعت LNG، استفاده از آن در پایانه‌های سوخت‌گیری برای تامین سوخت مایع و همچنین تولید CNG از آن می‌باشد. کشور آمریکا یکی از کشورهای پیشرو در بکارگیری و احداث پایانه‌های LCNG می‌باشد. یکی دیگر از کاربردهای LNG، استفاده از آن به عنوان سوخت در صنعت حمل و نقل، دریایی و هوایی می‌باشد که با توجه به مزایای زیست محیطی LNG در مقایسه با سوخت‌های دیگر، این کاربرد مسیر رو به رشدی را پیش رو دارد. کشورهای نروژ، سوئد، چین و

آمریکا از جمله کشورهایی هستند که از LNG به عنوان سوخت در صنایع مختلف استفاده می‌کنند. کاربرد دریایی واحدهای LNG نیز امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. زیرا بکارگیری فناوری LNG می‌تواند یک روش مناسب جهت بهره‌برداری از مخازن گازی کوچک و گازهای همراه پراکنده در سطح دریا که احداث خط لوله برای جمع‌آوری و انتقال آن‌ها به خشکی اقتصادی نیست باشد. کشور استرالیا یکی از کشورهایی است که از واحدهای Mini LNG برای بهره‌برداری از مخازن گازی کوچک در سطح دریا استفاده می‌کند.

در ادامه به نکات مهم و قابل‌توجه در خصوص تجربیات کشورهای استرالیا، چین و آمریکا اشاره می‌گردد.

٦-١- استرالیا

صنعت گاز استرالیا به طرز چشمگیری در حال گسترش می‌باشد که این منجر به سرمایه‌گذاری‌های هنگفت در این کشور، ایجاد مشاغل بسیار و درآمد مالیاتی بالایی در این کشور شده است. کشور استرالیا در حدود ۸۱۹ تریلیون فوت مکعب ذخایر گازی دارد.

به دلیل ظهور تکنولوژی‌های جدید در این کشور و همچنین بهره برداری از ذخایر بزرگتر، میزان عرضه این کشور به شدت در حال رشد است.

از جمله نقش‌های صنعت نفت و گاز در این کشور :

- سرمایه‌گذاری (هم اکنون در بیش از یک سوم سرمایه‌گذاری‌های بازرگانی استرالیا مشارکت دارد)
- اشتغال‌زایی مستقیم و غیرمستقیم
- توسعه منطقه‌ای
- درآمد حاصل از صادرات
- مالیات
- امنیت انرژی

لازم به ذکر است بیش از ۱۵۰ شرکت در صنعت گاز استرالیا مشغول فعالیت هستند. به علت فضای سیاسی پایدار، ذخایر هیدروکربنی سرشار و دسترسی به بازارهای آسیایی، استرالیا در کانون توجه سرمایه گذاران خارجی بسیاری قرار گرفته است.

در این کشور سیاستگذاری، وضع قوانین و خدمات اجرایی در حوزه نفت، گاز طبیعی و LNG، زغال‌سنگ و مواد معدنی توسط بخش منابع سازمان منابع، انرژی و گردشگری استرالیا صورت می‌گیرد. طبق گزارشات بدست آمده از این سازمان طی ۵ سال آتی، کشور استرالیا بزرگترین صادرکننده LNG در جهان خواهد بود.

از نکات قابل توجه در سیاست‌گذاری این حوزه می‌توان به مسئله اشاره کرد که از اول دسامبر سال ۲۰۱۱، به سوخت‌های گازی حمل‌ونقل، مالیات غیرمستقیم یا عوارض گمرکی تعلق گرفته است. همچنین از اول ژوئیه سال ۲۰۱۲ موارد زیر عملی گردیده است:

- افزایش نرخ عوارض گمرکی و مالیات غیرمستقیم برای LNG، LPG وCNG حمل‌ونقل
- تبدیل معافیت کامل از مالیات برای LNG و LPG غیرحمل و نقل به معافیت جزئی در بازه زمانی یک ژوئیه ۲۰۱۲ تا ۳۰ ژوئن ۲۰۱۳ و میزان این مالیات معادل هزینه کربن منتشر شده از این سوخت‌هاست.
- نرخ مالیات سوخت‌های هوایی داخل کشور معادل هزینه کربن منتشر شده از این سوخت‌ها می-باشد.

از سوی دیگر در این کشور تا قبل از یک ژوئیه سال ۲۰۱۲، معافیت کامل از مالیات برای LNG غیرحمل‌و نقل اعمال شد. از یک ژوئیه سال ۲۰۱۳، این قانون مجددا اجرا خواهد شد زیرا بهای کربن تحت پوشش مکانیزم قیمت‌گذاری کربن در خواهد آمد .

به طور کلی سازمان هایی که در استرالیا در صنعت LNG تاثیر دارند عبارتند از :

- سازمان امور خارجه و تجارت
- کمیسیون تجارت استرالیا
- اداره امور مالیاتی استرالیا
- کمیسیون بازار انرژی استرالیا
- کمیسیون رقابت و مصرف‌کنندگان
- انجمن وزارتی انرژی
- سازمان منابع، انرژی و گردشگری

آمار نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۲، بخش‌های LNG و CSG قادر به ارائه هزاران شغل تخصصی بوده و بیش از ۲۷۰۰۰ نفر هم اکنون در صنعت گاز طبیعی کوئینزلند مشغول فعالیت در زمینه‌های مختلفی نظیر حفاری و اکتشاف میادین گاز، ساخت خط لوله، ایستگاه‌های متراکم‌سازی و زیرساخت‌های مربوطه، ساخت تجهیزات واحدهای فرایندی و زیرساخت LNG در Gladstone، بهره‌برداری و حفاظت از خط لوله، ایستگاه‌های متراکم‌سازی و تجهیزات واحد فرایندی LNG و غیره می‌باشند.

طی دهه گذشته صادرات LNG استرالیا به میزان ٦٠٪ افزایش یافته است و این رشد همچنان هم ادامه دارد. در سال ۲۰۱۱-۲۰۱۲ درآمد حاصل از صادرات LNG در استرالیا به ۱۲ میلیارد دلار رسید.

بازارهای اصلی LNG استرالیا کشورهای ژاپن، چین و کره جنوبی می‌باشند. از دیگر مشتریان LNG استرالیا می‌توان به کشورهای تایوان و هند اشاره نمود. تا قبل از پایان این دهه، کشورهای آسیایی دیگری نیز به دلیل کاهش تولید LNG و مصرف رو به رشد آن در این کشورها، به جمع خریداران LNG استرالیا خواهند پیوست.

در پایان ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که استرالیا هم‌اکنون چهارمین صادرکننده بزرگ LNG در جهان است اما پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ به مقام نخست در این زمینه دست یابد.

٦-۲- چین

به منظور رسیدن مصرف گاز طبیعی در این کشور به سهم ۸/۳٪ درسبد انرژی در سال ۲۰۱۵، چین به واردات تقریبا ۵۰-٦۰ میلیارد متر مکعب از گاز طبیعی نیاز دارد. از سوی دیگر، در این کشور در بخش حمل و نقل ماشین‌های گاز سوز در هر دو بخش خصوصی و عمومی به بیش از ۷۵۰۰۰۰ ماشین و اتوبوس و تاکسی گازسوز توسعه پیدا خواهد کرد.

این کشور ٤٠ ٪ از نیاز خود به LNG را از واردات تامین می‌کند، که بیشتر از ۹۰٪ این واردات با قراردادهای بلندمدت با تامین‌کنندگان صورت می‌گیرد، از جمله تامین کنندگان LNG می‌توان به استرالیا، قطر، نروژ اشاره کرد.

لازم به ذکر است، به دنبال تولید خودروهای گازسوز CNG در چین، برنامه افزایش تولید خودرو با سوخت LNG به دلیل کارایی بیشتر LNG نسبت به CNG بخصوص برای وسایل نقلیه سنگین، در صدر برنامه‌های توسعه‌ای این کشور قرار داده شده است.

٦-٣- امریکا

در سال ۲۰۰۳ مرکز مدیریت اطلاعات انرژی پیش‌بینی کرد که در ۲۰ سال آتی تقاضای سالیانه LNG در جهان به طور متوسط سالانه ۲/۲ ٪ افزایش می‌یابد. در حال حاضر سیاست‌گذارهای آمریکا سیاست صادرات در اندازه‌های بزرگ را در سیاست گذاری‌های‌کلان خود ندارند. اما این کشور با توجه به بازار آینده LNG چه از نظر قیمت و چه از نظر تقاضا که با رشد فزاینده‌ای روبه‌رو ست، به سمت صادرات در مقیاس بزرگ گام برخواهد داشت.

صادرات LNG در آمریکا از ریسک سرمایه‌گذاری بسیار بالایی برخوردار است. طبق برآوردهای صورت گرفته، اگر میزان صادرات روزانه به ٦ میلیارد فوت مکعب برسد این کشور بین ۳/۱ میلیون دلار تا ۳/۷ میلیون دلار افزایش درآمد خواهد داشت. اگر آمریکا به ظرفیت تولید ٦ میلیارد فوت مکعب در روز دست یابد در حدود ۸۰۰۰ فرصت شغلی جدید ایجاد خواهد شد. همچنین با تاثیری که صادرات بر صنعت گاز طبیعی دارد، تقریبا ۲۵۰۰۰ فرصت شغلی در این صنعت ایجاد شده و در حدود ٤۰۰۰۰ شغل در زنجیره تامین این صنعت به‌و جود خواهد آمد.

بخش دوم: تحلیل نتایج و ارائه اولویت‌های فناوری

۱ – تعیین میزان جذابیت و توانمندی فرایند و تجهیزات کلیدی مرتبط با فناوری

پس از تبیین اهداف شرکت ملی گاز و شناخت فنی موضوع، میزان جذابیت و توانمندی فرایند و تجهیزات کلیدی تکنولوژی LNG تعیین شده و اولویت‌بندی می‌شوند.

در این پروژه در بحث تجهیزات میزان جذابیت و توانمندی مورد بررسی قرار گرفت اما در بحث فرایند با توجه به انتخاب شدن فرایندها در مراحل قبل تنها بحث توانمندی ارزیابی شد.

به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی تجهیزات کلیدی، از معیارهایی استفاده شد که عبارتند از :

معیارهای جذابیت	معیارهای توانمندی
۱- هزینه دستیابی به هر یک از تجهیزات؛	۱- وضعیت تجهیزات و آزمایشگاه‌ها (امکانات سخت‌افزاری)؛
۲- میزان تقاضا برای هر یک از تجهیزات؛	۲- وضعیت دانش فنی؛
۳- میزان نرخ رشد کاربرد هر یک از تجهیزات؛	۳- وضعیت نیروی انسانی متخصص و کارآمد؛
٤- میزان فوریت؛	٤- وضعیت زیرساخت‌های نرم افزاری؛
٥- میزان تنوع کاربرد هر یک از تجهیزات.	٥- میزان دسترسی به مواد اولیه.

ارزیابی این معیارها از طریق انجام مصاحبه با خبرگان این حوزه و ارسال پرسشنامه‌ای با معیارهای فوق به فعالان این حوزه صورت گرفت.

به منظور شناسایی فعالان حوزه طراحی و ساخت تجهیزات کلیدی این فناوری، ابتدا یک ارزیابی اولیه از سطح توانمندی موجود در کشور در هجدهمین نمایشگاه بین‌المللی نفت و گاز انجام شد و لیستی از شرکت‌هایی که در زمینه این تجهیزات فعالیت اجرایی و یا تحقیقاتی داشته‌اند، تهیه شد. پس از انجام بررسی‌های بیشتر، حذف شرکت‌های تامین‌کننده و شناسایی دقیق‌تر شرکت‌های سازنده تجهیزات، لیست نهایی جهت ارسال پرسشنامه تجهیزات به صورت جدول ۱۱ تهیه شد و پرسشنامه برای هر یک از شرکت‌های فعال ارسال شد. نمونه پرسشنامه

ارسال شده در پیوست ۳ ارائه شده است. جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی در بخش تجهیزات در جدول ۱۲ ارائه شده است.

جدول ۱۱: فعالان حوزه طراحی و ساخت تجهیزات کلیدی فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی

ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت
۱	گروه صنعتی دلوار افزار	۱۷	کولر هوایی آبان
۲	مپنا توسعه ۳	۱۸	پمپ های صنعتی ایران
۳	یارنیکان صالح	۱۹	پمپاژ کرمانشاه
٤	ماشین سازی اراک	۲۰	ماشین سازان البرز صنعت
٥	شرکت تولیدی صنعتی امین	۲۱	ساخت تجهیزات گاز تامکار
٦	فناوران شیمی پرشیا	۲۲	گروه صنعتی اسوه ایران
۷	مپصا	۲۳	سبز آشیان آپادانا
۸	مصنوعات فلزی سنگین	۲٤	پایساز
۹	اطلس کمپرسور کارا	۲٥	پارس کمپرسور
۱۰	مجتمع گازهای صنعتی نادر سرشت	۲٦	پترو سازه بین الملل
۱۱	کارخانجات صنام	۲۷	تهران مبدل
۱۲	کمپرسور بارون	۲۸	صنایع پتروگاز نامداران
۱۳	آراز صنعت آسیا	۲۹	لوله های دقیق کاوه
۱٤	کسراوند	۳۰	بهریز پمپ سامان
۱٥	توسعه پوشش سازندگان نوآور	۳۱	ژرف تدبیر توس

ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت
۱۶	گروه کارخانه‌های تولیدی نورد آلومینیوم	۳۲	طاها قالب توس
۳۳	شرکت توربین ماشین خاورمیانه	۳۹	بوتان
۳۴	صنعتی کاوه مبدل	۴۰	پولاد ورزان کیمیا
۳۵	پرگاسیران	۴۱	شرکت مایع سازی گاز
۳۶	پتروفن‌آوران فاتح	۴۲	اندیکو
۳۷	فاتح صنعت کیمیا	۴۳	کمپرسور سازان
۳۸	سدید جهان صنعت	۴۴	کول سامر

جدول ۱۲: جمع‌بندی جذابیت و توانمندی هریک از تجهیزات

ردیف	عنوان تجهیز	میزان جذابیت	میزان توانمندی
۱	مبدل حرارتی صفحه پره[1]	۸/۲۱	۵/۹۶
۲	کلد باکس[2]	۹/۰۷	۶/۷۶
۳	کمپرسور کرایوژنیک[3]	۶/۱۲	۶/۳۹
٤	توربو اکسپندر نیتروژن[4]	۶/۵۱	۵/۸۰
۵	پمپ انتقال LNG[5]	۶/٤۷	۶/۲۵
۶	لوله‌های عایق شده انعطاف پذیر[6]	۳/۸۹	٤/۹۳
۷	لوله های عایق شده ثابت[7]	۵/۳۸	۵/۵٤
۸	شیرهای تبریدی[8]	۵/۹۹	٤/۹۳
۹	مخازن ذخیره تبریدی اتمسفریک[9]	۶/۹۱	۷/۹۷
۱۰	مخازن ذخیره تبریدی تحت فشار[10]	۷/۰۱	۸/۳۱
۱۱	کامیون‌های حمل LNG[11]	٤/۷۶	۸/۳۶
۱۲	تبخیرکننده[12]	٤/۷۰	۷/۰۷

مبدل‌های صفحه پره و کلدباکس کاربرد وسیعی در صنایع مختلف علی الخصوص فراوری گازها و سیالات کرایوژنیک دارند. علاوه بر واحدهای مایع سازی گاز طبیعی، کلدباکس و مبدل‌های صفحه پره در واحدهای تولید گازهای صنعتی نظیر واحدهای مایع‌سازی گازهای اکسیژن، نیتروژن، آرگون و دی‌اکسیدکربن و واحد جداسازی هوا به کار می‌روند. واحدهای دفع نیتروژن، LPG و بازیابی هلیوم از جمله دیگر واحدهایی هستند که در آنها از کلدباکس و مبدل صفحه پره استفاده می‌شود. از کاربردهای دیگر این دو تجهیز کلیدی می‌توان به واحدهای تولید محصولات پتروشیمی نظیر اتیلن، MTBE و آمونیاک

[1] Plate Fin Heat Exchanger
[2] Cold Box
[3] Cryogenic Compressor
[4] N2-Turbo expander
[5] LNG pump
[6] Flexible Insulated pipes
[7] Fixed Insulated pipes
[8] Cryogenic valves
[9] Atmospheric Cryogenic storage tanks
[10] Pressurized Cryogenic storage tanks
[11] Cryogenic storage tanks as LNG Truck
[12] Vaporizer

اشاره کرد. این دو تجهیز دارای کاربردهای نظامی نیز می‌باشند.

با توجه به استفاده زیاد این تجهیزات در صنایع متفاوت و کاربردهای آن در حیطه های متفاوت صنعت، تمایل زیادی برای استفاده از این تجهیزات وجود دارد که در مجموع با توجه به سوالات ارائه شده در بخش جذابیت، این تجهیزات از جذابیت بالایی برخوردار شده‌اند. لازم به ذکر است مبدل حرارتی صفحه پره به همراه کمپرسور اصلی ترین اجزای چرخه مایع سازی به شمار می‌روند.

در بخش ارزیابی توانمندی فرایند، سوالات طرح شده مربوط به توانمندی در فرایندهای سیکل‌های انبساطی نیتروژن و سیکل مبرد مخلوط تکی است. این سوالات بر میزان دانش فنی موجود بر سه جنبه از فناوری‌ها تاکید دارند که عباتند از:

۱) وضعیت دانش طراحی فرایند در سطح طراحی مفهومی (Conceptual Design)

۲) وضعیت دانش طراحی فرایند در سطح طراحی پایه (Basic Design)

۳) وضعیت دانش طراحی فرایند در سطح طراحی تفصیلی (Detail Design)

در بخش شناسایی شرکت‌های توانمند در زمینه طراحی فرایندهای مایع‌سازی گاز طبیعی، لیستی از شرکت‌های دارای تجربه در زمینه سایر فرایندهای سردسازی صنعت گاز، توسط پژوهشگاه صنعت نفت در اختیار مجموعه قرار گرفت که پس از تکمیل و بازبینی پرسشنامه برای ایشان ارسال گردید. جدول ۱۳ اسامی شرکت‌های توانمند شناسایی شده در زمینه طراحی فرایند را نشان می‌دهد. نمونه پرسشنامه ارسال شده در پیوست ۳ ارائه شده است.

جدول ۱۳: شرکت‌های توانمند در زمینه طراحی فرایندهای مایع‌سازی گاز طبیعی

ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت
۱	سازه	۸	سازمان صنایع دفاع
۲	ناموران	۹	مایع‌سازی گاز طبیعی ایران
۳	طراحی و مهندسی صنایع انرژی	۱۰	پیدکو
٤	نارگان	۱۱	ایران ایتوک
٥	انرشیمی	۱۲	چگالش
٦	تهران رایمند	۱۳	دریاپالا
۷	گازهای صنعتی دلوار افزار		

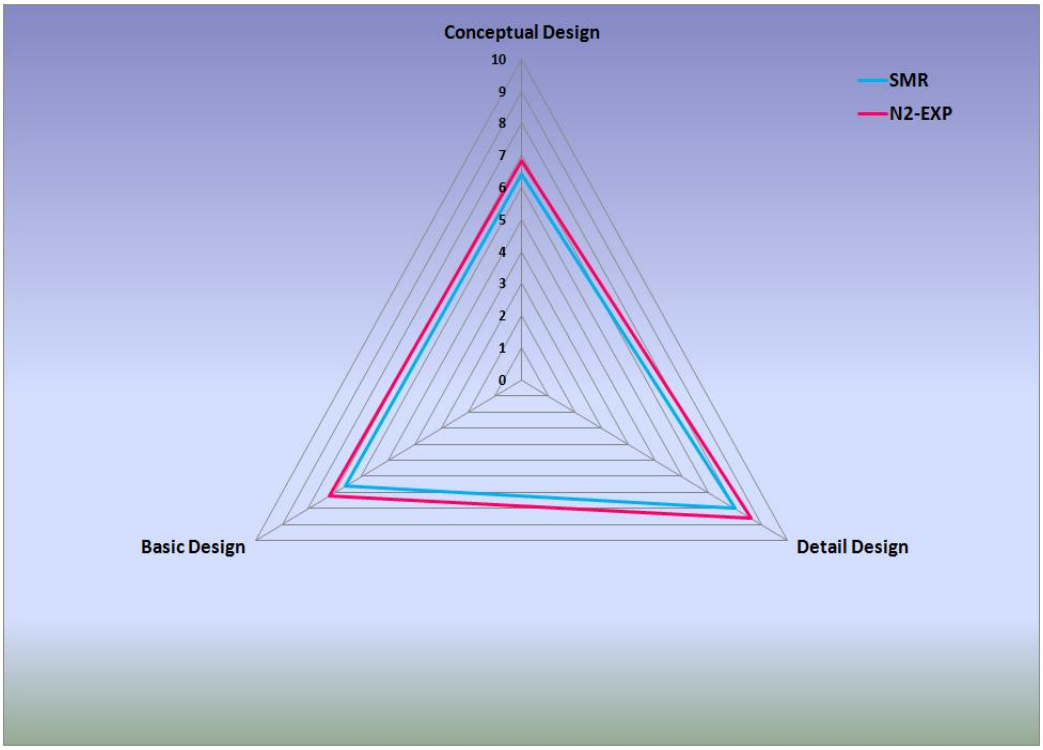
نتایج بدست آمده در هریک از سطوح برای هریک از فناوری‌ها در جدول ١٤ ارائه شده است.

جدول ١٤: توانمندی هریک از فناوری‌ها در هریک از سطح‌ها

سطح توانمندی / فناوری	طراحی مفهومی	طراحی پایه	طراحی تفصیلی
SMR	٦/٤٣	٦/٦٢	٨/٠٢
N2-EXP	٦/٨٣	٧/٢٣	٨/٦٠

همچنین نمودار زیر مقادیر جدول فوق را بصورت شماتیک نمایش می‌دهد.

نمودار ۵: نمودار توانمندی هریک از فناوری‌ها در هریک از سطح‌ها

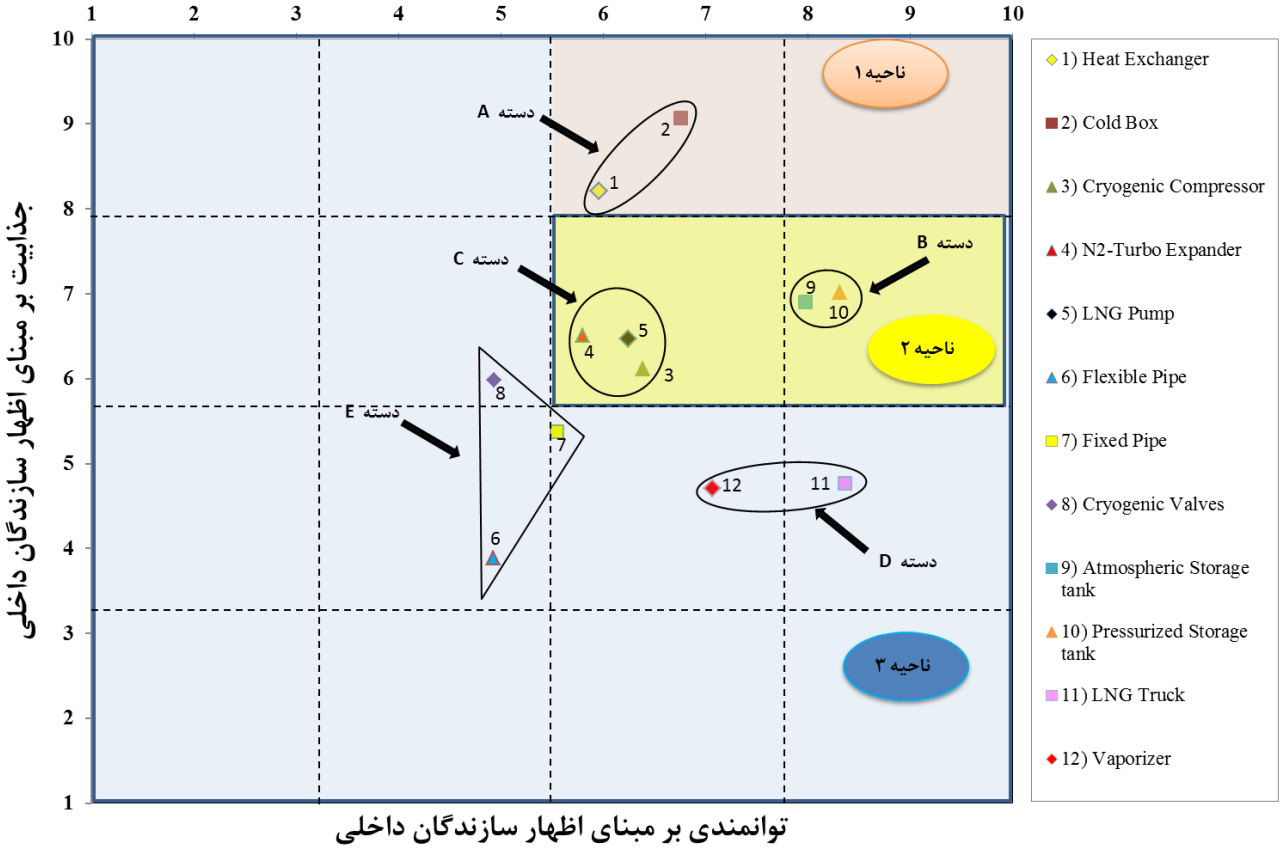


نتایج بدست آمده در زمینه طراحی فرایند به شرح زیر می‌باشد:

- ✓ در هر دو فرایند بررسی شده بیشترین توانایی در سطح طراحی تفصیلی دیده می‌شود. طراحی پایه در مرحله بعدی قرار داشته و پس از آن طراحی مفهومی قرار دارد.
- ✓ در مقایسه بین دو فرایند می‌توان به این نکته اشاره نمود که بصورت نسبی توانایی بیشتری در فرایند N_2-EXP در کشور وجود دارد.
- ✓ با مقایسه دو به دو هریک از فناوری‌ها در هریک از سطوح بروشنی دیده می‌شود که جمع‌بندی مقادیر تخصیص داده شده به فناوری N_2-EXP در تمامی سطوح از جمع‌بندی مقادیر تخصیص داده شده به فرایند SMR بیشتر است و لذا میزان توانایی در این فرایند بیشتر خواهد بود.

۲- ترسیم و تحلیل ماتریس

جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌های دریافتی در بخش تجهیزات در ماتریس جذابیت- امکان پذیری قرار گرفت. این ماتریس به منظور تعیین اولویت‌های تجهیزات کلیدی مورد استفاده در فناوری مورد استفاده قرار گرفته و پس از دسته‌بندی به صورت شکل ۱۱ در می‌آید. لازم به ذکر است، نتایج ارزیابی جذابیت و توانمندی در پروژه حاضر صرفا برمبنای اظهار نظر سازندگان داخلی بوده و ضروریست در مراحل بعدی راستی آزمایی در مورد این نتایج انجام پذیرد.



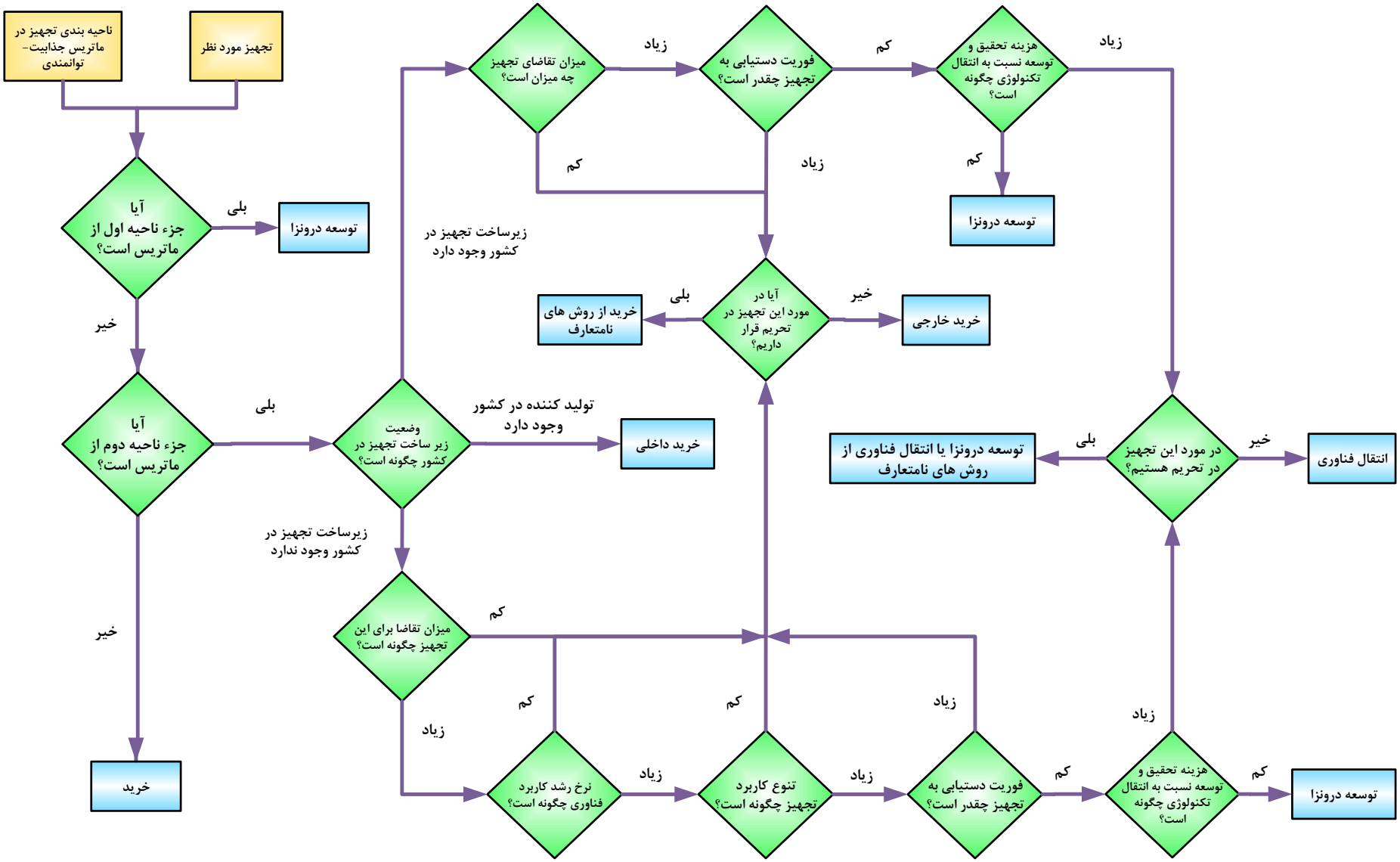
شکل ۱۱: نمودار دسته بندی ابرهای تکنولوژی

* با توجه به احتمال برداشت اشتباه سازندگان از دو کلمه کلدباکس و مبدل حرارتی صفحه پره، این دو تجهیز با عناوین مختلف در ارزیابی جذابیت- توانمندی عنوان شده‌اند. هرچند در عمل این دو یک دستگاه می‌باشند.

این ماتریس بیانگر جایگاه جذابیت و توانمندی هر یک از تجهیزات می‌باشد. در این پروژه از روش تقسیم به ۱۶ ناحیه استفاده شد. استفاده از ۱۶ ناحیه برای تقسیم‌بندی ماتریس به

تصمیم‌گیری دقیق در مورد ناحیه‌ای که هر یک از تجهیزات در آن قرار می‌گیرد، کمک بیشتری می‌نماید. در ناحیه اول که میزان جذابیت و توانمندی بالاتر از نواحی دیگر است، استراتژی توسعه پیشنهاد می‌گردد (ابر A). ابرهای B و C در ناحیه دو قرار گرفته‌اند که ناحیه بهبود انتخابی می باشد؛ به بیان دیگر پس از تجهیزات ناحیه اول، تجهیزات این ناحیه مورد توجه قرار گرفته و با توجه به امکانات، از میان آنها تعدادی از تجهیزات در دستور کار توسعه قرار می‌گیرد. در نهایت ابر D و E در ناحیه سه قرار گرفته است که این تجهیزات به طور نسبی از جذابیت و توانمندی کمتری نسبت به سایر تجهیزات برخوردارند. از این رو استراتژی کلی برای تجهیزات این ناحیه چشم‌پوشی و صرف‌نظر از توسعه تکنولوژی می‌باشد.

علاوه بر نتایج جذابیت و توانمندی حاصل شده، الگوریتمی جهت انتخاب راه‌های توسعه و اکتساب فناوری توسط تیم مشاور طراحی شد که در آن معیارهایی نظیر میزان تقاضا، نرخ رشد کاربرد، میزان هزینه انتقال تکنولوژی در مقابل توسعه درون‌زا و تحریم در نظر گرفته شد. شکل ۱۲ الگوریتم مذکور را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲: الگوریتم تعیین اولویت و انتخاب استراتژی تحقیقاتی

پس از تعیین روش اکتساب فناوری برای هریک از تجهیزات کلیدی با بکارگیری الگوریتم و سپس اعمال نظر خبرگان، نتایج به صورت جدول ۱۵ خواهد بود. در این جدول، علاوه بر ناحیه‌ای که تجهیز در آن واقع شده، استراتژی انتخابی و اولویت انجام تحقیقات مشخص شده است.

جدول ۱۵: اولویت‌های تحقیقاتی و استراتژی توسعه انتخابی هر یک از تجهیزات

ردیف	عنوان تجهیز	ناحیه واقع شده در ماتریس جذابیت- توانمندی	استراتژی انتخابی بر اساس راه‌های توسعه تکنولوژی
۱	**کلدباکس**	۱	توسعه درونزا یا انتقال فناوری از روش‌های نامتعارف
۲	**کمپرسور کرایوژنیک**	۲	انتقال فناوری
۳	**توربو اکسپندر نیتروژن**	۲	توسعه درونزا یا انتقال فناوری از روش‌های نامتعارف
٤	**پمپ انتقال LNG**	۲	توسعه درونزا
٥	**لوله های عایق شده انعطاف پذیر**	۳	خرید
٦	**لوله های عایق شده ثابت**	۳	خرید داخل
۷	**شیرهای تبریدی**	۳	خرید
۸	**مخازن ذخیره تبریدی اتمسفریک**	۲	خرید داخل
۹	**مخازن ذخیره تبریدی تحت فشار**	۲	خرید داخل
۱۰	**کامیون حمل LNG**	۳	خرید
۱۱	**تبخیرکننده**	۳	خرید داخل

مرحله سوم: ارائه نقشه راه ملی توسعه فناوری

۱- اهداف توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی

اهداف توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی به عنوان یکی از ورودی‌های بسیار تاثیرگذار در تعیین اولویت‌های فناوری مایع سازی گاز طبیعی تلقی می‌شود. با توجه به عدم وجود اهداف به صورت مکتوب، این مهم از طریق برگزاری جلساتی با مدیران ارشد شرکت ملی گاز و تعدادی از خبرگان و صاحب‌نظران حاصل گردید. بر این اساس اهداف مصوب در سند ملی توسعه فناوری Mini LNG به ترتیب اهمیت عبارتند از:

۱) دستیابی به دانش فنی احداث واحدهای Mini LNG با هدف دستیابی به دانش فنی احداث واحدهای LNG در مقیاس بالا

۲) دستیابی به دانش فنی احداث واحدهای Mini LNG با مدنظر قرار دادن زیرفناوری‌های کلیدی آن با کاربردهای چند منظوره

۳) دستیابی به دانش فنی احداث واحدهای Mini LNG با هدف استفاده از آن در کاربردهای اختصاصی آن

شکل ۱۳: اهداف توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی بر اساس افزایش اهمیت و وزن اختصاص یافته

۲- برنامه عملیاتی، تعیین مجری و همکار و زمان‌بندی اجرایی هر راهبرد

در این مطالعه اقدامات برنامه عملیاتی به دو دسته اقدامات فنی و اقدامات غیرفنی تقسیم شده است. اقدامات فنی مربوط به طراحی و ساخت تجهیزات کلیدی فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی می‌باشد و اقدامات غیرفنی جهت تسریع انجام اقدامات فنی تعریف شده است. جدول ١٦ تخصیص منابع به اقدامات برنامه عملیاتی فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی را نشان می‌دهد. فعالیت‌های مربوط به اقدامات غیرفنی در جداول ۱۷، ۱۸ و ۱۹ ارائه شده است. جدول ۲۰ فعالیت‌های مقدماتی ساخت تجهیزات کلیدی را نشان می‌دهد.

در برنامه‌ریزی تخصیص منابع، فرآیند تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به‌کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده، به ویژه در کوتاه‌مدت می‌باشد. لازم به ذکر است که معمولا در این گونه پروژه‌ها تخصیص زمان، یک فرآیند تخصیص منابع محدود در نظر گرفته می‌شود. به عبارتی کل زمان در دسترس برای تحقق برنامه‌ها از قبل تعیین می‌شود و هر برنامه می‌باید در این مدت زمان خاص خود به اتمام برسد.

جدول ۱۶: تخصیص منابع به اقدامات اصلی برنامه عملیاتی

ردیف	اقدامات اصلی	هزینه (میلیون دلار)	زمان (سال)	سازمان های محوری
۱	**تأمین و تسهیل منابع**	*	۱/۵	وزارت نفت، معاونت علمی ریاست جمهوری، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، انستیتو مایع‌سازی گاز طبیعی
۲	**ارتقاء نظام سیاست گذاری**	*	۱	وزارت نفت، مجلس شورای اسلامی، وزارت علوم تحقیقات و فناوری، انستیتو مایع‌سازی گاز طبیعی
۳	**ایجاد و توسعه شبکه همکاری بین بازیگران**	*	۲	پژوهشگاه صنعت نفت، بخش تحقیق و توسعه دانشگاه‌ها، شرکت‌های سازندگان تجهیزات، شرکتهای مهندسین مشاور
٤	**فعالیت‌های مقدماتی ساخت تجهیزات کلیدی**	*	۲	شرکت ملی گاز ایران
۵	**طراحی و ساخت کلدباکس**	۱۰	٤ -۳/۵	شرکت‌های سازنده مبدل مانند هیلاویس آرینا و دلوارافزار
٦	**طراحی و ساخت پمپ LNG**	۱	۲/۵ -۲	شرکت‌های سازنده پمپ مانند پمپ‌های صنعتی ایران
۷	**طراحی و ساخت کمپرسور کرایوژنیک**	۱۵	۵	شرکت‌های سازنده کمپرسور مانند مپنا، OTC، توربوکمپرسور خاورمیانه
۸	**طراحی و ساخت توربو اکسپندر**	۱۰	۵	شرکت‌های سازنده توربواکسپندر مانند مپنا، توربوکمپرسور خاورمیانه، آراز صنعت آسیا
۹	**تدوین دانش طراحی فرایند و احداث واحد بنچ**	۲	۳-۲	پژوهشگاه صنعت نفت، شرکت‌های مهندسین مشاور، پارک‌های علم وفناوری
۱۰	**احداث واحد نیمه صنعتی**	*	۴	شرکت ملی گاز ایران
۱۱	**احداث واحد صنعتی**	*	۳	شرکت ملی گاز ایران
۱۲	**زیرساخت های سخت افزاری**	*	۳-۲	انستیتو مایع‌سازی گاز طبیعی

* عدم امکان برآورد هزینه

جدول ۱۷: فعالیت‌های مربوط به اقدام تأمین و تسهیل منابع

ردیف	فعالیت‌ها
۱	تشکیل مرکز تحقیق ملی در زمینه فرایندهای سردسازی و مایع‌سازی
۲	جذب حمایت‌های مالی اختصاصی مورد نیاز در راستای بومی‌سازی دانش فنی ساخت تجهیزات دارای اولویت از مراجع ذیربط
۳	شناسایی و برقراری ارتباط با متخصصان خارجی و ایرانیان مقیم خارج از کشور
٤	اعطای بورس تحصیلی در حوزه های تخصصی و فراهم نمودن بستر لازم برای ارسال صنعتگران خبره به خارج از کشور با همکاری سازمان های معتبر بین المللی
٥	تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه فرایندهای سرمایشی علی‌الخصوص فرایند SMR و فرایندهای انبساطی و گرایش‌های مکانیک، ابزار دقیق، مواد و ...
٦	کمک به ثبت اختراعات و پتنت‌های ملی در زمینه فرایندهای مایع سازی
۷	تدوین استانداردها و ضوابط فنی مورد نیاز در سطح ملی و منطقه‌ای
۸	روزآمدسازی محتوایی نظام آموزش عالی کشور در راستای ارائه محتوای آموزشی مناسب و تخصصی در حوزه تخصص‌های مورد نیاز صنعت مایع سازی گاز طبیعی در کشور
۹	حمایت از پایان نامه‌های تحصیلات تکمیلی دانشگاهی با توجه به اولویت‌های توسعه فناوری مایع سازی گاز طبیعی و تجهیزات کلیدی آن
۱۰	برگزاری برنامه‌های آموزشی تخصصی در زمینه های مرتبط با دانش فنی ساخت تجهیزات و طراحی فرایند با همکاری شرکت‌ها و متخصصان معتبر بین المللی
۱۱	حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی به منظور بهره گیری از LNG در صنایع دریایی و هوایی، حمل و نقل و ...

جدول ۱۸: فعالیت‌های مربوط به اقدام ارتقاء نظام سیاست گذاری و راهبری فناوری

ردیف	فعالیت‌ها
۱	توسعه زیرساخت های قانونی در راستای حمایت از روند توسعه فناوری مایع سازی گاز طبیعی در زمینه جذب سرمایه گذاری و حمایت از بومی سازی تجهیزات مرتبط بر اساس مزیت های راهبردی آن
۲	تشکیل کمیته ملی LNG با محوریت وزارت نفت و با عضویت سازمان‌های ذیربط به منظور ایجاد ثبات و وحدت رویه در فرایندهای تصمیم گیری و سیاستگذاری در بخش LNG
۳	اجرای کامل قانون حداکثر استفاده از توان سازندگان داخلی در طراحی، ساخت و تعمیر تجهیزات مورد نیاز در صنعت مایع سازی گاز طبیعی

جدول ۱۹: فعالیت‌های مربوط به اقدام ایجاد و توسعه شبکه همکاری‌های بین بازیگران و دست اندرکاران نظام توسعه فناوری

ردیف	فعالیت‌ها
۱	توسعه تعاملات ظرفیت های علمی، تحقیقاتی و صنعتی بخش دفاعی و بخش های دانشگاهی و صنعتی کشور
۲	تشکیل و ساماندهی کارگروه‌های سه جانبه دولت، صنعت و دانشگاه با هدف انسجام هر چه بیشتر فضای تصمیم‌سازی با نیازها و شرایط خاص توسعه فناوری مایع‌سازی گاز طبیعی در کشور و برگزاری نشست‌های تخصصی با انجمن‌های مرتبط (استصنا و ستصا) جهت شناسایی ظرفیت‌ها و توانمندی‌های داخلی
۳	برقراری زمینه های بحث و تبادل نظر بین پروژه‌های فعال و انجام گرفته در داخل با پروژه‌های مشابه خارجی با هدف ارزیابی تطبیقی دانش احصا شده و اعتبار بخشی حداکثری به نتایج آن‌ها و زمینه‌سازی برای همکاری مشترک بین پروژه-های انجام گرفته با هدف به اشتراک‌گذاری منابع و ظرفیت‌ها در پروژه‌های آتی
٤	راه‌اندازی سایت تخصصی اطلاع‌رسانی در زمینه آخرین دستاوردهای علمی و صنعتی داخلی و خارجی در زمینه LNG و ساماندهی نظام مدیریت اطلاعات تخصصی سازندگان تجهیزات بخش‌های مختلف صنعت مایع‌سازی گاز طبیعی و خدمات وابسته
٥	مشارکت در کنسرسیوم‌های فناوری بین‌المللی
٦	ارزیابی سطح بلوغ و فناوری در تجهیزات منتخب با هدف شناسایی گلوگاه‌های دانشی و شناخت دقیق ظرفیت‌های

ردیف	فعالیت‌ها
	موجود در کشور
۷	شناسایی و تعامل با شرکت‌های صاحب دانش و فناوری و یا صاحب نظران این حوزه در سطح دنیا در زمینه تجهیزات و فرایندهای LNG
۸	برقراری ارتباط با شرکت‌های تأمین کننده و وارد کننده مواد و تجهیزات و سفارش تأمین مواد به آن‌ها
۹	حمایت از تشکیل شرکت‌های دانش بنیان در زمینه انتقال دانش فنی بین صنعت و دانشگاه
۱۰	ایجاد ساختار شبکه‌ای با محوریت پژوهشگاه صنعت نفت به نحوی که بتوان از توانمندی‌های مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی و توان و تجربه مهندسی شرکت‌های مهندسین مشاور بهره برد و برقراری ارتباط منطقی بین شبکه طراحی و بومی‌سازی تجهیزات و شبکه طراحی و بومی‌سازی فرایند

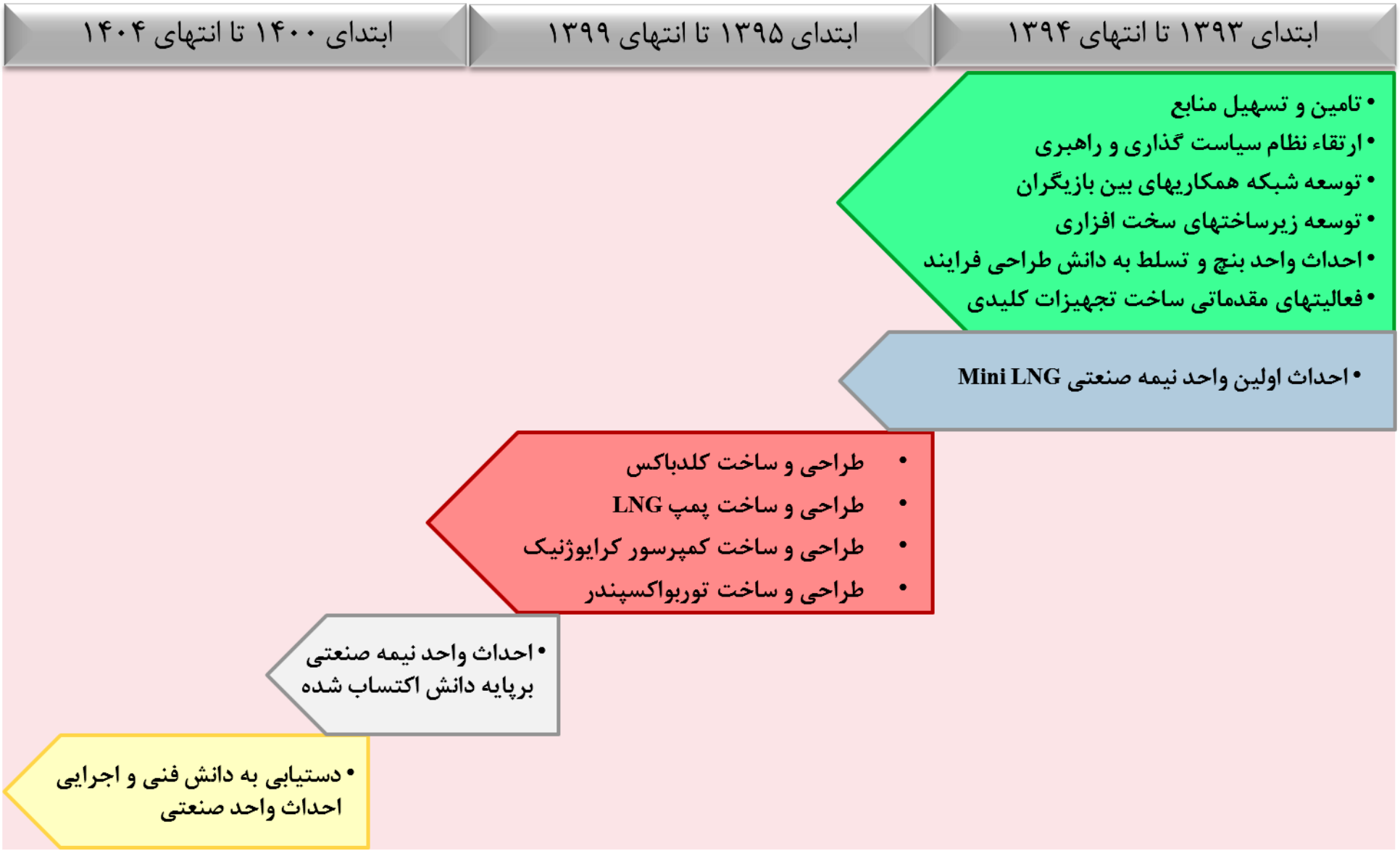
جدول ۲۰: فعالیت‌های مقدماتی ساخت تجهیزات کلیدی

ردیف	فعالیت‌ها	تخصص مورد نیاز	زمان (ماه)
۱	تشکیل کارگروه‌های جداگانه جهت بررسی دقیق میزان توانمندی کشور در زمینه ساخت تجهیزات کلیدی کلدباکس، پمپ کرایوژنیک، کمپرسور کرایوژنیک و توربو اکسپندر	مهندس مکانیک، شیمی	٦
۲	تشکیل کارگروه‌های جداگانه جهت بررسی کارهای تحقیقاتی انجام شده در حوزه هریک از تجهیزات کلیدی شناسایی شده در کشور و برنامه‌ریزی با هدف توسعه فناوری هر یک از تجهیزات	مهندس شیمی، مکانیک، برق	٦
۳	تدوین سند بومی‌سازی دانش فنی ساخت تجهیزات کلیدی کلدباکس، پمپ کرایوژنیک، کمپرسور کرایوژنیک و توربو اکسپندر	-	۱۲

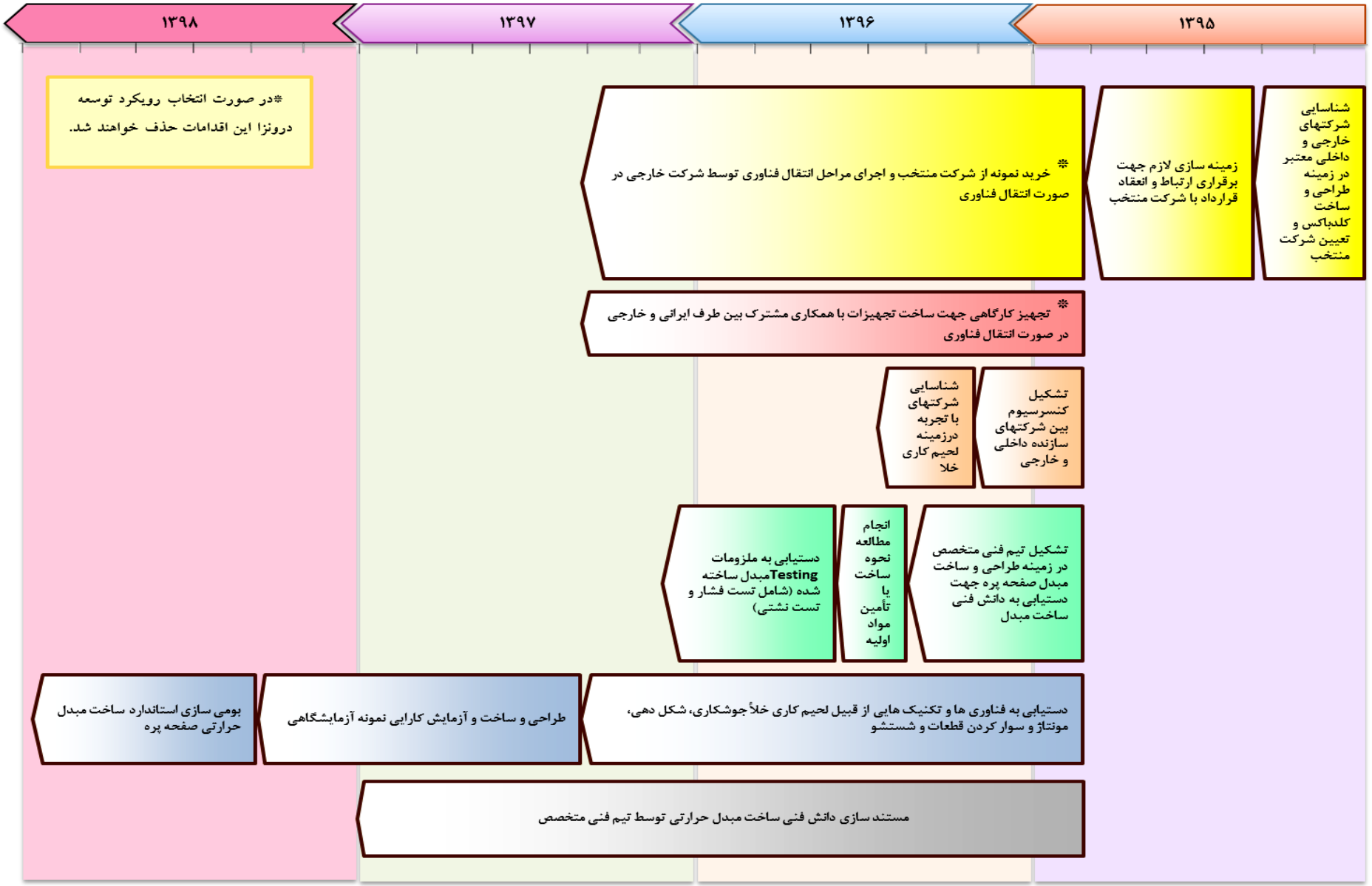
۳- تعیین تقدم و تأخر راهبردها، اولویت‌بندی آن‌ها و تهیه نقشه راه

در گام آخر اجرای کار، یکپارچه‌سازی این برنامه‌ها و تعیین تقدم و تأخر هر یک نسبت به سایر برنامه‌ها مشخص خواهد شد. وابستگی یا عدم وابستگی هر برنامه به سایرین تعیین کننده تقدم و تأخر می‌باشد. نمایش تقدم و تأخر اقدامات در سطوح مختلف و زمان‌بندی تحقق هر سطح تشکیل‌دهنده نقشه راه می‌باشد.در ادامه نقشه راه کلی و نقشه راه طراحی و ساخت تجهیزات اولویت‌دار ارائه شده است.

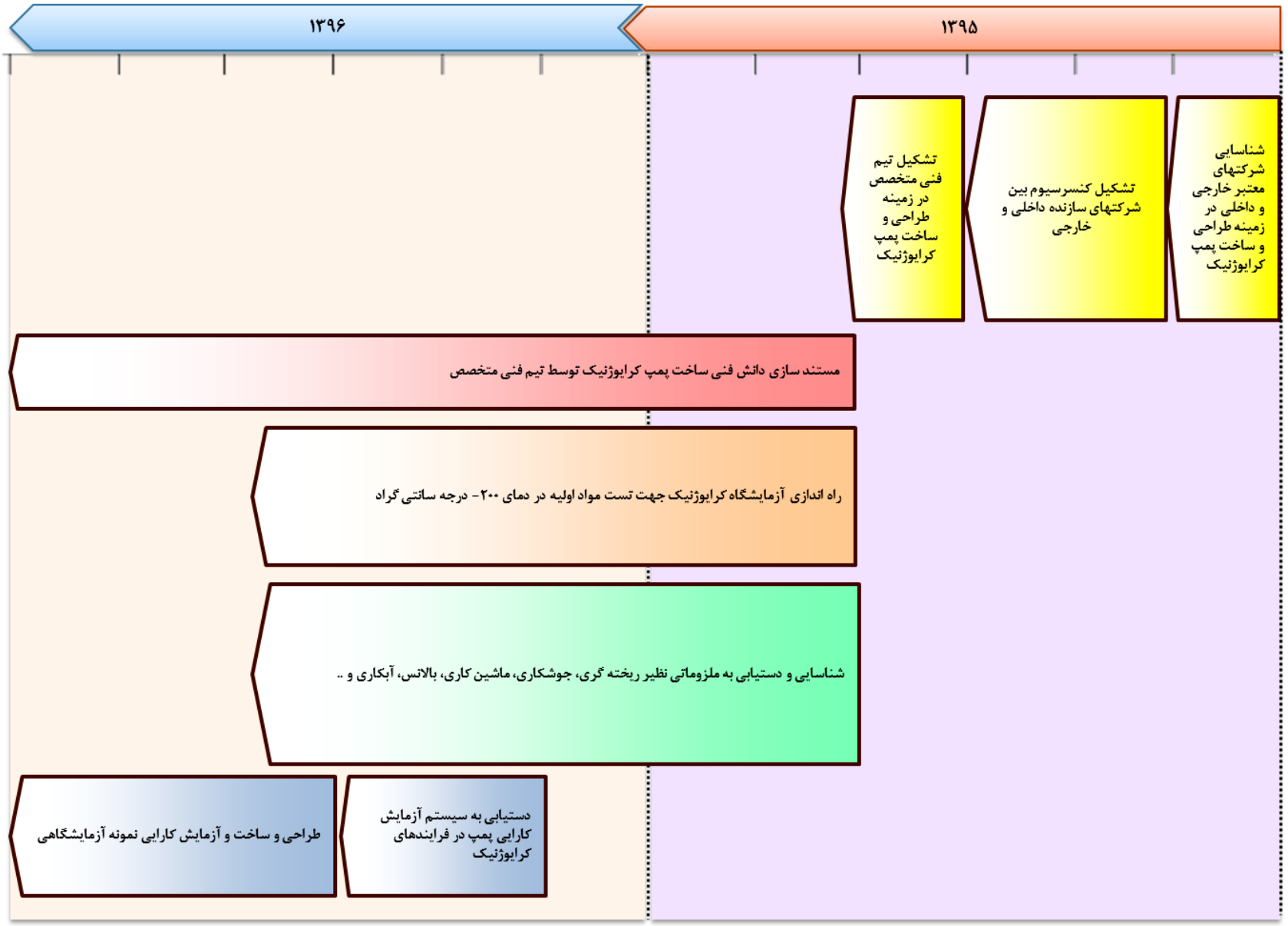
شکل ١٤: برنامه زمان بندی عملیاتی سازی نقشه راه توسعه فناوری مایع سازی گاز طبیعی



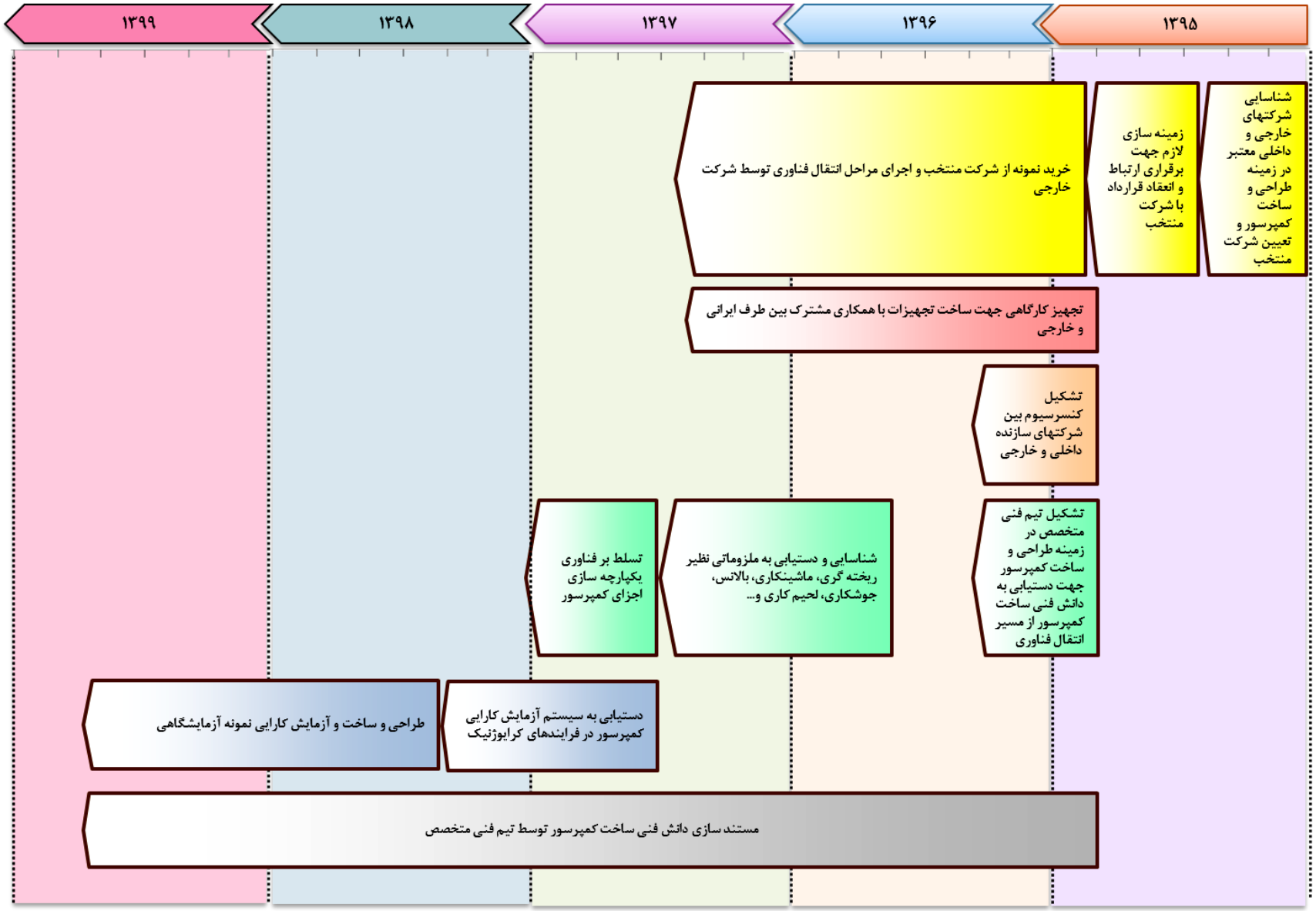
شکل ۱۵: برنامه زمان‌بندی عملیاتی‌سازی نقشه راه طراحی و ساخت کلدباکس



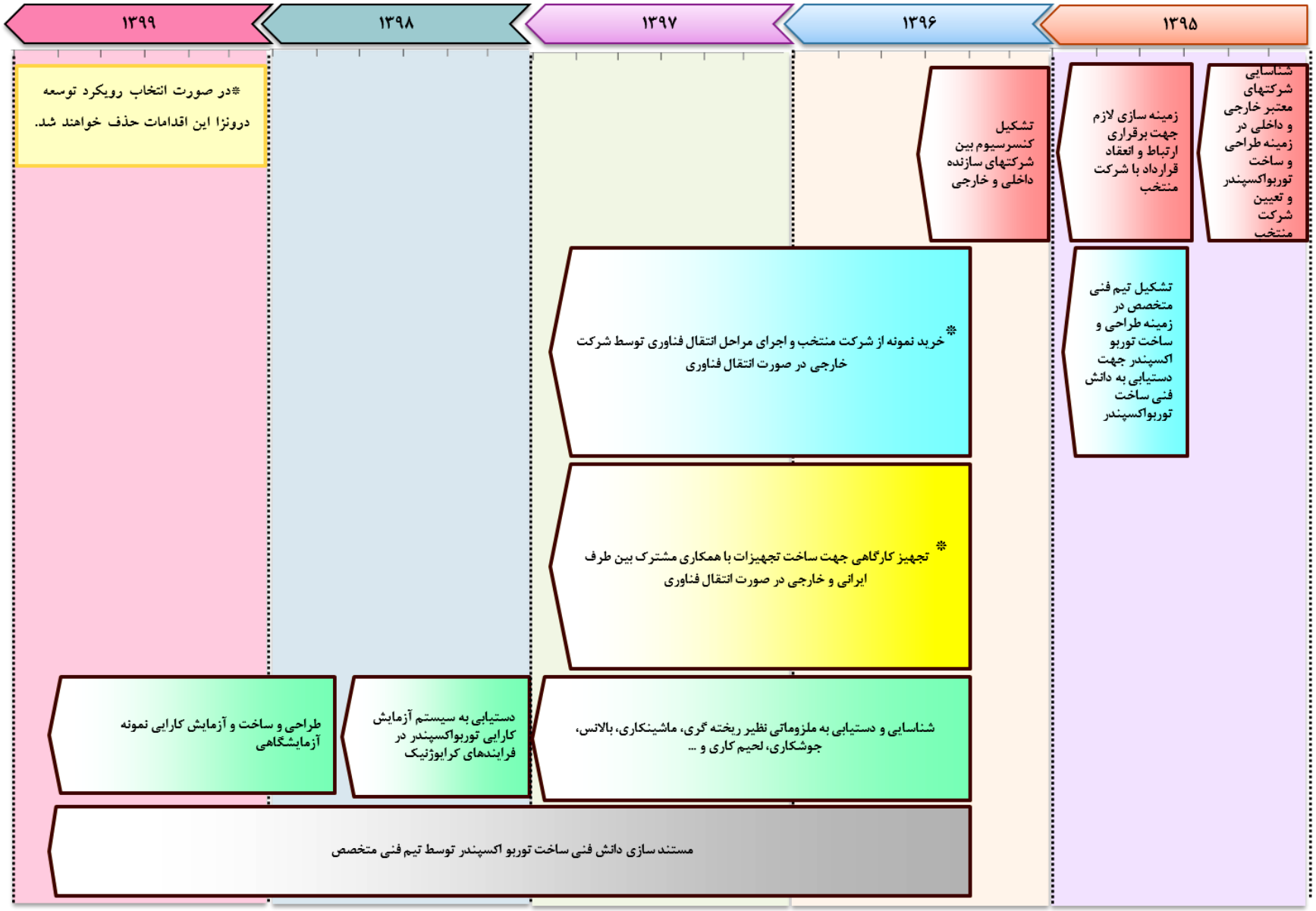
شکل ۱۶: برنامه زمان‌بندی عملیاتی‌سازی نقشه راه طراحی و ساخت پمپ LNG



شکل ۱۷: برنامه زمان‌بندی عملیاتی‌سازی نقشه راه طراحی و ساخت کمپرسور کرایوژنیک



شکل ۱۸: برنامه زمان‌بندی عملیاتی‌سازی نقشه راه طراحی و ساخت توربواکسپندر



پیوست ۱

در این بخش به خلاصه ای از سیاست های کلان اشاره شده در اسناد بالا دستی در ارتباط با توسعه صنعت LNG، اهداف کمی و کیفی تعیین شده و همچنین سیاست‌های اصلاح ساختار و تشکیلات در اسناد بالا دستی در ارتباط توسعه صنعت LNG اشاره شده است.

جدول ۱: سیاست های کلان اشاره شده در اسناد بالا دستی در ارتباط با توسعه صنعت LNG

ردیف	سیاست های کلان اشاره شده در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
۱	استفاده از حداکثر ارزش افزوده منابع طبیعی	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی**
		سند چشم انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴
۲	ایجاد ساز و کارهای انگیزشی برای رشد بهره‌وری عوامل تولیدی (انرژی، سرمایه، نیروی کار، آب و ...)	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی**
		سند چشم انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴
		قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
۳	بهره‌برداری از موقعیت منطقه‌ای و جغرافیایی کشور برای خرید و فروش و فرآوری و پالایش و معاوضه و انتقال نفت و گاز منطقه به بازارهای داخلی و جهانی	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی**
		سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی
		سیاست‌های کلی کشور در زمینه نفت و گاز (مصوب سال ۱۳۷۹ مجمع تشخیص مصلحت نظام)
٤	افزایش قدرت اقتصادی و امنیتی و سیاسی و افزایش سهم و نقش ایران در انتقال گاز آسیای میانه به شبه‌قاره هند، ترکیه و اروپا	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی**
		سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی
		سیاست‌ها و برنامه‌های غیر مصوب در حوزه انرژی
		چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)

ردیف	سیاست های کلان اشاره شده در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
۵	ارتقا فناوری در زمینه های توسعه و بهره برداری منابع و صنایع نفت و گاز پتروشیمی	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی**
		سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی
		قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
		سیاست‌های کلی کشور در زمینه نفت و گاز (مصوب سال ۱۳۷۹ مجمع تشخیص مصلحت نظام)
		قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
٦	مجهز کردن صنعت گاز به تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات روز	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۷	حداکثر جایگزینی فرآورده‌های نفتی توسط گاز طبیعی	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
		چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)
۸	حمایت از سرمایه‌گذاری‌های مشترک در منطقه و از پذیرش سرمایه‌گذاری خارجی در توسعه صنعت گاز	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۹	تمرکز بر ایجاد و توسعه زیرساخت‌های لازم توسعه صنعت گاز و صنایع انرژی بر در مناطق مستعد مثل سواحل و جزایر شمال خلیج‌فارس	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
		سند چشم انداز بیست ساله صنعت نفت، گاز و پتروشیمی
۱۰	کسب تکنولوژی تبدیل گاز به برق (GTW)	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		سند چشم انداز بیست ساله صنعت نفت، گاز و پتروشیمی

ردیف	سیاست های کلان اشاره شده در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
۱۱	استفاده از تاسیسات قابل حمل برای تولید LNG از ذخایر گازی پراکنده	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی** سند چشم انداز بیست ساله صنعت نفت، گاز و پتروشیمی
۱۲	انتقال گاز طبیعی به روش تبدیل آن به هیدرات	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی** سند چشم انداز بیست ساله صنعت نفت، گاز و پتروشیمی
۱۳	جهت ارتقای آگاهی‌های عمومی در مصرف بهینه گاز طبیعی	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی** چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)

جدول ۲: اهداف کمی و کیفی تعیین شده در اسناد بالا دستی در ارتباط توسعه صنعت LNG

ردیف	اهداف کمی و کیفی تعیین شده در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
۱	دست یافتن به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در مقیاس منطقه‌ای	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** سند چشم انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴
۲	افزایش ظرفیت تولید صیانت‌شده ی نفت متناسب با ذخایر موجود	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی سیاست‌های کلی کشور در زمینه نفت و گاز (مصوب سال ۱۳۷۹ مجمع تشخیص مصلحت نظام)
۳	افزایش ظرفیت تولید گاز و گسترش اکتشاف گاز	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی

ردیف	اهداف کمی و کیفی تعیین شده در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
		قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
		سیاست‌های کلی کشور در زمینه نفت و گاز (مصوب سال ۱۳۷۹ مجمع تشخیص مصلحت نظام)
		قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
		سیاست‌ها و برنامه‌های غیر مصوب در حوزه انرژی
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
		چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)
٤	تامین کننده انرژی برای ۹۵٪ مناطق شهری توسط گاز طبیعی، ٤۰٪ خانوار روستایی، نیروگاههای کشور، صنایع انرژی بر و حمل و نقل	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
٥	بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت انرژی	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی**
		سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی
		سیاست‌های کلی کشور در زمینه نفت و گاز (مصوب سال ۱۳۷۹ مجمع تشخیص مصلحت نظام)
		قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
		سیاست‌ها و برنامه‌های غیر مصوب در حوزه انرژی
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
٦	جایگزینی صادرات فرآورده‌های نفت و گاز و پتروشیمی به‌جای صدور نفت خام	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه**

ردیف	اهداف کمی و کیفی تعیین شده در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
	و گاز طبیعی	**انرژی** سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی سیاست‌های کلی کشور در زمینه نفت و گاز (مصوب سال ۱۳۷۹ مجمع تشخیص مصلحت نظام)
۷	تجارت گاز طبیعی در سقفی معادل ۲۰ درصد مبادلات بین‌المللی	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی** گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۸	صادرات مستقیم گاز با خط لوله به کشورهای هند، پاکستان، امارات متحده عربی، اروپا، ارمنستان، کویت و عمان	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی** پیشنهادات وزیر نفت به سازمان مدیریت و برنامه ریزی در اردیبهشت ماه ۱۳۸٤
۹	صادرات گاز طبیعی مایع (LNG) به هند و پاکستان و دیگر کشورهای متقاضی LNG در منطقه آسیا / پاسیفیک	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی** پیشنهادات وزیر نفت به سازمان مدیریت و برنامه ریزی در اردیبهشت ماه ۱۳۸٤ چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)
۱۰	تبدیل گاز به سوخت‌های مایع (GTL)	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی** پیشنهادات وزیر نفت به سازمان مدیریت و برنامه ریزی در اردیبهشت ماه ۱۳۸٤
۱۱	صادرات غیرمستقیم گاز از طریق تولید و صدور محصولات پتروشیمیایی با ارزش افزوده بالا (احداث مجتمع‌های متانول و اوره / آمونیاک)	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی** پیشنهادات وزیر نفت به سازمان مدیریت و برنامه ریزی در اردیبهشت ماه ۱۳۸٤
۱۲	تبدیل خاير نفت و گاز به دارایی‌های مولد	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی**

ردیف	اهداف کمی و کیفی تعیین شده در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
		قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
۱۳	توسعه عرضه گاز طبیعی فشرده با قیمت‌های یارانه ای به حمل و نقل عمومی درون شهری	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
۱٤	تولید خودروهای دوگانه سوز	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
۱۵	جمع آوری گازهای همراه با تزریق گاز و تبدیل گاز طبیعی به فرآورده‌های مایع، GTL، DME، LNG و . . .	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
۱٦	دارای شدن موقعیت بین المللی از بعد تجارت جهانی و منطقه ای گاز طبیعی در اشکال خط لوله، LNG, GTL	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیر مصوب در حوزه انرژی** گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۱۷	کسب موقعیت بین المللی از بعد جذب منابع مالی و ایجاد پروژه های بین المللی	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیر مصوب در حوزه انرژی** گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)

جدول ۳: سیاست های اصلاح ساختار و تشکیلات در اسناد بالا دستی در ارتباط توسعه صنعت LNG

ردیف	سیاست های اصلاح ساختار و تشکیلات در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
۱	گسترش تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای و تربیت نیروی انسانی	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی
۲	تلاش برای ایجاد مرکز جذب، تولید و انتقال فناوری نوین گاز و صدور دانش و خدمات فنی- مهندسی انرژی در سطح بین‌الملل	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی **سیاست‌ها و برنامه‌های غیر مصوب در حوزه انرژی** گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۳	همکاری مؤثر ایران با شرکت‌های انرژی کشورهای منطقه خلیج فارس و آسیای میانه در امر استفاده از منابع گاز منطقه	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیر مصوب در حوزه انرژی** چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)
٤	تلاش لازم و ایجاد سازماندهی قانونمند برای جذب منابع مالی موردنیاز(داخلی و خارجی) در امر نفت و گاز در بخشهای مجاز قانونی	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** سیاست های کلی نظام در خصوص انرژی
٥	با ایجاد فضا و شرایط رقابتی، نسبت به صدور پروانه اکتشاف، توسعه و تولید مورد نیاز برای بهره برداری از حداکثر ظرفیتها برای توسعه میدانهای نفت و گاز	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** سیاست‌های کلی برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران(۱۳۹٤-۱۳۹۰) قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
٦	تصویب توجیه فنی و اقتصادی طرحها در شورای اقتصاد و درج در قوانین بودجه سنواتی	**سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب در حوزه انرژی** سیاست‌های کلی برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی

ردیف	سیاست های اصلاح ساختار و تشکیلات در اسناد بالا دستی	سیاست‌ها و برنامه‌ها
		ایران(۱۳۹٤-۱۳۹۰)
		قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران
۷	مشارکت و توسعه همکاری‌های منطقه‌ای بین‌المللی	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۸	حمایت از ایجاد و تقویت بخش خصوصی داخلی صنعت گاز	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۹	روزآمدسازی شرکت ملی گاز و ارتقای آن به سطح شرکت‌های بین‌المللی	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۱۰	ادغام شرکت‌های متصدی امور بهره‌برداری چاه‌ها و امور پالایشی گاز و واگذاری امور بهره‌برداری به ویژه در بخش توزیع به بخش غیردولتی	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)
		گزارش چشم انداز بیست ساله گاز طبیعی
۱۱	ادغام شرکت‌های توزیع گاز استانی و شرکت پخش فرآورده‌های نفتی	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)
۱۲	نوسازی صنعت گاز کشور عمدتا به منظور مقابله با تبعات ناشی از جهانی شدن	**سیاست‌ها و برنامه‌های غیرمصوب در حوزه انرژی**
		چشم انداز انرژی(تدوین شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی در سال ۱۳۸۰)

پیوست ۲

به منظور ارزیابی شرکت‌های توانمند در طراحی و ساخت تجهیزات، یک ارزیابی اولیه از سطح توانمندی موجود در کشور در نمایشگاه بین‌المللی نفت و گاز انجام شد و لیستی از شرکت‌هایی که در زمینه این تجهیزات فعالیت اجرایی و یا تحقیقاتی داشته‌اند، تهیه شد. نتایج این ارزیابی اولیه در جدول زیر ارائه شده است. لازم به ذکر است، پس از انجام بررسی‌های بیشتر، حذف شرکت‌های تامین‌کننده و شناسایی دقیق‌تر شرکت‌های سازنده تجهیزات، لیست نهایی جهت ارسال پرسشنامه تجهیزات به صورت جدول ۱۱ اشاره شده در متن در آمد و پرسشنامه ارسال شد.

جدول ۱: شرکتهای شناسایی شده در حوزه ساخت و تامین تجهیزات کلیدی فناوری مایع سازی گاز طبیعی

ردیف	نام شرکت	توانمندی
۱	گروه صنعتی دلوار افزار	توانایی ساخت کلد باکس و تجهیزات داخلی آن به غیر از مبدل
		توانایی تامین و ساخت لوله های عایق شده
		توانایی ساخت مخازن اتمسفریک و تحت فشار
		توانایی تامین کمپرسور نیتروژن و مبرد مخلوط، پمپ کرایوژنیک، شیرهای کرایوژنیک، کامیون های حمل و تبخیر کننده
۲	مجتمع گازهای صنعتی نادر سرشت	طراحی و ساخت تبخیر کننده
		توانایی ساخت لوله های عایق شده
		توانایی طراحی و ساخت پمپ های کرایوژنیک و توانایی تامین
		توانایی طراحی و ساخت شیرهای کرایوژنیک و توانایی تامین
		توانایی تامین مخازن ذخیره اتمسفیریک
۳	کولر هوایی آبان	تحقیقات در زمینه ساخت کلدباکس و اقدامات اولیه در جهت انتقال تکنولوژی
		تحقیقات در زمینه ساخت کمپرسورهای نیتروژن و مبرد مخلوط و تبخیرکننده
٤	ماشین سازی اراک	توانایی طراحی و ساخت مخازن ذخیره اتمسفریک، مخازن ذخیره تحت فشار و مخازن حمل LNG

ردیف	نام شرکت	توانمندی
		تحقیقات بر روی ساخت کلدباکس
۵	پمپ های صنعتی ایران	طراحی و ساخت پمپ های کرایوژنیک
٦	آراز صنعت آسیا	توانایی طراحی و ساخت کل پکیج با استاندارد API
		تجربه ساخت توربو اکسپندر و توانایی طراحی و مهندسی معکوس پکیج‌های توربو اکسپندر
۷	مصنوعات فلزی سنگین	توانایی تامین مواد، طراحی، ساخت و نصب مخزن ذخیره اتمسفریک و تحت فشار و مخازن انتقال
		توانایی تامین فین مورد نیاز و ساخت مبدل
		توانایی طراحی و ساخت و تامین تبخیرکننده
۸	پمپاژ کرمانشاه	توانایی طراحی، ساخت و تعمیر پمپ‌های کرایوژنیک
۹	ماشین سازان البرز صنعت	توانایی طراحی و ساخت محفظه کلدباکس
		توانایی ساخت تبخیرکننده
۱۰	ساخت تجهیزات گاز تامکار	توانایی ساخت کمپرسور نیتروژن
		توانایی ساخت مخازن انتقال
۱۱	گروه صنعتی اسوه ایران	توانایی ساخت محفظه کلدباکس
		توانایی ساخت مخازن اتمسفریک و تحت فشار و مخازن حمل
		توانایی تامین پمپ کرایوژنیک
۱۲	سبز آشیان آپادانا	طراحی و ساخت مخازن ذخیره اتمسفریک و تحت فشار و مخازن انتقال
۱۳	پایساز	طراحی و ساخت مخازن ذخیره اتمسفریک و تحت فشار و مخازن انتقال
۱٤	پارس کمپرسور	طراحی و ساخت کمپرسور نیتروژن و مبرد مخلوط
۱۵	کسراوند	طراحی و ساخت محفظه کلدباکس
۱٦	پترو سازه بین الملل	طراحی و ساخت مخازن ذخیره اتمسفریک و تحت فشار و مخازن انتقال
۱۷	صنایع پتروگاز نامداران	توانایی ساخت مخازن تحت فشار برای گازهای مایع
۱۸	رهام گاز	تامین کننده مخازن ذخیره اتمسفریک و تحت فشار

ردیف	نام شرکت	توانمندی
		تامین کننده تبخیر کننده
		تامین کننده شیرهای کرایوژنیک
۱۹	تهران مبدل	توانایی طراحی و ساخت مخازن ذخیره اتمسفریک و تحت فشار
		توانایی طراحی و ساخت کلدباکس
۲۰	لوله های دقیق کاوه	توانایی ساخت اجزای کلدباکس
۲۱	مهندسی و ماشین سازی دالاهو	نمایندگی Demco و Deep blue pump
		توانایی تامین کلدباکس
		توانایی تامین کمپرسور نیتروژن و مبرد مخلوط
		توانایی تامین پمپ کرایوژنیک
		توانایی تامین لوله‌های عایق شده
		توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک
۲۲	تهران فولاد	توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک
۲۳	کمپرسور سازی هواکاران صنعت	توانایی تامین کمپرسور نیتروژن و مبرد مخلوط
		توانایی تامین توربو اکسپندر
۲٤	پترو آرسس فیدار	توانایی تامین مخازن ذخیره اتمسفریک
		توانایی تامین لوله های عایق شده
		توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک
۲۵	فراکاران تجهیز کالا	توانایی تامین کمپرسور نیتروژن و مبرد مخلوط
		توانایی تامین پمپ کرایوژنیک
		توانایی تامین لوله های عایق شده
		توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک
۲٦	پترو انرژی درسا	توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک

ردیف	نام شرکت	توانمندی
۲۷	گروه صنعتی هوایار	تامین پکیج کامل کلدباکس
		تامین کمپرسور نیتروژن و مبرد مخلوط
		تامین مخازن ذخیره اتمسفریک و تحت فشار و مخازن حمل
		تامین تبخیرکننده
۲۸	ژرف تدبیر توس	توانایی ساخت مخازن ذخیره اتمسفریک
۲۹	مهرگان پتروپارس	توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک
۳۰	بهریز پمپ سامان	توانایی طراحی و ساخت پمپ کرایوژنیک
		توانایی ساخت پروانه توربو اکسپندر
۳۱	کلهر تریدینگ	توانایی تامین لوله‌های عایق شده
		توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک
۳۲	اطلس کمپرسور کارا	توانایی ساخت و تولید کمپرسورهای هوای فشرده و گاز
۳۳	تعاونی تولیدی صنعتی پرلیت سیمین کیمیا	تولید پرلیت
۳٤	طاها قالب توس	توانایی ساخت مبدل های صفحه ای
۳۵	شرکت توربین ماشین خاورمیانه	ساخت توربو اکسپندر
۳٦	اریس اکسین	توانایی تامین لوله های عایق شده
		توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک
۳۷	دانش کیان صنعت	تامین کلدباکس
		توانایی تامین پمپ کرایوژنیک
		توانایی تامین شیرهای کرایوژنیک
		توانایی تامین لوله های عایق شده
۳۸	توسعه پوشش سازندگان نوآور	عایق‌کاری مکانیکی خطوط لوله تا دمای ۱۹۰- درجه سانتیگراد
۳۹	گروه کارخانه‌های تولیدی نورد آلومینیوم	انجام تحقیقات در زمینه ساخت مبدل‌های Brazed Aluminum

ردیف	نام شرکت	توانمندی
٤٠	صنعتی کاوه مبدل	ساخت کلدباکس ، مبدل‌ها و سایر تجهیزات داخل آن
٤١	پرگاسیران	تحقیقات در زمینه کلدباکس
٤٢	پتروفن‌آوران فاتح	ساخت مخازن دوجداره- دارای تجهیزات ساخت تبخیرکننده- انجام پروژه‌های EPC کرایوژنیک- تأمین لوله‌های دوجداره
٤٣	فاتح صنعت کیمیا	ساخت مخازن دوجداره- انجام پروژه‌های EPC کرایوژنیک
٤٤	سدید جهان صنعت	ساخت مخازن دوجداره
٤٥	بوتان	ساخت مخازن دوجداره و مخازن حمل دوجداره ساخت تبخیرکننده برای LPG و آمونیاک
٤٦	دمکو (DEMCO)	تأمین پمپ کرایوژنیک از خارج کشور
٤٧	آریان فاخته (نمایندگی AMPO)	تأمین شیرهای کرایوژنیک از خارج کشور
٤٨	پترو فجر مرکزی	توانمندی ساخت شیرهای کرایوژنیک با استاندارد BS 6364
٤٩	آسال آرا	تأمین کننده لوله‌های دوجداره و سازنده شیرهای کرایوژنیک
٥٠	کمپرسورسازی بارون	ساخت کمپرسور و تحقیقات بر روی پمپ کرایوژنیک
٥١	هیلاویس آرینا	طراحی و ساخت مبدل صفحه پره

پیوست ۳

در این بخش پرسشنامه مورد استفاده در ارزیابی توانمندی ارائه شده به متخصصین و خبرگان در حوزه طراحی و ساخت تجهیزات و طراحی فرایند ارائه شده است.

باسمه‌تعالی

شرکت ملی گاز ایران

طرح تحقیقاتی تدوین سند راه‌برد ملی و نقشه راه توسعه
فناوری MiniLNG

فرهیخته گرامی

به استحضار می‌رساند شرکت ملی گاز ایران در راستای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فناوری در حوزه صنعت گاز در نظر دارد سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری MiniLNG را با مشارکت کلیه فعالان و صاحب‌نظران تدوین نماید. بر این اساس و به منظور ارزیابی سطح توانمندی ساخت تجهیزات این فناوری پرسشنامه‌ای تهیه شده است که مستدعی است نسبت به تکمیل این پرسشنامه دقت نظر فرمایید.لطفا در صورت نیاز به هرگونه راهنمایی با شرکت عمید تماس حاصل فرمایید.

گروه مشاوران مدیریت توسعه عمید

مجری تدوین سند

گروه مشاوران مدیریت توسعه عمید
تهران-شهرک قدس- بلوار شهید دادمان –کوچه جهاد-پلاک ۵- واحد ۴
تلفن:۸۸۳۷۲۳۸۴
فکس: ۸۸۳۷۲۳۸۵

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی تجهیزات کلیدی فرایند مایع‌سازی گاز طبیعی (LNG) در مقیاس کوچک

نام و نام خانوادگی: **پست سازمانی:**

تحصیلات / تخصص: **شماره تماس:**

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایلید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعات متخصصین ذخیره گردد؟ **بلی** ❐ **خیر** ❐

تجربیات قبلی(در صورت امکان، به صورت خلاصه ضمیمه گردد)

تذکر: بر اساس تعریف مصوب در شورای راهبری تدوین سند، منظور از مایع‌سازی گاز طبیعی در مقیاس کوچک، تولید LNGبا ظرفیت‌های کمتر از ۱۵۰۰ تن در روز است. فناوری‌های مورد استفاده برای مایع‌سازی گاز طبیعی در این محدوده ظرفیت، سیکل‌های انبساطی نیتروژن و سیکل مبرد مخلوط تکی (Single Mixed Refrigerant) می‌باشد.

ملاحظات :

نحوه پاسخگویی پرسشنامه به این نحو است که در سطرهای جدول انتهای این پرسشنامه تمام تجهیزات کلیدی در فرایند مایع‌سازی گاز طبیعی و در ستون‌های آن شماره سوالات پرسشنامه درج شده است. خواهشمند است برای پاسخ به سوالات، عدد مربوط به پاسخ هر سوال را داخل خانه مربوطه وارد نمایید.

لطفاً در ستون پنجم جدول میزان آشنایی خود را با تجهیز مورد نظر با اعداد بین ۰ تا ۵ مشخص نمایید. عدد صفر به منزله عدم آشنایی، عدد ۱ آشنایی بسیار کم و... عدد ۵ بیانگر آشنایی کامل جنابعالی با این تجهیز می‌باشد. (بدیهی است در صورت قرار دادن عدد صفر، لزومی به پر کردن سطر مربوطه نمی‌باشد.)

به منظور مقایسه بهتر و دقیق‌تر بین تجهیزات مختلف، پیشنهاد می‌شود که پاسخنامه به صورت ستونی پر شود.

در صورتی که فکر می‌کنید سئوال برای این تکنولوژی مناسب نیست، عدد (۰) را در خانه مربوطه قرار دهید.

ارزیابی جذابیت تجهیزات کلیدی فناوری مایع سازی گاز طبیعی

ردیف	سوال
۱	**هزینه دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت این تجهیز را چقدر تخمین می زنید؟** ۱ ۵ ۱۰ بسیار کم بسیار زیاد
۲	**با توجه به شرایط فعلی کشور، میزان تقاضا برای این تجهیز چگونه است؟** ۱ ۵ ۱۰ بسیار کم بسیار زیاد
۳	**نرخ رشد کاربرد این تجهیز را در آینده کشور چگونه پیش بینی می‌نمایید؟** ۱ ۵ ۱۰ بسیار کم بسیار زیاد
۴	**میزان فوریت(اهمیت و ضرورت دستیابی به این تکنولوژی در کمترین زمان ممکن) این تجهیز را چگونه ارزیابی می‌کنید؟** ۱ ۵ ۱۰ بسیار کم بسیار زیاد
۵	**تنوع کاربرد(میزان اشتراک این تجهیزدر سایر فرایندها) اینتجهیز چگونه است؟** ۱ ۵ ۱۰ بسیار کم بسیار زیاد

توضیحات : (در صورت نیاز به توضیحات تکمیلی بیشتر درباره هر یک از سوالات، لطفاً توضیحات تکمیلی خود را با ذکر دقیق تجهیز مورد نظر و همچنین شماره سوال مربوطه در این قسمت درج فرمایید.)

ارزیابی توانمندی تجهیزات کلیدی فناوری مایع سازی گاز طبیعی

ردیف	سوال
۶	**وضعیت دانش فنی موجود برای طراحی و ساخت این تجهیز را چگونه ارزیابی می‌کنید؟** دانش فنی لازم در حد ایده‌آل وجود دارد ۱۰ ۵ ۱ دانش فنی موجود در مقایسه با سطح مورد نیاز ناچیز و قابل چشم‌پوشی است
۷	**وضعیت زیر ساخت‌های نرم‌افزاری در دسترس جهت طراحی این تجهیز را چگونه ارزیابی می‌کنید؟** نرم افزارهای مورد نیاز در دسترس می باشند ۱۰ ۵ ۱ نرم افزارهای مورد نیاز موجود نیست
۸	**وضعیت زیر ساختهای سخت‌افزاری موجود در کشور برای طراحی و ساخت این تجهیز را چگونه ارزیابی می‌کنیـد؟** **(تجهیزات، امکانات و ...)** سخت‌افزار مورد نیاز بطور کامل موجود است ۱۰ ۵ ۱ سخت‌افزار(تجهیزات، ابزار و ...) مورد نیاز وجود ندارد
۹	**وضعیت نیروی انسانی متخصص و کارآمد (دارای دانش و تجربهٔ کافی) جهت طراحی و ساخت این تجهیز را چگونه ارزیابی می‌کنید؟** نیروی انسانی متخصص و کارآمد مورد نیاز در حد ایده‌آل وجود دارد ۱۰ ۵ ۱ نیروی انسانی متخصص و کارآمد در ارتباط با تکنولوژی مورد نظر در کشور وجود ندارد
۱۰	**آیا مواد و متریال اصلی مورد نیاز برای ساخت این تجهیز در کشور موجود می‌باشد ؟** ۱. بلی **در صورت منفی‌بودن پاسخ کدام یک از حالات زیر وجود دارد؟** ۲. تهیه مواد اصلی از خارج کشور به سهولت امکان‌پذیر است. ۳. تهیه مواد اصلی از خارج کشور ممکن ولی با محدودیت مواجه است. **۴.** به علت تحریم، امکان تهیه مواد اولیه از خارج کشور، امکان‌پذیر نیست.

توضیحات : (در صورت نیاز به توضیحات تکمیلی بیشتر درباره هر یک از سوالات، لطفاً توضیحات تکمیلی خود را با ذکر دقیق تجهیز مورد نظر و همچنین شماره سوال مربوطه در این قسمت درج فرمایید.)

ارزیابی راه‌های توسعه فناوری (توسعه درون‌زا یا انتقال فناوری)

ردیف	سوال
۱۱	**آیا امکان دستیابی به تکنولوژی مورد نظر از طریق انتقال آن از خارج کشور به سهولت وجود دارد؟** ۱. بلی **در صورت منفی بودن پاسخ، مشکل اساسی را در کدام عامل یا عوامل زیر می‌دانید.** ۲. عدم وجود نیروی متخصص آشنا به تکنولوژی درکشور که آمادگی جذب وبکارگیری آن‌را داشته باشد ۳. عدم وجود بستر لازم برای جذب تکنولوژی ۴. در انحصار بودن تکنولوژی توسط کشورها یا سازمان‌هایی که تمایل به واگذاری آن به کشور ما را ندارند ۵. وجود موانع قانونی وسیاسی در راه دستیابی به تکنولوژی مورد نظر (تحریم و...) ۶. عدم وجود منابع مالی کافی ۷. عوامل دیگر، لطفا نام ببرید.
۱۲	**به نظر شما دستیابی به این تکنولوژی از طریق تحقیق و توسعه داخلی در مقابل انتقال آن از خارج کشور چقدر اهمیت دارد؟** از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است ۱۰ ۵ ۱ هیچ ارجحیتی وجود ندارد
۱۳	**هزینه دستیابی به تکنولوژی ساخت این تجهیز را از طریق تحقیق و توسعه داخلی در مقایسه با انتقال تکنولوژی چگونه تخمین می‌زنید؟** ۱. هزینه تحقیق و توسعه به مراتب از هزینه انتقال تکنولوژی کمتر است. ۲. هزینه تحقیق و توسعه در مقایسه با هزینه انتقال تکنولوژی تفاوت قابل توجهی ندارد. ۳. هزینه تحقیق و توسعه به مراتب از هزینه انتقال تکنولوژی بیشتر است.

توضیحات : (در صورت نیاز به توضیحات تکمیلی بیشتر درباره هر یک از سوالات، لطفاً توضیحات تکمیلی خود را با ذکر دقیق تجهیز مورد نظر و همچنین شماره سوال مربوطه در این قسمت درج فرمایید.)

ردیف	عنوان تجهیز	کاربرد	انواع	مواد اصلی مورد استفاده	میزان آشنایی شما با این تجهیز	محورهای مورد نظر در ارزیابی												
						ارزیابی جذابیت						ارزیابی توانمندی					ارزیابی روش توسعه		
						۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱	Heat Exchanger	تبادل حرارتی همزمان چندین جریان (حداقل سه جریان) سرد و گرم	Brazed Aluminum Plate fin	Aluminum Alloys														
۲	Cold Box	محفظه عایق‌کاری شده شامل مبدل‌ها، شیرها، اتصالات و سایر تجهیزات سرد	--------	-carbon steel Vacuum perlite or rock wool & …														
۳	Cryogenic Compressor	افزایش فشار سیال	Centrifugal	-Cast steel -Cast iron														
۴	N_2-Turbo-expander	کاهش فشار و کاهش دمای نیتروژن	---------	-Aluminium alloys -Stainless steel -Titanium														
۵	LNG pump	انتقال LNG تولیدی به مخزن ذخیره سازی	Centrifugal	-stainless steel -Monel														
۶	FlexibleInsulated pipes	انتقال سیالات فوق سرد	--------															
۷	Fixed Insulated pipes	انتقال سیالات فوق سرد	Vacuum insulation & Mechanical insulation	-Stainless steel tainless steel (9% Nickel) -invar 36 (36% Ni-steel)- Carbon steel														
۸	Cryogenic valves	کنترل عبور سیالات فوق سرد	-Ball valve -Solenoid valve -Globe valve -Relief valve -Control valve -Gate valve -	-Stainless steel 316/316L and 300 series -Brass -Monel														

ردیف	عنوان تجهیز	کاربرد	انواع	مواد اصلی مورد استفاده	میزان آشنایی شما با این تجهیز	محورهای مورد نظر در ارزیابی												
						ارزیابی جذابیت						ارزیابی توانمندی					ارزیابی روش توسعه		
						۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۹	Atm. Cryogenic storage tanks	ذخیره‌سازی LNG در فشار اتمسفریک	2 walls with vacuum perlite	- 9% nickel steel -carbon steel - pre-stressed concrete -perlite														
۱۰	pressurized Cryogenic storage tanks	ذخیره‌سازی LNG تحت فشار	2 walls with vacuum perlite	-carbon steel -Stainless steel -perlite														
۱۱	Cryogenic storage tanks as LNG Truck	انتقال LNG	2 walls with vacuum perlite	-stainless steel (9% Nickel) -carbon steel -perlite														
۱۲	Vaporizer	تبخیر LNG	stainless steel - Aluminum	Ambient Air, Water bath & electrical														

باسمه‌تعالی

شرکت ملی گاز ایران

طرح تحقیقاتی تدوین سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه
فناوری MiniLNG

فرهیخته گرامی

به استحضار می‌رساند شرکت ملی گاز ایران در راستای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فناوری در حوزه صنعت گاز در نظر دارد سند راهبرد ملی و نقشه راه توسعه فناوری MiniLNG را با مشارکت کلیه فعالان و صاحب‌نظران تدوین نماید. بر این اساس و به منظور ارزیابی سطح توانمندی در زمینه طراحی فرایند این فناوری پرسشنامه‌ای تهیه شده است که مستدعی است نسبت به تکمیل این پرسشنامه دقت نظر فرمایید.

گروه مشاوران مدیریت توسعه عمید

مجری تدوین سند

گروه مشاوران مدیریت توسعه عمید
تهران-شهرک قدس- بلوار شهید دادمان –کوچه جهاد-پلاک ۵- واحد ۴
تلفن:۸۸۳۷۲۳۸۴
فکس: ۸۸۳۷۲۳۸۵

پرسشنامه ارزیابی توانمندی طراحی
فرایندهای مایع‌سازی گاز طبیعی (LNG) در مقیاس کوچک

نام و نام خانوادگی: **پست سازمانی:**

تحصیلات / تخصص: **شماره تماس:**

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایلید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعات متخصصین ذخیره گردد؟ **بلی** ❐ **خیر** ❐

تجربیات قبلی(در صورت امکان، به صورت خلاصه ضمیمه گردد)

تذکر: بر اساس تعریف مصوب در شورای راهبری تدوین سند، منظور از مایع‌سازی گاز طبیعی در مقیاس کوچک، تولید LNGبا ظرفیت‌های کمتر از ۱۵۰۰ تن در روز است. فناوری‌های مورد استفاده برای مایع‌سازی گاز طبیعی در این محدوده ظرفیت، سیکل‌های انبساطی نیتروژن و سیکل مبرد مخلوط تکی (Single Mixed Refrigerant) می‌باشد.

ملاحظات:

نحوه پاسخگویی به پرسشنامه به این نحو است که در سطرهای جدول انتهای این پرسشنامه فرایندهای مایع‌سازی مورد نظر و در ستون‌های آن شماره سوالات پرسشنامه درج شده است. خواهشمند است برای پاسخ به سوالات، عدد مربوط به پاسخ هر سوال را داخل خانه مربوطه وارد نمایید.

لطفاً در ستون دوم جدول میزان آشنایی خود را با فرایند مورد نظر با اعداد بین ۰ تا ۵ مشخص نمایید. عدد صفر به منزله عدم آشنایی، عدد ۱ آشنایی بسیار کم و... عدد ۵ بیانگر آشنایی کامل جنابعالی با این فرایند می‌باشد. (بدیهی است در صورت قرار دادن عدد صفر، لزومی به پر کردن سطر مربوطه نمی‌باشد.)

به منظور مقایسه بهتر و دقیق‌تر بین فرایندهای مورد نظر، پیشنهاد می‌شود که پاسخنامه به صورت ستونی پر شود. در صورتی که فکر می‌کنید سئوال برای این تکنولوژی مناسب نیست، عدد (۰) را در خانه مربوطه قرار دهید.

ارزیابی توانمندیطراحی فرایند مایع سازی گاز طبیعی

ردیف	سوال
۱	**وضعیت دانش فنی موجود برای طراحی فرایند در سطح طراحی مفهومی (Conceptual Design) را چگونه ارزیابی می‌کنید؟** دانش فنی لازم در حد ایده‌آل وجود دارد ۱۰ ۵ ۱ دانش فنی موجود در مقایسه با سطح مورد نیاز ناچیز و قابل چشم‌پوشی است
۲	**وضعیت دانش فنی موجود برای طراحی فرایند در سطح طراحی پایه (Basic Design) را چگونه ارزیابی می‌کنید؟** دانش فنی لازم در حد ایده‌آل وجود دارد ۱۰ ۵ ۱ دانش فنی موجود در مقایسه با سطح مورد نیاز ناچیز و قابل چشم‌پوشی است
۳	**وضعیت دانش فنی موجود برای طراحی فرایند در سطح طراحی تفصیلی (Detail Design) را چگونه ارزیابی می‌کنید؟** دانش فنی لازم در حد ایده‌آل وجود دارد ۱۰ ۵ ۱ دانش فنی موجود در مقایسه با سطح مورد نیاز ناچیز و قابل چشم‌پوشی است

توضیحات : (در صورت نیاز به توضیحات تکمیلی بیشتر درباره هر یک از سوالات، لطفاً توضیحات تکمیلی خود را با ذکر شماره سوال مربوطه در این قسمت درج فرمایید.)

ارزیابی راه‌های توسعه تکنولوژی (توسعه درون‌زا یا انتقال تکنولوژی)

ردیف	سوال
۴	**آیا امکان دستیابی به دانش فنی مورد نظر از طریق انتقال آن از خارج کشور به سهولت وجود دارد؟** ۱. بلی **در صورت منفی بودن پاسخ، مشکل اساسی را در کدام عامل یا عوامل زیر می‌دانید.** ۸. عدم وجود نیروی متخصص آشنا به دانش فنی درکشور که آمادگی جذب وبکارگیری آن‌را داشته باشد ۹. عدم وجود بستر لازم برای جذب دانش فنی ۱۰. در انحصار بودن دانش فنی توسط کشورها یا سازمان‌هایی که تمایل به واگذاری آن به کشور ما را ندارند ۱۱. وجود موانع قانونی وسیاسی در راه دستیابی به دانش فنی مورد نظر (تحریم و...) ۱۲. عدم وجود منابع مالی کافی ۱۳. عوامل دیگر، لطفا نام ببرید.
۵	**به نظر شما ، تملک دانش فنی طراحی فرایند از طریق تحقیق و توسعه داخلی در مقابل انتقال آن از خارج کشور چقدر اهمیت دارد؟** از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است ۱۰ ۵ ۱ هیچ ارجحیتی وجود ندارد
۶	**هزینه دستیابیبه دانش فنی طراحی فرایند را از طریق تحقیق و توسعه داخلی در مقایسه با انتقال تکنولوژی چگونه تخمین می‌زنید؟** ۴. هزینه تحقیق و توسعه به مراتب از هزینه انتقال تکنولوژی کمتر است. ۵. هزینه تحقیق و توسعه در مقایسه با هزینه انتقال تکنولوژی تفاوت قابل توجهی ندارد. ۶. هزینه تحقیق و توسعه به مراتب از هزینه انتقال تکنولوژی بیشتر است.

ردیف	عنوان فرایند	میزان آشنایی شما با این فرایند	محورهای مورد نظر در ارزیابی					
			ارزیابی توانمندی			ارزیابی روش توسعه		
			۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱	Single Mixed Refrigerant							
۲	N_2-Expansion							