

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری توربین‌های گازی

مجری طرح: دکتر محمد اولیا

مدیر پروژه: مهندس سیدسعید ضیایی طباطبایی

گروه پژوهشی مکانیک

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر محمد اولیا

✦ دکتر مسعود برومند

✦ مهندس بهنام تحویل‌دار

✦ مهندس سید محمدحسین دیباجی

✦ مهندس محمدرضا ده‌آفرین

✦ مهندس الیاس رحیم‌زاده

✦ دکتر کریم مظاهری

✦ دکتر نادر منتظربین

امروزه بحث انرژی و بهینه سازی مصرف آن یکی از مهمترین مباحث مطرح شده در بخش مهندسی است. با توجه به قیمت بالای انرژی و روند رو به کاهش منابع سوخت های فسیلی، توجه همگان به استفاده بهینه از انرژی و کنترل مصرف آن از طریق استفاده از سیستم های با راندمان بالاتر و یا فن آوری های جدیدتر معطوف شده است. تحقیقات و پژوهش در این زمینه در کشورهای صنعتی مدتهای مدیدی است که آغاز شده و در کشورهای در حال توسعه نیز گام های اولیه آن برداشته شده است. به دلیل منابع سوخت مناسب گاز در کشور و روند افزایش نرخ نیاز به تولید انرژی الکتریکی در کشور، استفاده از توربین های گازی در صنایع مختلف بخصوص با اهداف تولید انرژی الکتریکی امری اجتناب ناپذیر خواهد بود.

با توجه به تنوع بالای توربین های گازی از نظر توان تولیدی، راندمان و همچنین پیچیدگی آنها در بخش های مختلف، طرح های متنوعی از آنها توسط سازندگان مختلف ارائه گردیده است. انتخاب هر یک از این طرح ها و تولید و بکارگیری آن، نیازمند دانش بالای طراحی توربین های مذکور با توجه به قابلیت های بومی می باشد.

بنابراین شناخت صحیح از وضعیت موجود یک فناوری در دنیا و همچنین توانمندی های موجود در داخل کشور در جهت توسعه یک فناوری میتواند در غالب ترسیم یک سند راهبردی و چشم انداز آینده نسبت به آن فناوری بیان گردد

در این پروژه به بررسی و تدوین نقشه راه کشور در راستای تدوین نقشه راه جهت عملی ساختن امکان طراحی توربین های گازی مورد نیاز صنعت برق کشور پرداخته خواهد شد. با تسلط بر دانش فنی طراحی توربین های گازی علاوه بر رفع نیاز طرح های آتی کشور، امکان ارتقا و تامین تجهیزات انواع توربین های گازی فعلی نیز حاصل خواهد گردید.

اعضای کمیته راهبری	محل خدمت	نمایندگان
۱- آقای دکتر مسعود برومند	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دانشگاه
۲- آقای دکتر نادر منتظرین	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	
۳- آقای دکتر کریم مظاهری	دانشگاه صنعتی شریف	
۵- آقای دکتر محمد اولیاء	دبیر کمیته راهبری - مپنا (توگا)	صنعت
۶- آقای مهندس بهنام تحویل دار	مپنا (توگا)	صنعت
۷- آقای مهندس محمد رضا ده آفرین	وزارت نیرو	توانیر
۸- آقای مهندس الیاس رحیم زاده	مشاور نیرو	صنعت
۹- آقای مهندس سید محمد حسین دیباجی	وزارت نفت	شرکت توربو کمپرسور
۱۰- آقای مهندس مسعود آسایش	وزارت نیرو	پژوهشگاه نیرو
۱۱- آقای مهندس سید سعید ضیائی طباطبائی	وزارت نیرو	پژوهشگاه نیرو

## همکاران پروژه و تهیه کنندگان گزارش

- ۱- مهندس سید سعید ضیائی طباطبائی
- ۲- مهندس مسعود آسایش
- ۳- دکتر محمد ضابطیان
- ۴- مهندس رویا صالح زاده
- ۵- مهندس محمد زمانی- مشاور تکنولوژی
- ۶- مهندس آرش شجاعی- مشاور تکنولوژی

## فهرست مطالب

۱-تدوین مبانی سند توسعه فناوری توربین های گازی .....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۱
۲-۱- قوانین و اسناد بالادستی در زمینه توسعه فناوری توربین های گازی .....	۳
۱-۲-۱- برنامه ها و سیاستهای بخش برق وزارت نیرو در دولت یازدهم .....	۳
۲-۲-۱- گزارش " تدوین سند چشم انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو - اهداف استراتژیک و استراتژی های وزارت نیرو در بخش برق و انرژی کشور " .....	۴
۱-۲-۲-۱- جمع بندی .....	۴
۳-۲-۱- گزارش تدوین استراتژی توسعه تولید انرژی الکتریکی کشور در افق سی ساله با در نظر گرفتن کلیه حاملهای انرژی .....	۵
۱-۳-۲-۱- سناریوهای در نظر گرفته شده در این مطالعه .....	۷
۲-۳-۲-۱- نتایج حاصل از مطالعات انجام شده .....	۸
۳-۳-۲-۱- جمع بندی .....	۱۱
۴-۲-۱- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری .....	۱۱
۱-۴-۲-۱- گزارش دفتر امور انرژی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری در مورد وضعیت انرژی کشور تا سال ۱۴۰۴ .....	۱۱
۲-۴-۲-۱- جمع بندی .....	۱۲
۳-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند .....	۱۳
۱-۳-۱- مقدمه .....	۱۳
۲-۳-۱- تبیین سطح تحلیل .....	۱۳
۳-۳-۱- تبیین افق زمانی .....	۱۳

## فهرست مطالب

۱۴	تبيين ضرورت توسعه	۴-۱
۱۴	مقدمه	۱-۴-۱
۱۴	دلایل توجیه پذیری	۲-۴-۱
۱۵	حجم بازار	۱-۲-۴-۱
۱۷	صرفه جویی ارزی	۲-۲-۴-۱
۱۷	توانمندی داخلی	۳-۲-۴-۱
۱۹	اشتغال زایی	۴-۲-۴-۱
۱۹	مزیت نسبی تولید برق توسط نیروگاههای گازی	۵-۲-۴-۱
۲۲	آلاینده های زیست محیطی	۶-۲-۴-۱
۲۳	نتیجه گیری	۲
۲۴	مراجع	۳

## فهرست شکلها

شکل ۱-۱: قدرت نامی نیروگاههای وزارت نیرو و بخش خصوصی در طی سالهای ۱۳۹۲-۱۳۸۲ [۵].....۱۶

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱: تعریف سناریوهای محتمل در نظر گرفته شده [۳]..... ۷
- جدول ۲-۱: مقایسه میزان ظرفیت فناوریهای منتخب در پایان بازه برنامه ریزی برای سناریوهای مختلف [۳]..... ۹
- جدول ۳-۱: راندمان متوسط نیروگاههای فسیلی و هسته‌ای در سناریوهای مختلف (بر حسب درصد) [۳] .. ۱۰
- جدول ۴-۱: چشم‌انداز صنعت برق کشور در افق ۱۴۰۴ [۴] ..... ۱۲
- جدول ۵-۱: ویژگی‌های کارکرد و اقتصادی نیروگاهها [۷] ..... ۲۰
- جدول ۶-۱: میانگین فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاههای سوخت فسیلی کشور [۱۳]..... ۲۲

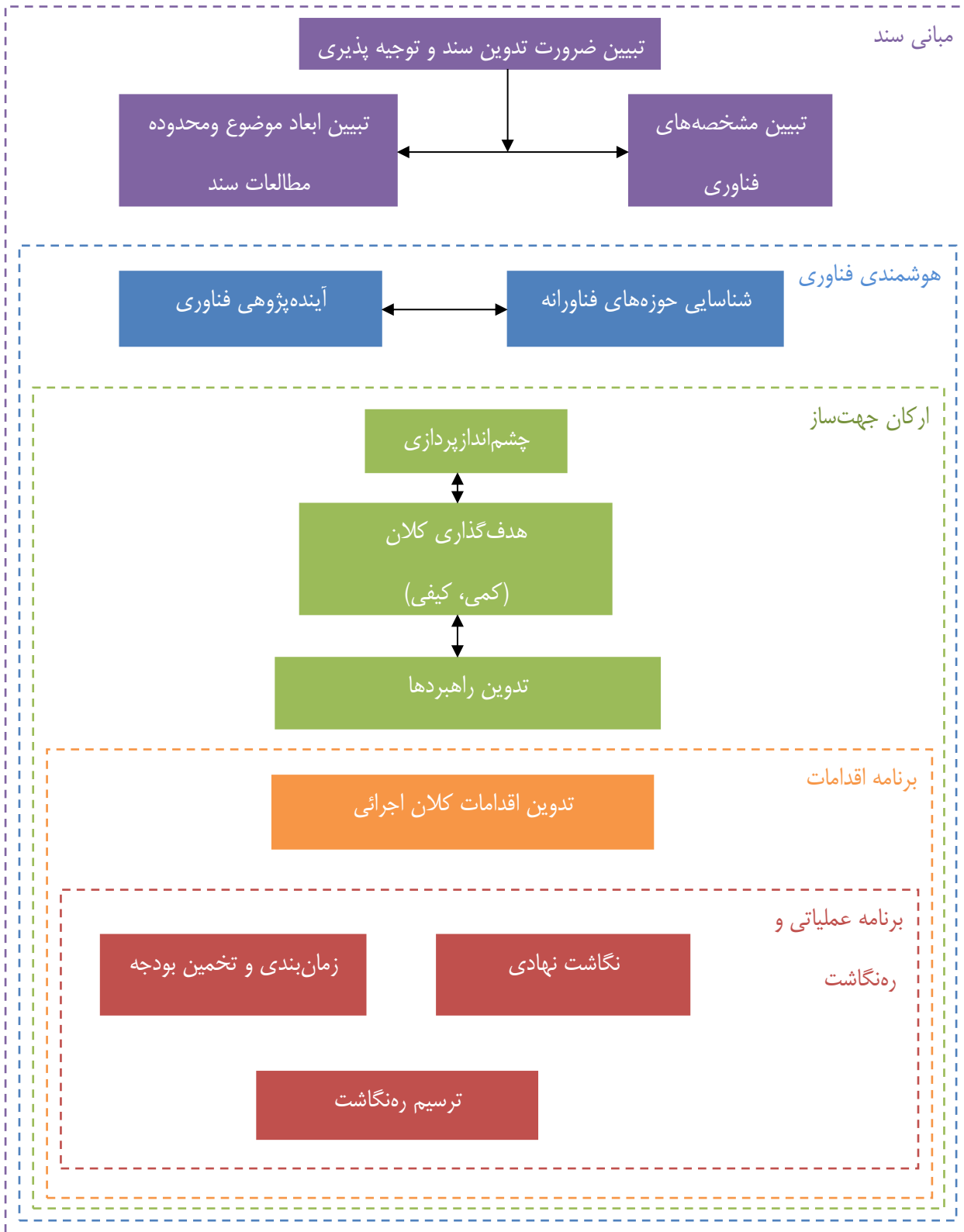
## ۱- تدوین مبانی سند توسعه فناوری توربین های گازی

### ۱-۱- مقدمه

انرژی الکتریکی یکی از پیش نیازهای اصلی توسعه در کشورهای مختلف است. در دسترس بودن تولید برق با قابلیت اطمینان بالا نقش به سزایی در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع دارد. بخش تولید برق، حساس ترین و هزینه برترین بخش صنعت برق در هر کشوری است. بنابراین توسعه پایدار این صنعت مستلزم توجه و توسعه بخش نیروگاهی در کشور است. نیروگاه های حرارتی در ایران سهم زیادی از تولید برق را به خود اختصاص داده اند. بر اساس آمار منتشر شده شرکت توانیر، برق مورد نیاز کشور در سال ۱۳۹۲ توسط ۱۱۱۶ واحد نیروگاهی بزرگ و کوچک تامین شده است که حدود ۸۳/۱ درصد ظرفیت اسمی آن ها را نیروگاه های حرارتی تشکیل داده و نیروگاه های برق آبی، اتمی و تجدیدپذیر به ترتیب حدود ۱۴/۶، ۱/۵ و ۰/۸ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور را به خود اختصاص داده اند. نیروگاه های حرارتی با راندمان متوسط ۳۷ درصد بیش از ۹۰ درصد برق مورد نیاز کشور را تامین می کنند و سهم نیروگاه های گازی ۳۵/۲ از مجموع قدرت نامی کشور است. با توجه به منابع کثیر نفت و گاز در کشور، گسترش نیروگاه های گازی و ترکیبی در اولویت قرار دارد. با توجه به مجموعه عوامل فوق، تبیین مسیر راه توسعه فناوری توربین گاز در ایران در کنار تصویری که از مسیر رشد و تکامل فناوری ها در این صنعت در جهان وجود دارد از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در همین راستا تدوین سند راهبردی توربین های گازی نیروگاهی ضروری به نظر می رسد. چرا که اهداف میان مدت و بلندمدت وزارت نیرو باید به گونه ای تامین شود که هم شرایط تامین برق مورد نیاز کشور مرتفع گردد و هم نیروگاه های کشور به گونه ای باشند که از لحاظ راندمان باعث هدررفت انرژی کشور نباشند. روند انجام پروژه مطابق شکل زیر تعیین شده است.





در ادامه به یافته‌های هر یک از گام‌های پروژه پرداخته می‌شود.

## ۱-۲- قوانین و اسناد بالادستی در زمینه توسعه فناوری توربین های گازی

از جمله سرفصل‌های مهم در پروژه حاضر بررسی اسناد مرتبط با موضوع احداث نیروگاه‌های گازی و توسعه فناوری توربین‌های گازی در صنعت تولید برق می باشد. در این اسناد بالادستی و قوانین موجود در زمینه توسعه فناوری توربین‌های گازی مورد بررسی قرار گرفته و به جمع بندی نتایج به دست آمده پرداخته می‌شود. مستندات مورد بررسی در این زمینه عبارتند از:

- "برنامه وزارت نیرو در دولت یازدهم".
- گزارش " طرح پژوهشی تدوین سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو اهداف استراتژیک و استراتژی‌های وزارت نیرو در بخش برق و انرژی کشور"، ۱۳۸۸.
- گزارش "تدوین استراتژی توسعه تولید انرژی الکتریکی کشور در افق سی ساله با در نظر گرفتن کلیه حامل‌های انرژی"، پژوهشگاه نیرو، آبان ۱۳۹۲.
- گزارش "دفتر امور انرژی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری".

### ۱-۲-۱- برنامه ها و سیاست‌های بخش برق وزارت نیرو در دولت یازدهم

مهمترین برنامه‌ها و اقدامات در بخش برق و حوزه نیروگاه‌های گازی شامل موارد زیر می‌باشد:

- ✓ حمایت جهت توسعه ظرفیت های ساخت توربین های آبی کوچک، میکرو توربین ها، موتورهای گازسوز (CHP (GAS ENGINE و دوگانه سوز و توربین های گازی پیشرفته توسط بخش خصوصی
- ✓ تأسیس مراکز تحقیقات کاربردی پیل سوختی، میکروتوربین، توربین های گازی، فتوولتائیک، توربین های بادی، شبکه های هوشمند، HVDC & HVAC، خودروهای برقی، نیروگاه های حرارتی خورشیدی، ذخیره سازی برق، خدمات مشترکین، برنامه ریزی و مدل سازی برق و انرژی، ابزار دقیق، موتورهای الکتریکی پیشرفته، سیستم های سرمایه‌گذاری پیشرفته و کارآ و توسعه آزمایشگاه ملی صرفه جوئی

## ۱-۲-۲- گزارش " تدوین سند چشم انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو - اهداف استراتژیک و استراتژی های وزارت نیرو در بخش برق و انرژی کشور "

از جمله اسناد قابل توجه مرتبط با اهداف صنعت برق در حوزه تولید در افق چشم انداز ۲۰ ساله کشور می توان به مستند تدوین سند چشم انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو - اهداف استراتژیک و استراتژی های وزارت نیرو در بخش برق و انرژی کشور اشاره کرد. این طرح بخشی از یک مطالعه استاندارد و سازمان یافته در زمینه تدوین سند چشم انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو می باشد. طرح اصلی به صورت جامع تمامی حوزه های وزارت نیرو را شامل می شود. تعیین استراتژی های قابل قبول در این گزارش در حوزه نیروگاه ها و توربین های گازی به صورت زیر ارائه می گردند:

۱. ارتقای سطح استانداردهای فنی تولید برق در جهت:

✓ کاهش هزینه های تمام شده تولید برق

✓ افزایش راندمان تولید و بهره برداری

✓ ارتقای بهره وری عرضه انرژی الکتریکی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی

۲. ارتقای سطح تحقیق و توسعه و فناوری بخش برق و انرژی

۳. ارتقای راندمان نیروگاه های برق از طریق:

✓ تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی و استفاده از فناوری های نوین تولید برق

✓ اولویت در تامین نیاز مصرف از طریق نیروگاه های با راندمان بالاتر

### ۱-۲-۲-۱- جمع بندی

یکی از استراتژی های مهم در بخش برق و انرژی کاهش هزینه تمام شده تولید برق می باشد که نیروگاه های گازی به دلیل کم بودن هزینه تمام شده تولید برق از این نظر حائز اهمیت می باشند. همچنین افزایش راندمان تولید و بهره برداری، ارتقای بهره وری عرضه انرژی الکتریکی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی، استفاده از فناوری های نوین تولید برق از استراتژی های مهم بخش برق و انرژی کشور می باشد. نوع تجهیزات نصب شده در یک نیروگاه در میزان توان خروجی و راندمان آن بسیار موثر است، لذا در گام های اولیه طراحی و نصب یک نیروگاه باید به راندمان تجهیزات مختلف مورد استفاده از جمله توربین، بویلر، کمپرسور، محفظه احتراق و ... توجه شود، بنابراین برای افزایش راندمان تولید، بهبود و توسعه فناوری مورد

استفاده در نیروگاه های کشور ضروری است. همچنین مطابق اطلاعات ارائه شده در مرجع [۱۲]، نیروگاه های گازی و سیکل ترکیبی سازگاری بیشتری با محیط نسبت به نیروگاه های بخار دارند.

## ۱-۲-۳- گزارش تدوین استراتژی توسعه تولید انرژی الکتریکی کشور در افق سی ساله با در نظر گرفتن کلیه حامل های انرژی

با توجه به تحولات صورت گرفته در طی دهه گذشته در زمینه تولید برق کشور از جمله توسعه نیروگاه های گازی، سیکل ترکیبی و آبی، توسعه فعالیت های بخش خصوصی در احداث و بهره برداری نیروگاه ها، ایجاد زیرساخت های مناسب جهت ساخت تجهیزات نیروگاهی، دستیابی به فناوری های جدید از جمله توربین های بادی و انرژی هسته ای در کشور، توسعه تکنولوژی های جدید در دنیا و فضای همکاری های آتی کشور با کشورهای صاحب تکنولوژی، رشد میزان مصرف برق، محدودیت ها و چالش های موجود در تأمین سوخت های فسیلی مورد نیاز نیروگاه ها، ملاحظات زیست محیطی و افزایش قیمت جهانی سوخت های فسیلی، انجام یک مطالعه جامع در زمینه بررسی عوامل فوق بر روی روند توسعه نیروگاه های کشور را ضروری ساخته است. با توجه به موارد فوق، در گزارش حاضر توسعه بهینه ظرفیت تولید انرژی الکتریکی کشور در افق ۳۰ ساله با در نظر گرفتن کلیه ملاحظات فوق الذکر مورد بررسی قرار گرفته است.

در این گزارش توسعه بهینه ظرفیت تولید انرژی الکتریکی کشور در افق ۳۰ ساله با در نظر گرفتن کلیه ملاحظات فوق الذکر مورد بررسی قرار گرفته است. در این پروژه، سیستم عرضه انرژی الکتریکی کشور ایران با بهره گیری از مدل MESSAGE-V1 مدل سازی گردیده است. این مدل یکی از مدل های سیستم عرضه انرژی است که برای بهینه سازی و برنامه ریزی سیستم انرژی طراحی شده است. این مدل در ابتدا توسط موسسه بین المللی سیستم های کاربردی (IIASA) نوشته شده و سپس آژانس بین المللی انرژی اتمی (IAEA) آن را توسعه داده و با طراحی و افزودن یک واسط کاربری مناسب، نحوه استفاده از آن را تسهیل نموده است.

مدل MESSAGE در واقع جریان انرژی از منابع اولیه انرژی تا مصارف نهایی را با در نظر گرفتن تمام قیود مربوط به استخراج، انتقال و تکنولوژی های مختلف تبدیل انرژی و حتی قیدها و هزینه های مربوط به محیط زیست در طول بازه زمانی مشخص را بهینه می کند. جریان انرژی که در واقع بیان کننده ساختار انرژی در نظر گرفته شده در این مدل می باشد، از لایه منابع انرژی داخلی از قبیل نفت، گاز، اورانیوم، زغال سنگ و سایر منابع تجدید پذیر آغاز شده و سپس توسط تکنولوژی های

مختلف انتقال یا تبدیل انرژی، به لایه های ثانویه و ثالثیه منتقل می گردد تا در نهایت در لایه نهایی، به تقاضای حامل انرژی مورد نظر ختم گردد. قید زیست محیطی می تواند به صورت در نظر گرفتن هزینه زیان ناشی از انتشار گازهای آلاینده یا اعمال سقف مجاز برای میزان آلاینده های منتشره و یا ترکیبی از هر دو حالت در مدل اعمال گردد. اعمال قید محیط زیست می تواند برای تکنولوژی های تمیز مانند نیروگاه های بادی، آبی، فتوولتائیک و زمین گرمایی در قیاس با سایر انواع تکنولوژی ها، برتری هایی ایجاد نماید. بطور کلی قیودی که در مدل MESSAGE قابل بررسی می باشد عبارتند از:

- تأمین تقاضای انرژی نهایی
- شبکه انتقال انرژی
- محدودیت منابع انرژی
- محدودیت های فنی تکنولوژی های انرژی
- محدودیت های منابع طبیعی (مانند آب و سایر انرژی های تجدید پذیر)
- محدودیت های منابع اقتصادی (مانند محدودیت سرمایه گذاری)

تابع هدف مدل MESSAGE هزینه کل سیستم می باشد که برای تمام سطوح، تکنولوژی ها، مناطق و زمان های مختلف محاسبه می گردد. با حد اقل کردن تابع مذکور ضمن در نظر گرفتن محدودیت ها و قیود در نظر گرفته شده، وضعیت بهینه سیستم به دست می آید. هزینه های در نظر گرفته شده در این مدل را می توان به شش دسته کلی زیر تقسیم بندی کرد:

- هزینه های سرمایه گذاری اولیه
- هزینه های تعمیر و نگهداری ثابت سیستم
- هزینه های تعمیر و نگهداری متغیر سیستم
- هزینه منابع اولیه انرژی
- هزینه واردات یا درآمد صادرات برق
- هزینه های زیست محیطی



### ۱-۲-۳-۲- نتایج حاصل از مطالعات انجام شده

در این بخش نتایج حاصل از مدل سازی جهت توسعه بهینه ظرفیت تولید برق توسط فناوری های مختلف در سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. شاخص های اصلی مورد بررسی شامل ظرفیت و آرایش بهینه فناوری های مختلف، راندمان متوسط و نیز هزینه کل سیستم تولید برق می باشد. سناریوهای مختلف در نظر گرفته شده در جدول ۱-۱ معرفی شده اند. چهار سناریوی اول مربوط به فضاهای مختلف همکاری بین المللی، سناریو پنجم مربوط به گزینه هزینه سرمایه گذاری اولیه ثابت در طول دوره برنامه ریزی و سناریو ششم مربوط به گزینه نرخ رشد بالا برای قیمت نفت و سوخت های فسیلی می باشد. سناریوی هفتم نیز مربوط به فضای کاملاً هموار بین المللی و پایین بودن هزینه سرمایه گذاری اولیه نیروگاه های هسته ای است. بر اساس نتایج نرم افزار، ظرفیت بهینه فناوری های مختلف تولید برق در پایان دوره ۳۰ ساله و در سناریوهای مختلف مطابق جدول ۱-۲ می باشد. اهم نتایج در حوزه نیروگاه های گازی حاصله به شرح ذیل است:

جدول ۱-۲: مقایسه میزان ظرفیت فناوری های منتخب در پایان بازه برنامه ریزی برای سناریوهای مختلف [۳]

تکنولوژی	سناریو مرجع		سناریو دوم		سناریو سوم		سناریو چهارم		سناریو پنجم		سناریو ششم		سناریو هفتم	
	درصد	مگاوات	درصد	مگاوات	درصد	مگاوات	درصد	مگاوات	درصد	مگاوات	درصد	مگاوات	درصد	مگاوات
بخاری	۱.۸٪	۳۲۰۰	۲.۷٪	۴۷۰۰	۲.۲٪	۵۴۴۰	۱.۸٪	۳۲۰۰	۱.۸٪	۳۲۰۰	۱.۸٪	۳۲۰۰	۱.۸٪	۳۲۰۰
بخاری با جذب CO <sub>2</sub>	۲.۶٪	۴۴۸۰	۵.۷٪	۹۹۲۰	۵.۸٪	۹۹۲۰	۲.۲٪	۳۸۴۰	۲.۶٪	۴۴۸۰	۲.۲٪	۳۸۴۰	۲.۲٪	۳۸۴۰
چرخه ترکیبی	۹۸.۱۱۴	۵۶.۵٪	۹۳.۴۹۶	۵۴.۲٪	۵۲.۷٪	۹۹۴۷۲	۵۶.۹٪	۱۰۰.۹۲۴	۵۷.۸٪	۹۰.۷۶۰	۵۲.۳٪	۸۷۴۵۲	۴۹.۷٪	۸۷۴۵۲
گازی	۲.۹٪	۶۸۱۲	۲.۹٪	۴۲۱۲	۲.۴٪	۲۶۲۸	۱.۵٪	۸۱۷۶	۴.۷٪	۲۹۲	۰.۲٪	۱۴۶۰	۰.۸۲٪	۱۴۶۰
زغال سوز	۵.۱٪	۸۷۸۰	۴.۹٪	۵۴۴۰	۲.۲٪	۶۲۸۰	۳.۶٪	۴۱۶۰	۲.۴٪	۱۳۴۵۰	۷.۷٪	۳۳۲۰	۱.۹٪	۳۳۲۰
زغال سوز با جذب CO <sub>2</sub>	۳٪	۵۲۱۵	۰.۰٪	۰	۰.۰٪	۰	۳.۴٪	۵۹۶۰	۳٪	۵۲۱۵	۲.۴٪	۵۹۶۰	۲.۴٪	۵۹۶۰
هسته ای	۳.۲٪	۵۶۰۰	۰.۶٪	۱۰۰۰	۰.۶٪	۱۰۰۰	۴.۶٪	۸۰۰۰	۳.۲٪	۵۶۰۰	۲.۲٪	۲۲۸۵۰	۱۳.۰٪	۲۲۸۵۰
برقایی	۱۰.۹٪	۱۸۹۵۵	۱۰.۹٪	۱۸۹۵۵	۱۱.۱٪	۱۸۹۵۵	۱۰.۸٪	۱۸۹۵۵	۱۰.۸٪	۱۸۹۵۵	۱۰.۹٪	۱۸۹۵۵	۱۰.۸٪	۱۸۹۵۵
تلمبه ذخیره ای	۱.۲٪	۲۰۰۰	۱.۲٪	۲۰۰۰	۱.۷٪	۳۰۰۰	۱.۲٪	۲۰۰۰	۰.۶٪	۱۰۰۰	۱.۲٪	۲۰۰۰	۲.۲٪	۴۰۰۰
بادی	۶.۳٪	۱۱۰۰۰	۶.۴٪	۱۱۰۰۰	۶.۴٪	۱۱۰۰۰	۶.۳٪	۱۱۰۰۰	۶.۳٪	۱۱۰۰۰	۶.۳٪	۱۱۰۰۰	۶.۲٪	۱۱۰۰۰
زیست توده	۰.۱٪	۱۷۵	۰.۵٪	۸۰۰	۰.۵٪	۸۰۰	۰.۱٪	۱۲۵	۰.۰٪	۷۵	۰.۶٪	۷۵	۰.۰۴٪	۷۵
حرارتی خورشیدی	۱.۰٪	۹۰۴	۰.۵٪	۵۰۴	۰.۳٪	۱۷۰۴	۱.۰٪	۵۰۴	۰.۳٪	۱۹۰۴	۱.۱٪	۱۱۰۴	۰.۶۲٪	۱۱۰۴
فتوولتائیک	۰.۳٪	۶۰۰	۰.۵٪	۸۰۰	۰.۵٪	۷۹۵	۰.۲٪	۴۰۰	۰.۰٪	۰	۰.۷٪	۲۰۰	۰.۱۱٪	۲۰۰
زمین گرمایی	۰.۳٪	۵۰۰	۰.۳٪	۵۰۰	۰.۳٪	۵۰۰	۰.۳٪	۵۰۰	۰.۳٪	۵۰۰	۰.۳٪	۵۰۰	۰.۲۸٪	۵۰۰
تولید همزمان برق و حرارت	۶.۰٪	۱۰۳۷۵	۷.۴٪	۱۳۷۵۵	۷.۷٪	۱۳۱۹۰	۶.۲٪	۱۰۸۷۵	۶.۱٪	۱۰۷۰۵	۸.۰٪	۱۳۹۳۵	۶.۹٪	۱۲۱۲۵
تولید همزمان برق و آب شیرین	۰.۰٪	۰	۰.۳٪	۴۴۴	۲.۸٪	۴۸۸۴	۰.۰٪	۰	۰.۰٪	۰	۰.۰٪	۰	۰.۰٪	۰

✓ در کلیه سناریوها، نیروگاه های سیکل ترکیبی بیشترین سهم را در توسعه ظرفیت تولید برق به خود اختصاص می دهند به صورتی که در سناریو مرجع مجموع ظرفیت این نیروگاه ها برابر ۹۸۱۱۴ مگاوات (معادل ۵۶/۵ درصد کل ظرفیت نصب شده) می باشد. این میزان در سناریو ششم (نرخ رشد بالای قیمت سوخت های فسیلی) برابر ۹۰۷۶۰ مگاوات است.

✓ ظرفیت کل نیروگاه های گازی بزرگ در سناریو مرجع برابر ۲۹۲۰ مگاوات در پایان دوره برنامه ریزی می باشد. این نیروگاه ها عمدتاً جهت تامین بار پیک شبکه مورد استفاده قرار می گیرند.



همچنین در جدول ۳-۱ راندمان متوسط تولید برق توسط نیروگاه های فسیلی و هسته ای در سناریوهای مختلف با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول ۳-۱: راندمان متوسط نیروگاه های فسیلی و هسته ای در سناریوهای مختلف (بر حسب درصد) [۳]

سال	سناریو مرجع	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم	سناریو پنجم	سناریو ششم	سناریو هفتم
۱۳۹۰	۳۶/۷۹	۳۶/۷۹	۳۶/۷۹	۳۶/۷۹	۳۶/۷۹	۳۶/۷۹	۳۶/۷۹
۱۳۹۱	۳۷/۵۷	۳۷/۴۸	۳۷/۵۷	۳۷/۴۸	۳۷/۵۷	۳۷/۵۷	۳۷/۴۸
۱۳۹۲	۳۸/۸۶	۳۸/۸۳	۳۸/۹۱	۳۸/۷۸	۳۸/۹۱	۳۸/۸۶	۳۸/۷۶
۱۳۹۳	۴۰/۴۱	۴۰/۴۳	۴۰/۵۲	۴۰/۳۸	۴۰/۵۲	۴۰/۴۱	۴۰/۳۲
۱۳۹۴	۴۲/۰۰	۴۲/۰۰	۴۱/۸۷	۴۲/۰۰	۴۲/۱۲	۴۱/۹۸	۴۱/۹۱
۱۳۹۵	۴۲/۵۷	۴۲/۴۵	۴۲/۴۵	۴۲/۵۷	۴۲/۴۴	۴۲/۳۸	۴۲/۴۸
۱۳۹۶	۴۲/۷۷	۴۲/۰۱	۴۲/۷۷	۴۲/۷۷	۴۲/۸۶	۴۲/۷۹	۴۲/۸۰
۱۳۹۷	۴۲/۲۸	۴۲/۴۴	۴۲/۴۴	۴۲/۲۸	۴۲/۲۸	۴۲/۲۵	۴۲/۳۱
۱۳۹۸	۴۳/۵۰	۴۳/۶۳	۴۳/۵۰	۴۳/۵۲	۴۳/۴۸	۴۳/۳۶	۴۳/۶۴
۱۳۹۹	۴۳/۶۷	۴۳/۶۴	۴۳/۶۴	۴۳/۸۱	۴۳/۷۶	۴۳/۲۴	۴۳/۹۱
۱۴۰۰	۴۳/۷۵	۴۳/۶۱	۴۳/۶۰	۴۳/۸۶	۴۳/۸۲	۴۳/۵۱	۴۳/۵۰
۱۴۰۱	۴۳/۹۵	۴۳/۸۵	۴۳/۷۴	۴۴/۰۸	۴۴/۰۲	۴۳/۴۰	۴۳/۲۷
۱۴۰۲	۴۴/۲۱	۴۴/۰۶	۴۴/۰۸	۴۴/۲۹	۴۴/۲۷	۴۳/۲۲	۴۳/۱۱
۱۴۰۳	۴۴/۱۲	۴۳/۸۶	۴۳/۸۹	۴۴/۲۰	۴۴/۱۴	۴۳/۱۷	۴۳/۶۱
۱۴۰۴	۴۴/۲۸	۴۳/۶۹	۴۳/۷۸	۴۴/۳۸	۴۴/۳۱	۴۳/۸۹	۴۳/۴۳
۱۴۰۵	۴۴/۵۹	۴۳/۴۹	۴۳/۵۵	۴۴/۶۵	۴۴/۶۰	۴۳/۳۰	۴۳/۴۶
۱۴۰۶	۴۵/۰۱	۴۳/۶۰	۴۳/۶۲	۴۵/۰۷	۴۵/۰۰	۴۳/۸۷	۴۳/۵۶
۱۴۰۷	۴۵/۴۴	۴۳/۷۴	۴۳/۷۴	۴۵/۴۹	۴۵/۴۳	۴۴/۵۴	۴۳/۶۹
۱۴۰۸	۴۶/۷۰	۴۴/۲۴	۴۴/۲۴	۴۶/۶۴	۴۶/۶۵	۴۵/۹۲	۴۳/۴۳
۱۴۰۹	۴۷/۲۵	۴۴/۷۶	۴۴/۷۱	۴۷/۲۹	۴۷/۲۳	۴۶/۴۱	۴۳/۴۴
۱۴۱۰	۴۷/۳۰	۴۴/۵۳	۴۴/۴۸	۴۷/۳۹	۴۷/۳۰	۴۶/۶۸	۴۳/۲۶
۱۴۱۱	۴۷/۳۹	۴۴/۴۵	۴۴/۴۴	۴۷/۷۴	۴۷/۵۰	۴۷/۰۲	۴۳/۳۸
۱۴۱۲	۴۶/۹۹	۴۴/۳۸	۴۴/۳۵	۴۷/۳۱	۴۷/۱۲	۴۶/۵۷	۴۳/۲۸
۱۴۱۳	۴۷/۱۴	۴۴/۳۳	۴۴/۳۳	۴۷/۴۳	۴۷/۳۱	۴۶/۵۷	۴۳/۱۳
۱۴۱۴	۴۶/۹۶	۴۴/۶۲	۴۴/۴۰	۴۷/۲۴	۴۷/۱۶	۴۶/۴۴	۴۳/۱۲
۱۴۱۵	۴۶/۹۸	۴۴/۸۱	۴۴/۴۱	۴۷/۳۲	۴۷/۲۸	۴۶/۴۸	۴۳/۰۳
۱۴۱۶	۴۶/۷۴	۴۴/۹۸	۴۴/۳۸	۴۶/۹۹	۴۷/۰۰	۴۶/۳۵	۴۲/۹۴
۱۴۱۷	۴۶/۸۴	۴۵/۲۰	۴۴/۳۸	۴۷/۰۶	۴۷/۱۵	۴۶/۴۴	۴۲/۶۹
۱۴۱۸	۴۶/۴۲	۴۵/۳۹	۴۴/۴۲	۴۶/۸۶	۴۶/۹۶	۴۶/۲۳	۴۲/۶۳

همانطور که ملاحظه می شود در سناریو مرجع راندمان متوسط این نیروگاهها تا سال ۱۴۰۶ به ۴۵ درصد افزایش می یابد و در پایان برنامه ۳۰ ساله این میزان به ۴۶/۴ درصد می رسد. همچنین ملاحظه می شود راندمان متوسط نیروگاه های فسیلی و هسته ای در سناریوی سوم (شرایط سخت بین المللی) در پایان برنامه به ۴۴/۴ درصد می رسد که علت این امر محدودیت های موجود کشور در به کارگیری فناوری های پیشرفته با راندمان بالا به ویژه برای نیروگاه های سیکل ترکیبی می باشد. ضمناً در سناریوی هفتم (فضای کاملاً هموار بین المللی و هزینه سرمایه گذاری اولیه پایین نیروگاه های هسته ای) به دلیل

افزایش سهم نیروگاه‌های هسته ای و پایین بودن راندمان این نیروگاه‌ها در مقایسه با نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، راندمان متوسط نیروگاه‌های فسیلی و هسته ای در پایان برنامه به ۴۲/۶ درصد کاهش می یابد.

### ۱-۲-۳- جمع بندی

همانطور که در گزارش نیز اشاره شد یکی از محدودیت های موجود کشور در به کارگیری فناوری های پیشرفته با راندمان بالا به ویژه برای نیروگاه‌های سیکل ترکیبی می باشد بنابراین جهت جلوگیری از هدر رفت انرژی در کشور، استفاده از توربین‌های با راندمان بالا و عمر قابل قبول بسیار ضروری است که برای دستیابی به این هدف، تدوین سند راهبردی برای توربین‌های گازی امری لازم می باشد جدول ۱-۲ و جدول ۱-۳ نیز میزان توان تولیدی و راندمان نیروگاه‌های کشور را در افق ۳۰ ساله نشان می دهد و می توان مشاهده کرد که پایه نیروگاه‌های کشور حرارتی است.

### ۱-۲-۴- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری

#### ۱-۲-۴-۱- گزارش دفتر امور انرژی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری در مورد

#### وضعیت انرژی کشور تا سال ۱۴۰۴

رشد متوسط سالانه مصرف انرژی در کشور طی ۱۰ سال گذشته (به رغم میانگین رشد اقتصادی ۴/۶ درصد)، ۵/۶ درصد بوده است که ادامه این روند، تا سال ۱۴۰۴ هجری شمسی مصرف انرژی کشور را به ۳۷۵۲ میلیون معادل بشکه نفت خام می رساند. در این صورت با توجه به وضعیت فعلی تولید، صادرات نفت خام کشور به صفر خواهد رسید. در وضعیت فعلی در حدود ۳۴ درصد انرژی کشور به بخش‌های مصرفی اختصاص می یابد که ارزش افزوده ایجاد نمی کند. برای رسیدن به وضعیت مطلوب در افق چشم انداز لازم است سهم بخش‌های مصرفی به شیوه‌های مناسب و علمی به شدت کاهش یابد تا بیشترین ارزش افزوده از انرژی کشور به دست آید. آنچه در پی می آید بخش‌هایی از طرح تدوین شده در دفتر امور انرژی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهوری در مورد وضعیت انرژی کشور تا سال ۱۴۰۴ است. براساس چشم انداز درازمدت مصرف انرژی در جهان طی ۲۰ سال آینده رشد متوسط سالانه تقاضای انرژی در جهان ۲ درصد خواهد بود. این در حالی است که تقاضای جهانی نفت طی سال‌های ۲۰۲۵-۲۰۰۵ میلادی بیش از ۳۱ درصد برآورد می شود. این شاخص در مورد گاز ۶۳ درصد، زغال سنگ ۶۳ درصد، انرژی هسته‌ای ۲۶ درصد و انرژی‌های تجدیدپذیر ۵۹ درصد خواهد بود. آمار نشان دهنده آن

است که کل مصرف انرژی جهان در سال ۱۴۰۴ (۲۰۲۵) بیش از ۱۱۶ میلیارد بشکه معادل نفت خواهد بود که از این بین، ۴۰ میلیارد بشکه مربوط به نفت خام است، البته این سهم از ۳۹/۱ درصد به ۳۴/۶ درصد می‌رسد. در جدول ۴-۱ چشم‌انداز صنعت برق کشور در افق ۱۴۰۴ ارائه شده است [۴].

جدول ۴-۱: چشم‌انداز صنعت برق کشور در افق ۱۴۰۴ [۴]

عنوان	واحد	سال ۱۳۸۴	سال ۱۴۰۴
مصرف انرژی برق	میلیارد کیلووات ساعت	۱۳۲/۹	۴۹۰*
مصرف سرانه انرژی برق	کیلووات ساعت بر نفر	۱۹۱۷	۵۵۶۲
ظرفیت نامی نیروگاه‌ها شامل: ۱- نیروگاه‌های حرارتی	مگاوات	۴۱۰۰۳	۱۳۶۳۲۰
۲- نیروگاه‌های برق آبی		۳۴۹۳۹	۱۰۳۸۶۴
۳- نیروگاه‌های اتمی		۶۰۳۷	۲۱۷۳۶
۴- نیروگاه‌های زغال‌سنگی	درصد	-	۶۰۰۰
۵- انرژی‌های نو و تجدیدپذیر	درصد	-	۲۷۲۰
بازده حرارتی نیروگاه‌ها		۳۷	۲۰۰۰
تلفات شبکه برق		۳۵/۸	۴۶
		۱۹/۵	۱۱
نیاز به گاز طبیعی برای تولید برق (نیروگاه‌های دولتی و غیردولتی)	میلیون متر مکعب در روز	۹۶	۳۰۵/۱

\* این میزان انرژی برق بر اساس گزینه ۴/۵ درصد رشد مصرف انرژی محاسبه شده است.

### ۱-۲-۴-۲- جمع‌بندی

براساس چشم‌انداز صنعت برق ایران در افق ۱۴۰۴ مصرف انرژی برق کشور از ۱۳۲/۹ به ۴۹۰ میلیارد کیلووات ساعت خواهد رسید که این برق از نیروگاه‌های حرارتی، برق آبی، اتمی، زغال‌سنگی و انرژی‌های نو تأمین خواهد شد. همچنین برای بهینه سازی سیستم مدنظر است از یک سو بازده حرارتی نیروگاه‌ها از ۳۵/۸ درصد به ۴۶ درصد برسد و از سوی دیگر تلفات شبکه های برق از ۱۹/۵ درصد به ۱۱ درصد تنزل یابد.

## ۱-۳-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند

### ۱-۳-۱-۱- مقدمه

در بخش قبل اسناد و قوانین بالادستی که به نوعی بر روند توسعه فناوری توربین های گازی تاثیرگذار بودند، معرفی گردید. حال در این بخش ابعاد موضوع و محدوده مطالعات مشخص خواهد شد. بنابراین در ادامه سطح تحلیل مدنظر این مطالعات و افق زمانی مورد استفاده در ایت مطالعه مورد بررسی قرار می گیرند.

### ۱-۳-۱-۲- تبیین سطح تحلیل

با توجه به تاثیرگذاری فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم گیری راهبردی را می توان در سطوح مختلفی به انجام رساند. این سطوح را می توان در قالب های مختلفی دسته بندی نمود. یکی از دسته بندی های رایج، دسته بندی در قالب " ملی"، " بخشی" و " بنگاهی" می باشد. انتخاب هر یک از سطوح می تواند اثر قابل توجهی بر محدوده مطالعات و بازیگران درگیر در فرآیند سیاست گذاری داشته باشد. بدان معنا که اگر سطح ملی برای تدوین سند انتخاب شود ممکن است چندین وزارتخانه دولتی و سازمان بزرگ ملی در فرآیند سیاست گذاری درگیر شوند. اما اگر سطح بخشی و یا درون وزارتخانه ای انتخاب شود، حداکثر بازیگران یک وزارتخانه و زیرمجموعه های آن در بازی وارد خواهند شد. همچنین در سطح بنگاهی، عوامل موجود در یک بنگاه و حداکثر شرکای آن بنگاه در فرآیند تدوین سند مشارکت داده خواهند شد. بنابراین با توجه به آن که این پروژه ها با درخواست وزارتخانه نیرو و با محوریت و مدیریت پژوهشگاه نیرو در حال تدوین می باشد، می توان نتیجه گرفت که سطح این مطالعات در سطح بخشی و یا به عبارت بهتر صنعت برق کشور ( در حوزه وزارت نیرو به عنوان متوالی اصلی این صنعت) تعریف خواهد شد.

### ۱-۳-۱-۳- تبیین افق زمانی

ماهیت اسناد راهبردی با در نظر گرفتن افق های برنامه ریزی فراتر از زمان حال برای اقدامات و فعالیت ها معنی پیدا می کند. دلیل برنامه ریزی آینده و افق های برنامه ریزی بلندمدت در اسناد راهبردی، در نظر گرفتن روندهای آتی، اتفاقات ممکن و تغییرات احتمالی است که بر نحوه توسعه فناوری و فرآیند تصمیم گیری اثرگذار است. در نظر داشتن این افق های بلندمدت

امکان انجام رفتار فعالانه در توسعه فناوری را مهیا می‌نماید. افق برنامه‌ریزی می‌تواند کوتاه‌مدت (۳ تا ۵ سال)، میان مدت (۵ تا ۱۰ سال) و بلند مدت (۱۰ تا ۲۰ سال) باشد.

عمدتاً افق برنامه‌ریزی در اسناد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی می‌تواند بلندمدت یا میان مدت باشد که معمولاً در فاصله‌های زمانی ۵ ساله مورد ارزیابی و بازنگری قرار می‌گیرند. اگر افق زمانی تدوین سند ۲۰ ساله در نظر گرفته شود، به دلیل پویایی و تغییر و تحولات محیط و وجود عدم قطعیت در این بازه زمانی، نمی‌توان برنامه‌ریزی مناسبی را انجام داد و با توجه به آن که ماهیت این سند برنامه‌ریزی در جهت توسعه یک فناوری در کشور می‌باشد، افق ۲۰ ساله برای آن زیاد است.

از طرف دیگر با توجه به آن که این مطالعات با سفارش وزارت نیرو در حال تدوین می‌باشد و اغلب مطالعات و برنامه‌ریزی‌های درون این وزارتخانه به منظور دستیابی به اهداف و چشم‌انداز ۱۴۰۴ می‌باشد، بنابراین به نظر می‌رسد بهتر است این افق زمانی به عنوان بازه زمانی مناسب برای این سند نیز در نظر گرفته شود. بنابراین افق زمان‌بندی این مطالعه به صورت میان مدت ۱۰ ساله و با هدف دستیابی به چشم‌انداز ۱۴۰۴ می‌باشد.

## ۱-۴- تبیین ضرورت توسعه

### ۱-۴-۱- مقدمه

منظور از ضرورت توسعه، بیان هدف نهایی سیاست‌گذاران از توسعه فناوری می‌باشد. این هدف نهایی در سطوح بالای تصمیم‌گیری تعیین شده و به عنوان یک فرض، محور برنامه‌ریزی در توسعه فناوری قرار می‌گیرد. با توجه به انتخاب این فناوری جهت توسعه در سطوح بالاتر تصمیم‌گیری، خودبه‌خود ضرورت توسعه فناوری و تدوین سند برای آن توجیه می‌شود. اما با این وجود، در این قسمت سعی می‌شود برخی از دلایلی که سیاست‌گذاران بالادستی جهت توسعه فناوری توربین گازی در کشور مدنظر داشته‌اند، یادآوری و مرور نماییم.

### ۱-۴-۲- دلایل توجیه‌پذیری

در حالت کلی می‌توان دلایل ضرورت توسعه فناوری توربین‌های گازی را به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

## ۱-۴-۲-۱- حجم بازار

بر اساس گزارش منتشرشده آمار صنعت برق ایران در سال ۱۳۹۲، در سال ۱۳۹۲ قدرت نامی منصوبه نیروگاه های کشور با افزایش ۱۳۳۸ مگاوات به ۷۰۲۷۸ مگاوات رسید که نسبت به سال قبل ۱/۹ درصد افزایش داشت.

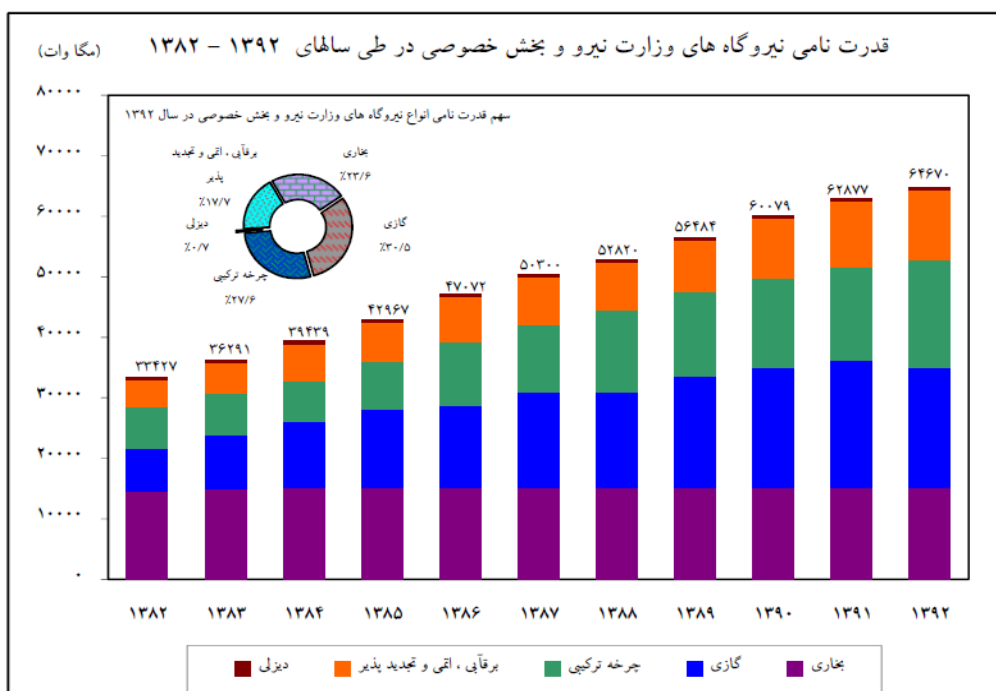
ترکیب نیروگاه های بهره برداری شده در پایان سال ۱۳۹۲ به شرح زیر است:

- ✓ نیروگاه های بخاری ۱۵۸۳۰ مگاوات معادل ۲۲/۵ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- ✓ نیروگاه های گازی ۲۴۷۱۵ مگاوات معادل ۳۵/۲ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- ✓ نیروگاه های چرخه ترکیبی ۱۷۸۵۰ مگاوات معادل ۲۵/۴ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- ✓ نیروگاه های برق آبی ۱۰۲۶۵ مگاوات معادل ۱۴/۶ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- ✓ نیروگاه های دیزلی، بادی و انرژی های نو ۶۰۱ مگاوات معادل ۰/۸ درصد از مجموع قدرت نامی کشور
- ✓ نیروگاه اتمی ۱۰۲۰ مگاوات معادل ۱/۵ درصد از مجموع قدرت نامی کشور

سهام تولید از نیروگاه های مختلف کشور به شرح زیر است:

- ✓ تولید نیروگاه های بخاری ۸۹۶۶۴ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۳۴/۲ درصد از کل تولید
- ✓ تولید نیروگاه های گازی ۶۶۰۳۹ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۲۵/۲ درصد از کل تولید
- ✓ تولید نیروگاه های چرخه ترکیبی ۸۷۱۳۵ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۳۳/۲ درصد از کل تولید
- ✓ تولید نیروگاه های برق آبی ۱۴۴۷۰ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۵/۵ درصد از کل تولید

در شکل ۱-۱ قدرت نامی نیروگاه های وزارت نیرو و بخش خصوصی از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۲ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱: قدرت نامی نیروگاه های وزارت نیرو و بخش خصوصی در طی سالهای ۱۳۸۲-۱۳۹۲ [۵]

در این گزارش، نیروگاه های گازی ۲۴۷۱۵ مگاوات معادل ۳۵/۲ درصد از مجموع قدرت نامی کشور و نیروگاه های چرخه ترکیبی ۱۷۸۵۰ مگاوات معادل ۲۵/۴ درصد از مجموع قدرت نامی کشور را تشکیل می دهند. همچنین سهم تولید نیروگاه های گازی ۶۶۰۳۹ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۲۵/۲ درصد از کل تولید و نیروگاه های چرخه ترکیبی ۸۷۱۳۵ میلیون کیلو وات ساعت معادل ۳۳/۲ درصد از کل تولید کشور است. بنابراین در حال حاضر بخش بزرگی از انرژی الکتریکی کشور از طریق نیروگاه های گازی و چرخه ترکیبی تولید می شود که این مسئله الزام ارتقاء فناوری توربین گازی برای افزایش راندمان در نیروگاه های موجود در کشور را تبیین می کند.

همچنین با توجه به اینکه نیروگاه های گازی سهم عمده ای از سبد انرژی کشور را تشکیل می دهند، بنابراین با توجه به وضعیت و پتانسیل کشور و برنامه های موجود برای احداث نیروگاه های گازی و چرخه ترکیبی و روند افزایش احداث نیروگاه های گازی در سال های گذشته، این موضوع مقدمه ای می باشد جهت برنامه ریزی میان مدت که احداث نیروگاه های گازی مورد توجه قرار گیرد و توسعه فناوری توربین های گازی امری ضروری و مهم می باشد.

همچنین بر اساس سیاست های کلان وزارت نیرو و چشم انداز صنعت برق ایران در افق ۱۴۰۴ مطابق با گزارش دفتر امور انرژی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری (جدول ۱-۴)، مصرف انرژی برق کشور از ۱۳۲/۹ به ۴۹۰ میلیارد

کیلووات ساعت خواهد رسید که این برق از نیروگاههای حرارتی، برق آبی، اتمی، زغال سنگی و انرژیهای نو تأمین خواهد شد. سهم نیروگاههای حرارتی معادل ۱۰۳۸۶۴ مگاوات در سال ۱۴۰۴ خواهد بود که بخش بزرگی از نیروگاههای حرارتی کشور را نیروگاههای گازی تشکیل می دهند که نشان دهنده اختصاص حجم بزرگی از بازار و سبد انرژی کشور به توربین های گازی است.

### ۱-۴-۲-۲- صرفه جویی ارزی

همانطور که در گزارش تدوین استراتژی توسعه تولید انرژی الکتریکی کشور در افق سی ساله با در نظر گرفتن کلیه حاملهای انرژی (بخش ۱-۲-۳) مطرح شد، در کلیه سناریوها نیروگاههای سیکل ترکیبی بیشترین سهم را در توسعه ظرفیت تولید برق به خود اختصاص می دهند به صورتی که در سناریو مرجع مجموع ظرفیت این نیروگاهها برابر ۹۸۱۱۴ مگاوات (معادل ۵۶/۵ درصد کل ظرفیت نصب شده) می باشد و ظرفیت کل نیروگاههای گازی بزرگ در سناریو مرجع برابر ۲۹۲۰ مگاوات در پایان دوره برنامه ریزی می باشد. با توجه به این که در سیکل ترکیبی دو سوم از توان تولیدی توسط بخش توربین گازی تولید می شود، بنابراین مطابق با این سناریو در مجموع ۶۸۶۵۶ مگاوات از برق کشور توسط توربین های گازی تأمین خواهد شد. مطابق با آمار NREL (National Renewable Energy Laboratory) در سال ۲۰۱۲ (مرجع ۸) نیز سهم هزینه توربین گازی در یک سیکل ترکیبی معادل با \$/kW ۱۷۷ است، بنابراین با استفاده از توربین های گازی تقریباً معادل ۱۲ بیلیون دلار از خروج ارز از کشور جلوگیری خواهد شد. افزون بر صرفه جویی در ارز و سوخت، بازده نیروگاهها نیز افزایش خواهد یافت. لذا از این منظر نیز توسعه فناوری توربین گاز توجیه پذیری بالایی دارد.

### ۱-۴-۲-۳- توانمندی داخلی

شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا (توگا) به عنوان یکی از معدود شرکت های تولیدکننده توربین های پرقدرت نیروگاهی و صنعتی در کشور است. ساخت و توسعه تکنولوژی بومی توربین گاز در گروه مپنا ابتدا با انتقال دانش فنی ساخت از شرکت آنسالدو انرجیا شروع شد و پس از ساخت داخل توربین V94.2، همین توربین همراه با پره های داغ، سیستم کنترل و نیز توربین بخار سیکل ترکیبی آن تا سال ۱۳۸۹ تحت لیسانس شرکت زیمنس تولید گردید. در این دوره همزمان با بهبود در فناوری های ساخت و تسلط بر مهندسی این تجهیزات، تعداد زیادی واحدهای نیروگاهی سیکل ساده و ترکیبی از این نوع



توسط گروه مپنا ساخته شد، به طوری که حدود ۴۰ درصد از ظرفیت شبکه برق ایران را مجموع توان تولیدی این واحدهای سیکل ساده و ترکیبی تشکیل می دهد.

از سال ۱۳۸۹، گروه مپنا با توسعه فناوری های پوشش قطعات داغ و تغییرات در احتراق و کنترل توربین V94.2، اولین ورژن ارتقای خود با نام MGT-70(MAP2+) را عرضه کرد. ورژن دوم MGT-70 نیز در ابتدای سال ۱۳۹۲ راه اندازی شد و هم اکنون محصول جاری گروه مپنا است. ورژن بعدی این محصول که در حال حاضر در پایان مراحل طراحی و شروع ساخت اولین واحد است. ادامه روند توسعه روی این توربین در میان مدت، تبدیل آن به توربین کلاس F خواهد بود. علاوه بر محصول و روند فوق در توربین های نیروگاهی، گروه مپنا هم اکنون توربین های گاز صنعتی MGT-30 و MGT-30MD را تولید می کند. مسیر توسعه روی این خانواده توربین در گروه مپنا نیز مشابه توربین نیروگاهی MGT-70 است. توربین گاز MGT-40 هم اکنون در مرحله توسعه و ساخت اولین واحد در گروه مپناست. این توربین بر پایه طراحی معکوس توربین F6B شرکت جنرال الکتریک می باشد [۹]. تمامی این موارد نشانگر وجود توانمندی های داخلی در صنعت توربین گاز می باشد.

بر اساس مصوبه شورای معاونین وزارت نفت، کسب دانش فنی طراحی و تکنولوژی ساخت توربین گازی به عنوان یکی از دو طرح اصلی و با اولویت اول وزارت نفت شناخته شده است. به همین منظور مقرر گردید تا با سرمایه گذاری مشترک گروه توربوکمپرسور نفت (OTC) و مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی گاز ایران، طرح مذکور با هدف ورود و نهادینه سازی دانش فنی طراحی و تکنولوژی ساخت توربین گازی صنعتی با توان ۲۵ مگاوات و کسب نشان ملی اجرایی گردد. طبق گفته مدیرعامل شرکت ملی گاز ایران در ششمین نشست شورای عالی توسعه توان داخل حوزه صنعت برای تامین منابع مالی بومی کردن دانش فنی ساخت توربین، ۴۰ میلیارد تومان از شرکت ملی گاز ایران و ۵۰ میلیارد تومان از طریق صندوق بازنشستگی سرمایه گذاری می شود. قابل ذکر است که هم اکنون پیشرفت طراحی و ساخت و تست توربین گازی ۲۵ مگاواتی به ۹۸ درصد رسیده است [۱۰].

بنابراین دو شرکت سازنده بزرگ توربین های گازی در ایران (شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا (توگا) و شرکت توربو تک) با سرمایه گذاری کلان انجام داده در این زمینه نشان داده اند که علاقه مندی و توانمندی زیادی مبتنی بر توسعه فناوری توربین گازی و انتقال دانش این فناوری به کشور وجود دارد. بنابراین بایستی از سرمایه کشور در این راستا استفاده ای بهینه کرد. بسیاری از قطعات و تجهیزات مورد نیاز در کشور اکنون بومی سازی شده است که نشان از توانایی سازندگان ایرانی دارد.

همچنین با توجه به توانمندی های غنی موجود در دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی در کشور در حوزه توربین های گازی، ضرورت توسعه فناوری اهمیت بیشتری می یابد. توضیح این که در بسیاری از مراکز علمی، اساتید متخصص و دانشجویان و محققان در حوزه های مرتبط با توربین گاز مشغول به تدریس و تحقیق هستند. همچنین آزمایشگاه های ملی و تخصصی موجود در مراکز فوق، پتانسیل موثر در جهت بومی سازی دانش فنی طراحی و ساخت زیرسیستم های توربین های گازی را مشخص می سازد.

#### ۱-۴-۲-۴- اشتغال زایی

ایجاد فرصت های شغلی پایدار با تاکید بر استفاده از توسعه فناوری و اقتصاد دانش بنیان و آینده نگری نسبت به تحولات آن ها در سطح ملی و منطقه ای از سیاست های کلی برنامه پنجم توسعه اقتصادی، فرهنگی و اجتماعی جمهوری اسلامی ایران در زمینه اشتغال می باشد. با توجه به وجود مهندسين داخلی و نیروی انسانی آموزش دیده در کشور، از طریق توسعه فناوری توربین گازی و تعامل با قطب های سازنده می توان فرصت های شغلی جدیدی در کشور ایجاد نمود.

#### ۱-۴-۲-۵- مزیت نسبی تولید برق توسط نیروگاه های گازی

- هزینه و مدت زمان آماده سازی پایین

در جدول ۱-۵ نیز مقایسه ای در مورد مدت زمان و هزینه آماده سازی، ویژگی های کارکرد، نرخ گرما، هزینه تعمیر و نگهداری، قابلیت اطمینان برای انواع سیکل ها ارائه شده است. نیروگاه های گازی دارای هزینه اولیه ( $300-350/kW$  \$)، نیروگاه های توربین بخار دارای ۵۰ درصد هزینه اولیه بیشتر ( $800-1000/kW$  \$) نسبت به سیکل ترکیبی ( $400-900/kW$  \$) هستند. نیروگاه های هسته ای در دسته نیروگاه های گران قرار می گیرند. همچنین مدت زمان مورد نیاز برای نصب نیروگاه گازی ۱۰ تا ۱۲ ماه، نیروگاه بخار از مرحله طراحی تا تولید حدود ۳۶ تا ۴۲ ماه است در حالی که این زمان برای نیروگاه سیکل ترکیبی ۲۲ تا ۲۴ ماه است. با مقایسه هزینه سرمایه و زمان آماده سازی این نیروگاه ها مشخص است که توربین گازی بهترین انتخاب برای توان پیک می باشد. و این مسئله با توجه به شرایط بحرانی تامین برق حائز اهمیت است.

جدول ۱-۵: ویژگی های کارکرد و اقتصادی نیروگاهها [۷]

Type of Plant	Capital Cost (\$/kW)	Heat Rate BTU/kWh (kJ/kWh)	Net Efficiency	Variable Operation and Maintenance (\$/MWh)	Fixed Operation and Maintenance (\$/MWh)	Availability (%)	Reliability (%)	Time from Planning to Completion (Months)
SCGT (2500 °F/1371 °C)	300-350	7582-8000	45	5.8	0.23	88-95	97-99	10-12
Natural gas fired								
SCGT oil fired	400-500	8322-8229	41	6.2	0.25	90-96	95-98	12-16
SCGT crude fired	500-600	10,662-11,250	32	13.5	0.25	75-80	90-95	12-16
Regenerative gas turbine natural gas fired	375-575	6824-7200	50	6	0.25	86-93	96-98	12-16
Combined-cycle gas turbine	600-900	6203-6545	55	4	0.35	86-93	95-98	22-24
Advanced gas turbine CCPP	800-1,000	5249-5538	65	4.5	0.4	84-90	94-96	28-30
Combined-cycle coal gasification	1,200-1,400	6950-7332	49	7	1.45	75-85	90-95	30-36
Combined-cycle fluidized bed	1,200-1,400	7300-7701	47	7	1.45	75-85	90-95	30-36
Nuclear power	1,800-200	10,000-10,550	34	8	2.28	80-89	92-98	48-60
Steam plant coal fired	800-1,000	9749-10285	35	3	1.43	82-89	94-97	36-42
Diesel generator-diesel fired	400-500	7582-8000	45	6.2	4.7	90-95	96-98	12-16
Diesel generator-power plant oil fired	600-700	8124-8570	42	7.2	4.7	85-90	92-95	16-18
Gas engine generator power plant	650-750	7300-7701	47	5.2	4.7	92-96	96-98	12-16

### • نصب و راه اندازی سریع

نصب توربین های گازی بسیار سریع صورت می گیرد و سرعت راه اندازی آنها به لحاظ حداقل بودن تجهیزات کمکی بسیار زیاد است و به عنوان واحدهایی که قادرند سریعاً در مدار قرار گیرند بسیار مورد توجه هستند. از آنجایی که قدرت های قابل ساخت این مولدها گسترده می باشد، لذا متناسب با گستردگی شبکه از آن در تامین گونه های مختلف نیاز شبکه استفاده می گردد، بدین معنی که در شبکه های کوچک و متوسط به عنوان تولید کننده بار پایه و در شبکه های بزرگ به عنوان تولید کننده بار میانی و بار پیک مورد استفاده قرار می گیرد. لازم به توضیح است که در مجتمع های تولیدی بزرگ که قطع برق شبکه باعث به وجود آمدن خسارت های زیاد می شود، از این نوع مولدها به عنوان تولید کننده برق اضطراری نیز، استفاده می شود [۱۱].

### • تنوع در نوع سوخت مصرفی

از دیدگاه نوع سوخت مصرفی نیز می توان به این مورد اشاره کرد که توربین های گازی امروزی با گاز طبیعی، گازوئیل، نفت، متان، گازهای با ارزش حرارتی پایین (مانند بیوگاز)، نفت گاز تقطیر شده و حتی گاز حاصل از فضولات و سوخت های پاک و جدید کار می کنند. سازندگان توربین های گازی به سمت طراحی و ساخت توربین های گازی پاک با آلاینده های کمتر حرکت می کنند. بنابراین در بازار رقابت جهانی توربین های گازی مورد تایید توربین ها با آلاینده های کمتر هستند که این مسئله ضرورت توسعه فناوری توربین های گازی در کشور را مشخص می کند [۷].

### • وجود ذخایر عظیم گاز در کشور

همچنین مطابق گزارش U.S Energy Information Administration ایران از نظر ذخایر گاز طبیعی پس از روسیه دومین رتبه در دنیا را به خود اختصاص داده است. ایران ۱۷ درصد از ذخایر گاز در جهان و تقریباً یک سوم از ذخایر اوپک را دارد. همچنین مطابق این گزارش در سال ۲۰۱۲ ایران تقریباً ۲۲۱ میلیارد کیلووات ساعت (Bkwh) برق تولید کرده است که نزدیک به ۹۵ درصد آن از طریق منابع سوخت فسیلی تولید شده است. بر اساس گزارش Business Monitor International (BMI) گاز طبیعی بزرگترین منبع سوخت برای تولید برق در ایران (در حدود ۷۰ درصد) است [۱۲]. بنابراین وجود این ذخایر عظیم استفاده از گاز و احداث نیروگاه های گازی و سیکل ترکیبی را توجیه می کند.

### • کاربرد توربین گازی در صنایع مختلف

کاربرد روز افزون توربین های گازی در صنایع مختلف ، به خصوص در صنایع نفت و الکترونیک، از قبیل به حرکت در آوردن پمپ های بزرگ در داخل خطوط لوله نفت و گاز ، تامین انرژی مورد نیاز کارخانجات و مناطق خاص جدا از شبکه بسیار چشم گیر و قابل توجه است. با توجه به خطوط وسیع انتقال گاز در کشور، وجود ایستگاههای تقویت فشار و به کارگیری موثر از توربو کمپرسورهای گازی با راندمان مطلوب ضروری است. بنابراین امکان ایجاد سرریز دانشی با بالا رفتن توانمندی تکنولوژیک به سایر حوزهها به وجود می آید.

در حالت کلی می توان گفت که بالا بودن سرعت راه اندازی، تنوع در نوع سوخت مصرفی، وجود ذخایر عظیم گاز در کشور و امکان ایجاد سرریز دانشی به سایر حوزهها از مزیت های نسبی تولید برق توسط نیروگاه های گازی می باشد [۱۱].

#### ۱-۴-۲-۶- آلاینده های زیست محیطی

مطابق با مطالب منتشر شده در مقاله " تعیین فاکتور انتشار آگازهای حاصل از احتراق خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی کشور و مقایسه آن با کشورهای آمریکای شمالی " میانگین فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی کشور ( با در نظر گرفتن سهم تولید انرژی الکتریکی توسط نیروگاه های برق آبی و توربین بادی) مطابق جدول ۱-۶ محاسبه و برآورد شده است.

جدول ۱-۶: میانگین فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی کشور [۱۳]

CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	آلاینده
۶۴۰	۲/۷۵	۲/۴	میزان انتشار (gr/kWh)

با افزایش راندمان فاکتور انتشار گاز CO<sub>2</sub> کاهش می یابد. متوسط راندمان نیروگاه های بخار، توربین گازی و سیکل ترکیبی مطابق آمار تفصیلی صنعت برق کشور در سال ۱۳۸۶ به ترتیب ۳۶/۲ درصد، ۲۸/۲ درصد و ۴۲/۳ درصد است. بنابراین نیروگاه سیکل ترکیبی دارای بیشترین راندمان تولید انرژی الکتریکی و در نتیجه کمترین فاکتور انتشار گاز CO<sub>2</sub> است. در مورد آلاینده NO<sub>x</sub> علاوه بر راندمان، بود و نبود سیستم های متداول کاهش این آلاینده ها مانند سیستم های کاتالیستی، مشعل های پیش اختلاط نظیر مشعل LNB (Low NO<sub>x</sub> Burner) در نیروگاه های بخار و مشعل DLN (Dry Low NO<sub>x</sub>) در نیروگاه های

توربین گازی و سیکل ترکیبی در تعیین میزان فاکتور انتشار این آلاینده سهیم‌اند. طبق بررسی‌ها و محاسبات انجام‌شده در پروژه تدوین اطلس آلودگی نیروگاه‌های کشور، فاکتور انتشار آلاینده  $\text{NO}_x$  در نیروگاه‌های توربین گازی در حالت گازسوز با وجود راندمان کمتر نسبت به نیروگاه‌های بخار و سیکل ترکیبی کمتر است و دلیل آن تجهیز نیروگاه‌های توربین گازی به مشعل‌های DLN است. ۲۶/۷ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و ۷۱/۴ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های گازی کشور مجهز به DLN در حالت گازسوز است در حالی که هیچ یک از نیروگاه‌های بخار هنگام مصرف سوخت گاز دارای سیستم کاهش آلاینده  $\text{NO}_x$  نیست. همچنین فاکتور انتشار آلاینده  $\text{SO}_2$  در نیروگاه‌های بخار با توجه به این که مازوت مصرفی در این نیروگاه‌ها به طور متوسط حاوی ۲/۵ درصد وزنی گوگرد است بسیار بیشتر از فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه‌های توربین گازی و سیکل ترکیبی است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی انتشار آلاینده کمتری نسبت به نیروگاه‌های بخار دارند. با توجه به استدلال‌های فوق مبنی بر آلاینده‌گی کمتر توربین های گازی و سیکل ترکیبی نسبت به توربین‌های بخار بنابراین ضرورت توسعه نیروگاه‌های گازی را بیان می‌کند [۱۳].

## ۲- نتیجه‌گیری

در این گزارش کلیه اسناد بالادستی و قوانین مرتبط با توسعه نیروگاه‌های گازی و فناوری توربین‌های گازی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته تبدیل نیروگاه‌های کشور به چرخه ترکیبی از اهداف اصلی وزارت نیرو بوده، زیرا با تبدیل نیروگاه‌ها به چرخه ترکیبی علاوه بر اینکه نیروگاه‌ها راندمان بالاتری خواهند داشت، در مصرف سوخت نیز صرفه‌جویی می‌شود. با توجه به اینکه نیروگاه‌های چرخه ترکیبی متشکل از واحد گازی و بخار است، توسعه فناوری توربین‌های گازی جهت بومی‌سازی دانش طراحی و خودکفایی در این زمینه امری لازم و ضروری است. با توجه به اهداف کلان تعیین‌شده در سند چشم‌انداز کشور در افق ۱۴۰۴، بازه زمانی ۱۰ ساله برای این سند پیشنهاد می‌شود تا بتوان به اهداف تعیین‌شده در برنامه‌های توسعه کشور دست یافت. همچنین محدوده مطالعات این پروژه در سطح صنعت برق کشور است.

### ۳- مراجع

[1] <http://isna.ir/fa/news>

[۲] " طرح پژوهشی تدوین سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو اهداف استراتژیک و استراتژی‌های وزارت نیرو در بخش برق و انرژی کشور "، ۱۳۸۸.

[۳] سلطانی حسینی. مسعود، "تدوین استراتژی توسعه تولید انرژی الکتریکی کشور در افق سی ساله با در نظر گرفتن کلیه حاملهای انرژی"، پژوهشگاه نیرو، آبان ۱۳۹۲.

[۴] گزارش "عرضه و تقاضای انرژی متوازن می‌شود"، دفتر امور انرژی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.

[۵] "گزارش آمار صنعت برق ایران" سال ۱۳۹۲.

[۶] "نگاهی به انرژی در ایران"، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، بهمن ۱۳۸۶.

[7] Boyce, M., "Gas turbine Engineering Handbook", Elsevier, 2012.

[8] Black& Veatch, prepared for the national energy laboratory, " Cost and Performance data for Power Generation Technologies", 2012.

[9] [www.mapnagroup.com](http://www.mapnagroup.com).

[10] [www.turbotec-co.com](http://www.turbotec-co.com).

[11] <http://www.moe.gov.ir>.

[12] " Country Analysis Brief: Iran", U.S. Energy Information administration, 21 July, 2014.

[۱۳] نظری، سعید، سهرابی کاشانی امیر، داوری سوسن، دلاور مقدم زهرا، " تعیین فاکتور انتشار آگازهای حاصل از احتراق خروجی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی کشور و مقایسه آن با کشورهای آمریکای شمالی"، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۸.

## فهرست مطالب

۱-تیبین مشخصه‌های فناوری	۱
۱-۱-مقدمه	۱
۱-۱-۱-طبقه‌بندی فناوری‌ها از منظر ماهیت	۱
۱-۱-۱-۱-سابقه فناوری	۱
۲-۱-۱-۱-پیچیدگی فناوری	۲
۳-۱-۱-۱-تناسب فناوری	۲
۴-۱-۱-۱-حوزه استفاده فناوری	۳
۵-۱-۱-۱-موقعیت راهبردی فناوری	۳
۲-۱-۱-تیبین ماهیت فناوری توریسم گازی	۳
۲-۱-طبقه‌بندی فناوری از منظر چرخه عمر	۴
۱-۲-۱-چرخه عمر بازار- محصول	۵
۲-۲-۱-وضعیت بازار و صنعت توریسم گازی در جهان	۸
۱-۲-۲-۱-بررسی فضای رقابتی توریسم گازی در جهان	۸
۲-۲-۲-۱-بررسی روند قیمت توریسم گازی در جهان	۱۰
۳-۲-۲-۱-جمع‌بندی چرخه عمر بازار جهانی توریسم گازی	۱۳
۳-۲-۱-چرخه عمر فناوری	۱۴
۱-۳-۲-۱-شاخص‌های چرخه عمر فناوری	۱۴
۲-۳-۲-۱-چرخه عمر فناوری توریسم گاز	۱۵



## فهرست مطالب

۲۸.....	۳-۳-۲-۱- فناوری توریسم های گازی سازندگان مختلف
۴۲.....	۳-۱- آینده پژوهی فناوری
۴۳.....	۴-۱- شناخت حوزه های فناورانه
۴۳.....	۱-۴-۱- مقدمه و بیان اهمیت موضوع
۴۴.....	۲-۴-۱- استخراج زنجیره ارزش صنعت توریسم های گازی و درخت فناوری مربوطه
۴۴.....	۱-۲-۴-۱- استخراج زنجیره ارزش صنعت توریسم های گازی
۴۶.....	۲-۲-۴-۱- استخراج درخت فناوری توریسم های گازی
۵۲.....	۳-۴-۱- جمع بندی
۵۳.....	۲- نتیجه گیری
۵۴.....	۳- مراجع

## فهرست شکلها

- شکل ۱-۱: چرخه عمر محصول [۱]..... ۶
- شکل ۲-۱: مقایسه سهم بازار سازندگان مختلف بر اساس توان توربین های گازی تولیدی تا سال ۲۰۰۹ [۳] ۸
- شکل ۳-۱: مقایسه سهم بازار سازندگان مختلف بر اساس تعداد توربین های گازی تولیدی تا سال ۲۰۰۹ [۳] ۹
- شکل ۴-۱: برآورد هزینه بر حسب تعداد و ظرفیت توربین های گازی تولیدی در سال های ۲۰۱۰-۲۰۱۹ [۶] ۱۲
- شکل ۵-۱: چرخه عمر فناوری [۱]..... ۱۴
- شکل ۶-۱: پیشرفت های تعاملی در دهه ۱۹۹۰ که منجر به موفقیت توربین گاز شد [۷]..... ۱۷
- شکل ۷-۱: عوامل تاثیرگذار بر توسعه فناوری توربین گازی..... ۱۸
- شکل ۸-۱: روند فناوری توربین گازی- توان خروجی [۸]..... ۱۹
- شکل ۹-۱: روند فناوری توربین گازی- دمای احتراق [۸]..... ۲۰
- شکل ۱۰-۱: روند فناوری توربین گازی- نسبت فشار [۸]..... ۲۱
- شکل ۱۱-۱: روند فناوری توربین گازی- نسبت فشار، دمای احتراق و راندمان حرارتی [۴]..... ۲۲
- شکل ۱۲-۱: روند فناوری توربین گازی- راندمان حرارتی [۸]..... ۲۳
- شکل ۱۳-۱: افزایش راندمان توربین گازی در سیکل ساده و ترکیبی [۷]..... ۲۳
- شکل ۱۴-۱: روند فناوری توربین گازی- بهبود مواد [۴]..... ۲۵
- شکل ۱۵-۱: روند فناوری توربین گازی- پوشش دهی [۴]..... ۲۶
- شکل ۱۶-۱: روند فناوری توربین گازی- انتشار آلاینده [۸]..... ۲۷
- شکل ۱۷-۱: نحوه پیشرفت توربین های گازی کلاس F شرکت GE [۱۰]..... ۲۹
- شکل ۱۸-۱: نحوه افزایش راندمان و دمای احتراق در سه کلاس توربین گازی شرکت GE [۱۰]..... ۳۰
- شکل ۱۹-۱: رشد توان و راندمان توربین های گازی GE در سیکل ترکیبی تا سال ۲۰۱۴ [۱۱]..... ۳۰

## فهرست شکلها

- شکل ۱-۲۰: مسیر توسعه توربین های گازی فریم V شرکت زیمنس [۱۵] ..... ۳۲
- شکل ۱-۲۱: پیشرفت فناوری توربین های گازی زیمنس [۱۶] ..... ۳۳
- شکل ۱-۲۲: توان خروجی توربین های گازی زیمنس [۱۶] ..... ۳۳
- شکل ۱-۲۳: میزان انتشار آلاینده  $NO_x$  در توربین های گازی زیمنس [۱۶] ..... ۳۴
- شکل ۱-۲۴: نسبت فشار توربین های گازی زیمنس [۱۶] ..... ۳۴
- شکل ۱-۲۵: راندمان توربین های گازی زیمنس [۱۶] ..... ۳۵
- شکل ۱-۲۶: تغییرات درجه حرارت ورودی و راندمان در سیکل ترکیبی در انواع مختلف توربین های گازی
- شرکت میتسوبیشی [۱۸] ..... ۳۶
- شکل ۱-۲۷: توان توربین های گازی در سیکل ساده و سیکل های ترکیبی [۱۸] ..... ۳۷
- شکل ۱-۲۸: روند تغییرات انواع تکنولوژی های توربین های گازی شرکت میتسوبیشی [۱۹] ..... ۳۸
- شکل ۱-۲۹: مشخصات فنی توربین گازی MGT-70(2) [۲۰] ..... ۳۹
- شکل ۱-۳۰: مسیرنمای ارتقای توربین نیروگاهی گروه مپنا [۲۰] ..... ۴۰
- شکل ۱-۳۱: مشخصات فنی توربین گازی MGT-30 [۲۰] ..... ۴۰
- شکل ۱-۳۲: مشخصات فنی توربین گازی MGT-40 [۲۰] ..... ۴۱
- شکل ۱-۳۳: درخت فناوری توربین های گاز ..... ۴۶
- شکل ۱-۳۴: درخت فناوری طراحی توربین های گازی ..... ۴۷
- شکل ۱-۳۵: درخت فناوری ساخت توربین های گازی ..... ۴۸
- شکل ۱-۳۶: درخت فناوری آزمون توربین های گازی ..... ۴۹

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱: شاخص های هر مرحله از چرخه عمر محصول [۱] ..... ۷
- جدول ۲-۱: پیش بینی تعداد و قیمت واحدهای توربین گازی تولید توان در سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ [۵] ..... ۱۰
- جدول ۳-۱: توزیع واحدهای توربین گازی تولید توان نسبت به ظرفیت در سال های ۲۰۱۳-۲۰۲۱ [۵] ..... ۱۱
- جدول ۴-۱: پیش بینی تعداد واحدهای توربین گازی تولید توان در محدوده ظرفیت های مختلف [۵] ..... ۱۲
- جدول ۵-۱: شاخص های چرخه عمر بازار توربین گاز ..... ۱۳
- جدول ۶-۱: مراحل تشکیل دهنده زنجیره ارزش صنایع توربین گازی ..... ۴۴
- جدول ۷-۱: مراحل تفصیلی زنجیره ارزش توربین های گازی ..... ۴۵

## ۱- تبیین مشخصه‌های فناوری

### ۱-۱- مقدمه

در این بخش جایگاه فناوری توربین گاز از جنبه‌های مختلف از جمله سابقه حضور در بازار، ساده یا پیشرفته بودن و چگونگی به کارگیری آن‌ها در فرآیند تولید برق در نیروگاه‌ها و چرخه عمر فناوری بررسی می‌شود.

### ۱-۱-۱- طبقه‌بندی فناوری‌ها از منظر ماهیت

#### ۱-۱-۱-۱- سابقه فناوری

بر اساس سابقه حضور، فناوری‌ها را می‌توان به دو دسته‌ی فناوری‌های جدید<sup>۱</sup> در مقابل فناوری‌های موجود<sup>۲</sup> تقسیم کرد. فناوری‌های جدید عبارتند از فناوری‌هایی که برای اولین بار در یک مرز بنگاهی، ملی و یا بخشی وارد شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال نرم افزار جدیدی که برای طراحی محصول بکار گرفته می‌شود و جایگزین روش سنتی طراحی می‌گردد. فناوری جدید لزوماً یک فناوری نوظهور<sup>۳</sup> نیست، بلکه می‌تواند سال‌ها پیش خلق شده و توسط دیگران مورد استفاده قرار گرفته باشد.

با تعریف ارائه شده، معیار تشخیص فناوری جدید از فناوری موجود، سابقه‌ی حضور آن فناوری در داخل مرزهای بنگاهی و یا ملی است. منظور از سابقه‌ی حضور هم شکل‌گیری بازار فناوری است. فناوری‌هایی که بازار آن‌ها شکل گرفته باشد را باید جزء فناوری‌های موجود قلمداد کرد [۱].

<sup>۱</sup>New technologies

<sup>۲</sup>Current technologies

<sup>۳</sup>Emerging technologies

### ۱-۱-۱-۲- پیچیدگی فناوری

پیچیدگی منجر به تقسیم‌بندی فناوری به دو گروه فناوری‌های پیشرفته<sup>۴</sup> در مقابل فناوری‌های ساده<sup>۵</sup> می‌گردد. واژه "فناوری پیشرفته" اشاره به فناوری‌هایی دارد که دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- پیچیدگی زیاد
- علم محوری
- چرخه عمر کوتاه
- سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده کالا/خدمت
- هزینه بالای تحقیق و توسعه

ویژگی‌های ذکر شده برای فناوری‌های پیچیده را می‌توان به‌عنوان معیارهایی برای تمیز دادن فناوری‌های پیچیده از فناوری ساده استفاده نمود [۱].

### ۱-۱-۱-۳- تناسب فناوری

بر طبق این معیار، فناوری را می‌توان در گروه فناوری‌های مناسب<sup>۶</sup> در مقابل نامناسب<sup>۷</sup> جای داد. واژه فناوری مناسب، به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک طرف و منابع موجود (از جمله منابع فناورانه) از طرف دیگر داشته باشند. بنابراین فناوری مناسب لزوماً یک فناوری پیشرفته یا نوظهور نیست [۱].

<sup>۴</sup>High technologies

<sup>۵</sup>Low/medium technologies

<sup>۶</sup>Appropriate technologies

<sup>۷</sup>Inappropriate technologies

### ۱-۱-۱-۴- حوزه استفاده فناوری

از نظر حوزه کاربرد، فناوری‌ها به دو دسته فناوری‌های محصول<sup>۸</sup> در مقابل فناوری‌های فرآیند<sup>۹</sup> تقسیم می‌شوند. فناوری‌های محصول عبارتند از فناوری‌هایی که در ترکیب کالا/خدمت بکار گرفته می‌شوند و فناوری‌های فرآیند، فناوری‌هایی هستند که در فرآیند تولید یک محصول یا ارائه یک خدمت به کار برده می‌شوند [۱].

### ۱-۱-۱-۵- موقعیت راهبردی فناوری

برحسب موقعیت راهبردی، فناوری‌ها را می‌توان به دو گروه فناوری‌های کلیدی یا راهبردی<sup>۱۰</sup> در مقابل فناوری‌های متعارف یا معمولی تقسیم کرد. لفظ "فناوری کلیدی یا راهبردی" به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در تحقق اهداف راهبردی نقش کلیدی ایفا نمایند.

فناوری‌های متعارف یا معمولی عبارتند از فناوری‌هایی که تسلط بر آنها ارزش زیادی ندارد. به عبارت دیگر امکان بهره‌گیری از توان موجود در خارج از مرزهای بنگاهی، بخشی یا ملی برای انجام عملیات مرتبط با فناوری‌های مذکور وجود دارد و مناسب است تا این عملیات را به خارج واگذار نمود [۱].

### ۱-۱-۲- تبیین ماهیت فناوری توربین گازی

با توجه به تعریف ارائه شده در مورد فناوری جدید و موجود، معیار تشخیص فناوری جدید از فناوری موجود، سابقه‌ی حضور آن فناوری در داخل مرزهای بنگاهی و یا ملی است و منظور از سابقه‌ی حضور هم شکل‌گیری بازار فناوری است. فناوری‌هایی که بازار آن‌ها شکل گرفته باشد را باید جزء فناوری‌های موجود قلمداد کرد با توجه به اینکه منظور از سابقه‌ی حضور هم شکل‌گیری بازار فناوری است. فناوری‌هایی که بازار آن‌ها شکل گرفته باشد را باید جزء فناوری‌های موجود قلمداد کرد. جهت تعیین جدید یا موجود بودن توربین گازی در کشور می‌توان به این مسئله اشاره کرد که در نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی کشور توربین

<sup>8</sup>Product technologies

<sup>9</sup>Process technologies

<sup>10</sup>Core/Strategic technologies

های مدل ( GTN95/82، TG16، B9 و V93-1 ) ساخت شرکت Siemens Sulzer Fiat B.B.C ( Frame 5، PG 5361، PG 5211-M، GT13E2 )، ساخت شرکت آستوم، ( Frame 9 E type، 5341N 3&4، 5341P 1& 2، K، F9 )، ساخت شرکت GE ( V94.2 ) ساخت شرکت توگا و همچنین توربین های مدل MW 701 D ساخت شرکت میتسوبیشی و ... وجود دارد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که بازار فناوری توربین گازی در کشور شکل گرفته است و این فناوری در دسته فناوری موجود قرار می گیرد [۲].

همانطور که در گزارش مرحله اول اشاره شد نیروگاه های گازی و سیکل ترکیبی سهم عمده ای از نیروگاه های کشور را تشکیل می دهند. همچنین با توجه به منابع عظیم سوخت فسیلی در کشور و مزیت نسبی ایران از نظر ذخایر عظیم گاز (رتبه دوم دنیا)، استفاده از گاز در کشور توجیه می شود و با توجه به سرمایه گذاری های انجام شده جهت انتقال دانش و طراحی و ساخت توربین گازی بستر مناسب توسعه این فناوری در کشور وجود دارد. بنابراین می توان گفت که توسعه این فناوری با توجه به شرایط فعلی کشور مناسب می باشد.

## ۱-۲- طبقه بندی فناوری از منظر چرخه عمر

فناوری ها دارای ویژگی های عملکردی و نوع تعاملات با بازار متغیر در طول زمان هستند. این تغییر در طول زمان را باید در قالب طبقه بندی فناوری در طول مراحل چرخه عمر به نمایش گذاشت. تغییر ویژگی های عملکردی فناوری و رسیدن به بلوغ فنی در طول زمان بیان کننده چرخه عمر فناوری است. تغییر حجم ارائه ی فناوری در بازار برحسب زمان نیز چرخه عمر محصول-بازار را نشان می دهند. در زیر طبقه بندی ویژگی های فناوری از نگاه هریک از این دو نوع چرخه عمر بیان می گردد [۱].



## ۱-۲-۱- چرخه عمر بازار- محصول

هر فناوری به صورت مجزا از محیط، قادر به ایفای نقش خود نخواهد بود و باید به صورت جزئی از یک سیستم پیچیده، متشکل از فناوری‌های دیگر در نظر گرفته شود. براساس تعبیر استیل<sup>۱۱</sup> (1986) توسعه یک فناوری جدید به مانند یک جیگزاپازل<sup>۱۲</sup> بوده، به طوری که ورود یک فناوری جدید، نیازمند تغییر در سایر اجزای اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. به همین دلیل، معمولاً ظهور یک فناوری جدید با ممانعت سیستم موجود روبه‌رو شده و در شرایطی ممکن است با شکست هم مواجه شود. این موضوع جذابیت جایگزینی فناوری را پایین می‌آورد. اما از آنجا که توسعه فناوری، عاملی محوری در ایجاد مزیت رقابتی است، اتکا تنها بر فناوری‌های گذشته نیز از توان رقابت‌پذیری می‌کاهد. بنابراین برای کاهش ریسک شکست ناشی از مقاومت و نیز دستیابی به مزیت رقابتی، لازم است تا شرایط بهینه برای ورود یک فناوری برآورده شود. چرخه عمر محصول-بازار مفهومی است که می‌تواند به طور جامع به عنوان ابزاری مفهومی برای تحلیل رفتار فروش کالا مورد استفاده قرار گیرد.

چرخه عمر محصول-بازار، منحنی فروش را برای بازه زمانی ورود تا خروج محصولات از بازار به نمایش می‌گذارد. این چرخه عمر می‌تواند هم در محیط داخل کشور و هم در محیط بین‌المللی به نمایش مرحله‌ی بازار- محصول پردازد. بسیاری از محققین از چرخه عمر محصول- بازار به عنوان ابزاری برای شناسایی راهبردها و سیاست‌های ورود به بازار یا تولید یک کالا بهره گرفته‌اند. معمولاً مراحل چرخه عمر محصول-بازار بین ۴ تا ۶ مرحله تقسیم‌بندی می‌شود (Iyigun, 2006; Kim, 2003; Steele, 1992; Sekhar and Dismukes, 2009) که مهمترین این مراحل (مورد توافق غالب نویسندگان)، عبارتند از: معرفی<sup>۱۳</sup>، رشد<sup>۱۴</sup>، بلوغ<sup>۱۵</sup> و زوال<sup>۱۶</sup>. تغییراتی را که در طی چرخه عمر روی می‌دهد با استفاده از پارامترهای زیر قابل بررسی هستند:

▪ ساختار بازار (که نشان‌دهنده تعداد تولیدکنندگان محصول است)

<sup>11</sup>Steele

<sup>12</sup>Jigsaw Puzzle

<sup>13</sup>Introduction

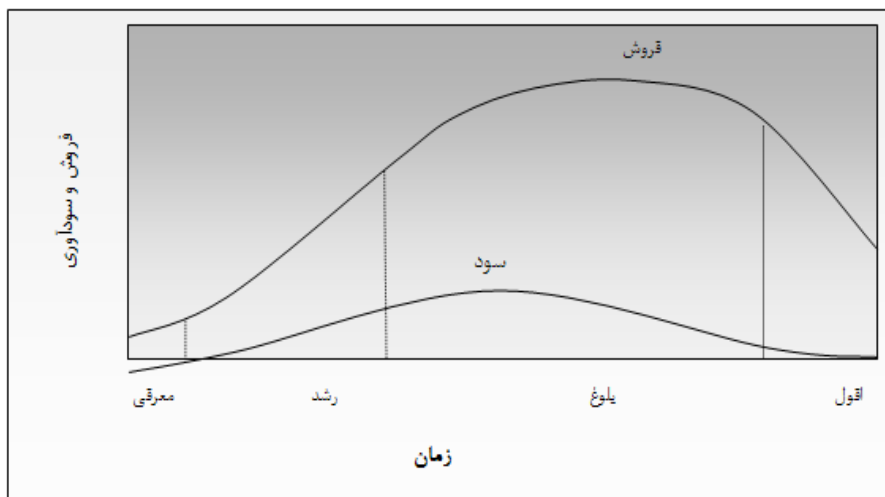
<sup>14</sup>Growth

<sup>15</sup>Maturity

<sup>16</sup>Decline

- قیمت فروش محصول در بازار
- تغییرات حجم بازار
- راهبرد بازاریابی بنگاهها
- سود فروش بنگاهها
- نوع تحول فناورانه

اصولاً مفهوم چرخه عمر محصول، مفهومی بسیار روشن و ساده است. یک محصول در ابتدا با یک نام تجاری خاص به بازار عرضه می‌شود، این مرحله، مرحله معرفی نام دارد. پس از شناخت اولیه در بازار، فروش محصول رشد سریعی را تجربه می‌کند. این مرحله تحت عنوان مرحله رشد شناخته می‌شود. پس از آن از شدت رشد فروش کاسته شده تا فروش به اوج خود می‌رسد، این مرحله بلوغ نام دارد. با رسیدن به مرحله رشد، از میزان فروش محصول در بازار کاسته شده و محصول در مرحله افول از چرخه عمر خود قرار می‌گیرد. شکل ۱-۱، وضعیت چرخه عمر محصول را نشان می‌دهد. طول هر یک از این مراحل از کالایی به کالای دیگر متفاوت است. بعضی از کالاها به طور مستقیم از مرحله معرفی به مرحله بلوغ خود می‌رسند و رشد قابل توجهی را در هر یک از مراحل چرخه عمر از خود نشان نمی‌دهند. بعضی دیگر از کالاها ممکن است سریع مورد اقبال عموم قرار گرفته و فروش محصول رشد چشم‌گیری داشته باشد [۱].



شکل ۱-۱: چرخه عمر محصول [۱]

تغییراتی که طی چرخه عمر روی می‌دهد با استفاده از شاخص‌های زیر قابل بررسی هستند:

✓ رشد فروش

✓ سود فروش بنگاه‌ها

✓ تعداد رقبا

✓ قیمت فروش محصول در بازار

در هر یک از مراحل چرخه عمر محصول، هر یک از معیارهای مذکور در وضعی مشخص هستند که در تعیین چرخه عمر محصول مفید هستند. در جدول ۱-۱، هر یک از مراحل چرخه عمر ارائه و در هر یک از این مراحل، شاخص‌های فوق مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

جدول ۱-۱: شاخص‌های هر مرحله از چرخه عمر محصول [۱]

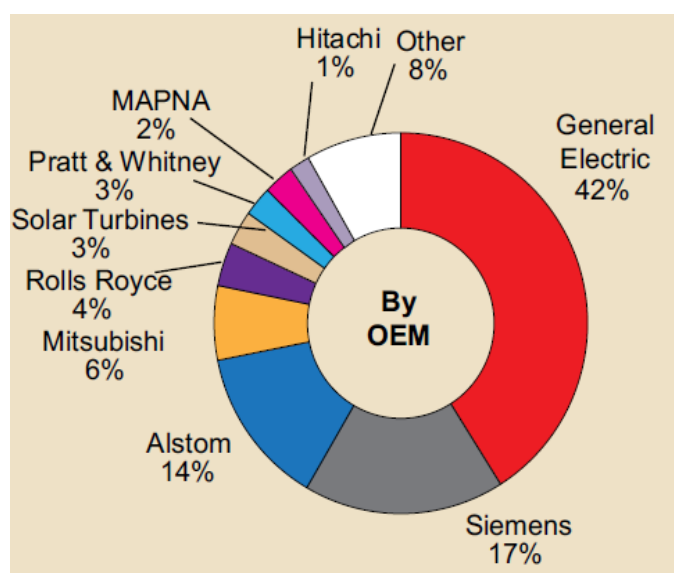
مراحل چرخه عمر				شاخص‌ها	
مرحله معرفی	مرحله رشد	مرحله بلوغ	مرحله افول		
کم	رشد سریع	رشد کند	رشد منفی		فروش
قابل چشم‌پوشی	در سطح بالا	متعادل	در حالت کاهش		سود شرکت‌های تولیدکننده
کم	در حال رشد	تعداد رقبا ثابت مانده) حالت مونوپولی* یا الیگاپلی**)	کم (در حال خروج از بازار)	تعداد رقبا	

پائین ترین مقدار	پائین ترین مقدار	در حال نزول	زیاد	قیمت
* انحصار کامل				
** انحصار چندجانبه				

## ۱-۲-۲- وضعیت بازار و صنعت توربین گازی در جهان

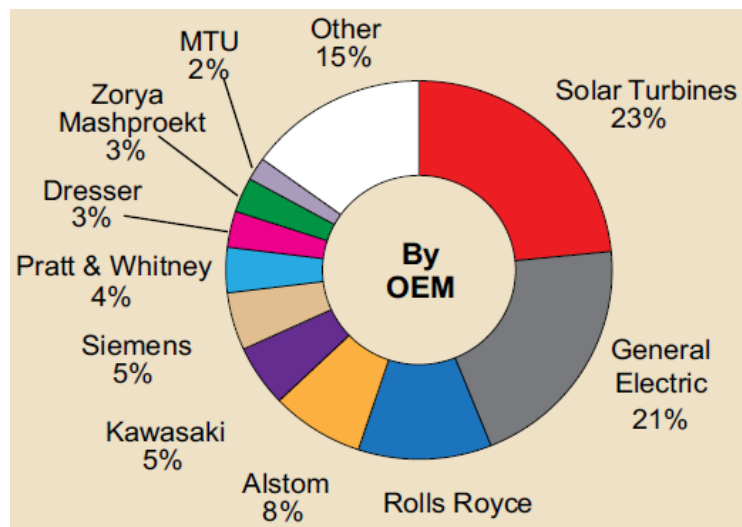
### ۱-۲-۲-۱- بررسی فضای رقابتی توربین گازی در جهان

با توجه به رشد بازار توربین گازی در جهان، تولیدکنندگان دیگری علاوه بر تولیدکنندگان اصلی پا به عرصه تولید این محصول نهاده‌اند. طی چند سال اخیر، علاوه بر تولیدکنندگان قدیمی این حوزه از قبیل GE، Siemens، MHI و Alstom تولیدکنندگانی مانند Mapna و Hitach و... نیز وارد این بازار شده‌اند و توانسته‌اند سهمی از فروش بازار توربین گازی کسب نمایند. شکل ۲-۱ مقایسه سهم بازار سازندگان مختلف بر اساس توان توربین‌های گازی تولید شده تا سال ۲۰۰۹ (۱۳۴۳ گيگا وات) را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱: مقایسه سهم بازار سازندگان مختلف بر اساس توان توربین‌های گازی تولیدی تا سال ۲۰۰۹ [۳]

همانطور که مشاهده می شود شرکت جنرال الکتریک با ۴۲٪ بیشترین سهم را در میان دیگر تولیدکنندگان دارد. پس از این شرکت، شرکت زیمنس با ۱۷٪، دومین تولید کننده توربین گازی در جهان می باشد. شرکت مپنا نیز ۲ درصد از این بازار را به خود اختصاص داده است. شکل ۳-۱ سهم بازار سازندگان مختلف بر اساس تعداد توربین گازی تولیدی توسط هر شرکت تا سال ۲۰۰۹ (۴۶۴۵۵ واحد) را نشان می دهد.



شکل ۳-۱: مقایسه سهم بازار سازندگان مختلف بر اساس تعداد توربین های گازی تولیدی تا سال ۲۰۰۹ [۳]

با توجه به شکل ۳-۱ مشاهده می شود که از نظر تعداد توربین های گازی تولیدی، شرکت سولار (Solar) با اختصاص ۲۳٪ و جنرال الکتریک ۲۱٪ از این بازار، بیشترین سهم از این بازار را دارند.

در حالت کلی تعدادی از شرکت های تولید کننده توربین گازی نیروگاهی در زیر ارائه شده است:

- General electric
- Alstom
- Siemens
- Ansaldo Energia
- Bharat Heavy Electric
- Rolls- Royce
- Hitachi
- Mitsubishi Heavy Industrial

- Kawasaki
- Mapna

همانطور که در شکل ۲-۱ و شکل ۳-۱ نشان داده شد، سهم عمده بازار توربین های گازی هم از لحاظ توان تولیدی و هم تعداد توربین های تولیدی در اختیار شرکت های قدیمی و اصلی این صنعت مانند جنرال الکترونیک، زیمنس، میتسوبیشی و آلتوم است بنابراین می توان گفت که تعداد شرکت های سازنده انواع توربین های گازی در طی سال های اخیر تقریباً ثابت بوده و سهم عمده بازار همچنان در اختیار تولیدکنندگان قدیمی می باشد.

همانطور که در قسمت مرور ادبیات نیز اشاره شد، در مرحله رشد به دلیل وجود تقاضای رو به رشد بازار، تولیدکنندگان افزایش می یابد. تا انتهای دوران رشد، ورود رقبا به بازار توربین گازی افزایش یافته و در اوایل دوران بلوغ از شدت رشد ورود رقبا به بازار کاسته شده و تا اواسط دوران بلوغ به بالاترین مقدار خود می رسد. بنابراین با توجه به وضعیت حال حاضر تولید توربین گازی در جهان و تسلط تولیدکنندگان اصلی بر بازار این صنعت، می توان نتیجه گرفت که بازار تولید توربین گازی به حالت اشباع نزدیک شده است و از حیث این معیار چرخه عمر توربین گازی در مرحله بلوغ قرار دارد.

### ۱-۲-۲-۲- بررسی روند قیمت توربین گازی در جهان

از دیگر معیارهای ارزیابی چرخه عمر، معیار قیمت فروش توربین های گازی و نصب نیروگاه های گازی است. طبق مقاله ارائه شده تحت عنوان "The Forecast of the Development of the Market for Gas Turbine Equipment in the years 2013-2021"، در دهه های آینده بازار ۱۲۵۹۱ واحد توربین گازی تولید توان، با هزینه کلی بیش از ۱۵۲/۹ میلیارد دلار (مطابق با قیمت ۲۰۱۲) پیش بینی شده است (جدول ۲-۱).

جدول ۲-۱: پیش بینی تعداد و قیمت واحدهای توربین گازی تولید توان در سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ [۵]

سال									
۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۱۹	۲۰۱۸	۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳	
۱۱۱۷	۱۱۹۵	۱۱۹۷	۱۲۱۵	۱۲۳۴	۱۲۷۰	۱۲۸۹	۱۳۱۰	۱۳۴۱	تعداد واحدهای توربین گازی

سال									
۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۱۹	۲۰۱۸	۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳	
۱۵/۲۱۶۵	۱۵/۴۳۰۴	۱۵/۱۳۸۸	۱۵/۰۵۱۳	۱۵/۳۰۳۵	۱۵/۶۸۱۹	۱۵/۵۸۸۱	۱۵/۴۸۱۸	۱۵/۴۴۱۲	هزینه، بلیون دلار

همچنین طبق جدول ۲-۱ انتظار می رود که حجم سالیانه سفارشات واحدهای توربین گازی تولید توان از سال ۲۰۱۲ به بعد کاهش خواهد یافت.

در جدول ۳-۱ توزیع واحدهای توربین گازی تولید توان با توجه به ظرفیت در سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ ارائه شده است.

جدول ۳-۱: توزیع واحدهای توربین گازی تولید توان نسبت به ظرفیت در سال های ۲۰۱۳-۲۰۲۱ [۵]

ظرفیت، MW	۳ تا ۰/۲	۱۰ تا ۳	۲۰ تا ۱۰	۵۰ تا ۲۰	۱۲۵ تا ۵۰	۱۲۵ تا ۱۸۰	بالای ۱۸۰	مکانیکال درایو (SHP*) تا ۱۵
خروجی، %	۱۹/۱۲	۳۲/۹۷	۴/۷۴	۱۴/۷۵	۶/۴۴	۸/۱۰	۱۱/۴۴	۲/۲۷

\*Shaft Horse Power

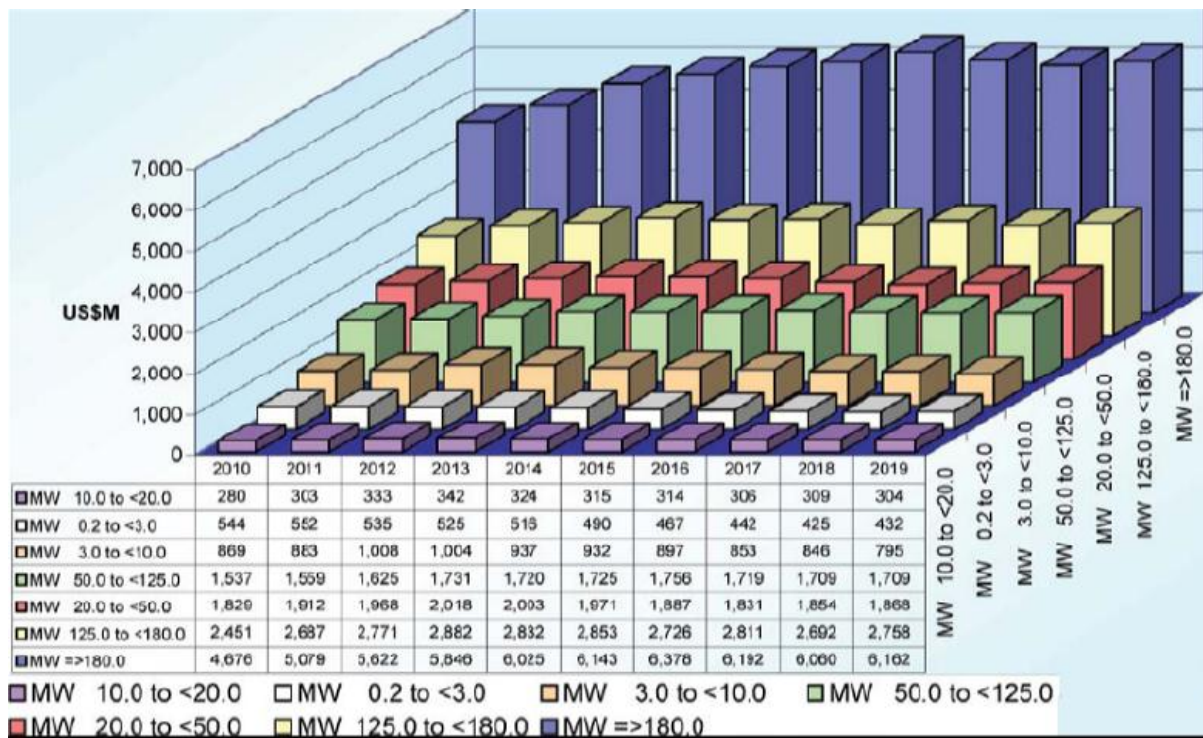
مطابق با جدول ۳-۱ توربین های گازی با ظرفیت ۱۲۵ مگاوات و بیشتر مانند F7 و F9 (جنرال الکتریک)، SGT5-2000E/3000E/4000F و SGT5-8000H (زیمنس)، SGT63000F/5000F/6000G (زیمنس - وستینگهاوس)، ST24/26 و 13E (آلستوم) و مدل های ۵۰۱ و ۷۰۱ از میتسوبیشی در طی این سال ها حدود ۲۰ درصد از کل توربین های گازی تولیدی را تشکیل می دهند.

همچنین در جدول ۴-۱ پیش بینی تعداد واحدهای توربین گازی تولید توان در محدوده ظرفیت های مختلف در سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ ارائه شده است. همانطور که در این جدول دیده می شود طی سال های آینده بیشتر تولیدات به توربین های گازی با مگاوات پایین اختصاص داده شده است.

جدول ۴-۱: پیش‌بینی تعداد واحدهای توربین گازی تولید توان در محدوده ظرفیت‌های مختلف [۵]

سال									ظرفیت، MW
۲۰۲۱	۲۰۲۰	۲۰۱۹	۲۰۱۸	۲۰۱۷	۲۰۱۶	۲۰۱۵	۲۰۱۴	۲۰۱۳	
۲۱۲	۲۱۹	۲۲۷	۲۲۴	۲۳۶	۲۴۲	۲۵۵	۲۶۳	۲۶۶	۰/۲ تا ۳
۳۷۵	۳۷۷	۳۸۰	۴۰۰	۴۰۵	۴۲۰	۴۲۴	۴۳۸	۴۶۷	۳ تا ۱۰
۵۵	۵۵	۵۷	۵۸	۵۸	۶۰	۶۰	۶۲	۶۵	۱۰ تا ۲۰
۱۷۹	۱۸۲	۱۸۰	۱۸۳	۱۷۹	۱۸۴	۱۸۹	۱۹۲	۱۹۲	۲۰ تا ۵۰
۷۸	۸۲	۸۱	۸۲	۷۹	۸۳	۸۳	۸۱	۸۱	۵۰ تا ۱۲۵
۱۰۰	۱۰۱	۹۸	۹۸	۱۰۳	۱۰۰	۱۰۴	۱۰۴	۱۰۶	۱۲۵ تا ۱۸۰
۱۴۹	۱۵۰	۱۴۵	۱۴۱	۱۴۵	۱۵۱	۱۴۴	۱۴۰	۱۳۸	بالای ۱۸۰
۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۳۰	۳۰	۳۰	۲۶	مکانیکال درایو (SHP*) ۱۵ تا
۱۱۷۷	۱۱۹۵	۱۱۹۷	۱۲۱۵	۱۲۳۴	۱۲۷۰	۱۲۸۹	۱۳۱۰	۱۳۴۱	کل

در شکل ۴-۱ برآورد هزینه بر حسب تعداد و ظرفیت توربین‌های گازی تولیدی در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ ارائه شده است.



شکل ۴-۱: برآورد هزینه بر حسب تعداد و ظرفیت توربین‌های گازی تولیدی در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۹ [۶]



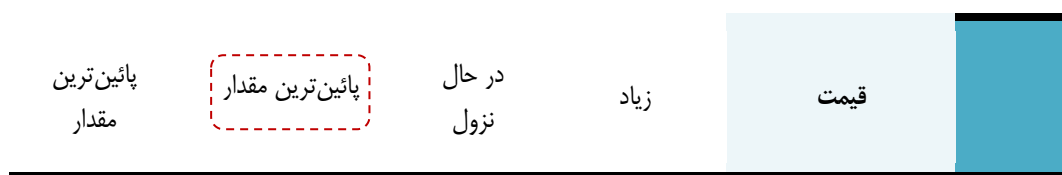
همانطور که از این شکل مشاهده می‌شود، انتظار می‌رود طی سال‌های آتی هزینه سرمایه‌گذاری توربین‌های گازی تغییر چندانی نکند. به دلیل اینکه در حال حاضر تعداد رقبا ثابت است و قیمت توربین گازی نیز به حداقل رسیده است و شرکت‌ها دارای سود متعادلی هستند. با توجه به عدم تغییر محسوس در قیمت توربین‌های گازی طی سال‌های آتی، می‌توان به این نتیجه رسید که در حال حاضر، بازار توربین گازی در جهان در ابتدای مرحله بلوغ خود قرار دارد.

### ۱-۲-۳- جمع‌بندی چرخه عمر بازار جهانی توربین گازی

با توجه به دو معیار فروش توربین گازی و شرکت‌های تولید کننده این محصول که در بخش قبل مطرح شد در مجموع می‌توان گفت که در حال حاضر و طی چندسال آتی، بازار توربین گازی در مرحله بلوغ خود قرار گرفته است. مطابق با این نتیجه گیری، شاخص‌های چرخه عمر بازار برای توربین‌های گازی در جدول ۱-۵ نیز ارائه شده است.

جدول ۱-۵: شاخص‌های چرخه عمر بازار توربین گاز

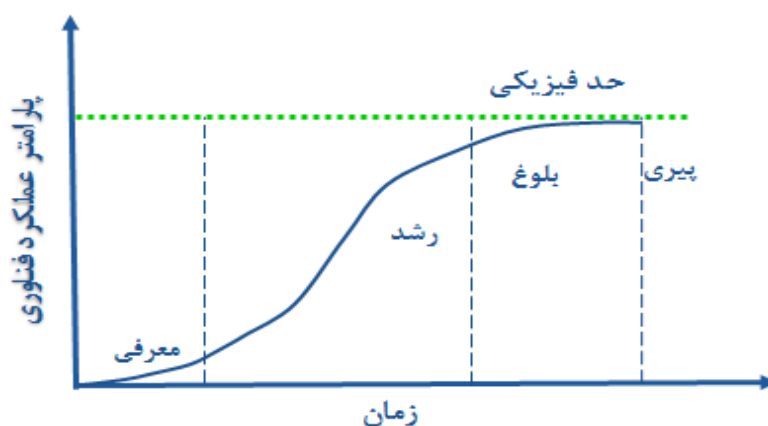
مراحل چرخه عمر					
مرحله معرفی	مرحله رشد	مرحله بلوغ	مرحله افول		
کم	رشد سریع	رشد کند	رشد منفی	فروش	شاخص‌ها
قابل چشم‌پوشی	در سطح بالا	متعادل	در حالت کاهش	سود شرکت‌های تولیدکننده	
کم	در حال رشد	تعداد رقبا ثابت مانده) حالت مونوپولی یا الیگاپولی)	کم (در حال خروج از بازار)	تعداد رقبا	



## ۱-۲-۳- چرخه عمر فناوری

### ۱-۳-۲-۱- شاخص های چرخه عمر فناوری

رویکرد عمده به شناسایی شاخص های چرخه عمر فناوری مبتنی بر مفهوم مندرج در منحنی مربوط به آن بوده که نشان دهنده سیر پیشرفت عملکرد فناوری طی زمان می باشد. اغلب، این سیر پیشرفت را با رشد کمی مقالات، پتنت ها و نشان های تجاری مورد تحلیل قرار می دهند. شکل ۱-۵، نمایانگر چرخه عمر فناوری همراه با وضعیت سه شاخص مذکور در هر مرحله است. با توجه به شکل، برای تعیین وضعیت یک فناوری مشخص در چرخه عمر آن، می توان رشد تعداد مقالات، پتنت ها و نشان های تجاری مرتبط با آن را در سال های اخیر) مثلاً ۱۰ سال گذشته (بررسی کرده و با توجه به آن، وضعیت فعلی فناوری مورد نظر در چرخه عمر آن را تعیین نمود. به عنوان مثال در صورتی که رشد تعداد مقالات مرتبط با فناوری مورد نظر زیاد بوده ولی رشد تعداد پتنت ها و نشان های تجاری کم باشد، فناوری مورد نظر در مرحله معرفی قرار دارد، و یا در صورتی که رشد تعداد مقالات و پتنت ها کم و رشد تعداد نشان های تجاری زیاد باشد، فناوری مورد نظر در مرحله بلوغ خود قرار می گیرد [۱].



شکل ۱-۵: چرخه عمر فناوری [۱]

با توجه به اینکه در میان شاخص‌های ارائه شده، شاخص نشان‌های تجاری و اساساً وضعیت فناوری در بازار، به طور ملموس‌تری قابل تشخیص می‌باشد و از سوی دیگر زمانی که تعداد زیادی نشان تجاری در بازار وجود داشته باشد می‌توان نتیجه گرفت، فناوری در مرحله بلوغ خود قرار دارد، این شاخص نقش تعیین کننده و ممیزی در فرآیند شناسایی چرخه عمر فناوری خواهد داشت.

شاخص‌های متعددی مانند توان خروجی، راندمان، سیستم پوشش‌دهی، سیستم کنترلی و ... در مطالعه چرخه عمر فناوری توربین گاز وجود دارد. ولی با توجه به اینکه برای خریداران این محصول دو عامل توان خروجی و راندمان مهمتر به نظر می‌رسد، در این مطالعه، چرخه عمر فناوری توربین‌های گازی با فرض در نظر گرفتن توان توربین و راندمان آن به عنوان پارامتر عملکرد فناوری، استخراج خواهد شد.

### ۱-۲-۳-۲- چرخه عمر فناوری توربین گاز

در سال ۱۷۹۱، جان باربر<sup>۱۷</sup> یک ماشین طراحی کرد که از نظر ماهیت کارکرد شبیه به توربین‌های گاز امروزی بود و حق امتیاز این طرح را به نام خود ثبت کرد. او این توربین را برای به حرکت درآوردن یک کالسکه بدون اسب طراحی کرده بود. در سال ۱۹۰۳، جنرال الکتریک یک توربوشارژر را توسعه داد. توربین گازی وایتل در سال ۱۹۳۰ ساخته شد که راندمانی برابر با ۱۴ درصد داشت. هوا در یک کمپرسور گریز از مرکز فشرده می‌شد و سپس در داخل یک توربین جریان محوری انبساط پیدا می‌کرد. بسیاری فرانک وایتل<sup>۱۸</sup> را به عنوان پدر توربین‌های گازی امروزی می‌دانند. در سال ۱۹۴۱ جنرال الکتریک موتور ویتل را برای اولین موتور هوایی آمریکا اصلاح کرد و در سال ۱۹۴۵، وستینگهاوس اولین توربین گازی را بر اساس طراحی Solely آمریکا توسعه داد. توربین شامل یک کمپرسور جریان محوری، یک توربین و یک محفظه احتراق بود.

توربین گازی با توجه به اندازه و وزن مقدار زیادی توان تولید می‌کند. توربین‌های گازی در ۶۰ سال گذشته در صنعت نیروگاهی و پتروشیمی افزایش زیادی داشته است. فشرده‌گی، وزن کم و کاربرد سوخت‌های مختلف در توربین‌های گازی موارد استفاده آن

<sup>17</sup> John Barber

<sup>18</sup> Frank whittle

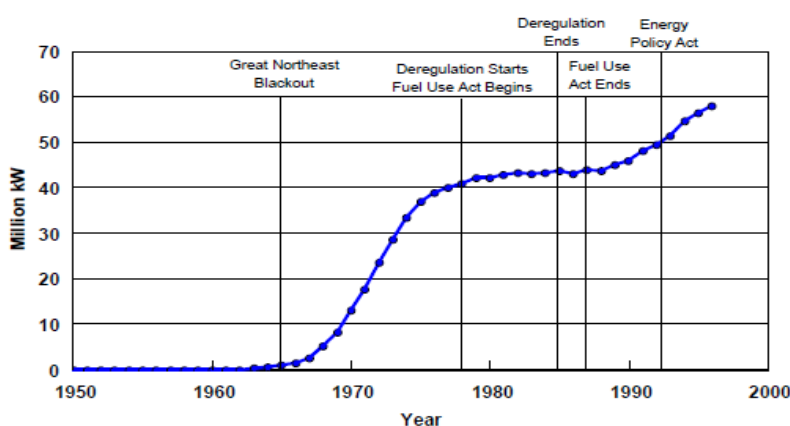
ها را بیشتر می‌کند. امروزه توربین‌های گازی با گاز طبیعی، سوخت دیزل، نفت، گازهای با ارزش حرارتی پائین و گازهای بیومس کار می‌کنند.

در ۲۰ سال گذشته پیشرفت فراوانی در فناوری توربین‌های گازی رخ داده است. این پیشرفت شامل پیشرفت در فناوری مواد، پوشش جدید، طرح‌های جدید خنک‌کاری و پیشرفت در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی است. علاوه بر این، افزایش در نسبت فشار کمپرسور، منجر به افزایش راندمان حرارتی سیکل ساده توربین گاز از ۱۵ درصد به ۴۱ درصد در سیکل ساده و بالای ۶۰ درصد در سیکل ترکیبی شده است. توربین‌های گازی امروزی در سیکل‌های ترکیبی بسیار سریع به عنوان پایه فراهم‌کننده بار در کل جهان با توربین‌های بخار جایگزین شده‌اند. این امر حتی در اروپا و ایالات متحده آمریکا که توربین‌های بخار بزرگ تنها نوع تامین‌کننده توان پایه در میان سوخت‌های فسیلی می‌باشد صدق می‌کند. توربین‌های گازی از دهه ۱۹۶۰ تا اواخر دهه ۱۹۸۰ تنها در توان پیک در این کشورها مورد استفاده قرار می‌گرفته و به عنوان تامین‌کننده اصلی بار در کشورهای در حال توسعه که نیاز برای توان به سرعت افزایش می‌یابد مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳].

توربین‌های گازی را می‌توان در پنج گروه زیر دسته‌بندی می‌شوند:

۱. توربین‌های گازی بزرگ : واحدهای فریم بزرگترین واحدهای تولید توان هستند که دارای توان بالای ۱۰۰ مگاوات هستند و راندمان آن‌ها ۳۰ تا ۴۱ درصد می‌باشد.
۲. توربین‌های گازی متوسط: این توربین‌ها در محدوده توان ۲۵ تا ۱۰۰ مگاوات قرار دارند.
۳. توربین‌های گازی صنعتی: این توربین‌ها در محدوده ۲/۵ تا ۲۵ مگاوات قرار دارند. این نوع از توربین‌ها به طور گسترده در بسیاری از طرح‌های پتروشیمی به عنوان محرک کمپرسور استفاده می‌شوند. راندمان این توربین‌ها ۲۰ تا ۳۵ درصد است.
۴. توربین‌های گازی کوچک: این توربین‌ها در محدوده ۰/۵ تا ۲/۵ مگاوات قرار دارند. آن‌ها اغلب دارای کمپرسورهای گریز از مرکز و توربین‌های جریان شعاعی هستند. راندمان آن‌ها در سیکل ساده از ۱۵ تا ۲۵ درصد تغییر می‌کند.
۵. میکرو توربین: این توربین‌ها در محدوده ۲۰ تا ۳۵۰ کیلووات قرار دارند. توسعه و گسترش این توربین‌ها از اواخر دهه ۱۹۹۰ شروع شده است [۴].

توربین های گازی از همان ابتدا به عنوان یک نیروی قوی در بازار تولید ظاهر شده اند. نیروگاه های سیکل گازی و ترکیبی به عنوان نیروگاه هایی که سهم بیشتر تقاضا برای تولید الکتریسیته را دارند شناخته می شوند. شکل ۱-۶ یک تجدید پیشرفت در این زمینه در دهه های گذشته را نشان می دهد. این شکل ابتدا پیشرفت توربین گازی در دهه ۱۹۴۰ را نشان می دهد، سپس ظهور در پیک بازار توان در دهه ۱۹۶۰ و در نهایت بازار توربین گازی در اواخر دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ دچار رکود می شود [۷].

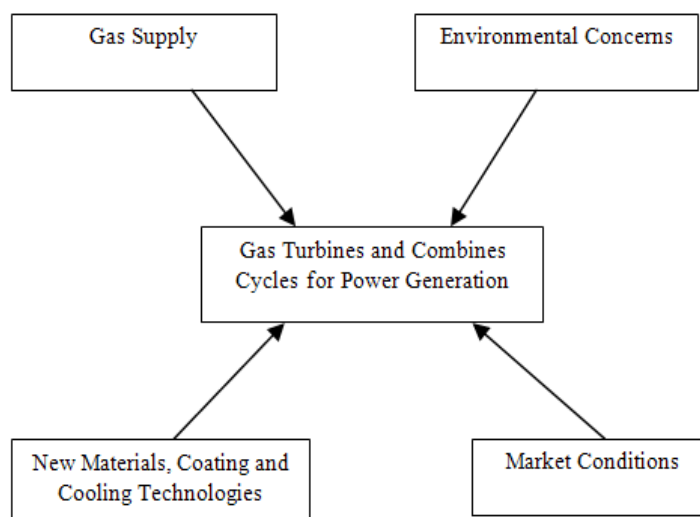


شکل ۱-۶: پیشرفت های تعاملی در دهه ۱۹۹۰ که منجر به موفقیت توربین گاز شد [۷]

طبق مطالعات انجام شده توسط Central Research Institute of Electrical Power Industry در سال ۱۹۹۸، چهار عامل اصلی (شکل ۱-۷) بر توسعه صنعت توربین گاز تاثیر می گذارد [۷]:

- ✓ پیشرفت های انجام شده در فناوری توربین گازی که منجر به افزایش راندمان می شود.
- ✓ تنظیم قیمت گاز طبیعی باعث می شود که گاز هم فراوان و هم قابل دسترس و دارای هزینه ای قابل قبول باشد، که این امر افزایش تقاضا برای استفاده از این سوخت در تولید انرژی الکتریکی را به دنبال دارد. بنابراین در دسترس بودن گاز طبیعی نیز از عوامل دیگری است که با پیشرفت توربین های گازی ارتباط دارد.
- ✓ ملاحظات زیست محیطی که منجر به محدودیت بیشتر در احداث نیروگاه های بخاری و زغال سنگی می شود، در نتیجه رقابت پذیری توربین های گازی و سیکل ترکیبی افزایش می یابد.

✓ تغییرات مهم در بازار تولید برق که باعث می شود تصمیمات مدیریتی برای ادامه دادن پیشرفت توربین های گازی گرفته شود.



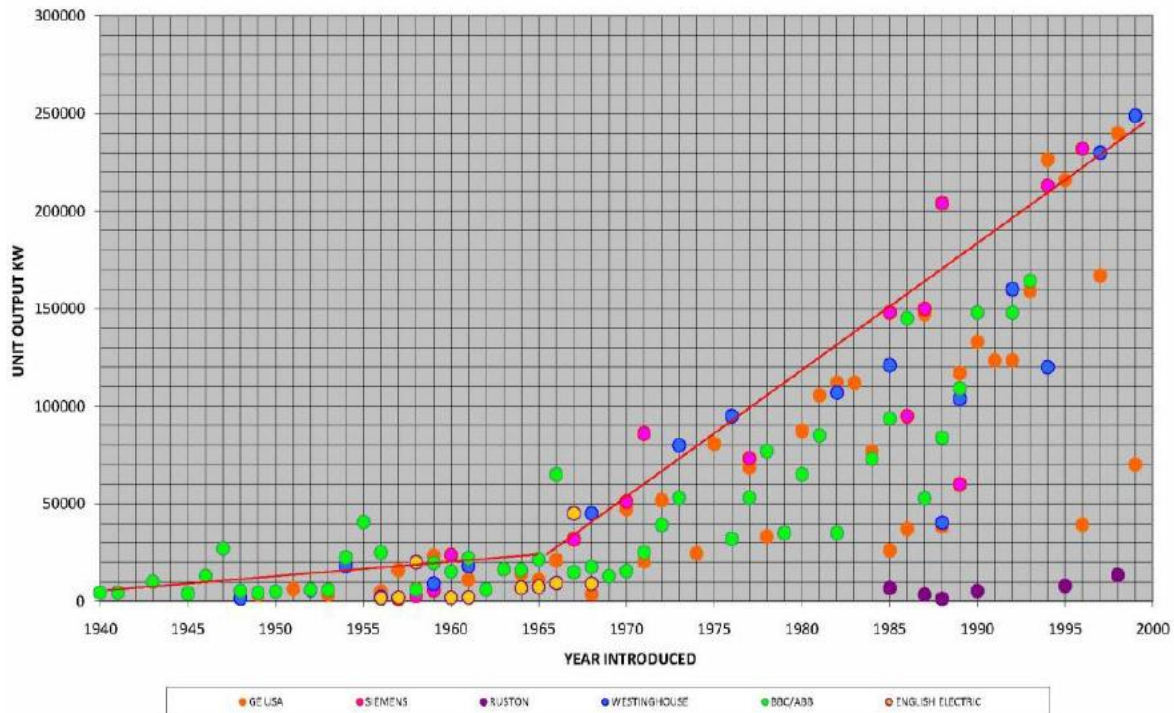
شکل ۱-۷: عوامل تاثیرگذار بر توسعه فناوری توربین گازی

در این گزارش به بررسی پیشرفت های انجام شده در فناوری توربین های گازی خواهیم پرداخت.

توربین های گازی مورد استفاده برای تولید توان از زمان معرفی پیشرفت های بسیار زیادی داشته اند. این پیشرفت ها شامل بهبود مواد به کار رفته، طرح های جدید برای سیستم خنک کاری پره های توربین، افزایش دمای ورودی توربین و افزایش توان خروجی (بهبود سیستم های کنترلی و افزایش انعطاف پذیری توربین در ارتباط با تنوع سوختی و فاکتور turn down) است که در نهایت منجر به افزایش راندمان (بهبود عملکرد) توربین های گازی می شوند. در ادامه به بررسی این عوامل و روند پیشرفت آن ها در طی ۶۰ سال گذشته خواهیم پرداخت [۸].

#### ۱. توان خروجی

همانطور که اشاره شد میزان توان خروجی توربین های گازی در سال ۱۹۳۰ برابر با ۴ مگاوات بود که با پیشرفت فناوری این توان به مقدار ۲۵۰ مگاوات در اواخر دهه ۱۹۹۰ و بالای ۳۰۰ مگاوات در سال ۲۰۰۰ رسیده است. هم اکنون میزان توان خروجی در محدوده ۴۷۰ مگاوات قرار دارد. خروجی توربین های گازی در سیکل های ساده در طول دوره ۶۰ ساله، از سال ۱۹۳۹ تا ۱۹۹۹ در شکل ۱-۸ نشان داده شده است [۸].



شکل ۱-۸: روند فناوری توربین گازی - توان خروجی [۸]

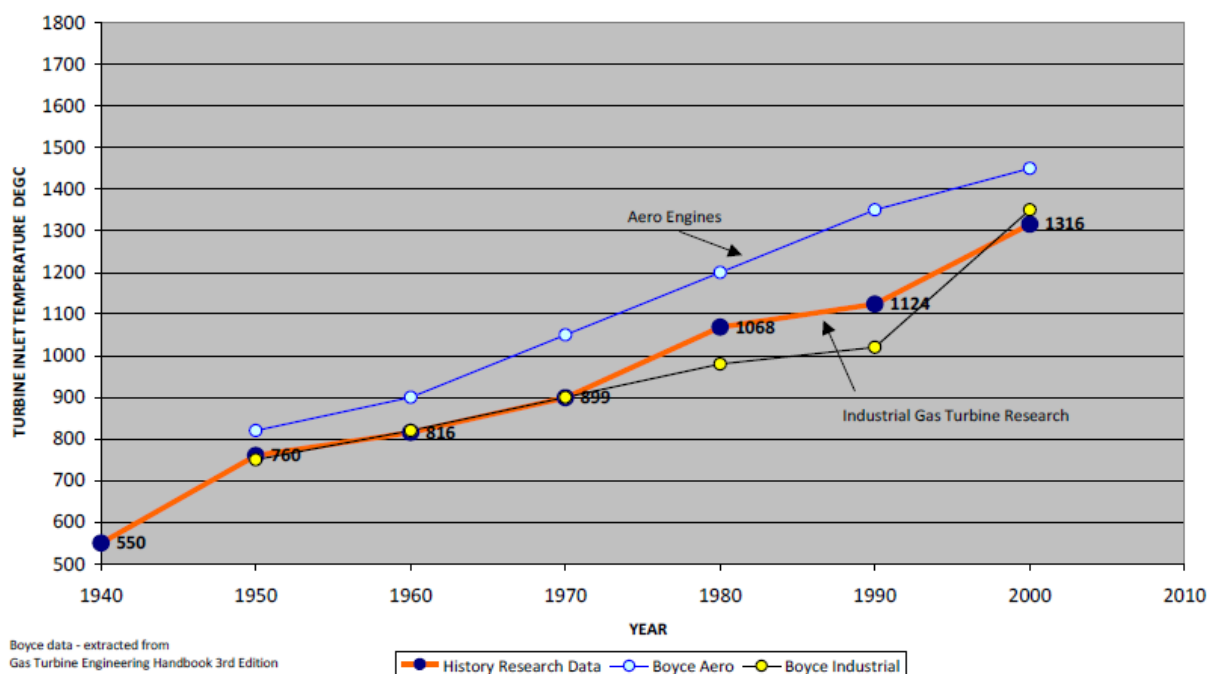
از سال ۲۰۰۰ تا به امروز نیز پیشرفت‌هایی در میزان توان خروجی توربین‌های خروجی انجام شده است. در حال حاضر بیشترین توان خروجی توربین‌های گازی در سیکل ساده ۴۶۰ مگاوات و در سیکل ترکیبی ۶۸۰ مگاوات می‌باشد که متعلق به شرکت میتسوبیشی است. همچنین توربین‌های گازی سری H شرکت GE دارای توان خروجی ۴۷۰ مگاوات در سیکل ساده و ۵۲۰ مگاوات در سیکل ترکیبی و توربین‌های گازی سری H شرکت زیمنس دارای توان خروجی ۴۰۰ مگاوات در سیکل ساده و ۶۰۰ مگاوات در سیکل ترکیبی است.

## ۲. دمای ورودی توربین گازی

یکی از عوامل افزایش راندمان در توربین‌های گازی، افزایش دمای ورودی توربین (دمای احتراق) می‌باشد. بنابراین برای رسیدن به راندمان بالاتر، طراحان توربین گاز در زمینه افزایش دمای احتراق بدون آسیب رساندن به توربین مطالعات بسیاری انجام داده‌اند. در شکل ۱-۹ نحوه افزایش دمای ورودی توربین در طی زمان نشان داده شده است. در این نمودار دوخط اضافه

از کتاب بویس (Meherwan Boyce) اضافه شده است. اطلاعات موتور هوایی نشان می‌دهد در حالی که درجه حرارت ورودی توربین‌های گازی صنعتی به طور مداوم در زیر درجه حرارت ورودی موتورهای هوایی بوده است ولی همگرایی اتفاق می‌افتد.

زمانی که نیروگاه گازی نوچاتل (Neuchatel) در سال ۱۹۴۰ راه‌اندازی شد، شرایط کارکرد توربین گازی سیکل شامل دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد برای ورودی توربین و نسبت فشار ۴/۲:۱ بود. در سال ۱۹۳۹ دکتر میسر (Dr Meyer) در مقاله خود دماهای ورودی ۵۳۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰۰ درجه فارنهایت)، ۶۴۹ درجه سانتیگراد (۱۲۰۰ درجه فارنهایت) و ۸۱۶ درجه سانتیگراد (۱۵۰۰ درجه فارنهایت) را با یکدیگر مقایسه کرد. او نشان داد که ۵۳۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰۰ درجه فارنهایت) برای پره‌هایی از جنس فولاد که خنک‌کاری نمی‌شوند مناسب است. سپس او پیش‌بینی کرد که دمای ورودی توربین تا ۸۱۶ درجه سانتیگراد (۱۵۰۰ درجه فارنهایت) افزایش پیدا خواهد کرد. همانطور که در شکل دیده می‌شود این افزایش دما پس از ۲۰ سال اتفاق افتاد و شرکت زیمنس روند را در سال ۱۹۵۷ تغییر داد. پس از آن دمای ورودی برای هر ۱۰ سال حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد افزایش پیدا کرد. در اواخر دهه ۱۹۹۰ دمای ورودی توربین تقریباً به ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد رسید [۸].



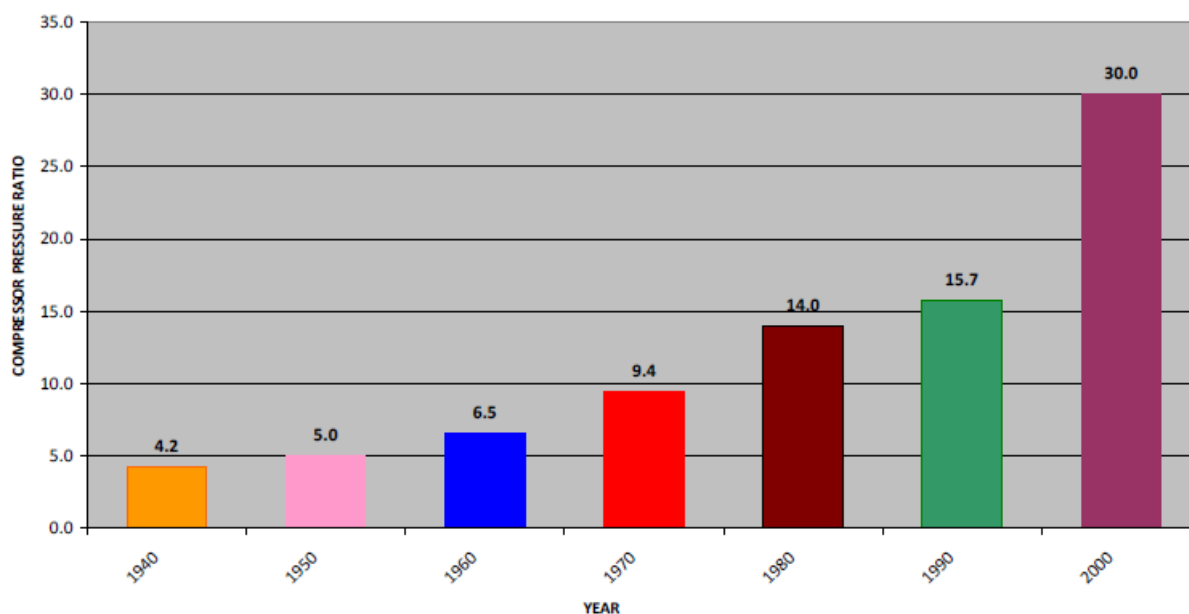
شکل ۹-۱: روند فناوری توربین گازی - دمای احتراق [۸]



در حال حاضر بیشترین دمای ورودی توربین های گازی متعلق به توربین های گازی M501 J (۶۰ هرتز) شرکت میتسوبیشی می باشد که برابر با ۲۹۱۲ درجه فارنهایت (۱۶۰۰ درجه سانتیگراد) است که در سال ۲۰۱۱ عرضه شد و جدیدترین فناوری ارائه شده توسط این شرکت می باشد.

### ۳. نسبت فشار

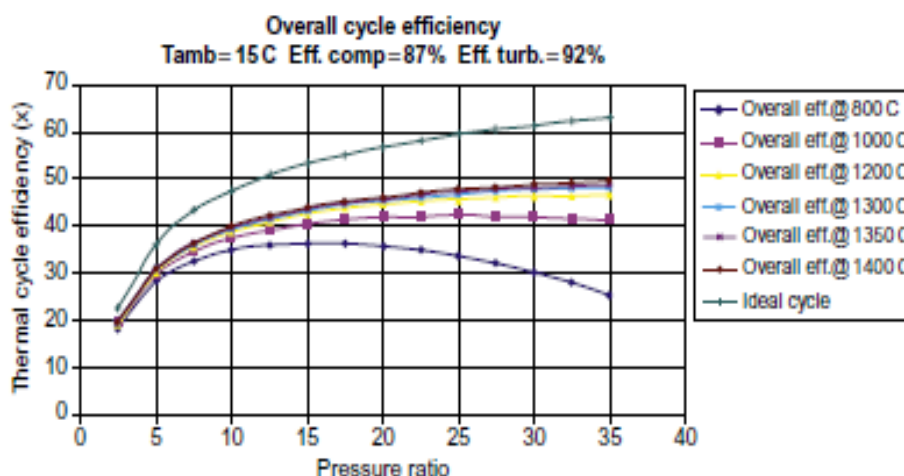
نسبت فشار کمپرسور توربین های گازی از سال ۱۹۴۰ در هر دهه ۲ واحد افزایش یافته است. پیشرفت واقعی نسبت فشار کمپرسور در توربین گازی (قابل ذکر است که این نمودار برای تمامی انواع توربین های گازی رسم شده است) در شکل ۱-۱۰ نشان شده است [۸].



شکل ۱-۱۰: روند فناوری توربین گازی - نسبت فشار [۸]

در حال حاضر بیشترین نسبت فشار در حوزه توربین های نیروگاهی متعلق به توربین های گازی M501 J (۶۰ هرتز) شرکت میتسوبیشی و توربین های گازی سری H شرکت GE می باشد که برابر با مقدار ۲۳:۱ است و در دسته جدیدترین فناوری های دنیا قرار دارند.

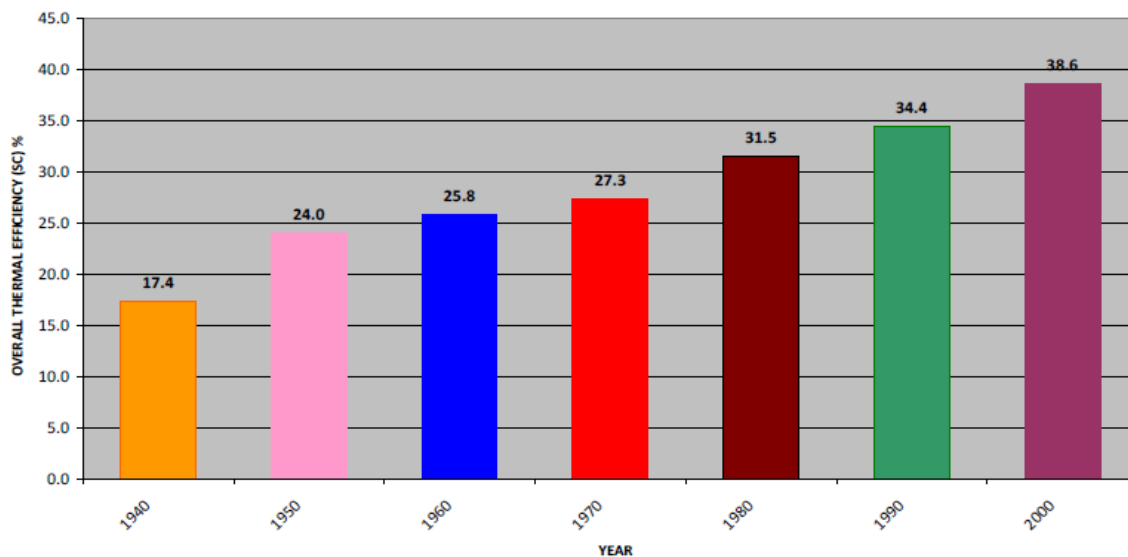
پیشرفت نسبت فشار و دمای احتراق به صورت موازی با هم هستند و توسعه هر دو مورد برای رسیدن به راندمان حرارتی بهینه ضروری است. افزایش نسبت فشار، راندمان حرارتی توربین گازی را زمانی که با افزایش دمای احتراق توربین همراه باشد افزایش می دهد. شکل ۱-۱۱ تاثیر افزایش نسبت فشار و دمای احتراق را روی راندمان سیکل نشان می دهد [۳].



شکل ۱-۱۱: روند فناوری توربین گازی - نسبت فشار ، دمای احتراق و راندمان حرارتی [۴]

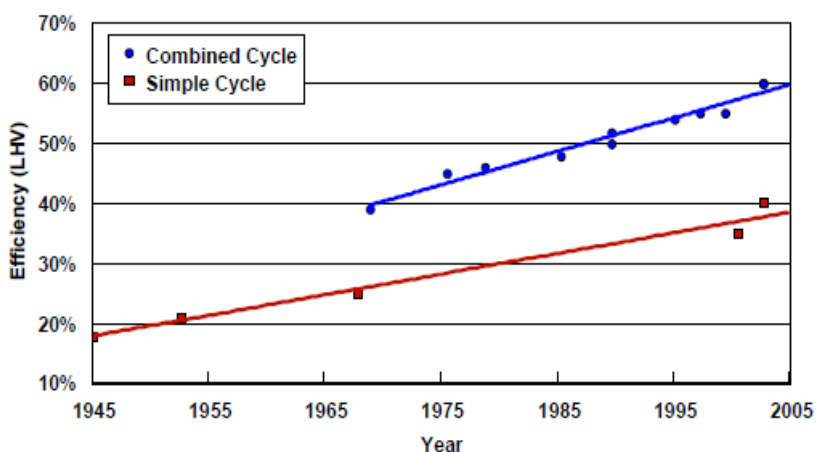
#### ۴. راندمان حرارتی

بهترین راه برای مشاهده پیشرفت این نوع توربین ها، بررسی افزایش راندمان آن ها در طول زمان می باشد. نیروگاه نوچاتل دارای راندمان ۸۸ درصد برای کمپرسور، ۸۹ درصد برای توربین و راندمان حرارتی ۱۷/۴ (۱۸/۶) درصد بود. همراه با افزایش دمای ورودی توربین راندمان نیز از مقدار ۱۸ درصد تا ۲۶ درصد در سال ۱۹۳۹ افزایش پیدا کرد که دسترسی به این راندمان پس از ۲۰ سال محقق شد. در شکل ۱-۱۲ راندمان در سال های مختلف نشان داده شده است. در هنگام پیدایش توربین های گازی صنعتی در سال ۱۹۳۹، راندمان حرارتی سیکل ساده حدود ۱۷ تا ۱۸ درصد و سیکل ترکیبی ۲۵ تا ۲۶ درصد بود. در تمامی این سال ها راندمان حرارتی سیکل بخار همواره پیشرفتی بیشتر از توربین گازی سیکل ساده داشته که این روند در سال ۲۰۰۰ با معرفی توربین های گازی کلاس پیشرفته تغییر کرد [۸].



شکل ۱-۱۲: روند فناوری توربین گازی - راندمان حرارتی [۸]

با معرفی توربین های گازی پیشرفته، هم اکنون میزان راندمان حرارتی در سیکل ساده به ۴۱ درصد و در سیکل ترکیبی به ۶۱/۷ درصد رسیده است که متعلق به توربین های گازی سری J شرکت میتسوبیشی می باشد که در سال ۲۰۱۱ عرضه شده است. همچنین در شکل ۱-۱۳ مقایسه ای برای افزایش راندمان سیکل ترکیبی و سیکل ساده از سال ۱۹۴۵ تا سال ۲۰۰۵ ارائه شده است.



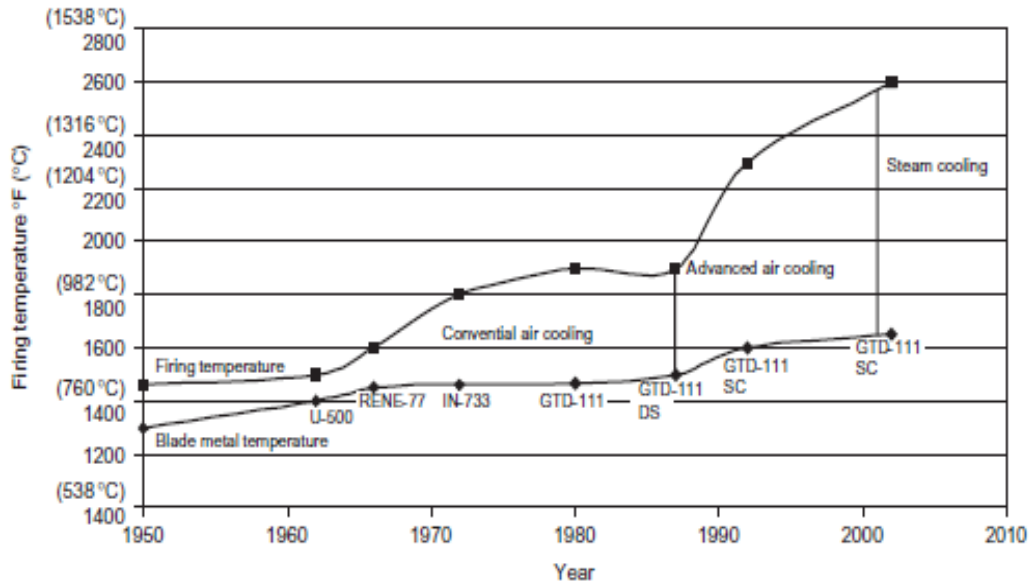
شکل ۱-۱۳: افزایش راندمان توربین گازی در سیکل ساده و ترکیبی [۷]

همانطور که در شکل ۱-۱۳ مشخص است راندمان سیکل ساده دو برابر افزایش پیدا کرده است و با معرفی سیکل های ترکیبی افزایش سه برابری برای راندمان مشاهده می شود. راندمان توربین به همراه قیمت و قابلیت اطمینان از جمله عوامل مهمی هستند که برای نیروگاه های تولید توان مدنظر هستند [۷].

#### ۵. مواد و پوشش دهی

پیشرفت مواد جدید همانند طرح های خنک کاری، رشد سریعی برای دمای احتراق توربین به همراه داشته که منجر به راندمان بالا برای توربین شد. پره های مرحله اول بایستی مقاوت زیادی در مقابل دماهای بالا و تنش در توربین داشته باشند و این بخش یک جز محدودکننده در ماشین می باشد. شکل ۱-۱۴ روند پیشرفت در دمای احتراق و ظرفیت آلیاژ پرها را نشان می دهد.

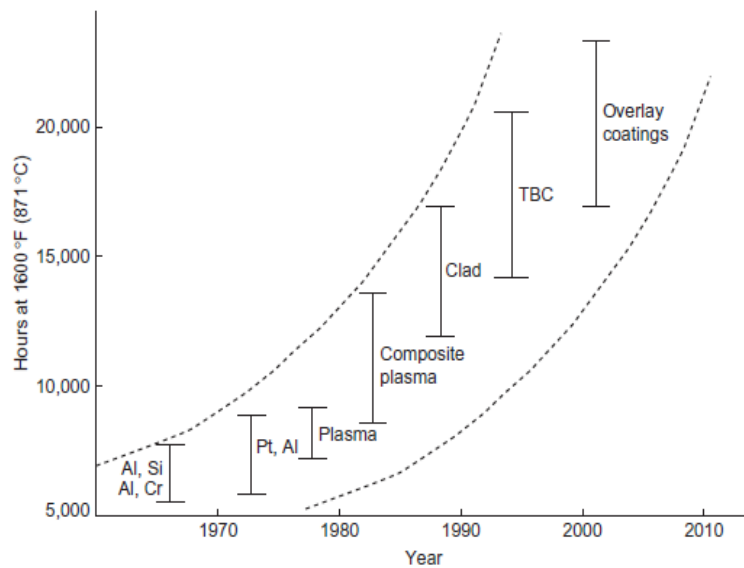
از سال ۱۹۵۰، ظرفیت دمای مواد توربین تقریباً ۸۵۰ درجه فارنهایت (۴۷۲ درجه سانتیگراد) پیشرفت داشته است یعنی تقریباً ۲۰ درجه فارنهایت (۱۰ درجه سانتیگراد) برای هر سال. اهمیت این موضوع به این دلیل است که یک افزایش ۱۰۰ درجه فارنهایت (۵۶ درجه سانتیگراد) در دمای احتراق می تواند منجر به ۸ تا ۱۳ درصد افزایش در خروجی و ۲ تا ۴ درصد بهبود در راندمان سیکل ساده گردد. پیشرفت در آلیاژها و فرآیند، با وجود گرانی و صرف زمان زیاد پیشرفت های قابل توجهی از طریق افزایش توان فراهم می کند و راندمان را بهبود می دهد [۴].



شکل ۱-۱۴: روند فناوری توربین های گازی - بهبود مواد [۴]

در حال حاضر استفاده از مواد کریستالی در ساختار توربین های گازی منجر به افزایش دمای احتراق تا ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد و راندمان حرارتی تا ۴۱ درصد شده است.

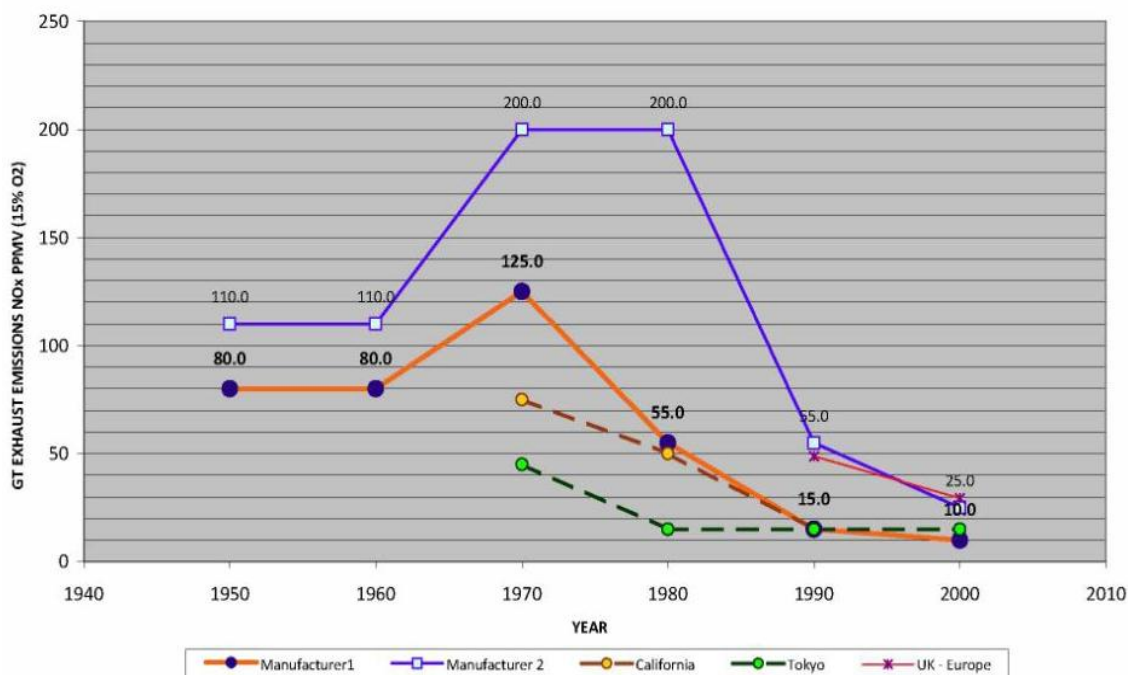
مهمترین نیاز به پوشش دهی حمایت از پرها در مقابل اکسیداسیون، خوردگی و مشکلات ناشی از ترک می باشد. فراهم آوردن سطح استحکام بالاتر و سطح مناسب از مقاومت در برابر اکسیداسیون و خوردگی بدون استفاده از پوشش دهی بسیار مشکل می باشد. بنابراین روند افزایش دمای ورودی نیاز به پوشش دهی را بیشتر می کند. روند پیشرفت در سال های گذشته و سال های آینده در پوشش دهی در شکل ۱-۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۵: روند فناوری توربین گازی - پوشش دهی [۴]

#### ۶ انتشار آلاینده ها

ملاحظات زیست محیطی در طراحی هر سیستمی مهم است. تاثیر هر سیستم روی محیط بایستی دارای محدودیت های قانونی باشد و بسیار مورد توجه طراحان قرار گیرد. در توربین های گازی محفظه احتراق یک جزء بسیار حساس است و باید توجه بسیار زیادی در طراحی آن ها به منظور تولید کمترین میزان  $\text{NO}_x$  وجود داشته باشد. دمای بالا منجر به افزایش انتشار  $\text{NO}_x$  در توربین های گازی می شود. در طی سال های اخیر کاهش میزان انتشار آلاینده در توربین گازی به خصوص  $\text{NO}_x$  به امری بسیار مهم مبدل شده است.



شکل ۱-۱۶: روند فناوری توربین گازی - انتشار آلاینده [۸]

همانطور که در شکل ۱-۱۶ دیده می‌شود در سال ۱۹۷۰ مقدار ۷۵ ppmv قابل قبول بود. در سال ۱۹۸۰ این مقدار در کالیفرنیا به ۵۰ و در توکیو به ۱۵ کاهش پیدا کرد. در سال ۱۹۹۰ نیز ۱۵ ppmv قابل قبول بود [۸].

توربین‌های گازی پیشرفته شامل توربین‌های گازی سری H شرکت GE، زیمنس و سری J شرکت میتسوبیشی دارای پایین‌ترین سطح انتشار آلاینده هستند. (توربین گازی سری 7H شرکت GE دارای آلاینده  $NO_x$  برابر با مقدار 9 ppmvd at 15%  $O_2$  است).

قوانینی که برای حمایت از محیط و سلامت انسان اعمال می‌شوند روز به روز جدی‌تر خواهند شد. امروزه قویترین استانداردها در ایالت کالیفرنیا آمریکا وجود دارد که میزان انتشار آلاینده  $NO_x$  از نیروگاه‌ها به ۲ ppm و CO به ۳ ppm محدود شده است. به عنوان یک قانون انتشار آلاینده  $NO_x$  از طریق تزریق آب و بخار تا ۲۵ ppm مجاز است اما زمانی که سیستم‌های جدید کاهش کاتالیستی آلاینده  $NO_x$  به کار برده شود، میزان انتشار این آلاینده ممکن است کمتر از ۲ ppm نیز باشد [۵].

## ۱-۲-۳-۳- فناوری توربین های گازی سازندگان مختلف

### ۱-۲-۳-۳-۱- مقدمه

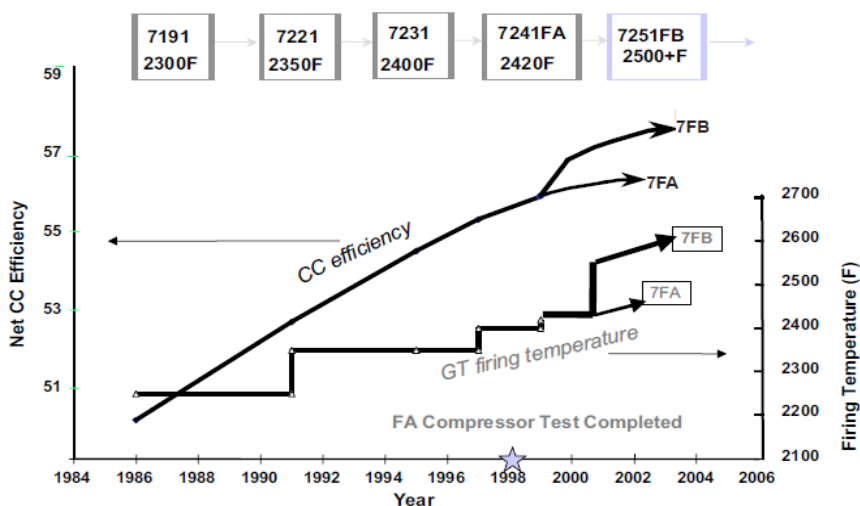
شرکت های GE، Siemens و MHI از سازندگان اصلی توربین های گازی هستند و سهم بالایی از محصولات موجود در بازار بر اساس تحلیل چرخه بازار مربوط به این شرکت ها اختصاص داده شده است، در ادامه به منظور این که فناوری های جدید و به روز دنیا در حوزه توربین های گازی شناسایی شود، به بررسی سیر تکاملی محصولات این سه شرکت پرداخته می شود. همچنین فناوری موجود در شرکت مپنا نیز به عنوان یک تولیدکننده داخلی بررسی خواهد شد.

### ۱-۲-۳-۳-۱- شرکت GE

شرکت GE آمریکا بزرگترین تولیدکننده توربین های گازی در دنیا در سه کلاس هوایی، سیستم رانش و تولید حرارت و تولید انرژی الکتریکی می باشد. توربین های گازی جنرال الکتریک در محدوده ۴۳ تا ۴۷۰ مگاوات (سیکل ساده) قرار دارد. این توربین ها در کلاس های مختلفی تولید می گردند. این کلاس توربین ها تابع ظرفیت یا توان تولیدی، درجه حرارت کارکرد، ساختار موارد بخش های داغ و در نهایت درجه حرارت آن ها تقسیم می گردند. تا قبل از سال ۱۹۷۸، توربین های گازی بزرگ (۵۰ و ۶۰ هرتز) در دمای احتراق نزدیک ۲۰۱۲ درجه فارنهایت (۱۱۰۰ درجه سانتیگراد) کار می کردند و راندمان نیروگاه های سیکل ترکیبی بالای ۴۵ درصد بود. در سال ۱۹۷۸ شرکت GE توربین های گازی سری E را به بازار معرفی کرد. این توربین ها دارای توان ۱۰۵ مگاوات بودند. آخرین مدل این سری دارای خروجی ۱۲۶ مگاوات است که در سیکل های ترکیبی دارای راندمان بیش از ۵۲ درصد می باشد. در ماه ژوئن سال ۱۹۸۷، شرکت GE نسل جدیدی از توربین گازی (MS7001F) را معرفی کرد. معرفی این توربین ها به دلیل تقاضا برای نیروگاه های با راندمان بالا، میزان انتشار آلاینده های کمتر و هزینه پایین تر (برای هر KW/h) ارائه شد. زمانی که این توربین ها معرفی شدند دارای توان ۲۰۰ مگاوات و راندمان ۵۰ درصد در سیکل ترکیبی بودند. توربین های گازی کلاس F شامل 7F (۶۰ هرتز)، 9F (۵۰ هرتز) و 6F (۵۰ و ۶۰ هرتز) هستند. تمامی توربین های کلاس F شامل کمپرسور محوری

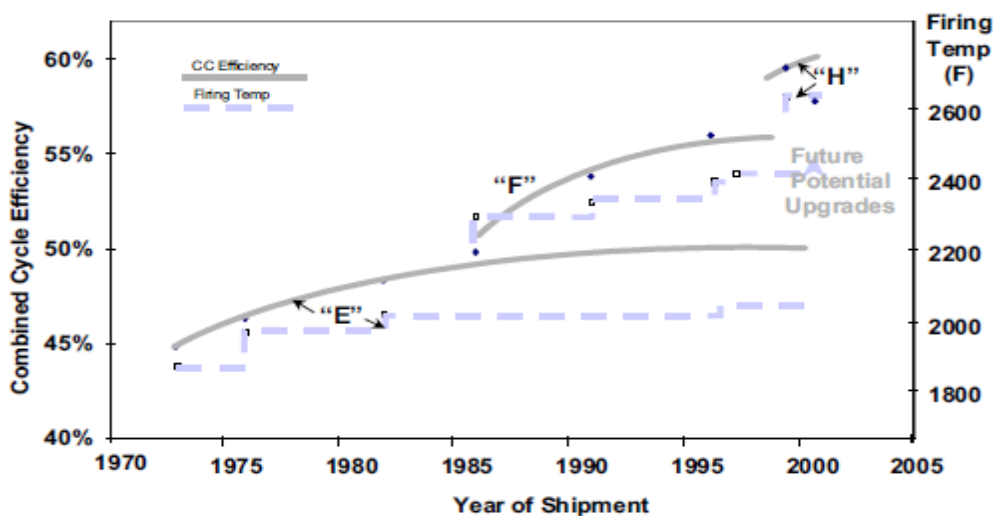


۱۸ مرحله‌ای و یک توربین سه مرحله‌ای هستند. این توربین‌ها دارای راندمان بالای ۵۸ درصد هستند. در شکل ۱۷-۱ روند پیشرفت توربین‌های گازی کلاس F نشان داده شده است [۹].



شکل ۱۷-۱: نحوه پیشرفت توربین‌های گازی کلاس F شرکت GE [۱۰]

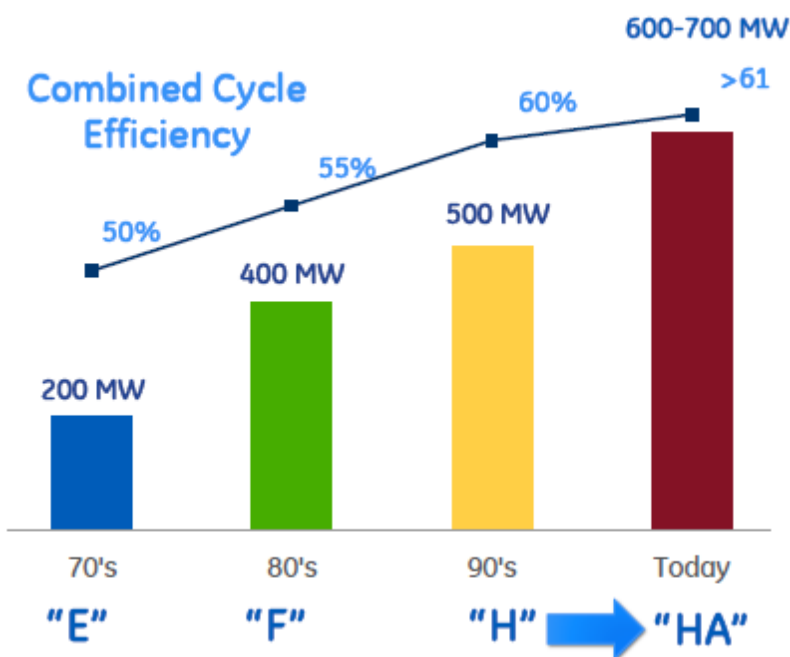
پس از توربین‌های کلاس F، شرکت GE در سال ۱۹۹۵ نسل جدید توربین‌های گازی خود یعنی سری H را معرفی کرد. تست توربین 9H (۵۰ هرتز) در سال ۱۹۹۸ شروع و در سال ۱۹۹۹ به پایان رسید. همچنین تست سری 7H (۶۰ هرتز) نیز در سال ۱۹۹۹ شروع و در سال ۲۰۰۰ کامل شد. توربین 9H در سال ۲۰۰۳ به بازار عرضه شد [۱۱]. در حال حاضر پیشرفته‌ترین سیستم سیکل ترکیبی جهان، متعلق به توربین‌های کلاس H شرکت GE می‌باشد که دارای راندمان نزدیک ۶۰ درصد در سیکل ترکیبی و ۴۱ درصد در سیکل ساده هستند. استفاده از مواد کریستالی به منظور دستیابی به دمای احتراق بالاتر و انتشار آلاینده‌ی کمتر از دیگر ویژگی‌های این سری از توربین‌ها است. دمای احتراق در این کلاس از توربین‌ها ۱۴۳۰ درجه سانتیگراد و توان خروجی نزدیک ۴۷۰ مگاوات در سیکل ساده می‌باشد [۹]. شکل ۱۸-۱ نشان می‌دهد که چگونه توربین‌های GE هم از نظر دمای ورودی توربین و هم از لحاظ راندمان بهبود یافته‌اند.



شکل ۱۸-۱: نحوه افزایش راندمان و دمای احتراق در سه کلاس توربین گازی شرکت GE [۱۰]

شکل ۱۹-۱ نیز رشد توان و راندمان را تا سال ۲۰۱۴ نشان می‌دهد که توربین‌های سری HA جدیدترین فناوری توربین گازی

شرکت GE است که در سال ۲۰۱۱ راه‌اندازی و در سال ۲۰۱۴ مراحل تست آن به پایان رسیده است [۱۱].



شکل ۱۹-۱: رشد توان و راندمان توربین‌های گازی GE در سیکل ترکیبی تا سال ۲۰۱۴ [۱۱]

همچنین شرکت GE قصد دارد که مراحل تست 7HA را که در سال ۲۰۱۲ شروع شده است تا سال ۲۰۱۵ به اتمام برساند [۱۱].

### ۱-۲-۳-۳-۳- شرکت Siemens

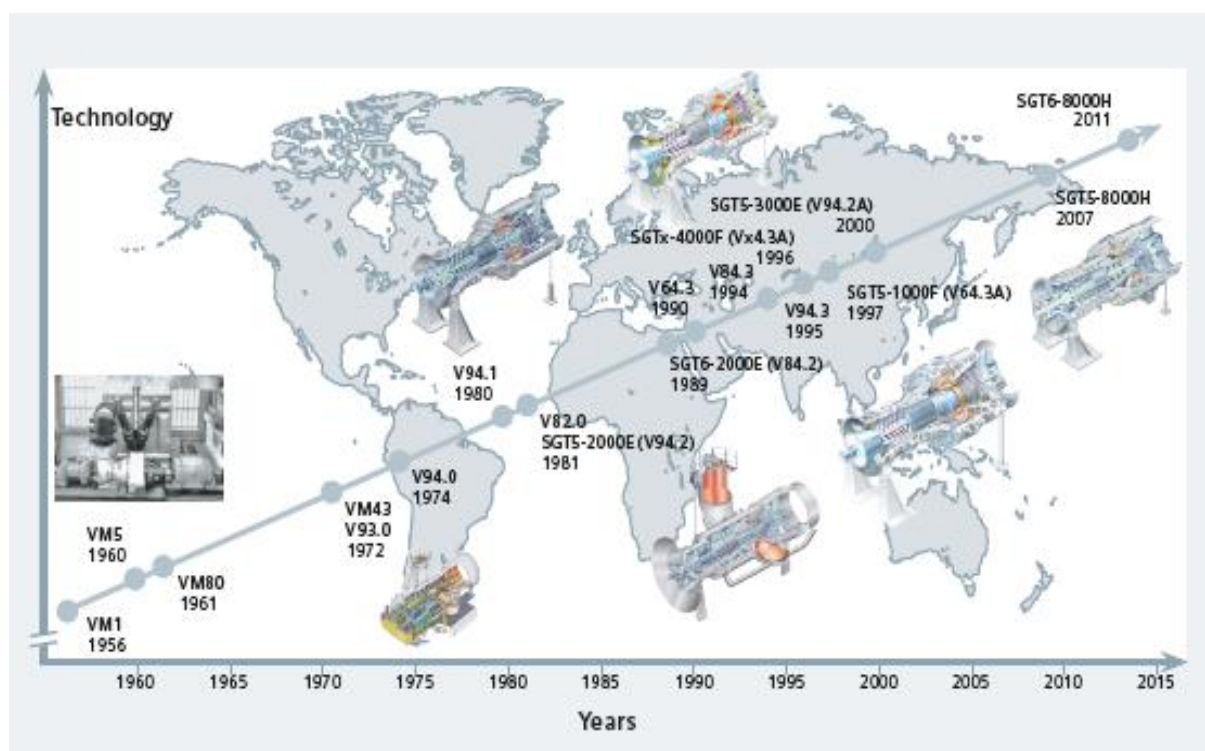
زیمنس به عنوان یکی از پیشروترین شرکت های تولیدکننده انواع مولدها و به خصوص مولدهای گازی برای تولید برق می باشد. در حال حاضر شرکت زیمنس دومین تولید کننده توربین های نیروگاهی می باشد. محدوده تولید توربین های گازی این شرکت از ۴ الی ۳۷۵ مگاوات می باشد.

توربین های گازی متناظر برای تولید برق در مجموعه محصولات زیمنس شامل SGT5-2000E، SGT5-4000F و SGT5-8000H (۵۰ هرتز)، SGT6-2000E، SGT6-4000F و SGT6-8000H (۶۰ هرتز) می باشند. در دهه ۱۹۷۰ پاسخ شرکت زیمنس به افزایش تقاضا برای توربین های گازی بزرگ توسعه توربین گازی ۵۰ هرتزی V94.2 بود که بسیار نزدیک به توربین ۶۰ هرتزی V84.2 بود. این دو مدل توربین هم اکنون به نام های SGT5-2000E و SGT6-2000E شناخته می شوند. بهبودهای طراحی گسترده منجر شد که توان و راندمان V94.2 از ۱۱۲ مگاوات و ۳۱ درصد درسیکل ساده به ۱۶۳ مگاوات و ۳۴/۵ درصد افزایش یابد. تکامل عملکرد V84.2 هم مشابه همین مسیر است [۱۲].

سری بعدی موتورهای سری V به ترتیب V94.3، V84.3 و V64.3 با نام های امروزی SGT5-4000F، SGT6-4000F و SGT-1000F هستند.

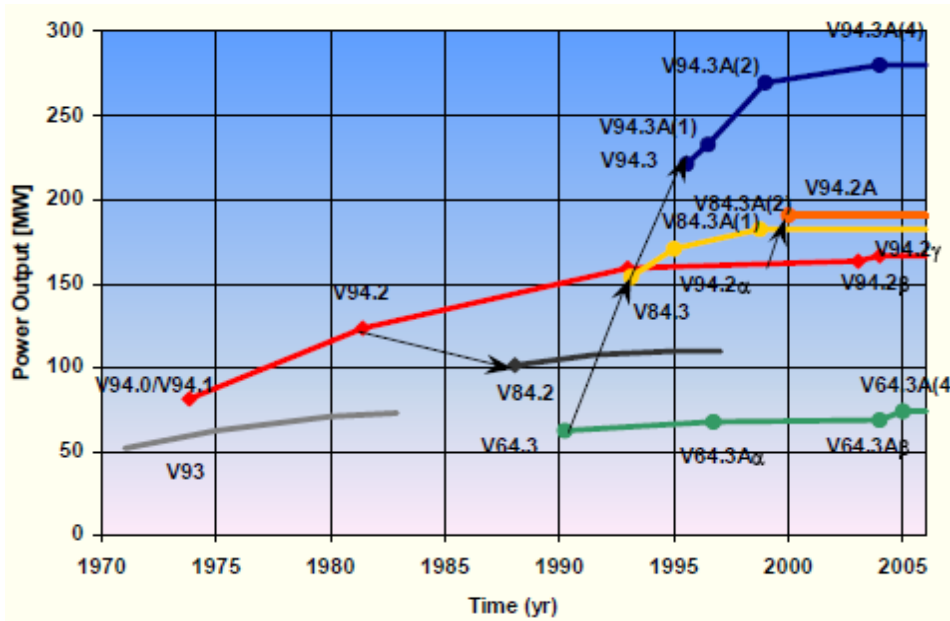
پس از خریداری وستینگ هاوس توسط زیمنس در آگوست ۱۹۹۸، تصمیم مبتنی بر توسعه یک توربین گازی جدید شد که در آن از تجارب و فناوری به دست آمده در هر دو شرکت وستینگ هاوس و زیمنس استفاده شود. زیمنس در اکتبر سال ۲۰۰۰ برنامه توسعه فناوری H را تصویب کرد و طراحی های مهندسی اصلی از نوامبر ۲۰۰۱ آغاز شد و پس از تقریباً چهار سال یعنی در سپتامبر ۲۰۰۵ اعلام عمومی آن صورت گرفت. توربین گازی جدید SGT-8000H نتیجه سال ها تحقیق و توسعه در امر تولید توان برای دستیابی به موتوری با راندمان بالا، منعطف و هزینه چرخه عمر پایین است. این سری، دارای توربین ۵۰ هرتزی (SGT5-8000H) و ۶۰ هرتزی (SGT6-8000H) می باشد. تست سیکل ساده و ترکیبی توربین SGT5-8000H در اوائل سال ۲۰۰۸ در نیروگاه ایرسچینگ (Irsching) شروع شد و در سال ۲۰۱۱ وارد مرحله تجاری سازی شد [۱۳]. توسعه

SGT6-8000H از سال ۲۰۰۹ آغاز شد و مراحل تست آن در سال ۲۰۱۱ در مرکز تست برلین انجام شد [۱۴]. در حال حاضر توربین گازی SGT5-8000H پیشرفته ترین توربین گازی این شرکت می باشد که دارای توان خروجی ۴۰۰ مگاوات، نسبت فشار ۱۹٫۲ و راندمان ۴۰ درصد در سیکل ساده و توان خروجی ۶۰۰ مگاوات و راندمان ۶۰/۷۵ درصد در سیکل ترکیبی می باشد [۱۲]. در شکل ۲۰-۱ مسیر توسعه توربین های گازی سری V شرکت زیمنس ارائه شده است.

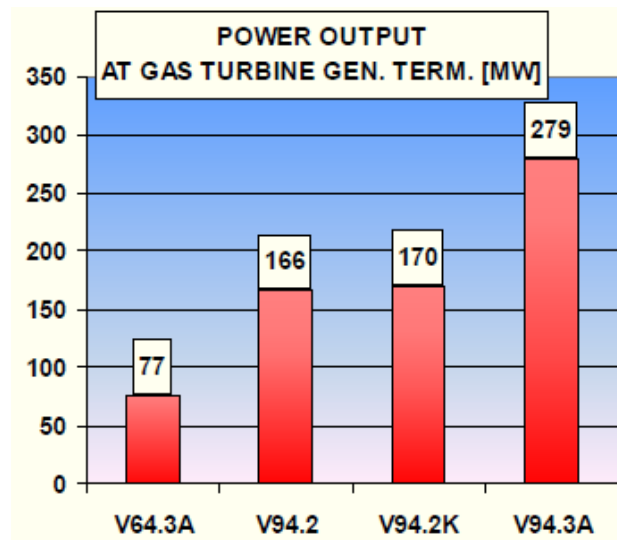


شکل ۲۰-۱: مسیر توسعه توربین های گازی فریم V شرکت زیمنس [۱۵]

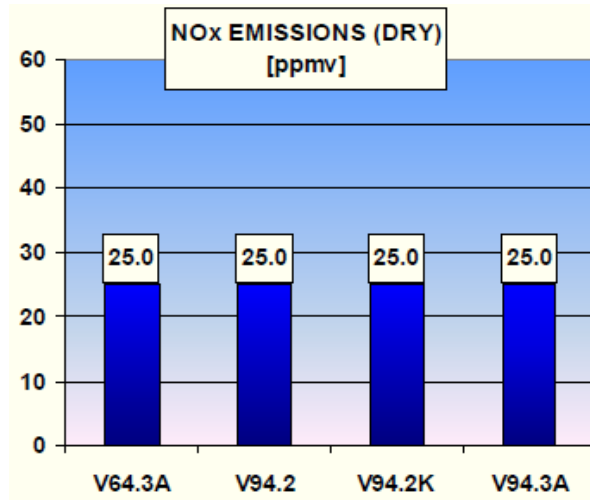
در شکل ۲۱-۱ روند افزایش توان توربین های گازی این شرکت تا سال ۲۰۰۵ ارائه شده است. همچنین در شکل ۲۲-۱، شکل ۲۳-۱، شکل ۲۴-۱ و شکل ۲۵-۱ به ترتیب توان خروجی، میزان انتشار آلاینده  $NO_x$ ، نرخ فشار و راندمان نشان داده شده است.



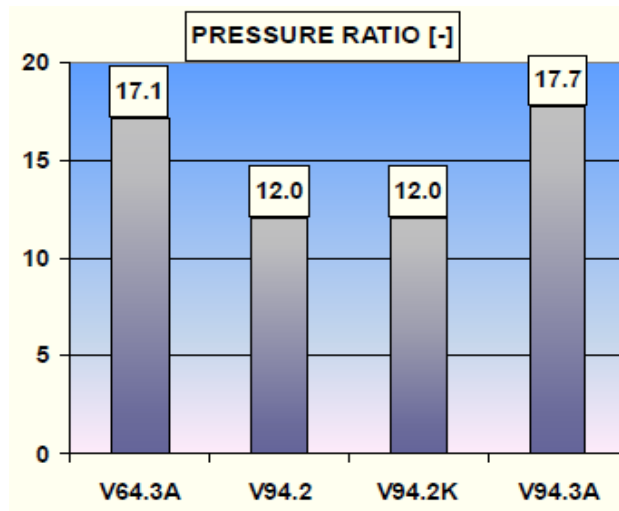
شکل ۱-۲۱: پیشرفت فناوری توربین های گازی زمینس [۱۶]



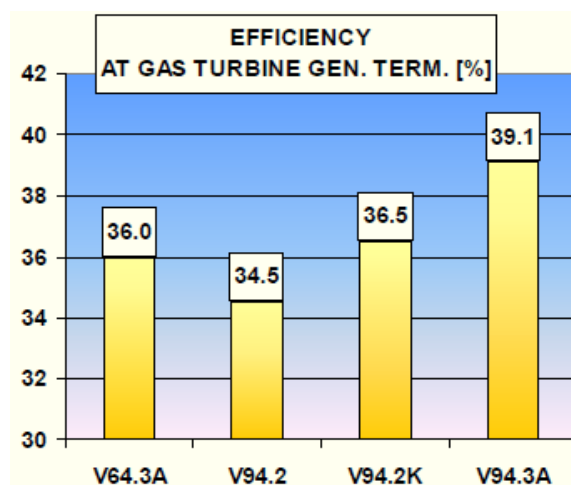
شکل ۱-۲۲: توان خروجی توربین های گازی زمینس [۱۶]



شکل ۱-۲۳: میزان انتشار آلاینده NO<sub>x</sub> در توربین های گازی زیمنس [۱۶]



شکل ۱-۲۴: نسبت فشار توربین های گازی زیمنس [۱۶]



شکل ۱-۲۵: راندمان توربین های گازی زیمنس [۱۶]

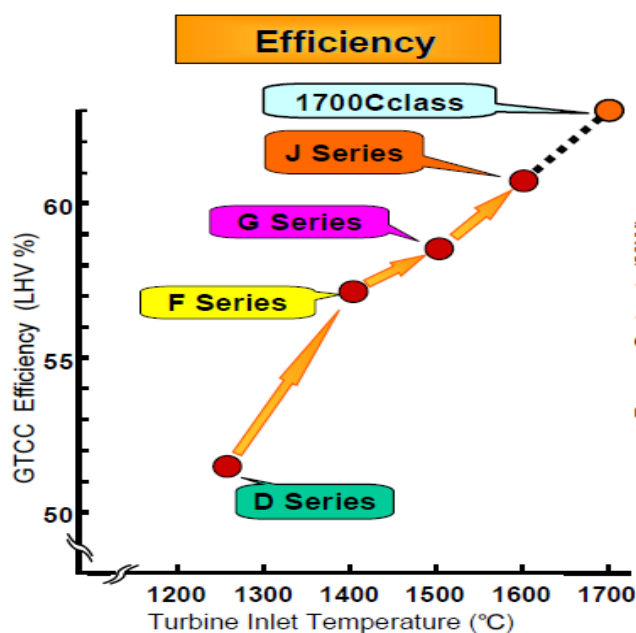
با توجه به شکل های ارائه شده می توان نتیجه گیری کرد که از سال ۲۰۰۵ به بعد مقدار توان خروجی در حدود ۱۰۰ مگاوات و راندمان ۰/۹ افزایش پیدا کرده است.

#### ۱-۲-۳-۳-۴ - شرکت MHI

شرکت صنایع سنگین میتسوبیشی یکی از بزرگترین و پیشروترین شرکت های تولیدکننده انواع تجهیزات دوار و به خصوص تجهیزات نیروگاهی می باشد. محصولات نیروگاهی این شرکت در همه بخش ها شامل بخار، گازی، سیکل ترکیبی و ... در محدوده تولید مختلف وجود دارند. توربین های گازی میتسوبیشی در محدوده ۶ تا ۴۷۰ مگاوات قرار دارد. شرکت میتسوبیشی تجارت توربین های گازی را تحت لیسانس Westinghouse turbines شروع کرد. این شرکت ابتدا توربین گازی ظرفیت بالای M701D (۱۱۵۰ درجه سانتیگراد) را در دهه ۱۹۸۰ توسعه داد. در سال ۱۹۸۵ توسعه توربین های گازی سری F (M501F, M701F) را شروع کرد و توربین گازی M501F با دمای ورودی توربین ۱۳۵۰ درجه سانتیگراد در سال ۱۹۸۹ (توربین گازی مدل 501 F دارای کمپرسور محوری ۱۶ مرحله ای با نرخ فشار ۱۷:۱ و توربین ۴ مرحله ای است که توان ۲۶۷ مگاوات با راندمان ۳۹ درصد تولید می کند). ارائه گردید. توسعه فناوری توربین های گازی سری G (M501G, M701G) با دمای ورودی توربین ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد در سال ۱۹۹۳ آغاز شد و بازار این توربین که دارای راندمان و قابلیت اطمینان بالا

بود، در سال ۱۹۹۷ شکل گرفت. از ابتدای سال ۲۰۰۴ شرکت میتسویشی در پروژه ملی توسعه فناوری اجزاء توربین گازی کلاس ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد مشارکت کرده است. از دستاوردهای این مطالعات، توربین های گازی M501 J (۶۰ هرتز) با دمای احتراق ۲۹۱۲ درجه فارنهایت (۱۶۰۰ درجه سانتیگراد)، نسبت فشار ۲۳:۱ و راندمان ۶۱/۵ درصد در سیکل ترکیبی می باشد که در سال ۲۰۱۱ عرضه شد و جدیدترین فناوری ارائه شده توسط این شرکت می باشد. قابل ذکر است که توربین گازی M701J (۵۰ هرتز) نیز توسعه پیدا کرده و در سال ۲۰۱۴ عرضه شده است. همزمان با توسعه فریم های جدید، شرکت میتسویشی با استفاده از پیشرفت های به دست آمده، فناوری توربین های گازی موجود را بهبود می بخشد. [۱۷].

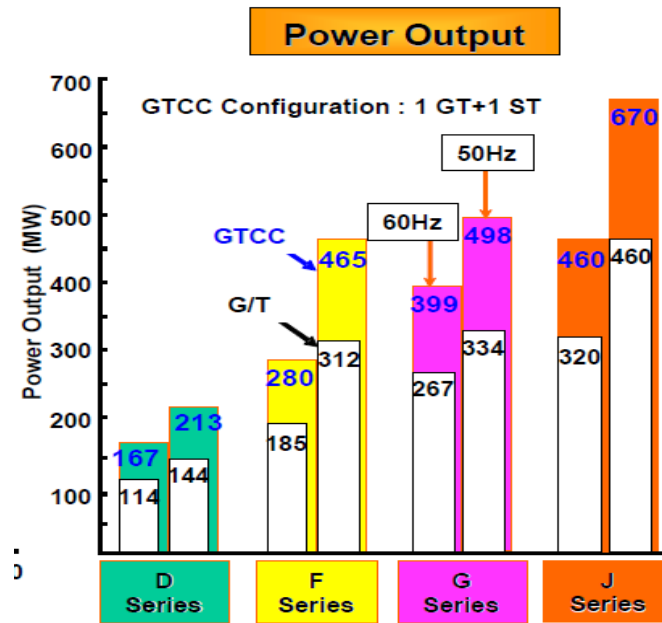
در شکل ۱-۲۶، شکل ۱-۲۷ و شکل ۱-۲۸ به ترتیب میزان درجه حرارت ورودی و راندمان در سیکل ترکیبی در انواع مختلف توربین های گازی شرکت میتسویشی، مقدار توان توربین های گازی در سیکل ساده و سیکل های ترکیبی و روند نحوه تغییرات انواع تکنولوژی های توربین های گازی شرکت میتسویشی نشان داده شده است.



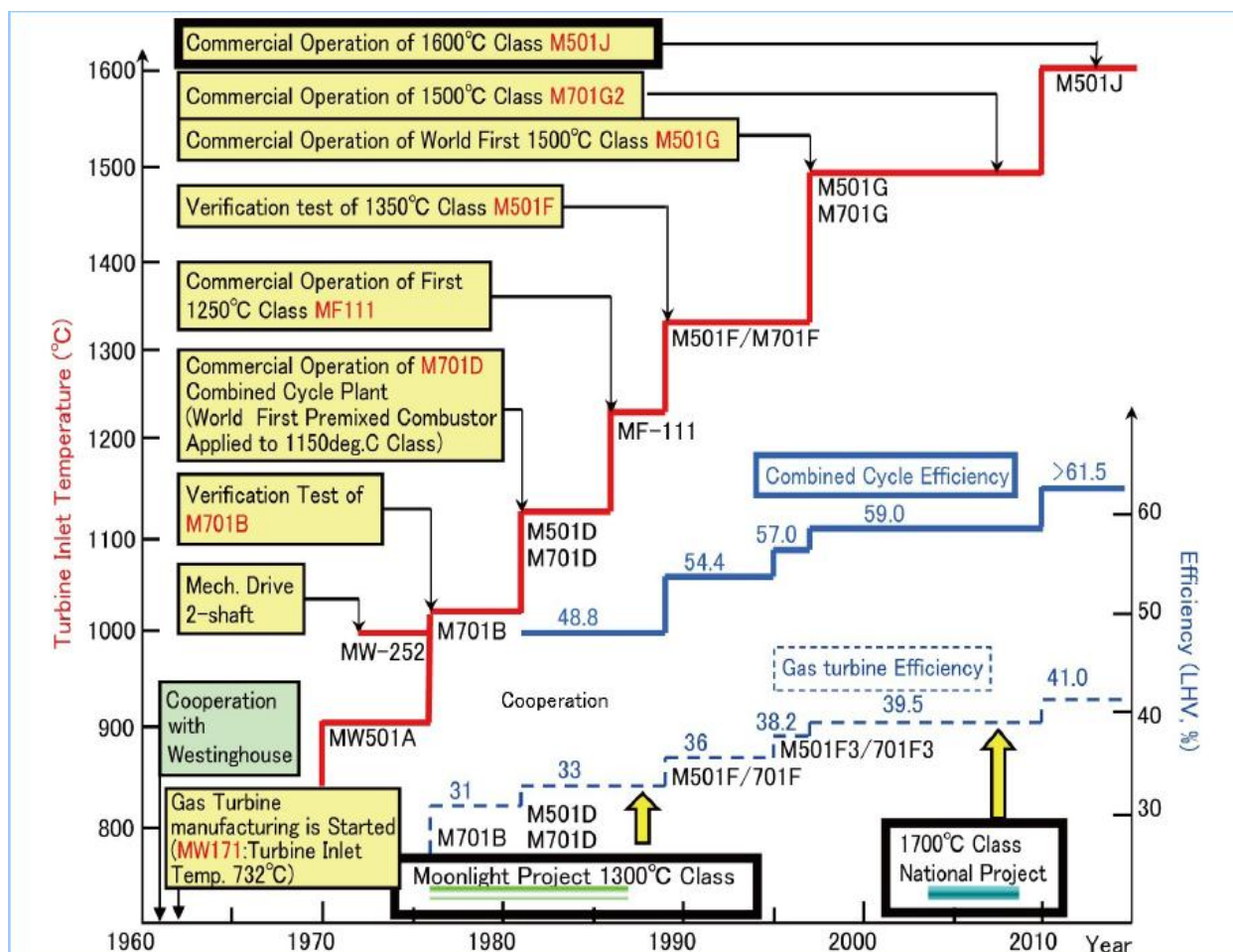
شکل ۱-۲۶: تغییرات درجه حرارت ورودی و راندمان در سیکل ترکیبی در انواع مختلف توربین های گازی شرکت

میتسویشی [۱۸]





شکل ۱-۲۷: توان توربین های گازی در سیکل ساده و سیکل های ترکیبی [۱۸]



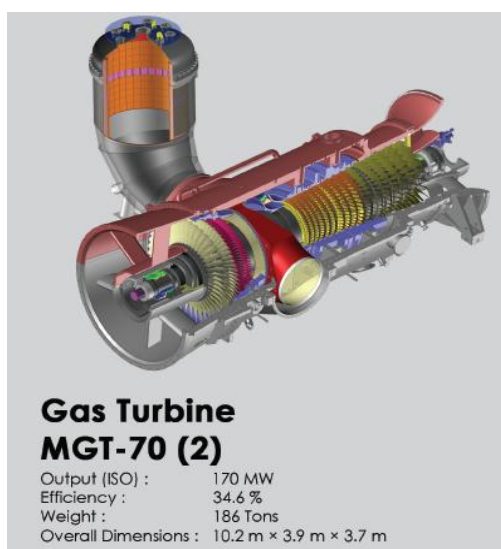
شکل ۱-۲۸: روند تغییرات انواع تکنولوژی های توربین های گازی شرکت میتسوبیشی [۱۹]

### ۱-۲-۳-۳-۵- شرکت مهندسی و ساخت توربین مپنا (توگا)

ساخت و توسعه تکنولوژی بومی توربین گاز در گروه مپنا ابتدا با انتقال دانش فنی ساخت از شرکت آنسالدو انرجیا شروع شد و پس از ساخت داخل توربین V94.2، همین توربین همراه با پره های داغ، سیستم کنترل و نیز توربین بخار سیکل ترکیبی آن تا سال ۱۳۸۹ تحت لیسانس شرکت زیمنس تولید گردید. در این دوره همزمان با بهبود در فناوری های ساخت و تسلط بر مهندسی این تجهیزات، تعداد زیادی واحدهای نیروگاهی سیکل ساده و ترکیبی از این نوع توسط گروه مپنا ساخته شد، به طوری که حدود ۴۰ درصد از ظرفیت شبکه برق ایران را مجموع توان تولیدی این واحدهای سیکل ساده و ترکیبی تشکیل می

دهد.

از سال ۱۳۸۹، گروه مپنا با توسعه فناوری های پوشش قطعات داغ و تغییرات در احتراق و کنترل توربین V94.2، اولین ورژن ارتقای خود با نام MGT-70(MAP2+) را عرضه کرد. ورژن دوم MGT-70 نیز در ابتدای سال ۱۳۹۲ راه اندازی شد و هم اکنون محصول جاری گروه مپنا با مشخصات ذیل است:



شکل ۱-۲۹: مشخصات فنی توربین گازی MGT-70(2) [۲۰]

ورژن بعدی این محصول که در حال حاضر در پایان مراحل طراحی و شروع ساخت اولین واحد است، دارای تغییرات زیاد در بخش های کمپرسور و توربین برای ارتقای عملکرد ماشین به خصوص راندمان آن است. علاوه بر ورژن های استاندارد فوق، پکیج های مجزای بهبود روی این ماشین در گروه مپنا توسعه یافته و قابل پیاده سازی روی کلیه ورژن هاست. ادامه روند توسعه روی این توربین در میان مدت، تبدیل آن به توربین کلاس F خواهد بود. مسیرنمای توسعه این توربین در نمودار ذیل مشاهده می شود.



شکل ۱-۳: مسیرنمای ارتقای توربین نیروگاهی گروه مپنا [۲۰]

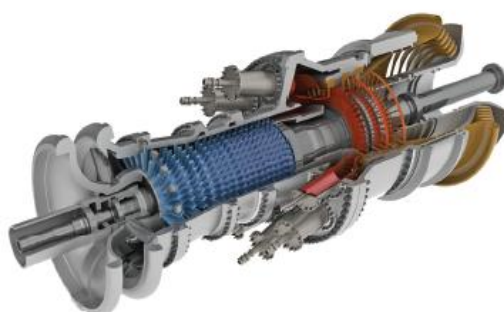
علاوه بر محصول و روند فوق در توربین های نیروگاهی، گروه مپنا هم اکنون توربین های گاز صنعتی MGT-30 و MGT-30MD را با مشخصات شکل زیر تولید می کند.



شکل ۱-۳۱: مشخصات فنی توربین گازی MGT-30 [۲۰]

طراحی پایه هسته اصلی این نوع توربین گاز، موتور هوایی RB211 شرکت رولزرویس است که توسط شرکت اوکراینی زاریا-مشپروئکت برای کاربردهای دریایی و زمینی تغییر کرده و توسعه یافته و از سال ۱۳۸۹ تکنولوژی آن به گروه مپنا منتقل گردیده است. دو مدل فوق الذکر به ترتیب برای تولید برق و رانش مکانیکی استفاده می شوند. مسیر توسعه روی این خانواده توربین در گروه مپنا نیز مشابه توربین نیروگاهی MGT-70 است.

توربین گاز MGT-40 با مشخصات ذیل نیز هم اکنون در مرحله توسعه و ساخت اولین واحد در گروه مپناست. این توربین بر پایه طراحی معکوس توربین F6B شرکت جنرال الکتریک می باشد.



### Gas Turbine MGT-40

Output (ISO) : 42.1 MW  
Efficiency : 32.1 %  
Weight : 42 Tons  
Overall Dimensions : 6.4 m × 3.2 m × 3.2 m

#### شکل ۱-۳۲: مشخصات فنی توربین گازی MGT-40 [۲۰]

در خصوص فناوری های عمده مورد استفاده در توربین گاز، گروه مپنا تاکنون سیستم کنترل بومی خود با نام MAPCS را توسعه داده که اولین واحد آن در سال ۱۳۹۳ در نیروگاه حیدریه نجف تحت بهره برداری قرار گرفت. فناوری های کلیدی پره و مسیر گاز داغ شامل انواع پوشش ها، انجماد جهت دار و پره تک کریستال نیز برای محصولات جدید ایجاد شده و یا در دست توسعه است. از این میان تاکنون انواع پوشش های ضد خوردگی و سد حرارتی (TBC) در توربین MGT-70(2) به کار رفته و پره انجماد جهت دار در حال تولید صنعتی برای توربین MGT-40 می باشد [۲۰].

### ۱-۳- آینده پژوهی فناوری

در بخش چرخه عمر فناوری سیر تکاملی و مسیر آینده فناوری های توربین های گاز به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است که جمع بندی آن در این بخش ارائه شده است.

در گذشته توربین های گازی زمانی که با منابع دیگر توان مقایسه می شدند منابع نسبتا نامناسب برای تولید توان به حساب می آمدند، در حالی که امروزه با پیشرفت های انجام شده در این حوزه، توربین های گازی یکی از منابع مهم تولید توان محسوب می شوند. در بخش ۱-۲-۳-۲- روند افزایش توان، دمای ورودی توربین گازی، نسبت فشار و راندمان حرارتی از سال ۱۹۴۰ تا سال ۲۰۰۰ به ترتیب در شکل ۱-۸، شکل ۱-۹، شکل ۱-۱۰، شکل ۱-۱۲ ارائه گردید. در سال ۱۹۴۰ مقدار توان برابر ۴ مگاوات، دمای ورودی توربین گازی ۵۵۰ درجه سانتیگراد، نسبت فشار ۴/۲ و راندمان حرارتی ۱۷/۴ درصد بود که در سال ۲۰۰۰ این مقادیر به ۲۵۰ مگاوات، ۱۳۱۶ درجه سانتیگراد، نسبت فشار ۳۰ و راندمان حرارتی ۳۸/۶ درصد رسید.

جهت بررسی روند پیشرفت موارد ذکر شده از سال ۲۰۰۰ تا به امروز، جدیدترین محصولات توربین گازی سه شرکت معتبر GE، زیمنس و میتسوبیشی مورد مطالعه قرار گرفت. توربین های گازی سری H متعلق به شرکت GE دارای توان خروجی ۴۷۰ مگاوات، دمای ورودی توربین ۱۴۳۰ درجه سانتیگراد، نسبت فشار ۱:۲۳ و راندمان ۴۱ درصد هستند. جدیدترین توربین گازی شرکت میتسوبیشی دارای دمای احتراق ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد و راندمان نزدیک ۴۱ درصد با نسبت فشار ۱:۲۳ و توان خروجی ۴۷۰ مگاوات است (توربین های سری J). همچنین شرکت زیمنس توربین گازی SGT-8000H با مقدار توان ۴۰۰ مگاوات، راندمان حرارتی ۴۰ درصد و نسبت فشار ۱۹/۲ را ارائه داده است.

همچنین پیشرفت های زیر این امکان را فراهم می کند که راندمان توربین های گازی در آینده نیز افزایش یابد:

- استفاده از آلیاژها و پره های مقاوم در برابر گرما با پوشش دهی سرامیکی

- سیستم خنک کاری پره توربین

- پیش گرمایش سوخت

مهمترین نیاز به پوشش دهی حمایت از پره ها در مقابل اکسیداسیون، خوردگی و مشکلات ناشی از ترک می باشد. فراهم آوردن سطح استحکام بالاتر و سطح مناسب از مقاومت در برابر اکسیداسیون و خوردگی بدون استفاده از پوشش دهی بسیار مشکل می

باشد. بنابراین روند افزایش دمای ورودی نیاز به پوشش دهی را بیشتر می کند. روند پیشرفت در سال های گذشته و سال های آینده در پوشش دهی در شکل ۱-۱۵ اشاره شده است.

در نسل آینده توربین های گازی یکی از فاکتورهای مهم، موضوع میزان انتشار آلاینده ها می باشد بنابراین مشعل های جدید و به کارگیری فناوری (DLN (Dry Low NO<sub>x</sub>) در توربین های گازی به منظور کاهش میزان فاکتور انتشار آلاینده ها نقش بسزائی دارند. در حال حاضر هدف سازندگان توربین های گازی رساندن آلاینده ها به کمتر از 25 ppm می باشد، که در سال ۲۰۲۰ این مقدار باید به 15ppm برسد. از ویژگی های دیگر توربین ها نسل جدید استفاده از مواد کریستالی به منظور دستیابی به دمای احتراق بالاتر و انتشار آلاینده های کمتر می باشد.

## ۱-۴- شناخت حوزه های فناوریانه

### ۱-۴-۱- مقدمه و بیان اهمیت موضوع

تولید انرژی الکتریکی یکی از مسائل استراتژیک هر کشور است. این موضوع بویژه در مورد کشور ایران که یک کشور در حال توسعه است و میزان نیاز انرژی در آن با نرخ رشد قابل توجهی در حال افزایش است، اهمیت دو چندان پیدا می کند. از میان راهکارهای مختلف تولید انرژی الکتریکی، استفاده از توربین های گازی در سیکل های گازی و سیکل ترکیبی در حال حاضر سهم قابل توجهی از تولید برق کشور را به خود اختصاص می دهد. بعلاوه مطالعات آینده پژوهی نیز نشان داده است که تولید برق به کمک سیکل ترکیبی می تواند در برنامه بلند مدت تولید برق، نقش نخست را داشته باشد. لذا تهیه اسناد راهبردی و نقشه راه برای طراحی و پیاده سازی فناوری توربین گازی دارای اهمیت متمایزی است.

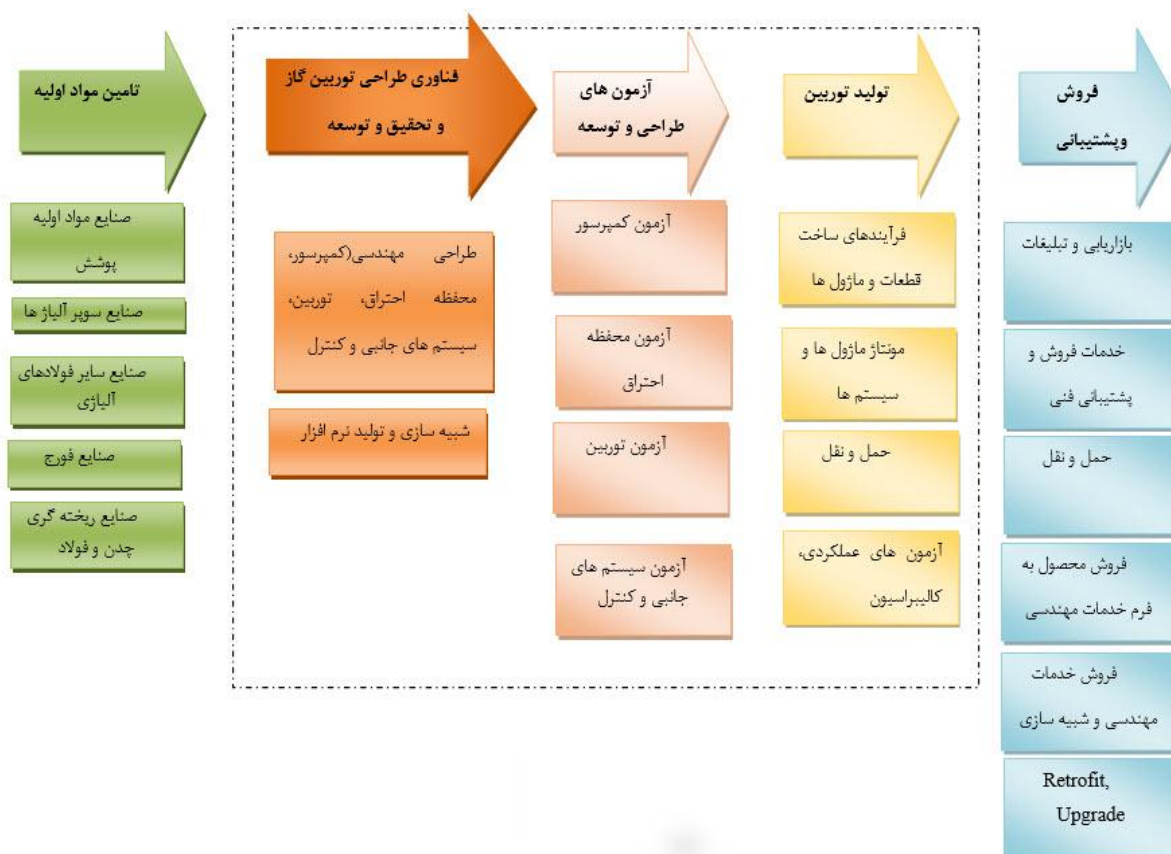
در کار حاضر سعی شده است، تا مطابق تعریف پروژه مراحل تدوین زنجیره ارزش و درخت فناوری توربین گازی بصورت جامع دیده شود تا به کمک آن بتوان اولویت های فناوری توربین گازی را مطابق با ظرفیت ها و پتانسیل های موجود در کشور تهیه کرد. این گزارش در گروه پژوهشی مکانیک پژوهشکده تولید نیرو تهیه شده است.

## ۱-۴-۲- استخراج زنجیره ارزش صنعت توربین های گازی و درخت فناوری مربوطه

### ۱-۴-۲-۱- استخراج زنجیره ارزش صنعت توربین های گازی

در این بخش زنجیره ارزش توربین های گازی با توجه به مجموعه فرآیندهایی که منجر به تولید توربین های گازی نیروگاهی می شود و نیز هر فرآیندی که منجر به تولید ارزش گردد، مورد بررسی قرار می گیرد. در یک بررسی جامع، زنجیره ارزش صنایع توربین گاز را به صورت زیر در نظر می گیریم.

جدول ۱-۶: مراحل تشکیل دهنده زنجیره ارزش صنایع توربین گازی





فناوری ها و کسب و کارهای مرتبط با زنجیره ارزش توربین های گازی در زنجیره ارزش ارائه شده در جدول ۱-۶ قابل مشاهده است. جزئیات بیشتر موارد فوق در جدول ۱-۷ مشاهده می شود.

جدول ۱-۷: مراحل تفصیلی زنجیره ارزش توربین های گازی

جهت پیشرفت مراحل					
۷- تاسیس و تجهیز آزمایشگاه های تخصصی	۶- تاسیس واحدهای شبیه سازی و شبیه سازی در بخش های مختلف	۵- طراحی مفهومی	۴- تشکیل تیم های طراحی	۳- طرح اولیه	۲- تقسیم بندی اجزای سیستم
۱- ایده و بررسی منابع و نمونه های مشابه					
جهت پیشرفت مراحل					
۱۴- تاسیس آزمایشگاه ابزار دقیق، کالیبراسیون و استاندارد	۱۳- مونتاژ زیر سیستم ها	۱۲- کنترل فرآیندها ساخت و رفع عیوب	۱۱- ساخت قطعات و زیر سیستم ها	۱۰- تشکیل واحدهای ساخت و تامین مواد و تعیین واحدهای برون سپاری	۹- طراحی با جزئیات زیر سیستم ها
۸- انجام آزمون ها ی زیر سیستم ها					
جهت پیشرفت مراحل					
۲۱- تشکیل و ارائه شرکت های خدمات پس از فروش و پشتیبان	۲۰- فروش پکیج خدمت در کنار محصول	۱۹- فروش خدمات نرم افزاری	۱۸- بازخورد از بهره بردار و بهینه سازی تولید و کاهش اتلافات در بهره برداری و همکاری در بهره برداری	۱۷- فروش محصولات و ارتباط با بهره بردار	۱۶- برنامه ریزی تولید و تاسیس واحدهای تولیدی
۱۵- آزمون و صحت گذاری زیر سیستم ها					
جهت پیشرفت مراحل					
۲۸- توسعه کاربرد محصولات و خدمات به حوزه های مشابه نظیر موتورهای توربینی	۲۷- تشکیل کنسرسیوم از واحدهای تولیدی داخلی و بین المللی	۲۶- خرید و بومی سازی فناوری و ارتقای آن	۲۵- تبدیل واحدهای گازی به سیکل ترکیبی با تغییر در فناوری	۲۴- آینده پژوهی و تامین محصولات ارتقا یافته و یا جایگزین مبتنی بر دسته بندی فناوری های زیر سیستم ها	۲۳- برند سازی محصولات و خدمات به کمک ثبت اختراع، انتشارات، تبلیغات و ارائه ملی و جهانی محصولات
۲۲- فروش حق امتیاز فناوری ها					

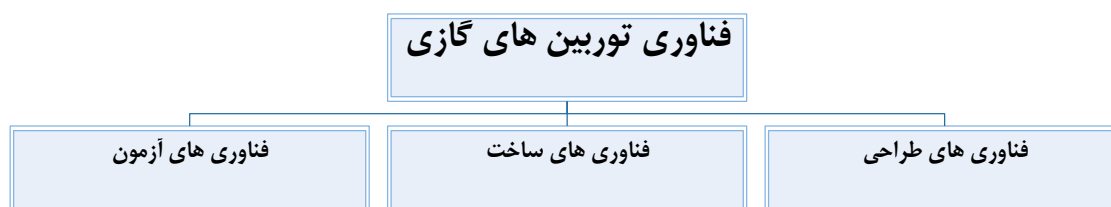
فناوری های توربین گاز در یک مجموعه تولیدی مانند جنرال الکتریک شامل دو محور تولید و خدمت می باشد. بخش تولید شامل ارائه توربین های گاز جهت مصارف نیروگاهی و موتورهای هوایی است. طبق گزارش های ارائه شده از سوی این کمپانی میزان خدمات ارائه شده دارای شیب افزایشی قابل توجهی بوده و سهم بیشتری را نسبت به فروش محصول به خود اختصاص می دهد. این خدمات مهندسی شامل خدمات نرم افزاری، فروش ساعت پرواز هواپیما بجای فروش موتورهای توربینی به تنهایی می باشد. لذا پیشنهاد می شود، با توجه به نقطه قوت و پتانسیل ارائه خدمات نرم افزاری، شبیه سازی مهندسی و بهینه سازی در مجموعه سازندگان موتورهای توربینی در کشور، بحث فناوری های مبتنی بر خدمات مهندسی بطور ویژه مورد توجه قرار گیرد. خدمات قابل ارائه شامل:

خدمات شبیه سازی و تولید نرم افزار تجاری در حوزه توربین های گازی و زیر سیستم های آن و خدمات مشاوره آموزش نیروگاهی می باشد.

با توجه به پیچیدگی های فناوری توربین های گازی، این زنجیره ارزش یک زنجیره تولید محور و نه خریدار محور است. در نتیجه باید توجه ویژه ای به محدود تولید کنندگان توربین های گازی نیروگاهی شود تا بتوان از همه پتانسیل ها در جهت ارزش آفرینی استفاده نمود.

### ۱-۴-۲- استخراج درخت فناوری توربین های گازی

درخت فناوری توربین های گازی متناسب با اهداف طرح حاضر که تمرکز بر روی توربین های گازی نیروگاهی به عنوان اولویت اول و توربین های کوچک (توان تولیدی کمتر از ۱۰۰ مگاوات) به عنوان اولویت دوم در نظر گرفته شده، تهیه شده است. در ابتدا ساختار درخت فناوری ارائه شده و در ادامه تقسیم بندی های جزئی تر شرح داده شده اند.



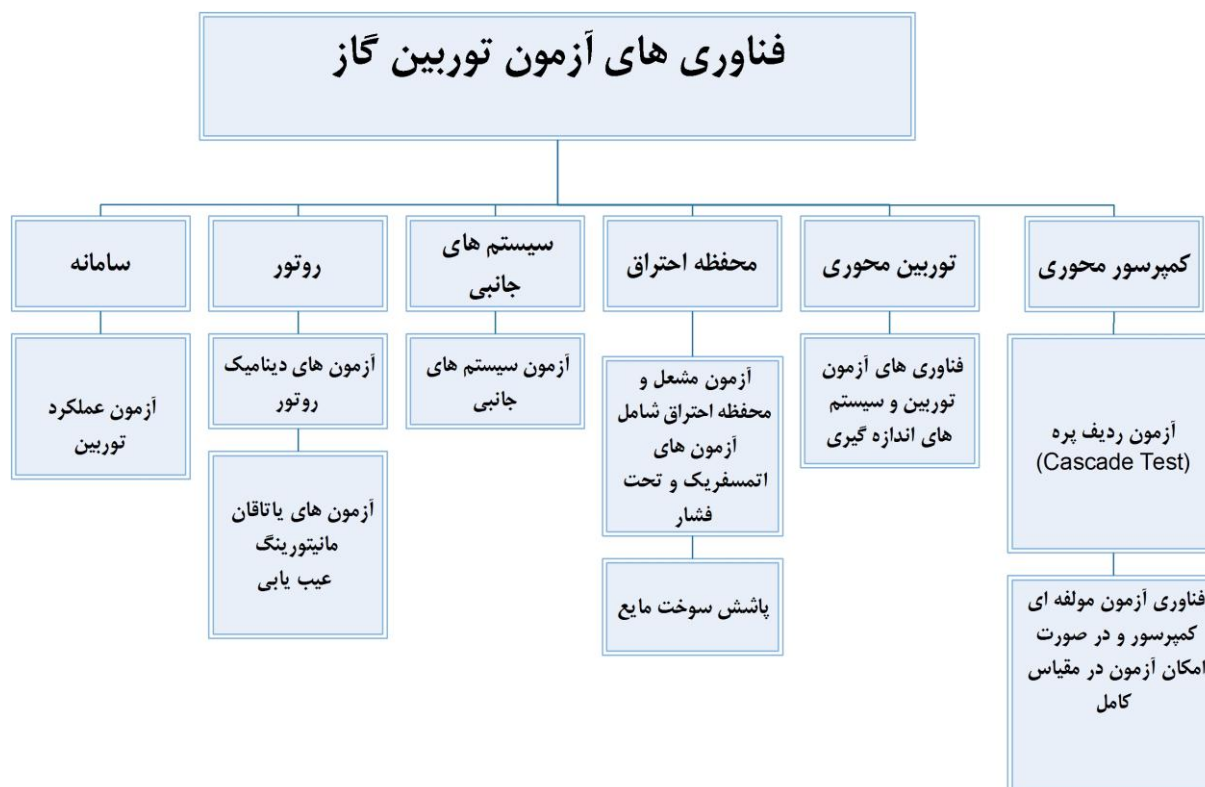
شکل ۱-۳۳: درخت فناوری توربین های گازی



شکل ۱-۳۴: درخت فناوری طراحی توربین های گازی



شکل ۱-۳۵: درخت فناوری ساخت توربین های گازی



شکل ۱-۳۶: درخت فناوری آزمون توربین های گازی

### ۱-۲-۲-۴-۱ - تقسیم بندی فناوری های توربین های گازی

#### تقسیم بندی فناوری ها از نظر ظرفیت تولید

از نظر ظرفیت تولید، فناوری های توربین های گازی به محدوده های میکروتوربینها، مینی توربین ها و توربین های گازی بزرگ تقسیم بندی می شوند. با توجه به مباحث اساسی طرح حاضر میکروتوربین ها- که توان تولیدی کمتر از ۱ مگاوات دارند- از اولویت در تامین نیازهای تولید برق کشور برخوردار نبوده و در کار حاضر مورد بحث قرار نمی گیرند. مینی توربین ها که شامل مولدهای کوچک زیر ۱۰ مگاواتی به منظور تولید پراکنده و توربین های گازی در کلاس ۲۵-۳۰ مگاوات می شوند، به عنوان اولویت دوم در بررسی ها لحاظ خواهند شد. اما توربین های گازی بزرگ- که ظرفیت نامی بیشتر از ۱۰۰ مگاوات دارند- به عنوان مولدهای اصلی برق می توانند به شکل نیروگاه های توربین گازی و سیکل ترکیبی مورد استفاده قرار گیرند. لذا تاکید اصلی بررسی ها روی این کلاس از توربین های گازی خواهد بود.

### فناوری های مرتبط با تولید توربین های گازی

✓ فناوری های مواد و پوشش دهی

این فناوری ها جزو اساسی ترین فناوری های توربین گاز محسوب می شوند و معمولاً در لبه دانش قرار داشته و پیشرفت در این فناوری ها منجر به تولید نسل های جدید توربین گاز می شود. چراکه چالش های حد تحمل حرارتی، خزش و خوردگی نقطه طراحی عملکرد توربین گازی را محدود می سازد. سرفصل های فناوری این دسته عبارت است از:

- خزش و گسیختگی (Creep and Rupture)

- خوردگی (Corrosion)

- خستگی حرارتی (Thermal Fatigue)

- پوشش دهی مواد توربین

- مواد پره ها

✓ سیستم روانکاری و سوخت رسانی

✓ یاتاقان بندی و سیل بندی

در مورد روتورهای دوربالا، استفاده از یاتاقان های هوائی و بالانسروتور از فناوری های مرز دانش می باشد.

✓ سیستم اندازه گیری و کنترل

پیاده سازی سناریوهای مختلف کنترلی می تواند موجب بهبود راندمان عملکرد توربین های گازی شود. لذا سیستم کنترل توربین های گازی به عنوان قلب مجموعه از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

✓ سیستم سوخت رسانی و احتراق

- ساخت محفظه احتراق به کمک طراحی بهینه

- فناوری های مرتبط با افزایش دمای بیشینه در توربین های گازی

- افزایش کیفیت احتراق به کمک شبیه سازی و پیاده سازی تکنیک های پیشرفته آزمایشگاهی جهت بررسی مخلوط شدن سوخت و هوا، شروع احتراق و کیفیت شعله و راندمان احتراق.
  - افزایش راندمان با تغییر سوخت (استفاده از سوخت های زیستی و...) و تغییر در سیستم سوخت رسانی
  - کاهش آلاینده های مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و آلاینده های ذرات
- از نظر نوع آلاینده ها و میزان تولید آلاینده ها به ازای واحد توان تولیدی به ازای هر فناوری باید مطالعه لازم انجام و مقایسه ارائه شود. بویژه فناوری های مرتبط با کاهش  $CO$ ،  $NOx$  و آلاینده های ذرات (PM) مورد توجه سازندگان توربین های گازی قرار گرفته است. به عنوان نمونه به شاخص هایی در این زمینه اشاره می شود:
- هدف سازندگان توربینهای گازی رساندن آن به 25 ppm یا کمتر است. در سال ۲۰۲۰ این مقدار باید به 15ppm برسد.

برای رسیدن به این تکنولوژی طرح های زیادی در دستور کار قرار دارد؛ از جمله، سوخت های سلولی (Fuel Cells) و نیروگاههای زغال سنگی. همچنین محققان روی موارد دیگر از جمله رقیق کردن سوخت، اضافه کردن محفظه های Premix قبل از احتراق، استفاده از کاتالیزرها؛ کاتالیزر برای اکسیداسیون  $CO$  و یاکاتالیزرهایی برای جذب  $NOx$ . محققین در حال تجزیه و تحلیل سیستم ها هستند تا بتوانند به نتایج بهتری دست یابند.

#### ۱-۴-۲-۲- تقسیم بندی فناوری ها از نظر آزمون، کالیبراسیون، عیب یابی و تحقیقات و توسعه

با توجه به اینکه فناوری توربین های گازی یک فناوری مرز دانشی و در حال توسعه می باشد، فناوری های مرتبط با آزمون، کالیبراسیون و عیب یابی زیر سیستم ها از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. عمده این فناوری ها مبتنی بر کارآزمایشگاهی و تجربی می باشند. لذا جهت پیاده سازی آنها نیاز به سرمایه گذاری و تربیت نیروی انسانی متخصص است. بعلاوه از نظر توسعه علمی نیز باید تکنیک های مرتبط با نیازمندی های مذکور مطالعه و امکان سنجی فنی و اقتصادی پیاده سازی آنها انجام شود تا فناوری هایی که پتانسیل تحقق لازم را داشته و متناسب با نیازمندی های فنی باشد، انتخاب شوند. این دسته از فناوری ها نیز به عنوان یک گلوگاه در صنعت توربین گازی مطرح هستند و معمولاً چالش های فنی و اقتصادی محدود کننده توسعه در این بخش می باشند.

### ۱-۴-۲-۳- تقسیم بندی فناوری ها از نظر نوع سیستم بهره برداری

انواع فناوری های مرتبط با پیاده سازی سیکل ترکیبی مانند بازیاب حرارتی (Heat Recovery)، بازتولید (Regeneration) در این قسمت مورد توجه قرار می گیرد.

### ۱-۴-۳- جمع بندی

در این بخش به بررسی زنجیره ارزش و درخت فناوری متناظر با توربین های گازی پرداخته شد. روند تحقیق شامل موارد زیر است:

❖ منابع بطور کامل جمع آوری و بررسی شده و فناوری های توربین گازی طبقه بندی و در زنجیره ارزش جانمایی شده اند.

❖ تعامل لازم با مشاوران علمی و مشاور صنعتی از گروه مپنا (شرکت توگا) انجام شده است.

با توجه به اهمیت توربین های گازی نیروگاهی، تقسیم بندی کسب و کارهای مربوط به این توربین ها به تفصیل در زنجیره ارزش ارائه شده است. در ادامه درخت فناوری های توربین گازی ارائه شده و مورد بحث قرار گرفته است. با توجه به مطالب ارائه شده، در بخش تعیین اولویت های فناوری های توربین های گازی، به ارزیابی جذابیتها و توانمندی های بخش و تکنولوژی های مختلف پرداخته می شود تا زمینه برای تدوین چشم انداز توسعه فناوری هایی که برای کشور ایران دارای مزیت نسبی بوده و پیاده سازی آنها امکان پذیر باشد، فراهم شود. در این راستا اقدام به مطالعه مقایسه ای روندهای توسعه فناوری های توربین های گازی در دنیا و بویژه در کشورهایی که از نظر داشتن منابع و توسعه یافتگی در وضعیتی مشابه با ایران به سر می برند، شده است. نتایج مطالعات مقایسه ای، اولویت های فناوری و چشم انداز توربین های گازی در گزارش های بعدی ارائه خواهد شد.



## ۲- نتیجه گیری

در این گزارش ابتدا تبیین مشخصه‌های فناوری توریسم های گازی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته نتیجه گیری شد که فناوری توریسم های گازی در کشور موجود می‌باشد و با توجه به شرایط فعلی کشور و پیشرفت‌های انجام شده در این زمینه در دسته فناوری‌های مناسب قرار دارد. همچنین چرخه عمر بازار و فناوری توریسم های گازی ارائه شد. با توجه به دو شاخص تعداد رقبا و قیمت فروش معلوم شد که چرخه عمر بازار این فناوری در مرحله بلوغ قرار دارد. با بررسی روند پیشرفت فناوری توریسم های گازی در طی سال‌های گذشته و با توجه به اینکه فناوری توریسم های گازی کاملاً مشخص است و پیشرفت‌های انجام شده در زمینه افزایش راندمان و توان خروجی از طریق استفاده از مواد جدید و پیشرفته در ساخت پره‌ها، پوشش‌دهی و افزایش نسبت فشار می‌باشد، نتیجه شد که فناوری توریسم های گازی نیز در مرحله بلوغ قرار دارد. در ادامه با توجه به اهمیت توریسم های گازی نیروگاهی، تقسیم بندی کسب و کارهای مربوط به این توریسم ها به تفصیل در زنجیره ارزش ارائه شد و درخت فناوری های توریسم های گازی ارائه و مورد بحث قرار گرفت.

### ۳- مراجع

[۱] "روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری های صنعت برق"، راهنمای عمل شماره ۱- ویرایش دوم، اردیبهشت ۱۳۹۳.

[۲] "گزارش آمار صنعت برق ایران" سال ۱۳۹۲.

[3] Gas Turbine World , "Gas Turbine Maintenance preview: Global Markets 2009-2018".

[4] Boyce, M., "Gas turbine Engineering Handbook", Elsevier, 2012.

[5] Ghoncharov, V.V., "The Forecast of the Development of the Market for Gas Turbine Equipment in the Years 2013- 2021 (Review)", Thermal Engineering, Vol.60, No. 9, pp.676-678, 2013.

[۶] سلطانی حسینی، مسعود، "بررسی روند تغییرات و ارزیابی تکنولوژی های روز نیروگاه های فسیلی، برق آبی و هسته ای و قابلیت ها و محدودیت های کشور در زمینه بومی سازی و انتقال تکنولوژی آن ها در سه فضای همکاری بین المللی"، پژوهشگاه نیرو، اسفند ۱۳۸۹.

[7] Unger, D., Herzog, H., "Comparative Study on Energy R&d Performance: Gas Turbine Case Study", Central Research Institute of Electric Power Industry, August 1998.

[8] Ronald, J., "The History of the Industrial Gas Turbine (Part 1 The First Fifty Years 1940-1990)", 2011.

[9] GE Power Systems., "Gas Turbine and Combined Cycle".

[10] Gebhardt, E., "The F Technology Experience History", GER- 3950C, GE Power Systems.

[11] Marcus. Scholz, " 9HA Gas Turbine Validation Milestones, A new standard of testing and validation technology", Germany, June, 2014.

- [12] Diakunchak, I., Juergen Kiesow, H., McQuiggan, G., "The History of the siemens Gas Turbine", Proceedings of ASME Turbo Expo: Power for Land, Sea and Air GT2008, Germany, June 9-13, 2008.
- [13] Willibald J. Fisher, Pratyush Nag, "H-Class high performance Siemens gas turbine SGT-8000H series", Power-Gen International 2011, Las Vegas, Nevada, 2011.
- [14] Armin Stadler, Product Manager 8000H, " Meeting the Middle Est. Energy Demand with the Proven 8000H Series", Abu Dhabi, 2014.
- [15] Michalke. P, Schmuch. Th, "Powerful products for the Enhanced Flexibility of Gas Turbines", Siemens AG, Power-Gen Europe, Germany, June 12-14, 2012.
- [16] <http://www.Ansaldoenergia.it>
- [17] Satoshi Hada, Keizo Tsukagoshi, Junichiro Masada, Eisaku Ito, " Test result of the World's First 1,600 °C J-series Gas Turbine", Mitsubishi Heavy Industries technical Review, Vol. 49, No. 1, 2012.
- [18] Atsushi Maekawa, " Evolution and future Trend of Large Frame Gas Turbine for Power Generation", journal of Power and Energy Systems, Vol. 5, No. 2, 2011.
- [19] toshishige Al, Junichiro Masada, eisaku Ito, " Development of the High efficiency and Flexible gas Turbine M701F5 by applying j Class gas Turbine Technologies", Mitsubishi Heavy Industries technical Review, Vol. 51, No. 1, 2014.
- [20] <http://www.Mapnagroup.com>
- [21] Razak, A., "Industrial gas turbines: performance and operability". Elsevier(2007.).
- [22] Ciafone, D.J., "Gas Turbines: Technology, Efficiency, and Performance". Nova Science Publisher's(2011.).
- [23] Giampaolo, T., "The gas turbine handbook: Principles and practices". The Fairmont Press, Inc.(2003.).
- [24] Horlock, J.H., "Advanced gas turbine cycles". Elsevier(2003.).
- [25] Walsh, P.P. and P. Fletcher, "Gas turbine performance". John Wiley & Sons(2004.).
- [26] Lefebvre, A.H., "Gas turbine combustion". CRC Press(2010.).
- [27] Cohen, H., et al., "Gas turbine theory". (1996).

- [28] Kiameh, P., "Power generation handbook". McGraw-Hill Professional Publishing(2002.).
- [29] Simões-Moreira, J.R., "Fundamentals of Thermodynamics Applied to Thermal Power Plants", Thermal Power Plant Performance Analysis. Springer, pp. 7-39(2012).
- [30] El-Wakil, M.M., "Powerplant technology". Tata McGraw-Hill Education(1984.).

## فهرست مطالب

فصل ۱ - چشم انداز و اهداف کلان	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- مفاهیم و روش های تدوین چشم انداز	۱
۳-۱- روش تدوین اهداف کلان	۷
۴-۱- فرآیند تدوین بیانیه چشم انداز توربین گاز	۱۲
۵-۱- تحلیل نظرات خبرگان در ارتباط با ابعاد بیانیه چشم انداز	۱۶
۶-۱- فرآیند تدوین اهداف کلان توسعه فناوری توربین گاز	۱۹
۷-۱- تحلیل نظرات خبرگان در ارتباط با ابعاد اهداف کلان	۲۰
۸-۱- جمع بندی	۲۳
فصل ۲ - راهبرد فناوری	۲۴
۱-۲- مقدمه	۲۴
۲-۲- مرور ادبیات راهبرد توسعه فناوری	۲۴
۱-۲-۲- مفاهیم و روش اولویت بندی فناوری	۲۴
۲-۲-۲- اکتساب فناوری	۲۹
۳-۲- راهبرد توسعه فناوری توربین گاز	۳۲
۱-۳-۲- رویکرد توسعه و اولویت های فناوری توربین گاز	۳۲
۴-۲- سبک اکتساب فناوری توربین گاز	۳۶
۵-۲- جمع بندی	۳۷
نتیجه گیری	۳۹
پیوست - پرسشنامه چشم انداز و اهداف کلان	۴۱



مراجع..... ۴۶

## فهرست شکلها

- شکل ۱-۱- فرآیند تدوین چشم انداز..... ۴
- شکل ۲-۱- ویژگی های اهداف کلان..... ۱۰
- شکل ۳-۱- روش تدوین اهداف کلان..... ۱۲
- شکل ۴-۱- فرآیند کلی تدوین بیانیه چشم انداز توسعه فناوری توریسم های گازی..... ۱۲
- شکل ۵-۱- نظر خبرگان پیرامون حوزه کاربرد فناوری..... ۱۷
- شکل ۶-۱- نظر خبرگان پیرامون حوزه فعالیت فناوریهای توریسم های گازی..... ۱۷
- شکل ۷-۱- نظر خبرگان پیرامون نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیستمحیطی حاصل از توسعه فناوریهای توریسم های گازی..... ۱۸
- شکل ۸-۱- نظر خبرگان پیرامون راندمان مطلوب توربینهای گازی تولید داخل در افق چشم انداز..... ۲۱
- شکل ۹-۱- نظر خبرگان پیرامون توان بیشینه تولیدی واحدهای گازی در افق ۱۴۰۴..... ۲۱
- شکل ۱۰-۱- نظر خبرگان پیرامون اولویت اهداف کلان توسعه فناوری توربینهای گازی..... ۲۲
- شکل ۱۱-۱- نظر خبرگان پیرامون اولویتهای شاخصهای رشد و پیشرفت فناوری در حوزه توریسم های گازی..... ۲۲
- شکل ۱-۲- ارزیابی ماتریس جذابیت (مطلوبیت) و توانمندی (امکانپذیری)..... ۲۵
- شکل ۲-۲- ماتریس جذابیت - توانمندی (امکان پذیر)..... ۲۸
- شکل ۳-۲- تقسیم بندی ماتریس جذابیت-توانمندی..... ۲۸

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱- جمع بندی ابعاد و گزینه های پیشنهادی در تدوین بیانیه چشم انداز توریسم های گازی ۱۵
- جدول ۲-۱- نام و مسئولیت افراد پاسخ دهنده به پرسشنامه ..... ۱۶



## فصل ۱ - چشم‌انداز و اهداف کلان

### ۱-۱ - مقدمه

در این فصل، پس از بیان مفاهیم و روش تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان، فرآیند تدوین بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان در سند راهبردی توریسم گازی کشور به عنوان بخش ابتدایی فاز تدوین ارکان جهت‌ساز تشریح خواهند شد. در این راستا ابعاد شکل دهنده به چشم‌انداز و اهداف کلان معرفی شده و سپس گزینه‌های قابل ذکر برای هر یک از ابعاد، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و سرانجام با استفاده از نظرات خبرگان، ابعاد مورد نظر تعیین وضعیت می‌شوند. با مشخص شدن وضعیت هر یک از ابعاد سازنده بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان، مفاد مربوط به هر یک از آن‌ها قابل ارائه خواهند بود و به این ترتیب بیانیه چشم‌انداز و عناوین اهداف کلان به همراه تفسیر آن‌ها در این فصل مورد اشاره قرار خواهند گرفت.

### ۱-۲ - مفاهیم و روش‌های تدوین چشم‌انداز

چشم‌انداز عبارتست از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در حوزه فناوری که در یک افق زمانی بلندمدت و متناسب با مبانی ارزشی جامعه تعیین می‌گردد. به عبارت دیگر چشم‌انداز، بیان صریح سرنوشتی است که فناوری به سوی آن حرکت می‌کند و تصویر آینده‌ای است که کشور در جستجوی خلق آن است.

چشم‌انداز تصویری از وضعیت یک کشور است، زمانی که به اهداف و راهبردهای خود در یک بازه‌ی زمانی دست یافته باشد. این چشم‌انداز در قالب یک بیانیه به نحوی تنظیم می‌شود که چالش‌های راهبردی و هدف‌های تعیین شده کیفی در سند، ارتباط مستقیم و معناداری با یکدیگر داشته باشند؛ نیازهای جامعه را در آینده و حال، به‌عنوان هماهنگی بین جامعه و تصویر آینده در بیان کلمات و جملات یکسان نماید؛ و از کلمات و جملات آرمانی، دست یافتنی، ارزشی، مقدس و نهادینه برای عبارت‌پردازی سند استفاده نماید.

چشم‌انداز توسعه فناوری اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر توسعه فناوری را همواره هدفمند و جهت دار نماید و مانند چراغی در افق بلندمدت، فراروی کنش‌گران مختلف (دولت، صنعت، دانشگاه) قرار گیرد.

آگاهی کامل سیاست‌گذاران به چشم‌انداز توسعه فناوری نیز می‌تواند آن‌ها را در اتخاذ تصمیمات کلیدی و سیاست‌های اثرگذار یاری دهد.

اکثر مدل‌های تدوین راهبرد ملی دارای گام تدوین چشم‌انداز مشخص و صریح می‌باشند. لکن برخی مدل‌ها نیز وجود دارند که به مراتب به وجود چنین عنصری در برنامه‌ریزی راهبردی ملی اشاره نکرده ولی به تدوین اهداف بلندمدت پرداخته‌اند. ضرورت تدوین چشم‌انداز در اسناد ملی توسعه فناوری از این بابت است که تعهد، انگیزه، هیجان و انرژی را در میان کنش‌گران دخیل در توسعه فناوری افزایش داده و مقصدی را برای رسیدن، ترسیم نمایند. چشم‌انداز یک رکن جهت‌ساز کلان، ساده و قابل انتقال را ترسیم کرده تا راهنمای گام‌های مختلف انتخاب، اکتساب و سیاست‌گذاری فناوری باشد.

در ادبیات مدیریت راهبردی، چشم‌انداز براساس مدل‌های مختلفی (به‌عنوان بخشی از فرآیند تدوین برنامه راهبردی توسعه) تعریف شده است. اگرچه غالب این مدل‌ها برای تدوین راهبرد در سطح بنگاه طراحی شده‌اند، اما می‌توان نتایج حاصل از بررسی این تعاریف متفاوت را برای طراحی چشم‌انداز در سطح ملی استفاده نمود. برای این منظور، در زیر چهار نوع از مدل‌های تدوین راهبرد بنگاه که به تعریف چشم‌انداز پرداخته‌اند، بررسی می‌گردند.

#### • مدل دیوید

براساس این مدل، بیانیه چشم‌انداز در بنگاه‌ها بر اساس پاسخ به سوال «ما چه می‌خواهیم بشویم و به کجا می‌خواهیم برسیم؟» توسعه داده می‌شود. بیانیه چشم‌انداز باید کوتاه، و ترجیحاً یک جمله باشد، و از همه ذینفعانی که ممکن است ورودی و اطلاعاتی برای تدوین آن در اختیار داشته باشند، استفاده شود. برای مثال، چشم‌انداز یک مؤسسه حسابداری مدیریت عبارتست از: «رهبری جهانی در آموزش، تأییدکننده و گواهی‌دهنده، و اجرای حسابداری مدیریت و مدیریت مالی».

براساس نظر دیوید، چشم‌انداز به‌عنوان یکی از فرآیندهای ابتدایی در تدوین راهبرد، به‌عنوان ورودی‌های اولیه و عناصر بالادست در تمام قدم‌های این فرآیند نقش ایفا می‌نماید. تدوین چشم‌انداز نیز با بررسی محیط داخل و خارج و نیز با دریافت بازخورد از تمام مراحل برنامه‌ریزی راهبردی صورت می‌پذیرد. [۱]

#### • مدل پاتریک لوئیس

چشم‌انداز به سوال «چه چیزی می‌خواهیم ایجاد کنیم» پاسخ می‌دهد و یک تصویر ایده آل، واحد و جذاب از آینده ترسیم می‌نماید. چشم‌انداز تصویر جذابی از وعده‌هایی است که شور و اشتیاق و هیجان را در افراد و هنگام کار القا و الهام می‌کند. به زبان ساده چشم‌انداز مشترک، یک تصویر شفاف و مورد تأیید ذینفعان می‌باشد که آینده را مشخص می‌کند. به منظور مشخص و روشن نمودن و نیز تعریف فردای جدید، چشم‌انداز ساختاری را که راهنمای تمام تصمیم‌گیری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و کارها باشد، فراهم می‌آورد. چشم‌انداز برای رسیدن به آینده‌ای که معمولاً کمی دورتر از دسترس می‌باشد، بر روی قوت‌های سازمانی و منابعی که باید توسعه بیابند تمرکز می‌کند. چشم‌انداز یک نیروی محرک است که باعث یک تلاش و جستجوی بی پایان برای موفقیت و برتری می‌شود. [۲]

#### • مدل آلیسون

در این مدل، چشم‌انداز تصویر راهنمای موفقیت است. بیانیه چشم‌انداز به سوال «موفقیت چگونه است و شبیه چیست؟» جواب می‌دهد. چشم‌انداز باید گروه‌ها را به مبارزه و چالش بطلبد تا قابلیت‌هایشان را گسترش دهند و به اهدافشان برسند. آلیسون در فرآیندی که برای مدیریت راهبردی طراحی نموده است، جایگاهی مشابه با دیوید برای تدوین مأموریت و چشم‌انداز قائل شده‌اند. او معتقد است که پس از کسب آمادگی و حصول مقدمات اولیه برنامه‌ریزی، اولین گام در فرآیند اصلی تدوین استراتژی (بعنوان رکن جهت‌ساز) باید تدوین چشم‌انداز مطلوب و آرمان باشد. از نظر وی، بیانیه چشم‌انداز مؤثر باید هم چشم‌انداز داخل و هم چشم‌انداز خارجی را در نظر بگیرد. چشم‌انداز خارجی بر روی اینکه اگر بنگاه به اهدافش برسد جهان چگونه بهبود می‌یابد، تغییر می‌کند و متفاوت می‌شود، تمرکز دارد. هنگامی که چشم‌انداز خارجی بیان نمود که بنگاه چگونه برنامه‌ای برای تغییر جهان دارد، چشم‌انداز داخلی تعیین می‌شود. در این مدل پیش‌نویس بیانیه چشم‌انداز با ایده‌ها و نگرشی که از بحث‌ها و گفتگوها بیرون می‌آید و نیز احساس و بینش مشترکی که از مسیر (جهت) و انگیزه ایجاد می‌شود، آغاز می‌گردد. تمامی ذینفعان باید در طوفان فکری ابتدایی و نیز بعضی از گفتگوها حاضر باشند. [۳]

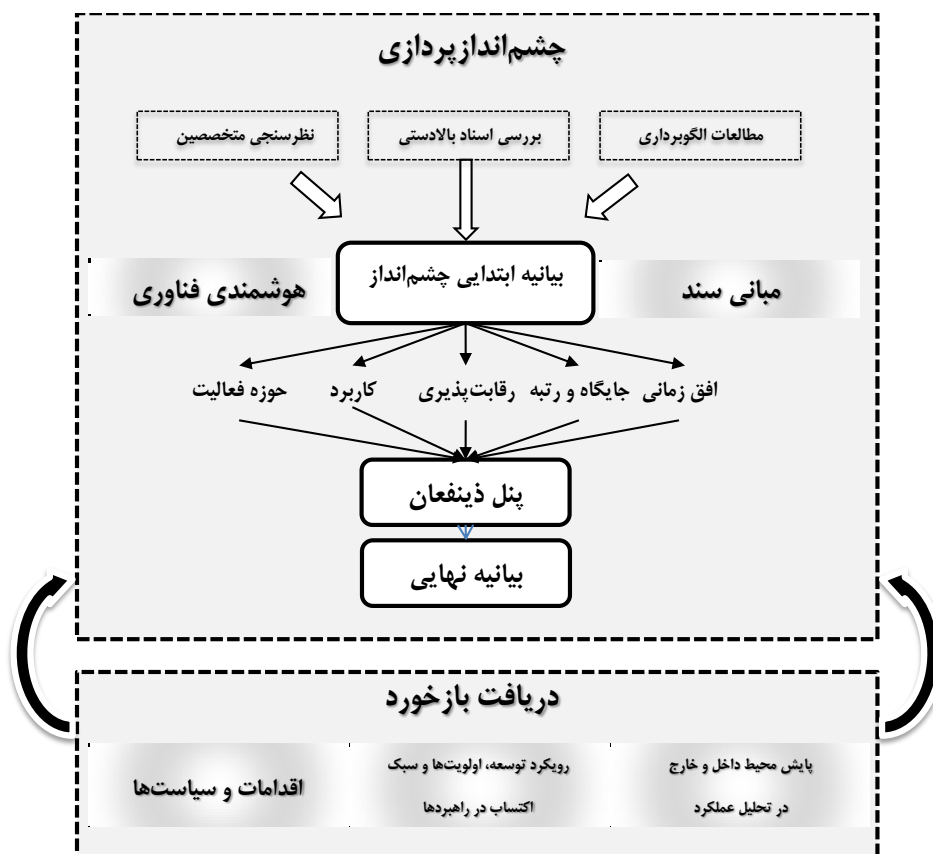
#### • مدل مک‌میلان

چشم‌انداز تصویر ذهنی قوی از آنچه که ما در آینده می‌خواهیم بشویم، می‌باشد. چشم‌انداز ریشه در واقعیت دارد، اما روی آینده تمرکز می‌نماید. تدوین چشم‌انداز، فرآیندی شامل روشن نمودن ارزش‌ها، تمرکز بر روی مأموریت و گسترش افق با استفاده از

بیانیه چشم انداز است. تدوین چشم انداز، راه و روش های خلاقانه برای چالش های کسب و کار فراهم می آورد و جرعه ارزیابی و یادگیری پیوسته در سازمان را بوجود می آورد.

از نظر وی دلایل تدوین چشم انداز سازمان عبارتند از: هماهنگی و متناسب کردن کار افراد مختلف، کمک به همه برای تصمیم گیری، ایجاد اصول و پایه ای برای برنامه ریزی کسب و کار، به چالش کشیدن اوضاع راحت و غیر ایده آل شرایط فعلی، و ایجاد رفتارهای متجانس و موافق در افراد به صورت قابل توجه. [۲]

با بررسی مدل های تدوین چشم انداز بنگاهی و نیز کسب آگاهی از مطالعات تطبیقی صورت پذیرفته، ترسیم افق چشم انداز در پنج مرحله مطابق با شکل زیر به انجام می رسد:



شکل ۱-۱- فرآیند تدوین چشم انداز

#### • تدوین اصول ارزشی

اصول ارزشی، اصول، باورها و ارزش های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، و فناورانه هستند که بر نوع نگاه به توسعه فناوری تأثیر می گذارد. در واقع این اصول به عنوان خط قرمزهایی هستند که از اعتقادات و باورهای کنش گران و ذینفعان توسعه فناوری

برخاسته و ابعاد چشم‌انداز را شفاف و مرزبندی می‌کند. به عبارت دیگر چشم‌انداز باید با در نظرگیری ملاحظات این اصول ترسیم گردد.

• جمع‌آوری ورودی‌های اولیه ترسیم چشم‌انداز

جمع‌آوری ورودی‌های لازم برای ترسیم چشم‌انداز از راه‌های زیر صورت می‌پذیرد:

✓ بررسی اسناد بالادستی: پیش از شروع هر بحث دیگر تدوین چشم‌انداز، ضروری است تا با بررسی اسناد

بالادستی، طرح‌ها و راهبردهای کلان تدوین شده در سطوح بالاتر، و اصول ارزشی توسعه فناوری موجود

در جامعه، تصویری از بستر فعلی و نگاه‌های آینده پیرامون فناوری حاصل گردد. این تصویر در شکل-

دادن به مؤلفه‌های چشم‌انداز نقش مهمی بر عهده دارد.

✓ نظرسنجی متخصصین: بیان یک نتیجه بر پایه یک مجموعه شواهد یا انتظارات از آینده که از اطلاعات

و منطق افراد آشنا با موضوع مورد نظر حاصل می‌شود، یکی دیگر از راه‌های تأمین ورودی‌های لازم

برای ترسیم افق چشم‌انداز است. اندیشه‌ها و تفکرات خبرگان حوزه فناوری از آینده پیش رو سهم قابل

توجهی در ترسیم چشم‌انداز دارد.

✓ مطالعات الگوبرداری: استفاده از تجارب دیگر کشورها در زمینه توسعه فناوری‌های راهبردی روشی دیگر

در ترسیم چشم‌انداز است. در این زمینه می‌توان از آینده‌های ترسیم شده در سایر کشورها، مانند هدف-

گذاری‌های بلندمدت، حوزه‌های کاربردی قابل تأکید، و غیره برای تعیین افق چشم‌انداز داخلی بهره برد.

• تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز

بیانیه اولیه چشم‌انداز توسط تحلیل‌گران و مشاوران تهیه می‌شود. در این مرحله بر مبنای ورودی‌های حاصل از مراحل قبل

(هوشمندی فناوری، اطلاعات اولیه، اصول ارزشی)، به ترسیم افق چشم‌انداز در چارچوب اصول ارزشی تدوین شده پرداخته می-

شود. با بررسی مدل‌های تدوین چشم‌انداز بنگاهی و نیز با بهره‌گیری از مطالعات تطبیقی تدوین چشم‌انداز، لازم است تا به

مؤلفه‌های ضروری چشم‌انداز و نیز ویژگی‌های افق چشم‌انداز در سطح ملی توجه شود. بر این اساس، ویژگی‌های یک چشم‌انداز

توسعه فناوری در سطح ملی به شرح زیر است:

- ✓ تدوین چشم‌انداز باید با بررسی محیط داخل و خارج و با نیز دریافت بازخورد از تمام مراحل برنامه‌ریزی راهبردی صورت گیرد.
  - ✓ چشم‌انداز باید به تصویری شفاف و مورد تأیید همه ذینفعان منجر شود.
  - ✓ چشم‌انداز باید در رسیدن به آینده‌ای که معمولاً کمی دورتر از دسترس می‌باشد، بر روی قوت‌ها و منابعی که باید توسعه بیابند تمرکز کند.
  - ✓ در تدوین چشم‌انداز هم باید بر چگونگی تغییر محیط در خارج (چشم‌انداز خارجی) و نیز تصویر مطلوب در محیط داخل (چشم‌انداز داخلی) تمرکز صورت پذیرد.
  - همچنین، یک افق چشم‌انداز ملی باید دربرگیرنده‌ی مؤلفه‌های زیر باشد<sup>۱</sup>:
  - ✓ در نظرگیری بعد زمان و افق برنامه‌ریزی برای ایده‌آل‌های ذکر شده در بیانیه چشم‌انداز
  - ✓ اشاره به جایگاه و رتبه‌ی عددی توانمندی فناورانه در منطقه و جهان
  - ✓ ذکر اهداف بالادستی تعیین شده در اسناد قبلی
  - ✓ در نظرگیری ملاحظات اصول ارزشی
  - ✓ توجه به سطح رقابت‌پذیری فناوری تولیدی
  - ✓ تعیین حوزه‌ی کاربرد فناوری
  - ✓ اشاره به نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه
  - ✓ تعریف کلی حوزه فعالیت (طراحی، تولید، بکارگیری)
- تأیید و نهایی‌سازی بیانیه اولیه چشم‌انداز

<sup>۱</sup> یک بیانیه چشم‌انداز لزوماً دربرگیرنده‌ی تمام این مؤلفه‌ها باهم نیست. این‌ها درحقیقت مجموعه مؤلفه‌هایی هستند که وجود بعضی از آن‌ها مانند افق چشم‌انداز در بیانیه ضروری و اشاره به بعضی دیگر مانند جایگاه فناوری اختیاری است.

چشم‌انداز تعریف شده توسط تحلیل گران و مشاوران در مرحله قبل باید برای نهایی شدن به تأیید کمیته راهبری مسئول توسعه فناوری، متشکل از خبرگان صنعت، دولت و دانشگاه برسد. این تأیید علاوه بر نمایش صحت آینده ترسیم شده، به همگرا شدن نظرات خبرگان در مورد هریک از مؤلفه‌های آینده فناوری نیز منجر می‌شود.

• دریافت بازخورد از سایر مراحل

ترسیم چشم‌انداز باید در تعامل با گام‌های بعدی صورت پذیرد. به عبارت دیگر، چشم‌انداز تعریف شده در این بخش بدون دریافت بازخورد از سایر گام‌ها می‌تواند ماهیتی خارج از واقعیت و غیرعملیاتی داشته باشد. بنابراین در این گام لازم است تا چشم‌انداز اولیه تعریف شده با انجام هر گام (تعیین راهبردهای کلان، تحلیل عملکرد، و وضع سیاست‌ها) مورد بازنگری قرار گرفته و تغییرات لازم در مؤلفه‌های آن صورت پذیرد. [۲]

## ۱-۳- روش تدوین اهداف کلان

یکی دیگر از گام‌های اساسی در تعیین ارکان جهت‌ساز، تدوین اهداف توسعه در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف-گذاری در سطح کلان به منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت اهداف مذکور، پاسخگوی یک سؤال اساسی است با عنوان "برای رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟". با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنش‌گران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهداف بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را براساس آن به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام دهند.

در روش‌شناسی پیشنهادی برای تدوین اسناد توسعه فناوری، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده‌ی مطلوب برای توسعه فناوری است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله‌محور<sup>۱</sup> به توسعه فناوری دارد. با استفاده از این رویکرد ترکیبی، از یک طرف همراستایی اهداف با چشم‌اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ شده، و از طرف دیگر، تمام مسایل و مشکلات موجود در مسیر توسعه فناوری نیز مورد هدف تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.

<sup>۱</sup> Issue-based

در منابع برنامه ریزی راهبردی در سطح بنگاه، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه های اهداف تعیین شده است. در زیر به طور خلاصه به بررسی این مدل ها پرداخته می شود:

• حوزه های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن [۴]

- ✓ منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره وری)
- ✓ منظر مشتری (تعین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- ✓ منظر فرایندهای داخلی (روابط با تأمین کنندگان، تصمیم گیری درمورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش، و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)
- ✓ منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم های اطلاعاتی لازم، برنامه های آموزش کارکنان)

• حوزه های اهداف در مدل پیرس و رابینسون

- ✓ توجه به مشتری، نوآوری، بهره وری،
- ✓ توجه به بخش مالی، منابع انسانی، لحاظ کردن محیط خارجی [۲]

• حوزه های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس

- ✓ بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- ✓ نوآوری (بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- ✓ بهره وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- ✓ منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- ✓ منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- ✓ مسئولیت های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)



✓ منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور) [۲]

• حوزه‌های اهداف براساس مدل دکتر اعرابی

✓ سودآوری

✓ بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها بر مبنای استانداردهای جهانی)

✓ موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)

✓ پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)

✓ روابط کارکنان

✓ رهبری فناورانه

✓ مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان) [۵]

علاوه بر حوزه‌های هدف ذکر شده، ویژگی‌هایی نیز برای اهداف در سطح بنگاه در ادبیات اشاره شده است. این ویژگی‌ها

عبارتند از:

✓ قابل کاربرد بودن،

✓ قابل اندازه‌گیری بودن،

✓ در نظر داشتن محدودیت منابع،

✓ قابل دستیابی بودن،

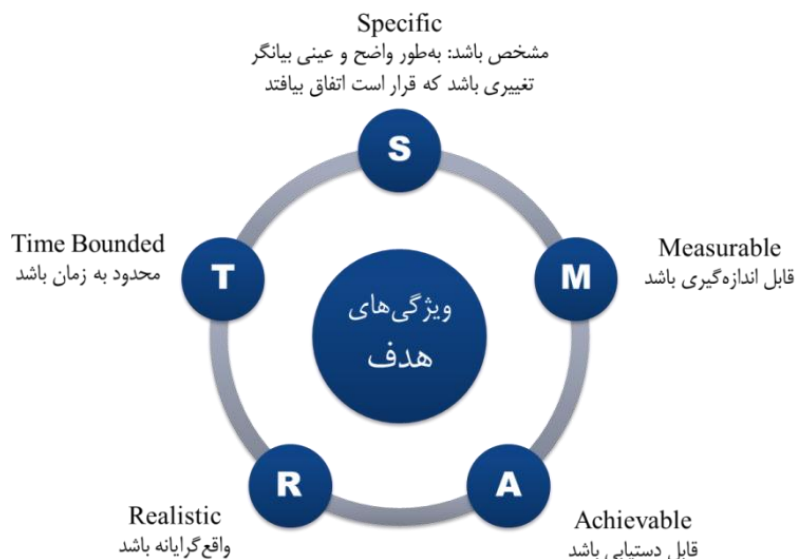
✓ مشخص بودن،

✓ قابلیت انعطاف داشتن،

✓ واقع‌گرایانه بودن،

✓ قابل قبول بودن، و

✓ و محدود به زمان بودن. [۲]



شکل ۱-۲- ویژگی‌های اهداف کلان

با در نظر داشتن مدل‌های هدف‌گذاری بنگاهی و نیز با کسب بینش از مطالعات موردی صورت پذیرفته، می‌توان به معرفی گام‌های ضروری در تدوین اهداف پرداخت. روش پیشنهادی زیر می‌تواند برای تدوین اهداف کلان در توسعه فناوری مورد استفاده قرار گیرد:

- دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی و هوشمندی فناوری

در ابتدا لازم است تا از نظرات خبرگان پیرامون اهداف کلان توسعه فناوری استفاده شود. این کار با برگزاری پنل‌های خبرگی و بحث گروهی میان متخصصین، در چارچوب نتایج حاصل از هوشمندی فناوری (روندهای رشد و توسعه فناوری در آینده)، تأکید بر مؤلفه‌های موجود در چشم‌انداز، و در نظر داشتن اصول ارزشی صورت می‌گیرد. در مجموع می‌توان این‌طور بیان نمود که اهداف ترجمه چشم‌انداز در ابعاد مختلف هستند.

- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی

با توجه به نظرات جمع‌آوری شده متخصصین پیرامون اهداف کلان، در این مرحله لازم است تا تحلیل‌گران به پالایش این نتایج با در نظر داشتن دو محور حوزه‌های هدف و ویژگی‌های هدف بپردازند. به عبارت دیگر، تحلیل‌گران نظرات خبرگان را در حوزه‌های هدف دسته‌بندی نموده و با در نظر داشتن ویژگی‌های ضروری، آن‌ها را بازنویسی می‌کنند.

حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است تا به آن‌ها پرداخته شود. اگرچه این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی می‌باشند، اما می‌توان یک حالت عمومی برای این حوزه‌ها ارائه نمود. این دسته‌بندی تنها به منظور سامان‌دهی ذهنی برنامه‌ریزان در تدوین اهداف اسناد راهبردی است و الزامی در پوشش همه‌جانبه آن‌ها در هر مورد مطالعاتی به وجود نمی‌آورد. به‌طور کلی چهار حوزه زیر را می‌توان به‌عنوان ابعاد ضروری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری در سطح ملی در نظر داشت:

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

✓ ظرفیت‌سازی: رشد و پیشرفت دانش فناوری، توسعه نیروی انسانی متخصص، بهره‌برداری و عملیاتی

نمودن دانش به فناوری

✓ مسئولیت اجتماعی: در نظرگیری مسایل زیست‌محیطی، بهبود سطح رفاه اجتماعی، بالابردن رشد

اقتصادی، مشروعیت‌بخشی

✓ نوآوری: بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول و فرآیند

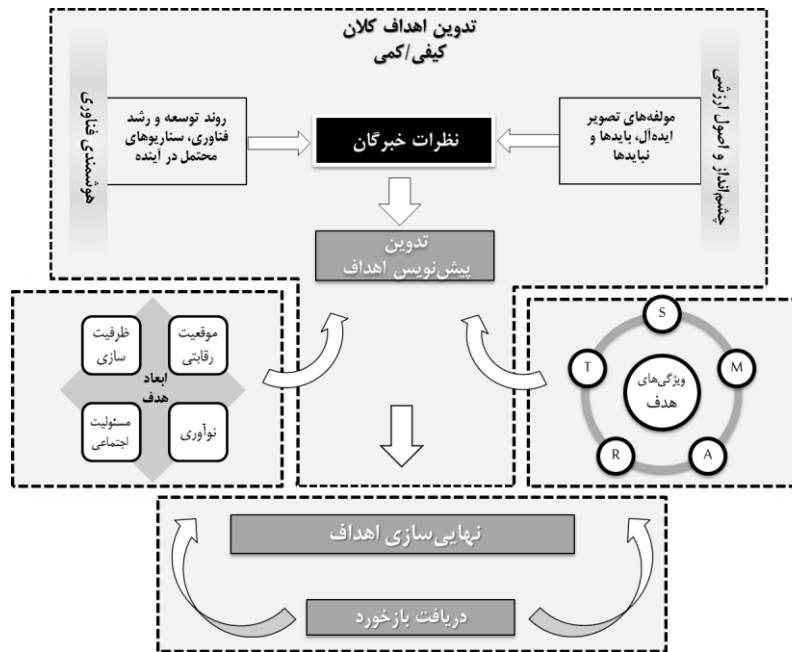
• تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان

اهداف کلان، راهنماهای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه طراحی شده برای نهایی شدن نیازمند تأیید دوباره افراد متخصص هستند. اجرای این مرحله به کاهش خطای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند.

• دریافت بازخورد

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرآیند تعاملی به‌وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در بخش قبل ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (اهداف پایین-به-بالا) و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهم‌ترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود.

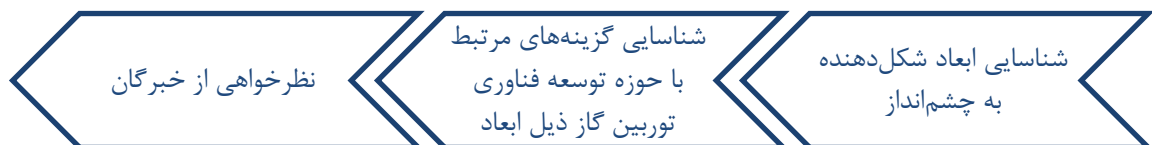
شکل زیر نمایش گرافیکی مراحل تدوین اهداف کلان را به‌طور خلاصه به‌نمایش می‌گذارد. [۲]



شکل ۱-۳- روش تدوین اهداف کلان

## ۱-۴- فرآیند تدوین بیانیه چشم‌انداز توربین گاز

فرآیند تدوین چشم‌انداز در این پروژه تفاوت ماهوی با فرآیند تشریح شده در فصل پیش نداشته و شامل دو بخش خواهد بود ابتدا ابعاد شکل دهنده به بیانیه چشم‌انداز و گزینه‌های قابل طرح در هر یک از ابعاد شناسایی شده و سپس در موارد مقتضی طی پرسشنامه‌ای نظرات خبرگان در ارتباط با ابعاد مذکور دریافت می‌شود.



شکل ۱-۴- فرآیند کلی تدوین بیانیه چشم‌انداز توسعه فناوری توربین گاز

مطابق با مراحل پیش گفته در فصل اول، ابعاد سازنده بیانیه چشم‌انداز با توجه به ویژگی‌های موضوع توسعه فناوری توربین گاز به طور اجمالی شامل افق زمانی چشم‌انداز، جایگاه و رتبه، اهداف ذکر شده در اسناد بالادستی، اصول ارزشی، حوزه کاربرد، سطح رقابت پذیری، حوزه فعالیت و نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی حاصل از توسعه فناوری و حوزه فعالیت می‌باشند.

#### • افق زمانی چشم‌انداز

مطابق با آنچه در بخش ابعاد موضوع و محدوده مطالعات مورد اشاره قرار گرفت، به منظور دستیابی به اهداف کلان سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴، یک افق زمانی بلندمدت ۱۰ ساله در این مطالعه در نظر گرفته خواهد شد. بنابراین افق زمانی چشم‌انداز، افق ۱۴۰۴ خواهد بود.

#### • حوزه کاربرد

همانطور که پیش از این در بخش ابعاد موضوع و محدوده مطالعات اشاره شد، محدوده مطالعه در سطح ملی بوده و انواع توربینها گازی را شامل می‌شود.

در نتیجه مطابق این محدوده مطالعه، سه گزینه برای حوزه کاربرد قابل طرح می‌باشند که عبارتند از:

✓ نیروگاه‌های خصوصی و دولتی تحت نظارت وزارت نیرو

✓ کل نیروگاه‌های داخلی

✓ کل نیروگاه‌های داخلی و حوزه‌های صادراتی

#### • جایگاه و رتبه

جایگاه و رتبه کشور در حوزه توانمندی فناوریانه توربین گازی می‌تواند در قالب دو گزینه زیر مطرح گردد:

✓ در سطح اول منطقه (محدوده مورد نظر سند چشم‌انداز)

✓ یکی از ده کشور اول جهان

#### • اهداف ذکر شده در اسناد بالادستی

در بررسی صورت گرفته در خصوص اسناد بالادستی مرتبط با فناوری توربین گازی که در بخش ۱-۲ فاز اول گزارش تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوری توربین گازی (تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند) به طور کامل تشریح گردیدند، مستندات زیر مورد بررسی قرار گرفتند.

○ "برنامه وزارت نیرو در دولت یازدهم".

○ گزارش "طرح پژوهشی تدوین سند چشم انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو اهداف استراتژیک و استراتژی‌های وزارت نیرو در بخش برق و انرژی کشور"، ۱۳۸۸.

○ گزارش "تدوین استراتژی توسعه تولید انرژی الکتریکی کشور در افق سی ساله با در نظر گرفتن کلیه حاملهای انرژی"، پژوهشگاه نیرو، آبان ۱۳۹۲.

○ گزارش "دفتر امور انرژی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری".

در اسناد بالادستی به طور مجموع اهداف زیر مرتبط با فناوری توربین گازی بیان شده اند که چشم انداز توربین گاز باید در جهت تحقق آنها تدوین گردد.

✓ توسعه ظرفیت تولید برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آنها

✓ افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها

✓ شناسایی فناوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی

• نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه فناوری

به طور کلی نتایج و مزایای حاصل از توسعه فناوری در حوزه توسعه فناوری توربین گاز ناظر بر مواردی چون تامین مطمئن انرژی الکتریکی برای کشور، اثر مثبت بر تراز تجاری انرژی، امنیت عرضه انرژی الکتریکی، ارتقاء ظرفیت صادرات خدمات فنی مهندسی، اشتغالزایی، افزایش تولید ناخالص داخلی و درآمد ملی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشند.

• اصول ارزشی

مجموعه ارزش‌ها و علائق ملی که می‌توانند در این حوزه طرح شوند، با توجه به پیشنهاداتی از سوی خبرگان عبارتند از تلاش در جهت پیشرفت و توسعه صنعتی و اقتصادی کشور، استقلال انرژی کشور، ارتقا سرمایه های انسانی و توسعه دانش بنیان، اهتمام به خودباوری، خلاقیت و نوآوری، تأمین نیازها، رضایت‌مندی و تکریم مشتریان.

• سطح رقابت پذیری فناوری تولیدی

سطح رقابت پذیری برای فناوری توربین های گازی هر دو صورت پیشرو و پیرو می تواند مطرح باشد. منظور از مفهوم پیشرو، توسعه فناوری های کلیدی توربین های گازی و ارائه آنها به عنوان پیشروی بازار در حوزه کاربرد مورد نظر است. مفهوم پیرو به معنی پیروی و استفاده از تجربیات و توانمندی های پیشروان صنعت است.

• حوزه فعالیت

حوزه فعالیت و یا به عبارت دیگر سطح توانمندی مطلوب کشور در زمینه توربین های گازی شامل سطوح توانمندی نصب و بکارگیری توربین های گازی و طراحی و تولید توربین گاز است که از میان این دو حوزه یکی به عنوان حوزه فعالیت فناوری توربین گاز انتخاب خواهد شد.

در پایان می توان ابعاد فوق و گزینه های مربوطه را در قالب جدول ۱-۱ جمع بندی نمود.

جدول ۱-۱- جمع بندی ابعاد و گزینه های پیشنهادی در تدوین بیانیه چشم انداز توربین های گازی

ابعاد مندرج در چشم انداز توربین های گازی	گزینه های پیشنهادی
۱۴۰۴	
افق برنامه ریزی	
جایگاه و رتبه ی عددی توانمندی فناورانه در منطقه و جهان	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ اول منطقه</li> <li>✓ ده کشور اول جهان</li> </ul>
ذکر اهداف بالادستی تعیین شده در اسناد قبلی	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ توسعه ظرفیت تولید برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه سازی آنها</li> <li>✓ افزایش بهره وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه ها</li> <li>✓ شناسایی فناوری های نوین و انتقال و بومی سازی فناوری های دارای مزیت نسبی</li> </ul>
ملاحظات اصول ارزشی	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تلاش در جهت پیشرفت و توسعه صنعتی و اقتصادی کشور</li> <li>✓ استقلال انرژی کشور</li> <li>✓ ارتقا سرمایه های انسانی و توسعه دانش بنیان</li> <li>✓ اهتمام به خودباوری، خلاقیت و نوآوری</li> <li>✓ تأمین نیازها، رضایت مندی و تکریم مشتریان</li> </ul>
سطح رقابت پذیری فناوری تولیدی	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ پیشرو</li> <li>✓ پیرو</li> </ul>
حوزه ی کاربرد فناوری	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ نیروگاه های خصوصی و دولتی تحت نظارت وزارت نیرو</li> <li>✓ کل نیروگاه های داخلی</li> <li>✓ کل نیروگاه های داخلی و حوزه های صادراتی</li> </ul>
نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست-محیطی حاصل از توسعه	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تأمین مطمئن انرژی الکتریکی برای کشور</li> <li>✓ اثر مثبت بر تراز تجاری انرژی</li> <li>✓ امنیت عرضه انرژی الکتریکی</li> <li>✓ ارتقاء ظرفیت صادرات خدمات فنی مهندسی</li> <li>✓ اشتغالزایی</li> <li>✓ افزایش تولید ناخالص داخلی و درآمد ملی</li> <li>✓ کاهش آلاینده های زیست محیطی</li> </ul>
تعریف کلی حوزه فعالیت	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ طراحی و تولید توربین های گازی</li> </ul>

گزینه‌های پیشنهادی	ابعاد مندرج در چشم‌انداز توربین گازی
نصب و به کار گیری توربین گازی ✓	

## ۱-۵- تحلیل نظرات خبرگان در ارتباط با ابعاد بیانیه چشم‌انداز

پس از شناسایی ابعاد و گزینه‌های قابل طرح ذیل هر یک از ابعاد بیانیه چشم‌انداز، لازم است در ارتباط با برخی از گزینه‌ها که نیازمند قضاوت کارشناسی بیشتری برای انتخاب هستند، پرسشنامه‌ای تهیه شده و سپس این گزینه‌ها با نظرخواهی از خبرگان نهایی شوند. پرسشنامه چشم‌انداز توسعه فناوری توربین گاز در پیوست ارائه شده است.

طبق راهنمای آژانس بین‌المللی انرژی<sup>۱</sup> ترکیب خبرگان می‌بایست شامل افراد مسئول، صاحب اختیار، مشاور و مطلع<sup>۲</sup>، از دانشگاه، دولت و صنعت باشد [۱۵]. در نتیجه افراد منتخب برای پاسخگویی به پرسشنامه‌ی پروژه حاضر مطابق با جدول زیر می‌باشند.

جدول ۱-۲- نام و مسئولیت افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه

نام خبرگان	مسئولیت	نقش
۱- آقای دکتر مسعود برومند	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	مشاور و مطلع
۲- آقای دکتر نادر منتظرین	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	مشاور و مطلع
۳- آقای دکتر کریم مظاهری	دانشگاه صنعتی شریف	مشاور و مطلع
۴- آقای دکتر محمد اولیاء	دبیر کمیته راهبری - مپنا (توگا)	مسئول
۵- آقای مهندس بهنام تحویل‌دار	مپنا (توگا)	مشاور و مطلع
۶- آقای مهندس محمد رضا ده‌آفرین	وزارت نیرو	مشاور و مطلع
۷- دکتر ضابطیان	دانشگاه تربیت مدرس	مشاور و همکار
۸- مهندس ضیایی طباطبایی	پژوهشگاه نیرو	مدیر پروژه

پرسش نخست در پرسشنامه در مورد سطحی بود که خبرگان برای حوزه کاربرد فناوری متصور بودند. بیش از پنجاه درصد خبرگان تامین بازار داخلی و توسعه صادرات به کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا را به عنوان حوزه کاربرد بیان کردند.

<sup>1</sup> International Energy Agency (IEA)

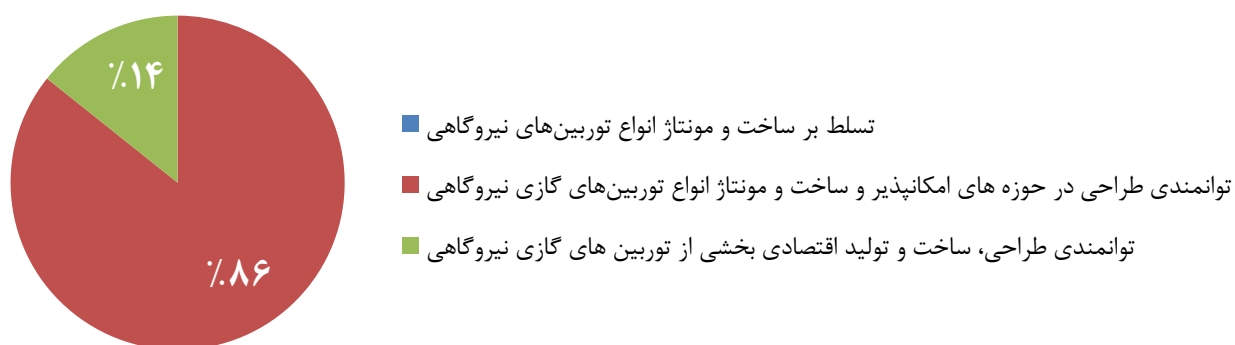
<sup>2</sup> Responsible, Authorised, Consulted, Informed (RACI)





شکل ۱-۵- نظر خبرگان پیرامون حوزه کاربرد فناوری

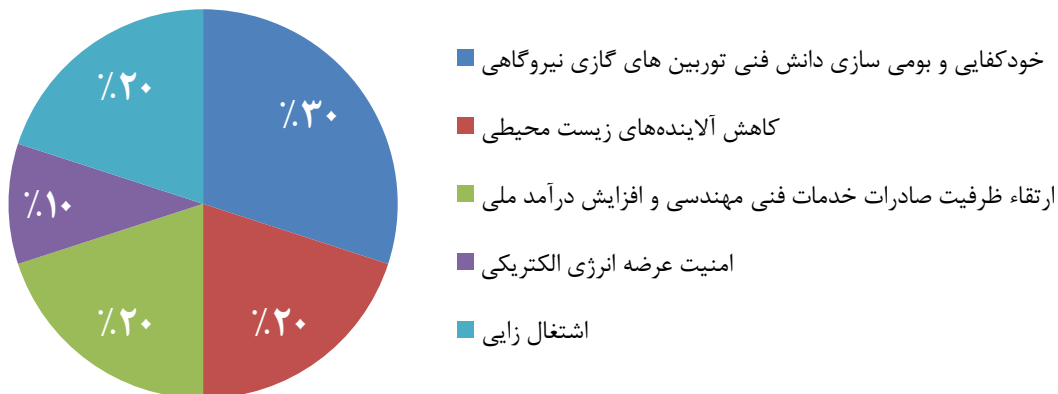
در گام بعد حوزه فعالیت فناوری های توربین گاز مورد پرسش قرار گرفت که گزینه های توانمندی طراحی در حوزه های امکانپذیر و ساخت و مونتاژ انواع توربین های گازی نیروگاهی مورد اتفاق نظر قرار گرفت.



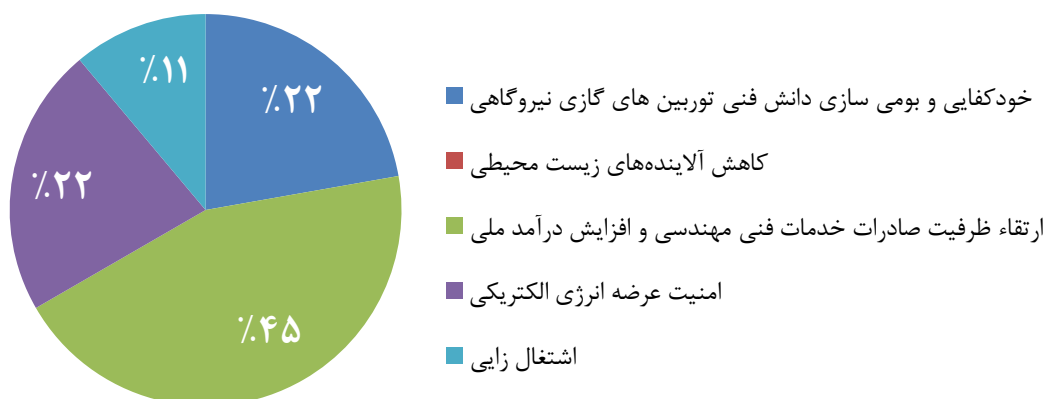
شکل ۱-۶- نظر خبرگان پیرامون حوزه فعالیت فناوری های توربین گاز

نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست محیطی حاصل از توسعه فناوری نیز در گام بعد مورد پرسش قرار گرفته است که با توجه به نمودار زیر خودکفایی و بومی سازی دانش فنی توربین های گازی و ارتقا ظرفیت صادرات فنی و مهندسی و افزایش درآمد ملی به عنوان اولویت های اول و دوم مطرح شده اند.

### فراوانی اولویت اول



### فراوانی اولویت دوم



شکل ۱-۷- نظر خبرگان پیرامون نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست محیطی حاصل از توسعه فناوری های توربین گاز

در پایان با توجه به نظرات خبرگان و ابعاد مختلف چشم انداز، پیش نویس اولیه بیانیه چشم انداز توسعه فناوری توربین گاز در افق ۱۴۰۴ به صورت زیر مطرح شد که شامل افق زمانی، توجه به اسناد بالادستی، ملاحظات اصول ارزشی، نتایج کلی، حوزه کاربرد و سطح فعالیت می شود.

۱ در راستای اهداف کلان وزارت نیرو<sup>۱</sup> در افق ۱۴۰۴، با شناسایی فناوری های نوین و انتقال و بومی سازی فناوری های دارای مزیت نسبی در حوزه توریسم های گازی، با حفظ نقش موثر مراکز تحقیقاتی و دانشگاهها<sup>۲</sup> و تلاش برای توسعه صنعتی و پیشرفت دانش بنیان، جمهوری اسلامی ایران<sup>۳</sup> توانمند در زمینه طراحی و تولید توریسم های گازی مبتنی بر فناوری های مناسب بوده و<sup>۴</sup> توان صدور خدمات فنی و مهندسی را در این حوزه خواهد داشت.

۱- توجه به اسناد بالادست ۲- افق زمانی ۳- ملاحظات اصول ارزشی ۴- نتایج کلی ۵- حوزه کاربرد ۶- سطح فعالیت

لازم به ذکر است نظرات نهایی اعضا در جلسه کمیته راهبری ملاک عمل قرار گرفته است و نتایج به دست آمده از تحلیل پرسشنامه تنها به منظور ملاحظه اولیه و ورودی تحلیل در جلسه، خدمت اعضا ارائه شده است. اعضای محترم کمیته راهبری اعلام داشته اند که چشم انداز پیشنهادی طولانی بوده و همچنین بسیاری از قسمتهای آن بدیهی است. سرانجام بیانیه چشم انداز فناوری توریسم های گازی کشور در افق ۱۴۰۴ به صورت زیر ارائه شد.

" در راستای اهداف کلان وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴، جمهوری اسلامی ایران توانمند در زمینه طراحی، توسعه، تولید رقابتی و صادرات توریسم های گازی نیروگاهی خواهد بود."

## ۱-۶- فرآیند تدوین اهداف کلان توسعه فناوری توریسم گاز

با تأکید بر مؤلفه های موجود در بیانیه چشم انداز، و با در نظر داشتن اصول ارزشی می توان اهداف کلان را تدوین نمود. به عبارت دیگر می توان این طور بیان نمود که اهداف کلان، ترجمه چشم انداز در ابعاد مختلف هستند. با توجه به مطالب فصل پیشین چهار حوزه زیر را می توان به عنوان ابعاد ضروری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری در سطح ملی در نظر داشت:

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

• ظرفیت‌سازی: رشد و پیشرفت دانش فناوری، توسعه نیروی انسانی متخصص، بهره‌برداری و عملیاتی نمودن دانش به

فناوری

• مسئولیت اجتماعی: در نظرگیری مسایل زیست‌محیطی، بهبود سطح رفاه اجتماعی، بالابردن رشد اقتصادی،

مشروعیت‌بخشی

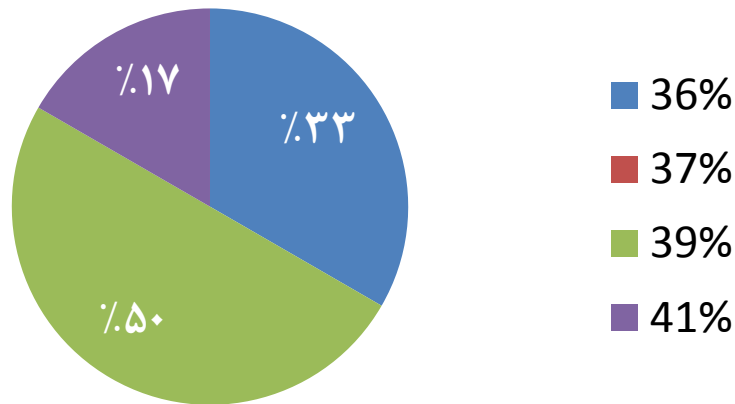
• نوآوری: بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول و فرآیند

به منظور نظرسنجی خبرگان در تدوین اهداف کلان، پرسشنامه‌ای جهت نظرسنجی از هشت نفر از خبرگان صنعت و دانشگاه تهیه شد. در این بعد مهم‌ترین اهدافی که نیازمند نظرخواهی از خبرگان می‌باشند ناظر بر تبیین موقعیت عملکردی و رقابتی توربین‌های گازی در افق چشم‌انداز می‌باشند. به عبارت دیگر با توجه به این که اهداف کلان ترجمان چشم‌انداز در قالبی جزئی‌تر می‌باشند، توانمندی مطلوب کشور در طراحی، توسعه و تولید توربین‌های گازی در چشم‌انداز می‌بایست به صورت راندمان مطلوب، توان تولیدی و اولویت‌های توسعه فناوری توربین‌های گازی مشخص شود.

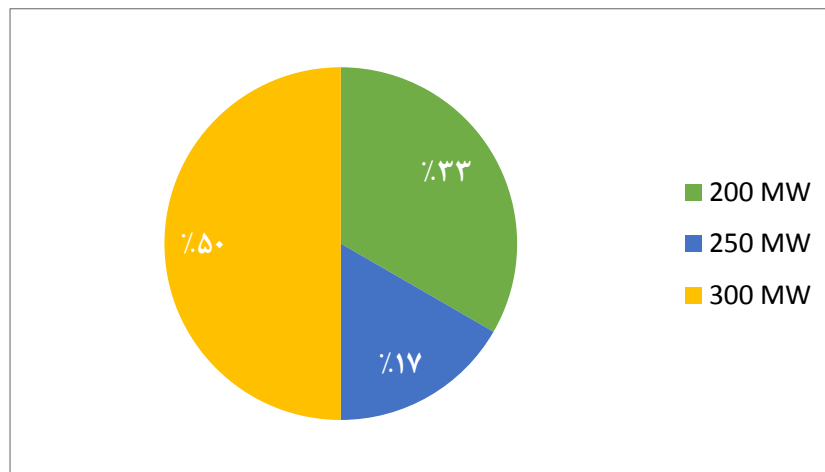
از میان ابعاد دیگر نیز تنها موضوع ظرفیت‌سازی برای رشد فناوری برای پرسش از خبرگان حائز اهمیت می‌باشد. این امر به دلیل آن است که در چشم‌انداز بر به کارگیری و بومی‌سازی فناوری تاکید شده است. در نتیجه اهداف کلان این حوزه می‌بایست مشخص شوند. همچنین در ابعاد مسئولیت اجتماعی، اهدافی بدیهی مانند کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، رفاه اجتماعی و رشد اقتصادی وجود دارند که مورد پرسش واقع نشده‌اند. بعد ارتقاء توان نوآوری نیز به دلیل همپوشانی با موضوع ظرفیت‌سازی برای رشد فناوری، در پرسشنامه مورد بحث واقع نخواهد شد.

## ۱-۷- تحلیل نظرات خبرگان در ارتباط با ابعاد اهداف کلان

در پرسشنامه اهداف کلان توسعه فناوری توربین گاز (پیوست ۱) ابتدا پرسش‌های مربوط به راندمان مطلوب توربین‌های گازی ساخت داخل و همچنین توان بیشینه واحدهای گازی تا افق ۱۴۰۴ مطرح شده‌اند که نتایج مربوط به نظرات خبرگان (شامل افراد معرفی شده در جدول ۲-۲) در ارتباط با آن‌ها، در نمودارهای زیر ارائه شده‌اند. لازم به ذکر است نتایج حاصل از نظرسنجی ملاک تعیین اهداف کلان قرار نگرفته و تنها در جلسه‌ای با حضور اعضای محترم کمیته راهبری ارائه گردیدند و ملاک تعیین اهداف کلان نظرات اعضای محترم کمیته است.

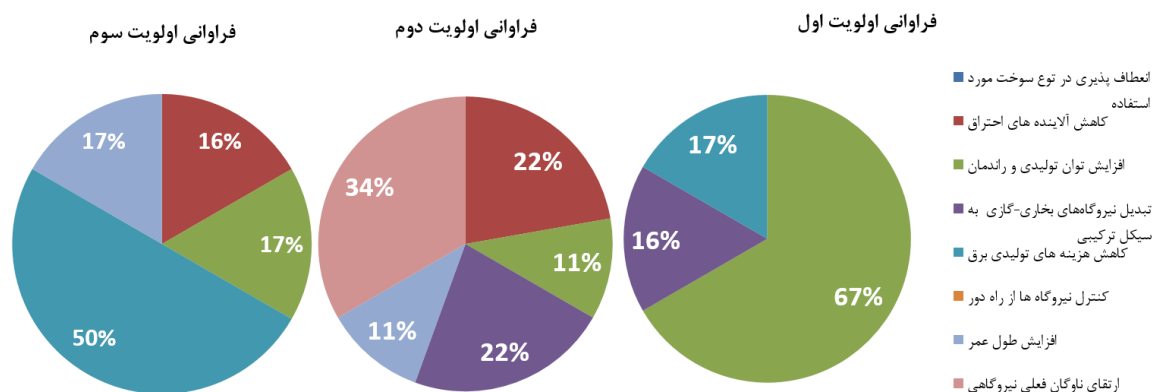


شکل ۸-۱- نظر خبرگان پیرامون راندمان مطلوب توربین های گازی تولید داخل در افق چشم انداز



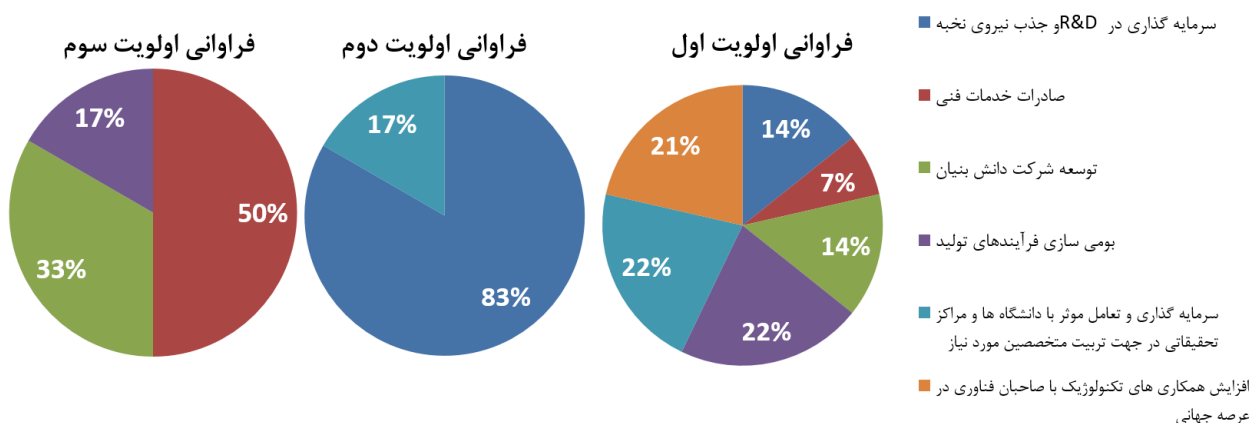
شکل ۹-۱- نظر خبرگان پیرامون توان بیشینه تولیدی واحدهای گازی در افق ۱۴۰۴

در ادامه پرسشی جهت تعیین اولویت های اهداف کلان جهت توسعه فناوری توربین های گازی مطرح شده است. خبرگان اولویت اول را افزایش توان تولیدی و راندمان اعلام کردند. همچنین اولویتهای دوم و سوم را به ترتیب ارتقای ناوگان فعلی نیروگاهی و کاهش هزینه های تولیدی برق بیان کردند.



شکل ۱-۱۰- نظر خبرگان پیرامون اولویت اهداف کلان توسعه فناوری توربین های گازی

پرسش بعدی ناظر بر اهداف مربوط به بعد ظرفیت سازی برای رشد فناوری می باشد. به بیان دیگر می بایست مشخص شود که به منظور توانمند شدن در به کارگیری و بومی سازی فناوری (مندرج در چشم انداز) چه شاخصی نمایانگر رشد و پیشرفت فناوری در این حوزه می باشد، که طبق نظرات خبرگان شاخص های بومی سازی فرآیندهای تولید، سرمایه گذاری و تعامل موثر با دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی، افزایش همکاری های تکنولوژیک بین المللی، سرمایه گذاری در R&D و جذب نیروی نخبه مهمتر مطرح شده اند.



شکل ۱-۱۱- نظر خبرگان پیرامون اولویتهای شاخص های رشد و پیشرفت فناوری در حوزه توربین های گازی

گزارش نتایج پرسشنامه‌ها در جلسه‌ای با حضور اعضای کمیته محترم راهبری ارائه گردید. همچنین نتایج مربوط به آینده- پژوهشی و مطالعات تطبیقی که در گزارش مرحله دوم ارائه شد، مورد توجه قرار گرفت و کلاس توربین هدف‌گذاری شده، با توجه به مطالعات مرحله دوم تعیین شده است. در این جلسه به چشم‌انداز تدوین شده نیز توجه شده و اهداف کلان در راستای ایجاد توانمندی طراحی، توسعه، تولید رقابتی و صادرات توربین‌های گازی نیروگاهی تدوین گردیدند.

در پایان ایشان با توجه به موارد مذکور، اهداف کلان توسعه فناوری توربین گازی در افق زمانی ۱۴۰۴ را به شرح ذیل اعلام نمودند:

- دستیابی به راندمان ۳۹٪ برای توربین‌های گاز با توان بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ مگاوات (توربین کلاس F)
- کاهش هزینه‌های چرخه عمر توربین به ویژه مبتنی بر افزایش عمر
- ارتقای ناوگان فعلی نیروگاهی به ویژه برای بازتوانی واحدهای بخار موجود
- کاهش آلاینده‌های احتراق  $NO_x$  به زیر ۱۵PPM

میزان آلاینده‌های احتراق  $NO_x$  طبق نظر خبرگان حاضر در کمیته راهبری (جدول ۱-۲) انتخاب شده و برابر مرز تکنولوژی در نظر گرفته شده است.

لازم به ذکر است دو هدف مربوط به میزان آلاینده‌های احتراق و هزینه‌های چرخه عمر، با توجه به هدف تولید رقابتی ذکر شده در چشم‌انداز تدوین گردیده است. همچنین میزان راندمان و توان توربین هدف‌گذاری شده با توجه به مطالعات تطبیقی و آینده‌پژوهی انجام گرفته در گزارش مرحله دوم و با هدف تولید رقابتی و صادرات تعیین گردیده‌اند.

## ۱-۸- جمع بندی

در این فصل پس از مرور مفاهیم و روش‌های تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان، براساس بررسی اسناد بالادستی و نظرات خبرگان صنعتی و دانشگاهی، چشم‌انداز توسعه فناوری توربین گاز در سطح طراحی، توسعه، تولید رقابتی و صادرات توربین‌های گازی نیروگاهی تدوین گردید. همچنین اهداف کلان بهبود عملکرد توربینها، در جهت وصول چشم‌انداز ارائه شد. به طور کلی اهداف کلان در جهت افزایش راندمان و توان تولیدی توربین‌های گاز، کاهش هزینه‌ها و آلاینده‌گی، بهبود ناوگان نیروگاهی و ارتقای ناوگان فعلی نیروگاهی به منظور بازتوانی واحدهای بخار موجود می‌باشد.

## فصل ۲- راهبرد فناوری

### ۲-۱- مقدمه

در این فصل پس از بیان مفاهیم راهبرد ملی فناوری، فرآیند تدوین راهبرد توسعه فناوری توربین گاز تشریح خواهند شد. پس از آن روش اکتساب فناوری های منتخب تشریح خواهند گردید. لازم به ذکر است مکانیسم انتخاب فناوری ها در این حوزه مبتنی بر فرآیند خاصی است که با توجه به اقتضائات این حوزه تدوین شده است.

### ۲-۲- مرور ادبیات راهبرد توسعه فناوری

#### ۲-۲-۱- مفاهیم و روش اولویت بندی فناوری

تعیین اولویت های توسعه و انتخاب حوزه های برگزیده فناوری در قالب راهبرد پورتفولیو به انجام می رسد. زمانی که انتخاب اولویت ها مورد نظر است، روش فناوری های حیاتی یا کلیدی، یک رویکرد ارزشمند و مفید جهت ارزیابی حوزه های تحقیقاتی و فناوری های مختلف به شمار می رود. در این روش با اندازه گیری میزان اهمیت یا کلیدی بودن هر حوزه، فهرستی از حوزه های مهم و کلیدی فناورانه برای سرمایه گذاری و توسعه مشخص می گردد. نوع سؤالاتی که معمولاً جهت شناسایی فناوری های کلیدی پرسیده می شود از این قبیل است:

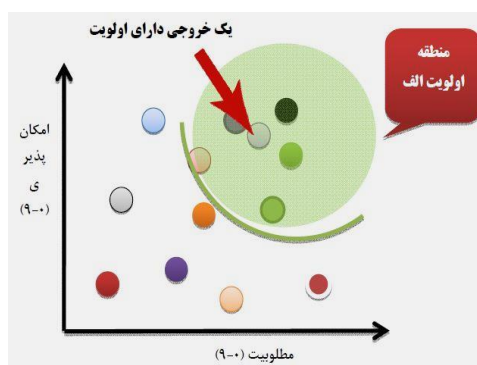
- حوزه های کلیدی فناوری برای توسعه کدامند؟
- فناوری های حیاتی که باید به وسیله منابع عمومی حمایت شوند، کدامند؟
- چه معیارهایی باید به منظور انتخاب فناوری های حیاتی به کار گرفته شوند؟
- شاخص های اندازه گیری هر معیار چیست؟



• براساس معیارهای انتخاب شده، فناوری های اولویت دار برای توسعه و سرمایه گذاری کدامند؟

از آنجا که هدف راهبرد پورتفولیو اولویت بندی حوزه های فناورانه است، باید از روشی استفاده شود که قادر به برآوردن این مؤلفه باشد. از میان روش های مختلف، روش فناوری های حیاتی که به انتخاب فناوری های مهم با دو معیار جذابیت و امکان پذیری می پردازد، کاربرد فراوانی دارد.

در این روش پیشنهادی، تعیین فناوری های برگزیده با استفاده از ماتریس دو بعدی جذابیت-توانمندی<sup>۱</sup> صورت می پذیرد. (۵) واضح و مبرهن است که در هر سطح از شاخص ها و معیارهای خاص خود برای ارزیابی جذابیت (مطلوبیت) و یا توانمندی (امکان پذیری) استفاده خواهد شد.



شکل ۱-۲- ارزیابی ماتریس جذابیت (مطلوبیت) و توانمندی (امکان پذیری)

در این روش، بر اساس دو دسته معیار جذابیت و توانمندی به مقایسه میان گزینه های مختلف پرداخته می شود. معیارهای جذابیت بیان کننده ابعاد ذاتی از گزینه ها است که برای سیاست گذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، معیارهای توانمندی به دنبال ارزیابی پتانسیل های موجود در برگزیدن هریک از گزینه هاست. در این روش می توان هر یک از حوزه های فناوری را از نظر جذابیت و توانمندی، در ماتریس در نظر گرفت و حوزه های دارای جایگاه مناسب را انتخاب نمود. برای ارزیابی جذابیت فناوری ها به طور معمول می بایست معیارهایی تعیین شوند که به عنوان نمونه می توان به موارد زیر اشاره نمود:

<sup>1</sup> Bi-dimensional matrix of attractiveness-capability

- اشتغال زایی
- ایجاد بازار برای مواد خام
- پتانسیل برای صادرات
- غرور ملی
- جلوگیری از خروج ارز
- صرفه جویی در هزینه های نیروی کار

مفهوم توانمندی نیز در ماتریس اولویت بندی بیانگر مجموع توانمندی های بالقوه و بالفعل، در سطح ملی، و در زمینه توسعه فناوری است. برای انجام فرآیند ارزیابی توانمندی فناوریانه مدل های مختلفی توسعه داده شده است بسیاری از مدل های موجود نیازمند ورود اطلاعات با میزان جزئیات فراوان هستند. در قبال دریافت این ورودی ها، مدل های بیان شده خروجی های مختلفی را به تحلیل گر ارائه می نمایند. به منظور کاستن از حجم ورودی های مورد نیاز روش پیشنهادی و جلوگیری از تولید اطلاعات غیرضروری، لازم است تا مدلی انتخاب شود که با خروجی های مورد نیاز معیار توانمندی در ماتریس اولویت بندی هم خوان باشد. برخی از محققان به ارائه مدل های ارزیابی توانمندی بر مبنای سطوح توانمندی فناوریانه پرداخته اند که می توانند مبنایی برای ارزیابی توانمندی های فناوریانه در سطح ملی قرار گیرد. به این منظور برای شناسایی عمق توسعه فناوریانه سطوح زیر را معرفی کرده اند:

✓ سطح صفر: (مصرف<sup>۱</sup>) هیچ توسعه ای در کشور رخ نمی دهد. اگر فناوری وجود داشته باشد، به صورت محصول نهایی وارد شده است.

✓ سطح ۱: (مونتاژ) مونتاژ ساده قطعات؛ نوآوری محصول یا فرایند کم یا اصلاً صورت نمی گیرد.

<sup>1</sup> Use

✓ سطح ۲: (تطبیق) توسعه یا تولید نسبتاً پیچیده‌ای با همکاری گسترده خارجی، احتمالاً از طریق کسب

لیسانس انجام می‌شود. ممکن است فعالیت‌هایی برای وفق دادن فناوری با شرایط داخلی صورت گیرد.

✓ سطح ۳: (در حال ترقی دادن<sup>۱</sup>) شرکت‌های محلی فعالانه درگیر ترقی دادن برخی از مراحل توسعه (لزوماً

نه تمامی مراحل) فناوری نسبتاً جدید هستند. به عنوان مثال ممکن است تحقیقات پایه و طراحی

محصول در خارج صورت بگیرد، ولی شرکت‌های محلی در نوآوری فرایند و سایر مراحل پس از طراحی

فعال باشند.

✓ سطح ۴: (جامع) تحقیقات پایه، تحقیقات کاربردی، طراحی و توسعه، نوآوری در فرایند و تولید نهایی در

داخل کشور انجام می‌شود. فناوری‌ها و خدمات حامی اغلب در داخل کشور هستند. در این حالت کشور

کاملاً قادر به انجام کلیه مراحل است ولی ممکن است بنابه دلایل اقتصادی یا سیاسی نتایج مرحله‌ای از

توسعه را از کشور دیگری کسب نماید.

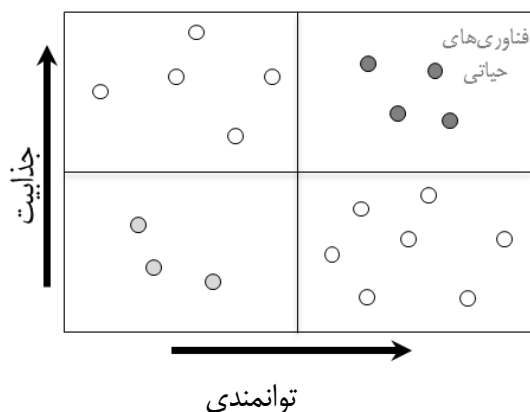
در مدل دیگری به منظور ارزیابی توانمندی فناورانه، ابتدا سطح مورد انتظار (ایده‌آل) از تسلط به فناوری مشخص گردیده و

سطح تسلط فعلی نسبت به آن سنجیده می‌شود. مقایسه این دو سطح از توانمندی، بیانگر شکاف فناورانه کشور در آن حوزه

می‌باشد.

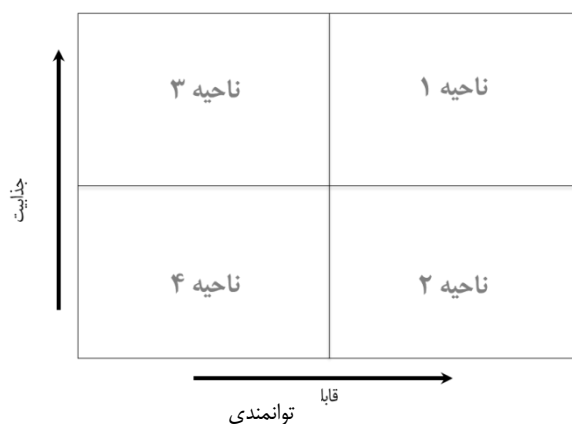
در نهایت پس از ارزیابی جذابیت و ارزیابی توانمندی در فناوری‌های شناسایی شده، ماتریسی مطابق با شکل زیر تدوین شده و

تحلیل‌های مربوطه براساس آن انجام می‌گیرد.



شکل ۲-۲- ماتریس جذابیت- توانمندی (امکان پذیر)

در این ماتریس، نحوه و موقعیت ترسیم خطوط متقاطع، بسته به موضوع مورد مطالعه متفاوت بوده و بستگی به موقعیت مکانی فناوری های مختلف در ماتریس دارد. پس از تقسیم بندی نواحی ماتریس، چهار ناحیه ۱، ۲، ۳، و ۴ ایجاد می شود. هر ناحیه تصمیمات راهبردی متفاوتی را نسبت به فناوری ها و زیرفناوری های قرار گرفته در آن اعمال می نماید. معمولاً ترتیب اولویت-دهی حوزه های فناورانه در این ماتریس به ترتیب نواحی ۱، ۲، ۳ و ۴ است.



شکل ۳-۲- تقسیم بندی ماتریس جذابیت-توانمندی

با تقسیم ماتریس فوق به چهار ناحیه، نتایج زیر حاصل می گردد:

- ناحیه ۱ در بردارنده حوزه هایی است که امکان ساخت با طراحی بومی (به صورت جزئی یا کامل) آنها در ۵ سال آینده وجود دارد و از جذابیت بالایی برخوردار هستند. در این زمینه دولت بایستی حمایت های لازم را در توسعه حوزه های فناورانه به عمل بیاورد.

• ناحیه ۲ شامل حوزه‌هایی از فناوری است که در ظرف ۵ سال آینده قابلیت ساخت آنها در کشور می‌تواند فراهم شود، اما جذابیت آنها پایین است. در این رابطه، لزومی به حمایت دولت در توسعه این بخش‌ها نیست و با فراهم آمدن توانمندی، توسعه این حوزه‌ها نیز به‌وقوع می‌پیوندد.

• ناحیه ۳ مشتمل بر حوزه‌هایی می‌شود که اگر چه جذابیت بالایی دارند اما تا ۵ سال آینده امکان ساخت بومی آنها در کشور ایجاد نخواهد شد. در این حوزه‌ها، دولت باید با پیروی هوشمندانه، به‌دنبال کردن پیشروان فناوری پرداخته تا در آینده‌ی دور، امکان تولید بومی آنها نیز محقق شود.

• ناحیه ۴ نیز بخش‌هایی را در بر دارد که نه جذابیت بالایی دارند و نه امکان ساخت آنها ظرف ۵ سال آینده ایجاد شدنی است. این حوزه‌ها از حیطةی تمرکز خارج هستند.

حوزه‌هایی که با توجه به این اولویت‌دهی و نیز نظر تصمیم‌گیران در نواحی قابل قبول قرار می‌گیرند، به عنوان اجزای برگزیده برای توسعه انتخاب می‌شوند.

## ۲-۲-۲- اکتساب فناوری

در هر یک از حوزه‌های فناورانه اولویت‌بندی شده، یکی از سه سبک تحقیق و توسعه داخلی، همکاری فناورانه و خرید فناورانه برای توسعه فناوری انتخاب می‌گردد. تحقیق و توسعه داخلی متکی بر روش‌های آزمایشات و تحقیقات پایه‌ای می‌باشد. اما سبک‌های همکاری فناورانه و خرید فناورانه مفهومی است که می‌تواند از روش‌های مختلف به انجام برسد. چهارده روش مختلف برای این حوزه وجود دارند که عبارتند از:

• تملک شرکتی<sup>۱</sup>: بنگاهی یک بنگاه دیگر را به تملک خود در می‌آورد تا بتواند به فناوری یا شایستگی فناورانه مورد نظر دست یابد.

<sup>1</sup> Acquisition

- تملک آموزشی<sup>۱</sup>: بنگاهی جهت اکتساب فناوری، متخصصین مربوطه را استخدام و یا شرکت کوچک دیگر را به منظور در اختیار گرفتن افراد برخوردار از توانمندی های فناورانه و یا شایستگی های مدیریتی خریداری می کند.
- ادغام<sup>۲</sup>: در این روش بنگاه با بنگاهی دیگری که دارای فناوری و یا شایستگی فناورانه مورد نظر می باشد ادغام شده و بنگاه جدیدی از ادغام این دو مورد به وجود می آید.
- خرید حق امتیاز<sup>۳</sup>: شرکت امتیاز تولید فناوری خاصی را به دست می آورد.
- مشارکت با سهام<sup>۴</sup>: در این روش شرکت اول سهام شرکت دوم را که دارای فناوری یا شایستگی فناورانه بوده می خرد ولی بر آن کنترل مدیریتی ندارد.
- سرمایه گذاری مشترک<sup>۵</sup>: شرکتها از طریق سهام، سرمایه گذاری مشترک رسمی صورت داده و شرکت سومی به وجود می آید و هدف مشخص نوآوری فناوری دنبال می شود.
- تحقیق و توسعه مشترک<sup>۶</sup>: یک شرکت با شرکت های دیگر توافق می کند که مشترکاً روی یک فناوری و یا حوزه فناورانه فعالیت نمایند و هیچ گونه شراکتی در مالکیت به وجود نمی آید.
- قرارداد تحقیق و توسعه<sup>۷</sup>: شرکت می پذیرد که مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه و یا شرکت های نوآور کوچک در زمینه فناوری مشخص تحقیق نموده و هزینه های آن را بپردازد.
- سرمایه گذاری در تحقیقات<sup>۸</sup>: شرکت در زمینه تحقیقات اکتشافی در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت های کوچک نوآور سرمایه گذاری نموده و فرصت ها و ایده ها را دنبال می نماید.

<sup>1</sup> Educational Acquisition

<sup>2</sup> Merger

<sup>3</sup> Licensing

<sup>4</sup> Minority Equity

<sup>5</sup> Joint Venture

<sup>6</sup> Joint R&D

<sup>7</sup> R&D Contract

<sup>8</sup> Research Funding

• اتحاد<sup>۱</sup>: شرکت منابع فناورانه را با شرکت های دیگر به اشتراک گذاشته و نیل به هدف کلی نوآوری فناورانه را تعقیب می کند.

• کنسرسیوم<sup>۲</sup>: چندین مؤسسه و شرکت مشترکاً تلاش می کنند به هدف کلی نوآوری فناورانه نایل شوند.

• ایجاد شبکه<sup>۳</sup>: شرکت شبکه ای از روابط را برقرار می سازد تا در همراهی با شتاب نوآوری فناورانه قرار داشته و فرصت ها و روندهای تکاملی را دنبال نماید.

• برون سپاری<sup>۴</sup>: بنگاه فعالیت های فناورانه را از خود خارج نموده و صرفاً به خرید محصول فناوری اکتفا می کند.

• خرید خدمات مشاوره ای: شرکت در راستای توسعه فناوری فعالیت نموده و در این مسیر از خدمات مشاوره ای یک شرکت دارنده فناوری استفاده می نماید.

انتخاب هر یک از سبک های مذکور متأثر از وضعیت فناوری از جهت معیارهایی چون چرخه عمر فناوری، حجم بازار پیش رو و شکاف فناورانه بوده و برای تعیین یک روش از میان روش های سبک همکاری از معیارهای دیگری چون هزینه، ریسک و زمان دستیابی به فناوری نیز می توان استفاده نمود.

علاوه بر سه سبک فوق، مجموعه ای از روش های اکتساب غیر رسمی نیز مطرح می باشند که قابلیت پیشنهاد در موارد خاص را دارند روش هایی از قبیل مهندسی معکوس، استخدام پرسنل فنی، تأسیس مراکز تحقیقاتی در کشورهای صاحب فناوری، جاسوسی صنعتی و ... .

<sup>1</sup> Alliance

<sup>2</sup> Consortium

<sup>3</sup> Networking

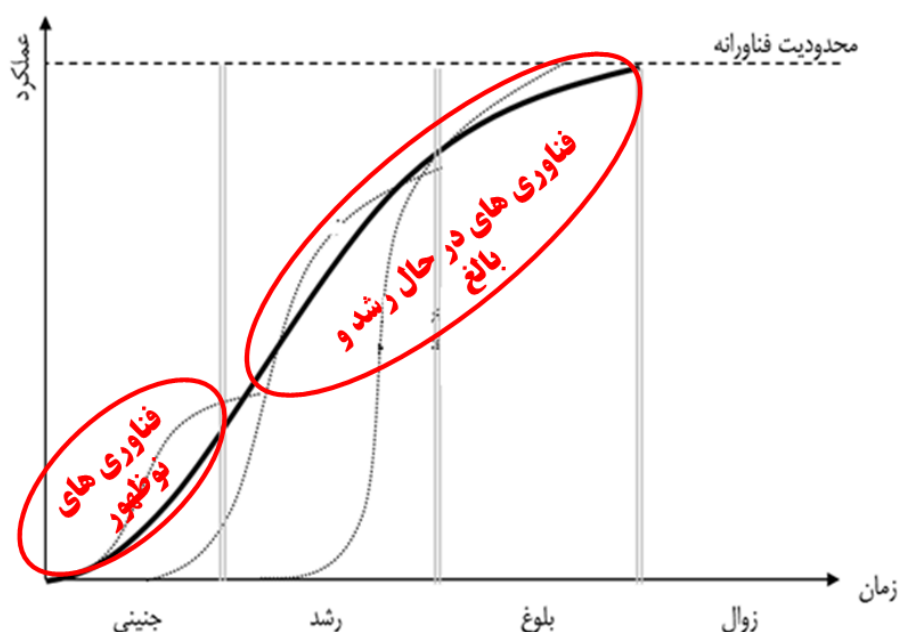
<sup>4</sup> Outsourcing

## ۲-۳- راهبرد توسعه فناوری توربین گاز

پس از شناخت چشم‌انداز و اهداف کلان حوزه توربین گاز، لازم است راهبردهای توسعه فناوری مرتبط با این اهداف مشخص شوند، به این منظور در گام اول می‌بایست رویکرد توسعه و اولویت‌های فناوری معین شده و در گام بعد نحوه اکتساب فناوری‌ها مشخص شوند.

### ۲-۳-۱- رویکرد توسعه و اولویت‌های فناوری توربین گاز

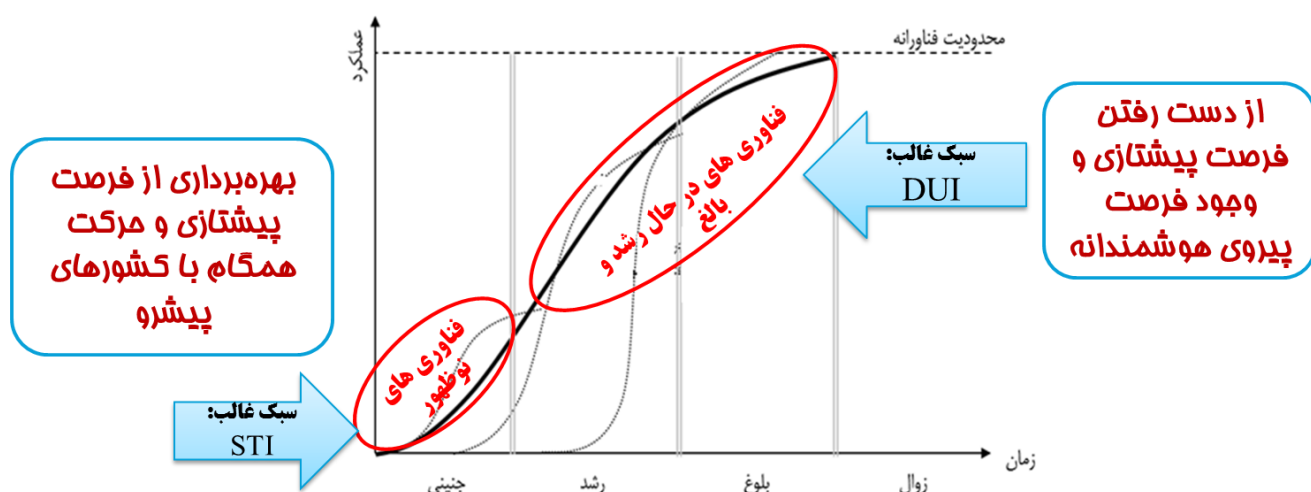
در حالت کلی می‌توان فناوری‌ها را از لحاظ چرخه عمر به دو دسته کلی "فناوری‌های در حال معرفی" و "فناوری‌های در حال رشد و بالغ" دسته‌بندی نمود.



بر این اساس رویکرد توسعه فناوری در کشورها متفاوت می‌باشد. بدین معنا که سبک غالب نوآوری در فناوری‌هایی در مراحل اولیه معرفی و رشد خود قرار دارند معمولاً روش نوآوری مبتنی بر تحقیق و توسعه داخلی (STI<sup>1</sup>) می‌باشد و برای فناوری‌هایی که در مراحل پایانی رشد و یا بلوغ خود قرار دارند، سبک غالب نوآوری مبتنی بر مبنای تعامل (DUI<sup>1</sup>) می‌باشد.

<sup>1</sup> Science & Technology Innovation (STI)



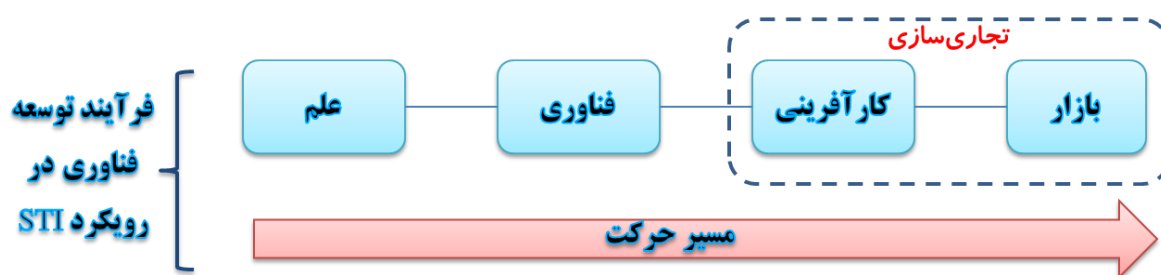


در حقیقت هنگامی که فناوری در اوایل مراحل معرفی خود قرار دارد، کشورها سعی می‌کنند همگام با دیگر کشورها به توسعه فناوری بر مبنای منابع دانشی داخلی خود اقدام نمایند، اما هنگامی که فناوری در بازارهای جهانی به بلوغ خود می‌رسد، بدلیل از دست رفتن فرصت پیشتازی کشورها سعی می‌کنند از فرصت پیروی هوشمندانه و همکاری با کشورهای دیگر اقدام به توسعه فناوری نمایند.

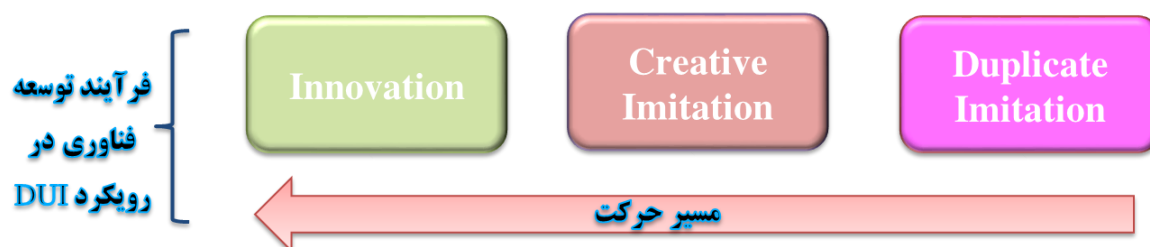
DUI	STI	
Learning by Doing, Using & Interacting	Learning by Searching	پیش فرض‌ها
افزایش یادگیری سازمانی و افزایش ارتباط بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان	افزایش ظرفیت تحقیق و توسعه و افزایش ارتباط بین شرکت‌ها و پژوهشگاه‌ها	اهداف
شرکت‌های دانش‌بنیان بزرگ، بانک‌ها، شهرک‌های صنعتی، پارک‌های فناوری، شرکت‌های مادر تخصصی، بروکرهای فناوری	دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، موسسات تحقیقاتی، شرکت‌های دانش بنیان کوچک، مراکز رشد، صندوق‌های توسعه نوآوری، سرمایه خطرپذیر	بازیگران اصلی
✓ فناوری‌های رشد یافته و بالغ	✓ فناوری‌های نوظهور در محصولات	ویژگی‌های فناوری
✓ فناوری فرآیند تولید	✓ فناوری محصول (توسعه محصول جدید)	توانمندی فناوریانه
✓ Know How	✓ Know Why	نوع دانش تولید شده
✓ دانش ضمنی و پنهان و بومی	✓ دانش آشکار و جهانی	
✓ Engineering Based Knowledge	✓ Science Based Knowledge	نحوه ارتباطات
✓ از صنعت به صنعت	✓ از دانشگاه به صنعت	
✓ عموماً از خارج به داخل	✓ عموماً از داخل به داخل	
✓ انتقال تکنولوژی عمودی	✓ انتقال تکنولوژی افقی	

<sup>1</sup> Doing, Using & Interacting (DUI)

در توسعه فناوری به سبک STI، راهبر توسعه فناوری در کشور، دانشگاهها و مراکز پژوهشی می باشد، و در واقع این مراکز، فرایند توسعه فناوری را از سطوح پایین آمادگی فناوری (TRL) آغاز کرده و به سمت سطوح بالاتر حرکت کنند. یعنی با انجام تحقیقات پایه و کاربردی به سمت ساخت نمونه اولیه محصول فناورانه حرکت کرده و پس از برطرف سازی مشکلات فنی، اقدام به تجاری سازی (پیگیری فرایند تولید و بازاریابی) آن می نمایند.

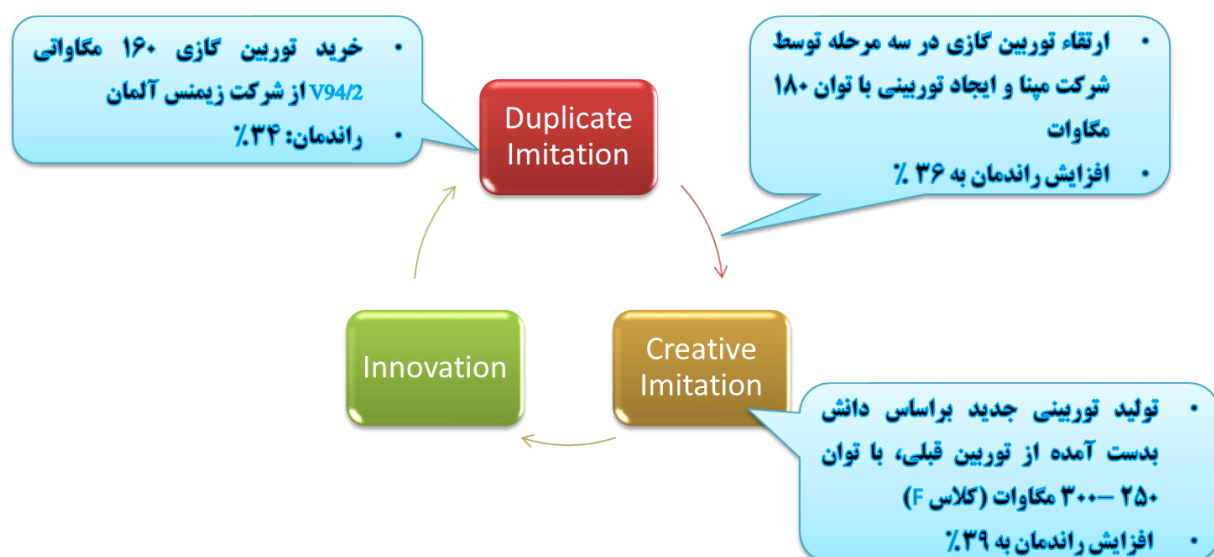


اما در سبک توسعه فناوری DUI، راهبر توسعه فناوری، شرکت های صنعتی و مراکز تحقیقاتی آن می باشند. در حقیقت کشورها و سازمانها سعی می کنند از طریق یکی از روش های همکاری فناورانه، اقدام به ورود فناوری به داخل کشور نموده (Duplicate Imitation) و پس از آن با نوآوری های تدریجی سعی در بهبود عملکرد محصول دارند. پس از گذشت زمانی یادگیری در سازمان اتفاق افتاده و به تدریج نوآوری های بزرگتری انجام می دهد (Creative Imitation). در نهایت سازمانها و کشورها توانایی نوآوری رادیکال و بوجود آوردن نسل جدیدی از فناوری را کسب می کنند (Innovation).



کشورهای در حال توسعه در اکثر موارد جهت توسعه فناوری از رویکرد DUI استفاده می کنند. لازم به ذکر است که این کشورها در تلاشند این رویکرد DUI را به STI تبدیل نمایند که این نیازمند دستیابی به مرز فناوری است. برای مثال کشورهایی نظیر ژاپن و کره جنوبی در فناوری های مختلف از سبک DUI آغاز کرده و آن را به STI تبدیل نموده اند. می توان گفت فرایندی که در مورد توسعه فناوری توربین گازی در کشور طی شده است بر اساس مراحل توسعه در رویکرد DUI بوده است. با توجه به آنکه چرخه عمر این فناوری بالغ می باشد، بنابراین مکانیزم توسعه آن در کشور از طریق همکاری

فناورانه با کشورهای پیشرو (شرکت زیمنس آلمان) در این فناوری آغاز شد. این امر از طریق انتقال فناوری توربین گازی سری E شرکت زیمنس به داخل کشور اتفاق افتاد (Duplicate Imitation). با گذشت زمان و تسلط نسبی بر فناوری و با توجه به وجود بحث تحریم کشور، این شرکت اقداماتی در جهت خودکفایی و ارتقاء این توربین گازی آغاز نمود و توانست راندمان این توربین را از ۳۴ در صد به ۳۶ درصد، توان تولیدی را از ۱۶۰ مگاوات به حدود ۱۸۰ مگاوات برساند. در حال حاضر این شرکت برنامه‌هایی در جهت افزایش کلاس توربین موجود به کلاس F بر مبنای چارچوب توربین قبلی آغاز نموده است (Creative Imitation).



با توجه به توضیحات داده شده، سبک توسعه فناوری در کشور DUI است، و بنابراین راهبر توسعه فناوری در کشور، صنعت خواهد بود. حال با توجه به آنکه کشور از مرحله تقلید محض عبور کرده و وارد مرحله تقلید خلاقانه شده است، وظیفه دولت حمایت از سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فناوری در صنعت می‌باشد. در نتیجه با توجه به اینکه صنعت توربین کلاس F را به عنوان هدف خود انتخاب کرده و این هدف مورد تأیید اعضای محترم کمیته راهبری قرار گرفته و به عنوان چشم انداز ۱۰ ساله فناوری توربین گاز انتخاب شده است، لذا وزارت نیرو ملکف به حمایت از استراتژی صنعت است.

صنعت نیز در راستای هدف خود و با توجه به توانمندی‌ها و زیرساخت‌های موجود، نیازمندی‌های فناورانه خود را مشخص کرده است. این نیازمندی‌های فناورانه در جلسات کمیته راهبری پروژه مطرح گردید و بعد از بحث پیرامون مباحث آن، مورد تأیید این کمیته قرار گرفت. این نیازمندی‌ها در هر یک از حوزه‌های فناوری توربین گاز عبارتند از:

## • توربین

- ✓ طراحی آیرودینامیک توربین
- ✓ طراحی کولینگ (فیلم کولینگ و...)
- ✓ طراحی سیستم هوای ثانویه (SAS)
- ✓ سیلینگ های جدید
- ✓ مواد پایه پره (DS)
- ✓ مواد پایه پره (SX)
- ✓ پوشش ها

## • محفظه احتراق

- ✓ طراحی محفظه احتراق حلقوی
- ✓ تست محفظه احتراق حلقوی

## • کمپرسور

- ✓ طراحی کمپرسور با نسبت فشار بالاتر
- ✓ تست مولفه ای کمپرسور طراحی شده

لذا وزارت نیرو نیز در جهت حمایت از صنعت لازم است از توسعه فناوری های فوق الذکر حمایت نماید.

## ۲-۴- سبک اکتساب فناوری توربین گاز

همانطور که در قسمت مرور ادبیات تشریح گردید، نحوه تامین و اکتساب فناوری به طور کلی ذیل سه سبک اکتساب فناوری "توسعه درونزا (بهره گیری از توانمندی داخلی)"، "همکاری فناورانه" و "خرید فناوری" قابل بحث می باشد. همانطور که در بخش قبل تشریح گردید، کشور فرایند توسعه فناوری خود را با رویکرد DUI و از طریق سبک همکاری فناورانه آغاز نموده است، و حال نوبت آن است که به صورت تدریجی رویکرد توسعه خود را به STI تبدیل نماید، اما با این پیش فرض که بازیگر

اصلی توسعه فناوری همچنان مراکز تحقیق و توسعه شرکت های بزرگ می باشد و و دانشگاه ها و مراکز پژوهشی می بایست با توجه به نیازهای پژوهشی مطرح شده از طرف صنعت اقدام به تحقیق و توسعه نمایند. در حال حاضر شرکت مپنا برنامه های جامعی برای توسعه فناوری آغاز نموده است و اولویت های پژوهشی خود را مشخص نموده است. حال با توجه به وجود بحث تحریم در تعاملات خارجی کشور، امکان استفاده از فرصت همکاری دانشی با کشورهای پیشرو در فناوری وجود ندارد. بنابراین سبک اکتساب فناوری تحقیق و توسعه داخلی می باشد. اما در صورت برطرف شدن مباحث مربوط به تحریم، به طور موازی و با تشخیص صنعت، دولت می تواند از فرصت های همکاری فناورانه جهت تسریع احتمالی توسعه فناوری حمایت نماید.

## ۲-۵- جمع بندی

در این فصل پس از بررسی ادبیات مفاهیم راهبرد ملی فناوری، بیان گردید که با توجه به رویکرد توسعه فناوری توربین گاز در کشور و رسیدن به سطح تقلید خلاقانه در توسعه فناوری به سبک DUI، در راستای چشم انداز و اهداف کلان و با استفاده از نظرات خبرگان حاضر در کمیته راهبری (جدول ۱-۲) فناوری های اولویت دار تعیین گردید. لازم به ذکر است فناوری های اولویت دار در راستای دستیابی کشور به فناوری توربین گاز کلاس F تعیین شده اند. فناوری های زیر ذیل سه دسته توربین، محفظه احتراق و کمپرسور به عنوان اولویت های توسعه در نظر گرفته شدند که عبارتند از:

### • توربین

- ✓ طراحی ایرودینامیک توربین
- ✓ طراحی کولینگ (فیلم کولینگ و...)
- ✓ طراحی سیستم هوای ثانویه (SAS)
- ✓ سیلینگ های جدید
- ✓ مواد پایه پره (DS)
- ✓ مواد پایه پره (SX)
- ✓ پوشش ها

### • محفظه احتراق

✓ طراحی محفظه احتراق حلقوی

✓ تست محفظه احتراق حلقوی

• کمپرسور

✓ طراحی کمپرسور با نسبت فشار بالاتر

✓ تست مولفه ای کمپرسور طراحی شده

در تعیین سبک اکتساب، با توجه به رویکرد DUI در توسعه فناوری و مباحث مرتبط با تحریم، سبک اکتساب فناوری های اولویت دار مبتنی بر بهره گیری از توانمندی داخلی بوده و به طور موازی فرصت های همکاری فناورانه جهت تسریع احتمالی توسعه فناوری نیز قابل پیگیری می باشند.

## نتیجه گیری

در این گزارش ابتدا به بیان مفاهیم و روش های تدوین چشم انداز و اهداف کلان پرداخته شد و سپس چشم انداز و اهداف کلان تدوین گردید.

چشم انداز فناوری توربین گاز با توجه به نظرات اعضای محترم کمیته راهبری توسعه فناوری توربین گاز به صورت زیر تدوین گردید:

" در راستای اهداف کلان وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴، جمهوری اسلامی ایران توانمند در زمینه طراحی، توسعه، تولید رقابتی و صادرات توربین های گازی نیروگاهی خواهد بود."

در جهت دستیابی به چشم انداز، اهداف کلان به صورت زیر تدوین گردید:

- دستیابی به راندمان ۳۹٪ برای توربین های گاز با توان بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ مگاوات (توربین کلاس F)
- کاهش هزینه های چرخه عمر توربین به ویژه مبتنی بر افزایش عمر
- ارتقای ناوگان فعلی نیروگاهی به ویژه برای بازتوانی واحدهای بخار موجود
- کاهش آلاینده های احتراق  $NO_x$  به زیر ۱۵PPM

بندهای مختلف اهداف کلان با توجه به هوشمندی فناوری ذکر شده در گزارش مرحله دوم و ایجاد توانمندی در زمینه طراحی، توسعه، تولید رقابتی و صادرات توربین های گازی نیروگاهی، با توجه به چشم انداز تدوین شده است.

در فصل دوم ذکر گردید که راهبرد فناوری شامل شناسایی فناوری های اولویت دار و معرفی سبک اکتساب آنها است. لذا در راستای چشم انداز و اهداف کلان، با استفاده از نظرات خبرگان، فناوری های زیر ذیل سه دسته توربین، محفظه احتراق و

کمپرسور به عنوان اولویت های توسعه در نظر گرفته شدند که عبارتند از:

- توربین

✓ طراحی آیرودینامیک توربین

✓ طراحی کولینگ (فیلم کولینگ و...)

✓ طراحی سیستم هوای ثانویه (SAS)

✓ سیلینگ های جدید

✓ مواد پایه پره (DS)

✓ مواد پایه پره (SX)

✓ پوشش ها

• محفظه احتراق

✓ طراحی محفظه احتراق حلقوی

✓ تست محفظه احتراق حلقوی

• کمپرسور

✓ طراحی کمپرسور با نسبت فشار بالاتر

✓ تست مولفه ای کمپرسور طراحی شده

در تعیین سبک اکتساب، با توجه به رویکرد DUI در توسعه فناوری، مباحث مرتبط با تحریم، میزان توانمندی داخلی، حجم بازار و افق زمانی پیش رو، سبک اکتساب تمامی فناوری های اولویت دار مبتنی بر بهره گیری از توانمندی داخلی بوده و به طور موازی فرصت های همکاری فناورانه جهت تسریع احتمالی توسعه فناوری نیز قابل پیگیری می باشند.



## پیوست - پرسشنامه چشم انداز و اهداف کلان

**به نام خدا**

**با سلام و احترام**

**فرهیخته گرامی؛**

از اینکه فرصتی برای پاسخگویی به پرسش‌های این پرسشنامه صرف می‌کنید، بسیار سپاسگزاریم. پرسشنامه حاضر بخشی از فرآیند تهیه بیانیه چشم‌انداز و تدوین اهداف کلان سند راهبردی و نقشه راه توربین گازی را شکل می‌دهد که طی آن آینده‌ی مطلوب کشور در حوزه فناوری های توربین های گازی در افق ۱۴۰۴ ترسیم شده و بر مبنای آن اهداف کلان تعریف می‌گردند.

**۱. چشم‌انداز**

چشم‌انداز، تصویری مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در حوزه فناوری می‌باشد که در یک افق زمانی متناسب با مبانی ارزشی جامعه تعیین می‌گردد. آنچه در این بین حائز اهمیت است تعیین وضعیت مجموعه اجزا و عناصر مندرج در بیانیه چشم‌انداز است. لذا خواهشمند است میزان اهمیت ابعادی که چشم‌انداز سند راهبردی و نقشه راه توربین گازی را شکل می‌دهند، مشخص نموده و پیشنهادات خود را ارائه فرمائید.

پاسخ	ابعاد مندرج در چشم‌انداز سند راهبردی و نقشه راه توربین گازی
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• محدود به بازار داخلی</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تامین بازار داخلی و توسعه صادرات به حوزه خاور میانه و شمال آفریقا</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تامین بازار داخلی و توسعه صادرات به کشورهای همجوار و کشورهای اسلامی</li> <li>• سایر گزینه های پیشنهادی...</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تسلط بر ساخت و مونتاژ انواع توربین های نیروگاهی</li> </ul>
<input type="checkbox"/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• توانمندی طراحی در حوزه های امکان پذیر و ساخت و مونتاژ انواع توربین های گازی نیروگاهی</li> </ul>

۱

<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1									۱. خود کفائی و بومی سازی دانش فنی توربین های گازی نیروگاهی	۳. کدامیک از نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، زیست-محیطی حاصل از توسعه فناوری توربین گاز، برای اشاره در بیانیه چشم‌انداز از اهمیت بیشتری برخوردار است؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)
8	7	6	5	4	3	2	1											
<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1									۲. کاهش آلاینده‌های زیست محیطی	
8	7	6	5	4	3	2	1											
<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1									۳. ارتقاء ظرفیت صادرات خدمات فنی مهندسی و افزایش درآمد ملی	
8	7	6	5	4	3	2	1											
<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1									۴. امنیت عرضه انرژی الکتریکی	
8	7	6	5	4	3	2	1											
<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1									۵. اشتغال زایی	
8	7	6	5	4	3	2	1											
<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1									۶. توسعه ارتباط صنعت با دانشگاه در عرصه طراحی و ساخت توربین گاز	
8	7	6	5	4	3	2	1											
<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1									۷. توسعه شبکه های برق منطقه ای،	
8	7	6	5	4	3	2	1											
<table border="1"> <tr><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	8	7	6	5	4	3	2	1									۸. استفاده از سوخت های جایگزین	
8	7	6	5	4	3	2	1											
سایر موارد پیشنهادی...																		

با جمع موارد فوق و با در نظر داشتن چشم‌انداز وزارت نیرو<sup>۱</sup> می‌توان یک بیانیه چشم‌انداز ابتدایی تدوین نمود که در این راستا یک بیانیه چشم‌انداز اولیه ارائه شده است که درخواست می‌گردد ضمن بررسی و ارزیابی آن موارد اصلاحی و پیشنهادی را مبذول فرمایید.

#### نمونه‌ای از بیانیه پیشنهادی چشم‌انداز

در راستای اهداف کلان وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴، با شناسایی فناوری های نوین و انتقال و بومی سازی فناوری های دارای مزیت نسبی\* در حوزه توربین های گازی، با حفظ نقش موثر مراکز تحقیقاتی و دانشگاهها و تلاش برای توسعه صنعتی و پیشرفت دانش‌بنیان، جمهوری اسلامی ایران توانمند در زمینه طراحی و تولید توربین‌های گازی مبتنی بر فناوری‌های مناسب بوده و توان صدور خدمات فنی و مهندسی را در این حوزه خواهد داشت.

\* مقصود، بومی‌سازی برخی از فناوری‌های اولویت‌دار می‌باشد و همه فناوری‌ها را در بر نخواهد گرفت.

<sup>۱</sup> وزارت نیرو در افق چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران، سازمانی است بالنده که با برخورداری از مدیریت دانش‌محور، منابع انسانی کارآمد، ساختاری فراگیر و اثربخش، ظرفیت‌های غنی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری خود انکاء، به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در مدیریت عرضه و تقاضا و دسترسی عادلانه همگان به: «برق مطمئن و پایا»، «آب سالم و کافی متناسب با ظرفیت‌های ملی» و «خدمات بهداشتی فاضلاب» در جهان پیشرو شناخته و نیز به عنوان مرکز راهبری برق در منطقه تثبیت شود.

پیشنهادات:

**۲. اهداف کلان**

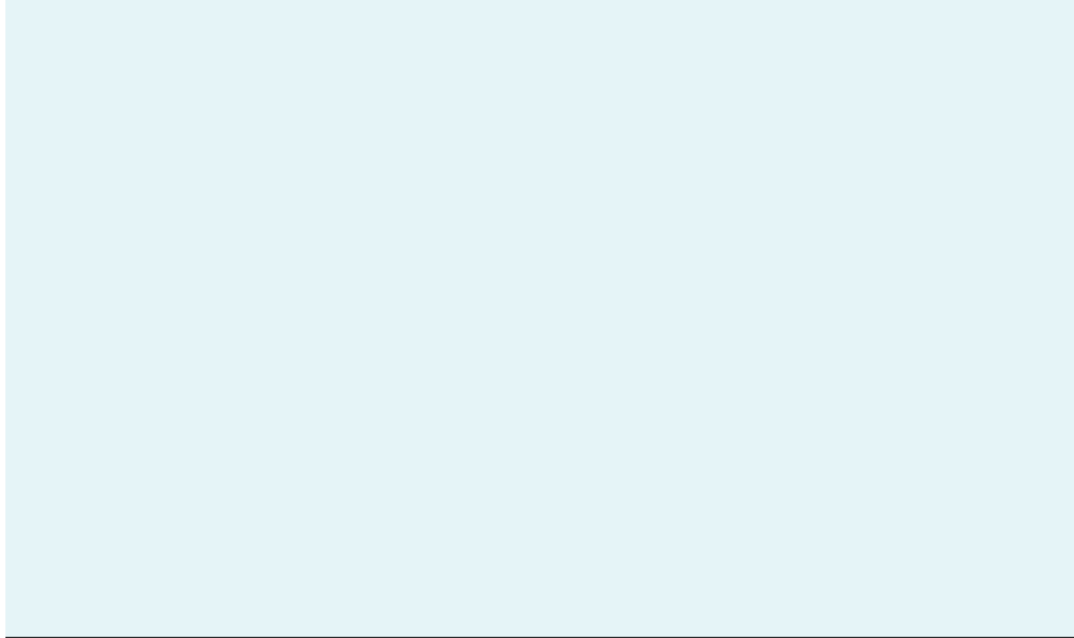
یکی دیگر از گام‌های اساسی در تعیین ارکان جهت‌ساز، تدوین اهداف توسعه در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف‌گذاری در سطح کلان به منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت اهداف مذکور، پاسخگوی یک سؤال اساسی است با عنوان "برای رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟".

در این مرحله نیز آنچه حائز اهمیت است تعیین وضعیت مجموعه اجزا و عناصر شکل‌دهنده به اهداف کلان می‌باشد. لذا خواهشمند است ویژگی‌های مربوط به اهداف کلان را براساس موارد طرح شده و با توجه به بیانیه چشم‌انداز و وضعیت فعلی مشخص نموده و پیشنهادات خود را ارائه نمایید. سایر گزینه‌های پیشنهادی می‌تواند ناظر به پاسخ به سوالات فوق در صورت حفظ تحریم‌های بین‌المللی علیه کشور و یا رفع تحریم‌ها باشد.

ابعاد	عناصر شکل‌دهنده به اهداف کلان	پاسخ			
موقعیت عملکردی و رقابتی	۱. راندمان مطلوب توربین گازی ساخت داخل به چه رقمی می‌تواند دست یابد؟ (به ترتیب اولویت‌بندی فرمایید)	۱	۲	۳	۴
	• طی ده سال ۳۶٪	۱	۲	۳	۴
	• طی ده سال ۳۷٪	۱	۲	۳	۴
	• طی ده سال ۳۹٪	۱	۲	۳	۴
	• طی ده سال ۴۱٪	۱	۲	۳	۴
	• سایر گزینه‌های پیشنهادی				
موقعیت عملکردی و رقابتی	۲. توان بیشینه تولیدی واحدهای گازی تا افق ۱۴۰۴ به چه رقمی می‌تواند دست یابد؟	۱	۲	۳	
	• ۲۰۰ مگاوات	۱	۲	۳	
	• ۲۵۰ مگاوات	۱	۲	۳	
	• ۳۰۰ مگاوات	۱	۲	۳	
	• سایر گزینه‌های پیشنهادی....				

پاسخ										ابعاد	عناصر شکل دهنده به اهداف کلان	
											(به ترتیب اولویت بندی فرماید)	• سایر گزینه های پیشنهادی .....
8	7	6	5	4	3	2	1				۳. مهمترین اهداف کلان توسعه فناوری توربین گازی را به ترتیب اولویت بندی فرمائید.	۱. انعطاف پذیری در نوع سوخت مورد استفاده
8	7	6	5	4	3	2	1					۲. کاهش آلاینده های احتراق
8	7	6	5	4	3	2	1					۳. افزایش توان تولیدی و راندمان
8	7	6	5	4	3	2	1					۴. تبدیل نیروگاه های بخار به سیکل ترکیبی
8	7	6	5	4	3	2	1					۵. کاهش هزینه های تولیدی برق
8	7	6	5	4	3	2	1					۶. کنترل نیروگاه ها از راه دور
8	7	6	5	4	3	2	1					۷. افزایش طول عمر
8	7	6	5	4	3	2	1					۸. ارتقای ناوگان فعلی نیروگاهی
8	7	6	5	4	3	2	1					• سایر گزینه های پیشنهادی .....
5	4	3	2	1							۴. به منظور رشد و پیشرفت فناوری در حوزه توربین های گازی نیروگاهی حرارتی کدام یک از شاخص های زیر برای هدف گذاری مناسبیت دارد؟ (به ترتیب اولویت بندی فرماید)	۱. افزایش بودجه سرمایه گذاری تحقیق و توسعه و جذب و حفظ نیروی انسانی نخبه
5	4	3	2	1								۲. صادرات خدمات فنی
5	4	3	2	1								۳. توسعه شرکت های دانش بنیان
5	4	3	2	1								۴. بومی سازی فرآیندهای تولید
5	4	3	2	1								۵. سرمایه گذاری و تعامل موثر با دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی در جهت تربیت متخصصین مورد نیاز
												• سایر گزینه های پیشنهادی .....

در پایان چنانچه پیشنهاد دیگری مدنظر جنابعالی می باشد، مبذول فرمایید.



از حسن توجه و همکاریتان کمال تشکر را داریم.

پژوهشگاه نیرو

نام و نام خانوادگی تکمیل کننده:

تاریخ و امضاء

## مراجع

1. **Chiesa, V and Manzini, R.** :Organizing for technological collaborations: a managerial perspective. R&D Management, 1998. pp. 199-212.
2. **Allison, M., and Kaye, J.** Strategic Planning for Nonprofit Organizations. 1998.
3. **Kaplan, R.S. and Norton, D.P.** The balanced scorecard: translating strategy into action. United states of America : Harvard Business Press, 1996.
۴. **دیوید، فرد آر.** ترجمه دکتر علی پارسائیان و دکتر سید محمد اعرابی. مدیریت استراتژیک. تهران : دفتر پژوهشهای فرهنگی، ۱۳۸۱.
۵. **مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور.** روششناسی تدوین اسناد ملی فناوری های راهبردی. تهران : در دست چاپ، ۱۳۹۲.
6. **Ergas, H.,** 2005. 3 The importance of technology policy. Economic policy and technological performance, 51.
7. **Cantner, U., Pyka, A.,** 2001. Classifying technology policy from an evolutionary perspective. Res. Pol. 30, 759-775.
8. **Serkisian, A.,** 2005. Technology policy, principles and concepts. Center of New Industries, Tehran.
9. **Lall, S.,** 1992. Technological capabilities and industrialization. World Development 20, 165-186.
10. **Porter, M.E.,** 1985. Competitive advantage. Free Press New York.
11. **Chiesa, V.,** 2001. R & D strategy and organization: managing technical change in dynamic contexts. Imperial College Pr.
12. **Chiang, J.T.,** 1991. From mission-oriented to diffusion-oriented paradigm: the new trend of US industrial technology policy. Technovation 11, 339-356.
13. **Chiang, J.T.,** 1991. Government funding strategy in technology programs. Technological Forecasting and Social Change 39, 391-395.
14. **Chiang, J.T.,** 1998. High-technology targeting: its modes' strategies and paradigms. Technology in Society 20, 1-23.
15. **UNIDO.** *Technology Foresight Manual,*. Vienna : UNIDO, 2005

## فهرست مطالب

۱- مرور ادبیات.....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۱
۲-۱- تعاریف و مفاهیم سیاست گذاری و تدوین سیاستها و اقدامات.....	۱
۳-۱- ویژگی ها و اصول تدوین سیاست های کلان .....	۳
۴-۱- طراحی سیاستهای کلان .....	۶
۵-۱- مفاهیم ساختار کنشگران در توسعه فناوری .....	۹
۶-۱- نظام نوآوری فناورانه.....	۲۰
۷-۱- شناخت کارکردی نظام نوآوری.....	۲۲
۲- چالشها و موانع پیش روی توسعه فناوری توربین گاز.....	۳۸
۱-۲- مقدمه .....	۳۸
۲-۲- شناسایی موانع و چالش ها .....	۳۹
۳- تدوین اقدامات و سیاستهای پشتیبان.....	۴۱
۱-۳- مقدمه .....	۴۱
۲-۳- اقدامات سیاستی .....	۴۱
۳-۳- اقدامات فنی (پروژه های توسعه فناوری).....	۴۴
۴- جمع بندی و نتیجه گیری کلی گزارش.....	۴۶
مراجع .....	۴۸

فهرست شکلها

شکل ۱- چارچوب طراحی سیاستهای کلان..... ۷



### فهرست جداول

- جدول ۱- فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف در طول زمان ..... ۲۴
- جدول ۲- کارکردهای پیشنهادی و شاخص های آن ها برگرفته از ( BERGEK ET AL., 2008; HEKKERT AND NEGRO, 2009; SUURS ET AL., 2010) ..... ۲۸
- جدول ۳- کارکردهای نظام نوآوری و شاخص های مربوطه ..... ۳۵
- جدول ۴- نام و مسئولیت افراد پاسخ دهنده به پرسشنامه ..... ۳۹
- جدول ۵- مهمترین چالشهای پیشروی توسعه فناوری توربین گاز ..... ۴۰
- جدول ۶- سیاستهایی جهت مقابله با چالشهای اصلی پیش روی توسعه فناوری توربین گاز ..... ۴۱

## ۱- مرور ادبیات

### ۱-۱- مقدمه

در این بخش تعاریف و مفاهیم سیاست‌گذاری و نیز ادبیات مربوط به نظام‌های نوآوری فناورانه مرور می‌گردد.

### ۱-۲- تعاریف و مفاهیم سیاست‌گذاری و تدوین سیاست‌ها و اقدامات

- برای سیاست یا خطی‌مشی تعاریف متعددی ارائه شده است. در اینجا به عنوان نمونه به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود: (۵)
- سیاست عبارت است از تصمیم بسیط و از پیش گرفته شده‌ای که برای هدایت یا جایگزینی تصمیم‌گیری‌های تکراری در مدیریت بکار برده می‌شود.
- سیاست نوعی تصمیم است؛ تصمیمی اولیه، کلی، بنیادی و فراگیر که پس از جمع‌بندی افکار و تصمیمات فراوان دیگر اتخاذ می‌شود. سیاست یک تصمیم عام است و در عین حال با تصمیمات جزئی رابطه همپوشانی دارد. این دو باید مؤید یکدیگر باشند. به عبارت دیگر، باید در طول و نه در عرض یکدیگر باشند.
- سیاست، قاعده کلی اجرای عملیات است و به مدیریت ویژگی عملی داده، آن را از حوزه نظری و ذهنی به حوزه عملیاتی وارد می‌کند.
- سیاست، قانون انتخاب یا گزینش راه و سپس اتخاذ تصمیم است.
- سیاست، حاصل و نتیجه مطالعات و تصمیم‌های مدیران عالی سازمان و جامعه برای تخصیص منابع و امکانات با آینده‌نگری‌های معقول است.

با در نظر داشتن این تعاریف موجود در ادبیات، سیاست‌های کلان را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

سیاست‌های کلان سیاست‌هایی هستند که با داشتن رویکردی تنظیم‌گرا، به دنبال بهبود شرایط کلان اقتصادی اجتماعی بدون توجه به ملاحظات فناورانه خاص است. این سیاست‌ها دارای اثرگذاری بر کلیه حوزه‌ها و بخش‌های نظام توسعه فناوری بوده و

به فراهم‌آوری بسترهای لازم جهت پیاده‌سازی، انسجام و کارایی راهبردهای فناوری اتخاذ شده کمک می‌کند. نتیجه این حمایت، تسهیل توسعه فناوری است.

به‌منظور روشن‌تر شدن جایگاه سیاست‌های کلان در میان سایر حوزه‌های سیاستی که در ادبیات به کار می‌رود، لازم است تا در این جا تعاریف مختصری از سیاست صنعتی و سیاست فناوری ارائه گردد:

اولین مفهوم سیاست صنعتی است. سیاست صنعتی عبارت است از تمام انواع مداخلات دولت که به صورتی هماهنگ و آگاهانه برای تسهیل فرآیند توسعه صنعتی در سطح ملی انجام می‌شود. هر دخالتی در بازارهای سرمایه، نیروی کار، مهارت و فناوری یا ایجاد تغییرات نهادی که موجب تقویت توسعه صنعتی می‌شود، سیاست صنعتی تلقی می‌شود. این دخالت‌ها از جانب دولت و در سطح ملی به‌وقوع می‌پیوندد. سیاست صنعتی با تعابیر و معانی متفاوتی در ادبیات موجود به کار رفته است. زمانی که جهت‌گیری "بازاری" صنایع (جهت‌گیری درونی یا بیرونی) مورد نظر بوده، سیاست صنعتی به سیاست تجاری تقلیل یافته است. در برخی از موارد نیز سیاست صنعتی به معنای تعیین اولویت در صنایع است. سیاست صنعتی در قالب سه نوع سیاست افقی، عمودی و کارکردی تقسیم‌بندی می‌شود. مشخص است که این تعریف بسیار عام بوده و در مجموع شامل تمامی راهبردها و سیاست‌های کلان می‌شود. به عبارت دیگر در تعریف سیاست صنعتی، هرگاه سیاست عمودی یا تعیین اولویت در صنایع مد نظر است، با توجه به تعاریف معمول، منظور راهبرد توسعه صنعتی است، و هر گاه سیاست افقی یا کارکردی مدنظر است، منظور سیاست‌های کلان است.

دومین مفهوم سیاست فناوری است. بر اساس تعریف موری<sup>۱</sup> (۱۹۹۵)، سیاست فناوری را باید به‌صورت سیاست‌هایی تعریف کرد که مقصود آن‌ها تأثیرگذاری بر تصمیمات شرکت‌ها در مورد توسعه، تجاری‌سازی یا اتخاذ فناوری‌های جدید است. به اعتقاد وی، قصد یا نیت در این تعریف مهم است، زیرا دامنه‌ی سیاست‌هایی که بر تصمیمات شرکت‌ها در مورد نوآوری و اتخاذ فناوری‌ها تأثیر می‌گذارد، شامل سیاست‌های اقتصاد کلان، سیاست‌های تنظیمی و سایر ابزارهای اجرای سیاست‌ها نیز می‌شوند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این تعریف سیاست فناوری سیاست‌هایی هستند که بر اتخاذ، تطابق، اشاعه، توسعه، تولید و تجاری‌سازی دانش فناورانه تأثیر دارند.

<sup>1</sup> Mowery

در کنار این دو مفهوم، مفهوم سیاست‌های کلان قرار می‌گیرند که ماهیتی متمایز از دو تعریف ارائه شده دارند. سیاست‌های کلان مفهومی نزدیک به راهبردها است. راهبرد، راه رسیدن به اهداف تعیین شده است. این راه در حقیقت منتخبی از گزینه‌های جایگزین است. عملکرد یک راهبرد با میزان محقق شدن هدف مذکور سنجیده می‌شود. در طرف مقابل، سیاست چارچوبی است که کیفیت رسیدن به هدف را تعریف می‌کند. این چارچوب دربرگیرنده‌ی ملاحظات لازم در طراحی و اجرای راهبردهای توسعه است. این ملاحظات مشتمل بر اهداف کلان تعیین شده از یک طرف و اصول تدوین سیاست از طرف دیگر است. سیاست‌های کلان با ارائه‌ی راهنماهای کلی بر مبنای این ملاحظات، (۱) به یکپارچگی و رفع تناقضات راهبردها در مسیر دستیابی به اهداف کمک می‌کند، (۲) مسیر اجرای راهبردها را تسهیل می‌کند، (۳) به‌عنوان یک راهنما در جهت‌دهی به راهبردها نقش ایفا می‌کند.

### ۱-۳- ویژگی‌ها و اصول تدوین سیاست‌های کلان

به‌منظور اطمینان حاصل کردن از اثرگذاری سیاست‌های کلان، لازم است تا از رهنمون‌هایی به هنگام طراحی این سیاست‌ها استفاده شود [۱]. در حقیقت اینها ویژگی‌هایی هستند که سیاست‌های کلان باید با در نظر گرفتن آن‌ها طراحی شوند:

- دارا بودن هدف‌های کلی و فراگیر: هدف‌های کلی، بخش اصلی سیاست‌های کلان را تشکیل می‌دهند و تصمیم‌گیرندگان در انتخاب سیاست‌ها، از آن‌ها بهره فراوان می‌برند. به‌عنوان مثال اهدافی چون استقلال و آزادی، حفظ تمامیت ارضی کشور، توسعه اقتصادی و غیره در سیاست‌های کلان، اجزای اصلی و عمده را تشکیل می‌دهند.
- تعیین حد و مرز سایر ابعاد ارکان جهت‌ساز و نیز برنامه اقدامات و سیاست‌ها: سیاست‌های کلان باید تعیین‌کننده حد و مرز سایر ابعاد توسعه باشند. به‌عبارت دیگر، باید حیطه ارکان جهت‌ساز و خرد در سیاست‌های کلان معین شود.
- تعیین اولویت زمانی برنامه اقدامات و سیاست‌ها: سیاست‌های کلان، تعیین‌کننده اهداف زمانی سایر ابعاد توسعه می‌باشند. این بعد سیاست کلان، مشخص می‌کند که چه بخش‌هایی از برنامه اقدامات و سیاست‌ها باید بلافاصله عملی گردند و چه بخش‌هایی باید به مرور زمان به انجام برسند. به‌عبارت دیگر، سیاست‌های کلان، تعیین‌کننده زمان مناسب‌تری است که باید اقدامات و سیاست‌های اجرایی در آن زمان اجرا گردند. در این راه مسائلی مانند حساسیت‌های سیاسی،

بحرانی بودن اوضاع اجتماعی، احتیاج فوری به برآوردن یک نیاز و آماده نمودن جامعه برای پذیرش بعضی از مسائل، بر مهلت زمانی اولویتها و برنامهها تأثیر می‌گذارد.

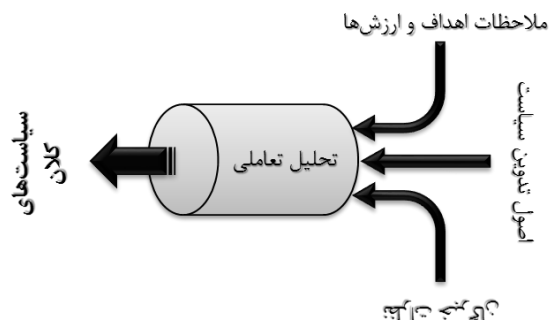
- تعیین میزان ریسک‌پذیری: این جنبه از سیاست‌های کلان، میزان مخاطره و ریسکی را معین می‌سازد که در ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاستها می‌تواند مورد قبول باشد. این خصوصیات سیاستها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا میزان معقول ریسک را در برنامه‌های مورد نظر خود دریابند. مسلماً برنامه‌های توسعه‌ای که تغییرات عمده‌ای را در بردارند، نسبت به برنامه‌هایی که هدفشان تغییرات جزئی است مخاطره بیشتری را به دنبال خواهند داشت.
- طراحی پیش‌فرض‌های مربوط به آینده: مسلماً وضعیت فعلی قابل تعمیم به بسیاری از شرایط آتی نخواهد بود و خط مشی‌های آینده، باید خصوصیات خاص زمانی خود را داشته باشد. در این وجه از خط مشی‌های فراگیر، پیش‌فرض‌هایی که در مورد آینده طراحی شده است و خط مشی‌های عمومی که باید از آنها تبعیت کنند، مشخص می‌گردند.
- ایجاد بنیادهای نظری برای تدوین برنامه اقدامات و سیاستها: سیاست‌های کلان می‌توانند در برگیرنده بنیادهای نظری سایر جهت‌گیری‌های باشند. نظریه‌های سیاسی، تئوری‌های مدیریت، تئوری‌های رفتاری و سایر تئوری‌های مربوط، می‌توانند اساس توسعه فناوری در سطوح خردتر را تشکیل دهند و در سیاست‌های کلان بیان شوند.
- پایداری سیاستها: یکی از خصوصیات عمده ارکان جهت‌ساز، عمر نسبتاً طولانی آن است. سیاست‌های کلان باید به‌گونه‌ای طراحی و وضع شوند که از انعطاف کافی برخوردار بوده، پویایی لازم را حفظ کنند و زمان نسبتاً درازی، قابلیت کاربرد و استفاده داشته باشند. سیاست‌های کلان باید بتواند با محیط متغیر و متحول افراد خود تطبیق یافته، به نیازهای گوناگونی در طول زمان پاسخ دهد. همچنین بر طبق این اصل، مداخله‌ی موقت دولت نسبت به مداخله‌ی آزاد ارجحیت دارد. اقدامات حمایتی تنها باید زمانی انجام گیرد که تأثیرات بلندمدتی فراتر از زمان اقدامات حمایتی داشته باشد. اساساً مداخلاتی منجر به پایداری در یک نظام می‌شود که فارغ از کنترل کامل بر تمام ابعاد توسعه، بر دخالت راهبردی دولت‌ها تأکید دارد. بنابراین در کلیه برنامه‌ریزی‌ها لازم است تا از این اصل در قالب سیاست‌های کلان استفاده شود.

- آینده‌نگری، واقع‌بینی: سیاست‌های کلان به آینده نظر دارند و می‌کوشد تا با توجه به واقعیت‌های موجود، خطوط کلی و جهت‌گیری‌های اساسی مسیر توسعه فناوری را معین سازند. بنابراین، قدرت پیش‌بینی در تعیین این سیاست‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کند و پیش‌بینی‌های صحیح، به آن‌ها اعتبار می‌بخشند. سیاست‌های کلان در آینده‌نگری باید واقعیت‌های زمان و مکان را در نظر بگیرند و از بزرگ‌دیدن یا نادیده‌انگاشتن امکانات موجود، بر حذر باشند.
- هدف‌داری: یکی دیگر از خصوصیات سیاست‌های کلان، هدف‌دار بودن آن است، سیاست‌های کلان به‌طور ارادی و از روی قصد و نیت قبلی، تنظیم و وضع می‌گردند و هدف معینی را دنبال می‌کنند. بنابراین این سیاست‌ها، موضوعاتی اتفاقی و تصادفی نیستند و رسوم و آداب و عادات اجتماعی، محتوای آن‌ها را تشکیل نمی‌دهد. اگرچه این عوامل در شکل‌گیری آن‌ها تأثیر فراوانی دارد.
- توجه به توسعه شبکه و مراکز توانمندی: توسعه شبکه و مراکز توانمندی می‌تواند باعث افزایش کارایی نظام ملی نوآوری گردد. طبق این مفهوم، هر کنش‌گر در نظام ملی نوآوری یک کشور می‌تواند به‌عنوان یک مرکز توانمندی عمل کند که شرکت‌های نوآور، سازمان‌های تحقیقاتی، و نهادهای دولتی را به‌هم ارتباط می‌دهد. توجه ویژه در دهه اخیر بر مفهوم شبکه و شبکه‌سازی برای خلق و انتشار نوآوری نیز مؤید همین مطلب است. بر همین اساس، لازم است تا سیاست‌هایی در سطح کلان وجود داشته باشند که بر این مفهوم به‌عنوان یک اصل مهم که در کلیه اقدامات و برنامه‌ها و اقدامات بر آن توجه شود، در نظر گرفته شود.
- اصل سازمان‌های تحقیقاتی یادگیرنده: این اصل بر این موضوع تأکید دارد که سازمان‌های تحقیقاتی نیازمند میزان قابل ملاحظه‌ای انعطاف‌پذیری سازمانی و مدیریتی برای پردازش تجارب کسب شده و اطلاعات جدید و برآورده ساختن اهداف تحقیق که طی توسعه اقتصادی تغییر می‌کنند، می‌باشند. بر این اساس، کلیه کنش‌گران لازم است تا از انعطاف‌پذیری بالا در محیط توسعه فناوری برخوردار باشند. این انعطاف‌پذیری را می‌توان ابزاری برای غلبه بر اینرسی و لختی به وجود آمده از نظام‌های فنی و اجتماعی موجود به شمار آورد. در صورت وجود این اینرسی، کلیه اقدامات و برنامه‌ها در سطوح پایین‌تر بدون نتیجه باقی خواهد ماند و تغییر در ماهیت کلان نظام به‌وجود نمی‌آید. بنابراین ضرورت وجود سیاست‌های کلانی که با رعایت این اصل با ترویج انعطاف‌پذیری بر اینرسی موجود غلبه نمایند احساس می‌شود.

- اصل رقابت: رقابت مستلزم این است که دولت‌ها از چارچوب‌های قانونی و تنظیمی مبتنی بر بازار برای بهبود رقابت بین کنش‌گران نظام نوآوری ملی استفاده نمایند. تمرکز بر این چارچوب‌های مبتنی بر بازار بیشتر نگاهی است که در مکتب اقتصادی نئوکلاسیک بر آن تأکید می‌گردد. اما از نگاه سایر مکاتب اقتصادی (مانند نهادگرا)، اتکا تنها بر شکل‌دهی به بازار در شرایطی که زیرساخت‌هایی ابتدایی و بنیادین نوآوری ضعیف است، شاید نتواند برآورده کننده شرایط رقابت کامل باشد. بنابراین رقابت برای ایجاد شرایط نوآوری (نه فقط تنظیم بازار) می‌تواند موضوع سیاست‌های کلان باشد.
- اصل سازمان‌های تحقیقاتی ناب: این اصل بر دوری جستن از مشکلات بروکراتیک تأکید دارد. خصوصاً رویه‌های اداری وقت‌گیر که مانع تحقیق، بهره‌برداری، و کاربرد نتایج تحقیق می‌شود.
- اصل ارزیابی مستمر: گذشت زمان منجر به ایجاد تغییرات در محیط توسعه فناوری می‌گردد. این تغییرات ضرورتی برای بازنگری در اهداف و اقدامات به‌وجود می‌آورند. بر این اساس، در قالب سیاست‌های کلان ضروری است تا بر مفهوم تغییر و پویایی که جزء جدایی‌ناپذیر محیط توسعه است، تأکید گردد.
- اصل تکمیل‌کنندگی: توانایی سطوح مختلف دولت در حل مشکلات، تعیین‌کننده‌ی نحوه‌ی تخصیص توانمندی‌های سیاستی و مسئولیت‌های دولتی می‌باشد. بنابراین، هر واحد تصمیم‌گیری سیاستی تنها برای وظایفی مسئولیت نشان می‌دهد که نمی‌تواند توسط نهادهای دولتی یا خصوصی زبردست برعهده گرفته شود. با تحقق اصل تکمیل‌کنندگی، اقدامات بخش خصوصی تقویت خواهد شد.

#### ۱-۴- طراحی سیاست‌های کلان

به‌منظور طراحی سیاست‌های کلان ضروری است تا چارچوبی توسعه داده شود. این چارچوب به طراحی سیاست‌های هماهنگ با ویژگی‌های ذکر شده در قسمت قبل می‌پردازد. از آن‌جا که نظرات خبرگان (مشمول بر سیاستگذاران) در اتخاذ سیاست‌های کلان، وزن قابل توجهی دارد، بخش گسترده‌ای از چارچوب پیشنهادی نیز متکی بر جمع‌آوری نظرات کارشناسی است. این چارچوب از سه بخش ورودی، عملگر، و خروجی تشکیل شده است:



شکل ۱- چارچوب طراحی سیاست‌های کلان

## ورودی

ورودی مشتکل از سه جزء نظرات خبرگان، اصول تدوین سیاست، و ملاحظات اهداف کلان توسعه است. از آنجا که سیاست‌های کلان مفاهیمی کاملاً وابسته به موضوع و پیشینه بستر عملیاتی تحقیق هستند، بخش عمده‌ای از طراحی آن‌ها متکی بر نظراتی است که افراد درگیر در فرآیندهای عملیاتی موضوع مورد مطالعه منعکس می‌کنند. در چنین شرایطی، ارائه یک قالب از پیش تعیین شده که بتواند به طور مستقل از نظرات افراد به تولید سیاست‌ها بپردازد ممکن نخواهد بود.

بر این اساس، اولین ورودی در طراحی سیاست‌های کلان نظرسنجی خبرگان خواهد بود. در تشخیص اینکه چه خبرگانی باید در فرآیند تدوین سیاست‌های کلان مشارکت داشته باشند، سه عنصر اختیار، تخصص و نظم می‌تواند راهنما باشند. اختیار به سیاست مشروعیت می‌دهد. بنابراین هویت‌هایی ممکن است به دلیل داشتن اختیاراتی در فرآیند سیاست‌گذاری دخیل شوند. یکی از خصوصیات هر حوزه سیاست‌گذاری فناوری وجود گروهی از متخصصان فنی در آن حوزه است. بدون وجود متخصصانی که مسئله را تشخیص دهند و راه‌حل‌هایی پیشنهاد کنند، نمی‌توان سیاست‌های اثربخش و کارا ارائه داد. سیاست مشتمل بر ایجاد نظم و درک مشترک است. بنابراین ممکن است هویت‌هایی که به نوعی می‌توانند بر سیاست اثرگذار باشند یا از آن تأثیر بپذیرند، برای ایجاد نظم و درک مشترک در سیاست دخیل شوند [۲]. والت و گیلسون (۱۹۹۴) مجموعه این خبرگان را در قالب پنج گروهی کلیدی زیر برمی‌شمرد:

- تکنوکرات‌ها شامل دانشمندان، دانشگاهیان، و سایر متخصصانی که برای تشخیص میزان و ماهیت مسئله، همچنین

تحلیل فنی علل و راه‌حل‌ها اطلاعات ارائه می‌کنند.



• بروکرات‌ها علاقه‌مند به استفاده از ساختار دولت‌اند، به‌گونه‌ای که به بهترین شکل برای مورد خطاب قرار دادن موضوعات مناسب باشد، و اغلب در پی حفظ یا توسعه بروکراسی موجود باشند.

• گروه‌های ذی‌نفع به‌طور عمده برای نمایندگی درباره نگرانی‌های گروه‌های خاصی از مردم تشکیل می‌شوند. آن‌ها درصدد این هستند که اطمینان حاصل کنند نظرات گروه‌های ذی‌نفع شنیده شده و در تصمیمات سیاست در نظر گرفته می‌شوند.

• سیاست‌مداران که معمولاً تصمیم‌گیران نهایی هستند.

• اهداکنندگان که اغلب نقشی مهم در تدوین یا اجرای سیاست دارند. آن‌ها ممکن است فرآیند را با وجوه مالی، کمک فنی، ارائه پیشنهادات و رهنمون‌هایی حمایت‌کنند و تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر اجرا از طریق تصمیمات تأمین مالی خود دارند.

علاوه توجه بر نظرات خبرگان، باید توجه نمود که توسعه فناوری به‌خودی خود هدف نیست و کلیه سیاست‌های کلان در پی بهبود قابلیت رقابت، شکل‌دهی اقتصاد و در نهایت ایجاد رشد اقتصادی هستند. بنابراین، باید در تدوین سیاست‌های کلان به اهداف سطح بالایی که انتظار می‌رود سیاست‌ها آن‌را برآورده کنند توجه کافی مبذول شود. این موضوع ضرورت در نظر گرفتن اهداف کلان به‌عنوان یکی از ورودی‌های طراحی سیاست‌های کلان را نشان می‌دهد. نکته‌ی دیگری که برای اطمینان از انسجام و هماهنگی سیاست‌ها باید در طراحی سیاست‌های کلان در نظر گرفته شود، توجه به یکسری اصول در تدوین سیاست‌ها است. تخطی از این اصول می‌تواند تأثیر سوء بر اثربخشی سیاست‌ها داشته باشد. این سه را می‌توان اجزایی دانست که سیاست‌های کلان باید بر اساس آن‌ها تدوین می‌شوند.

#### ۱-۴-۱-۱- فرآیند تدوین سیاست

عملیاتی است که بر روی ورودی‌های چارچوب ارائه شده صورت گرفته و آن‌ها را به سیاست‌های کلان تبدیل می‌کند. این عملیات عمدتاً مبتنی بر انجام تحلیل‌های تعاملی<sup>۱</sup> میان تحلیل‌گران است. در این جا فعالیت‌ها بیشتر در جهت مذاکره، ایجاد ائتلاف و درک مشترک می‌باشد. باید در نظر داشت که دو بعد راهبردهای کلان و سیاست‌های کلان جایگزین یکدیگر نبوده، بلکه تکمیل‌کننده یکدیگرند.

<sup>۱</sup> Interactive analysis

## خروجی

خروجی این چارچوب، سیاست‌هایی کلان تنظیم‌گر برای تسهیل فرآیندهای توسعه فناوری است. این سیاست‌ها، سیاست‌هایی قابل انعطاف هستند. به عبارت دیگر، طی زمان و با توجه به یادگیری، تغییر و تطابق با محیط پیرامون، سیاست‌های کلان هم در بلندمدت دستخوش تغییر می‌شوند. به طور کلی سیاست‌ها مقوله‌ای مرتبط با آینده هستند. اگر آینده به طور دقیق قابل پیش‌بینی بود، سیاست‌های ارجح می‌توانستند از طریق بررسی آینده‌های ممکن حاصل از اجرای هر سیاست و انتخاب مطلوب‌ترین نتایج تعیین شوند. برای بیشتر سیستم‌های مورد توجه امروز، چنین پیش‌بینی‌هایی ممکن نیست. حتی بهترین مدل‌ها نیز نمی‌تواند جزئیات رفتار سیستم را پیش‌بینی نماید. بنابراین رویکرد کلاسیک انتخاب یک سیاست بر مبنای نتایج یک مدل بهترین تخمین دیگر نمی‌تواند معتبر باشد [۳]. با توجه به اینکه سیاست‌ها باید نوعاً طی زمان اجرا و تغییر یابند، سیاست‌های مبتنی بر تحلیل ایستا در یک نقطه از زمان بسیار غیر واقع‌بینانه خواهد بود. بنابراین، استعاره مناسب برای یک سیاست تعادل است تا بهینه‌سازی. بسیاری از سیاست‌ها باید علی‌رغم وجود عدم اطمینان درباره آینده تدوین شوند. هنگامی که تعدادی زیادی سناریو ممکن برای آینده وجود دارند، ایجاد یک سیاست واحد که در تمامی آن‌ها خوب عمل کند احتمال غیرممکن خواهد بود.

## ۱-۵- مفاهیم ساختار کنشگران در توسعه فناوری

کنش‌گران یکی از سه مؤلفه‌ی ساختاری در توسعه فناوری می‌باشد که با انجام فعالیت، بر فرآیند خلق، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری اثر می‌گذارد. در توسعه فناوری، کنش‌گر را می‌توان مترادف با ذینفع در برنامه‌ریزی راهبرد سازمانی قلمداد نمود. بر این اساس، کنش‌گر، عبارت است از فرد، گروه و یا سازمانی که می‌تواند بر ورودی‌ها (منابع) و یا بروندهای یک سیستم تأثیر بگذارد و یا از خروجی‌ها و بروندهای آن (خدمات، محصولات، پیامدها و ...) تأثیر پذیرد. کنش‌گران یک سیستم به دو دسته کلی کنش‌گران داخلی و کنش‌گران خارجی تقسیم می‌شوند.

هر کنش‌گر موجود در نظام توسعه فناوری بر اساس راهبرد خود، در چارچوب نهادهای پیرامون، و با صرف منابع لازم، به انجام فعالیت‌های نوآورانه می‌پردازد [4]. با به‌انجام رسیدن فعالیت‌ها، کارکردهای مختلفی برآورده می‌گردد. مجموع کارکردهای برآورده شده توسط فعالیت‌های کنش‌گران مختلف، عملکرد نهایی سیستم را تعیین خواهد نمود. بنابراین با شناسایی و تحلیل توسعه فناوری از زاویه کنش‌گران می‌توان در درجه اول سهم بالقوه و بالفعلی که هر کنش‌گر در برآوردن کارکردها و تامین

عملکرد سیستم مشخص نمود و در درجه دوم نیز آلترناتیوهای ساختاری که منجر به ایجاد عملکرد بالا در سیستم می شود را شناسایی کرد.

برای شناسایی کنش گران، روش های مختلفی مانند استفاده از جداول داده-ستاده و آمارهای عضویت موجود در اتحادیه ها و صنایع، استفاده از پتنت های ثبت شده و شناخت بنگاه های مرتبط با آنها و استفاده از قاعده گلوله برف<sup>۱</sup> (شناخت کنش گران پیرامون یک واحد تحلیل از روی ارتباطات با سایر کنش گران) توصیه شده است [5]. در این گزارش کنش گران به چهار دسته اصلی تقسیم می شوند.

## الف) سیاست گذار<sup>۲</sup>

یک سیاست گذار نهادی است که برنامه هایی که باید توسط دولت، کسب و کارها و غیره دنبال شود را تعیین می کند. سیاست گذاری به صورت فرآیندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می کند. لذا سیاست گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می باشد. به طور کل، سیاست می تواند شکل های مختلفی به خود بگیرد مانند سیاست های غیر مداخله ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک های مالی) و ارائه خدمات عمومی. لذا به نظر می رسد بررسی ویژگی های فرآیند سیاست گذاری مناسب، مفید واقع شود. در ادامه، ده ویژگی برای فرآیند مذکور آورده شده است:

- نگاه رو به جلو<sup>۳</sup>: واضح است که فرآیند سیاست گذاری، پیامدهایی که سیاست برای دستیابی به آن طراحی شده است را تعریف می کند. لذا به طور معمول، در این فرآیند باید نگاهی بلند مدت (حداقل پنج ساله) بر اساس روندهای آماری و پیش بینی های اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و فرهنگی وجود داشته باشد. نکات زیر رویکرد نگاه رو به جلو را واضح تر می سازد:

✓ بیان پیامدهای مطلوب در مراحل اولیه

✓ طراحی سناریو یا پیشامدهای احتمالی

✓ لحاظ کردن استراتژی بلند مدت اجرایی

<sup>1</sup>-Snowball method

<sup>2</sup>- policy-maker

<sup>3</sup>- looking forward

✓ استفاده از برنامه آینده‌نگاری<sup>۱</sup> و یا دیگر روش‌های پیش‌بینی

• نگاه بیرون‌گرا<sup>۲</sup>: فرآیند سیاست‌گذاری تاثیر عوامل را در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی در نظر می‌گیرد و از تجارب دیگر مناطق یا کشورها استفاده می‌کند. نکات زیر رویکرد بیرون‌گرایی را نشان می‌دهد:

✓ استفاده از مکانیسم‌های OECD، EU و غیره

✓ استفاده از تجارب دیگر کشورها در برخورد با مسئله‌ای خاص

✓ تشخیص نوسانات در کشور

• نوآور، منعطف و خلاق: فرآیند سیاست‌گذاری در برخورد با مسائل منعطف می‌باشد و ایده‌های نوین را تشویق می‌کند. ریسک‌ها شناسایی می‌شوند و به طور فعال مدیریت می‌شوند. نکات زیر یک رویکرد خلاق، نوآور و منعطف را نشان می‌دهد:

✓ استفاده از جایگزین‌ها برای روش‌های معمولی کاری (مانند جلسات طوفان فکری)

✓ تعریف موفقیت بر حسب پیامدهای شناسایی شده

✓ ارزشیابی و مدیریت هوشیارانه ریسک

✓ حرکت به سمت ایجاد ساختارهای مدیریتی که ایده‌های جدید و کارهای گروهی را ارتقا می‌دهند

• مبتنی بر شواهد<sup>۳</sup>: توصیه‌ها و تصمیمات سیاست‌گذاران بر اساس بهترین شواهد موجود و حوزه وسیعی از منابع می‌باشد که تمامی ذینفعان کلیدی در مراحل اولیه دخالت داده می‌شوند. نکات کلیدی رویکرد مبتنی بر شواهد در سیاست‌گذاری شامل:

✓ مرور تحقیقات موجود

✓ انجام تحقیقات جدید

<sup>۱</sup>- foresight program

<sup>۲</sup>- outward looking

<sup>۳</sup>- evidence-based

- ✓ مشاوره با متخصصین مربوطه و/ یا استفاده از مشاورین داخلی و خارجی
- ✓ لحاظ کردن دامنه وسیعی از گزینه‌های ارزیابی شده و مناسب
- فراگیر<sup>۱</sup>: فرآیند سیاست‌گذاری، میزان اثرگذاری سیاست و سهم آن در برآورده‌سازی نیازهای مردم به طور مستقیم و یا غیر مستقیم را در نظر می‌گیرد. یک رویکرد فراگیر، ممکن است شامل جنبه‌های زیر باشد:
  - ✓ رایزنی با مسئولین پیاده ساز / ارائه‌کننده خدمت
  - ✓ رایزنی با موجودیت‌های تأثیرپذیر از سیاست
  - ✓ انجام ارزشیابی اثر
  - ✓ گرفتن بازخورد از دریافت‌کنندگان یا ارائه‌دهندگان
- پیوسته و کل نگر<sup>۲</sup>: فرآیند، نگاهی جامع دارد و فراتر از مرزهای سازمانی حرکت می‌کند. از اینرو، اهداف استراتژیک اداری را در نظر می‌گیرد. در کل می‌توان بیان کرد که هدف عمده، ایجاد پایه‌ای اخلاقی و قانونی برای سیاست می‌باشد و ملاحظات ساختارهای سازمانی و مدیریت صحیح در نظر گرفته می‌شود. نکات زیر، رویکرد کل نگر و پیوسته را نشان می‌دهند:
  - ✓ تعریف اهداف افقی<sup>۳</sup> در مراحل اولیه
  - ✓ تعریف واضح از تنظیمات کاری مشترک با دیگر بخش‌ها
  - ✓ شناسایی دقیق موانع این رویکرد به انضمام استراتژی‌های غلبه بر آن
- یادگیری از تجربیات<sup>۴</sup>: به معنای کسب تجربه از روش‌هایی است که کارآمد شناخته شده‌اند و یا عدم کارایی‌شان به اثبات رسیده است. رویکرد یادگیری برای بهبود سیاست شامل جنبه‌های زیر می‌باشد:
  - ✓ جمع‌آوری اطلاعات درباره نمونه‌های عملی منتشر شده

<sup>1</sup>- inclusive

<sup>2</sup>- joined-up

<sup>3</sup>- cross-cutting objectives

<sup>4</sup>- learn lessons

✓ تمیز دادن میان شکست سیاست برای اثرگذاری بر مشکلات و شکست عملیاتی / مدیریتی پیاده سازی

سیاست

• ارتباطات: فرآیند سیاست گذاری، چگونگی ارتباط سیاست با مردم را در نظر می گیرد. موارد زیر در ایجاد ارتباط مؤثر

سیاست سهم قابل توجهی دارند:

✓ آماده سازی و پیاده سازی استراتژی ارتباطات / ارائه

✓ ارائه خدمات اطلاعاتی اجرایی از مراحل اولیه

• ارزیابی: ارزیابی سیستماتیک اثربخشی سیاست در فرآیند سیاست گذاری وجود دارد. رویکردهای سیاست گذاری که تعهد

به ارزیابی را نشان می دهند، شامل:

✓ تعریفی واضح از هدف ارزیابی مجموعه

✓ تعریف معیارهای موفقیت

✓ تعیین ابزارهای ارزیابی از مراحل اولیه

✓ استفاده از آزمایشات<sup>۱</sup> به منظور اثرگذاری بر پیامد نهایی

• بازنگری<sup>۲</sup>: سیاست های موجود باید به طور مستمر بازنگری شوند چرا که سیاست های طراحی شده برای حل مشکلات،

باید کارایی خود را در طول زمان حفظ کنند. جنبه های رویکرد بازنگری برای سیاست گذاری شامل:

✓ برنامه بازنگری مستمر با شاخص های عملکرد متنوع و معنادار

✓ مکانیسم هایی برای فراهم کردن بازخورد از سیاست های تنظیم شده

✓ دور انداختن سیاست های شکست خورده!

(ب) تنظیم کننده<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>- pilots  
<sup>۲</sup>- review

تنظیم مجموعه گوناگونی از ابزارهاست که به واسطه آن دولت نیازمندی های شرکتها و مردم را تنظیم می کند. کارکردهای تنظیم کننده بنا به دلایل گوناگونی به وجود آمده اند از جمله:

- تعیین حقوق و مسئولیت های هر یک از موجودیت های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار
- تنظیم استانداردهای صنعتی
- جمع آوری مالیات ها و دیگر درآمدها و ...

به منظور درک بهتر کارکردهای تنظیم کننده، بررسی انواع روش های تنظیمی مفید خواهد بود.

### انواع تنظیمات

- فرمان و کنترل<sup>۲</sup>: تنظیم دستور و کنترل نوعاً وضع/ تحمیل استانداردهای حمایت شده توسط مصوبات قانونی است، هرگاه استانداردها سازگار نباشند. بنابراین، قانون به عنوان منع یا اجبار فعالیت های معینی به کار می رود. استانداردها می تواند از طریق قانون گذاری یا تنظیم کنندگانی که به واسطه فرآیند تنظیم برای تعریف قانون مشروعیت دارند، تنظیم شود. نقاط قوت چنین رویکرد مستقیمی در تنظیم این است که اغلب به طور سریع پیاده سازی می شوند، محدودیت های تعریف شده به طور واضح تنظیم می شود، و نشان می دهد که تنظیم کننده یا دولت قاطعانه عمل می کند. از سویی دیگر، این رویکرد می تواند برای فعالیت های تنظیمی پیچیده باشد. مشکلاتی که ممکن است به واسطه این رویکرد رخ بدهد، در دسته های زیر قرار می گیرند:

- ✓ تسخیر شدن در فرآیند تنظیم<sup>۳</sup>: رویکرد مذکور نیازمند این است که تنظیم کننده و تنظیم شونده<sup>۴</sup>، به ویژه برای تضمین در فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز تنظیم کننده، با یکدیگر مشارکت داشته باشند. این ارتباط نزدیک ممکن است به تسخیر شدن تنظیم کننده توسط تنظیم شونده منتهی شود و در نتیجه آن قوانینی که به نفع یک مجموعه خاص است در نظر گرفته شود نه قوانینی که رفاه عمومی را در بر گیرد.

<sup>1</sup> -regulator

<sup>2</sup> command and control

<sup>3</sup> -regulatory capture

<sup>4</sup> -regulatee

✓ افراط در قانون<sup>۱</sup>: این رویکرد اغلب به صورت پیچیده، غیر منعطف و مداخله‌گر به تصویر کشیده شده است. تدبیر در قوانین دقیق، به ویژه زمانی که یک اقتصاد در حال تغییر است، می‌تواند مشکل باشد. به علاوه، درگیری مستقیم سیاست‌گذاران می‌تواند به معنی ایجاد قوانینی در پاسخ به موقعیت‌ها یا زمینه‌های خاص باشد که اغلب در مقیاس‌های زمانی کوتاه در نظر گرفته می‌شود. لذا می‌توان بیان نمود که رویکرد مذکور همواره مؤثر و جلوتر از زمان نمی‌باشد.

✓ تنظیم کردن استانداردها: گاهی اوقات تنظیم یک استاندارد مناسب، به عنوان مثال تعیین یک سطح معین از آلودگی یا کارایی واقعی اهداف برای سیستم‌های توزیع و انتقال، پیچیده است.

✓ تنفیذ: پیچیدگی قوانین و این امکان که طراحی انجام شده ممکن است تمامی فعالیت‌ها را در بر نگیرد، تنفیذ را برای تنظیم‌کننده مشکل می‌کند.

• خود-تنظیمی<sup>۲</sup>: این رویکرد می‌تواند به عنوان نوعی از نسخه خود انجामी<sup>۳</sup> رویکرد دستور و کنترل تلقی شود. در این مورد، اغلب انجمن‌های تجاری یا کسب و کار تشکیل شده که قوانین عملکرد را ایجاد، کنترل و اجرا می‌کنند. به عنوان یک قانون، خود تنظیمی اغلب به عنوان یک روش کسب و کار دیده می‌شود که اقدام انحصاری به منظور جلوگیری از مداخله دولت انجام می‌دهد. مزایای این رویکرد شامل سطح بالای تعهد کسب و کارها و ماهیت جامع قوانین تنظیم شده می‌باشد. به علاوه، این رویکرد منعطف‌تر از رویکرد دستور و کنترل بوده چرا که به قانونگذاری نیازی ندارد. از سویی دیگر، خود تنظیمی می‌تواند به صورت یک رویکرد غیردموکراتیک، محدود به بررسی دقیق بیرونی و در معرض سوءاستفاده توسط کسانی که با اهداف مختلف قوانین را تنظیم می‌کنند، دیده شود. در کمترین سطح، خود تنظیمی همواره در معرض چالش‌های منتج شده از علاقه‌های بیرونی کسانی که فکر می‌کنند استانداردها و قوانین به سمت کاهش تأثیر فعالیت‌های غیر مطلوب تنظیم نشده است، قرار دارد.

<sup>1</sup> -legalism

<sup>2</sup> -self-regulation

<sup>3</sup> -do-it-yourself



• تنظیم مبتنی بر تشویق<sup>۱</sup>: یک تشویق، سیاست، قانون، مکانیسم قیمت، یا رویه ایست که به دنبال تعدیل رفتار افراد یا شرکتها به واسطه تغییر در هزینهها یا سودهای حاشیه‌ای مرتبط با تصمیم یا فعالیت خاص می‌باشد. از یک سو، می‌توان گفت که تمامی تنظیمات بر مبنای تشویق است چرا که تنظیم از طریق مفهوم پایه جریمه برای رفتارهای "بد" و پاداش برای رفتارهای "خوب" عمل می‌کند. تنظیم مبتنی بر تشویق سعی دارد به منظور کاهش هزینهها و بهبود خدمات، برنامه سودمند با سودهای زیاد را پاداش دهد. هدف عمده این است که تنظیم‌شونده فعالیت‌های غیر مطلوب خود را از طریق تحمیل / وضع مالیات و کمک‌های مالی محدود یا متوقف کند. برای به کارگیری این رویکرد، گام‌های اصلی شامل انتخاب واحدهای اندازه‌گیری، تعیین خط مبنا، انتخاب اهداف برای بهبود و / یا نگهداری و سپس اجرای تشویق‌ها و جریمه‌ها می‌باشد. یکی از انواع تنظیمات مبتنی بر تشویق، تنظیم مبتنی بر عملکرد<sup>۲</sup> (PBR) است که تشویق‌ها ملزم به بهبود در عملکرد مطلوب، کاهش قیمت و بهبود در کیفیت خدمات می‌باشد. به علاوه، PBR بیشتر به استانداردهای عملکرد خارجی متکی است و کمتر به فعالیت‌های خاص شرکت حساس است. مزایای PBR این است که به بهبود در بهره‌برداری شرکتها، کاهش هزینه‌های نگهداری و عملیات و بهبود در پایداری سیستم کمک می‌کند. طرح تنبیه و تشویق به صورت مکانیکی عمل می‌کند. بنابراین کاهش در حوزه صلاحیت‌ها تنظیمی، در مقابل امکان تسخیر در فرآیند تنظیم را کاهش می‌دهد. به علاوه این رویکرد، انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری شرکت، که آیا از قانون تبعیت کند یا جریمه بپردازد، را فراهم می‌کند. اگرچه به عنوان یکی از معایب این روش، می‌توان به ایجاد قوانین بسیار پیچیده و غیر منعطف که واقعیت‌های بازار در آن لحاظ نشده است، اشاره کرد. از مفروضات اصلی این رویکرد، عقلانیت اقتصادی است که لزوماً در همه موارد یافت نمی‌شود. همچنین، گاهی اوقات پیش‌بینی تأثیر این نوع رویکرد مشکل است. به عنوان مثال، رفتار "بد"، مانند آلودگی، می‌تواند پاداش بگیرد اگر که قوانین به طور صحیح تنظیم نشده باشند.

<sup>۱</sup> -incentive-based regulation

<sup>۲</sup> -Performance-based regulation

• مکانیسم‌های مبتنی بر بازار<sup>۱</sup>: حوزه وسیعی از مکانیسم‌های مبتنی بر بازار وجود دارند که می‌توانند برای تنظیم فعالیت‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. تنظیمات مبتنی بر بازار می‌تواند اثربخشی هزینه‌ای را ثابت کند و مداخلات تنظیمی در عملیات روزانه شرکت‌ها را کمینه کند. انواع مکانیسم‌های معمول مبتنی بر بازار در زیر بررسی می‌شوند.

✓ قوانین رقابتی<sup>۲</sup>: قوانینی هستند که برای کنترل رفتار شرکت‌ها ایجاد می‌شوند تا تضمین کند بازار، خدمات را با محدود کردن فعالیت‌های غیر مطلوب مانند قیمت‌گذاری تهاجمی، کمک مالی<sup>۳</sup>، تحویل می‌دهد. قانون رقابتی می‌تواند به تنظیم از طریق دستور و کنترل ترجیح داده شود چرا که کمتر در امور شرکت‌ها مداخله می‌کند، برای سرمایه‌گذاری عمومی ارزانتر است.

✓ تنظیم به واسطه قرارداد<sup>۴</sup>: دولت می‌تواند از قدرت خرید خود برای تعیین شرایط قراردادهای کسب و کارهای خارجی استفاده کند. شرایط قراردادی برای هدایت اهداف اجتماعی مطلوب، مانند نسبت معینی از انرژی تجدیدپذیر در تولید کالاها، می‌تواند استفاده شود. این رویکرد، گاهی به عنوان راه حل کوتاه‌مدت، در نظر گرفته می‌شود و زمانی ارزشمند است که هدف افزایش سریع استواری فرآیند تنظیم و در زمان کوتاه است. اگرچه ترجیحاً باید تقویت شود و در نهایت با شاخص‌های تنظیمی پایدارتری جایگزین شود. افزایش تنظیم به واسطه قرارداد، نباید به عنوان یک جایگزین برای عامل‌های تنظیمی موجود لحاظ شود، بلکه باید به عنوان یک روش متمم با بهبود در اثربخشی و اعتبار تنظیم‌کننده در نظر گرفته شود. تحت رژیم تنظیم به واسطه قرارداد، یک تنظیم‌کننده به طور بالقوه باید در مذاکرات مجدد قرارداد درگیر شود و از این رو، نقش تنظیم‌کننده به طور فزاینده‌ای یک کارگزار امین یا یک بازیگر بی طرف می‌شود که بر روی ایجاد راه حل‌ها و ایجاد اجماع میان تأمین‌کنندگان خدمات، سرمایه‌گذاران و دولت متمرکز می‌شود.

<sup>1</sup> - market-based regulation

<sup>2</sup> -competitive laws

<sup>3</sup> -cross-subsidization

<sup>4</sup> -regulation by contract

✓ مجوزهای قابل فروش<sup>۱</sup>: این رویکرد در محدود کردن انتشار دی‌اکسیدکربن بسیار مهم است. سطح معینی از انتشار قابل قبول توسط دولت تعیین شده، و به صاحبان بنگاه‌های اقتصادی فوق‌العاده‌هایی<sup>۲</sup> تا حد مجاز واگذار می‌شود. در مقابل صاحبان بنگاه‌های اقتصادی می‌توانند سطح انتشار را از حد تخصیص داده شده پایین‌تر قرار دهند و فوق‌العاده‌های اضافی را مبادله کنند و یا حاضر به پرداخت جریمه شوند. از لحاظ سیاسی، این رویکرد یک مکانیسم جذاب است چرا که شرکت‌ها را در تصمیم‌گیری آزاد می‌گذارد. اگرچه، موفقیت این طرح به حدودی که دولت تعیین می‌کند بستگی دارد.

✓ تنظیم بر اساس افشاگری<sup>۳</sup>: این رویکرد نیازمند این است که تولیدکنندگان، منابع یا گنجایش محصولاتشان را بیان می‌کنند. به علاوه، این مکانیسم به مشتریان اجازه می‌دهد تا منبع مقدم را انتخاب کنند. اگرچه، در این روش فرض بر این است که مشتریان برای رسیدن به هدف مطلوب، می‌توانند انتخاب صحیح را انجام بدهند.

### ج) تسهیل‌کننده

سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تأمین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید، ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به علاوه، تسهیل‌کننده می‌تواند بر طرف تقاضا از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شود. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تأثیر تأمین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیر دولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد.

<sup>1</sup> -tradable permits

<sup>2</sup> -allowance

<sup>3</sup> -disclosure regulation

در این راستا، ذکر نکته‌ای لازم به نظر می‌رسد که تفکیک نقش‌های تسهیل‌کنندگان و ارائه‌کنندگان برای خدمات توسعه کسب و کار<sup>۱</sup> ضروری است. در بسیاری از برنامه‌های توسعه‌ای، یک سازمان نقش تأمین‌کننده (ارائه مستقیم خدمات به بنگاه‌های اقتصادی) و نقش تسهیل‌کننده (تشویق دیگر شرکت‌ها برای عرضه خدمات به بنگاه‌های اقتصادی) را توأمآ ایفا می‌کند. این مسئله اغلب تناقضی برای تأمین‌کنندگان رقابتی به وجود می‌آورد، چرا که تسهیل‌کنندگان معمولاً اهداف توسعه‌ای داشته و تأمین‌کنندگان اهداف تجاری و لذا ترکیب نقش‌ها ممکن است به برنامه‌های ناکارآمد و استفاده نامناسب از سرمایه منجر شود. به علاوه، چنانچه تسهیل‌کنندگان به صورت دولتی سرمایه‌گذاری شده باشند، هنگامی که بازار توسعه پیدا می‌کند و تأمین‌کنندگان و دیگر بازیگران دائمی بازار بر کارکردهای خود مسلط شدند، باید از صحنه بازیگران بازار حذف شود. تنها حالت استثنایی زمانی است که تسهیل‌کننده فعالیت‌های خود را از طریق فروش خدمات به تأمین‌کنندگان از نظر مالی تأمین کند و در نتیجه به یک بازیگر دائمی و پایدار در بازار تبدیل شود.

#### د) ارائه دهنده کالا و خدمات

این دسته از بازیگران در دو حوزه خدمات آموزشی-پژوهشی و صنعتی قابل تقسیم‌بندی هستند:

##### ➤ ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی

تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه فناوری‌های مربوطه فعالیت می‌کنند. این نهادها در زمینه فعالیت‌های تحقیق و توسعه نقش مهمی را می‌توانند ایفا نموده و اغلب نمونه‌های اولیه مورد نیاز صنایع از این نهادها به صنعت منتقل می‌گردد.

##### ➤ ارائه‌کننده خدمات صنعتی (صنعتگران)

شامل بازیگرانی می‌شود که در زمینه‌های صنعتی و تولیدی مرتبط با حوزه فناوری مربوطه فعالیت می‌کنند. این کنشگران ممکن است ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ در حوزه فناوری‌های مربوطه را انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به سازندگان این تجهیزات باشند.

<sup>1</sup>- business development services

## ۱-۶- نظام نوآوری فناورانه

نظام های نوآوری فناورانه<sup>۱</sup> به تحلیل گذار از منظر تغییرات نهادی، سازمانی، اقتصادی، سیاسی، و فنی پیرامون ظهور فناوری- های جدید می پردازد. این رویکرد بر پایه ی نظر کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) درباره نوآوری شکل گرفته است که مهمترین محرک های خلق، انتشار، و بهره برداری از نوآوری های فناورانه را در تعاملات نظام مند کنش گران، تحت زیرساخت های نهادی می داند. این برداشت از گسترش نوآوری فناورانه با الهام از تئوری بلوک های توسعه<sup>۲</sup> (Dahmén, 1988) و نیز در ارتباط با رویکردهای نظام ملی نوآوری<sup>۳</sup> (Freeman, 1988; Nelson, 1988) و نظام بخشی نوآوری<sup>۴</sup> (Breschi and Malerba, 1997) است.

از زمان توسعه اولیه این رویکرد در سال ۱۹۹۱، تغییرات مختلف و بهبودهای متفاوتی در مفهوم و ابزارهای عملیاتی آن صورت پذیرفته است. تمرکز بر فناوری های مشخص<sup>۵</sup> به جای تمرکز بر فناوری های عمومی و گسترده<sup>۶</sup>، تاکید بر وقوع نوآوری های بنیادین به عنوان محرک گذارهای اجتماعی-فنی به جای تاکید بر نوآوری فناورانه به عنوان ابزاری در ایجاد رشد اقتصادی، و توجه به فناوری های نوظهور (و غالباً پایدار) به جای توجه به سایر انواع فناوری، نمونه هایی از تغییرات و همگرایی هایی صورت گرفته در این حوزه است. علاوه بر این ها، شناسایی مجموعه ی فرایندهای لازم برای توسعه نوآوری تحت عنوان کارکردهای نظام نوآوری فناورانه، شناسایی مجموعه ی مکانیزم های اثرگذار بر شکل گیری نظام نوآوری فناورانه در قالب موانع و محرک های توسعه، ارائه ی تحلیل های ساختاری در قالب نقش کنش گران، نهادها، و شبکه ها در شکل گیری نوآوری، گسترش مفهوم شکست های بازار و با ارائه ی تعریفی جدید تحت عنوان شکست های سیستمی<sup>۷</sup>، برقراری ارتباط و ایجاد سازگاری میان رویکردهای مختلف گذار (مانند رویکرد TIS و MLP) و ارائه ی رویکردهایی برای راهبری شکل گیری نظام نوآوری فناورانه، نمونه هایی از بهبودهای صورت پذیرفته در رویکرد نظام های نوآوری فناورانه در طول زمان است.

<sup>1</sup> Technological innovation systems (TIS)

<sup>2</sup> Development blocks

<sup>3</sup> National innovation systems (NIS)

<sup>4</sup> Sectoral innovation systems (SIS)

<sup>5</sup> Specific technology

<sup>6</sup> Generic technology

<sup>7</sup> Systemic failures

به کار بردن رویکرد سیستمی در مطالعه‌ی تغییرات فناورانه، بستری برای درک توسعه فناوری را فراهم می‌نماید. نظام‌های نوآوری با تمرکز خاص بر فناوری، نمونه‌ای از این رویکردهای سیستمی هستند که در ادبیات از آن‌ها تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه<sup>۱</sup> یاد می‌گردد. بر این اساس، کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) این مفهوم را به صورت زیر تعریف میکنند:

شبکه‌ای پویا از عوامل که در یک حوزه‌ی اقتصادی/صنعتی خاص باهم در تعامل بوده، تحت مجموعه‌ای از زیرساخت‌های نهادی قرار داشته، و در فرایند خلق، انتشار و بهره‌برداری از دانش دخیل هستند.

نقطه شروع تحلیل در نظام‌های نوآوری فناورانه مرزهای جغرافیایی و یا یک صنعت خاص نبوده، بلکه این رویکرد تمرکز بر فناوری را هدف مطالعه قرار می‌دهد. با این حال، یک نظام نوآوری فناورانه می‌تواند در عین تمرکز بر یک فناوری، گستره‌ای از مرزهای جغرافیایی و بخشی مختلف را در برگیرد. هدف تحلیل‌های نظام نوآوری فناورانه ارزیابی روند توسعه یک نوآوری فناورانه از نگاه ساختار و فرایندهایی است که به پشتیبانی و یا ممانعت از آن می‌پردازد. در تعریف نظام نوآوری فناورانه، فناوری هم به معنای مواد، سخت‌افزارها، و نرم‌افزارهایی است که به شکل مستقیم در فرایند توسعه بکار می‌روند، و هم به شکل دانشی است که چه به شکل عمومی و یا نهفته در محصول وجود دارد (Bergek et al., 2008).

نظام نوآوری فناورانه علی‌رغم دارا بودن ویژگی‌های مشترک با سایر رویکردهای نظام نوآوری، دارای دو ویژگی متمایزکننده از آن‌هاست (Suurs and Hekkert, 2009):

- تاکید بر نقش شایستگی اقتصادی، به معنی توانایی در توسعه و بهره‌برداری از فرصت‌های جدید کسب‌وکار در ایجاد نوآوری فناورانه. بر این اساس، بهره‌برداری و ترکیب دانش‌های موجود جز جدایی ناپذیر نوآوری فناورانه می‌باشد. در حقیقت بر خلاف سایر رویکردها که تفکری کلان از نوآوری داشتند، این ویژگی بر اهمیت نیروهای کارآفرین به-عنوان منابع نوآوری تاکید دارد.

- تاکید جدی بر پویایی سیستم. تمرکز بر نقش کارآفرینان در این رویکرد، زمینه را برای بررسی روند شکل‌گیری این سیستم در طول زمان آماده کرده تا از این طریق روند پویایی در نظر گرفته شود.

در بکارگیری نظام نوآوری فناورانه، در نظرگیری چهار فرض اساسی ضروری است (Carlsson et al., 2002):

۱ این اصطلاح توسط محققین مختلف به گونه‌های متفاوت بکار گرفته شده است. Carlsson and Stankiewicz (۱۹۹۱) اصطلاح سیستم‌های تکنولوژیکی را بکار برده‌اند و محققان سوئدی

نیز واژه نظام نوآوری تکنولوژی محور را برگزیده‌اند.

- سیستم (نه تک تک اجزا) به عنوان واحد تحلیل قرار می گیرد. این فرض در سایر مدل های نظام نوآوری نیز مشابه است.
  - سیستم ماهیتی پویا دارد. بنابراین در نظر گرفتن بازخوردها برای بررسی روند شکل گیری این سیستمها ضروری می باشد.
  - فرصت های فناورانه عملا نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره برداری از فرصت های فناورانه صورت پذیرد. به عبارت دیگر، بالابردن توانایی جذب اهمیت بیشتری از توانایی تولید فناوری جدید دارد.
  - هر بازیگر در چارچوب خردپذیری محدود<sup>۱</sup> عمل میکند. به عبارت دیگر، بازیگران این نظام خردپذیر هستند، اما با محدودیت هایی از جنس توانایی ها و اطلاعات روبه رو هستند.
- در کنار رویکرد نظام نوآوری فناورانه، مفهوم بلوک های شایستگی<sup>۲</sup> قرار می گیرد. بلوک های شایستگی از جانب طرف تقاضا (محصول یا بازار) و به عنوان مجموع زیرساخت های لازم برای ساخت، انتخاب، تشخیص دادن، انتشار و بهره برداری از ایده های جدید در خوشه هایی از بنگاه ها تعریف می گردد. نمونه ای از تحلیل با این رویکرد را می توان در بلوک شایستگی برای نظام سلامت کشور سوئد جستجو نمود که در آن اجزای تشکیل دهنده نظام های نوآوری فناوری مختلف محصولات و فناوری های لازم بخش سلامت را تامین میکنند، به تصویر کشیده شده است.

### ۱-۷- شناخت کارکردی نظام نوآوری

نظام های نوآوری فناورانه را می توان به عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به کار برد ( Hekkert and Negro, 2009). از آن جایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام های فنی-اجتماعی نمی توان تمام جوانب تغییرات فناورانه را در نظر گرفت،

1 Bounded rationality

2 Competence block

این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورندهی چارچوبی برای تحلیل کارکردی<sup>۱</sup> نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. ادکویست (۲۰۰۴) دنبال کردن فرایندهای نوآوری و یا به تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به‌کارگیری نوآوری‌ها در عمل را به‌عنوان کارکرد اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد میکند. برای مطالعه‌ی میزان تحقق فرایندهای اصلی سیستم، محققان کارکردهای مختلفی را در سطح اول سیستم (زیرکارکرد) شناسایی کرده‌اند.<sup>۲</sup>

۱ کارکردها عوامل فرایندی مؤثر بر توسعه‌ی فناوری محسوب می‌شوند.

۲ هنگامی که گفته می‌شود کارکردها در سطح اول سیستم تعریف شده‌اند، کارکرد کلی سیستم به‌صورت پیش‌فرض در سطح صفر سیستم تعریف شده است.



## جدول ۱- فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف در طول زمان

کارکردها	مراجع
حمایت از سوی گروه- های پشتیبان تامین و تخصیص منابع	فعالیت‌های کآفرینی (Suurs and Hekkert, 2009; Suurs et al., 2010; Suurs et al., 2009)
ایجاد مشروعیت تامین و تخصیص منابع	فعالیت‌های کآفرینی (Van Alphen et al., 2009b)
مشروعیت- بخشی تامین و تخصیص منابع	فعالیت‌های کآفرینی (van Alphen et al., 2009a)
توسعه اثرات جانبی مثبت مشروعیت- بخشی تامین و تخصیص منابع	آزمایش‌های کارآفرینی (Bergek et al., 2008b; Jacobsson, 2008)
ایجاد مشروعیت/غلا به بر مقاومت در برابر تغییر تامین و تخصیص منابع	فعالیت‌های کارآفرینی (Alkemade et al., 2007; Hekkert and Negro, 2009; Hekkert et al., 2007a; Negro et al., 2008)
حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان تامین و تخصیص منابع	فعالیت‌های کآفرینی (Negro et al., 2007)





---

اطلاعات	هدایت فرایند جستجو شناسایی پتانسیل - های توسعه	تامین مشوق ها برای بنگاهها	برابر تغییر
---------	---------------------------------------------------------	----------------------------	-------------

---

اخیرا جاکوبسون و برگگ (۲۰۱۲) نیز دسته‌بندی پالایش شده‌ای از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه ارائه داده‌اند. با مرور بخش عمده‌ای از مقالاتی که به دسته‌بندی کارکردها پرداخته‌اند، هفت کارکرد اصلی مورد شناسایی قرار می‌گیرند. مجموعه کارکردهای ذکر شده به همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۲- کارکردهای پیشنهادی و شاخص های آن ها برگرفته از ( Bergek et al., 2008; Hekkert )  
(and Negro, 2009; Suurs et al., 2010)

شاخص	توصیف	کارکرد
فعالیت های کارآفرینی	شامل ترجمه ی دانش فنی موجود در زمینه ی یک فناوری خاص به زبان موقعیت های کاری جدید و انجام پروژه های عملیاتی و یا انجام فعالیت هایی با هدف اثبات مفید بودن فناوری نوظهور در محیط تجاری است .	تعداد و کیفیت پروژه های انجام شده با هدف تجاری سازی، حجم سرمایه - گذاری های خطرپذیر انجام شده، تعداد نمایشگاه های فناوری برگزار شده، تعداد پروژه های نمایشی انجام شده
خلق دانش	دربریگرندهی فعالیت های یادگیری است که به- طور عمده بر دانش فنی فناوری و به میزان کمتر، بر بازار، شبکه ها و مصرف کننده های آن تمرکز دارد. این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می- تواند واقع شود. یادگیری کتابخانه ای و یادگیری درحین انجام کار از انواع مهم این دسته از فعالیت ها هستند.	تعداد مقالات ISI منتشر شده، تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین المللی در زمینه فناوری، تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از فناوری، تعداد گزارش های تولید شده در رابطه با مطالعه ی بازار، تعداد مطالعات امکان سنجی انجام شده
انتشار دانش	دربریگرندهی فعالیت هایی است با هدف پراکنده- سازی <sup>۱</sup> و به اشتراک گذاری <sup>۲</sup> دانش و اطلاعات انجام می شوند. بنابراین، مهمترین نقش کارکرد انتشار دانش، ایجاد یادگیری تعاملی است. وجود روابط و در حالت پیچیده تر، شبکه هایی از بازیگران از پیش نیازهای این کارکرد به شمار می- رود.	تعداد کنفرانس ها و کارگاه های برگزار شده در رابطه با فناوری، تعداد و اندازه شبکه های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه، میزان جابه جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت فناوری
جهت دهی سیستم	به اشاره به فعالیت هایی دارد که منجر به مشخص- شدن نیازها و جهت دهی به فعالیت های بازیگران موجود در نظام فناوری می گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز	تعداد و اثربخشی قوانین مربوط به فناوری، استانداردهای تدوین شده، میزان شکل گیری انتظاراتی درباره ی آینده ی فناوری

1 Dissemination

2 Sharing

شاخص	توصیف	کارکرد
شکل گیری بازار	می تواند در قالب این کارکرد انجام شود. شامل فعالیتهایی (مانند حمایت های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه ی امتیازاتی منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری می- گردد.	تعداد و حجم niche markes تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری، تعداد و تنوع نهادهای تنظیم- شده برای شکل دهی به بازار، میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه گذاران، مرحله ی بلوغ (دوره ی عمر) بازار
تأمین منابع	شامل تخصیص سرمایه های مالی، انسانی، مکمل و مواد مورد نیاز برای توسعه فناوری است. همچنین، گسترش زیرساخت های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره ی این کارکرد قرار می گیرد.	حجم کمک های بلاعوض دولتی (یارانه) و سرمایه گذاری های بخش دولتی و خصوصی، میزان دسترسی به نیروی انسانی فنی، میزان دسترسی به مواد اولیه، میزان توسعه زیرساخت های مورد نیاز فناوری و محصولات و خدمات مکمل
مشروعیت بخشی	دربرگیرنده ی تمامی فعالیت ها با هدف غلبه بر مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری های کنونی از طریق تشویق صاحبان قدرت به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه است.	میزان هم گرائی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه، میزان مشروعیت سرمایه گذاری در توسعه ی فناوری و محصولات مربوط به آن، میزان رایزنی های سیاسی بین گروه های درگیر برای حمایت از فناوری، میزان حمایت از فناوری در رسانه ها

همان طور که اشاره شد، نظام های نوآوری تکنولوژیک را می توان به عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات تکنولوژیک به کار برد. دنبال کردن فرایندهای نوآوری و یا به تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به کارگیری نوآوری ها در عمل را به عنوان کارکرد اصلی نظام های نوآوری قلمداد میکند. برای مطالعه ی میزان تحقق کارکرد اصلی سیستم، محققان کارکردهای مختلفی را در سطح

اول سیستم شناسایی کرده‌اند<sup>۱</sup>. بنابراین می‌توان به کارکردهای سیستم به‌عنوان زیرکارکردهای کارکرد اصلی آن نگریست. این کارکردها عوامل فرایندی مؤثر بر توسعه‌ی تکنولوژی محسوب می‌شوند. همچنین، کارکردهای سیستم برابندی از فعالیت‌های رخ داده در آن می‌باشند. یعنی با دسته‌بندی فعالیت‌های متجانس می‌توان کارکردهای نظام را شناسایی کرد. ارائه‌ی دسته‌بندی‌های مختلف از کارکردها نیز به‌علت وجود دسته‌بندی‌های مختلف از فعالیت‌های سیستم است.

با توجه به مطالعه ادبیاتی که در گزارش متدولوژی درباره کارکردها صورت پذیرفت، هفت کارکرد فعالیت‌هی کارآفرینی، خلق دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، تامین منابع موردنیاز، شکل‌دهی به بازار، و مشروعیت‌بخشی کارکردهای اصلی یک نظام نوآوری است. برای اینکه بتوان به شناسایی موانع و محرک‌های موجود در انجام فعالیت در هر کارکرد پرداخت، لازم است تا در ابتدا شاخص‌هایی برای هر کارکرد استخراج نمود. بر اساس این شاخص‌ها، در فاز بعدی پرسش‌هایی (با محوریت قرار دادن هر شاخص و زیرکارکرد) طراحی می‌گردد و انجام مصاحبه پیرامون مجموعه پرسش‌های هر کارکرد، استخراج کلیه موانع و محرک‌های در تمام ابعاد آن کارکرد را نتیجه می‌دهد. برای این منظور، در زیر کارکردهای نظام نوآوری به‌همراه شاخص‌های مشخص‌کننده آن‌ها ارائه شده است.

### الف) فعالیت‌های کارآفرینی

کارآفرینان، در کانون توسعه‌ی هر فناوری قرار می‌گیرند. نقش کارآفرینان، ترجمه‌ی دانش فنی موجود در زمینه‌ی یک فناوری خاص به زبان موقعیت‌های کاری جدید و انجام پروژه‌های عملیاتی است. همچنین، فعالیت‌های کارآفرینی شامل پروژه‌هایی با هدف اثبات مفید بودن فناوری نوظهور در محیط تجاری است. بنابراین، هدف فعالیت‌های کارآفرینی، انتفاعی است. درحقیقت، کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی نقطه‌ی جدایش نظام تکنولوژیکی نوآوری از یک سیستم تحقیق و توسعه است. مثال‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد، ساخت نمونه‌های اولیه از فناوری با هدف فروش یا نمایش آن و برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی از آن است. کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی را می‌توان در بخش خصوصی و از طریق شرکت‌های انتفاعی و نیز از طریق بازیگران موجود در بخش دولتی تحقق بخشید. بنابراین، بسته به نیاز فناوری و توانایی بازیگران می‌توان از قابلیت‌های هر دو بخش بهره برد. شرکت‌های انتفاعی دخیل در تحقق این کارکرد را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول، شرکت-

<sup>۱</sup> هنگامی که گفته می‌شود کارکردها در سطح اول سیستم تعریف شده‌اند، کارکرد کلی سیستم به‌صورت پیش‌فرض در سطح صفر سیستم تعریف شده است.

کننده‌های جدیدی هستند که از فرصت ایجاد شده، به‌عنوان چشم‌اندازی در تسخیر بازار جدید بهره می‌برند. دسته‌ی دوم، شرکت‌های موجودند که در استراتژی خود، استفاده از مزایای فناوری‌های جدید را هدف قرار داده‌اند. بنابراین، این کارکرد دربرگیرنده‌ی ایجاد شرایط سرمایه‌گذاری مناسب در زمینه‌ی کارآفرینی و نیز میزان ظهور سازمان‌های کارآفرین در محیطی رقابتی است. رخدادهای نشان‌گر تحقق این کارکرد در یک فناوری خاص عبارتند از:

- سرمایه‌گذاری خطرپذیر صورت‌پذیرفته در فناوری
- ورود شرکت‌های نوآور داخلی در این زمینه
- ارائه‌ی محصولات و خدمات جدید در زمینه فناوری
- ظهور شرکت‌های نوپا در زمینه فناوری
- انجام پروژه‌هایی با هدف تجاری‌سازی فناوری

### ب) خلق دانش

کارکرد خلق دانش دربرگیرنده‌ی فعالیت‌های یادگیری است که به‌طور عمده بر دانش فنی فناوری و به‌میزان کمتر، بر بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کننده‌های آن تمرکز دارد. این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. یادگیری کتابخانه‌ای و یادگیری درحین انجام کار از انواع مهم این دسته از فعالیت‌ها هستند. کارکرد خلق دانش را باید به‌عنوان پیش‌نیازی ضروری برای توسعه فناوری در نظر گرفت. در بستر توسعه‌ی فناورانه، افزایش نرخ خروجی در تولید دانش، می‌تواند منجر به پدیداری گزینه‌های فناورانه و کاربردی بیشتری از فناوری در نظام تکنولوژیکی نوآوری شود. فعالیت‌های توسعه‌ی دانش می‌توانند منبع داخلی یا خارجی داشته باشند. به‌بیان بهتر می‌توان گفت که توسعه‌ی دانش، می‌تواند توسط فعالیت‌هایی بصورت درون‌زا و یا انتقال فناوری انجام پذیرد. نمونه‌ی فعالیت‌هایی که در این کارکرد می‌توان نام برد در زیر آورده شده‌اند:

- پروژه‌های تحقیق و توسعه‌ی انجام شده با هدف توسعه‌ی دانش در زمینه‌های ساخت و طراحی توسط سازمان‌های مختلف (در بخش‌های صنعت، دانشگاه و دولت) شامل:
  - مطالعات کتابخانه‌ای
  - طرح‌های پایلوت
  - توسعه‌ی نمونه‌های اولیه (Prototype)
- انتقال فناوری



- مهندسی معکوس

- سرمایه‌گذاری‌های مشترک با هدف توسعه‌ی دانش

این پروژه‌ها می‌توانند توسط پتنت‌های ثبت شده (حق اختراعات)، مقالات و کتاب‌های منتشر شده و گزارش‌های تدوین شده، بررسی عملکرد سازمان‌های تحقیقاتی فعال (خصوصی یا عمومی) در زمینه‌ی فناوری و نیز محصولات تولید شده شناسایی شوند.

### ج) انتشار دانش

این کارکرد دربرگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است که با هدف تسهیم (پراکنده‌سازی و به‌اشتراک‌گذاری) دانش و اطلاعات انجام می‌شوند. بنابراین، مهمترین نقش کارکرد انتشار دانش، ایجاد یادگیری تعاملی است. وجود روابط و در حالت پیچیده‌تر، شبکه‌هایی از بازیگران از پیش‌نیازهای این کارکرد به‌شمار می‌رود. مهمترین نقش یک شبکه، آسان‌سازی تبادل اطلاعات در بین بازیگران است. کارکرد انتشار دانش، شامل این تعاملات موجود میان بازیگران است. فعالیت‌های مربوط به انتشار دانش، توسط دامنه‌ی گسترده‌ای از بازیگران انجام می‌شود. در وضعیت مطلوب، سیاست‌گذاران با توسعه‌دهندگان فناوری (صنعت‌گران) رابطه برقرار میکنند و توسعه‌دهندگان فناوری نیز با پژوهشگران حوزه فناوری، مرتبط می‌باشند. از طریق این تعاملات، فهم مشترکی از موضوع توسعه فناوری در بین بازیگران مختلف ایجاد می‌گردد. این فهم مشترک منجر به افزایش سازگاری ساختار موجود با فناوری نوظهور و بالعکس می‌شود. موارد زیر را می‌توان نمونه‌هایی از رخدادهای مربوط به این کارکرد دانست:

- استفاده از رسانه‌های جمعی برای انتشار مطالب پیرامون فناوری شامل اطلاعات فنی و غیرفنی (مانند بازار)
- فراهم‌آوری بسترهای لازم برای اطلاع‌رسانی در رابطه با دانسته‌های موجود (بدانیم که چه می‌دانیم) مانند فراهم‌آوری

پایگاه‌های اطلاعاتی یکپارچه

- میزان فعالیت شبکه‌های دانشی موجود
- برگزاری کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی
- پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران با هدف تبادل دانش

### د) جهت‌دهی به سیستم

به علت محدود بودن منابع در دسترس، می بایست از میان گزینه های مختلف فناورانه موجود دست به انتخاب زد. بدون انجام این کار، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه ی وسیعی از گزینه ها پراکنده شده و به هدر می رود. برای جلوگیری از هدر رفتن منابع، کارکرد جهت دهی به جستجو در روند توسعه ی فناورانه تعریف می گردد.

کارکرد جهت دهی به جستجو، اشاره به فعالیت هایی دارد که منجر به مشخص شدن نیازها و جهت دهی به فعالیت های بازیگران موجود در نظام فناوری می گردد. بنابراین، بدون وجود این کارکرد، تمام منابع موجود به هدر رفته و تمام گزینه های توسعه، ناموفق باقی می ماند. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می تواند در قالب این کارکرد انجام شود. این کارکرد می تواند توسط بازیگران مختلفی از جمله صنعت، دولت و بازار تحقق پیدا کند.

نمونه هایی از رخدادهای موثر بر تحقق این کارکرد، به شرح زیر است:

- هدف گذاری های انجام شده در زمینه فناوری
- استانداردهای تدوین شده در زمینه ی مطالعات و جهت دهی های مناسب
- قوانین وضع شده در زمینه ی فناوری (تسهیل گر، تنظیم گر، سیاست ها)
- حرکت های جمعی از سوی تعدادی از بازیگران در نتیجه ی شکل گیری برخی انتظارات و یا هنجارها
- نگاه های مثبت و یا منفی ایجاد شده در رابطه با سیستم یا بخشی از آن

## ه) شکل دهی به بازار

نیاید انتظار داشت که فناوری های نوظهور، توانایی رقابت با فناوری های موجود را داشته باشند. بنابراین، نیاز به ایجاد محیطی با هدف افزایش رقابت پذیری فناوری نوظهور احساس می شود. کارکرد شکل گیری بازار، شامل فعالیت هایی (مانند حمایت های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه ی امتیازاتی منجر به ایجا تقاضا برای فناوری می گردد. با فعالیت های مختلفی می توان به تحقق این کارکرد کمک کرد:

- ایجاد مزیت رقابتی بوسیله سیاست های مالیاتی بر فناوری و صنایع رقیب
- کاهش هزینه های مصرف فناوری
- وضع آیین نامه ها و قواعد تنظیم کننده بازار در مورد فناوری
- معافیت های مالیاتی بر فناوری

- اعطای تسهیلات در صورت استفاده از فناوری
- تعیین حداقلی از سهم استفاده از فناوری
- اقدامات انجام شده برای بازاریابی محصولات تولید شده از فناوری

### (و) بسیج منابع

دسترسی به منابع مورد نیاز، از ضرورت های توسعه نظام های نوآوری است. کارکرد تأمین منابع، به تخصیص سرمایه های مالی، انسانی، مکمل و مواد مورد نیاز برای توسعه فناوری می پردازد. فعالیت های مربوط به این کارکرد شامل انواع سرمایه گذاری ها و یارانه های تعلق گرفته به عوامل مختلف توسعه است. همچنین، گسترش زیرساخت های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره ی این کارکرد قرار می گیرد.

این کارکرد می تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر موثر دیگری در توسعه فناوری، برآورده گردد. با افزایش سطح بلوغ فناوری نوظهور، انتظار می رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز نیز بیشتر گردد. نمونه ای از فعالیت های مربوط به این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

- کمک های بلاعوض دولتی (سوبسید) برای گسترش و نشر فناوری یا انجام فعالیت کارآفرینی
- سرمایه گذاری های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
- توسعه زیرساخت های مورد نیاز فناوری
- تلاش های انجام گرفته برای تأمین مواد و قطعات مورد نیاز
- تلاش های انجام گرفته برای آموزش نیروهای انسانی (علمی و مهارتی)

### (ز) مشروعیت بخشی

ظهور یک فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری های کنونی همراه می شود. بنابراین، می بایست بازیگران فناوری نوظهور، بر این لختی غلبه نمایند. این امر، از طریق تشویق صاحبان قدرت به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام تکنولوژیکی نوآوری صورت می پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی های سیاسی و رایزنی هایی است که بین گروه ذینفعان فناوری صورت می پذیرد. این کارکرد، به میزان زیادی با کارکرد جهت دهی فرایندهای

تحقیقاتی شباهت دارد. بزرگترین تفاوت بین آنها این است که در کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، قواعد موجود در نظام تکنولوژیکی نوآوری تغییر نمیکنند. این کارکرد تنها به متقاعدسازی نهادهای پشتیبان می‌پردازد. سپس، رسمیت بخشیدن به فناوری از طریق وضع قواعد جدید، توسط نهادهای پشتیبان صورت می‌پذیرد. فعالیت وضع قوانینی در حمایت از فناوری نیز مربوط به کارکردهای دیگر (مانند جهت‌دهی فرایندهای تحقیقاتی و تأمین منابع) است.

با وجود برآورده شدن این کارکرد توسط بخش خصوصی و عمومی، بازیگران بخش خصوصی مانند سازمان‌های غیر دولتی (NGO) و یا صنایع حامی فناوری نقش پررنگ‌تری را ایفا میکنند. توجه شود که در تمام فعالیت‌های این کارکرد، گروهی از بازیگران، گروهی دیگر از بازیگران با قدرت اجرایی را به استفاده از فناوری نوظهور ترغیب میکنند. نمونه‌ای از رخدادهای موثر در تحقق این کارکرد، موارد زیر است:

- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری
- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت (شامل NGOها)
- شکل‌گیری شبکه‌هایی با هدف افزایش قدرت سیاسی بازیگران
- حمایت‌های انجام‌شده از فناوری از سوی تصمیم‌گیران

براساس شاخص‌ها و تعاریف چکیده ارائه شده از هر یک از کارکردهای هفت‌گانه، می‌توان دید کاملی از تمام ابعاد یک کارکرد بدست آورد. بر اساس این دید کامل، سوالات مطرح شده در فاز دو از جامعیت برخوردار می‌گردند. به‌زور خلاصه، کلیه زیرکارکردها را می‌توان در قالب جدول صفحه بعد به‌نمایش گذاشت:

### جدول ۳- کارکردهای نظام نوآوری و شاخص‌های مربوطه

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
فعالیت‌های کارآفرینانه	ایجاد		تعداد پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی
	فرصت‌های جدید		تعداد شرکت‌های ثبت شده در زمینه‌ی فناوری
			ورود شرکت‌های موجود به عرصه‌ی فناوری
			حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده
	نمایش		برگزاری نمایشگاه تکنولوژی
	فرصت‌های جدید		انجام پروژه‌های نمایشی

عامل	زیرعامل	شاخص های کیفی	شاخص های کمی
توسعه دانش	فنی	تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی	تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین-المللی در زمینه تکنولوژی
		تعداد سازمان های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی	تعداد سازمان های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی
		اندازه ی سازمان های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی	تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از تکنولوژی
		تعداد توسعه و ایجاد نمونه های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (Prototype)	تعداد گزارش های تولید شده در رابطه با مطالعه ی بازار
		تعداد مطالعات امکان سنجی انجام شده	تعداد فعالیت های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
انتشار دانش	فنی	تعداد کنفرانس ها و کارگاه های برگزار شده در رابطه با فناوری	تعداد کنفرانس ها و کارگاه های برگزار شده در رابطه با فناوری
		تعداد شبکه های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک	تعداد شبکه های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک
		میزان جابه جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی	تعداد گزارش های منتشر شده در رابطه با مطالعه ی بازار
		تعداد مطالعات امکان سنجی منتشر شده	تعداد مطالعات امکان سنجی منتشر شده
جهت دهی به سیستم	رسمی (وضع نهادها)	قانون گذاری در رابطه با تکنولوژی	قانون گذاری در رابطه با تکنولوژی
		استانداردهای تدوین شده	استانداردهای تدوین شده
	غیررسمی	وضع چشم اندازهای جدید برای	وضع چشم اندازهای جدید برای

عامل	زیرعامل	شاخص های کیفی	شاخص های کمی
	(شکل گیری انتظارات)	توسعه ی تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثر گذارند	
		شکل گیری محرک هایی برای توسعه ی تکنولوژی یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی تکنولوژی)	
		شفاف سازی تقاضای کاربران اصلی	
		رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر	
		ایجاد تغییر در عوامل کلان اثر گذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی)	
		شکل گیری انتظاراتی درباره ی آینده ی تکنولوژی	
شکل گیری بازار		شفاف سازی پتانسیل بازار	
		میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه گذاران	
		شناسایی مرحله ی بلوغ (دوره-ی عمر) بازار	
		تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی	
		تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل دهی به بازار	
بسیج منابع	مالی		کمک های بلاعوض دولتی (یارانه)
			سرمایه گذاری های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
	انسانی	در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی مورد نظر	

عامل	زیرعامل	شاخص های کیفی	شاخص های کمی
	مواد	تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه ی تکنولوژی از خارج از کشور	
	دارایی های مکمل	توسعه زیرساخت های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل	
مشروعیت بخشی		میزان هم گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری تکنولوژیک در حال توسعه	
		میزان مشروعیت سرمایه گذاری در توسعه ی تکنولوژی و محصولات مربوط به آن	
		رایزنی های سیاسی بین گروه های درگیر برای حمایت از تکنولوژی	
		اعمال نفوذ گروه های پشتیبان تکنولوژی در بخش های مختلف دولت و صنعت	
		میزان حمایت از تکنولوژی مورد نظر در رسانه ها	

## ۲- چالشها و موانع پیش روی توسعه فناوری توربین گاز

### ۲-۱- مقدمه

به منظور تدوین سیاست های توسعه فناوری در گام نخست می بایست موانع و چالش های پیش روی توسعه فناوری شناسایی شده تا بر اساس آنها راهکارها و اقدامات سیاستی تدوین گردد. در ادامه چالش های شناسایی شده ارائه می گردد.

## ۲-۲- شناسایی موانع و چالشها

در مطالعه حاضر به علت اینکه در فازهای قبل محدوده مطالعات و اولویت توسعه فناوری، توسعه تیپ مشخصی از توربین می- باشد و توسعه صنعت توربین گاز در کشور مدنظر نمی باشد، لذا تمرکز مطالعه بیشتر بر روی نقشه راه تحقیق و توسعه توربین گاز کلاس F بوده و ابعاد مختلف توسعه فناوری در نظام نوآوری مورد نظر نیست. در نتیجه تنها به چالشهای پیش روی تحقیق و توسعه توربین گاز کلاس F از حیث کارکردهای مرتبط با آن پرداخته می شود.

به منظور جمع آوری و شناسایی چالشهای موجود از دو روش مصاحبه و پنل خبرگان استفاده شده است. نام و مسئولیت خبرگان اشاره شده به شرح جدول ذیل است.

### جدول ۴- نام و مسئولیت افراد پاسخ دهنده به پرسشنامه

نام خبرگان	مسئولیت	نقش
۱- آقای دکتر مسعود برومند	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	مشاور و مطلع
۲- آقای دکتر نادر منتظرین	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	مشاور و مطلع
۳- آقای دکتر کریم مظاهری	دانشگاه صنعتی شریف	مشاور و مطلع
۴- آقای دکتر محمد اولیاء	دبیر کمیته راهبری - مپنا (توگا)	مسئول
۵- آقای مهندس بهنام تحویل دار	مپنا (توگا)	مشاور و مطلع
۶- آقای مهندس محمد رضا ده آفرین	وزارت نیرو	مشاور و مطلع
۷- آقای مهندس سید محمد حسین دیباجی	وزارت نفت	مشاور و مطلع
۸- دکتر محمد ضابطیان	دانشگاه تربیت مدرس	مشاور و همکار
۹- مهندس سید سعید ضیایی طباطبایی	پژوهشگاه نیرو	مدیر پروژه

در مصاحبه های انجام گرفته با خبرگان ذکر شده در جدول فوق، به چالشهای زیر اشاره شد. که آنها را ذیل ۶ کارکرد نظام ملی نوآوری (کارآفرینی، توسعه دانش، تأمین و تسهیل منابع، انتشار دانش، جهت دهی به سیستم و شکل دهی به بازار) قرار می گیرند.

جدول ذیل مهمترین چالشهای پیش روی توسعه فناوری توربین گاز را نشان می دهد.



## جدول ۵- مهمترین چالش های پیش روی توسعه فناوری توربین گاز

کارکردهای نظام نوآوری	چالش ها
توسعه دانش	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کمبود زیر ساخت آزمایشگاهی و تجربه کافی در توسعه توربین گاز کلاس بالاتر</li> <li>✓ عدم صنعتی شدن رویکرد دانشگاه ها دانشگاه و عدم علاقه به کار در حوزه های کاربردی غیر مقاله ای</li> <li>✓ ضعف در مشارکت دانشگاه ها و مراکز پژوهشی در توسعه فناوری مورد نیاز صنعت توربین گاز</li> <li>✓ عدم وجود برنامه جامع تحقیقات توسعه ای</li> </ul>
تامین و تسهیل منابع	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کمبود تامین اعتبارات لازم به منظور حمایت از توسعه فناوری</li> </ul>
انتشار دانش	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ عدم وجود همکاری کافی میان دست اندرکاران توسعه بخش توربین گازی در به مشارکت گذاشتن دانش استحصال شده با یکدیگر</li> <li>✓ ضعف در فرآیند مستندسازی در دانشگاه ها، صنایع و سازمانها</li> <li>✓ عدم وجود بستری مناسب برای رسوب فناوری کسب شده</li> <li>✓ عدم انتشار اطلاعات مبسوط از جریان کارها برای عموم محققین، مسئولین و سیاستگذاران</li> </ul>
شکل دهی به بازار	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ عدم وجود بازار مطمئن و تضمین شده پیش روی توسعه دهندگان فناوری به خرید محصول فناورانه در داخل</li> <li>✓ کاهش اندازه بازار داخل و لزوم حضور در بازارهای صادراتی در بلندمدت</li> </ul>

پس از مصاحبه و اخذ نظر خبرگان و متخصصان صنعت توربین گاز و اعضای محترم کمیته راهبری و شناسایی چالشهای فوق جلساتی در قالب پنل با حضور خبرگان معرفی شده در جدول ۴ تشکیل، چالش های اصلی شناسایی شده اند.

### ۳- تدوین اقدامات و سیاستهای پشتیبان

#### ۳-۱- مقدمه

برنامه اقدامات را میتوان به دو دسته اقدامات فنی و اقدامات سیاستی تقسیم نمود. بر این اساس اقدامات فنی متناظر با پروژه-های توسعه فناوری در نظر گرفته شده و اقدامات سیاستی متناظر با بحث برطرف سازی چالشهای نظام نوآوری است.

#### ۳-۲- اقدامات سیاستی

براساس چالشها و موانع پیش روی مطرح شده در جدول ۵ حوزه توسعه فناوری توریسم گاز لازم است مجموعه‌ای از سیاستها و اقدامات متناظر با آنها، تدوین شوند. به عبارت دیگر بسترسازی مناسب برای پیاده‌سازی راهبرد فناوری و جهت‌دهی مناسب انگیزه‌ها، ساختار، منابع، قوانین، بازیگران و روابط بین آنها ضرورتی انکارناپذیر برای تسهیل اجرای راهبردها و در نهایت تحقق اهداف می‌باشد. سیاستهای مورد نیاز به منظور بسترسازی مناسب جهت رفع چالشهای پیش روی توسعه توریسم که با استفاده از نظرات خبرگان ذکر شده در جدول ۴ پیشنهاد گردیده‌اند به شرح جدول ذیل می‌باشند.

جدول ۶- سیاست‌هایی جهت مقابله با چالش‌های اصلی پیش روی توسعه فناوری توریسم گاز

کارکردهای نظام نوآوری	چالش‌ها	سیاست‌های خرد
-----------------------------	---------	---------------

سیاست‌های خرد	چالش‌ها	کارکردهای نظام نوآوری
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تاسیس مرکز تخصصی و فنی توربین با ملاحظات زیر:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ تهیه و تدوین راهنماها، روندها و تعیین استانداردهای طراحی و تست برای توربین های گازی و قطعات آن ها بر اساس مکانیزم های بین المللی و هم چنین در نظر گرفتن شرایط کشور</li> <li>○ به روز رسانی کلیه استانداردها بر اساس بازخوردهای موجود</li> <li>○ اجرا و هدایت عملیات تست برای کل صنعت توربین گاز شامل تست کل توربین گاز، قطعات و عملکرد شبکه بر اساس معیارها و روندهای بین المللی.</li> <li>○ صدور تاییدیه ها و گواهی نامه ها مطابق با استانداردهای موجود.</li> <li>○ تدوین دستورالعمل ها، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی به منظور کاهش الایندگی توربین های گازی</li> <li>○ بررسی و کنترل دائمی عملکرد صنعت توربین گاز</li> <li>○ ایجاد و به روز رسانی بانک جامع اطلاعاتی توربین گاز</li> <li>○ باز طراحی نظام ارتباط دولت، صنعت و دانشگاه</li> </ul> </li> <li>✓ تخصصی نمودن زیرساخت‌ها و تأسیس آزمایشگاه‌های تخصصی و تحقیقاتی</li> <li>✓ استفاده بهینه از ظرفیت آزمایشگاه های تخصصی موجود به منظور جلوگیری از اتلاف منابع</li> <li>✓ جهت دهی بودجه های پژوهشی حاکمیتی در جهت ایجاد زیر ساخت های آزمایش و حمایت پروژه های توسعه محصول و تکنولوژی مربوط به توربین گاز کلاس بالاتر</li> <li>✓ حمایت دولت از پروژه‌های تحقیقاتی مشترک با صاحبان فناوری</li> <li>✓ بورس تحصیلی متخصصین توربین گاز به خارج کشور در حوزه های تخصصی، حمایت جدی در جهت جذب و حفظ نخبگان، برگزاری دوره های تخصصی حین کار</li> <li>✓ سرمایه گذاری مشروط در دانشگاه در صورت انجام موفقیت آمیز طرح‌ها، کاربرد، مورد نیاز صنعت</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کمبود زیر ساخت آزمایشگاهی و تجربه کافی در توسعه توربین گاز کلاس بالاتر</li> <li>✓ عدم صنعتی شدن رویکرد دانشگاه‌ها دانشگاه و عدم علاقه به کار در حوزه‌های کاربردی غیر مقاله‌ای</li> <li>✓ ضعف در مشارکت دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی در توسعه فناوری مورد نیاز صنعت توربین گاز</li> <li>✓ عدم وجود برنامه جامع تحقیقات توسعه‌ای</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>توسعه دانش</b></p>

سیاست‌های خرد	چالش‌ها	کارکردهای نظام نوآوری
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ متمرکز و هدفمند نمودن بودجه پژوهشی وزارت نیرو در جهت تخصیص منابع مالی سالیانه به توسعه فناوری توربین گازی</li> <li>✓ انجام رایزنی‌های لازم جهت ایجاد زمینه برای ارائه وام‌های بلند مدت با سود کم از صندوق‌های حمایتی (صندوق توسعه ملی، صندوق نوآوری و شکوفایی و ...) به توسعه دهندگان فناوری توربین گاز</li> <li>✓ انجام رایزنی‌های لازم توسط بانک مرکزی به منظور تسهیل فرایند اخذ وام از بانکهای خارجی (Finance) در جهت توسعه نیروگاههای گازی با فناوری پیشرفته</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کمبود تامین اعتبارات لازم به منظور حمایت از توسعه فناوری</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>تامین و تسهیل منابع</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ حمایت از تهیه و انتشار مجلات تخصصی توربین گاز (دانشگاهیان، صنعتکاران، بخش خصوصی) با دیدگاه ترویجی</li> <li>✓ راه اندازی پایگاه اطلاعاتی جامع صنعت توربین گاز (سیاستگذاران، دانشگاهیان، صنعتکاران، بخش خصوصی (سرمایه گذاران)، عموم مصرف کنندگان) و انتشار تولیدات علمی و فنی در این حوزه</li> <li>✓ برگزاری منظم کنگره های تخصصی و کنفرانس های ملی و بین المللی توربین های گازی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ عدم وجود همکاری کافی میان دست‌اندرکاران توسعه بخش توربین گازی در به مشارکت گذاشتن دانش استحصال شده با یکدیگر</li> <li>✓ ضعف در فرآیند مستندسازی در دانشگاهها، صنایع و سازمانها</li> <li>✓ عدم وجود بستری مناسب برای رسوب فناوری کسب شده</li> <li>✓ عدم انتشار اطلاعات مبسوط از جریان کارها برای عموم محققین، مسئولین و سیاستگذاران</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>انتشار دانش</b></p>

سیاست‌های خرد	چالش‌ها	کارکردهای نظام نوآوری
<p>✓ عقد قراردادهای تضمینی پیش خرید تعداد مشخصی از محصولات فناورانه تولید شده (Niche Market)</p> <p>✓ حمایت، پشتیبانی و ارائه تسهیلات لازم از طرف دولت در جهت ایجاد بازارهای صادراتی توربین گازی</p>	<p>✓ عدم وجود بازار مطمئن و تضمین شده پیش روی توسعه‌دهندگان فناوری به خرید محصول فناورانه در داخل</p> <p>✓ کاهش اندازه بازار داخل و لزوم حضور در بازارهای صادراتی در بلندمدت</p>	<p>شکل‌دهی به بازار</p>

### ۳-۳- اقدامات فنی (پروژه‌های توسعه فناوری)

نسخه اولیه برنامه اقدامات فنی بر اساس نیاز های فنی گروه مپنادر توسعه توربین گازی کلاس F تهیه شد. این برنامه در جلسه کمیته راهبردی بررسی گردید و پس از اعمال تغییرات مورد تأیید اعضای محترم کمیته قرار گرفت. لیست اقدامات فنی به شرح زیر می‌باشد.

نسخه اولیه برنامه اقدامات فنی بر اساس نیاز های فنی گروه مپنادر توسعه توربین گازی کلاس F تهیه شد.

#### ○ حوزه کمپرسور

- تکمیل زیرساخت‌های تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور
- صحنه گذاری طراحی اولیه
- طراحی کامل کمپرسور
- ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید

#### ○ حوزه محفظه احتراق

- تکمیل زیرساخت‌های تست و آزمون

- طراحی محفظه احتراق حلقوی و مشعلها
- ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متأثر از آن
- طراحی سیستمهای جانبی مرتبط

#### ○ حوزه توربین

- تکمیل زیرساختهای لازم ساخت، تست و آزمون
- طراحی آیرودینامیک توربین
- طراحی خنک کاری و پوشش
- طراحی مکانیک و آببندها
- طراحی سیستم هوای ثانویه
- توسعه و ساخت اولین سری پرهها و پوسته وسیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید

#### ○ آزمون های پروتوتایپ محصول جدید

- انتخاب و تهیه ابزار دقیق، تجهیزات جانبی و زیرساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ و ساخت اولین نمونه
- تغییرات و اصلاحات در طراحی
- تست و آزمون نمونه

همانطور که ذکر گردید، به منظور دستیابی به چشم انداز و اهداف کلان طراحی شده در گزارش مرحله سوم و در راستای سیاستهای خرد طرح شده در بخش قبل، لازم است اقدامات فنی انجام گیرد که هر کدام از این اقدامات را در قالب یک پروژه توسعه فناوری می توان در نظر گرفت. لذا باید هزینه و زمان لازم برای پیاده سازی هر کدام از پروژهها را ارزیابی نموده تا بتوان برنامه ریزی صحیحی با توجه به زمان و منابع محدود به عمل آورد. که در گزارش فاز چهارم به تفصیل ارائه خواهد شد.

#### ۴- جمع بندی و نتیجه گیری کلی گزارش

در این گزارش به عنوان فاز چهارم از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری توربین گاز، به موضوعات تدوین سیاستها و اقدامات فنی این حوزه، پرداخته شد. در این راستا علاوه بر بررسی مختصر ادبیات موضوع، مطالب مربوط به چالشهای پیش روی توسعه فناوری توربین گاز شناسایی گردید و راهکارهایی در قالب اقدامات سیاستی برای برطرف نمودن چالشهای شناسایی شده ارائه گردید. در ادامه لیست اقدامات فنی مرتبط با بحث توسعه فناوری با همکاری صنعت تهیه و طی جلساتی مورد تأیید اعضای محترم کمیته راهبری کمیته راهبری قرار گرفت.

## مراجع

- [1] **Ahrens, J.**, 2002. *Governance and the implementation of technology policy in less developed countries*. Econ. Innovation New Tech. 11, 441-476.
- [2] **Colebatch H.K.**, 2002. *Policy*. Second edition, Open University Press, Buckingham.
- [3] **Faulhaber G.R.**, 2000. *Emerging technologies and public policy: in Wharton on managing emerging technologies*, ed. G.S. Day, P.J.H. Schoemaker and R.E. Gunther, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [4] **Agency, International Energy**. *Energy Technology Roadmaps: a guide to development and implementation*. Paris : OECD/IEA, 2014.

[۵] مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور. روش شناسی تدوین اسناد ملی فناوری های راهبردی. تهران : در دست چاپ،

۱۳۹۲.

[6] <http://2rooznameh.ir/index/index.php/>



## فهرست مطالب

۱-مرور ادبیات: مفاهیم نقشه راه.....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۱
۲-۱- تدوین نقشه راه.....	۲
۲-تدوین نقشه راه توسعه فناوری توریسم گازی .....	۵
۲-۱- مقدمه .....	۵
۲-۲- تعیین زمان و هزینه اجرای اقدامات فنی .....	۶
۲-۳- ره نگاشت توسعه فناوری توریسم گاز .....	۸
۲-۴- تعیین نهادهای مجری طرح ها .....	۱۰
۲-۵- شناسنامه اقدامات و پروژه های فنی .....	۱۲
۲-۶- نحوه تقسیم کار ملی .....	۱۶
۳-جمع بندی و نتیجه گیری کلی گزارش .....	۱۹
پیوست: پاسخ سوالات مطروحه در شورای پژوهشی وزارت نیرو .....	۲۰
مراجع .....	۲۲

## فهرست شکلها

- شکل ۱- مسیر کلی طراحی و ساخت توریسم ..... ۹
- شکل ۲- رهنگاشت توسعه فناوری توریسم های گازی کشوری در افق ۱۴۰۴ ..... ۹
- شکل ۳- رهنگاشت و سرمایه گذاری سالیانه شرکت مپنا در توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۱۱
- شکل ۴- ره نگاشت و سرمایه گذاری سالیانه وزارت نیرو در توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۱۲
- شکل ۵- ساختار اجرایی در سطح ملی ..... ۱۸

## فهرست جداول

- جدول ۱- عناوین طرح‌ها، مدت زمان و منابع مورد نیاز جهت توسعه فناوری کمپرسور ..... ۶
- جدول ۲- عناوین طرح‌ها، مدت زمان و منابع مورد نیاز جهت توسعه فناوری محفظه احتراق ..... ۷
- جدول ۳- عناوین طرح‌ها، مدت زمان و منابع مورد نیاز جهت توسعه فناوری توریسم ..... ۷
- جدول ۴- عناوین طرح‌ها، مدت زمان و منابع مورد نیاز جهت توسعه فناوری آزمون‌های پروتوتایپ محصول جدید ..... ۸
- جدول ۵- طرح‌ها و سرمایه‌گذاری توسعه ای شرکت مپنا ..... ۱۰
- جدول ۶- طرح‌ها و سهم سرمایه‌گذاری وزارت نیرو ..... ۱۱

## ۱- مرور ادبیات: مفاهیم نقشه راه

### ۱-۱- مقدمه

رهنگاشت برنامه‌ای راهبردی است که به توصیف گام‌های مورد نیاز یک سازمان برای دستیابی به اهداف و خروجی‌های بیان شده، می‌پردازد. این ابزار به وضوح روابطی میان فعالیت‌ها و اولویت‌ها تصویر می‌کند تا در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت پیاده‌سازی شوند. به علاوه یک رهنگاشت اثربخش شامل سنجه‌ها<sup>۱</sup> و نقاط عطف<sup>۲</sup> می‌باشد به طوری که امکان پایش منظم پیشرفت به سوی اهداف غایی رهنگاشت، به وجود آید.

رهنگاشت‌ها انواع گوناگونی دارند. رهنگاشت‌های مختص فناوری مقصودشان حمایت از توسعه یک نوع خاصی از فناوری می‌باشد. افرادی که به طور معمول در این فرآیند همکاری می‌کنند، شامل کارشناسان فنی، سیاستگذاران، تحلیلگران انرژی و پژوهشگران دانشگاهی می‌باشند که گرد هم می‌آیند تا به طراحی اهداف عملکردی، مسیرهای کاری<sup>۳</sup>، اولویت‌ها و چارچوب‌های زمانی برای تحقیق، توسعه، رونمایی و پیاده‌سازی<sup>۴</sup> یک فناوری، بپردازند.

تعریف آژانس بین‌المللی انرژی از رهنگاشت فناوری عبارت است از یک مجموعه پویا از نیازمندی‌های فنی، سیاستی، قانونی، مالی، بازاری و سازمانی شناسایی شده توسط کلیه ذی‌نفعان درگیر در تدوین رهنگاشت. تلاش‌ها بایست معطوف به تسهیم بهتر کلیه اطلاعات مرتبط با تحقیق، توسعه، رونمایی و پیاده‌سازی یک فناوری بین شرکت‌کنندگان باشد.<sup>(۴)</sup>

در ادامه تعاریف برخی از عبارات ارائه شده است:

• رهنگاشت: نوعی خاص از برنامه‌ریزی راهبردی ناظر بر طرح‌ریزی مجموعه فعالیت‌هایی است که یک سازمان می‌تواند

طی چارچوب‌های زمانی خاص، برای دستیابی به اهداف و خروجی‌های بیان شده تعهد کند.

• رهنگاری: فرآیند تکاملی که طی آن یک رهنگاشت خلق، اجرا، پایش و در صورت لزوم به‌روزرسانی می‌شود.

<sup>1</sup> metrics

<sup>2</sup> milestones

<sup>3</sup> pathways

<sup>4</sup> research, development, demonstration and deployment (RDD&D)

- ذی‌نفعان: افراد مناسبی که در تحقق توسعه و پیاده‌سازی ره‌نگاشت ذی‌نفع‌اند، مانند نمایندگان دولت، صنعت، دانشگاه و سازمان‌های مردم‌نهاد.
- اجرا: فرآیند عملیاتی کردن ره‌نگاشت به واسطه انجام پروژه‌ها و اقدامات معطوف به خرده فعالیت‌ها و اولویت‌ها و همچنین به واسطه پایش پیشرفت با استفاده از یک سامانه ردگیری.
- مخاطبان ره‌نگاشت بسته به نوع سندی که تدوین می‌شود تغییر می‌کنند. برای ره‌نگاشت‌های فناوری انرژی در سطح ملی، مخاطبان ممکن است شامل موارد زیر باشند:
- تصمیم‌سازان دولتی و ملی در وزارتخانه‌های انرژی، محیط زیست، صنعت، منابع طبیعی و امور زیربنایی
- تصمیم‌سازان دولتی و ملی در وزارتخانه‌های دارایی یا امور اقتصادی
- سیاستگذاران ایالتی/استانی و محلی و تنظیم‌گران ملی
- تصمیم‌سازان بخش انرژی، به ویژه از صناعی که مقادیر زیادی از انرژی را تولید یا مصرف می‌کنند (مانند صنعت برق، حوزه‌های منابع طبیعی و کشاورزی، و صنایع انرژی بر)
- کارشناسان پیشروی علمی، مهندسی، سیاستگذاری، علوم اجتماعی و کسب و کار که مشغول در پژوهش روی فناوری‌های خاص انرژی و سیاست‌های پشتیبان و مکانیسم‌های مالی مورد نیاز برای تسریع تجاری‌سازی می‌باشند
- سازمان‌های مردم‌نهاد درگیر در پژوهش و حمایت از انرژی پاک(۱)

## ۱-۲- تدوین نقشه راه

- در این قسمت باید به معرفی (گام‌های) روشی برای تدوین برنامه عملیاتی پرداخت. این روش پیشنهادی باید قادر باشد تا به سؤالات مختلف فرآیند توسعه فناوری که تا این مرحله مورد توجه قرار نگرفته‌اند پاسخ داده شود؛ سؤالاتی نظیر:
- برنامه‌ها برای پاسخ‌گویی به کدام اهداف تدوین و اجرا می‌شود؟
  - برنامه‌ها چگونه اولویت‌ها و ملاحظات تعریف شده در راهبردها، سیاست‌ها و اقدامات را عملیاتی می‌سازند؟
  - گروه‌ها یا نهادهای اصلی هدف (یعنی هویت‌هایی که این قصد تأثیرگذاری بر رفتار آنها را دارد) کدامند؟

- مجری یا مجریان این برنامه کدامند؟ و نحوه عمل آن‌ها چگونه است؟
  - دوره زمانی اجرای برنامه چقدر است؟
  - منابع موردنیاز و نتایج مورد انتظار از اجرای این برنامه‌ها کدامند؟
- بر مبنای رویکرد چارچوب منطقی و روش تدوین برنامه عملیاتی فناوری از یک طرف، و نیز ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌های تدوین شده، در این قسمت لازم است تا روش پیشنهادی تدوین برنامه عملیاتی ارائه شود. این روش پیشنهادی متشکل از گام‌های زیر خواهد بود:
- در نظرگیری ارتباط برنامه عملیاتی با ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌ها: هر برنامه عملیاتی در ارتباط با یک و چند هدف بالادستی نوشته می‌شود. به عبارت دیگر، هدف اولیه یک سند توسعه فناوری در ابتدا برآورده ساختن ارکان جهت‌ساز و برنامه اقدامات و سیاست‌ها تعریف شده در مراحل قبل است. با توجه به منطقی که در فصول پیشین به-عنوان فرآیند تدوین اسناد ملی راهبردی بیان شد، تدوین برنامه‌های عملیاتی نیز باید با توجه و در نظرگیری این فرآیند انجام گردد. برنامه‌های تدوین شده در مرحله اول باید همراستا با اهداف کلان و خرد تعریف شده در مراحل قبلی باشد. در مرحله دوم، برنامه‌های عملیاتی تدوین شده باید با راهبردها، اقدامات و سیاست‌های تدوین شده همخوان باشد. این کار را می‌توان با تحلیل موانع شناسایی شده در مرحله برنامه اقدامات و سیاست‌ها به انجام رساند. با در نظر داشتن موانع به شکل مشکلاتی که باید برای آن‌ها راه‌حل ارائه گردد، یک مشکل پیچیده به شکل آسانی حل خواهد شد، اگر علت و اثرات آن به‌طور کامل مورد تحلیل قرار گرفته باشد.
  - تعیین پروژه‌ها: در این گام پروژه‌های ضروری به‌منظور برآورده کردن اهداف کلان و خرد و نیز محقق نمودن راهبردها، اقدامات و سیاست‌ها تعیین می‌شود. این پروژه‌ها، فعالیت‌هایی هستند که توسط کنش‌گران توسعه فناوری و در راستای راهبردهای کلان و سیاست‌های نوآوری تعریف می‌شود. اگر پروژه‌ها به‌طور صحیحی برنامه‌ریزی شوند، نتایج موردانتظار از انجام آن‌ها حاصل، و در نتیجه، اهداف میان‌مدت و بلندمدت نیز محقق می‌گردد. پروژه‌ها در فرآیندی توافقی و تعاملی و براساس نظر ذینفعان استخراج می‌گردد. اقداماتی تدوین شده در مراحل قبل هم راهنمای مناسبی برای طراحی پروژه‌ها هستند. به عبارت دیگر، برای تحقق هر اقدام یا سیاست اجرایی، وجود مجموعه‌ای از پروژه‌ها ضروری است.

• تعریف دوره‌های زمانی: هرچند پایداری و قابل پیش‌بینی بودن گاه به‌عنوان نکات مثبت در بعضی از انواع برنامه‌های حمایتی برشمرده می‌شود، اما در عمل و به‌دلایل مختلف بهتر است این برنامه‌ها برای دوره‌های زمانی مشخص و محدود طراحی و اجرا شوند. از مهمترین مزایای محدود بودن زمان برنامه‌ها، می‌توان به روشن و محدود بودن بودجه موردنیاز، فراهم شدن امکانات ارزیابی بهتر نتایج و دستاوردها و امکان اصلاح، بازنگری و ایجاد تطابق بیشتر در برنامه‌ها با شرایط زمان اشاره کرد. بر این اساس، لازم است تا دوره زمانی اجرایی هر برنامه را در این گام مشخص نمود.

• برنامه‌ریزی منابع: برنامه‌ریزی منابع با هدف اجرایی نمودن اقدامات تعریف شده صورت می‌پذیرد. این برنامه‌ریزی را باید قبل از اجرایی کردن اقدامات به انجام رساند. منظور از منابع موردنیاز در این گام دانش فنی، ابزارآلات و تجهیزات و منابع مالی است. در صورت وجود منابع موردنیاز، برنامه‌ریزی منابع بیانگر چگونگی و اولویت‌بندی استفاده از آنهاست. اما در شرایطی که منابع موجود نباشد، برنامه‌ریزی به‌معنی چگونگی دستیابی به منابع از طریق خرید، همکاری و یا تولید منابع موردنیاز است.

• ترسیم ره‌نگاشت برنامه عملیاتی: پس از تعریف پروژه‌ها و برنامه‌های عملیاتی، برنامه‌ریزی منابع و تعیین مجریان، در گام آخر برنامه عملیاتی لازم است تا ارتباط میان آنها مشخص شده و خلاصه نتایج آن در قالب ره‌نگاشت برنامه عملیاتی ارائه شود.

• مرور ادبیات: مفاهیم نقشه راه

• مرور ادبیات: مفاهیم نقشه راه

## ۲- تدوین نقشه راه توسعه فناوری توربین گازی

### ۲-۱- مقدمه

همانطور که در گزارش فاز چهارم این پروژه تشریح گردید، لیست اقدامات فنی این پروژه به شرح ذیل می باشد:

#### ○ حوزه کمپرسور

- تکمیل زیرساخت های تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور
- صحنه گذاری طراحی اولیه
- طراحی کامل کمپرسور
- ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید

#### ○ حوزه محفظه احتراق

- تکمیل زیرساخت های تست و آزمون
- طراحی محفظه احتراق حلقوی و مشعل ها
- ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متأثر از آن
- طراحی سیستم های جانبی مرتبط

#### ○ حوزه توربین

- تکمیل زیرساخت های لازم ساخت، تست و آزمون
- طراحی آیرودینامیک توربین
- طراحی خنک کاری و پوشش
- طراحی مکانیک و آب بندها
- طراحی سیستم هوای ثانویه
- توسعه و ساخت اولین سری پره ها و پوسته وسیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید



### ○ آزمون های پروتوتایپ محصول جدید

- انتخاب و تهیه ابزار دقیق، تجهیزات جانبی و زیرساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ و ساخت اولین نمونه
- تغییرات و اصلاحات در طراحی
- تست و آزمون نمونه

حال می‌بایست پس از مشخص شدن اقدامات فنی، زمان، هزینه و مجریان پیشنهادی هر یک از اقدامات را مشخص نمود. در ادامه هر یک از این مباحث مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

### ۲-۲- تعیین زمان و هزینه اجرای اقدامات فنی

پس از تعیین اقدامات فنی، تیم پروژه با همکاری بخش تحقیق و توسعه شرکت توربین‌سازی مپنا (از جمله جناب آقای دکتر محمد اولیا و جناب آقای مهندس بهنام تحویل دار)، زمان و منابع مورد نیاز اجرای اقدامات فنی را تهیه نموده و در اختیار اعضای کمیته راهبری قرار داد و اعضای محترم کمیته راهبری، محتوای آن را طی جلساتی در تاریخ‌های ۹۴/۰۲/۲۰ و ۹۴/۰۵/۱۱ مورد بررسی قرار داده و تأیید نمودند.

جدول ذیل زمان و بودجه مورد نیاز پروژه‌های توسعه فناوری را بیان می‌کند. لازم به ذکر است بودجه تخمین زده شده به صورت تجمیعی بوده و شامل نیروی انسانی، ساخت و تهیه تجهیزات مورد نیاز می‌شود. در این بودجه ۳۰ درصد هزینه‌ها مربوط به منابع انسانی و ۷۰ درصد مابقی مربوط به تجهیزات و ساخت می‌باشد.

جدول ۱- عناوین طرح‌ها، مدت زمان و منابع مورد نیاز جهت توسعه فناوری کمپرسور

مدت زمان مورد نیاز (سال)	نام طرح	ردیف ۱
۱	تکمیل زیرساخت تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور	۱
۱	صحه گذاری طراحی اولیه (بر مبنای کمپرسور ۴ استیجی)	۲
۱	طراحی کامل کمپرسور	۳
۱/۵	ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید	۴

مدت زمان مورد نیاز (سال)	نام طرح	ردیف ۱
جمع		

جدول ۲- عناوین طرح‌ها، مدت زمان و منابع مورد نیاز جهت توسعه فناوری محفظه احتراق

مدت زمان مورد نیاز (سال)	نام طرح	ردیف
۲/۵	تکمیل زیرساخت‌های تست و آزمون	۱
۲	طراحی محفظه احتراق و مشعل‌ها	۲
۲	ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متأثر از آن	۳
۱	طراحی سیستم‌های جانبی مرتبط	۴
جمع		

جدول ۳- عناوین طرح‌ها، مدت زمان و منابع مورد نیاز جهت توسعه فناوری توربین

مدت زمان مورد نیاز (سال)	نام طرح	ردیف
۳	تکمیل زیرساخت‌های لازم ساخت، تست و آزمون	۱
۲	طراحی ایرودینامیک	۲
۲	طراحی خنک‌کاری و پوشش	۳
۲	طراحی مکانیک و آب‌بندها	۴
۱	طراحی سیستم هوای ثانویه	۵
۳	تست و ساخت اولین سری پره‌ها و پوسته و سیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید	۶
جمع		

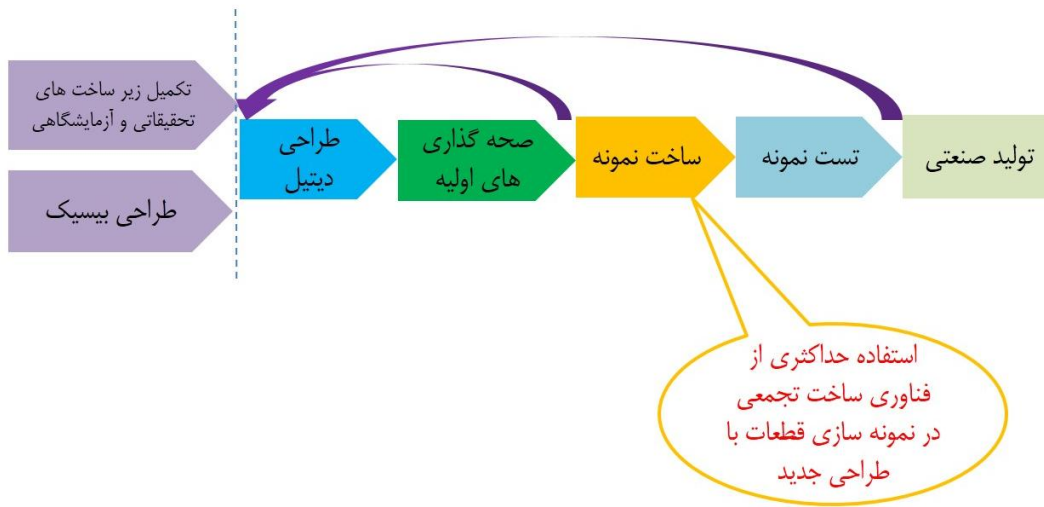
جدول ۴- عناوین طرح‌ها، مدت زمان و منابع مورد نیاز جهت توسعه فناوری آزمون‌های پروتوتایپ محصول جدید

مدت زمان مورد نیاز (سال)	نام طرح	ردیف
۲	انتخاب و تهیه ابزار دقیق، تجهیزات جانبی و زیرساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ و ساخت اولین نمونه	۱
۱	تغییرات و اصلاحات در طراحی	۲
۲	تست و آزمون نمونه	۳
جمع		

## ۲-۳- ره‌نگاشت توسعه فناوری توربین گاز

همانطور که ذکر شد ره‌نگاشت فناوری نمایی تصویری از زمان‌بندی و بودجه‌بندی طرح‌های توسعه فناوری است به طوری که در بازه زمانی مشخص به اهداف طراحی شده دست یابیم. با توجه به توضیحات داده شده در بخش رویکرد توسعه و سبک اکتساب فناوری، با توجه به رویکرد کلان DUI و نیز پیشرو بودن شرکت‌های صنعتی در توسعه فناوری، دولت می‌بایست اقدامات و برنامه‌های خود را همراه با برنامه‌های صنعت تنظیم نماید و بر این اساس می‌توان گفت نقشه راه توسعه این فناوری می‌بایست با مشارکت فعالان صنعتی این حوزه تنظیم گردد. بنابراین به منظور ترسیم نقشه راه توسعه این فناوری، تیم پروژه با مشارکت معاونت مهندسی و معاونت پژوهشی شرکت توربین‌سازی مپنا (از جمله جناب آقای دکتر محمد اولیا و جناب آقای مهندس بهنام تحویل دار) اقدام به تهیه نقشه راه اولیه توسعه این فناوری نمود و پس از اعمال نظرات خبرگان این حوزه، این نقشه راه در اختیار اعضای کمیته محترم راهبری قرار داده شد و اعضا محتوای آن را طی جلساتی در تاریخ‌های ۹۴/۰۲/۲۰ و ۹۴/۰۵/۱۱ مورد بررسی قرار داده و تأیید نمودند.

بنابراین با توجه به نظرات اعضای محترم کمیته راهبری، مسیر کلی طراحی و ساخت توربین (شکل ۱) و نیز ره‌نگاشت توسعه فناوری توربین گازی (شکل ۲) تهیه گردید.



شکل ۱- مسیر کلی طراحی و ساخت توربین

بخش	شرح فعالیت	مدت زمان
طراحی و توسعه کمپرسور	تکمیل زیر ساخت های تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور (هزینه ۱۰ میلیارد تومان)	۱ سال
	صحنه گذاری طراحی اولیه (هزینه ۲ میلیارد تومان)	۱ سال
	طراحی کامل کمپرسور (هزینه ۶ میلیارد تومان)	۱ سال
	ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید (هزینه ۲۰ میلیارد تومان)	۱/۵ سال
طراحی و توسعه محفظه احتراق	تکمیل زیر ساخت های تست و آزمون (هزینه ۵ میلیارد تومان)	۲/۵ سال
	طراحی محفظه احتراق حلقوی و مشعل ها (هزینه ۳۰ میلیارد تومان)	۲ سال
	ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متاثر از آن (هزینه ۳۰ میلیارد تومان)	۲ سال
	طراحی سیستم های جانی مرتبط (هزینه ۲ میلیارد تومان)	۱ سال
طراحی و توسعه بخش توربین	تکمیل زیر ساخت های لازم ساخت، تست و آزمون (هزینه ۲۵ میلیارد تومان)	۳ سال
	طراحی ایرودینامیک (هزینه ۶ میلیارد تومان)	۲ سال
	طراحی خنک کاری و پوشش (هزینه ۸ میلیارد تومان)	۲ سال
	طراحی مکانیک و آب بندها (هزینه ۸ میلیارد تومان)	۲ سال
	طراحی سیستم هوای ثانویه (هزینه ۵ میلیارد تومان)	۱ سال
	توسعه و ساخت اولین سری پره ها و پوسته و سیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید (هزینه ۴۵ میلیارد تومان)	۳ سال
مهندسی دیتیل ماشین ساخت نمونه و تست	ابزار دقیق، تجهیزات جانی و زیرساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ و ساخت اولین نمونه (هزینه ۳۰ میلیارد تومان)	۲ سال
	تغییرات و اصلاحات در طراحی (هزینه ۳۰ میلیارد تومان)	۱ سال
	تست و آزمون نمونه (هزینه ۱۰ میلیارد تومان)	۲ سال

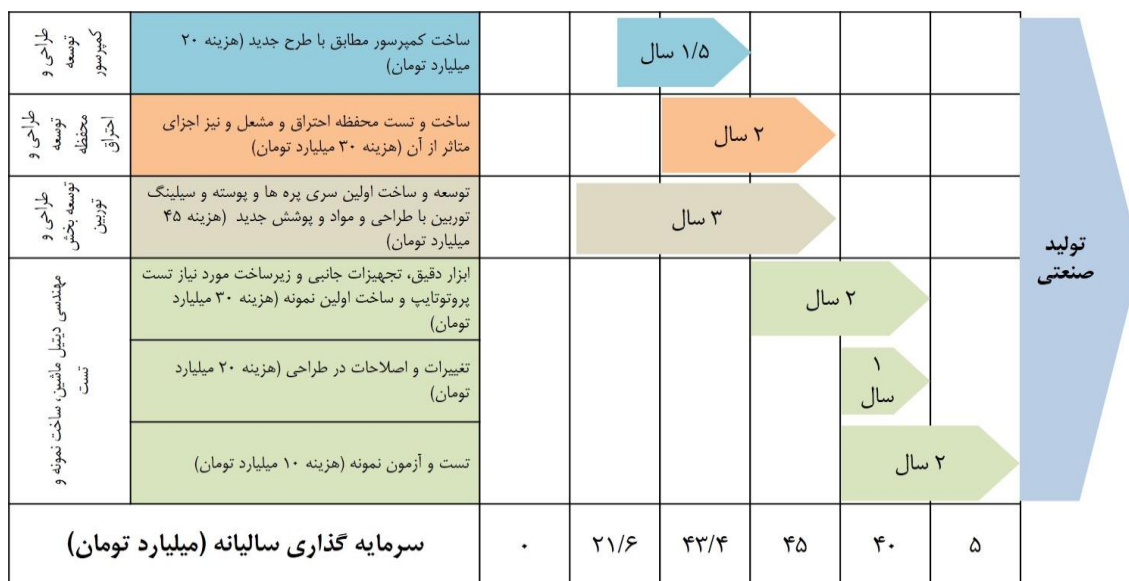
شکل ۲- رهنگاشت توسعه فناوری توربین های گازی کشوری در افق ۱۴۰۴

## ۲-۴- تعیین نهادهای مجری طرحها

در جداول ۱ تا ۴ اقدامات فنی در جهت توسعه فناوری مشخص گردید. همانطور که ذکر شد این جداول با همکاری مرکز تحقیق و توسعه شرکت توربین سازی مپنا طراحی شده‌اند. در جلساتی که با مدیران مرکز تحقیق و توسعه شرکت توربین سازی مپنا گذاشته شد، در نهایت سهم فعالیت‌های وزارت نیرو و گروه مپنا مشخص شد. به طور کلی فعالیت‌های مرتبط با طراحی و زیرساخت با هزینه‌ای بالغ بر ۱۰۷ میلیارد تومان به عنوان سهم سرمایه‌گذاری وزارت نیرو و فعالیت‌های بخش ساخت اجزاء، طراحی جدید و پورتوتایپ محصول با هزینه‌ای بالغ بر ۱۵۵ میلیارد تومان به عنوان سهم سرمایه‌گذاری گروه مپنا در نظر گرفته شد. جداول ۵ و ۶ سهم سرمایه‌گذاری و فعالیت‌های مرتبط با وزارت نیرو و گروه مپنا را تشریح می‌کند. همچنین شکل ۳ و ۴ نقشه راه پروژه‌های توسعه فناوری مرتبط با وزارت نیرو و گروه مپنا را به طور جداگانه، به همراه میزان سرمایه‌گذاری لازم در هر سال نمایش می‌دهد.

جدول ۵- طرحها و سرمایه‌گذاری توسعه‌ای شرکت مپنا

حوزه فعالیت	
کمپرسور	ساخت کمپرسور مطابق طرح جدید
محفظه احتراق	ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متاثر از آن
توربین	توسعه و ساخت اولین سری پره ها و پوسته و سیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید
آزمون های پروتوتایپ ماشین و بهبودها	ابزار دقیق، تجهیزات جانبی و زیرساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ
	انجام تست های محصول اولیه، تغییرات و اصلاحات و تست مجدد
	آزمون های عملکردی مستمر
مجموع (سهم سرمایه گذاری توسعه ای گروه مپنا)	



شکل ۳- ره نگاشت و سرمایه گذاری سالیانه شرکت مینا در توسعه فناوری توربین گاز

جدول ۶- طرح ها و سهم سرمایه گذاری وزارت نیرو

حوزه فعالیت	
کمپرسور	تکمیل زیر ساخت های تست (ساخت و تست کمپرسور ۴ مرحله ای)
	صحه گذاری طراحی اولیه
	طراحی کامل کمپرسور
محفظه احتراق	تکمیل زیر ساخت های تست و آزمون
	طراحی محفظه احتراق حلقوی و مشعل ها
	طراحی سیستم های جانبی مرتبط
توربین	تکمیل زیرساخت های فناوری ساخت و تست اجزای داغ
	طراحی آیرودینامیک، کولینگ، سیلینگ و مکانیکال
	طراحی و توسعه سیستم هوای ثانویه
مجموع (سهم سرمایه گذاری وزارت نیرو در توسعه فناوری)	



شکل ۴- رهنگاشت و سرمایه گذاری سالیانه وزارت نیرو در توسعه فناوری توربین گاز

## ۲-۵- شناسنامه اقدامات و پروژههای فنی

با توجه به آنچه در بخش های قبل گفته شد، پروژههای فنی در راستای دستیابی به چشم انداز و اهداف کلان توسعه فناوری توربین گاز شناسائی شده و پس از برآورد بودجه و زمان مورد نیاز، متولی اجرای آنها معرفی گردید. در اینجا لازم است اطلاعات فوق الذکر را در کنار معرفی پروژهها و اقدامات فنی یکجا گردآوری نموده و به عنوان شناسنامه اقدامات فنی ارائه گردند. لذا با توجه به آنچه گفته شد شناسنامه اقدامات و پروژههای فنی به شرح ذیل می باشد.

### الف) طرح های مربوط به کمپرسور

#### • تکمیل زیر ساخت های تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور

این پروژه طی یک سال و با هزینه ۱۰ میلیارد تومان توسط وزارت نیرو انجام خواهد شد. با توجه به اینکه ساخت کامل یک مجموعه تست برای تمام مراحل کمپرسور غیر ممکن است، بنابراین نیازمند یک زیرساخت تست مولفه ای می باشد. از آنجا که می توان عملکرد کمپرسور را با ساخت و آزمون چهار مرحله از آن مورد ارزیابی قرار داد. بر مبنای طراحی انجام شده،

ساخت پره های سه بعدی کمپرسور در این طرح انجام شده و درگاه های لازم جهت نصب ابزارهای اندازه گیری نیز در کمپرسور تعبیه می شود.

#### • صحنه گذاری طراحی اولیه

بر اساس طراحی و نمونه کمپرسور ۴ مرحله ای ساخته شده، آزمون های مولفه ای (Cascade Tests) طراحی می شود. طراحی آزمون ها در مدت ۱ ماه، نصب سنسورها و تجهیزات اتاق کنترل در مدت ۲ ماه و آزمون های مولفه ای در مدت زمان ۹ ماه و کل طرح در زمان ۱ سال با هزینه ۲ میلیارد تومان توسط وزارت نیرو صورت خواهند گرفت. فرآیند آزمون ها و گزارش نتایج بر مبنای استاندارد کارخانه ای خواهد بود.

#### • طراحی کمپرسور کامل کلاس F

با توجه به پروژه های ساخت و آزمون ۴ مرحله کمپرسور، طراحی کمپرسور کامل طی مدت یک سال و با هزینه ۶ میلیارد تومان انجام خواهد شد. در این طرح، با توجه به خروجی های طراحی ۴ مرحله و آزمون های انجام شده، اجرا خواهد شد. در این پروژه در صورت نیاز، طراحی مجدد به منظور دستیابی به نسبت فشار مرحله و تامین پارامترهای آیرودینامیکی، طراحی بر مبنای عمر و قابلیت اطمینان انجام خواهد شد. طراحی ماژولار به گونه ای خواهد بود که با توجه به اصلاحات لازم احتمالی، قابلیت باز طراحی اجزاء با حداقل هزینه امکان پذیر باشد.

#### • ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید

بر مبنای نتایج صحنه گذاری در آزمون مولفه ای کمپرسور و طراحی های سه بعدی انجام شده از پره های کمپرسور ساخت تمام مراحل کمپرسور به طور کامل انجام می پذیرد. این فعالیت در طی مدت ۱۸ ماه با هزینه ۲۰ میلیارد تومان توسط شرکت مینا انجام خواهد گرفت.

#### ب) طرح های مربوط به محفظه احتراق

#### • تکمیل زیر ساخت تست و آزمون محفظه احتراق

آزمون های محفظه احتراق طی مدت ۲/۵ سال و با هزینه ۵ میلیارد تومان انجام خواهند شد. با توجه به بستر سازی انجام شده، دو آزمایشگاه مجزای احتراق اتمسفریک و احتراق تحت فشار طبق استاندارد جهت انجام آزمون ها بکار گرفته خواهند شد. این فعالیت با هزینه کرد وزارت نیرو دنبال خواهد شد.



### • طراحی محفظه احتراق حلقوی و مشعلها

طراحی محفظه احتراق به عنوان مهمترین قسمت توربین گازی از نظر جایگاه فناوری در مدت ۲ سال با مساعدت مالی وزارت نیرو و با هزینه ۳۰ میلیارد تومان انجام خواهد شد. محفظه احتراق بصورت Can-Annular و بر اساس مطالعه الگوهای کلاس F موجود صورت گرفته و در سه بخش اصلی طراحی مکانیکی، سیالاتی و آکوستیکی انجام خواهد شد. طراحی بصورت ماژولار بوده و آزمون های عملکردی محفظه در نرم افزار شبیه سازی خواهد شد.

### • ساخت محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متأثر از آن

ساخت محفظه احتراق حلقوی در مدت زمان ۲ سال و با هزینه ۳۰ میلیارد تومان با سرمایه گذاری مپنا انجام خواهد شد. با توجه به فناوری های مورد نیاز در ساخت، در مراحل لازم از برون سپاری نیز استفاده خواهد شد و مسئولیت اجرایی آن بر عهده شرکت مپنا می باشد.

### • طراحی سیستم های جانبی مرتبط

طراحی سیستم سوخت رسانی محفظه احتراق، پمپها، نازل های سوخت و سیستم های کنترلی مربوطه طی مدت ۱ سال و با هزینه ۲ میلیارد تومان که توسط وزارت نیرو تامین خواهد شد، صورت خواهد گرفت.

### ج) طرح های مربوط به توربین

#### • تکمیل زیرساخت های ساخت، تست و آزمون

این طرح توسط وزارت نیرو طی مدت ۳ سال و با هزینه ۲۵ میلیارد تومان با سرمایه گذاری مپنا انجام خواهد شد. در این طرح، مجموعه آزمایشگاه های تخصصی جهت آزمون نمونه های توربین های گازی تجهیز خواهند شد. دستگاه های مشخص شده در طرح های قبلی، در این طرح تهیه و جهت آزمون، طبق شرایط استاندارد آماده سازی و راه اندازی می شوند

#### • طراحی آیرودینامیک توربین

این طرح با سرمایه گذاری وزارت نیرو طی مدت ۲ سال و هزینه ۶ میلیارد تومان انجام خواهد شد. طراحی یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی آیرودینامیک توربین و روتور مبتنی بر شبیه سازی CFD انجام خواهد شد. طراحی سیستم بر مبنای کارکرد در شرایط نامی و شرایط تغییر بار شبیه سازی می شود.

### • طراحی خنک کاری و پوشش

سیستم های خنک کننده پیشرفته به عنوان یکی از نیازمندی های اساسی در طراحی توربین گاز است. هدف طراحی یک سیستم خنک کننده پیشرفته جهت تامین حد تحمل دمائی توربین گازی کلاس F است. طراحی پوشش های توربین جهت غلبه بر سایش (wear)، خوردگی (Corrosion)، اصطکاک و افزایش حد تحمل حرارتی پره ها و افزایش عمر توربین انجام خواهد شد. شبیه سازی عملکرد پوشش ها در نرم افزارهای تخصصی صورت گرفته و اصلاحات لازم در طراحی اعمال می شود. این طرح با سرمایه گذاری وزارت نیرو طی مدت ۲ سال با هزینه ۸ میلیارد تومان انجام خواهد شد.

### • طراحی مکانیک و آب بندها

با توجه به شبیه سازی دینامیکی توربین گاز و در نظر گرفتن کلیه پارامترهای موثر در کاهش/افزایش عمر اجزاء اصلی، طراحی مکانیکی و تخمین عمر صورت خواهد گرفت. همچنین طراحی مناسب آب بندها نیز جهت بالابردن راندمان و عملکرد توربین موثر می باشد. این طرح با هزینه ۸ میلیارد تومان در طی ۲ سال با تامین بودجه از طریق وزارت نیرو اجرا خواهد شد.

### • طراحی سیستم هوای ثانویه (SAS)

این طرح طی مدت ۱ سال و با هزینه ۵ میلیارد تومان توسط مینا انجام خواهد شد. مسیرهای جریان، طراحی پنوماتیکی، شبیه سازی انتقال حرارت و اختلاط جریان ها، مطالعه شده و با توجه به الگوهای موجود، طراحی مناسب صورت خواهد گرفت.

### • توسعه و ساخت اولین سری پره ها و پوسته و سیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید

این طرح توسط شرکت مینا طی مدت ۳ سال و با هزینه ۴۵ میلیارد تومان انجام خواهد شد. با توجه به تحقیقات و کارهای عملیاتی انجام شده روی پره های تک کریستال در شرکت پرتو، فناوری این پره ها جهت استفاده در توربین کلاس F توسعه

داده شده و طراحی انجام خواهد شد. ساخت پره های سه بعدی طراحی شده به کمک فیکسچر ها و قالب های جدید صورت خواهد گرفت. همچنین پوسته و سیلینگهای جدید توربین نیز با طراحی مواد و پوشش جدید مطابق کلاس F ساخته خواهد شد.

#### د) طرح های مربوط به آزمون های پروتوتایپ محصول جدید

هدف از این طرحها آماده سازی بستر لازم جهت انجام تست های اولیه از نمونه ساخته شده و انجام اصلاحات لازم روی محصول اولیه ارائه شده جهت تولید صنعتی می باشد. بطور کلی این طرحها در حد امکان بطور موازی با بخشهای دیگر انجام می شود. کلیه طرحهای مربوط به آزمون های پروتوتایپ توسط شرکت مپنا اجرا خواهد شد.

- ابزار دقیق، تجهیزات جانبی و زیر ساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ و ساخت اولین نمونه

این طرح با هزینه ۳۰ میلیارد تومان و در مدت ۲ سال انجام می شود و هدف خرید کارشناسی تجهیزات و سنسور های لازم برای انجام آزمون و ساخت نمون اولیه می باشد.

- تغییرات و اصلاحات در طراحی

هدف بدست آوردن اختلافات با طرح اولیه در عملکرد و معیار های طراحی می باشد. تا با مقایسه به ارائه راه حلهایی منطقی جهت رفع مشکلات مربوطه پرداخته شود. این طرح نیز در مدت یکسال و با هزینه ۲۰ میلیارد تومان انجام خواهد شد.

- تست و آزمون نمونه

در این طرح هدف انجام آزمون اولیه جهت بررسی عملکرد اجزاء مختلف (توربین، کمپرسور و محفظه احتراق)، کل سیستم و مقایسه با طراحی های انجام شده می باشد. این طرح در مدت ۲ سال و با هزینه ۱۰ میلیارد تومان انجام می شود.

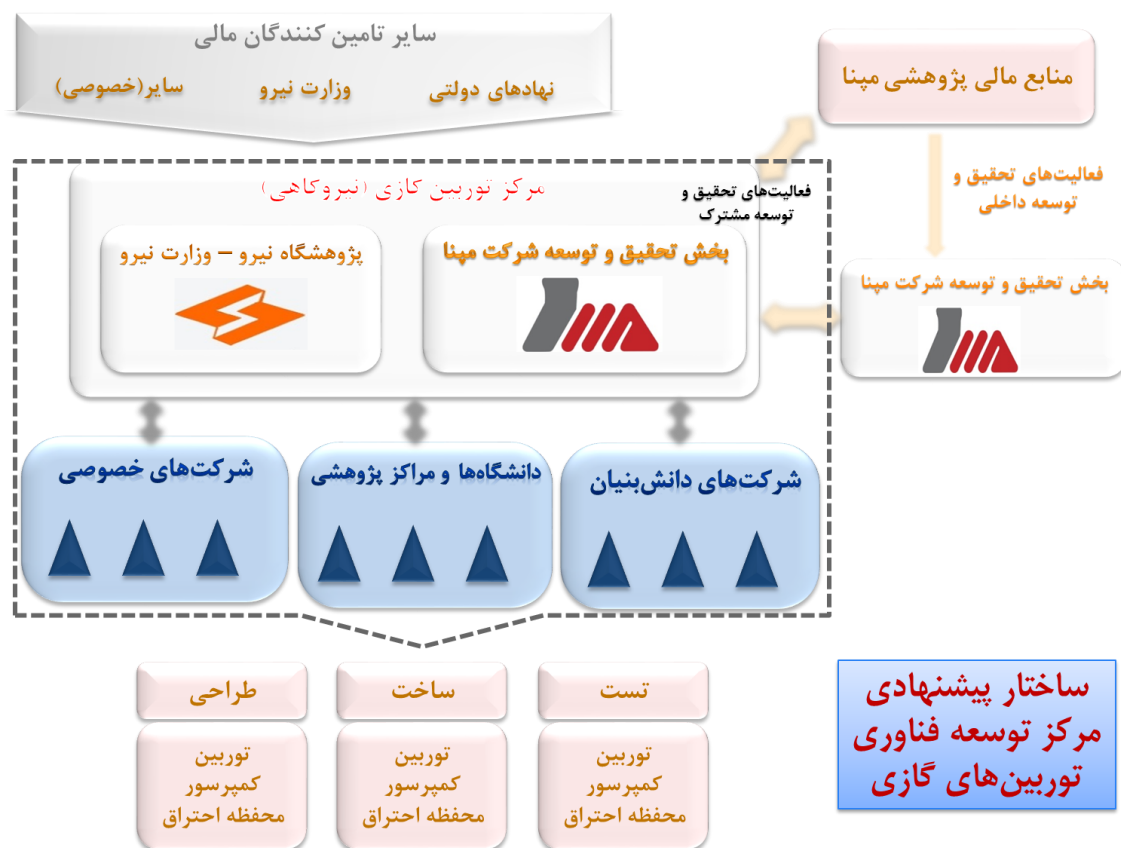
## ۲-۶- نحوه تقسیم کار ملی

پس از شناسایی پروژهها، ارائه زمانبندی طرحهای توسعه فناوری توربین گاز، هزینههای اجرایی و تحقیق و توسعه و مهندسی هر یک، و تعیین نهادهای مجری طرحها، لازم است ساختار اجرایی کار با عنایت به سیاستهای اصلاح ساختاری که در فصل پیشین ارائه شدند، از حیث نوع روابط بین نهادهای پیشنهادی ارائه شود.

در پی مذاکرات و توافقات انجام گرفته با مدیریت محترم شرکت مپنا، تفاهم نامه همکاری بین شرکت مپنا و پژوهشگاه نیرو به امضاء خواهد رسید. هدف از این تفاهم نامه، همکاری در زمینه راه اندازی مرکز توسعه فناوری توربین های گازی کشور و توسعه فناوری توربین گازی کلاس F ۲۵۰ مگاواتی است.

زمینه های کلی در همکاری طرفین عبارت اند از:

۱. طراحی، ساخت و تست توربین های گازی پیشرفته
  ۲. تأمین منابع لازم برای پیشبرد پروژه از طریق جذب سرمایه گذار داخلی و خارجی
  ۳. حمایت و کمک به توسعه شرکت های دانش بنیان مرتبط با فناوری های توربین گازی پیشرفته
  ۴. تعاملات تکنولوژیک با دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی بین المللی و داخلی
  ۵. توانمندسازی بخش خصوصی در زمینه فناوری های مربوط به توربین های گازی پیشرفته
- طرح های فنی معرفی شده در بخش قبل به عنوان طرح های تخصصی در همکاری مشترک به منظور توسعه فناوری توربین گاز کلاس F ۲۵۰ مگاوات تعیین شده اند.
- شکل ۵ نمایی از تقسیم کار ملی توسعه فناوری توربین گاز را نشان می دهد. همانطور که در شکل مشخص است، همکاری پژوهشگاه نیرو و بخش تحقیق و توسعه شرکت توربین سازی مپنا با شرکت های دانش بنیان، دانشگاه ها و مراکز پژوهشی و شرکتهای خصوصی در جهت تست، ساخت و طراحی توربین، کمپرسور و محفظه احتراق انجام می گیرد.



شکل ۵- ساختار اجرایی در سطح ملی

### ۳- جمع بندی و نتیجه گیری کلی گزارش

در این گزارش به عنوان فاز چهارم در این گزارش ضمن بررسی مفاهیم مربوط به نقشه راه، به شناسایی پروژه‌های لازم، تعیین زمانبندی و برآورد هزینه‌های طرح‌ها پرداخته شد و در ادامه در قالب یک نقشه راه روند زمانی اجرایی طرح‌ها مشخص گردید. شکل ۲ نقشه راه توسعه فناوری توربین گاز را نشان می‌دهد. در ادامه در قالب شناسنامه اقدامات و پروژه‌های فنی، طرح‌های توسعه فناوری معرفی گردیده و بودجه و زمان مورد نیاز به همراه متولی هر طرح ذکر گردید. در پایان نیز نحوه تعاملات بین نهادی در زمینه راهبری پیاده‌سازی طرح‌ها در قالب ساختار اجرایی در سطح ملی ارائه گردید و این گونه ذکر شد که در پی تفاهم پژوهشگاه نیرو با شرکت مپنا، مرکزی به نام مرکز توسعه فناوری توربین گاز کشور راه‌اندازی خواهد شد و این مرکز با همکاری و سرمایه‌گذاری مشترک پژوهشگاه نیرو و شرکت مپنا طرح‌های فنی توسعه فناوری توربین گازی کلاس F را پیش خواهد برد. شکل ۵ ساختار اجرائی در سطح ملی را مشخص می‌کند.

در پایان شایان ذکر است که نتایج این مطالعات در جلسات شورای پژوهشی وزارت نیرو مطرح گردید و مورد تأیید اعضای این شورا قرار گرفت. همچنین در این جلسات سوالاتی جانبی مطرح گردید که در پیوست این گزارش پاسخ‌های مربوط به سوالات مطروحه آورده شده است.

### پیوست: پاسخ سوالات مطرح شده در جلسه شورای پژوهشی وزارت نیرو

نقش توربین گازی بر سایر مواردی که از آن تاثیر می پذیرد، بیان شود:

۱- پایداری شبکه، کنترل فرکانس

۲- نوع سوخت ها (درجه ۱ و ۲)

۳- پسماند و مسائل زیست محیطی توربین گاز. نکات مثبت و منفی بیان گردد.

۴- وجود نکات منفی در تعمیرات و پشتیبانی توربین گاز در کشور ایران

۵- بازار منطقه ای باید دیده شود

۶- چرأحاکمیت باید برای توسعه توربین گاز هزینه کند.

۷- قابلیت تبدیل به سیکل ترکیبی

پاسخ ها:

۱- قابلیت کنترل فرکانس در هر حال وجود دارد و در شبکه سراسری برق اعمال می گردد.

توربین گازی کلاس F از نظر پایداری شبکه و کنترل فرکانس در مقایسه با توربین های با ظرفیت بیشتر وضعیت بهتری دارد. در واقع پاسخگوئی به ظرفیت توان تولیدی مورد نیاز، رعایت الزام افزایش راندمان کلی نیروگاهها، قابلیت اطمینان، پایداری و کنترل پذیری در کنار هم دیده می شوند.

۲- به دلیل تبعات زیست محیطی، سوخت سنگین باید با احتیاط و در موارد استثنایی استفاده شود. ایران دارای منابع عظیم گاز طبیعی است که هم از نظر فنی، هم اقتصادی (طول عمر و هزینه های نگهداری تجهیزات) و هم زیست محیطی به مراتب بر سوخت سنگین ارجحیت دارد.

در مورد سوخت های نوین نظیر سوخت های زیستی، تحقیقات رو به رشدی در کارخانجات معتبر بین المللی در حال انجام است، اما نمونه های تجاری و تولید انبوه شده وجود ندارد. لذا به عنوان یک اولویت در این برنامه توسعه فناوری در کشور ما دیده نشده است.

۳- مسائل زیست محیطی از موارد مهم در توربین گاز است و زیرساخت دانشی و فناوری لازم در گروه مپنا ایجاد شده است. برخی از فناوری های مرتبط در محفظه احتراق توربین گاز نظیر طراحی محفظه احتراق حلقوی با آلایندهی پایین برای کلاس های بالاتر نیز در دست اجراست.

۴- در حوزه تعمیر و نگهداری در ایران پیشرفت زیادی تاکنون حاصل شده است. در عین حال با افزایش کلاس توربین گاز، هزینه های این حوزه نیز به مراتب بیشتر خواهد بود.

۵- بازارهای منطقه ای و فرامنطقه ای توربین های گازی توسط گروه مپنا دنبال می شود و موفقیت هایی نیز تاکنون حاصل شده است. توسعه فناوری کلاس های بالاتر توربین های گازی می تواند، پاسخگوی نیازهای جدید تری از مشتریان بین المللی باشد.

۶- در بخش تحقیقات کارخانه ای و تولیدی، گروه مپنا سرمایه گذاری لازم را انجام خواهد داد. اما در بخش تحقیقات پایه ای دولت باید سرمایه گذاری لازم را انجام داده تا دانشگاه ها و مراکز پژوهشی، دانش های مورد نیاز را توسعه دهند. به علاوه توسعه فناوری و دانش توربین های گازی نیروگاهی، قطعاً سرریز دانشی قابل توجهی به سایر حوزه های توربین های گازی نظیر توربین های صنعتی مورد استفاده در صنایع نفت و گاز و صنایع هوائی خواهد داشت.

۷- توربین گازی که در نقشه راه دیده شده است، توربین کلاس F در محدوده توانی ۲۰۰ تا ۲۵۰ مگاوات با راندمان تا ۳۹٪ در سیکل ساده و ۵۷٪ در سیکل ترکیبی می باشد.



## مراجع

- [1] Ahrens, J., 2002. *Governance and the implementation of technology policy in less developed countries*. Econ. Innovation New Tech. 11, 441-476.
- [2] Colebatch H.K., 2002. *Policy*. Second edition, Open University Press, Buckingham.
- [3] Faulhaber G.R., 2000. *Emerging technologies and public policy: in Wharton on managing emerging technologies*, ed. G.S. Day, P.J.H. Schoemaker and R.E. Gunther, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [4] Agency, International Energy. *Energy Technology Roadmaps: a guide to development and implementation*. Paris : OECD/IEA, 2014.
- [۵] مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور. *روش شناسی تدوین اسناد ملی فناوری های راهبردی*. تهران : در دست چاپ، ۱۳۹۲.
- [6] <http://2rooznameh.ir/index/index.php/>

## فهرست مطالب

۱- مرور ادبیات: مفاهیم تدوین برنامه ارزیابی.....	۲
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-شناسایی شاخص های ارزیابی.....	۳
۱-۲- مقدمه.....	۳
۲-۲- شاخص های توسعه ساختار.....	۳
۳-۲- شاخص های تحقیقاتی و توسعه ای.....	۴
۴-۲- شاخص های توسعه زیرساخت.....	۴
۳- برنامه ارزیابی پیشرفت سالانه.....	۴
۱-۳- مقدمه.....	۴
۲-۳- برنامه ارزیابی پیشرفت به تفکیک سال های مختلف.....	۵
۴- برنامه به روزرسانی و بازنگری طرح توسعه فناوری توربین گاز.....	۱۳
۱-۴- مقدمه.....	۱۳
۲-۴- سازوکار ارزیابی و بروزرسانی.....	۱۳
۵-جمع بندی و نتیجه گیری.....	۱۴
مراجع.....	۱۵

## فهرست جداول

- جدول ۱- برنامه ارزیابی پیشرفت سال اول طرح توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۶
- جدول ۲- برنامه ارزیابی پیشرفت سال دوم طرح توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۷
- جدول ۳- برنامه ارزیابی پیشرفت سال سوم طرح توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۸
- جدول ۴- برنامه ارزیابی پیشرفت سال چهارم طرح توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۹
- جدول ۵- برنامه ارزیابی پیشرفت سال پنجم طرح توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۱۰
- جدول ۶- برنامه ارزیابی پیشرفت سال ششم طرح توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۱۱
- جدول ۷- شاخصهای کلیدی توسعه فناوری توریسم گاز ..... ۱۲

## مقدمه

پس از تعیین اولویت‌های توسعه و سبک اکتساب فناوری، شناسایی چالش‌ها، تدوین سیاست‌ها و اقدامات سیاستی و فنی و تدوین نقشه راه، حال نوبت آن است مکانیزم ارزیابی و بروز رسانی طرح مشخص گردد.

معمولاً هیچ تضمینی وجود ندارد که سیاست‌ها و برنامه‌های اتخاذ شده بتوانند به توسعه موفق فناوری منجر شوند. بنابراین، گاهی پس از آنکه اقدام یا سیاستی اجرا شد، ذی‌نفعان، سیاست‌گذاران و یا تحلیل‌گران تصمیم می‌گیرند که میزان یا چگونگی تحقق اهداف مورد نظر را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر، آن‌ها می‌خواهند بدانند که اهداف سیاست یا برنامه مورد نظر تا چه حد محقق شده‌اند. دلیل این امر آن است که رویدادهای پیش‌بینی نشده، پیامدهای غیرمنتظره و روابط علی درک نشده، می‌توانند باعث فاصله افتادن میان نتایج یک سیاست یا برنامه با آنچه از آن انتظار می‌رفته شود.

در نتیجه در این گزارش ضمن مرور مفاهیم ارزیابی و به‌روز رسانی، برنامه ارزیابی و به روز رسانی و بازنگری دوره‌ای طرح توسعه فناوری توریسم گاز، تشریح می‌گردد.

## ۱- مرور ادبیات: مفاهیم تدوین برنامه ارزیابی

### ۱-۱- مقدمه

در این گام، می‌بایست انواع شاخص‌های اندازه‌گیری کننده مؤلفه‌های یک سند ملی احصاء شوند. در این گام، می‌بایست هم شاخص‌های مربوط به راستی‌آزمایی توسعه ساختار مربوط به ساختار پیشنهادی و هم شاخص‌های مربوط به تحقیق و توسعه و توسعه زیرساخت‌های ذکر شده در نقشه راه مورد توجه قرار گیرد. نکته مهم و قابل تأمل این است که این شاخص‌ها می‌بایست هم خروجی‌ها و هم پیامدها را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر هم شاخص‌های مرتبط با اثربخشی می‌بایست تدوین و ارزیابی گردند و هم شاخص‌های مرتبط با کارایی. به عنوان مثال پاسخ به این سؤال که آیا راهبردهای اتخاذ شده و یا اقدامات و سیاست‌های اتخاذ شده صحیح بوده‌اند؟ و یا بر گروه هدف تأثیر گذاشته‌اند؟ اثربخشی این مؤلفه‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. و پاسخ به این سؤال که برنامه اقدامات و سیاست‌ها و یا برنامه‌های عملیاتی تا چه میزان تحقق یافته‌اند؟ کارایی این مؤلفه‌ها را مورد سنجش قرار می‌دهد.

در انتها نیز پس از تدوین شاخص‌های ارزیابی اثربخش و کارایی و تدوین مکانیزم ارزیابی، می‌بایست ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند تعیین گردد. عموماً هر سند ملی توسعه فناوری می‌بایست هر چند سال یکبار، مورد بازنگری قرار گرفته و بررسی مجدد شود. این موضوع به دلیل این است که هم خود فناوری در حال تغییر و تحول است، هم شرایط محیطی آن فناوری اعم از محیط اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی آن فناوری در حال تغییر است و هم توانمندی شرکت‌ها و بنگاه‌های داخلی تغییر نموده و متناسب با این تغییرات هم ارکان جهت‌ساز، هم برنامه اقدامات و سیاست‌ها و برنامه عملیاتی می‌بایست بازنگری، اصلاح و تکمیل گردد.

با توجه به موارد فوق، می‌بایست ساختاری متشکل از تمامی ذی‌نفعان آن حوزه فناورانه مورد نظر، اعم از سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی، دانشگاهیان و پژوهشگران و متخصصین، و همچنین صاحبان صنایع و بنگاه‌های خصوصی تأثیرگذار وظیفه ارزیابی و به‌روزرسانی را بر عهده داشته باشد. این ارزیابی و به‌روزرسانی هم می‌تواند موردی و مقطعی بنا به ضرورت بوده و سیاست‌های

اعمالی را بازنگری کند و هم می‌تواند به طور منظم هر ۳ یا ۵ سال یکبار به منظور بازنگری و اصلاح ارکان جهت‌ساز رخ دهد. (۵)

تعداد دفعاتی که یک رهنگاشت به‌روزرسانی می‌شود تا حد زیادی بستگی به چارچوب زمانی مورد نظر دارد. به طور معمول، رهنگاشت‌ها به صورت دوره‌ای به‌روزرسانی می‌شوند (مثل هر دو تا پنج سال یک بار). در برخی موارد رهنگاشت‌ها سریع‌تر به‌روزرسانی می‌شوند تا پیشرفت امور، تغییرات در منابع موجود یا ملاحظات زمانبندی را منعکس کنند. (۴)

## ۲- شناسایی شاخص‌های ارزیابی

### ۲-۱- مقدمه

مطابق با محتوای ذکر شده در بخش قبل و از آن جا که مجموعه فعالیت‌های طرح در سه دسته‌ی توسعه ساختار، تحقیق و توسعه، زیرساخت قابل تقسیم‌بندی هستند، شاخص‌های سنجش عملکرد طرح عبارتند از:

- شاخص‌های توسعه ساختار
- شاخص‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای
- شاخص‌های توسعه زیرساخت

### ۲-۲- شاخص‌های توسعه ساختار

شاخص‌های توسعه ساختار، دلالت بر شاخص‌هایی دارند که به منظور پایش و نظارت بر روند بهبود ساختار حوزه توسعه فناوری توربین گاز تعریف شده‌اند. این شاخص‌ها عبارتند از:

- تعداد نهادهای تاسیس شده از میان نهادهای پیشنهادی برای بهبود ساختار حوزه توسعه فناوری توربین گاز؛
- تعداد نهادهای فعال از میان نهادهای پیشنهادی برای بهبود ساختار حوزه توسعه فناوری توربین گاز

## ۲-۳- شاخص های تحقیقاتی و توسعه ای

شاخص های تحقیقاتی و توسعه ای دلالت بر شاخص هایی دارند که به منظور پایش و نظارت بر روند پیشرفت مطالعات و

پروژه های تحقیق و توسعه مرتبط با فناوری های حوزه توسعه فناوری توربین گاز تعریف شده اند. این شاخص ها عبارتند از:

- تعداد مطالعات آغاز شده در زمینه توسعه فناوری توربین گاز در حوزه های کمپرسور، توربین، محفظه احتراق و آزمون های

تست پروتوتایپ و بهبودها

- تعداد مطالعات پایان یافته در زمینه توسعه فناوری توربین گاز در حوزه های کمپرسور، توربین، محفظه احتراق و آزمون-

های تست پروتوتایپ و بهبودها

## ۲-۴- شاخص های توسعه زیرساخت

شاخص های توسعه زیرساخت دلالت بر شاخص هایی که به منظور پایش و نظارت بر روند اجرا و پیاده سازی فرآیندهای توسعه

زیرساخت تعریف شده اند، دارند. این شاخص ها عبارتند از:

- تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت آغاز شده

- تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت پایان یافته

## ۳- برنامه ارزیابی پیشرفت سالانه

### ۳-۱- مقدمه

پس از بررسی تعیین شاخص های اصلی ارزیابی وضعیت این حوزه در زمان اجرای آن، حال نوبت آن است تا زیرشاخص های به

صورت سالانه تعیین شده و بر اساس آن سند به صورت سالانه پایش شود. در ادامه لیست زیرشاخص ها در سال های مختلف

ارائه می گردد.

### ۳-۲- برنامه ارزیابی پیشرفت به تفکیک سال های مختلف

جدول ۱ تا ۶ نشان دهنده وضعیت هر یک از شاخص های فوق در طی سال های اجرای سند می باشد که به عبارت دیگر برنامه ارزیابی طرح محسوب می شود.

همچنین در جدول ۷ شاخص های کلیدی پروژه معرفی گردیده است. عدم دست یابی به این شاخص ها به منزله تحقق پروژه بوده و نشان می دهد طرح نیازمند بازنگری بخشی یا کلی است.



## جدول ۱- برنامه ارزیابی پیشرفت سال اول طرح توسعه فناوری توربین گاز

سال اول		شاخص ها	
توضیحات	کمیت		
• تاسیس نهاد پیشنهادی مرکز توربین گازی (نیروگاهی)	۱	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار سازمانی
• شروع به فعالیت نهاد پیشنهادی	۱	تعداد نهاد فعال	
• آغاز مطالعات مربوط به صحنه گذاری طراحی اولیه کمپرسور • آغاز مطالعات مربوط به تکمیل زیرساختهای تست و آزمون محفظه احتراق • آغاز مطالعات مربوط به طراحی محفظه احتراق حلقوی و مشعلها	۳	تعداد مطالعات آغاز شده	تحقیقاتی و توسعه ای
• پایان یافتن مطالعات مرتبط با تکمیل زیرساخت تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور • پایان یافتن مطالعات مرتبط با صحنه گذاری طراحی اولیه	۲	تعداد مطالعات پایان یافته	
• آغاز فرآیند توسعه زیرساخت های تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور • آغاز فرآیند توسعه زیرساخت های لازم ساخت، تست و آزمون توربین	۲	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت آغاز شده	توسعه
• پایان فرآیند توسعه زیرساخت های تست و ساخت چهار مرحله کمپرسور	۱	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت پایان یافته	زیرساخت

## جدول ۲- برنامه ارزیابی پیشرفت سال دوم طرح توسعه فناوری توربین گاز

سال دوم		شاخص ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• آغاز مطالعات مربوط به طراحی کامل کمپرسور</li> <li>• آغاز مطالعات ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید</li> <li>• آغاز مطالعات مربوط به طراحی سیستم های جانبی مرتبط با محفظه احتراق</li> <li>• آغاز مطالعات مربوط به طراحی خنک کاری و پوشش توربین</li> <li>• آغاز مطالعات مربوط به طراحی مکانیک و آب بندهای توربین</li> <li>• آغاز مطالعات مربوط به طراحی سیستم هوای ثانویه توربین</li> <li>• آغاز مطالعات مربوط به توسعه و ساخت اولین سری پرها و پوسته و سیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید</li> </ul>	۷	تعداد مطالعات آغاز شده	تحقیقاتی و توسعه ای
<ul style="list-style-type: none"> <li>• پایان یافتن مطالعات و طراحی کامل کمپرسور</li> <li>• پایان یافتن مطالعات و طراحی محفظه احتراق حلقوی و مشعل ها</li> <li>• پایان یافتن مطالعات و طراحی سیستم های جانبی مرتبط با محفظه احتراق</li> <li>• پایان یافتن مطالعات و طراحی ایرو دینامیک توربین</li> <li>• پایان یافتن مطالعات و طراحی سیستم هوای ثانویه توربین</li> </ul>	۵	تعداد مطالعات پایان یافته	
	-	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت آغاز شده	توسعه
	-	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت پایان یافته	زیرساخت

جدول ۳- برنامه ارزیابی پیشرفت سال سوم طرح توسعه فناوری توربین گاز

سال سوم		شاخص ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
• آغاز مطالعات مربوط به ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متأثر از آن	۱	تعداد مطالعات آغاز شده	تحقیقاتی و توسعه ای
• پایان یافتن مطالعات و ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید • پایان یافتن مطالعات و طراحی خنک کاری و پوشش توربین • پایان یافتن مطالعات و طراحی مکانیک و آببندهای توربین	۳	تعداد مطالعات پایان یافته	
	-	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت آغاز شده	توسعه
• پایان فرآیند توسعه و تکمیل زیرساخت های تست و آزمون محفظه احتراق • پایان فرآیند توسعه و تکمیل زیرساخت های لازم ساخت، تست و آزمون توربین	۲	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت پایان یافته	زیرساخت

جدول ۴- برنامه ارزیابی پیشرفت سال چهارم طرح توسعه فناوری توربین گاز

سال چهارم		شاخص ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
• آغاز مطالعات مربوط به ساخت اولین نمونه	۱	تعداد مطالعات آغاز شده	تحقیقاتی و توسعه ای
• پایان یافتن مطالعات مرتبط با ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجرای متأثر از آن • پایان یافتن مطالعات مرتبط با توسعه و ساخت اولین سری پره ها و پوسته و سیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید	۲	تعداد مطالعات پایان یافته	
• آغاز فرآیند توسعه زیرساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ، ابزار دقیق و تجهیزات جانبی	۱	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت آغاز شده	توسعه
	-	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت پایان یافته	زیرساخت

جدول ۵- برنامه ارزیابی پیشرفت سال پنجم طرح توسعه فناوری توربین گاز

سال پنجم		شاخص ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
<ul style="list-style-type: none"> <li>آغاز مطالعات مربوط به تغییرات و اصلاحات در طراحی</li> <li>آغاز مطالعات مربوط به تست و آزمون نمونه</li> </ul>	۱	تعداد مطالعات آغاز شده	تحقیقاتی و توسعه ای
<ul style="list-style-type: none"> <li>پایان یافتن مطالعات مرتبط با ساخت اولین نمونه</li> <li>پایان یافتن مطالعات مرتبط با تغییرات و اصلاحات در طراحی</li> </ul>	۲	تعداد مطالعات پایان یافته	
	-	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت آغاز شده	توسعه زیرساخت
<ul style="list-style-type: none"> <li>پایان فرآیند توسعه زیرساخت مورد نیاز تست پروتوتایپ، ابزار دقیق و تجهیزات جانبی</li> </ul>	-	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت پایان یافته	

جدول ۶- برنامه ارزیابی پیشرفت سال ششم طرح توسعه فناوری توربین گاز

سال ششم		شاخص ها	
توضیحات	کمیت		
	-	تعداد نهاد تاسیس شده	توسعه ساختار
	-	تعداد نهاد فعال	
	-	تعداد مطالعات آغاز شده	تحقیقاتی و توسعه ای
• پایان یافتن مطالعات مرتبط با تست و آزمون نمونه	۱	تعداد مطالعات انجام شده	
	-	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت آغاز شده	توسعه زیرساخت
	-	تعداد فرآیندهای توسعه زیرساخت پایان یافته	

## جدول ۷- شاخص های کلیدی توسعه فناوری توربین گاز

شاخص کلیدی	زمان
✓ پایان طراحی و توسعه کمپرسور و ساخت کمپرسور مطابق با طرح جدید	پایان سال سوم
✓ پایان طراحی و توسعه محفظه احتراق و ساخت و تست محفظه احتراق و مشعل و نیز اجزای متأثر از آن ✓ پایان طراحی و توسعه توربین و ساخت اولین سری پره ها و پوسته و سیلینگ توربین با طراحی و مواد و پوشش جدید	پایان سال چهارم
✓ پایان طرح های مربوط به مهندسی دیتیل ماشین و تست و آزمون نمونه	پایان سال نهم

## ۴- برنامه به‌روزرسانی و بازنگری طرح توسعه فناوری توربین گاز

### ۴-۱- مقدمه

پس از تعیین شاخص‌های ارزیابی سالانه و شاخص‌های کلیدی، حال نوبت آن است تا مکانیزم ارزیابی و به‌روزرسانی سند مشخص شود. در ادامه این سازوکار تشریح می‌گردد.

### ۴-۲- سازوکار ارزیابی و به‌روزرسانی

با توجه به ماهیت موضوع لازم است هر ساله برنامه مذکور مورد بررسی، به روز رسانی و بازنگری قرار گیرد. این امر از آن جهت است که پایش پیشرفت برنامه، نیازمند نظارت و کنترل سالیانه و بازنگری‌های احتمالی جهت رفع موانع پیش روی توسعه فناوری توربین گاز می‌باشد.

به عبارت دیگر می‌بایست پس از هر سال با توجه به میزان پیشرفت برنامه اجرایی طرح‌ها و برنامه‌های تحقیق و توسعه، در زمانبندی کار به‌روزرسانی صورت گیرد و همچنین با توجه به وضعیت فناوری‌ها از حیث جذابیت آن‌ها و روش اکتساب آن‌ها، اولویت‌ها و ارکان جهت‌ساز بازبینی شده و در صورت لزوم بازنگری در آن‌ها انجام شود. به علاوه با پیشرفت برنامه و کسب بازخورهای حیثه اجرا می‌توان در سیاست‌های تدوین شده به منظور تسهیل روند اجرایی و پیاده‌سازی پروژه‌ها بازنگری‌هایی صورت گیرد.

برای نیل به این هدف، یک کمیته‌ای متشکل از نمایندگان وزارت نیرو، صنعت و دانشگاه‌ها توسط مرکز توسعه فناوری توربین گاز تشکیل خواهد شد. این کمیته به طور سالیانه فعالیت‌های صورت گرفته را رصد نموده و برنامه نقشه راه را مطابق جداول ۱ الی ۷ ارزیابی نموده و به‌روزرسانی کند. اعضای پیشنهادی این کمیته عبارتند از نمایندگان پژوهشگاه نیرو، معاونت برنامه ریزی و تحقیقات وزارت نیرو، توانیر، شرکت مپنا، شرکت OTC و نمایندگان از دانشگاه‌ها که در حوزه توربین گاز به فعالیت و تحقیق مشغول اند.



## ۵- جمع بندی و نتیجه گیری

در این گزارش ضمن بیان مفاهیم مربوط به موضوع ارزیابی و پایش پیشرفت برنامه راهبردی، به شناسایی شاخص های مناسب برای ارزیابی، کنترل و نظارت بر روند پیشرفت برنامه راهبردی توسعه توربین گاز پرداخته شد.

در پایان مطابق جداول ۱ الی ۶ برنامه ارزیابی سالیانه پروژه مشخص شده و در جدول ۷ شاخص های کلیدی طرح مشخص شد. در ادامه بیان گردید کمیته ای متشکل از نمایندگان وزارت نیرو، صنعت و دانشگاه توسط مرکز توسعه فناوری توربین گاز تشکیل می شود و پیشرفت طرح را مورد ارزیابی قرار داده و برنامه ها را بروز رسانی می کنند. همچنین دوره ی زمانی لازم برای به روز رسانی زمان بندی اجرای برنامه و بازبینی و در صورت لزوم بازنگری در محتوای برنامه راهبردی، یک سال در نظر گرفته شد.

## مراجع

- [1] Ahrens, J., 2002. *Governance and the implementation of technology policy in less developed countries*. Econ. Innovation New Tech. 11, 441-476.
- [2] Colebatch H.K., 2002. *Policy*. Second edition, Open University Press, Buckingham.
- [3] Faulhaber G.R., 2000. *Emerging technologies and public policy: in Wharton on managing emerging technologies*, ed. G.S. Day, P.J.H. Schoemaker and R.E. Gunther, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [4] Agency, International Energy. *Energy Technology Roadmaps: a guide to development and implementation*. Paris : OECD/IEA, 2014.
- [۵] مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور. روش شناسی تدوین اسناد ملی فناوری های راهبردی. تهران : در دست چاپ، ۱۳۹۲.
- [6] <http://2rooznameh.ir/index/index.php/>