

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند توسعه فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور

مدیر پروژه: مهندس علی محرمی

گروه پژوهشی سیکل و مبدل‌های حرارتی

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ مهندس محمود اخیانی

✦ مهندس خسرو روشن‌دل

✦ مهندس محمدعلی شکراللهی

✦ مهندس پرویز فردنیا

✦ مهندس مصطفی قلم‌چی

✦ دکتر سیدابراهیم موسوی ترشیزی

مروری بر ادبیات موضوع چگونگی برخورد با پدیده پیری واحدهای نیروگاهی حاکی از آن است که تا دهه ۱۹۸۰ فرض بر این بوده است که واحدهای نیروگاهی پیر باید بازنشسته شوند اما طی دهه‌های اخیر این نظریه افول نموده و نظریه توسعه عمر واحدهای نیروگاهی در قالب برنامه‌های مدیریت عمر نیروگاه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. به عبارت دیگر این ذهنیت که برای مقابله با مشکلات پیری نیروگاه‌های قدیمی تنها راه ممکن بازنشسته کردن تجهیزات قدیمی و احداث نیروگاه‌های جدید است، رو به افول گذاشته و راه‌های دیگری جهت احیا نیروگاه‌های قدیمی و فایق آمدن بر مشکلات پیری نیروگاه‌ها مطرح و توسعه داده شده‌اند. بدیهی است که احیاء نیروگاه‌های قدیمی در مقایسه با احداث نیروگاه‌های جدید دارای مزایای قابل توجهی است. از جمله مزایای این رویکرد می‌توان به در دسترس بودن محل نیروگاه موجود و وجود زیرساخت‌های لازم و از همه مهمتر، هزینه کمتر یا تعویق هزینه‌ها اشاره کرد.

با توجه به پیری گسترده واحدهای نیروگاهی در کشور موضوع "تدوین نقشه راه توسعه فن‌آوری‌های افزایش عمر واحدهای نیروگاهی" به عنوان یکی از اولویتهای حوزه تولید مطرح گردیده است. تجارب کشورهای پیشرفته در زمینه مورد اشاره از یک طرف و گستردگی مشکلات ناشی از فرسودگی واحدهای نیروگاهی از طرف دیگر باعث شده است که این موضوع در قالب یک طرح کلان و راهبردی مطرح گردد. بدیهی است که این موضوع از جنبه‌های گوناگون باید مورد توجه قرار گیرد که در طرح حاضر به آن پرداخته خواهد شد.

## فهرست مطالب

فصل اول تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات.....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۲
۲-۱- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات .....	۳
۱-۲-۱- هدف اصلی مطالعه .....	۳
۲-۲-۱- تبیین سطح تحلیل .....	۴
۳-۲-۱- تبیین افق زمانی تحلیل .....	۵
۳-۱- ضرورت توسعه طرح .....	۶
۱-۳-۱- بررسی وضعیت بازنشستگی نیروگاههای کشور .....	۸
۲-۳-۱- دلایل توجیه پذیری طرح .....	۱۰
فصل دوم بررسی اسناد بالادستی .....	۱۴
۱-۲- مقدمه .....	۱۵
۲-۲- بررسی گزارش " برنامه وزارت نیرو در دولت دهم (کتاب اول) با شعار کاهش هزینه‌ها، سرعت در اجرا، شفاف سازی و بهره‌وری، تهیه شده توسط معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو، تیر ماه ۱۳۸۹" .....	۱۵
۳-۲- بررسی سند مسیر راه فناوری صنعت برق ایران- خرداد ماه ۱۳۹۲ .....	۱۷
۴-۲- قانون هدفمند کردن یارانه ها مصوب ۸۸/۱۰/۲۳ .....	۲۰
۵-۲- نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاههای کشور مصوب ۸۸/۳/۴ .....	۲۰
۶-۲- ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه .....	۲۰
۷-۲- قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۸۹/۱۲/۱۱ .....	۲۰
۸-۲- استاندارد معیار بازده خالص نیروگاههای حرارتی به شماره ۱۳۳۷۵ انتشار ۱۳۹۱/۲/۱ .....	۲۰
فصل سوم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری .....	۲۲
۱-۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری .....	۲۳
مراجع .....	۲۵

### فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) - منحنی تئوری نرخ خروج اجباری بدون انجام اقدامات اساسی [۳]..... ۲
- شکل (۲-۱) - ظرفیت نامی نیروگاهها به تفکیک نوع و سن در سال ۱۳۹۲..... ۷
- شکل (۳-۱) - ظرفیت تجمعی نیروگاهی بازنشسته شده به تفکیک نوع نیروگاه..... ۹
- شکل (۴-۱) - ظرفیت نیروگاهی بازنشسته در هر سال به تفکیک نوع نیروگاه..... ۱۰
- شکل (۱-۲) - اهداف فناورانه صنعت برق ایران..... ۱۸
- شکل (۲-۲) - نقشه راه چالش "الگوی جامع توسعه نیروگاهی و تنوع در فناوری‌های تولید برق و سوخت مصرفی" ۱۹



### فهرست جدولها

- جدول (۱-۱) - مفروضات در نظر گرفته شده برای محاسبه شاخص عمر باقیمانده واحدهای نیروگاهی [۶] ..... ۸
- جدول (۲-۱) - مقایسه انواع روشهای بازتوانی در مقایسه با احداث واحدهای جدید [۸] ..... ۱۱
- جدول (۱-۳) - اسناد بالادستی مورد بررسی در سند افزایش عمر نیروگاههای قدیمی ..... ۲۴

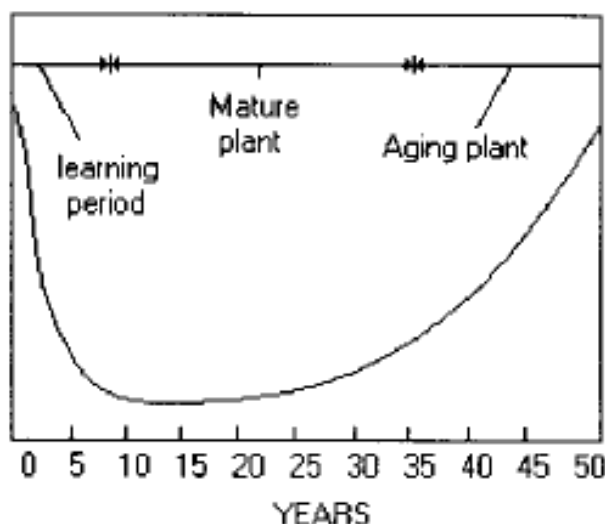
## فصل اول

### تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

## ۱-۱- مقدمه

یکی از مشکلات اغلب کشورها مواجهه با صنایع و تأسیساتی است که به پایان عمر طراحی خود رسیده‌اند. سرمایه‌گذاری‌های سنگین انجام شده برای این صنایع، شرایط اقتصادی، زمان لازم برای احداث تأسیسات جدید، محدودیت‌های اجتماعی و زیست محیطی و ... باعث شده است که صاحبان این صنایع جهت استفاده بهینه از امکانات موجود و افزایش طول عمر بهره‌برداری از آنها تحقیق و سرمایه‌گذاری نمایند [۱].

واحدهای نیروگاهی با عمر بالای ۲۵ سال با مشکلات بسیاری به لحاظ عمر باقیمانده مواجه می‌شوند. حتی در صورت بهره‌برداری و تعمیرات مناسب نیز، پیری<sup>۱</sup> این واحدها به واسطه کاهش راندمان و توان خروجی و نیز کاهش قابلیت دسترسی واحد، به دلیل افزایش تعداد و مدت زمان خروجی اجباری واحدها، منجر به افزایش چشمگیر هزینه‌های تولید می‌گردد [۲]. تغییرات نرخ خرابی واحدهای تولید برق در طی دوران کارکرد آنها از الگوی عمومی رفتاری تجهیزات بزرگ مکانیکی تبعیت می‌نماید (شکل (۱-۱)). این الگو دارای سه دوره مشخص می‌باشد که عبارتند از: دوره آب‌بندی، دوره عملکرد عادی و دوره فرسودگی [۳].



شکل (۱-۱) - منحنی تئوری نرخ خروج اجباری بدون انجام اقدامات اساسی [۳]

در دوره آب‌بندی، بهره‌برداران و کارکنان نگهداری کار با سیستم جدید را می‌آموزند و مسائل جزئی واحد برطرف می‌گردند. تغییرات نرخ خرابی در این دوره روند کاهشی شدیدی دارند. در دوره عملکرد عادی، نرخ خرابی در سطح پائین باقی می‌ماند که

<sup>۱</sup>Aging

معمولاً مشکل کوتاهی طول این دوره در سیستم‌های مکانیکی با اقدامات دوره‌ای نگهداری و تعمیرات اساسی تا حد قابل توجهی بر طرف می‌گردد. در این دوره قابلیت دسترسی بیشترین مقدار و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری کمترین مقدار خود را دارند. در دوره فرسودگی، تغییرات نرخ خرابی روند افزایشی پیدا می‌کند، قابلیت دسترسی و راندمان کاهش و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و آلودگی‌های زیست محیطی افزایش می‌یابند که بسته به مشخصات طرح و شرایط بهره‌برداری و نگهداری از واحد مدت این دوره ۲۵ تا ۳۰ سال بطول می‌انجامد. با توجه به ورود بخش قابل توجهی از نیروگاه‌های ایران به دوره فرسودگی بررسی موضوع افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی اهمیت می‌یابد که در این فصل به موضوع ضرورت توسعه و دلایل توجیه پذیری طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی پرداخته می‌شود.

## ۱-۲- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

### ۱-۲-۱- هدف اصلی مطالعه

پیری و از کارافتادگی واحدهای نیروگاهی یکی از مهمترین مشکلات روز صنعت برق کشور می‌باشد. با توجه به نیاز فزاینده کشور به تولید برق، تبیین راه حلی برای مقابله با روند رو به رشد زوال نیروگاه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. افزایش سن نیروگاه‌ها سبب ایجاد مشکلات فراوانی می‌گردد که اهم آنها عبارتند از:

- کاهش میزان تولید و بازده نیروگاه

- افزایش میزان نشر آلاینده‌ها

- کاهش قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی واحد

هدف اصلی این مطالعه بررسی روشهای موجود و ارائه نقشه راهی برای افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی می‌باشد. به منظور رسیدن به این چشم‌انداز برنامه‌ای در افق زمانی مورد بررسی تهیه و ارائه خواهد گردید.

## ۱-۲-۲- تبیین سطح تحلیل

نیروگاه‌های کشور شامل گازی، بخاری، ترکیبی، برقابی، خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی، زباله سوز و نیروگاه‌های هسته‌ای می‌باشند. از آنجایی که بخش مهمی از نیروگاه‌های بخاری و گازی کشور عمر مفید خود را سپری کرده‌اند لذا بررسی این واحدها از جهت روشهای افزایش عمر در اولویت قرار دارند. اما قدیمی‌ترین چرخه‌های ترکیبی ایران مربوط به دو نیروگاه گیلان و قم است که در سال ۱۳۷۶ راه‌اندازی شده‌اند و در حال حاضر تنها ۱۷ سال از عمرشان سپری شده است. بدین ترتیب نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در این طرح بررسی نخواهند شد. البته لازم به توضیح است توربین‌های گازی این واحدها غالباً چندین سال پیش از بخش بخار آنها راه‌اندازی شده‌اند و سن بیشتری دارند لذا در صورت نیاز تنها واحدهای گازی آنها در این طرح مد نظر قرار خواهد گرفت.

از آنجایی که عمر اقتصادی نیروگاه‌های آبی بین ۸۰ تا ۱۰۰ سال می‌باشد و سن قدیمی‌ترین نیروگاه‌های آبی ایران حدود ۵۰ سال می‌باشد، بنابراین این نیروگاه‌ها در محدوده مطالعه طرح قرار داده نشده‌اند. از طرفی با توجه به این که سهم کل نیروگاه‌های برقابی ایران از تولید برق تنها حدود ۵ درصد است و از طرفی به دلیل این که بهبود عملکرد این واحدها تاثیری در کاهش مصرف سوخت نیز نخواهد داشت، این موضوع در کمیته راهبری نیز مطرح گردید و به تائید کلیه اعضای حاضر در جلسه مورخ ۹۳/۹/۱۹ نیز رسید.

سایر نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور نیز بسیار جوان بوده و در حوزه این بحث قرار ندارند.

نیروگاه‌های هسته‌ای نیز علاوه بر جوان بودن چون تحت پوشش سازمان انرژی اتمی قرار دارند از محدوده این طرح خارج می‌باشند.

بدین ترتیب از نظر مرزبندی فنی-توصیفی این سند از میان انواع نیروگاه‌های موجود در کشور تنها به نیروگاه‌های بخاری و گازی قدیمی خواهد پرداخت و نیروگاه‌های ترکیبی، بادی، آبی، خورشیدی، هسته‌ای و سایر موارد در حوزه بررسی این سند قرار نگرفته‌اند.

از نظر سطح تحلیل، اسناد راهبردی می‌تواند در سطوح ملی، بخشی و فناورانه تدوین گردد. تدوین راهبرد در سطح ملی موجب جهت‌دهی فعالیت‌ها در چندین وزارتخانه و سازمان دولتی می‌گردد، سطح بخشی به تعیین سیاست و تدوین راهبرد در حوزه یک صنعت خاص (مشمول بر فناوری‌های آن) می‌پردازد (مانند صنعت برق). سطح فناورانه نیز یک فناوری خاص (مانند

سلول خورشیدی) را هدف مطالعه قرار می‌دهد که امکان استفاده از آن فناوری در چندین بخش یا صنعت مختلف نیز وجود دارد. پیش از شروع هر گام دیگر در تدوین اسناد ملی، لازم است تا وضعیت سطح تحلیل مشخص گردد. با توجه به توضیحات فوق می‌توان نتیجه گرفت که این سند ملی نیست زیرا در صورت ملی بودن آن باید در مورد تجهیزات سایر نهادهای ذی‌ربط از جمله وزارت نفت نیز تصمیم‌گیری شود که در محدوده این طرح قرار ندارد. از سوی دیگر چون سند مربوط به یک نیروگاه نیز نیست، پس بنگاهی نیز نمی‌باشد. بدین ترتیب چون سند در سطح وزارت نیرو تعریف شده است از نوع بخشی می‌باشد.

### ۱-۲-۳- تبیین افق زمانی تحلیل

دلیل برنامه‌ریزی آینده و افق‌های برنامه‌ریزی بلند مدت در اسناد راهبردی، در نظر گرفتن روندهای آتی، اتفاقات ممکن و تغییرات احتمالی است که بر فرآیند تصمیم‌گیری اثرگذار است. افق برنامه‌ریزی می‌تواند بلند مدت (۱۵-۲۵ ساله)، میان مدت (۵-۱۵ ساله) و کوتاه مدت (۱-۵ ساله) باشد.

با توجه به اینکه در حال حاضر حدود ۹۰۰۰ مگاوات از واحدهای گازی و بخاری کشور به پایان عمر طراحی خود رسیده‌اند و این روند به سرعت رو به افزایش است، بهتر است افق زمانی چشم‌انداز ترسیمی برای این واحدها ۱۰ سال در نظر گرفته شود. از طرفی در نظر گرفتن افق زمانی ۱۰ ساله به دلیل هم‌زمان بودن با افق زمانی سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور کاملاً مناسب به نظر می‌رسد. سایر دلایل انتخاب زمان ۱۰ سال عبارتند از:

- فراهم شدن امکان تعبیه برنامه افزایش عمر در برنامه‌های توسعه کشور
- فرصت کافی برای پیاده‌سازی برنامه‌های راهبردی (کافی نبودن افق ۵ ساله)
- امکان پایش و نظارت بر برنامه‌های راهبردی (طولانی بودن افق ۲۰ ساله)

### ۱-۳- ضرورت توسعه طرح

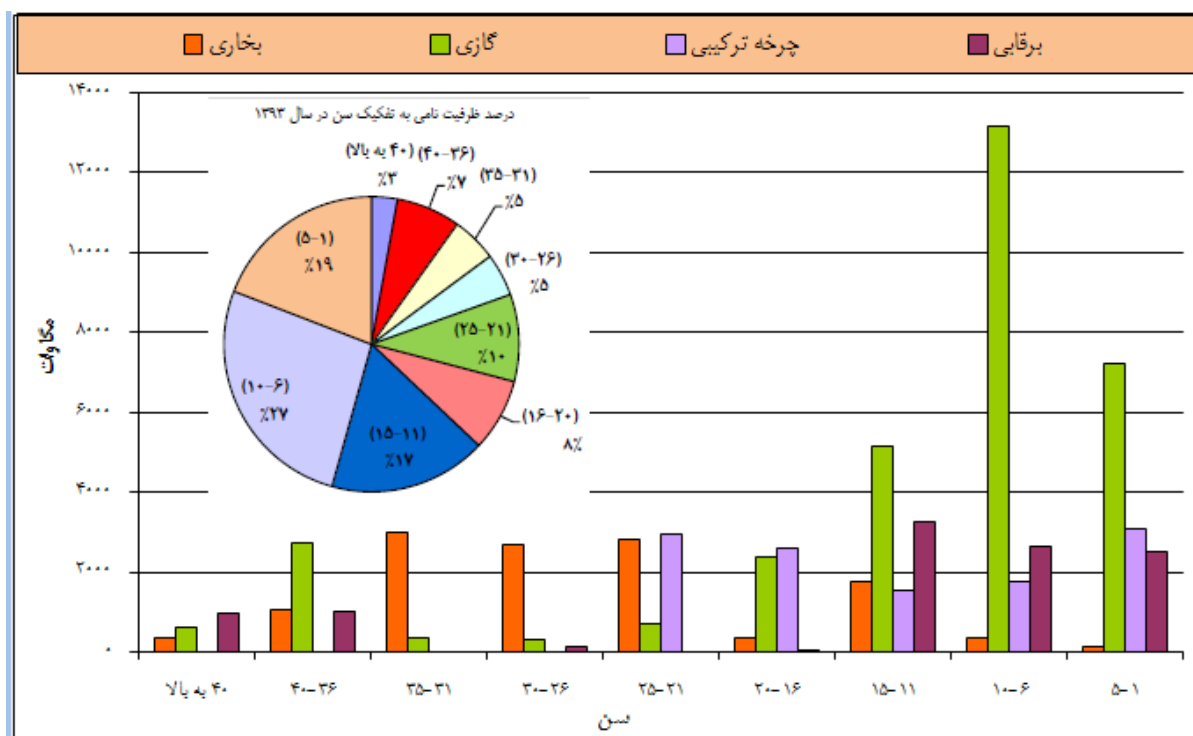
واحدهای نیروگاهی با عمر بالای ۲۵ سال با مشکلات بسیاری به لحاظ عمر باقیمانده مواجه می‌شوند. توانبخشی<sup>۱</sup> واحدهای بخاری روشی با صرفه به لحاظ اقتصادی برای کاستن از هزینه‌های تولید برق در نیروگاه‌های قدیمی و افزایش توان آنها برای رقابت در بازار برق است. مزایای یک توانبخشی مناسب بر روی یک نیروگاه قدیمی بخار عبارت است از کاهش قیمت تولید برق به دلیل افزایش توان خروجی نیروگاه، بهبود راندمان تولید، بهبود قابلیت دسترسی و تولید برق پایدار و در عین حال افزایش طول عمر در عین رعایت استانداردهای جدید و سختگیرانه‌تر زیست محیطی [۲].

توانبخشی به معنی یک راه حل فنی برای افزایش راندمان و قابلیت دسترس واحدهای نیروگاهی قدیمی است به نحوی که ضمن افزایش عمر تجهیزات، استانداردهای زیست محیطی نیروگاه نیز مطابق با استانداردهای روز رعایت گردد. توانبخشی نیروگاه معمولاً شامل ترمیم و اصلاح تجهیزات و یا تعمیرات اساسی اجزای مختلف است. با توجه به مطالب پیش گفته، توانبخشی نیروگاه یک راه حل عملی و با صرفه اقتصادی برای واحدهای با کارکرد بیش از ۲۰۰۰۰۰ ساعت می‌باشد. توانبخشی نیروگاه موجب می‌گردد تا ضمن اینکه بخش عمده‌ای از توان قابل تولید نیروگاه به چرخه تولید باز می‌گردد، آمادگی واحد نیز به سطح مناسبی می‌رسد؛ ضمن اینکه به لحاظ زیست محیطی و با توجه به وضع قوانین سخت‌گیرانه‌تر در سالهای اخیر، میزان آلاینده‌ی نیروگاه نیز در سطح استاندارد نگه داشته می‌شود. از دیگر مزایای طرح‌های توانبخشی می‌توان به این نکته نیز اشاره کرد که اجرای این طرح‌ها توان رقابتی شرکتهای تولید برق را، بدون صرف هزینه زیاد نسبت به احداث واحدهای جدید، در بازار برق افزایش می‌دهد.

در کشور ما با توجه به ضرورت برنامه‌ریزی بلند مدت افزایش ظرفیت تولید برق در چشم انداز کشور، اهمیت مسئله افزایش عمر نیروگاه‌ها بر کسی پوشیده نیست. در شکل (۱-۲)، ظرفیت نامی نیروگاه‌ها به تفکیک نوع و سن مورد بررسی قرار گرفته است. این نمودار بر اساس اطلاعات برگرفته از آخرین آمار شرکت توانیر در زمان تهیه گزارش رسم شده است [۴]. همان طور که مشاهده می‌شود نیروگاه‌های برقابی، گازی و سیکل ترکیبی، بیشتر نیروگاه‌های با عمر زیر ۱۰ سال کشور را تشکیل می‌دهند. همچنین با توجه به این نمودار، اغلب واحدهای بخاری کشور عمر بالایی دارند و در سالهای اخیر با توجه به اهمیت بیش از پیش افزایش راندمان نیروگاه‌ها و لزوم پاسخگویی مناسب و سریع به رشد شتابان مصرف برق، توسعه بخش تولید

<sup>۱</sup> Rehabilitation

صنعت برق بیشتر به سمت ساخت نیروگاههای سیکل ترکیبی و گازی قابل توسعه به سیکل ترکیبی معطوف گردیده است و لذا توسعه نیروگاههای بخاری در سالهای اخیر و به خصوص در ۱۰ سال گذشته با شیب کندی ادامه پیدا کرده و همانطور که مشاهده می‌شود، بخش اعظم ظرفیت بخاری دارای عمر بیش از ۱۵ سال است. همچنین با توجه به این نمودار مشاهده می‌گردد که ۳۰٪ ظرفیت نیروگاهی کشور، عمری بیش از ۲۰ سال دارند که لزوم بررسی بیش از پیش در رابطه با بحث راندمان و ملاحظات اقتصادی مربوط به بکارگیری این واحدها و بازنشستگی یا تغییر الگوی بهره برداری در این نیروگاهها را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲) - ظرفیت نامی نیروگاهها به تفکیک نوع و سن در سال ۱۳۹۲

بدین ترتیب با توجه به نیاز کشور به افزایش توان تولیدی ضرورت توسعه طرح افزایش عمر نیروگاههای قدیمی آشکار می‌گردد. بنابراین هدف نهایی طرح تنها بالا بردن عمر واحدها می‌باشد و راهبردها و سیاست‌های اجرایی باید در این راستا قرار گیرند. برای رسیدن به این هدف باید از فناوری‌های موجود افزایش عمر استفاده نمود و در این راستا می‌توان از توانایی‌های بومی و یا وارداتی استفاده کرد.



### ۱-۳-۱- بررسی وضعیت بازنشستگی نیروگاههای کشور

یکی از نکات مهمی که باید مورد توجه برنامه ریزان توسعه بخش تولید صنعت برق قرار گیرد، وضعیت واحدهای نیروگاهی موجود در افق مورد مطالعه است. لذا لزوم اطلاع از وضعیت واحدهای نیروگاهی به تفکیک نوع و ارائه پیش‌بینی و تخمینی از ظرفیت نیروگاهی بازنشسته و نیازمند بازنگری اساسی بیش از پیش نمایان می‌شود. در این راستا، در این قسمت با معرفی شاخصی از عمر مفید باقیمانده واحدهای نیروگاهی و با فرضیات منطقی، الگویی برای بازنشستگی واحدهای نیروگاهی استخراج می‌گردد.

شاخص عمر باقیمانده مورد استفاده در این بررسی، با در نظر گرفتن کارکرد نیروگاه بر حسب سال و با لحاظ کردن ضریب بهره برداری<sup>۱</sup> به صورت رابطه (۱) تعریف گردیده است [۵].

$$I = \frac{\frac{Y-Y_x}{Y} + \frac{H-H_x}{H}}{2} \quad (1)$$

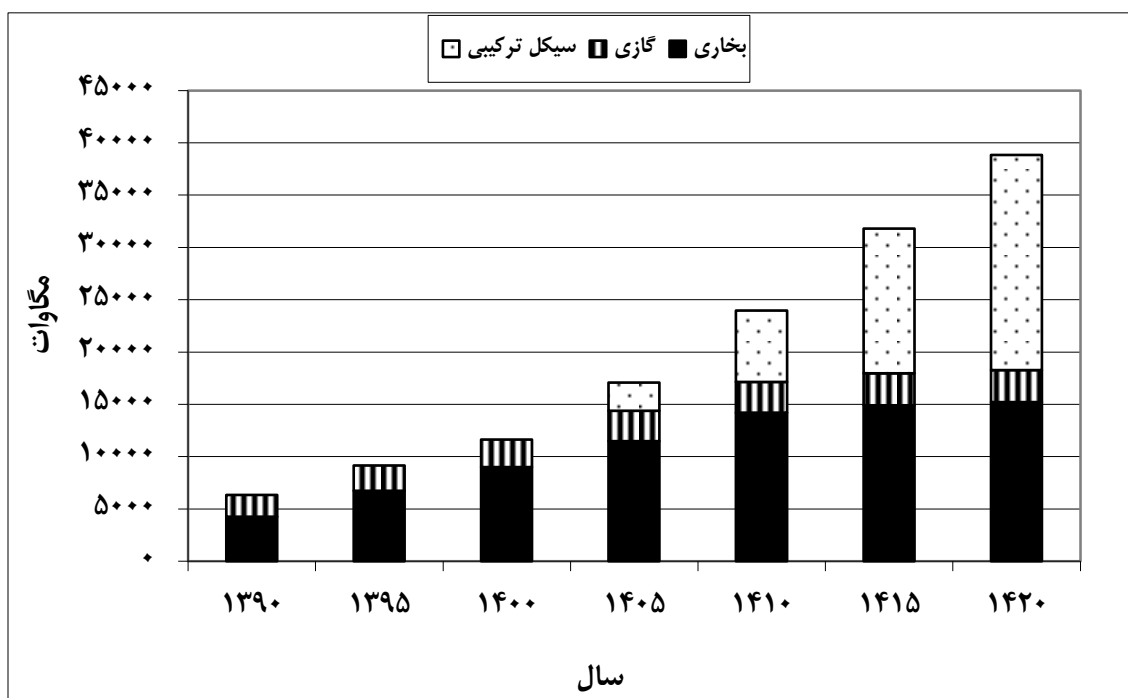
در رابطه فوق، Y و H به ترتیب بیانگر سال کارکرد و ساعت کارکرد مرجع برای هر نوع نیروگاه و Y<sub>x</sub> و H<sub>x</sub> سال کارکرد و ساعت کارکرد واحد نیروگاهی مورد مطالعه است. بر این اساس، در صورتیکه میزان این شاخص برای واحد نیروگاهی کوچکتر از صفر باشد، این نیروگاه بازنشسته شده و نیازمند بازنگری اساسی است. مفروضات در نظر گرفته شده در بررسی هر یک از انواع نیروگاهها برای سال و ساعت کارکرد مرجع، به شرح جدول (۱-۱) می‌باشد. همچنین در بررسی وضعیت عمر باقیمانده واحدهای نیروگاهی، فرض بر این است که واحدهای موجود مطابق الگوی بهره‌برداری (ضریب بهره‌برداری) واحد در ۵ ساله اخیر به کار خود ادامه دهد. همچنین در مورد واحدهای جدید و در دست اقدام تا پایان سال ۱۳۹۳، ضریب بهره‌برداری میانگین واحدهای موجود مشابه به عنوان ضریب بهره‌برداری این واحدها فرض شده است. بر این اساس و با توجه به توضیحات و مفروضات پیش گفته نمودارهای (۱-۳) و (۱-۴) برای واحدهای نیروگاهی کشور استخراج گردیده است.

جدول (۱-۱) - مفروضات در نظر گرفته شده برای محاسبه شاخص عمر باقیمانده واحدهای نیروگاهی [۶]

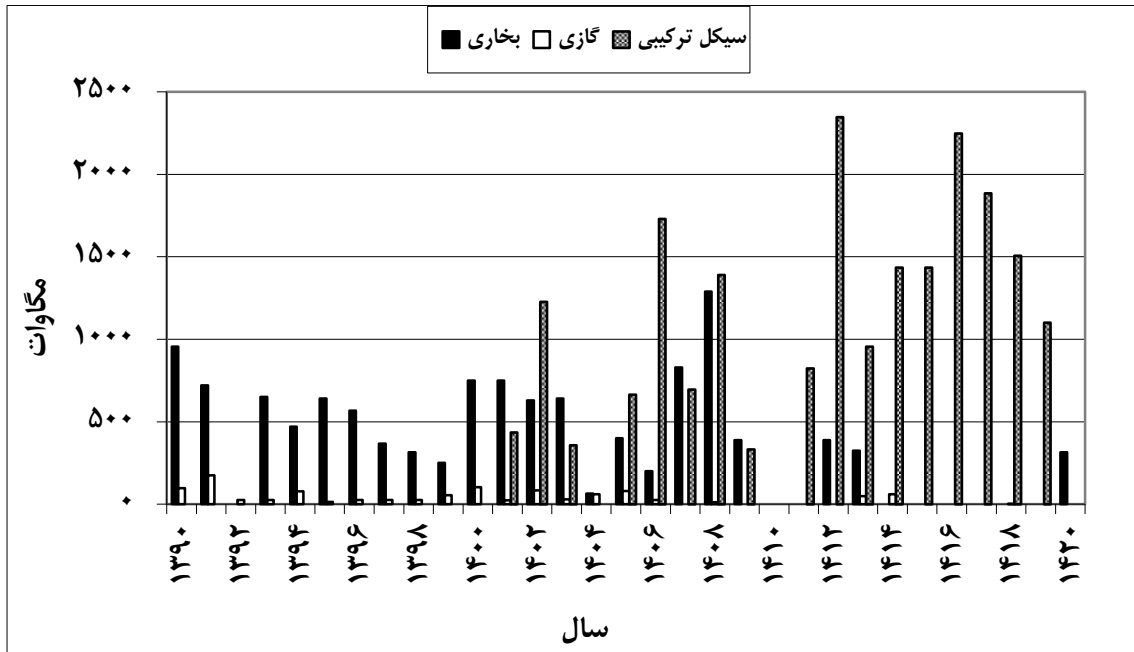
نوع نیروگاه	سال کارکرد مرجع (Y)	ساعت کارکرد مرجع (H)
بخاری	۳۰	۲۰۰۰۰۰
گازی	۲۰	۱۶۰۰۰۰
سیکل ترکیبی	۲۵	۲۰۰۰۰۰

<sup>۱</sup>Operating Factor

بررسی نمودارها نشان می‌دهد که تا پایان سال ۱۴۲۰ حدود ۳۹۰۰۰ مگاوات از واحدهای نیروگاهی به پایان عمر خود می‌رسند. این رقم برای سال ۱۴۰۴ که پایان زمان سند چشم‌انداز بیست ساله کشور است، حدود ۱۶۰۰۰ مگاوات می‌باشد. از این مقدار بیش از ۱۱۰۰۰ مگاوات مربوط به نیروگاه‌های بخاری، حدود ۲۸۰۰ مگاوات واحدهای گازی و ۲۰۰۰ مگاوات مربوط به سیکل‌های ترکیبی است.



شکل (۱-۳) - ظرفیت تجمعی نیروگاهی بازنشسته شده به تفکیک نوع نیروگاه



شکل (۱-۴) - ظرفیت نیروگاهی بازنشسته در هر سال به تفکیک نوع نیروگاه

### ۱-۳-۲- دلایل توجیه پذیری طرح

نکته قابل توجهی که در مراحل تدوین سند باید مورد توجه قرار گیرد، دلایل توجیهی برای توسعه سند می‌باشد. اجرای هر طرح و توسعه فناوری‌های مرتبط با آن ضمن فواید فراوانی که می‌تواند داشته باشد، با پرداخت هزینه‌هایی نیز همراه می‌باشد. بدین ترتیب با مقایسه بین مزایا و هزینه‌های موجود می‌توان دلیلی موجه برای تدوین سند و یا گسترش فناوریهای مرتبط پیدا کرد. همان طور که قبلاً بیان گردید با توجه به نیاز روزافزون کشور به تولید برق و افزایش سالانه میزان مصرف، از آنجایی که مقدار قابل توجهی از واحدهای نیروگاهی کشور به دلیل عمر بالا دچار فرسودگی و در نتیجه کاهش توان، بازده، قابلیت دسترسی و قابلیت اطمینان شده‌اند، لازم است تا در مورد وضعیت این واحدهای فرسوده تصمیم‌گیری شود.

اجرای روشهای افزایش عمر واحدهای نیروگاهی علاوه بر بالا بردن عمر مفید واحدها غالباً شامل مزایای دیگری نیز می‌باشد:

- افزایش توان و بازده واحد
- افزایش قابلیت دسترسی و قابلیت اطمینان واحد که منجر به کاهش زمان بین تعمیرات و کاهش زمان خروج‌های اجباری واحد می‌گردد.

- کاهش میزان نشر آلاینده‌های مختلف

افزایش طول عمری بین ۱۵ تا ۲۰ سال برای واحدهایی که حتی بیش از ۱۵۰۰۰۰ ساعت کار کرده‌اند، مقدور می‌باشد. هزینه مورد نیاز برای این نوسازی بین ۳۰ تا ۴۰٪ هزینه ساخت یک واحد جدید می‌باشد [۷]. بنا بر گزارشی از نوسازی‌های انجام گرفته توسط شرکت آلستوم قابلیت دسترسی نیروگاه را می‌توان به کمک نوسازی از ۵۰-۶۰٪ به ۸۵٪ افزایش داد. همچنین عمر یک نیروگاه که حدود ۲۵ سال می‌باشد را می‌توان با نوسازی به ۴۰ سال رساند. زمان مورد نیاز برای نوسازی یک نیروگاه می‌تواند بین ۱ تا ۲ سال باشد که در مقایسه با زمان احداث یک واحد جدید که بین ۳ تا ۴ سال می‌باشد بسیار کمتر است [۳]. نمونه‌هایی از اجرای نوسازی در هند وجود دارد که عملیات نوسازی طی ۳ الی ۴ سال در زمانهای تعمیرات سالانه انجام گرفته است و بدین ترتیب برای انجام پروژه نوسازی خروج از مدار اضافی صورت نگرفته است.

یکی از روشهای اصلی افزایش عمر واحدهای بخاری روش بازتوانی می‌باشد. جدول (۱-۲) مزایای انواع روشهای بازتوانی را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۲) - مقایسه انواع روشهای بازتوانی در مقایسه با احداث واحدهای جدید [۸]

روش بازتوانی	افزایش توان٪	افزایش بازده٪	سرمایه گذاری اولیه٪ <sup>۱)</sup>	زمان خروج واحد(ماه)
سیکل ترکیبی	۲۰۰	۱۲	۷۰-۸۵	۱۲-۱۸
جعبه هوای داغ	۱۵-۳۰	۳-۶	۲۰-۳۰	۸
گرمایش آب تغذیه	۱۰-۳۰	۲-۵	۱۵-۲۰	۲

<sup>۱)</sup> نسبت به سرمایه گذاری اولیه برای ساخت یک نیروگاه سیکل ترکیبی جدید

با توجه به بررسی‌هایی که قبلاً برای سه نیروگاه کشور (رامین، بندرعباس و بعثت) جهت بازتوانی این واحدها صورت گرفته است [۹]، بازتوانی کامل (سیکل ترکیبی) برای دو نیروگاه بعثت و بندرعباس، هم از جهت فنی و هم از جهت اقتصادی برترین گزینه بازتوانی می‌باشند (در نیروگاه رامین به دلیل فوق بحرانی بودن این نیروگاه بازتوانی گزینه مناسبی نیست). با توجه به الگوی توسعه یافته در پروژه فوق می‌توان نیروگاه‌هایی که مستعد بازتوانی هستند را شناسایی نمود.

بیش از ۴۰۰۰ مگاوات از واحدهای در حال کار کشور که تا سال ۱۴۰۴ عمر مفید خود را سپری خواهند کرد، مستعد اجرای طرح بازتوانی می‌باشند. با توجه به جدول (۱-۲) چنانچه بازتوانی کامل برای این ۴۰۰۰ مگاوات صورت پذیرد، به طور متوسط ۱۲٪ به بازده این واحدها اضافه خواهد شد. متوسط بازده نیروگاه‌های بخاری در سال ۱۳۹۲ حدود ۳۷٪ بوده است و بنابراین با اجرای طرح بازتوانی کامل، بازده واحدهای بازتوانی شده به ۴۹٪ خواهد رسید. با فرض این که سوخت مصرفی آنها گاز طبیعی باشد، این میزان افزایش بازده باعث کاهش مصرف سوختی معادل ۲ میلیارد متر مکعب خواهد شد. ارزش ریالی این صرفه

جویی برابر با ۱۶۰۰ میلیارد ریال می‌باشد. بعلاوه با انجام بازتوانی این ۴۰۰۰ مگاوات واحد بخاری حدود ۸۰۰۰ مگاوات نیز به توان تولیدی آنها افزوده خواهد شد (به دلیل افزودن واحد گازی به آنها) که سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای این کار بین ۷۰ تا ۸۵٪ سرمایه‌گذاری لازم برای احداث ۸۰۰۰ مگاوات واحد جدید سیکل ترکیبی می‌باشد. از طرفی با افزایش ۱۲٪ به بازده ۴۰۰۰ مگاوات از واحدهای بخاری گام بزرگی در جهت اجرای "نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاههای کشور" مصوب ۱۳۸۸ شرکت توانیر، برداشته خواهد شد.

همچنین از نظر زیست محیطی نیز اعمال طرح بازتوانی باعث کاهش نرخ انتشار آلاینده‌ها می‌گردد. پس از انجام بازتوانی به علت تبدیل نیروگاه بخار به سیکل ترکیبی و افزایش بازده، میزان آلاینده‌گی بر واحد کیلووات ساعت تولیدی کاهش می‌یابد، از طرفی با جایگزینی بویلر مازوت سوز با مولد بخار بازیاب حرارت و تغییر سوخت نیروگاه از مازوت به گاز میزان کل آلاینده‌گی بر واحد کیلووات تولیدی کاهش می‌یابد.

پروژه savex یکی از اقدامات و تصمیم‌گیری‌های مهم در صنعت نفت به منظور عملی شدن بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور و صرفه‌جویی انرژی در بخش‌های صنعتی نفت و گاز شامل پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها، خطوط انتقال و ایستگاه‌های تقویت فشار گاز به شمار می‌رود. این پروژه که وزارت نفت آن را مطرح کرده است و به جلوگیری از اتلاف انرژی در بخش صنعتی و ذخیره آن جهت صادرات می‌پردازد، با همکاری نزدیک وزارت نفت و نیرو اجرا می‌شود.

طبق بررسی‌های به عمل آمده از سوی کارشناسان در پروژه savex، تنها یک درصد افزایش بازده در بخش نیروگاهی روزانه ۸ میلیون مترمکعب صرفه‌جویی گاز را به دنبال خواهد داشت که اگر بهای ۸ دلار را برای هر میلیون "بی تی یو" در نظر بگیریم، صرفه‌جویی به عمل آمده، معادل ۸۰۰ میلیون دلار در سال خواهد بود که این رقم البته تنها با یک درصد افزایش بازده است که در بخش نیروگاهی به دست می‌آید [۱۰].

در سیکل‌های توربین گاز با اجرای طرح بازسازی می‌توان بازده واحدهای قدیمی را به بازده طراحی آنها رساند. با توجه به این که بازده این واحدها در حال حاضر به شدت افت کرده است (بین ۲ تا ۸ درصد) [۱۱]، و با در نظر گرفتن مطالعات انجام گرفته در پروژه savex، با اجرای طرح‌های نوسازی و افزایش عمر در نیروگاه‌های گازی رقم قابل توجهی صرفه‌جویی در مصرف سوخت به عمل خواهد آمد.

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با توجه به اینکه گزینه افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی نیاز به زمان کمتری دارد، مباحثی مانند امنیت عرضه و تراز تجاری انرژی کشور کمتر به خطر افتاده و از سوی دیگر با توجه به نیازهای سرمایه‌ای کمتر گزینه افزایش عمر، بهای برق تولیدی نیز به طور مناسب تری مدیریت می‌شود.

## فصل دوم

### بررسی اسناد بالادستی

## ۲-۱- مقدمه

از جمله سرفصلهای مهم در پروژه حاضر بررسی اسناد مرتبط با موضوع افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی می‌باشد. در این راستا مستندات و مدارک تهیه شده در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است. در اسناد مرتبط با صنعت برق کشور بطور خاص به موضوع افزایش عمر واحدهای قدیمی اشاره نشده است ولی کلیه اسنادی که در این بخش به آنها اشاره می‌گردد می‌تواند در بررسی تدوین سند افزایش عمر واحدهای قدیمی نیروگاهی تأثیر داشته باشد. اسناد مورد بررسی در این بخش شامل موارد زیر می‌باشند:

- ۱- گزارش " برنامه وزارت نیرو در دولت دهم (کتاب اول) با شعار کاهش هزینه‌ها، سرعت در اجرا، شفاف سازی و بهره‌وری، تهیه شده توسط معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو، تیر ماه ۱۳۸۹"
- ۲- سند مسیر راه فناوری صنعت برق ایران- خرداد ماه ۱۳۹۲
- ۳- قانون هدمندکردن یارانه ها مصوب ۸۸/۱۰/۲۳
- ۴- نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاههای کشور مصوب ۸۸/۳/۴
- ۵- ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه
- ۶- قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۸۹/۱۲/۱۱
- ۷- استاندارد معیار بازده خالص نیروگاههای حرارتی به شماره ۱۳۳۷۵ انتشار ۱۳۹۱/۲/۱

## ۲-۲- بررسی گزارش " برنامه وزارت نیرو در دولت دهم (کتاب اول) با شعار کاهش هزینه‌ها، سرعت در اجرا، شفاف سازی و بهره‌وری، تهیه شده توسط معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو، تیر ماه ۱۳۸۹"

این مدرک با هدف ارزیابی برنامه وزارت نیرو در دولت دهم تهیه شده است. سرفصلهای اصلی ارزیابی شامل مأموریت، چشم‌انداز و ارزشهای وزارت نیرو در بخشهای آب و آبفا، برق و انرژی، تحقیقات و منابع انسانی، پشتیبانی صنعت آب و برق و سایر حوزه‌ها می‌باشد که بخشی از مطالب آن الهام گرفته از نتایج پروژه‌ای تحت عنوان " طرح پژوهشی تدوین سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی وزارت نیرو اهداف استراتژیک و استراتژی‌های وزارت نیرو در بخش برق و انرژی کشور " می‌باشد. بخش تولید به عنوان یکی از زیر مجموعه‌های بخش برق و انرژی معرفی و مأموریت، چشم‌انداز و رؤس برنامه‌های بخش مذکور



مورد توجه قرار گرفته است [۱۲]. به اعتقاد مدیریت ارشد وقت وزارت نیرو، مجموعه مذکور منشور و نقشه راهی است که برای وزارت نیرو ترسیم شده است.

مطابق مطالب مندرج در مستند مذکور وزارت نیرو به منظور تحقق چشم‌انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران، از یک سو تدوین سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت خود را در دست اقدام داشته و از سوی دیگر برنامه‌های میان‌مدت توسعه را متناسب با اهداف عالی سند چشم‌انداز ترسیم نموده است.

براین اساس سند چشم‌انداز وزارت نیرو عالی‌ترین سند پویای این وزارتخانه شناخته می‌شود که تصویری از اهداف مطلوب صنعت آب و برق را در افق بلند مدت نمایان می‌سازد. این سند در رأس تمامی سیاستها و برنامه‌های وزارتخانه و کلیه شرکت‌های تابعه و سایر اجزاء مجموعه صنعت آب و برق قرار گرفته و ضمن تبیین تصویر آینده مطلوب وزارت نیرو در چشم‌انداز نظام، دورنمای پیشرفت وزارت نیرو و هر یک از بخشهای زیر مجموعه را مشخص می‌سازد.

سند مذکور با عنوان برنامه وزارت نیرو در دولت دهم به ارائه بیانیه‌های ماموریت، چشم‌انداز و ارزشهای وزارت نیرو و هر یک از بخشهای مرتبط پرداخته و رؤس برخی سیاستها و فعالیتهای محوری وزارت نیرو در دولت دهم را بیان می‌کند.

با توجه به چشم‌انداز وزارت نیرو، رؤس برنامه‌های بخش برق و انرژی از دیدگاه دولت دهم مشخص شده است که از بین برنامه‌های مشخص شده موارد زیر می‌تواند در تهیه سند راهبردی و نقشه راه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی مؤثر باشد:

۱- افزایش بازده نیروگاههای حرارتی حداقل به میزان سالیانه یک درصد و رساندن به بازده ۴۱ درصد

۲- کاهش خروج اضطراری واحدهای تولید برق

یکی از علل پرداختن به موضوع افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی افزایش نرخ خروج اضطراری آنها به دلیل فرسودگی تجهیزات می‌باشد. همان طور که ملاحظه می‌گردد کاهش خروج اضطراری واحدها یکی از رؤس برنامه‌های بخش برق و انرژی وزارت نیرو است که بدین ترتیب اهمیت تدوین سند افزایش عمر نیروگاه را بیش از پیش مشخص می‌کند.

مهمترین راهبردهای بخش برق و انرژی وزارت کشور و راهبردهای بخش پشتیبانی صنعت آب و برق با توجه به رؤس برنامه‌های بخش برق و انرژی تهیه شده است. بخشی از این راهبردها که در تهیه سند افزایش عمر نیروگاهها باید به آن توجه داشت عبارتند از [۱۳]:

الف- توسعه ظرفیتهای تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آنها

ب- افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها:

- توسعه کاربرد نیروگاه‌های با بازده بالاتر و اعمال هزینه‌های واقعی سوخت و هزینه‌های زیست‌محیطی در مناسبات مالی تولید و عرضه برق
- استقرار سازوکار اقتصادی- تجاری در بهینه‌سازی نیروگاه‌ها
- استفاده از فناوری نوین و تجهیزات با راندمان بالا

ج- ارتقای سطح استانداردهای فنی تولید برق و نوسازی تجهیزات صنعت برق

## ۲-۳- بررسی سند مسیر راه فناوری صنعت برق ایران-خرداد ماه ۱۳۹۲

برق به عنوان یک صنعت مادر، نقش عمده‌ای در توسعه اقتصادی و اجتماعی بر عهده دارد. با افزایش تقاضای برق از یک طرف و رشد اقتصادی کشور از سوی دیگر و با در نظر گرفتن این امر که انرژی الکتریکی یک کالای قابل ذخیره‌سازی نبوده و تقریباً تولید و مصرف آن هم زمان صورت می‌گیرد، سرمایه‌گذاری جدید در صنعت برق اجتناب ناپذیر است. ولی محدودیت سرمایه در کشور و سرمایه‌بر بودن تولید، احداث و توسعه شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو، یکی از موانع بزرگ این صنعت محسوب می‌شود.

با توجه به مجموعه عوامل فوق، تبیین مسیر راه توسعه فناوری‌های صنعت برق در ایران در کنار تصویری که از مسیر رشد و تکامل فناوری‌ها در این صنعت در جهان وجود دارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی این پروژه را تبیین نمود. بر اساس مقاصد تعیین شده، و پس از انجام مطالعات تطبیقی و اخذ نظرات خبرگان، اهداف فناورانه صنعت برق ایران تبیین شد. اهداف فناورانه اهدافی است که در راستای دستیابی به فناوری و یا اجزای آن مورد توجه قرار گیرد. بدین ترتیب پنج هدف فناورانه نشان داده شده در شکل (۱-۲) برای صنعت برق ایران تدوین گردید.



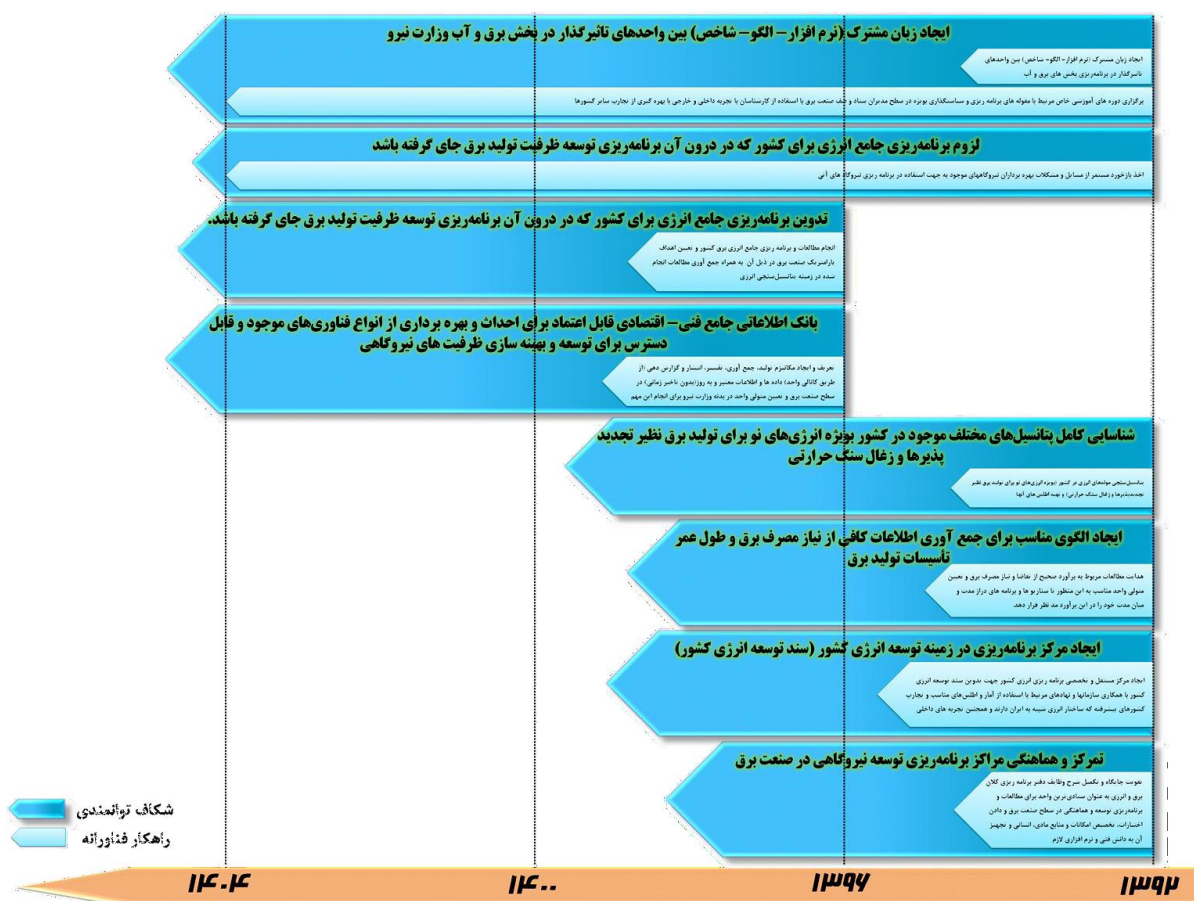
شکل (۱-۲) - اهداف فناوریانه صنعت برق ایران

در گام بعد، اهداف فناوریانه با نظر خبرگان کلیدی و رؤسای کارگروه‌های طرح، اولویت‌بندی شده و دو هدف "مدیریت بهینه تقاضا" و "افزایش امنیت انرژی" به عنوان اولویت اول انتخاب شدند. لذا در ادامه کار این دو هدف مبنای شناسایی چالش‌های فناوریانه کلیدی صنعت برق قرار گرفتند. نهایتاً با عنایت به اهمیت برخی از این چالش‌ها و فرابخشی بودن آنها، تعداد ۱۰ چالش در این میان انتخاب شدند.

در گام بعدی کمیته‌های تخصصی برای هر یک از چالش‌های فوق تشکیل گردید که اعضای آن با نظر رؤسای کارگروه‌های چهارگانه به نمایندگی از معاونت برق تعیین شدند. وظیفه این کمیته‌ها تعیین شکاف‌های توانمندی کلیدی در هر چالش و ارائه راهکارهای فناوریانه در افق چشم انداز ۱۴۰۴ جهت پرنمودن شکاف‌های توانمندی بود. سپس نقشه راه‌های فناوری برای ۱۰ چالش فناوریانه کلیدی ترسیم شد که نتایج آن به عنوان خروجی این طرح کلان صنعت برق محسوب می‌گردد.

در بین چالشهای منتخب، چالش "الگوی جامع توسعه نیروگاهی و تنوع در فناوریهای تولید برق و سوخت مصرفی" مرتبط با موضوع افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی می‌باشد. از مهم‌ترین موضوعات مطرح در این نقشه راه که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است، تدوین برنامه‌ریزی جامع انرژی برای کشور می‌باشد که در آن برنامه‌ریزی برای توسعه ظرفیت تولید برق قرار گرفته است و لذا در تدوین سند افزایش عمر واحدهای نیروگاهی باید به آن توجه داشت. البته سند توسعه انرژی کشور تا کنون تهیه نشده است و طبق نقشه راه شکل (۲-۲) باید تا پایان سال ۱۴۰۴ تهیه گردد.

یکی از مراحل این نقشه راه "ایجاد الگوی مناسب برای جمع‌آوری اطلاعات کافی از نیاز مصرف برق و طول عمر تأسیسات تولید برق" می‌باشد که باید تا سال ۱۳۹۸ عملی گردد. تعیین طول عمر تأسیسات تولید برق یکی از موضوعات مهم در تدوین سند راهبردی و نقشه راه افزایش عمر واحدهای قدیمی نیروگاهی نیز می‌باشد [۱۴].



شکل (۲-۲) - نقشه راه چالش "الگوی جامع توسعه نیروگاهی و تنوع در فناوریهای تولید برق و سوخت مصرفی"

## ۲-۴- قانون هدفمندکردن یارانه ها مصوب ۸۸/۱۰/۲۳

مطابق بند (ج) ماده یک این قانون، دولت مکلف است تا پایان برنامه پنجم توسعه کشور، هر ساله حداقل یک درصد بازده نیروگاههای کشور را افزایش دهد به طوری که تا پنج سال از زمان اجرای این قانون بازده نیروگاههای کشور به ۴۵٪ برسد. البته لازم به توضیح است که با توجه به پایان رسیدن زمان برنامه پنجم هنوز این امر محقق نشده است.

## ۲-۵- نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاههای کشور مصوب ۸۸/۳/۴

این نظامنامه در تاریخ ۸۸/۳/۴ توسط هیئت مدیره شرکت توانیر در ۶ ماده تصویب گردید. مطابق بند (۴-۵) این نظامنامه، بر اجرای طرح های افزایش راندمان و تولید در واحدهای نیروگاهی تأکید شده است. بصورتی که در پایان برنامه پنجم توسعه کشور، راندمان کلی نیروگاههای حرارتی کشور به ۴۱ درصد برسد.

## ۲-۶- ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه

به منظور تنوع در عرضه انرژی کشور، بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاهها، کاهش اتلاف و توسعه تولید هم‌زمان برق و حرارت، شرکت توانیر و شرکتهای وابسته و تابعه وزارت نیرو موظفند اقدامات لازم را به عمل آورند [۱۵].

## ۲-۷- قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۸۹/۱۲/۱۱

مطابق ماده (۵۰) این قانون، قیمت فروش سوخت به نیروگاههای با بازده متوسط سالانه برق و حرارت ۳۰٪ و کمتر، با ۲۰٪ افزایش نسبت به قیمت تعیین شده در قانون هدفمندکردن یارانه‌ها و قیمت فروش سوخت به نیروگاههای با بازده متوسط سالانه تولید برق و حرارت ۷۰٪ و بیشتر با ۲۰٪ تخفیف نسبت به قیمت تعیین شده در قانون هدفمندکردن یارانه‌ها تعیین می‌گردد.

## ۲-۸- استاندارد معیار بازده خالص نیروگاههای حرارتی به شماره ۱۳۳۷۵ انتشار ۱۳۹۱/۲/۱

استاندارد "معیار بازده خالص در واحدهای تبدیل کننده سوخت های فسیلی به انرژی الکتریکی (نیروگاههای حرارتی سوخت فسیلی) و به انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی به طور همزمان (CHP) که به وسیله وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی- دفتر بهینه سازی مصرف انرژی تهیه و تدوین شده، در تاریخ ۱۳۹۱/۲/۱ به صورت رسمی از سوی سازمان ملی استاندارد ایران

منتشر گردید. این استاندارد برای تعیین بازده خالص حرارتی کلیه نیروگاههای حرارتی سوخت فسیلی (نیروگاههای بخاری، گازی و سیکل ترکیبی) و واحدهای تبدیل کننده سوخت فسیلی به انرژی الکتریکی و حرارتی به طور همزمان (CHP)، برای واحدهای در حال بهره‌برداری و واحدهایی که در آینده مورد بهره‌برداری قرار خواهند گرفت، کاربرد دارد.

در این استاندارد نیروگاههای حرارتی براساس معیار بازده خالص حرارتی مطابق جدول زیر به ۷ گروه دسته‌بندی می‌گردند. براساس این استاندارد، هیچ واحدی با بازده حرارتی کمتر از ۲۵٪ مجاز به بهره‌برداری نمی‌باشد. همچنین کلیه واحدهایی که از تاریخ اعلام اجرای اجباری این استاندارد مجوز احداث کسب می‌نمایند باید بازده حرارتی آنها در رتبه D و یا بیشتر قرار گیرد [۱۶].

معیار بازده خالص حرارتی (بر حسب درصد)						
G	F	E	D	C	B	A
$25 \leq \eta < 30$	$30 \leq \eta < 35$	$35 \leq \eta < 40$	$40 \leq \eta < 45$	$45 \leq \eta < 50$	$50 \leq \eta < 60$	$\eta \geq 60$

## فصل سوم

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

### ۳-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه بررسی روش‌های موجود و ارائه نقشه راهی برای افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی می‌باشد. به منظور رسیدن به این چشم‌انداز برنامه‌ای در افق زمانی مورد بررسی تهیه و ارائه خواهد گردید.

سطح تحلیل این سند محدود به نیروگاه‌های بخاری و گازی قدیمی می‌باشد. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، بادی، آبی، خورشیدی و هسته‌ای در حوزه بررسی این طرح قرار نگرفته‌اند. همچنین این سند در حوزه وزارت نیرو تعریف شده است و بنابراین از نوع بخشی می‌باشد.

افق زمانی تحلیل نیز افق میان مدت ۱۰ ساله تا پایان سال ۱۴۰۴ (منطبق بر سند چشم‌انداز ۲۰ ساله) در نظر گرفته شده است تا ضمن فراهم شدن امکان تعبیه برنامه افزایش عمر در برنامه‌های توسعه کشور و ایجاد فرصت کافی برای پیاده‌سازی برنامه‌های راهبردی، امکان پایش و نظارت بر برنامه‌های راهبردی نیز (که در برنامه‌های بلند مدت امکان‌پذیر نیست) فراهم گردد.

اهمیت پرداختن به موضوع افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی با توجه به این که در پایان سال ۱۳۹۲ حدود ۳۰٪ ظرفیت نیروگاهی کشور عمری بالای ۲۰ سال دارند، بیش از پیش مشخص می‌شود. دلایل اصلی افزایش عمر واحدهای قدیمی عبارتند از:

- افزایش توان و بازده واحدهای نیروگاهی
- افزایش قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی
- کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری
- کاهش انتشار مواد آلاینده

در این گزارش کلیه اسناد بالادستی که به نوعی به مسئله افزایش عمر نیروگاه‌ها مربوط می‌شود نیز مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۳-۱ اسناد مورد بررسی در این گزارش و خلاصه‌ای از شرح آنها را نشان می‌دهد. در اسناد مطرح شده در ردیف ۲ به موضوع نوسازی و بهینه‌سازی نیروگاه‌ها اشاره شده است که در واقع شامل افزایش عمر نیروگاه‌ها نیز می‌باشد. اما در سایر اسناد ارائه شده (ردیف‌های ۱ و ۳ الی ۷) به طور ویژه به موضوع افزایش بازده نیروگاه‌ها پرداخته شده است. از آنجایی که یکی از



مزایای افزایش عمر نیروگاه‌ها بالا رفتن بازده آنها خواهد بود، بنابراین توجه به این گونه اسناد نیز در تدوین نقشه راه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی اهمیت می‌یابد.

جدول (۱-۳) - اسناد بالادستی مورد بررسی در سند افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی

ردیف	نام سند	شرح سند
۱	گزارش برنامه وزارت نیرو در دولت دهم (کتاب اول)، تیر ماه ۱۳۸۹	افزایش بازده نیروگاه‌های حرارتی و کاهش خروج اضطراری واحدهای تولید برق به عنوان رئوس برنامه‌های بخش برق و انرژی
۲	سند مسیر راه فناوری صنعت برق ایران - خرداد ماه ۱۳۹۲	"ایجاد الگوی مناسب برای جمع آوری اطلاعات کافی از نیاز مصرف برق و طول عمر تأسیسات تولید برق" به عنوان یکی از مراحل نقشه راه ارائه شده در سند
۳	قانون هدفمندکردن یارانه‌ها مصوب ۸۸/۱۰/۲۳	افزایش حداقل یک درصد به بازده نیروگاه‌های کشور
۴	نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاه‌های کشور مصوب ۸۸/۳/۴	رسیدن به راندمان ۴۱٪ برای نیروگاه‌های حرارتی تا پایان برنامه پنجم
۵	ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه	انجام اقدامات لازم برای ایجاد تنوع در عرضه انرژی کشور، بهینه سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاهها، کاهش اتلاف و توسعه تولید
۶	قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مصوب ۸۹/۱۲/۱۱	۲۰٪ افزایش قیمت سوخت به نیروگاه‌های با بازده برق و حرارت کمتر از ۳۰٪ و ۲۰٪ کاهش قیمت سوخت برای نیروگاه‌های با بازده برق و حرارت بیشتر از ۷۰٪ نسبت به قیمت تعیین شده در قانون هدفمند کردن یارانه‌ها
۷	استاندارد معیار بازده خالص نیروگاه‌های حرارتی ۱۳۹۱/۲/۱	عدم مجوز بهره‌برداری به نیروگاه‌های موجود با بازده کمتر از ۲۵٪ و حداقل بازده نیروگاه‌های جدید برابر با ۴۰٪

## مراجع

- [۱] موسوی ترشیزی سید ابراهیم، "سوپرهیترها"، انتشارات پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۷
- [2] Rehabilitation of Steam Power Plants: An Approach to improve the Economy of thermal Power Generation, Stephan Stein and Marcos Cohen, ALSTOM Power Generation AG
- [۳] قلم چی، مصطفی، نیکجو، عبدالحسین، "احداث نیروگاه یا احیای واحدهای فرسوده"، شانزدهمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، ۱۳۸۰
- [۴] آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه تولید در سال ۱۳۹۲؛ وزیران نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر؛ ۱۳۹۲.
- [5] Position Paper for the Structuring of the Asset Sale of Khoy and Zargan Power Plants; Ghods Niroot Consulting Engineers Privatisation of Power Stations/Iran; April 2003.
- [۶] تدوین استراتژی توسعه بخش تولید صنعت برق در افق ۳۰ ساله، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۰
- [7] N.Ayodhi, "Renovation and Modernization of Thermal Power Plants", OMMI, Vol.1, Issue 2, August 2002.
- [8] Ploumen, P.j, KEMA, Veenema, j.j and EPON, N.V, 1996 " DUTCH Experience with hot winbox repowering", ASME.
- [۹] "بررسی طرحهای رفع محدودیت تولید و بازتوانی یکی از واحدهای نیروگاههای بندرعباس، رامین و بعثت و گزینههای دیگر توسعه ظرفیت واحدهای نیروگاهی"، پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده تولید نیرو، گروه بهره برداری، آذر ۱۳۸۹.
- [۱۰] "پروژه‌ای برای صرفه‌جویی"، مشعل، نشریه کارکنان صنعت نفت ایران، شماره ۵۱۰، ۲۱ شهریور ۱۳۸۹.
- [۱۱] "تعیین مناسبترین راه‌حلهای فنی و اقتصادی برای واحدهای گازی کوچک و متوسط با استفاده از نرم‌افزار تهیه شده"، پژوهشگاه نیرو، پژوهشکده تولید نیرو، گروه بهره‌برداری، آبان ۱۳۹۲.
- [۱۲] برنامه وزارت نیرو در دولت دهم (کتاب اول) با شعار کاهش هزینه‌ها، سرعت در اجرا، شفاف سازی و بهره‌وری، تهیه شده معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو، تیر ماه ۱۳۸۹ مندرج در سایت دفتر برنامه ریزی و تلفیقی و راهبردی وزارت نیرو <http://ipo.moe.org.ir>
- [۱۳] "وزارت نیرو ۱۴۰۴- برنامه راهبردی"، مجری طرح نوین سند چشم‌انداز، گروه برنامه‌ریزی راهبردی، مرداد ۱۳۹۰.
- [۱۴] "سند مسیر راه فناوری صنعت برق ایران"، شرکت راهبران مدیریت امین، خرداد ۱۳۹۲.

[۱۵] "مجموعه برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران"، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، اسفند ۱۳۸۹.

[۱۶] " معیار بازده خالص در واحدهای تبدیل کننده سوخت های فسیلی به انرژی الکتریکی (نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی) و به انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی به طور همزمان (CHP) "، استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۳۷۵.

## فهرست مطالب

۱	فصل اول شناسایی حوزه‌های فناورانه.....
۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۲-۱- درخت فناوری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی.....
۴	۳-۱- بهینه سازی، نوسازی و بازسازی.....
۹	۳-۱-۱- بازتوانی.....
۱۱	۳-۱-۱-۱- بازتوانی کامل یا سیکل ترکیبی.....
۱۱	۳-۱-۲- بازتوانی هیبرید.....
۱۲	۳-۱-۳-۱- بازتوانی گرمکن آب تغذیه.....
۱۳	۳-۱-۴- بازتوانی جعبه هوای داغ.....
۱۵	فصل دوم آینده‌پژوهی فناوری.....
۱۶	۱-۲- مقدمه.....
۱۸	۲-۲- آینده‌پژوهی فناوری افزایش عمر نیروگاه‌ها.....
۱۹	۲-۲-۱- پوشش های پیشرفته توربین گاز.....
۲۱	۲-۲-۲- فناوری Oxy Fuel در نیروگاه‌ها.....
۲۱	۲-۲-۲-۱- بکارگیری احتراق سوخت اکسیژن در نیروگاه های بر پایه سیکل رانکین.....
۲۳	۲-۲-۲-۲- بکارگیری احتراق سوخت اکسیژن در نیروگاه‌های بر پایه سیکل برایتون.....
۲۷	۲-۲-۳- فناوری نانو.....
۲۸	۲-۲-۴- تکنولوژی نیروگاه‌های بخار دما بالا ( $700^{\circ}C$ ).....
۳۱	۲-۲-۵- روش نوین کنترل آلاینده های خروجی نیروگاه ها.....
۳۱	۲-۲-۵-۱- نانو فیلتراسیون گازهای آلاینده خروجی نیروگاه.....



ب

ویرایش اول، فروردین ۱۳۹۴

فاز ۲: هوشمندی فناوری

فصل سوم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ..... ۳۳

۳-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ..... ۳۴

مراجع ..... ۳۶

## فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱) - درخت فناوری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی ..... ۳
- شکل (۲-۱) - فناوری‌های بازسازی واحدهای گازی ..... ۷
- شکل (۳-۱) - فناوری‌های نوسازی واحدهای گازی ..... ۷
- شکل (۴-۱) - فناوری‌های بازسازی واحدهای بخاری ..... ۸
- شکل (۵-۱) - فناوری‌های نوسازی واحدهای بخاری ..... ۹
- شکل (۶-۱) - شماتیک بازتوانی هیبرید ..... ۱۲
- شکل (۱-۲) - سیکل Oxy fuel نیروگاه [۱۰] ..... ۲۲
- شکل (۲-۲) - شماتیک ساده شده سیکل AZEP [۱۷] ..... ۲۴
- شکل (۳-۲) - شماتیک ساده شده سیکل Graz [۱۷] ..... ۲۵
- شکل (۴-۲) - شماتیک فناوری oxy fuel پیشنهادی توسط زیمنس (با و بدون بویلر بازیاب) ..... ۲۷
- شکل (۱-۳) - درخت فناوری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی ..... ۳۴

## فصل اول

### شناسایی حوزه‌های فناورانه

## ۱-۱- مقدمه

به منظور تدوین ارکان جهت‌ساز (مشمول بر چشم‌انداز، اهداف کلان، راهبردها و سیاستها) لازم است تا در ابتدا کاربردها، اجزا و زیرسیستمهای تشکیل دهنده این فناوریها مشخص شوند. در روش پیشنهادی، از عبارت حوزههای فناورانه برای استناد به این اجزا استفاده می‌شود. حوزههای فناورانه در برگیرنده دو مفهوم اصلی است: زیرفناوریها، کاربردها و یا هر دو.

ترسیم نگاشت، یک راه ایده‌آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء، پیکربندی و ارتباطات بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجب فهم دقیقی از موضوع، حتی برای افراد نا آشنا، می‌شود. نگاشت فناوری<sup>۱</sup> معمولاً در سطح ملی و برای یک بخش یا حوزه فناوری یا صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در یک تعریف ساده عموماً یک نگاشت، شامل تعدادی گره<sup>۲</sup> و خط<sup>۳</sup> می‌باشد. هر گره می‌تواند بیانگر یک موضوع، مفهوم، فناوری، کاربرد یا هرگونه اطلاعات دیگر بوده و خطوط بین گرهها، ارتباط بین آنها را نشان می‌دهد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای نگاشت فناوری برای مدیران، برنامه‌ریزان و مدیران تحقیق و توسعه، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم‌گیری بر روی فناوری مرتبط با فعالیتها یا فرایندهای بنگاه می‌باشد. از این روش می‌توان برای شناسایی حوزههای فناورانه در هر دو حالت زیرفناوری و کاربرد نیز استفاده نمود.

- ترسیم درخت فناوری بر مبنای حوزههای کاربرد یا بازار:

ابتدا، درخت کاربردهای<sup>۴</sup> فناوری مورد نظر حداکثر در دو سطح ترسیم خواهد گشت. این کاربردها شامل نیازها، درخواستها یا مقاصد عملی هستند که یک یا گروهی از فناوریها یا محصولات آن نیاز را پاسخ می‌گویند یا در آن کاربرد قرار می‌گیرند.

- ترسیم درخت فناوری بر مبنای محصولات/ خروجیها/ خدمات/ سیستمها

در ذیل هر کاربرد از درخت، خروجیهای فناورانه‌ای هستند که بایستی حداکثر در ۲ یا ۳ سطح تنظیم گردند. این خروجیها شامل محصولات، خدمات و فرآیندهایی هستند که ذیل هر کاربرد قرار می‌گیرند.

- ترسیم درخت فناوری بر مبنای انواع فناوریها یا زیرسیستمهای فناورانه

<sup>1</sup> Technology mapping

<sup>2</sup> node

<sup>3</sup> link

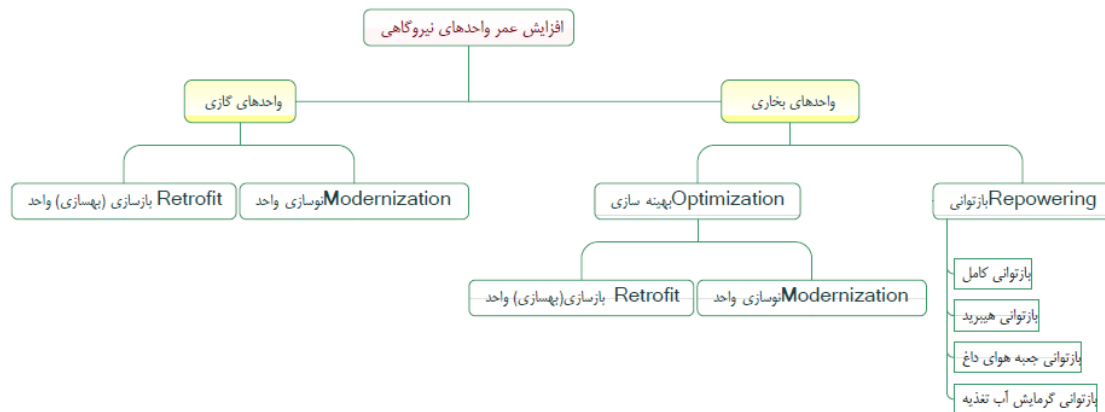
<sup>4</sup> application



در ذیل هر یک از محصولات، خدمات و یا فرآیندهای فوق، می‌بایست زیرسیستم‌ها یا اجزای فناورانه را ترسیم نمود. معمولاً اجزای این درخت شامل دانش فنی مورد نیاز برای طراحی، تولید و یا تست محصولی فناورانه می‌شود. این موضوع بسته به موضوع فناورانه متفاوت است که باید دقت لازم در ترسیم درخت فناوری را به خرج داد.

## ۱-۲- درخت فناوری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

با توجه به آن چه در گزارش مرحله اول بیان گردید، در پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی" تنها واحدهای بخاری و گازی قدیمی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در مورد واحدهای ترکیبی نیز چون بخش گازی آنها با چند سال فاصله نسبت به بخش بخار راه‌اندازی شده است، لذا در واحدهای ترکیبی مواردی که عمر بخش گازی آنها به پایان رسیده باشد، در این بررسی در نظر گرفته خواهند شد. بدین ترتیب درخت افزایش عمر واحدهای نیروگاهی به صورت شکل (۱-۱) ترسیم گردیده است. بخش‌های نوسازی و بازسازی نیز شامل فناوری‌هایی می‌شوند که به صورت تفصیلی در این درخت نمایش داده نشده‌اند که در قسمتهای بعدی شرح داده می‌شوند.



شکل (۱-۱) - درخت فناوری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

## ۱-۳- بهینه سازی، نوسازی و بازسازی

در حالت کلی فعالیت های مربوط به افزایش عمر واحدهای نیروگاهی را بسته به این که ماهیت واحد را تغییر دهند یا خیر می توان به دو گروه بازتوانی و بهینه سازی تقسیم کرد. بازتوانی<sup>۱</sup> فعالیت افزایش عمر است که ماهیت واحد را از حالت بخاری به سیکل ترکیبی تغییر می دهد و تنها در مورد واحدهای بخاری قابل اجرا است. بهینه سازی<sup>۲</sup> شامل فعالیت های بازسازی<sup>۳</sup> و نوسازی<sup>۴</sup> است و طی آن ماهیت واحد تغییر نمی کند و تنها با انجام فعالیت هایی عملکرد آن بهینه می شود. این گروه از فعالیت ها کل واحدهای نیروگاهی اعم از گازی یا بخاری را شامل می شود.

بازسازی به معنای تعمیر و یا تعویض تجهیزات موجود است تا کمبودهای طراحی و نقاط ضعف آن اصلاح شوند و کل مجموعه عملکرد بهتری پیدا کند. امروزه توربینهای صنعتی به نحوی طراحی می شوند که بازدهی، قابلیت اطمینان و نیز عمر بیشتری داشته باشند. از سوی دیگر هنوز مدت زیادی از عمر بسیاری از مدل های نصب شده باقی مانده است. بنابراین جایگزینی این توربینها با انواع مدرن تر مستلزم پرداخت مبالغ هنگفتی است در حالی که از رده خارج نمودن آنها نیز اقتصادی نمی باشد. در چنین مواردی بازسازی ارزش خود را نمایان می سازد. حذف مشکلات طراحی، کاهش دفعات خروجیهای اضطراری اجباری، کاهش خطر شکست و افزایش کارایی سیکل از عمده اهدافی است که بواسطه بازسازی پیگیری می شود. علاوه بر این، افزایش طول عمر، محافظت و جلوگیری از فرسایش و کاهش تعمیرات نیز از دیگر دستاوردهای بازسازی می باشند.

نوسازی به معنای جایگزینی اجزاء یا مجموعه های قدیمی با سیستم های مدرن با فن آوری روز است تا کارایی واحد بهبود یابد. نوسازی زمانی در دستور کار قرار می گیرد که عمر واحد به طور کامل سپری شده باشد و خرابی ها به حدی باشد که بازسازی واحد کارساز نبوده و جایگزینی آن با انواع مدرن تر توجیه اقتصادی پیدا کند. همانطور که اشاره شد در این روش به جایگزینی و مدرنیزه کردن قطعات موجود پرداخته می شود. معمولاً این جایگزینی ها پس از بازمینی و ارزیابی های صورت گرفته براساس جدول زمان بندی انجام می شود. در این میان از انواع تست های غیرمخرب بهره کافی برده می شود. روتور و پره های توربینها و کمپرسورها، سیم پیچی های ژنراتور، نازل های سوخت، محفظه احتراق، سیستم های کنترل نیروگاه و... از جمله مواردی هستند که با توجه به تلاش مداوم سازندگان جهت بهبود کیفیت و کارایی می توانند از انتخاب های نوسازی باشند.

<sup>1</sup> Repowering

<sup>2</sup> Optimization

<sup>3</sup> Retrofit

<sup>4</sup> Modernization

آنالیز دقیق تر واحدهای بخاری نشان می‌دهد که فعالیت‌های بازسازی روی تجهیزات اصلی آن می‌تواند به صورت‌های زیر انجام پذیرد:

- تعمیر و رفع خوردگی و سوختگی سطوح حرارتی و رسوبگیری داخل لوله‌ها در بویلر
- تعمیرات آب‌بند و کنترل لقی، بازسازی روتور، بازسازی پوسته و بازسازی پره‌ها در توربین
- تعمیر و رفع خوردگی و نشستی لوله‌ها و رسوبگیری داخل لوله‌ها در کندانسور
- تغییر مکان پمپ‌های جکینگ داخل کوپه ژنراتور به بیرون از کوپه، تعمیرات آب‌بند روغن یاتاقانها و اصلاح آرایش و مسیر لوله‌ها و انشعابات شیلنگی مربوط به آب‌بند یاتاقانها در ژنراتور
- تنظیم نسبت سوخت به هوا، تعمیر و تنظیم سیستم‌های اندازه‌گیری، تعمیر سیستم‌های حفاظت در سیستم‌های کنترلی و حفاظتی

هم چنین فعالیت‌های نوسازی روی تجهیزات اصلی واحدهای بخاری عبارتند از:

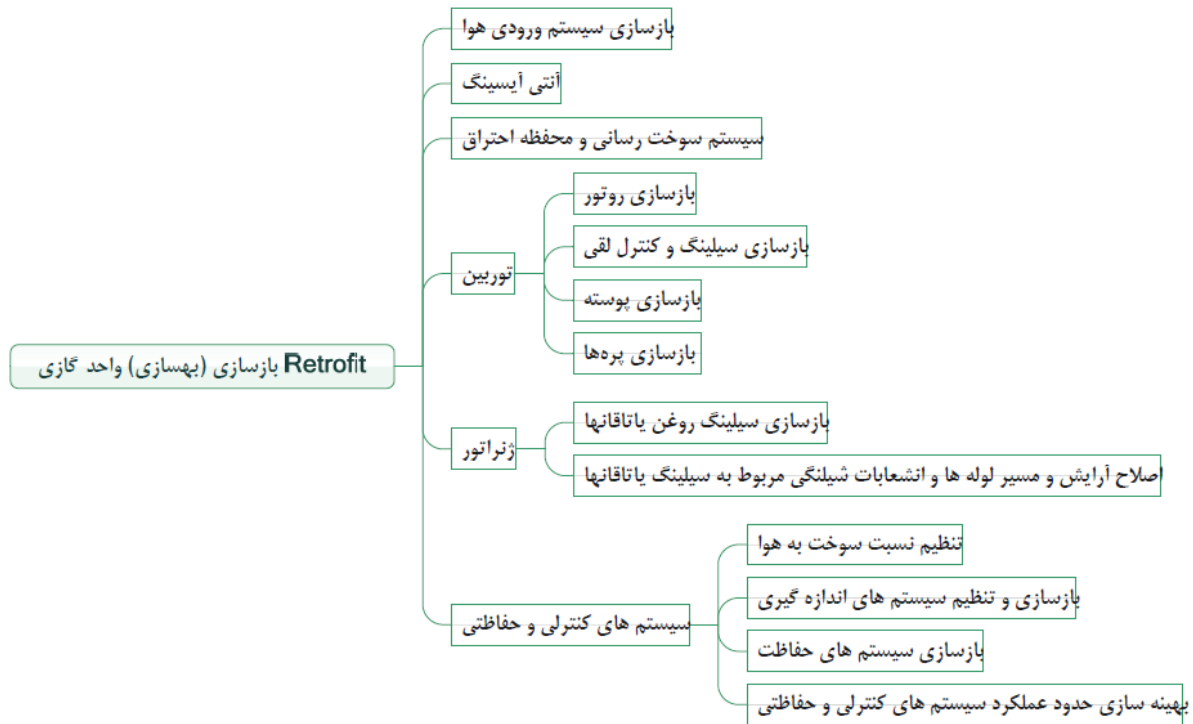
- ارتقاء جنس سطوح حرارتی، جایگزینی سراسری مسیرهای بخار و بکارگیری سیستم‌های تمیزکاری و رسوب‌گیری پیشرفته (مانند استفاده از اکسیژن برای شستشوی لوله‌ها) در بویلر
- ارتقاء جنس و پوشش پره‌ها، بکارگیری سیل‌های پیشرفته، جایگزینی بیرینگ‌های ژورنال، بکارگیری روتور با تکنولوژی ساخت پیشرفته، دستگاه چرخش روتور اتوماتیک و پره‌های طراحی شده بصورت سه بعدی با تلفات ثانویه کاهش یافته در توربین

- نوسازی و جایگزینی لوله‌ها برای بهینه‌کردن کارایی در کندانسور
- استفاده از سیستم‌های تمیزکاری لوله‌ها مانند تپروژ<sup>۱</sup>
- بکارگیری سیلهای روغن کارآمد و پیشرفته در یاتاقانهای ژنراتور
- سیستم پیشرفته کنترل نسبت سوخت به هوا، بکارگیری سیستم‌های پیشرفته اندازه‌گیری، بکارگیری سیستم‌های پیشرفته حفاظت و بهینه‌سازی حدود عملکرد سیستم‌های کنترلی و حفاظتی

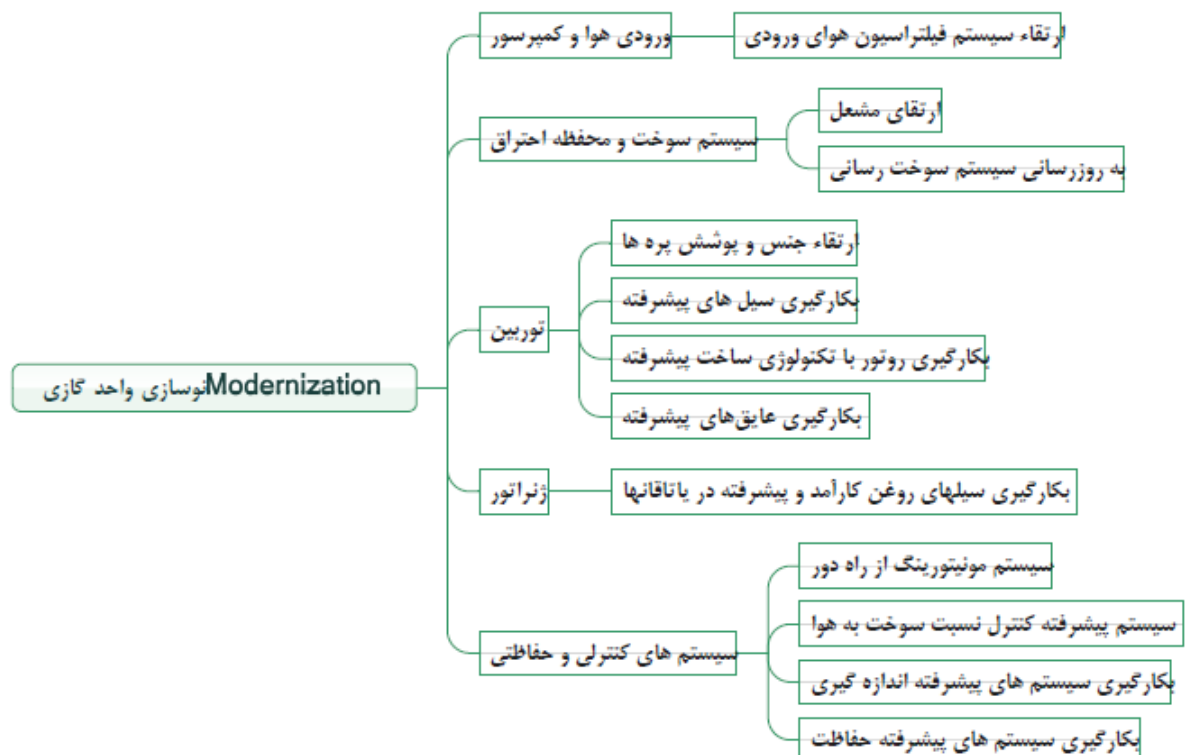
بررسی‌های صورت گرفته بر روی تجهیزات اصلی واحدهای گازی نیز نشان می‌دهد که فعالیت‌های بازسازی قابل اجرا بر روی آن‌ها به صورت‌های زیر می‌باشند:

<sup>۱</sup> Taprogge

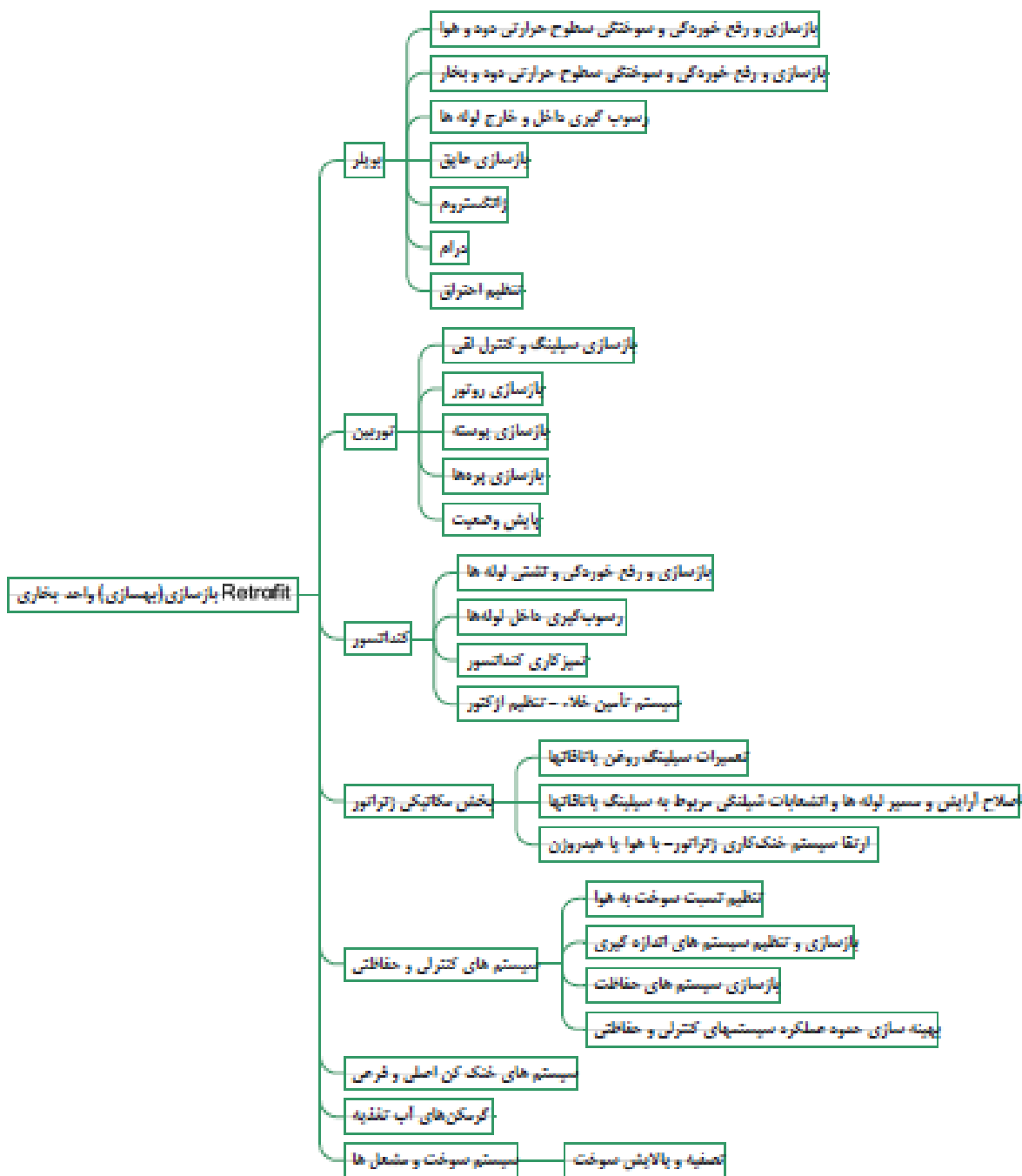
- سیستم ورودی هوا و کمپرسور
  - سیستم سوخت رسانی و محفظه احتراق
  - تعمیرات سیلینگ و کنترل لقی، بازسازی روتور، بازسازی پوسته و بازسازی پره‌ها در توربین
  - تعمیرات سیلینگ روغن یاتاقانها و اصلاح آرایش و مسیر لوله‌ها و انشعابات شیلنگی مربوط به سیلینگ یاتاقانها در ژنراتور
  - تنظیم نسبت سوخت به هوا، تعمیر و تنظیم سیستم‌های اندازه‌گیری، تعمیر سیستم‌های حفاظت و بهینه‌سازی حدود عملکرد در سیستم‌های کنترلی و حفاظتی
- هم چنین فعالیت‌های نوسازی روی تجهیزات اصلی واحدهای گازی عبارتند از:
- ارتقاء سیستم فیلتراسیون هوای ورودی و کمپرسور
  - ارتقای مشعل و به روزرسانی سیستم سوخت رسانی در سیستم سوخت و محفظه احتراق
  - ارتقاء جنس و پوشش پره‌ها، بکارگیری سیل‌های پیشرفته و بکارگیری روتور با تکنولوژی ساخت پیشرفته در توربین
  - بکارگیری سیل‌های روغن کارآمد و پیشرفته در یاتاقانهای ژنراتور
  - سیستم مونتورینگ از راه دور، سیستم پیشرفته کنترل نسبت سوخت به هوا، بکارگیری سیستم‌های پیشرفته اندازه‌گیری و بکارگیری سیستم‌های پیشرفته حفاظت در سیستم‌های کنترلی و حفاظتی
- با توجه به گسترده بودن روشها و تکنیک‌های نوسازی و بازسازی، شناسایی و انتخاب تکنیک‌ها با اولویت روشهای دارای اهمیت بیشتر و نیز روشهای برآمده از نظر خبرگان صورت می‌پذیرد. شکلهای (۱-۲) تا (۱-۵) زیرشاخه‌های درخت فناوری در بخش نوسازی و بازسازی واحدهای گازی و بخاری را نشان می‌دهند.



شکل (۱-۲) - فناوری های بازسازی واحدهای گازی



شکل (۱-۳) - فناوری های نوسازی واحدهای گازی



شکل (۱-۴) - فناوری های بازسازی واحدهای بخاری



شکل (۱-۵) - فناوری های نوسازی واحدهای بخاری

### ۱-۳-۱- باز توانی

یکی از شیوه های ارتقاء سیکل واحدهای بخار که در سال های اخیر متداول شده به نام باز توانی نیروگاه معروف گردیده است. در باز توانی نیروگاه بخار، توربین گاز جدیدی به نیروگاه افزوده می شود تا از حرارت گاز خروجی توربین گاز برای بهبود راندمان نیروگاه بخار موجود بهره برداری شود.

در بازتوانی اهداف کلی زیر پیگیری می‌شوند:

- افزایش قدرت خروجی
- افزایش راندمان
- افزایش طول عمر
- استفاده مناسب‌تر از تجهیزات قبلی
- قابلیت انعطاف عملیاتی بیشتر
- افزایش قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی
- کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری
- کاهش انتشار آلودگی

هر چند ظاهراً تفاوت چندانی بین برخی از اهداف بازتوانی و نوسازی به نظر نمی‌رسد، لیکن میزان و نحوه دستیابی به این مقاصد در هر طرح کاملاً متفاوت است. از سوی دیگر در بازتوانی قسمت عمده تجهیزات قبلی حفظ شده و نوع چرخه نیز تا حدی تغییر می‌کند. بنابراین می‌توان بطور کلی نوسازی را مختص نیروگاههای بسیار قدیمی دانست که توجیه اقتصادی جهت ادامه کار ندارند، در حالیکه برنامه بازتوانی در بسیاری از نیروگاههای بخار (صرفنظر از فرسودگی آنها) قابل بررسی می‌باشد.

جهت بازتوانی عمدتاً نیاز به شرایطی است که در امکان پذیر بودن این طرح نقش مهمی را ایفا می‌کنند. یکی از این شرایط وجود فضای کافی در سایت برای نصب تجهیزات جدید می‌باشد. از سوی دیگر تقاضا نیز تعیین کننده است چرا که در صورت عدم نیاز به افزایش ظرفیت و تنها برای بهبود کارایی گزینه بهسازی مناسب‌تر به نظر می‌رسد. در بازتوانی اضافه نمودن توربین گاز علاوه بر افزایش احتمالی خروجی واحد بخار به معنای اضافه شدن خروجی توربین گاز به توان تولیدی نیروگاه نیز می‌باشد. یکی از مهمترین پارامترهای تعیین کننده در انجام بازتوانی، شرایط مناسب تجهیزات موجود نیروگاه و امکان استفاده از آنها است.

همانطور که اشاره گردید در طرح بازتوانی، واحد گازی به نیروگاه بخاری فعلی افزوده می‌شود تا از حرارت دود خروجی از توربین گاز به منظور گرمایش در چرخه بخار بهره‌گیری شود. با توجه به دمای بالای گاز خروجی از توربین می‌توان ادعا نمود که منبعی با قابلیت کاردهی بالا در واحدهای گازی بدون استفاده به محیط تخلیه می‌شود. از این رو جهت بازتوانی یک نیروگاه بخار، از همین گاز داغ خروجی استفاده می‌شود تا بتوان از این منبع با قابلیت کاردهی بالا، نهایت بهره را برد. فعالیتهای



مختلفی در این زمینه انجام گردیده است و طرحهای متفاوتی ارائه و اجرا گردیده که اختلاف بین آنها عمدتاً در نحوه استفاده از حرارت موجود در گاز دودکش توربین گاز می‌باشد. بازتوانی واحدهای نیروگاهی، به چهار زیرشاخه بازتوانی کامل، بازتوانی هیبرید، بازتوانی جعبه هوای داغ و بازتوانی گرمایش آب تغذیه تقسیم می‌گردد.

### ۱-۳-۱-۱- بازتوانی کامل یا سیکل ترکیبی

در بازتوانی کامل<sup>۱</sup> گاز خروجی از توربین گاز به درون یک مولد بخار بازیاب حرارت<sup>۲</sup> (HRSG) جهت تولید بخار (برای واحد بخار) هدایت می‌گردد. این مولد بخار بازیاب حرارت عملاً جایگزین بویلر واحد بخار می‌گردد. بدین ترتیب از انرژی درونی دود خروجی توربین گاز جهت تولید بخار برای چرخه بخار استفاده می‌گردد. همانند نیروگاههایی که از ابتدا بصورت سیکل ترکیبی ساخته می‌شوند، توان خروجی واحد گازی می‌بایست در حدود ۲ برابر توان خروجی واحد بخار باشد تا حرارت گاز خروجی از واحد گازی توانایی تأمین انرژی مورد نیاز سیکل بخاری را داشته باشد [۱]. کل توان خروجی نیروگاه پس از اعمال این نوع بازتوانی حدود ۳ برابر خواهد شد.

از آنجا که در نیروگاههای بخار، عمر بویلر کمتر از عمر توربین بخار است و در طرحهای بازتوانی کامل جایگزینی بویلر مورد نظر است، بازتوانی کامل عموماً هنگامی مناسب‌تر است که عمر مفید بویلر رو به اتمام باشد. این نوع بازتوانی توان را حدود ۲۰۰-۱۵۰٪ افزایش داده و نرخ حرارتی<sup>۳</sup> را ۳۰-۴۰٪ کاهش می‌دهد، ضمن اینکه انتشار NOx را نیز کم می‌کند [۲]. البته به منظور ایجاد قابلیت رقابت با نیروگاههای جدید، در صورت نیاز می‌بایست به بهسازی قسمتهای مختلف نیروگاه قدیمی (بخار) نیز پرداخت.

### ۱-۳-۱-۲- بازتوانی هیبرید<sup>۴</sup>

برای درک مفهوم کلی بازتوانی هیبرید توجه به شکل (۱-۶) لازم است. در این روش نیروگاه بخاری موجود با افزودن اجزای زیر گسترش می‌یابد:

۱- یک یا چند توربین گاز با بازده بالا. اندازه توربینهای گاز با توجه به اندازه توربین بخار موجود تعیین می‌شود.

<sup>۱</sup> Full repowering

<sup>۲</sup> Heat recovery steam generator

<sup>۳</sup> Heat rate

<sup>۴</sup> Hybrid Repowering

۲- یک بویلر بازیاب حرارت یک یا دو فشاری که با توجه به بخار مورد استفاده در توربین بخار موجود طراحی می‌شوند.

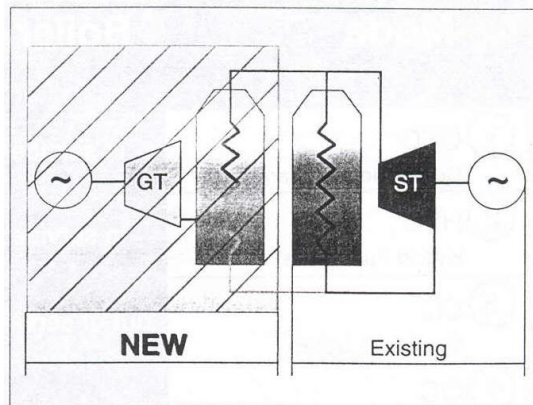
۳- یک سیستم کنترل و ایمنی مدرن برای توربین گاز و بویلر بازیاب حرارت شامل یک سیستم کنترل بار.

۴- اتصالات لوله‌کشی بین بویلر بازیاب حرارت جدید و سیکل آب موجود.

برای بالا بردن بازده سیکل بهتر است آب تغذیه در اکتونمایزر بویلر بازیاب پیش گرم شود. در واحدهای دارای بازگرمایش بهترین انتخاب استفاده از یک بویلر بازیاب حرارت دارای بازگرمایش می‌باشد. در این صورت نسبت دبی بخار اصلی و بخار بازگرمایش در بویلر موجود ثابت می‌ماند و دیگر نیازی به ایجاد تغییرات در بویلر نیست. روش بازتوانی هیبرید علاوه بر مزایای یک بازتوانی کامل مزایای دیگری نیز دارد:

- افزایش انعطاف پذیری اجرایی سیستم

- افزایش انعطاف پذیری در انتخاب سوخت



شکل (۱-۶) - شماتیک بازتوانی هیبرید

### ۱-۳-۱-۳- بازتوانی گرمکن آب تغذیه<sup>۱</sup>

واضح است که بکارگیری گرمکن‌های آب تغذیه در چرخه‌های بخار موجب بهبود راندمان واحد می‌شود. در این حالت، درصدی از بخار داغ از قسمتهایی از توربین بخار استخراج شده و در گرمکن‌های آب تغذیه، آب چگالیده شده خروجی از کندانسور را پیش از رسیدن به بویلر گرم می‌کند. هر چند در این وضعیت مقداری از کار توربین کاسته می‌شود ولی در مجموع راندمان واحد افزایش می‌یابد. در طرح بازتوانی گرمکن آب تغذیه، این وظیفه بر عهده گاز خروجی توربین گاز گذارده شده است. به عبارت

<sup>۱</sup> Feed Water Heater Repowering (FWHR)

دیگر، بجای استخراج بخشی از بخار توربین بخار که قابلیت کاردهی بالایی دارد، گرمایش آب تغذیه توسط گاز خروجی از توربین گاز صورت می‌پذیرد. در یک نیروگاه بخار فسیلی نمونه معمولاً تا ۳۰-۲۰٪ جریان بخار را جهت گرمایش آب تغذیه بکار می‌برند که کور نمودن این جریان‌ات استخراجی از توربین، می‌تواند کار خروجی توربین بخار را به مقدار قابل توجهی افزایش دهد [۳]. در عمل چنین اتفاقی بندرت می‌تواند روی دهد چرا که ساختار واحد بخار، محدودیتهایی را اعمال می‌کند که نمی‌توان این مقدار بخار اضافی را به درون توربین بخار هدایت نمود. حداکثر بار و دبی قابل تحمل توربین بخار و مقدار دفع حرارت کندانسور (یا برج خنک‌کن) از این محدودیتهای می‌باشد. در گزینه‌ای دیگر می‌توان گرمکن‌های آب تغذیه را حفظ نمود و از گاز داغ خروجی توربین گازی در یک یا چند گرمکن آب تغذیه دیگر بصورت موازی بهره برد.

در این طرح اغلب به افزایش راندمانی در حدود ۳-۲٪ می‌توان دست یافت [۴]. با این حال به دلیل هزینه اولیه پایین، این طرح می‌تواند قابل توجه باشد. زمان مورد نیاز جهت از شبکه خارج شدن نیروگاه نیز در حدود ۱ ماه خواهد بود [۲].

### ۱-۳-۱-۴- بازتوانی جعبه هوای داغ<sup>۱</sup>

گاز خروجی از توربین گاز دارای دمای نسبتاً بالا و سرعت زیادی است. واحدهای گازی به دلیل محدودیت در حداکثر دمای قابل تحمل توربین، از نسبت هوا به سوخت بالایی در محفظه احتراق بهره می‌برند تا علاوه بر دستیابی به گذر حجمی بالا، دمای محصولات احتراق ورودی به توربین گاز نیز بیش از اندازه نشود. در نتیجه گاز خروجی از توربین گاز حاوی مقدار زیادی اکسیژن با دمای بالا می‌باشد. این خصوصیات امکان استفاده از گاز خروجی واحد گازی را به عنوان هوای ورودی به بویلر واحد بخار فراهم می‌نماید. در واقع واحد توربین گاز به عنوان پیش گرم‌کن هوای ورودی به بویلر عمل می‌کند. علاوه بر این، توربین گاز تا حدی به فن اجباری<sup>۲</sup> جهت راندن هوا به داخل بویلر نیز کمک خواهد کرد. این طرح علاوه بر حذف پیش گرم‌کن، بعلاوه افزایش راندمان، مصرف سوخت در سیکل بخار را نیز کاهش خواهد داد.

بطور کلی در بازتوانی جعبه هوای داغ نیازی به حذف بویلر نمی‌باشد، از این‌رو برای واحدهای بخاری جدیدتر توصیه می‌شود. با این حال در این طرح نیاز به اصلاحاتی در بویلر، مشعل‌ها، بدنه و... می‌باشد.

این نوع بازتوانی از لحاظ تکنیکی بسیار پیچیده و به سرمایه‌گذاری زیادی احتیاج دارد. در این طرح می‌توان با توجه به نیاز، اصلاحاتی را اعمال نمود که تعدادی از آنها عبارتند از: مشعل‌های کوره با توجه به کاهش میزان اکسیژن، تغییرات احتمالی در

<sup>1</sup> Hot WindBox Repowering (HWBR)

<sup>2</sup> Forced Draft Fan (FDF)

سطوح بویلر بدلیل کاهش اکسیژن، اصلاح کانال‌کشی‌ها، احتمال نیاز به کانال‌های کنارگذر برای رساندن بخشی از گاز به اکونومایزر، احتمال نیاز به یک فن القایی<sup>۱</sup>، یک دودکش کنارگذر برای توربین گاز به هنگام شروع بکار. در طرح بازتوانی جعبه هوای داغ نیاز به توربین گاز به مراتب کوچکتری نسبت به طرح بازتوانی کامل می‌باشد و عملاً واحد گازی سهم عمده‌ای در تولید توان کلی ندارد. در کل، این گزینه برای واحدهای بخاری جدیدتر و با راندمان نسبتاً بالا پیشنهاد می‌شود [۲]. در این طرح، افزایش راندمانی در حد ۳-۶ درصد را می‌توان انتظار داشت.

---

<sup>۱</sup> Induced Draft Fan (IDF)

## فصل دوم

### آینده پژوهی فناوری

## ۲-۱- مقدمه

در مطالعات آینده‌پژوهی، در مورد حوزه‌های فناورانه شناسایی شده با نگاهی به آینده صحبت می‌شود. در این مؤلفه به تحلیل سناریوهای پیش رو در توسعه فناوری، روندهای ظهور و گسترش فناوری‌های جدید و جایگزین، و سایر فعالیت‌های مرتبط با جایگاه فناوری در آینده پرداخته می‌شود. آینده‌پژوهی به کاسته شدن از عدم قطعیت پیش روی توسعه در آینده کمک کرده و تصمیمات پایاتری را برای سیاست‌گذاران به ارمغان می‌آورد.

امروزه تغییرات فناورانه با نرخ سریعتری از گذشته به وقوع می‌پیوندند. تغییرات فناوری و به دنبال آن تغییر در دیگر جنبه‌های زندگی از طریق:

- افزایش روز افزون وابستگی متقابل کشورها و ملل،
  - تمرکززدایی جوامع و نهادهای موجود که به دلیل گسترش فناوری اطلاعات، شتاب بیشتری یافته است،
  - تمایل روزافزون به جهانی شدن به همراه حفظ ویژگی‌های ملی، قومی و فرهنگی
- لزوم درک بهتر از "تغییرات" و "آینده" را برای دولت‌ها، کسب و کارها، سازمان‌ها و مردم ایجاد می‌کند. آینده اساساً قرین به عدم قطعیت است. با این همه، آثار و رگه‌هایی از اطلاعات و واقعیات که ریشه در گذشته و حال دارند، می‌توانند رهنمون‌هایی برای فهم نسبت به آینده باشند. عدم قطعیت نهفته در آینده برای بعضی، توجیه‌کننده عدم دوراندیشی آنان است و برای عده‌ای دیگر منبعی گرانبها از فرصت‌ها. در اینجا است که نقش مطالعات پیرامون آینده یا همان آینده‌پژوهی بیش از هر چیز احساس می‌شود.

آینده‌پژوهی دانش و معرفتی است که منجر به باز شدن دید سیاست‌گذاران نسبت به رویدادها، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی آینده شده و از طریق کاهش ابهام‌ها و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخاب‌های هوشمندانه را افزایش می‌دهد. دانش حاصل از آینده‌پژوهی این اجازه را به سیاست‌گذار می‌دهد تا بدانند که به کجاها می‌توانند بروند (آینده‌های اکتشافی) و به کجاها باید بروند (آینده‌های هنجاری). آینده‌پژوهی مشتمل بر مجموعه تلاش‌هایی است که با استفاده از تجزیه و تحلیل منابع، الگوها و عوامل تغییر و یا ثبات، به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی برای آنها می‌پردازد. به عبارت دیگر، آینده‌پژوهی منعکس می‌کند که چگونه از دل تغییرات امروز، واقعیت فردا تولد می‌یابد.

یکی از پیش‌فرض‌های آینده‌پژوهی اذعان به وجود گزینه‌های متعدد آینده است. در مباحث آینده‌پژوهی، منظور از آینده در نظرگیری سه حالت آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب است. آینده ممکن هر چیزی اعم از خوب یا بد، محتمل یا بعید است، که می‌تواند در آینده روی دهد. آینده محتمل، آینده ممکن است که به احتمال زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست. آینده مطلوب نیز، آینده محتملی است که مطلوب و مرجح باشد.

در ادبیات آینده‌پژوهی، وجود چهار عنصر رویدادها، روندها، تصویرها، و اقدام‌ها منجر به پیدایش آینده‌های مختلف می‌شود. رویدادها تمام وقایعی هستند که احتمال وقوع دارند. در واقع آن دسته از مسایلی هستند که باعث شک و تردید بسیاری از مردم در مورد کارایی تفکر درباره آینده می‌شوند. وقایعی که رویدادشان محتمل به نظر می‌رسد، اما آنچه که قرار است در آینده اتفاق بیفتد کاملاً ناشناخته می‌ماند. از طرف دیگر، بسیاری از طراحان به عکس این موضوع عقیده دارند که تشخیص حیطه اصلی آینده و برنامه‌ریزی برای آن تا حدودی امکان‌پذیر است و این باعث تمرکز بر گرایش‌های آینده می‌شود تا آنچه قرار است در آینده پیش آید تا حدی شناخته شود و برای وقوع آن آمادگی حاصل شود. در اینجا است که مفهوم روندها پدید می‌آید. روندها، وقایعی هستند که در گذشته و حال اتفاق افتاده و در آینده نیز اتفاق خواهند افتاد؛ وقایعی که تحت شرایط خاص در آینده احتمال وقوع پیدا می‌کنند؛ و یا وقایع نوظهوری هستند که پیامد مستقیم و یا غیرمستقیم فناوری‌های جدید هستند. با این تعریف، سه نوع نگاه به روندها شکل می‌گیرد:

- روندهایی که ادامه زمان گذشته و حال هستند. برای درک این روندها باید اتفاقات گذشته و حال را فهمید.
- روندهای ادواری که در زمان حاضر احساس نشده‌اند و مربوط به بعضی اتفاقات در گذشته‌های دورتر می‌شوند. این روندها ممکن است در آینده هم پیش بیایند.
- مسایل جدیدی که در گذشته و حال وجود نداشته و ممکن است در آینده اتفاق بیافتند. این روندها را بهتر است مسائل نوظهور نامید، اگر چه احتمال بروز آنها در آینده وجود دارد و در حال حاضر هم به سختی قابل تشخیص هستند. بسیاری از آینده‌پژوهان معتقدند که مهم‌ترین روندهای آینده همین مسائل نوظهور هستند که عمدتاً پیامد مستقیم و یا غیرمستقیم فناوری‌های جدید می‌باشد و این قدرت را به همراه می‌آورد تا کارهایی که در گذشته قادر به انجام نبود را انجام دهد.

سومین و چهارمین عامل تاثیرگذار بر آینده، شامل تصاویری از آینده است که مردم از آینده در ذهن خود می‌پرورانند و اقدام‌هایی که براساس آن تصاویر ذهنی انجام می‌دهند. بعضی از این اقدام‌ها، صرفاً برای تأثیر بر آینده انتخاب شده‌اند، اما باقی اقدام‌ها به

طور محض به این منظور نیستند. یکی از کارهایی نیز که آینده‌پژوهی قصد دارد انجام دهد کمک به مردم برای روشن کردن و بررسی تصاویر خویش از آینده، عقاید، امیدها، و نگرانی‌ها نسبت به آینده است تا شاید از این طریق، کیفیت تصمیمات مؤثر بر آینده را افزایش دهند. مسئله دیگری که آینده‌پژوهی سعی در انجام آن دارد کمک به مردم برای تغییر تصاویر و اعمالشان فرای تلاشی منفعل جهت پیش‌بینی آینده است و بعد از آن بر اساس پیش‌بینی‌ها، طرح‌های عملیاتی خود را اجرا کنند و به پیش برند.

## ۲-۲- آینده‌پژوهی فناوری افزایش عمر نیروگاه‌ها

مبحث افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی از دهه ۱۹۸۰ مطرح شده است. تا قبل از آن فرض بر این بود که واحدهای قدیمی باید بازنشسته شده و واحدهای جدید جایگزین آنها شوند. اما با افزایش سن تعداد قابل توجهی از واحدهای نیروگاهی در آن سال‌ها مسأله افزایش عمر واحدهای قدیمی مطرح گردید. با این کار ضمن بالا بردن کارایی و قابلیت اطمینان واحد تا میزان قابل قبولی، سرمایه‌گذاری برای احداث واحدهای جدید نیز به تعویق می‌افتاد.

در مورد بازتوانی واحدهای بخاری نیز ایده بازتوانی به بیش از ۴۵ سال قبل بازمی‌گردد و احتمالاً مربوط به نیروگاه مگنوکس بریتانیا می‌باشد. در این نیروگاه به علت مسائل متالورژیکی دمای بخار حدود ۵۰ درجه سانتیگراد تنزل یافته بود که با افزودن یک توربین گاز و استفاده از گازهای خروجی از توربین گاز به منظور بالا بردن دمای بخار، بهبود حاصل شد. بررسی بر روی بازتوانی نیروگاه‌های بخار توسط اشخاص و شرکت‌های مختلفی ادامه یافت. بطور مثال یک محقق دانمارکی به نام Elkraft تحقیقاتی در زمینه بازتوانی گرم‌کن آب تغذیه انجام داد تا به ترکیب مناسبی دست یابد. سابقه اجرای بازتوانی نیروگاه‌های بخاری نیز قابل توجه است. در سنگاپور طرح تبدیل سه واحد ۱۲۰ مگاواتی یک نیروگاه بخار با عمر ۲۵ سال به سه واحد سیکل ترکیبی هر یک با ظرفیت ۳۶۰ مگاوات اجرا شد که موجب افزایش راندمان از ۳۸٪ به ۵۶٪ گردید [۱]. مثال‌هایی از روش‌های گوناگون بازتوانی در کشورهای مختلفی مانند ایتالیا، کانادا، ژاپن، تایلند و مکزیک وجود دارد که نشانگر تمایل نیروگاه‌ها به افزایش ظرفیت و راندمان می‌باشد.

در ایران هنوز تجربه عملی برای اجرای طرح‌های بازتوانی وجود نداشته است و تنها مطالعات اولیه برای برخی نیروگاه‌ها از جمله نیروگاه بندرعباس، لوشان، بعثت، شهید منتظری و مشهد انجام گرفته است.



با توجه به بالا رفتن عمر تعداد زیادی از نیروگاه‌های بخار کشور و تمایل مالکین آنها به افزایش عمر و بازدهی آنها، به نظر می‌رسد در سالهای آتی بازتوانی به دلیل افزایش قابل توجه در بازده و عمر و همچنین هزینه کمتر آن نسبت به احداث واحدهای جدید، با روند رو به رشدی در کشور مواجه خواهد شد. استفاده از فناوری‌های نوین در طرح‌های نوسازی نیروگاه‌ها یکی از موضوعات قابل بحث می‌باشد که در این بخش به شرح چند نمونه پرداخته می‌شود.

### ۲-۲-۱- پوشش‌های پیشرفته توربین گاز

پوشش‌های قطعات داغ توربین گاز، همزمان با تقاضای روزافزون تولید برق، پیشرفت بسیاری کرده‌اند. عملاً پاسخگویی مناسب به تقاضا برای راندمان بالاتر تولید برق، مستلزم استفاده از مواد پیشرفته تر می‌باشد. برای قطعاتی از توربین که در دمای بالا کار می‌کنند، استفاده از مواد پیشرفته دارای اثرگذاری محسوس‌تری بوده است. پوشش‌های دما بالا برای محدود کردن آسیب‌های سطحی و نیز عایق نمودن سطح در مقابل محیط داغ بکار می‌روند. از آنجایی که عمر قطعات بر اساس وضعیت سطح آنها بطور مداوم کنترل می‌گردد، استفاده از پوشش‌های پیشرفته می‌تواند موجب بهبود کارایی واحد تولید برق گردد [۵]. در حال حاضر پژوهش در زمینه بکارگیری مواد و پوشش‌های نوین برای بهبود عمر واحدهای گازی و بالا بردن توان خروجی و راندمان این واحدها ادامه دارد که از جمله آن می‌توان به پوشش‌های نانوساختار نظیر پوشش‌های نانوساختار مقاوم در برابر حرارت و سایش [۶]، و پوشش‌های نانوساختار نظیر سرامیکی-بین فلزی [۷]، اشاره نمود. همچنین پوشش‌های <sup>۱</sup>TBC دارای پتانسیل زیادی برای بهبود شرایط کاری و افزایش عمر توربین‌های گازی می‌باشند. این نوع پوشش‌ها از یک طرف مقاومت به خوردگی و اکسایش را برای سطح قطعات مسیر داغ ایجاد می‌نمایند و از طرف دیگر اجازه افزایش دمای ورودی به توربین و در نتیجه افزایش راندمان و توان توربین را فراهم می‌آورند که این امر از طریق کاهش مقدار گرمای انتقال یافته به سطح فلز پره ممکن می‌گردد. کاهش دمای فلز هنگام استفاده از پوشش‌های TBC بستگی فراوانی به نوع و ضخامت لایه سرامیکی اعمالی روی سطح آن داشته و هر چه ضخامت این لایه سرامیکی افزایش یابد، کاهش دمای فلز بیشتر خواهد شد.

<sup>1</sup> Thermal Barrier Coating

پوششهای TBC در حقیقت پوشش‌های دو لایه می‌باشند که لایه بالایی<sup>۱</sup> یک لایه سرامیکی (عایق حرارتی) می‌باشد که بر روی یک پوشش فلزی مقاوم در برابر اکسایش<sup>۲</sup> اعمال شده است [۸]. مهمترین مشخصات این نوع پوششها هدایت حرارتی کم، تفاوت کم ضریب حرارتی آنها با سوپراآلیاژ مورد نظر و مقاومت کافی در برابر عوامل تخریب محیطی (به خصوص اکسیداسیون) می‌باشد. عموماً ضخامت پوششهای پیوندی در حدود  $100 \mu\text{m}$  و ضخامت پوششهای سرامیکی فوقانی در حدود  $250-1000 \mu\text{m}$  می‌باشد [۸]. استفاده فراوان از پوشش‌های TBC برای پوشش دهی پره‌های گردان توربین‌های گازی مسائل خاصی را به دنبال داشته است و بجز در سالهای اخیر که استفاده از این روش به عنوان یک مزیت بسیار مناسب در طراحی و ساخت توربین‌های جدید مطرح گشته است. محدودیت‌هایی نظیر پوسته پوسته شدن<sup>۳</sup> این پوشش‌ها حین سرویس در اثر تنشهای حرارتی وارد شده به آنها و نیز اکسیداسیون جزء پیوندی این پوشش‌ها، در گذشته مانع از کاربرد وسیع آنها در پوشش دهی پره‌های توربین گشته بود.

با توجه به کلیه محاسن این پوشش‌های TBC، امروزه این نوع پوشش‌ها کاربرد بسیار زیادی در توربین‌های جدید و پیشرفته یافته‌اند و اکثر سازندگان اصلی توربین‌های گازی (زیمنس - وستینگهاوس، میتسوبیشی، ABB، GE و ...) از این تکنولوژی بسیار پیشرفته جهت بهبود کارایی پره‌های توربین‌های جدید خود بهره می‌برند، ضمن آنکه استفاده از این پوشش‌ها در توربین‌های قدیمی می‌تواند منجر به بهبود عمر پره‌های آنها گردد [۸]. علاوه بر این، توسعه پوشش‌های جدید و پروسه پوشش دهی نوین از زمینه‌های فعال تحقیقات در این زمینه می‌باشد. به عنوان مثال می‌توان به روش افشانه پلاسما اشاره نمود که برای پوشش دهی TBC با کمترین میزان انتقال گرما و قابلیت تحمل بار حرارتی سیکلی بکار می‌رود.

همچنین تحقیق و توسعه بر روی مواد و پوشش‌های سایر قسمت‌های توربین گاز نظیر کمپرسور و عموماً با هدف کاهش اثر عمر قطعات بر توان خروجی و راندمان واحد در دستور کار سازندگان توربین‌های گازی قرار دارد [۹].

<sup>1</sup> Top coat

<sup>2</sup> Bond coat

<sup>3</sup> Spalling

## ۲-۲-۲- فناوری Oxy Fuel در نیروگاهها

بررسی فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های موجود، مستلزم در نظر گرفتن روند تغییرات قوانین زیست محیطی می‌باشد، به نحوی که کارکرد نیروگاه با رعایت این استانداردها را در بازه زمانی آینده تضمین کند. تولید انرژی از سوخت‌های فسیلی منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای شده است. یکی از اصلی‌ترین این گازها CO<sub>2</sub> و یکی از صنایع اصلی تولید کننده دی اکسید کربن نیروگاه‌های تولید برق می‌باشند. در این میان، توجه به فناوری‌های کاهش انتشار از نیروگاه‌ها، با توجه به سهم عظیم این صنعت در میزان انتشار گازهای آلاینده حائز اهمیت است.

در فناوری oxy fuel، اکسیژن از هوا جدا شده و با کسری از جریان دود خروجی از بویلر مخلوط می‌شود. سوخت با جریان گاز ایجاد شده محترق می‌شود و کسری از دود مجدداً به چرخه بازگردانده می‌شود. بخار آب چگالیده می‌شود و از جریان دود حذف می‌شود تا گاز CO<sub>2</sub> با غلظت بالا ایجاد شود.

### ۲-۲-۲-۱- بکارگیری احتراق سوخت اکسیژن در نیروگاه‌های بر پایه سیکل رانکین

نیروگاه‌های حرارتی مجهز به فناوری جداسازی گاز دی اکسید کربن در آینده تولید صنعت برق در دنیا نقش مهمی خواهند داشت. با توجه به الزامات کنترل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از نیروگاه‌ها، نوسازی نیروگاه‌های موجود با فناوری‌های کاهش انتشار، می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای توسعه عمر بهره‌برداری این واحدها بکار گرفته شود. در این میان، فناوری oxy fuel می‌تواند، هم برای طراحی و توسعه واحدهای جدید و هم برای نوسازی واحدهای موجود بکار گرفته شود چرا که سیکل بخار نیروگاه را تحت تأثیر قرار نخواهد داد. همچنین با طراحی مناسب می‌توان تغییرات لازم در بویلر و تجهیزات کمکی را به حداقل رساند [۱۰].

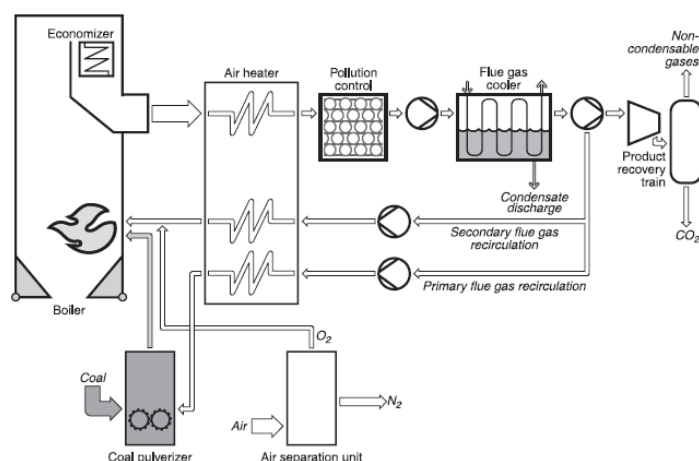
در سالهای اخیر، بیشترین حجم فعالیت تحقیق و توسعه مربوط به فناوری oxy fuel مربوط به بکارگیری این فناوری در نیروگاه‌های زغال‌سوز می‌باشد. هر چند تحقیقاتی نیز بر روی نوسازی مشعل‌های سوخت مایع یا گاز با فناوری سوخت اکسیژن صورت گرفته است [۱۱ و ۱۲].

در روش oxy fuel بجای احتراق سوخت و هوا، سوخت با اکسیژن و نسبتی از جریان دود برگشتی می‌سوزد. در نتیجه دود حاصل عمدتاً شامل بخار آب و دی اکسید کربن است که جداسازی و ذخیره سازی CO<sub>2</sub> برای مصارف بعدی از این جریان بسیار آسان تر از روش‌های معمول می‌باشد. در این روش CO<sub>2</sub> تولیدی را می‌توان تا ۱۰۰٪ جمع‌آوری و ذخیره کرد و با

حذف نیتروژن از احتراق در این روش، تولید NOx به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. به دلیل تغییر خصوصیات گازهای شرکت کننده در احتراق، فرایند مذکور نسبت به احتراق در سیستم‌های هوا سوز رفتار متفاوتی دارد که در بکارگیری این فن‌آوری در نیروگاه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد [۱۳].

در فناوری Oxy fuel انباشت گاز دی اکسید کربن در دود از ۱۷٪ جرمی به ۷۰٪ جرمی افزایش می‌یابد. دی اکسید کربن پس از سرد کردن و فشرده سازی به منظور ذخیره و انتقال، آماده استفاده یا دفن در زیر زمین می‌شود. در احتراق Oxy fuel اصلاحات و اضافاتی در فناوری سوخت زغال سنگ پودری نسبت به حالت مرسوم انجام می‌گیرد که شامل اضافه نمودن واحد جداسازی هوا برای تهیه اکسیژن، سیستم برگشت دود به سیکل، واحد فشرده سازی CO<sub>2</sub>، انتقال و ذخیره‌سازی می‌باشد. بهره‌برداری از این تجهیزات اضافه ممکن است باعث کاهش کارایی سیکل شود. به علاوه هزینه سرمایه گذاری و بهره برداری را نیز افزایش می‌دهد [۱۴].

فناوری Oxy fuel نخستین بار توسط آبراهام در سال ۱۹۸۲ برای تولید گاز با خلوص بالای دی اکسید کربن جهت تزریق در چاههای نفت ارائه گردید [۱۵]. پس از آن تحقیقات مربوطه عمدتاً با همین هدف ادامه پیدا کرد و مطالعات فنی اقتصادی و ساخت پایلوت‌های مختلفی از این فناوری صورت گرفت.



شکل (۱-۲) - سیکل Oxy fuel نیروگاه [۱۰]

در بکارگیری این فناوری در واحدهای موجود می‌بایست در نظر داشت که ویژگی‌های احتراق با مخلوط اکسیژن و دود برگشتی دارای تفاوت‌هایی با احتراق با هوا می‌باشد. در بخش تشعشعی بویلر، کسر حجمی زیاد آب و CO<sub>2</sub> در گازهای درون بویلر منجر به تشعشع حرارتی بیشتر گاز می‌شود، بنابراین انتقال حرارتی تشعشعی در بویلری که برای استفاده در فناوری Oxy-fuel آماده

شده است، بیشتر خواهد بود. بنابراین با کسر حجمی اکسیژن کمتر از ۳۰٪ در این فناوری می‌توان به انتقال حرارتی مشابه با سیستم‌های معمول دست یافت. همچنین، حجم گازهای عبوری از کوره در فناوری Oxy-fuel نسبت به سیستم رایج مقدار کمی کاسته می‌شود و حجم دوده‌های عبوری از دودکش (پس از بازیافت کسری از دود) حدود ۸۰٪ کاهش می‌یابد. در این فناوری با سیستم جمع‌آوری CO<sub>2</sub> کسر قابل توجهی از انرژی تولیدی، در بخش‌های مختلف جداسازی و انباشت CO<sub>2</sub> مانند بخش فشرده‌سازی گاز مصرف می‌شود. این مصرف انرژی در نیروگاه‌های مرسوم بدون سیستم جمع‌آوری دود وجود ندارد، از این رو نیروگاه‌های Oxy fuel بازده کمتری در تولید توان دارند. اگر چه بازدهی بیشتری نسبت به نیروگاه‌های معمولی با سیستم جمع‌آوری CO<sub>2</sub> که در آنها انرژی زیادی صرف جداسازی CO<sub>2</sub> از یک جریان رقیق می‌شوند، خواهند داشت [۱۶]. همان طور که پیشتر اشاره گردید، بیشتر تحقیقات صورت گرفته در سالهای اخیر در مورد نوسازی واحدهای موجود با فناوری Oxy fuel، به واحدهای زغالسوز اختصاص داشته است. با این وجود با توجه به تشابه میان این واحدها و واحدهای بخاری با سوخت مایع و گاز در موارد متعدد، می‌توان انتظار داشت که این تحقیقات قابل توسعه بر روی واحدهای مذکور می‌باشد.

## ۲-۲-۲-۲- بکارگیری احتراق سوخت اکسیژن در نیروگاه‌های بر پایه سیکل برایتون

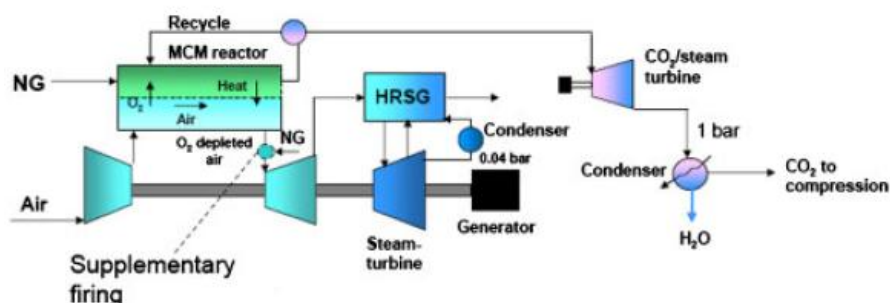
همان طور که در ابتدا اشاره گردید، فناوری Oxy fuel با سیکل‌های توانی متعددی توسعه یافته است که هر یک دارای شرایط کارکردی، اجزا و طراحی‌های مختلف ترمودینامیکی می‌باشند. در ادامه، مروری بر سیکل‌های توانی بر پایه سیکل برایتون صورت می‌گیرد و در مورد طراحی ترمودینامیکی هر یک از این سیکل‌ها بحث خواهد شد.

- سیکل پیشرفته نیروگاه بدون انتشار آلاینده (AZEP)<sup>۱</sup>، یک سیکل Oxy fuel بر پایه سوخت متان یا گاز طبیعی است که در آن سیستم احتراق موجود، با راکتورهای غشای انتقال یون (ITM)<sup>۲</sup> بوده و در نتیجه میزان کاهش راندمان نیروگاه به واسطه سیستم جداسازی اکسیژن، کمتر خواهد بود. بطور خاص، استفاده از این فناوری موجب کاهش ۵ درصدی در راندمان یک نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی می‌گردد که در مقایسه با افت ۹ درصدی راندمان با استفاده از سیستم جذب دی‌اکسید کربن به روش پسا احتراق میزان کمتری خواهد بود. راندمان‌های حرارتی که برای این سیستم گزارش شده است، برای سیستم‌های ساده و بدون در نظر گرفتن بهینه‌سازی، بین ۵۰ تا ۵۲٫۵ درصد است. مفهوم AZEP شامل ترکیب یک سیکل برایتون و یک سیکل بخار پایین دستی می‌باشد که می‌توان به آن یک توربین

<sup>1</sup> Advanced Zero Emission Power Plant

<sup>2</sup> ion-transport membrane (ITM)

بخار/دی اکسید کربن و یا یک بویلر بازیاب برای استفاده از حرارت موجود در محصولات خروجی از ITM اضافه نمود. در این سیکل، هوای فشرده و گاز طبیعی بطور جداگانه وارد ITM می گردند. همچنین برای کنترل دمای راکتور، بخشی از دود خروجی از توربین نیز وارد راکتور می شود. سپس اکسیژن توسط غشا جدا گردیده و سوخت اکسید می گردد که موجب تولید دود با درصد بالای دی اکسید کربن می شود. این دود سپس بسته به طراحی، وارد بویلر بازیاب می گردد یا وارد توربینی شبیه به توربین بخار می شود که می تواند با چنین مخلوط گازی با درصد بالای دی اکسید کربن تولید برق کند. علاوه بر این، با توجه به این که میزان انتقال حرارت بین مخلوط سوخت اکسید شده و هوای با غلظت پایین اکسیژن زیاد می باشد و این هوا دارای محتوای بالای انرژی خواهد بود، یک توربین گازی برای تولید کار از این جریان تعبیه گردیده است. سپس بخار آب موجود در این جریان تقطیر و جدا می گردد و  $CO_2$  باقیمانده نیز برای استحصال فرآوری می شود. یکی از مهمترین مزایای سیکل AZEP، امکان استفاده از تجهیزات متداول نیروگاهی برای توربین و کمپرسور است که موجب کمتر بودن هزینه جذب دی اکسید کربن در این واحدها نسبت به واحدهای سیکل ترکیبی تا ۵۰ درصد می باشد [۱۷].

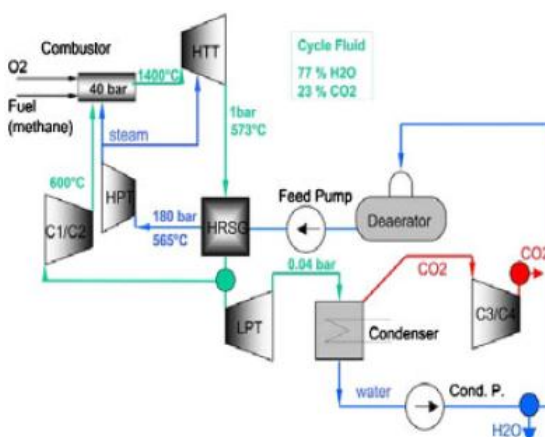


شکل (۲-۲) - شماتیک ساده شده سیکل AZEP [۱۷]

- سیکل<sup>۱</sup> Graz، که در دانشگاه Graz توسعه داده شده است، دارای راندمان بالا و بدون انتشار آلاینده، با امکان استفاده از سوختهای گاز طبیعی، سوخت سنتزی و نیز زغالسنگ است. سیکل Graz از تلفیق یک سیکل برایتون دما بالا و یک سیکل رانکین دما پایین تشکیل گردیده است. همان طور که در شکل (۲-۳) دیده می شود، اکسیژن فشار بالا که توسط واحد جداسازی هوای کرایوجنیک تأمین می گردد، به همراه سوخت در فشار ۴۰ بار وارد محفظه احتراق می شود. دمای محفظه احتراق در حدود ۱۴۰۰ درجه است و برای کاهش دمای محفظه، بخشی از دی اکسید کربن و

<sup>۱</sup> Graz and water cycle

بخار آب خروجی به محفظه احتراق بازگردانده می شود. سپس محصولات احتراق که نسبت به  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CO}_2$  غنی می باشند در یک توربین منبسط می گردد. در نهایت بخار آب موجود در دود تقطیر گردیده و  $\text{CO}_2$  موجود در دود جدا می شود. آب جدا شده مجدداً وارد سیکل می گردد [۱۷].



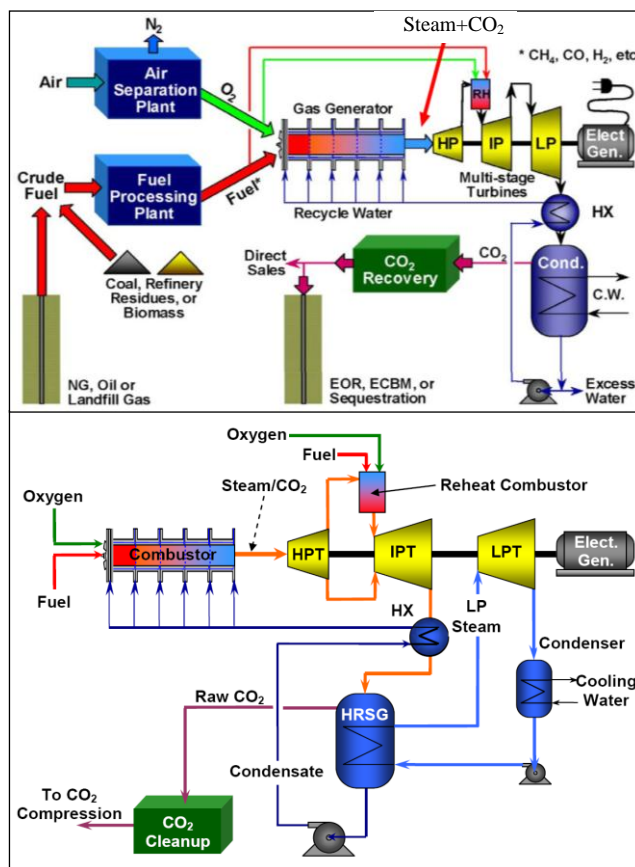
شکل (۲-۳) - شماتیک ساده شده سیکل Graz [۱۷]

- سیکل های فوق بحرانی  $\text{CO}_2$  ماتیان و فهر<sup>۱</sup> این سیکل، یک سیکل Oxy fuel است که از یک سیکل فوق بحرانی شبه رانکین  $\text{CO}_2$  تشکیل شده است که سیکل پایین دست شبه برایتون را تغذیه می کند. سیال عامل این سیکل بطور عمدۀ  $\text{CO}_2$  و سوخت مصرفی آن گاز طبیعی است. اکسیژن تقریباً خالص مصرفی این سیکل نیز توسط سیستم جداسازی هوای کرایوجنیک تأمین می گردد. جداسازی دی اکسید کربن با تزریق گاز دی اکسید کربن با فشار فوق بحرانی در اعماق زمین صورت می گیرد [۱۷].
- طرح زیمنس - چیدمان رایج فناوری oxy fuel برگشت کسری از دود به بویلر به منظور کنترل دما و جبران کسر حجمی  $\text{N}_2$  حذف شده از جریان می باشد. همان طور که پیشتر توضیح داده شد، این ترکیب در نمونه های آزمایشی زیادی مورد ارزیابی قرار گرفته است. اخیراً شرکت زیمنس طرح جدیدی برای استفاده از این فناوری ارائه داده است. هرچند این طرح در مرحله امکان سنجی قرار داشته و چالش های زیادی را از لحاظ فناوری ساخت در برابر خود دارد.

<sup>۱</sup> Matiant and Feher supercritical  $\text{CO}_2$  cycles

در روش ارائه شده سوخت با توجه به منبع در دسترس می‌تواند متفاوت باشد. در صورت استفاده از گاز طبیعی فرآیند خاصی مورد نیاز نمی‌باشد و تنها یک کمپرسور برای تأمین فشار گاز مطابق با فشار محفظه احتراق کافی می‌باشد. در صورت استفاده از سوخت‌های جامد (زغال سنگ، کک، زیست توده) یک واحد گازی سازی فشار بالا با دمنده اکسیژن سوخت را تبدیل به گاز می‌کند. گاز خام تولیدی پس از تصفیه و سولفور زدایی توسط کمپرسور به محفظه احتراق فرستاده می‌شود. در این روش سوخت و اکسیژن در محفظه احتراق سوزانده می‌شوند. فشار محفظه احتراق در حدود ۵۰ الی ۱۰۰ بار می‌باشد. با سوختن سوخت با اکسیژن خالص دمای بسیار بالایی ایجاد می‌شود، برای کاهش دما از تزریق آب یا بخار آب استفاده می‌شود. در اتاقک اول محفظه احتراق با تزریق آب یا بخار دما را تا حد  $1650^{\circ}\text{C}$  -  $1750^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌دهند و در اتاقک آخر با تزریق آب یا بخار مخلوط  $\text{CO}_2$  را رقیق کرده و دما را تا  $600^{\circ}\text{C}$  -  $700^{\circ}\text{C}$  پایین می‌آورند. ترکیب سیال عامل که مخلوطی از  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{CO}_2$  می‌باشد بسته به دمای احتراق متفاوت است اما تقریباً در حدود  $80\% \text{H}_2\text{O}$  و  $20\% \text{CO}_2$  می‌باشد. سیال عامل به سمت توربین فشار بالا فرستاده می‌شود. دما و فشار گاز در ورود به توربین  $760^{\circ}\text{C}$  و ۱۱۰ بار می‌باشد. این توربین مشابه یک توربین بخار فشار بالا با نسبت فشار ۵ می‌باشد. گاز خروجی به یک محفظه احتراق فرستاده می‌شود تا با احتراق سوخت و اکسیژن اضافه شده دمای آن بالا رود. پس از آن به یک توربین فشار متوسط فرستاده می‌شود. دما و فشار گاز در این مرحله  $1760^{\circ}\text{C}$  و ۴۳ بار می‌باشد. این توربین مشابه یک توربین گاز با نسبت فشار ۲۰ عمل می‌کند. گاز حاصل یا مستقیماً به یک توربین فشار پایین فرستاده شده یا پس از عبور از یک بویلر بازیاب و تولید بخار به کندانسور فرستاده می‌شود و بخار حاصله به توربین فشار پایین فرستاده می‌شود. پس از حذف بخار  $\text{CO}_2$  نسبتاً خالص تولید می‌شود. بخار چگالیده شده مجدداً به محفظه احتراق فرستاده می‌شود. بازده این سیکل با سوخت زغال سنگ و در نظر گرفتن واحد گازی سازی و مایع ساز  $\text{CO}_2$  ۳۶-۴۰٪ و درصد خلوص  $\text{CO}_2$  ۹۹٪ تخمین زده شده است. هرچند محدودیت‌های زیادی برای استفاده از این سیستم در حال حاضر وجود دارد اما بازده و عملکرد مناسب آن جذابیت‌های زیادی ایجاد کرده است. زمینس برنامه‌های تا سال ۲۰۲۰ برای عملی کردن این سیستم تدوین نموده است [۱۸ و ۱۹].





شکل (۲-۴) - شماتیک فناوری oxy fuel پیشنهادی توسط زیمنس (با و بدون بویلر بازیاب)

## ۲-۲-۳- فناوری نانو

امروزه از طرفی به دلیل کاهش یافتن منابع اولیه انرژیهای فسیلی در دنیا و از طرف دیگر به دلیل ایجاد آلودگیهای شدید زیست محیطی در اثر افزایش مصرف این منابع، توجه خاصی به منابع جدید تأمین انرژی مانند انرژیهای خورشیدی، بادی و غیره می‌شود. اما استفاده از این منابع مستلزم دستیابی به تکنولوژی تبدیل کننده این پتانسیلها به انرژیهای الکتریکی، مکانیکی و غیره است. (مثل پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی و غیره).

از سوی دیگر، نانو تکنولوژی، به سبب بهبود کیفی ابزارها، مصرف کمتر مواد اولیه، مصرف کمتر انرژی، کاهش تولید مواد زائد و افزایش سرعت تولید، در کشورهای پیشرفته به عنوان مهمترین روش تولید و ساخت این ابزارها، مطرح است. همچنین به کمک این فناوری گام‌های مؤثری در جهت کاهش آلودگی زیست محیطی حاصل از سوختهای فسیلی، برداشته شده است. بنابراین از مهمترین بسترهای بکارگیری نانو تکنولوژی ساخت و تولید مبدلهای انرژیهای نو (مثل سلول‌های خورشیدی و پیل‌های سوختی)، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی نیروگاه‌های گازسوز (با استفاده از کاتالیستهای احتراق) و افزایش راندمان

این نیروگاهها (با بکارگیری نانوپوششها و نانومگنتها) را می‌توان نام برد. فناوری نانو، قابلیت‌ها و امکانات بیشماری را وارد عرصه‌های مختلف خواهد کرد که پاره‌ای از زمینه‌هایی که می‌تواند در اولویت کار قرار گیرند عبارتند از:

- بررسی سیستمهای احتراقی پیشرفته به کمک فناوری نانو به منظور افزایش راندمان نیروگاهها و کاهش هزینه‌های تولید برق

- تولید نانو کامپوزیتها برای استفاده در قطعات مختلف عایقی و نیمه هادی مورد استفاده در صنعت برق
- تولید تجهیزات مورد نیاز به کمک فناوری نانو برای داشتن عمر و دوام بیشتر و کاهش هزینه‌های نگهداری
- بررسی امکان تولید انواع هادیها با استفاده از فناوری نانو با هدف کاهش تلفات شبکه
- تولید امولوسیون‌های آب - مازوت برای سوخت نیروگاهها با هدف افزایش راندمان و کاهش آلاینده‌ها
- استفاده از نانو مواد افزودنی برای روغنهای ترانس
- استفاده از نانوسیالهای خنک کننده در نیروگاهها

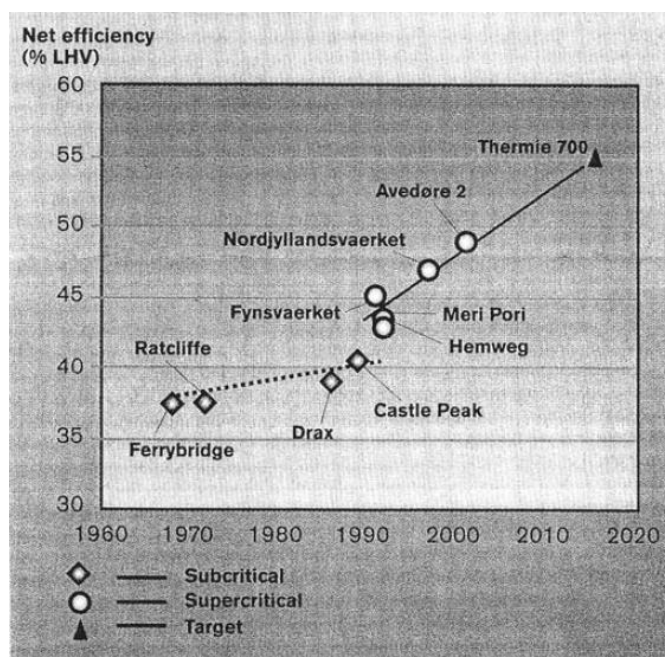
## ۲-۲-۴- تکنولوژی نیروگاههای بخار دما بالا ( $700^{\circ}\text{C}$ )

بازده پیشرفته‌ترین واحدهای نیروگاهی سوخت فسیلی اسکاندیناویایی، با شرایط بخار فوق بحرانی<sup>۱</sup> و ماورای بحرانی<sup>۲</sup>، با واحدهای زیربحرانی<sup>۳</sup> نسبتاً جدید انگلستان و هنگ کنگ در شکل (۲-۵) با یکدیگر مقایسه شده‌اند. اختلاف در بازده واحدهای Avodøre 2 و Nordjyllandsværket 3، با وجود دو مرحله بازگرمایش در نیروگاه دوم و اختلاف ناچیز در فشار بخار اصلی آنها، حائز اهمیت است. افزایش بیشتر شرایط بخار تا فشار ۳۸/۳ MPa و دمای  $720/720/702^{\circ}\text{C}$ ، مطابق پروژه‌ای با نام Thermie 700، رسیدن به بازده خالص نزدیک به ۵۵٪ را ممکن خواهد ساخت [۲۰].

<sup>1</sup> supercritical

<sup>2</sup> Ultra supercritical(USC)

<sup>3</sup> subcritical



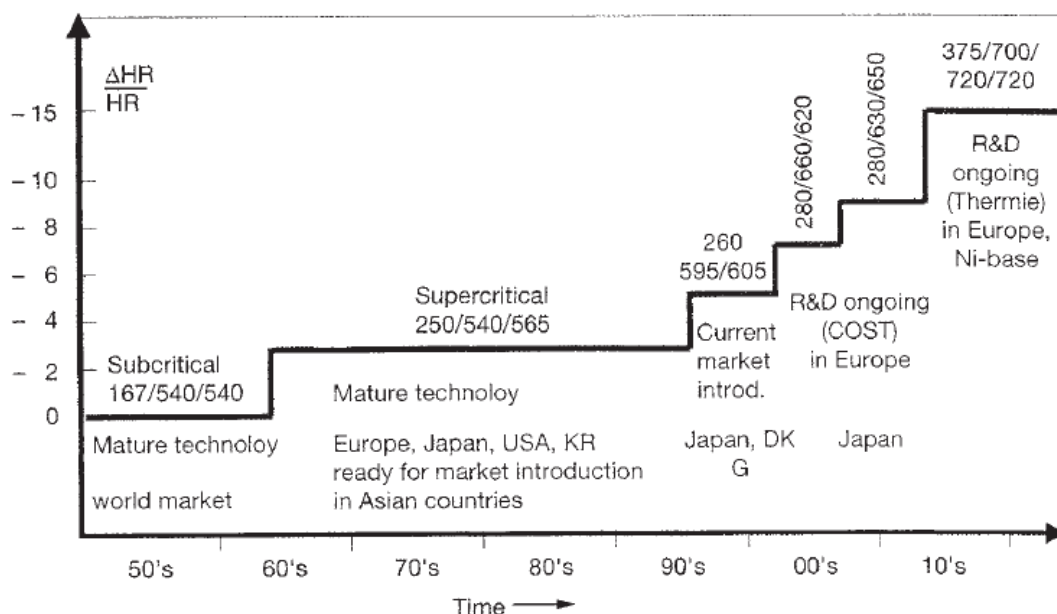
شکل (۲-۵) - پیشرفت در راندمان خالص برای واحدهای توربین بخار سوخت فسیلی

بهبودهای نرخ حرارتی در گذشته، حال و آینده نزدیک برای نیروگاه‌های سوخت فسیلی، به منظور بالا رفتن شرایط بخارشان جهت بکارگیری در بازارهای توسعه یافته به لحاظ تکنولوژیکی و نیز اقتصاد محور و محیط زیست محور، در شکل (۲-۶) نمایش داده شده است. مطابق نظر شرکت آلستوم، فولادهای مناسب برای یک فرایند فوق بحرانی با فشار بخار حداکثر MPa ۲۷ و دماهای بخار اصلی و ری هیت به ترتیب ۵۸۰ و ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد، در حال حاضر بصورت موفقیت آمیز در تعداد زیادی نیروگاه بکار گرفته می‌شوند و بطور کامل انتظارات را برآورده نموده‌اند. افزایش بیشتر دمای بخار به فولادهای با مقاومت خزشی بلند مدت<sup>۱</sup> بالاتر نیاز دارد. انواع مختلف فولاد با مقاومت خزشی بلند مدت بالا در دماهای فرایندی بالا توسعه یافته و تست شده است [۲۰].

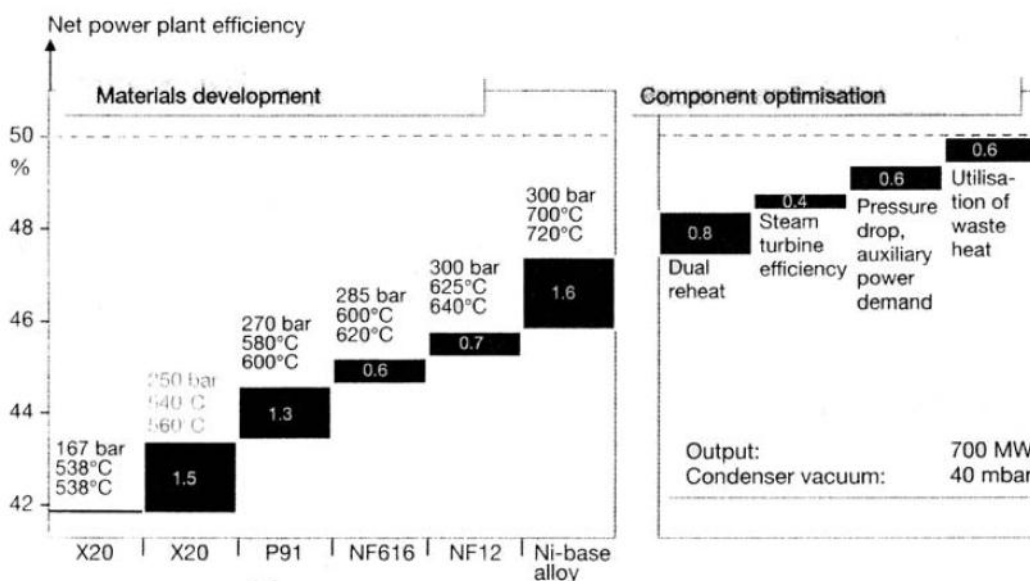
نمودار بعدی در شکل (۲-۷) اثرات کلیدی پیشرفت‌های اتفاق افتاده در مواد مقاوم در برابر دماهای بالا و بهینه‌سازی اجزاء روی بازده خالص نیروگاه را بصورت کاربردی برای یک واحد نیروگاهی ۷۰۰ MW فرضی نمایش می‌دهد. مطابق زیمنس، فولاد کروم P91، استفاده از شرایط بخار تا حد ۲۷ MPa و °C ۵۸۰/۶۰۰ را مجاز نموده است، در حالی که گذار بعدی به فولاد آلیاژ ولفریم NF12 بایستی پارامترهای بخار ۳۰ MPa و °C ۶۲۵/۶۴۰ را امکان‌پذیر نماید. فعالیت‌های تحقیق و توسعه به

<sup>۱</sup> Long-term creep strength

منظور واجد شرایط نمودن آلیاژهای با پایه نیکل برای داغترین اجزای طراحی، که افزایش دمای بخار را تا  $700/720^{\circ}\text{C}$  امکان پذیر می‌سازد، آغاز شده است. سمت راست نمودار، پتانسیل توسعه اجزا در بهینه‌سازی چرخه حرارتی را نشان می‌دهد. با تمام این اقدامات به نظر می‌رسد بازده خالص ۵۰ درصد برای نیروگاه کاملاً قابل دستیابی باشد [۲۰].



شکل (۲-۶) - پیشرفت تدریجی مواد برای نیروگاه‌های بخار و تأثیر آن روی بازده تولید توان



شکل (۲-۷) - افزایش بازده بالقوه برای نیروگاه‌های زغال سوز

## ۲-۲-۵- روش نوین کنترل آلاینده های خروجی نیروگاه ها

با در نظر گرفتن اثرات زیان بار و خساراتی که آلاینده های هوا از قبیل  $NO_x$ ،  $SO_x$ ،  $CO$  و هیدروکربن ها، روش های علمی مختلفی در جهت کاهش یا حذف آلاینده های هوا در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته اند که یکی از این روش ها فناوری نانو است. در واقع نانو پدیده هایی همچون نانولوله ها، نانوحسگرها، نانوکامپوزیت ها در محیط زیست، با توانایی حذف یا کاهش آلاینده های هوا در دهه های اخیر در کشورهای مختلف به کار گرفته شده است. برخی از مهمترین کاربردهای علمی شناخته شده فناوری نانو در زمینه محیط زیست نانوحسگرها، نانو فیلترها و کاتالیزورهای زیست محیطی هستند. در همین راستا با استفاده از نانوفناوری می توان سنسورهای گازی بسیار دقیق تر و با قابلیت پاسخ سریع تولید کرد. با استفاده از ذرات نانومتری در سنسورهای بخش نیروگاهی و به طور کلی با نانو ساختار کردن این سنسورها می توان به کنترل دقیق تر جنبه های مختلف نیروگاه دست یافت. [۲۱]

## ۲-۲-۵-۱- نانو فیلتراسیون گازهای آلاینده خروجی نیروگاه

یکی از معضلات همیشگی نیروگاه های سوخت فسیلی مسئله آلودگی هوا می باشد. به همین دلیل این نوع نیروگاه ها محیط زیست اطراف را به شدت تحت تأثیر قرار می دهند. همچنین این آلودگی با جریان باد جابجا شده و باعث باران های اسیدی می شود. بنابراین کنترل احتراق در درجه اول و پس از آن تصفیه دود خروجی از ملزومات یک نیروگاه مدرن در جهت حفظ محیط زیست است. با استفاده از نانو فیلترها می توان دود را تصفیه کرد و دود با آلودگی کمتری را وارد هوا کرد. همچنین می توان با استفاده از نانو ذراتی که خاصیت کاتالیستی دارند مواد مضر دود را به مواد بی خطر تبدیل کرد و علاوه بر این می توان هوای ورودی به توربین را نیز فیلتر کرد. در سیستم های تصفیه هوا از ذرات نانومتری فوتوکاتالیست استفاده می گردد. این سیستم ها دارای مواد چند منظوره ای هستند که باعث تصفیه هوا شده و برای حذف آلاینده هایی چون منوکسید کربن، بنزول، میکروبها، غبار و... مفید هستند. در نیروگاه های فسیلی آنچه که باید صورت گیرد، احتراق است. احتراق مخلوط شدن ماده سوختنی و اکسیژن هواست که باید به نسبت معین صورت گیرد و سپس واکنش سوختن رخ دهد. [۲۲] چنانچه اختلاط سوخت و هوا به هر دلیلی از حالت استاندارد خارج شود، سوخت ناقص می سوزد و باعث مصرف بیشتر سوخت و کاهش انرژی تولیدی می شود. راه کنترل و اطلاع از نحوه سوختن، آزمایش و آنالیز گازهای خروجی احتراق است. با اندازه گیری گازهای مختلف در گاز خروجی می توان به شرایط احتراق پی برد و تمهیدات لازم برای احتراق کامل را تدارک دید. کنترل گازهای خروجی توسط

سنسورها صورت می‌گیرد. هر چه سنسور دقیق‌تر باشد و بتواند به صورت دائم اطلاعات کافی و دقیق و البته واقعی در اختیار اپراتور قرار دهد نظارت و تصمیم‌گیری اپراتور صحیح‌تر بوده و باعث افزایش راندمان می‌شود. علاوه بر هوا و دود، کنترل آب و دیگر مواد سیال موجود در نیروگاه، فشار مخازن تحت فشار، نیروی اعمالی به قطعات حساس تحت تنش نیز به کنترل هر چه بیشتر جنبه‌های مختلف نیروگاه و کاهش خسارات احتمالی کمک می‌کند. برای نیل به این هدف باید از نانوسنسورهای حساس استفاده کرد. با استفاده از نانوفناوری می‌توان سنسورهای گازی بسیار دقیق‌تر و با قابلیت پاسخ سریع تولید کرد. با استفاده از ذرات نانومتری در سنسورهای بخش نیروگاهی و به طور کلی با نانو ساختار کردن این سنسورها می‌توان به کنترل دقیق‌تر جنبه‌های مختلف نیروگاه دست یافت. مثلاً با استفاده از نانو سنسورهای تنش بر روی قطعات حساس می‌توان از بروز حوادث جلوگیری کرده و قبل از شکست یک قطعه از وضعیت تنشی آن مطلع شد. مزایای این سنسورهای گاز، دقت فوق‌العاده به دلیل استفاده از مواد نانومتری، مقاومت به سایش، عمر طولانی، واقعی بودن مقادیر نشان داده شده و قیمت کم است. [۲۳]

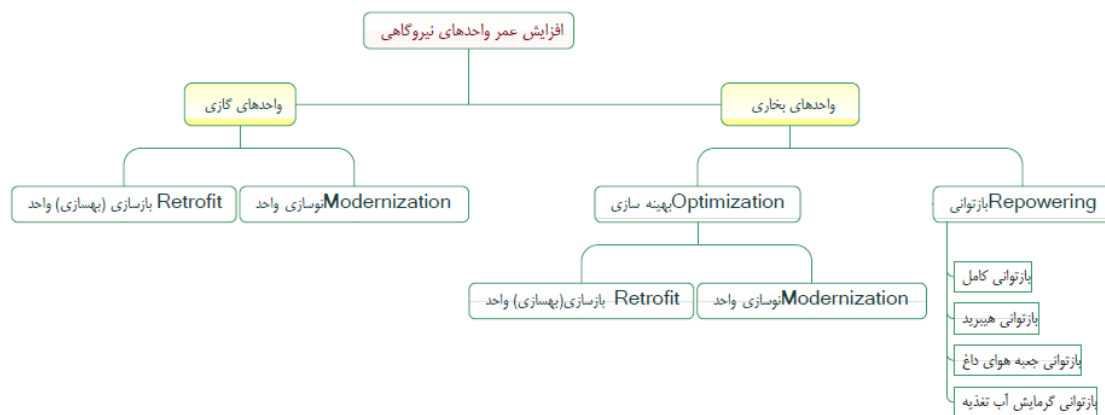
## فصل سوم

### جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

### ۳-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این گزارش در بخش هوشمندی فناوری، فناوری‌های افزایش عمر واحدهای بخار نیروگاهی به دو بخش بهینه‌سازی و بازتوانی تقسیم شد. که بخش بهینه‌سازی خود شامل نوسازی و بازسازی بوده و بازتوانی نیز به چهار زیر شاخه بازتوانی کامل، هیبرید، جعبه هوای داغ و گرمایش آب تغذیه تقسیم می‌گردد.

در مورد نیروگاه‌های گازی فناوری‌ها را می‌توان به دو دسته بازسازی و نوسازی تقسیم نمود که در شکل (۳-۱) درخت فناوری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی نمایش داده شده است. هر یک از شاخه‌های اصلی بازسازی و نوسازی نیز شامل فناوری‌های بسیاری می‌باشد که برخی از مهمترین آنها در گزارش آورده شده است. آنچه که در قدم بعدی دارای اهمیت فراوانی می‌باشد تعیین فناوری‌های اولویت دار از بین فناوری‌های موجود می‌باشد تا در ادامه مسیر تدوین سند راهبردی افزایش عمر مورد بررسی قرار گیرند. برای تعیین فناوری‌های اولویت دار ابتدا معیارهای لازم برای ارزیابی جذابیت فناوری‌ها تعیین می‌گردد و براساس معیارهای انتخاب شده اولویت‌بندی انجام می‌گیرد.



شکل (۳-۱) - درخت فناوری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

از دیگر موضوعاتی که در این گزارش به آن پرداخته شده است آینده‌پژوهی و فناوری‌های نوین مطرح در زمینه افزایش عمر واحدهای قدیمی می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام گرفته از جمله فناوری‌های نوین افزایش عمر واحدهای نیروگاهی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- استفاده از پوشش‌های پیشرفته در توربین گاز



۲- فناوری Oxy Fuel در نیروگاهها

۳- استفاده از فناوریهای نانو از جمله:

- سیستمهای احتراقی پیشرفته به کمک فناوری نانو به منظور افزایش راندمان نیروگاهها و کاهش هزینههای تولید برق

- تولید نانو کامپوزیتها برای استفاده در قطعات مختلف عایقی و نیمه هادی مورد استفاده در صنعت برق

- تولید تجهیزات مورد نیاز به کمک فناوری نانو برای داشتن عمر و دوام بیشتر و کاهش هزینههای نگهداری

- بررسی امکان تولید انواع هادیها با استفاده از فناوری نانو با هدف کاهش تلفات شبکه

- تولید امولوسیونهای آب - مازوت برای سوخت نیروگاهها با هدف افزایش راندمان و کاهش آلایندهها

- استفاده از نانو مواد افزودنی برای روغنهای ترانس

- استفاده از نانوسیالهای خنک کننده در نیروگاهها

۴- تکنولوژی نیروگاههای بخار دما بالا

۵- روشهای نوین کنترل آلایندههای خروجی نیروگاهها

استفاده از این فناوریهای نوین جهت نوسازی واحدهای فرسوده سبب می شود که ضمن افزایش عمر واحدها، عملکرد

آنها نیز بهبود یافته و در دروه عمر افزوده شده با شرایط بهتری به کار خود ادامه دهند.

## مراجع

- [1] Egli, A.J. Tschumi F, 1997 "When Should Managers Make a Case for Repowering?", Alstom Technical Paper, Power O&M Management Conference, London.
- [2] Stenzel W.C, Sopocy D.M, Pace S.E, "Repowering Existing Fossil Steam Plants", SEPRIL Generating Power Solutions.
- [3] Stoll.H .G, Smith R.W, Tomlinson.L.O, 1994 , "Performance and Economic Considerations of Repowering Steam Power Plants", GE Industrial,
- [4] MacDonald Joseph, March-April 2001 "Upgrading Older Power Plants to Improve their Competitiveness", Gas Turbine World.
- [5] Mats Eskner, Mechanical Behaviour of Gas Turbine Coatings, PhD thesis, Department of Materials Science and Engineering Royal Institute of Technology (KTH), 2004
- [6] Aleksandrs Urbahs<sup>a\*</sup>, Konstantins Savkovs<sup>a</sup>, Margarita Urbaha<sup>a</sup> & Kristine Carjova<sup>a</sup>, Heat and erosion-resistant nanostructured coatings for gas turbine engines, Aviation Volume 17, Issue 4, 2013
- [7] A. Urbahs, K. Savkovs, M. Urbaha, I. Kurjanovičs, "Nanostructured Intermetal-Ceramic Coatings for Blades of Gas Turbine Engines", Nanodevices and Nanomaterials for Ecological Security NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics 2012, pp 307-314.
- [۸] "ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از پوشش های TBC بر روی پره ها و نازل‌های توربین گازی و تهیه دستورالعمل کنترل کیفی این پوشش ها"، گزارش مدیریتی، پژوهشگاه نیرو ۱۳۹۰.
- [9] <http://www.energy.siemens.com>
- [10] Ligang Zheng, Oxy-fuel combustion for power generation and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) capture, Woodhead Publishing Limited, 2011
- [11] Wilkinson MB, Coden JC, Panesar RS, Allam RJ. CO<sub>2</sub> capture via oxyfuel firing: optimisation of a retrofit design concept for a refinery power station boiler. First national conference on carbon sequestration, Washington DC, May 14–17 2001.
- [12] Tan Y, Douglas MA, Thambimuthu KV. CO<sub>2</sub> capture using oxygen enhanced combustion strategies for natural gas power plants. Fuel 2002;81:1007–16.

[13] Gunter Scheffknecht\*, Leema Al-Makhadmeh1, Uwe Schnell, Jorg Maier, Oxy-fuel coal combustion—A review of the current state-of-the-art, International Journal of Greenhouse Gas Control 5S (2011) S16–S35

[۱۴] طراحی سیکل قدرت مجهز به فناوری اکسیژن سوخت، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۹.

[15] Abraham, B. M., Asbury, J. G., Lynch, E. P., and Teotia, A. P. S. Coal-oxygen process provides CO<sub>2</sub> for enhanced recovery. Oil Gas J., 1982, 80(11), 68–70, 75.

[16] Tery Wall et al. An overview on oxyfuel coal combustion—State of the art research and technology development, chemical engineering research and design 87 (2009) 1003–1016

[17] M. A. Habib et al. A review of recent developments in carbon capture utilizing oxy-fuel combustion in conventional and ion transport membrane systems, Int. J. Energy Res. 2011; 35:741–764

[18] Minish M. Shah, Praxair; Advanced clean coal technology for CO<sub>2</sub> capture; Tonawanda. [19] Jordan Haywood, Bruce W. Rising; Oxy-Fuel Combustion Cycle for CO<sub>2</sub> Capture; Deerfield Beach, Florida A&WMA Florida Section Annual Conference; Siemens Power Generation; October 2007

[20] Alexander S. Leyzerovich, 2007. Steam Turbines for Modern Fossil-Fuel Power Plants.

[۲۱] خیاط. م. گوهری. م. "کاربرد پیل های سوختی، نانو حسگر ها و نانو کریستال ها در کاهش آلودگی هوا"، دانشگاه آزاد

اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران، ۱۳۹۰.

[22] Jefri, S. "Stability in Nano Fluids" International Conference on Micro and Nano Technologies, ICMNT06, Algeria, 19-23, 2006.

[۲۳] قاسمعلی، ه. "ذخیره سازی هیدروژن در نانو لوله های کربنی" اولین همایش منطقه ای فناوری های نوین زیستی،

دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان، ایران، ۱۳۸۷.

## فهرست مطالب

فصل ۱- چشم‌انداز و اهداف کلان.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۱-۲- مرور ادبیات: مفاهیم و روش‌های تدوین چشم‌انداز.....	۱
۱-۳- روش تدوین اهداف کلان.....	۷
۱-۴- فرآیند تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی کشور.....	۱۲
۱-۵- فرآیند تدوین اهداف کلان افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی.....	۱۵
۱-۶- جمع بندی.....	۱۷
فصل ۲- راهبردهای کلان فناوری.....	۱۸
۲-۱- مقدمه.....	۱۸
۲-۲- مرور ادبیات.....	۱۸
۲-۲-۱- مفاهیم و روش اولویت‌بندی.....	۱۸
۲-۲-۲- مفاهیم و روش‌های اکتساب فناوری.....	۲۳
۲-۳- متدولوژی انجام مطالعات.....	۲۵
۲-۳-۱- مقدمه.....	۲۵
۲-۳-۲- فرایند انجام مطالعات.....	۲۶
۲-۴- شناسایی و اولویت‌بندی واحدهای نیروگاهی قدیمی در جهت اجرای طرح‌های افزایش عمر.....	۲۷
۲-۴-۱- فرایند شناسایی واحدهای نیروگاهی قدیمی.....	۲۷
۲-۴-۲- شناسایی واحدهای نیروگاهی قدیمی.....	۲۸
۲-۴-۳- شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار.....	۳۹
۲-۵- اکتساب فناوری.....	۴۵
۲-۵-۱- سبک اکتساب واحدهای گازی.....	۴۵



ب

ویرایش اول خرداد ۱۳۹۵

فاز ۳: تدوین ارکان جهت ساز

۴۶..... ۲-۵-۲- سبک اکتساب واحدهای بخاری.....

۵۱..... ۲-۶- جمع بندی.....

۵۲..... فصل ۳- جمع بندی گزارش.....

۵۵..... مراجع.....

## 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 افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی ..... ۱۲
- شکل ۵-۱- نمایش ابعاد مختلف چشم انداز افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی ..... ۱۵
- شکل ۱-۲- ارزیابی ماتریس جذابیت (مطلوبیت) و توانمندی (امکان پذیری) ..... ۱۹
- شکل ۲-۲- ماتریس جذابیت- توانمندی (امکان پذیری) ..... ۲۱
- شکل ۳-۲- تقسیم بندی ماتریس جذابیت- توانمندی ..... ۲۲
- شکل ۴-۲- طرح های کلان و راهبردی تعمیرات و نگهداری ..... ۲۶
- شکل ۵-۲- فرایند اولویت بندی نیروگاه ها ..... ۲۷
- شکل ۶-۲- اولویت بندی نیروگاه ها ..... ۲۸
- شکل ۷-۲- فرایند شناسایی فناوری های اولویت دار ..... ۲۹
- شکل ۸-۲- توزیع سنی ظرفیت نیروگاههای گازی کشور ..... ۳۲
- شکل ۹-۲- توزیع ظرفیت نامی نیروگاههای کشور بر اساس تیپ واحد ..... ۳۳
- شکل ۱۰-۲- توزیع تولید ناویژه واحدهای گازی بر اساس تیپ واحد ..... ۳۴
- شکل ۱۱-۲- توزیع سنی ظرفیت نیروگاههای بخاری کشور ..... ۳۵
- شکل ۱۲-۲- توزیع ظرفیت واحدهای بخاری کشور ..... ۳۹
- شکل ۱۳-۲- توزیع ظرفیت واحدهای بخاری بر اساس توان تولیدی ..... ۴۰
- شکل ۱۴-۲- شناسایی نیازهای فناورانه مورد نیاز ..... ۴۱
- شکل ۱۵-۲- فرایند تبیین سبک اکتساب افزایش عمر واحدهای F5 ..... ۴۷
- شکل ۱۶-۲- فرایند تبیین سبک اکتساب افزایش عمر واحدهای FT325 ..... ۵۱

## فهرست جداول

جدول ۱-۱- جمع‌بندی ابعاد و گزینه‌های پیشنهادی در تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	۱۳
جدول ۲-۱- لیست خبرگان	۱۴
جدول ۳-۱- اهداف کلان افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	۱۶
جدول ۱-۲- ظرفیت نامی نیروگاههای گازی کشور بر حسب مگاوات به تفکیک تیپ	۳۰
جدول ۲-۲- تعداد و ظرفیت واحدهای بخاری کشور	۳۰
جدول ۳-۲- ظرفیت نیروگاههای گازی بر حسب مگاوات به تفکیک سن واحد	۳۱
جدول ۴-۲- ظرفیت نامی نیروگاههای گازی کشور بر حسب مگاوات به تفکیک تیپ	۳۲
جدول ۵-۲- انرژی تولیدی ناویژه واحدهای گازی بر حسب هزار کیلووات ساعت به تفکیک تیپ واحد	۳۴
جدول ۶-۲- ظرفیت نیروگاههای بخاری بر حسب مگاوات به تفکیک سن واحد	۳۵
جدول ۷-۲- نیروگاههای بخاری با عمر بالای ۲۰ سال کشور	۳۶
جدول ۸-۲- توزیع ظرفیت نیروگاههای بخاری بر اساس دستهبندی سن و توان تولیدی	۳۷
جدول ۹-۲- توزیع ظرفیت نیروگاههای بخاری	۳۸
جدول ۱۰-۲- لیست نهایی نیازهای فناورانه	۴۲
جدول ۱۱-۲- معیارهای سنجش جذابیت و اولویت‌بندی نیازهای فناورانه	۴۴
جدول ۱۲-۲- لیست نهایی نیازهای فناورانه	۴۴
جدول ۱۳-۲- ارزیابی وضعیت نیازهای فناورانه اولویتدار از حیث معیارهای اکتساب فناوری	۴۸
جدول ۱۴-۲- سبک اکتساب پیشنهادی برای هر یک از نیازهای فناورانه اولویتدار	۴۹
جدول ۱-۳- اهداف کلان	۵۲

## 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 افزایش عمر واحدهای نیروگاه‌های قدیمی 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، 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- مرور ادبیات: مفاهیم و روش‌های تدوین چشم‌انداز

چشم‌انداز عبارت است 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، قابل دست‌یافتنی، ارزشی، مقدس و نهادینه برای عبارت‌پردازی سند استفاده نماید.

چشم‌انداز توسعه فناوری اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگر تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر توسعه فناوری را همواره هدفمند و جهت‌دار 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 چشم‌انداز است. تدوین چشم‌انداز، راه و روش‌های خلاقانه برای چالش‌های کسب و کار فراهم می‌آورد و جرقه ارزیابی و یادگیری پیوسته در سازمان را بوجود می‌آورد.

از نظر وی دلایل تدوین چشم‌انداز سازمان عبارتند از: هماهنگی و متناسب کردن کار افراد مختلف، کمک به همه برای تصمیم‌گیری، ایجاد اصول و پایه‌ای برای برنامه ریزی کسب و کار، به چالش کشیدن اوضاع راحت و غیر ایده‌آل شرایط فعلی، و ایجاد رفتارهای متجانس و موافق در افراد به صورت قابل توجه. [۲]

با بررسی مدل‌های تدوین چشم‌انداز بنگاهی و نیز کسب آگاهی از مطالعات تطبیقی صورت پذیرفته، ترسیم افق چشم‌انداز در پنج مرحله مطابق با شکل زیر به انجام می‌رسد:



شکل ۱-۱- فرآیند تدوین چشم‌انداز

• 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)، به ترسیم افق چشم‌انداز پرداخته می‌شود. 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>:
- ✓ درنظرگیری 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
- ✓ 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

چشم‌انداز تعریف شده توسط تحلیل‌گران 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

<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.

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 تلفیق دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده 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 تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند.

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

• حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن [۴]

✓ منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره‌وری)

✓ منظر مشتری (تعیین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)

<sup>۱</sup> Issue-based

- ✓ منظر فرایندهای داخلی (روابط با تأمین کنندگان، تصمیم‌گیری 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 سیستم‌های اطلاعاتی لازم، برنامه‌های آموزش کارکنان)
- حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رایبسون
- ✓ توجه به مشتری، نوآوری، بهره‌وری،
- ✓ توجه به بخش مالی، منابع انسانی، لحاظ کردن محیط خارجی [۲]
- حوزه‌های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس
- ✓ بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- ✓ نوآوری (بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- ✓ بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- ✓ منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- ✓ منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- ✓ مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفاظت 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،

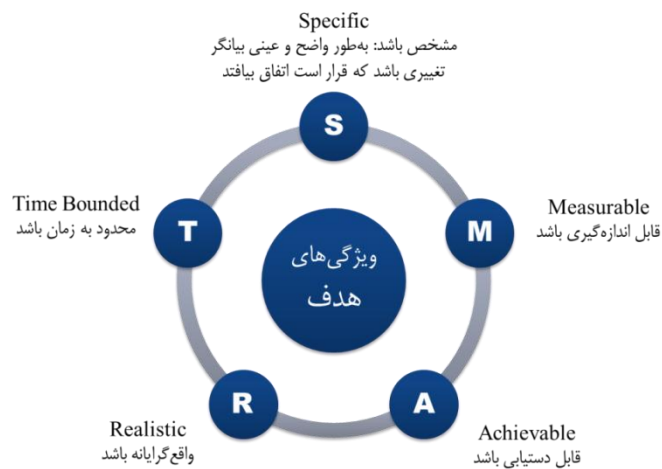
✓ قابلیت انعطاف داشتن،

✓ 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 پردازند. 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

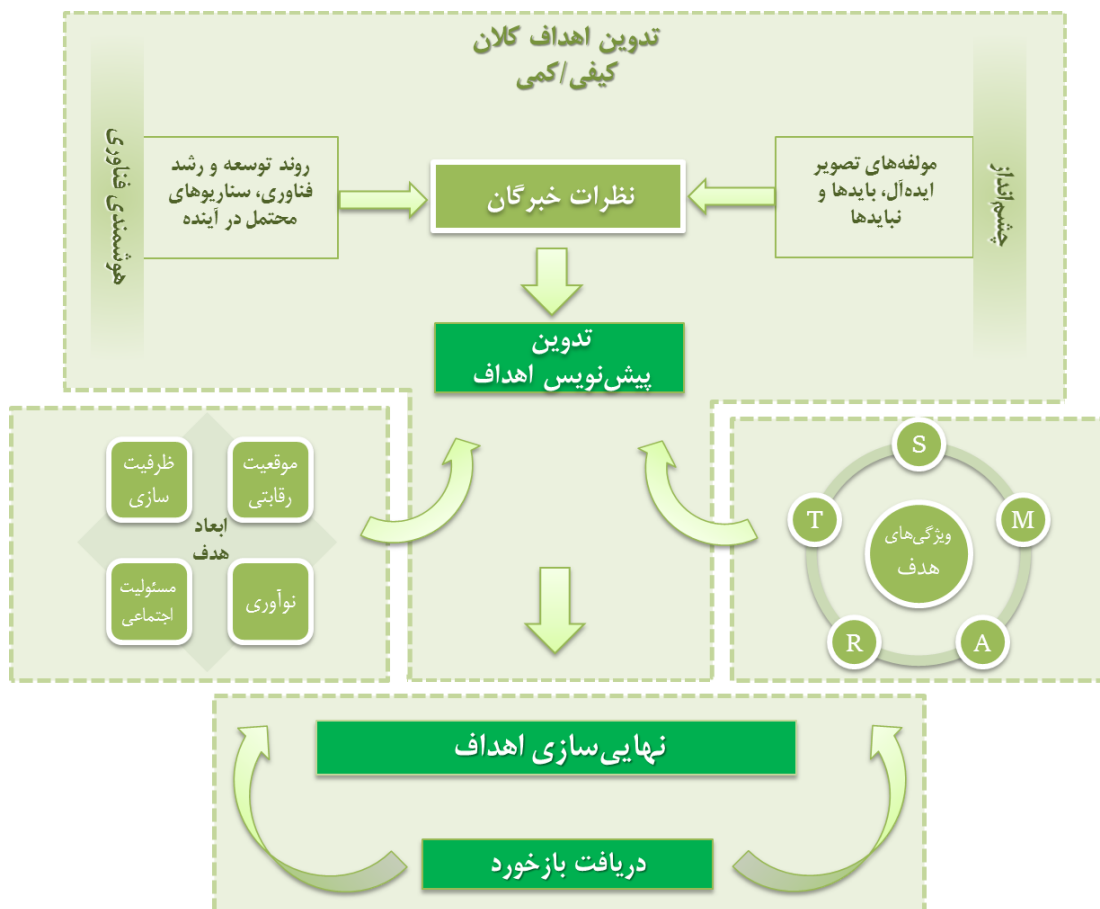
• تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان

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 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.

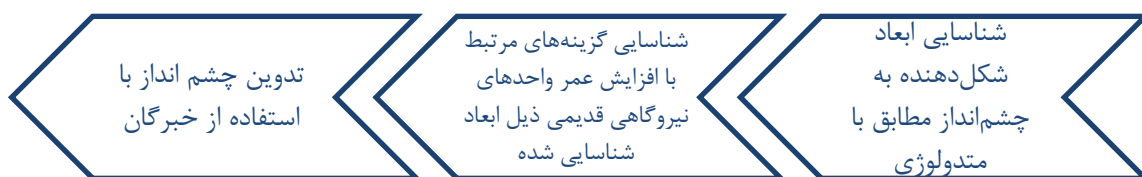
شکل ۱-۳ نمایش گرافیکی مراحل تدوین اهداف کلان را به‌طور خلاصه به‌نمایش می‌گذارد. [۲]



شکل ۱-۳- روش تدوین اهداف کلان

#### ۱-۴- فرآیند تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی کشور

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 نظرات خبرگان در ارتباط با ابعاد مذکور دریافت می‌شود.



شکل ۱-۴- فرآیند کلی تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

مطابق با مراحل پیش گفته در فصل اول، ابعاد سازنده بیانیه چشم‌انداز با توجه به ویژگی‌های افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی به طور اجمالی شامل افق زمانی چشم‌انداز، اهداف ذکر شده در اسناد بالادستی، حوزه کاربرد، نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصله و حوزه فعالیت می‌باشند. گزینه‌های قابل طرح در هر یک از ابعاد مرتبط با چشم‌انداز در این حوزه در قالب جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۱-۱- جمع‌بندی ابعاد و گزینه‌های پیشنهادی در تدوین بیانیه چشم‌انداز افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

ابعاد مندرج در چشم‌انداز	گزینه‌های پیشنهادی
افق برنامه‌ریزی	✓ ۱۴۰۴
ذکر اهداف بالادستی تعیین شده در اسناد قبلی	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ توسعه ظرفیت‌های تولید و نوسازی و بهینه‌سازی آن‌ها</li> <li>✓ تا پایان برنامه پنجم توسعه کشور، راندمان کلی نیروگاه‌های حرارتی کشور به ۴۱ درصد (نظامنامه افزایش راندمان و تولید نیروگاه‌های کشور)</li> <li>✓ کاهش خروج اضطراری واحدهای تولید برق</li> <li>✓ استقرار سازوکار اقتصادی- تجاری در بهینه‌سازی نیروگاه‌ها</li> <li>✓ ارتقای سطح استانداردهای فنی تولید برق و نوسازی تجهیزات صنعت برق</li> </ul>
نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ کاهش بهای تمام شده برق (تولید اقتصادی برق)</li> <li>✓ کاهش آلاینده‌های زیست محیطی ناشی از مصرف بهینه سوخت</li> <li>✓ اثر مثبت بر تراز تجاری انرژی</li> <li>✓ تامین مطمئن انرژی الکتریکی</li> <li>✓ افزایش قابلیت اطمینان و پایداری</li> <li>✓ افزایش راندمان و توان</li> </ul>
حوزه‌ی کاربرد فناوری	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ طبق محدوده طرح: نیروگاه‌های حرارتی قدیمی (واحدهای گازی و بخاری)</li> </ul>
تعریف کلی حوزه فعالیت (طراحی، تولید، بکارگیری)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ بومی‌سازی در حوزه‌های امکانپذیر</li> <li>✓ به کارگیری فناوری‌های اولویت‌دار</li> </ul>

ابعاد چشم‌انداز پس از بحث با خبرگان این حوزه (جدول ۱-۲) در جلسه کمیته راهبری طرح مورد بحث قرار گرفت و در نهایت با اعمال نظرات ایشان، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین گردید. این بیانیه عبارتست از:

" در راستای تحقق اهداف راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴، تامین مطمئن و اقتصادی انرژی الکتریکی، افزایش قابلیت اطمینان، توان و راندمان؛ جمهوری اسلامی ایران توانمند در به کارگیری و بومی سازی فناوری های مناسب به جهت افزایش عمر نیروگاه های حرارتی قدیمی کشور، فراخور پتانسیل هر یک از این نیروگاه ها، خواهد بود."

لازم به ذکر است عبارت بومی سازی فناوری در بیانیه چشم انداز شامل برخی از فناوری های اولویت دار می باشد و همه فناوری ها را در بر نخواهد گرفت. ضمن آنکه منظور توانمندی کشور در این فناوری ها در افق ۱۴۰۴ توانمندی بالفعل می باشد نه توانمندی بالقوه.

#### جدول ۱-۲- لیست خبرگان

نام خبرگان
دکتر سید ابراهیم موسوی ترشیزی
مهندس محمد علی شکراللهی
مهندس محمود اخیانی
مهندس پرویز فردنیا
مهندس مصطفی قلمچی
مهندس خسرو روشندل

شکل ۱-۵ اجزا مختلف بیانیه چشم انداز را به تصویر می کشد.

در راستای تحقق اهداف راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴،

تامین مطمئن و اقتصادی انرژی الکتریکی، افزایش قابلیت اطمینان، توان و راندمان؛

جمهوری اسلامی ایران توانمند در به کارگیری و بومی سازی فناوری های مناسب به جهت افزایش

عمر نیروگاه های حرارتی قدیمی کشور، فراخور پتانسیل هر یک از این نیروگاه ها، خواهد بود.

نتایج کلی

افق زمانی

توجه به اسناد بالادست

حوزه کاربرد فناوری

سطح فعالیت

شکل ۱-۵- نمایش ابعاد مختلف چشم انداز افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

## ۱-۵- فرآیند تدوین اهداف کلان افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

با تأکید بر مؤلفه های موجود در بیانیه چشم انداز می توان اهداف کلان را تدوین نمود. به عبارت دیگر 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
- ظرفیت سازی: رشد و پیشرفت دانش فناوری، توسعه نیروی انسانی متخصص، بهره برداری و عملیاتی نمودن دانش به فناوری
- مسئولیت اجتماعی: در نظرگیری مسایل زیست محیطی، بهبود سطح رفاه اجتماعی، بالابردن رشد اقتصادی، مشروعیت بخشی

با توجه به ویژگی های پروژه و چشم انداز این حوزه که ناظر بر عدم تمرکز بر جنبه های رقابتی می باشد بعد اول به موقعیت عملکردی (به جای موقعیت رقابتی) تغییر یافت و اهداف اولیه ای با توجه به نظرات تیم فنی پروژه مطرح شده است. در این بعد

مهم‌ترین اهدافی که نیازمند نظرخواهی از خبرگان می‌باشند ناظر بر تبیین رویکردهایی جهت تحقق افزایش عمر واحدهای قدیمی در افق چشم‌انداز می‌باشند.

از میان ابعاد دیگر نیز تنها موضوع ظرفیت‌سازی برای رشد فناوری حائز اهمیت می‌باشد. این امر به دلیل آن است که در چشم‌انداز بر به کارگیری و بومی‌سازی فناوری نیز تاکید شده است. در نتیجه اهداف کلان این حوزه نیز می‌بایست مشخص شوند. همچنین در ابعاد مسئولیت اجتماعی، اهدافی بدیهی مانند کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، قابل طرح می‌باشند که با توجه به این که این موارد نتیجه وضعی تحقق اهداف مربوط به بخش عملکردی می‌باشند، مورد پرسش واقع نشده‌اند.

جهت تدوین اهداف کلان، طی جلسه‌ای با استفاده از نظرات خبرگان، اهداف کلان در راستای چشم‌انداز

افزایش عمر واحدهای قدیمی در افق زمانی ۱۴۰۴، به صورت زیر تعریف شده‌اند:

جدول ۱-۳- اهداف کلان افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

اهداف کلان	ابعاد
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ افزایش عمر نیروگاه‌های بخاری قدیمی مبتنی بر پتانسیل هر کدام</li> <li>✓ افزایش عمر نیروگاه‌های گازی قدیمی مبتنی بر پتانسیل هر کدام</li> </ul>	موقعیت عملکردی
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ سرمایه‌گذاری و تعامل موثر با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی</li> <li>✓ افزایش همکاری‌های تکنولوژیک بین‌المللی</li> <li>✓ سرمایه‌گذاری در R&amp;D و جذب نیروی نخبه</li> </ul>	ظرفیت‌سازی
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ نقش حوزه افزایش عمر نیروگاه‌های حرارتی در زمینه مسائل زیست محیطی</li> <li>✓ ایفای نقش حوزه افزایش عمر نیروگاه‌های حرارتی در زمینه رفاه اجتماعی و رشد اقتصادی</li> </ul>	مسئولیت اجتماعی

قابل توجه است که از اهداف بالا، دو هدف اول متناسب با بعد موقعیت عملکردی اهداف کلان، و سایرین متناسب با بعد ظرفیت‌سازی هستند.

## ۱-۶- جمع بندی

در این فصل پس از مرور مفاهیم و روش‌های تدوین چشم‌انداز و اهداف کلان، براساس بررسی اسناد بالادستی و نظرات خبرگان، چشم‌انداز افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی کشور تدوین و بیان گردید و در ادامه نیز براساس نظرات خبرگان اهداف کلان تعیین شدند.



## فصل ۲- راهبردهای کلان فناوری

### ۲-۱- مقدمه

در این فصل پس از بیان مفاهیم و روش انتخاب و اکتساب فناوری، فرآیند انتخاب فناوری‌های افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی، تشریح شده و اولویت‌های فناوری مشخص خواهند شد. پس از آن روش اکتساب فناوری‌های منتخب تشریح خواهند گردید.

### ۲-۲- مرور ادبیات

#### ۲-۲-۱- مفاهیم و روش اولویت‌بندی فناوری

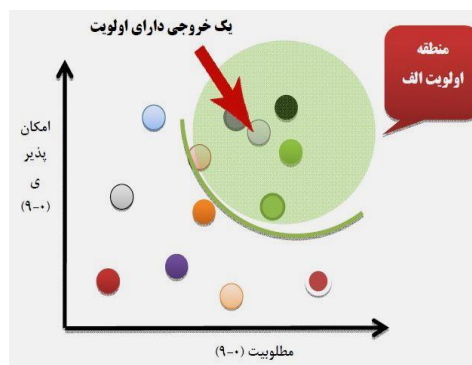
تعیین اولویت‌های توسعه و انتخاب حوزه‌های برگزیده فناوری در قالب راهبرد پورتفولیو به انجام می‌رسد. زمانی که انتخاب اولویت‌ها مورد نظر است، روش فناوری‌های حیاتی یا کلیدی، یک رویکرد ارزشمند و مفید جهت ارزیابی حوزه‌های تحقیقاتی و فناوری‌های مختلف به شمار می‌رود. در این روش با اندازه‌گیری میزان اهمیت یا کلیدی بودن هر حوزه، فهرستی از حوزه‌های مهم و کلیدی فناورانه برای سرمایه‌گذاری و توسعه مشخص می‌گردد. نوع سؤالاتی که معمولاً جهت شناسایی فناوری‌های کلیدی پرسیده می‌شود از این قبیل است:

- حوزه‌های کلیدی فناوری برای توسعه کدامند؟
- فناوری‌های حیاتی که باید به وسیله منابع عمومی حمایت شوند، کدامند؟
- چه معیارهایی باید به منظور انتخاب فناوری‌های حیاتی به کار گرفته شوند؟
- شاخص‌های اندازه‌گیری هر معیار چیست؟

• براساس معیارهای انتخاب شده، فناوری‌های اولویت‌دار برای توسعه و سرمایه‌گذاری کدامند؟

از آنجا که هدف راهبرد پورتفولیو اولویت‌بندی حوزه‌های فناورانه است، باید از روشی استفاده شود که قادر به برآوردن این مؤلفه باشد. از میان روش‌های مختلف، روش فناوری‌های حیاتی که به انتخاب فناوری‌های مهم با دو معیار جذابیت و امکان‌پذیری می‌پردازد، کاربرد فراوانی دارد.

در این روش پیشنهادی، تعیین فناوری‌های برگزیده با استفاده از ماتریس دو بعدی جذابیت-توانمندی<sup>۱</sup> صورت می‌پذیرد. (۵) واضح و مبرهن است که در هر سطح از شاخص‌ها و معیارهای خاص خود برای ارزیابی جذابیت (مطلوبیت) و یا توانمندی (امکان‌پذیری) استفاده خواهد شد.



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

در این روش، بر اساس دو دسته معیار جذابیت و توانمندی به مقایسه میان گزینه‌های مختلف پرداخته می‌شود. معیارهای جذابیت بیان‌کننده ابعاد ذاتی از گزینه‌ها است که برای سیاست‌گذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، معیارهای توانمندی به دنبال ارزیابی پتانسیل‌های موجود در برگزیدن هریک از گزینه‌هاست. در این روش می‌توان هر یک از حوزه‌های فناوری را از نظر جذابیت و توانمندی، در ماتریس در نظر گرفت و حوزه‌های دارای جایگاه مناسب را انتخاب نمود.

برای ارزیابی جذابیت فناوری‌ها به طور معمول می‌بایست معیارهایی تعیین شوند که به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

• اشتغال‌زایی

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

- ایجاد بازار برای مواد خام
- پتانسیل برای صادرات
- غرور ملی
- جلوگیری از خروج ارز
- صرفه‌جویی در هزینه‌های نیروی کار

مفهوم توانمندی نیز در ماتریس اولویت‌بندی بیانگر مجموع توانمندی‌های بالقوه و بالفعل، در سطح ملی، و در زمینه‌ی توسعه فناوری است. برای انجام فرآیند ارزیابی توانمندی فناورانه مدل‌های مختلفی توسعه داده شده است بسیاری از مدل‌های موجود نیازمند ورود اطلاعات با میزان جزئیات فراوان هستند. در قبال دریافت این ورودی‌ها، مدل‌های بیان شده خروجی‌های مختلفی را به تحلیل‌گر ارائه می‌نمایند. به‌منظور کاستن از حجم ورودی‌های موردنیاز روش پیشنهادی و جلوگیری از تولید اطلاعات غیرضروری، لازم است تا مدلی انتخاب شود که با خروجی‌های موردنیاز معیار توانمندی در ماتریس اولویت‌بندی هم‌خوان باشد. برخی از محققان به ارائه‌ی مدل‌های ارزیابی توانمندی بر مبنای سطوح توانمندی فناورانه پرداخته‌اند که می‌توانند مبنایی برای ارزیابی توانمندی‌های فناورانه در سطح ملی قرار گیرد. به این منظور برای شناسایی عمق توسعه‌ی فناورانه سطوح زیر را معرفی کرده‌اند:

✓ سطح صفر: (مصرف<sup>۱</sup>) هیچ توسعه‌ای در کشور رخ نمی‌دهد. اگر فناوری وجود داشته باشد، به‌صورت محصول نهایی وارد شده است.

✓ سطح ۱: (مونتاژ) مونتاژ ساده‌ی قطعات؛ نوآوری محصول یا فرایند کم یا اصلاً صورت نمی‌گیرد.

✓ 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.

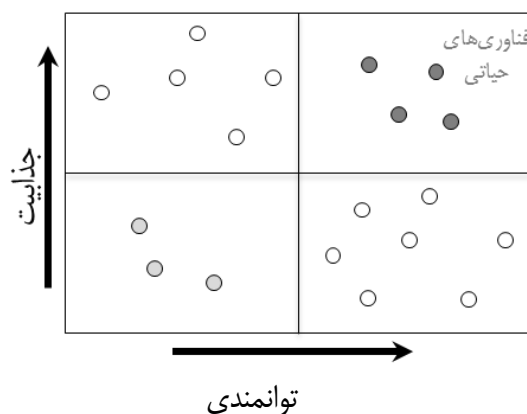
<sup>1</sup> Use

✓ 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.

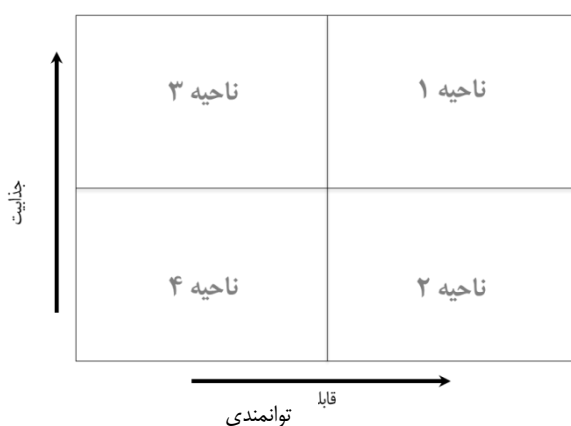
در مدل دیگری به منظور ارزیابی توانمندی فناورانه، ابتدا سطح مورد انتظار (ایده‌آل) از تسلط به فناوری مشخص گردیده و سطح تسلط فعلی نسبت به آن سنجیده می‌شود. مقایسه این دو سطح از توانمندی، بیانگر شکاف فناورانه کشور در آن حوزه می‌باشد.

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 پذیری)

در این ماتریس، نحوه و موقعیت ترسیم خطوط متقاطع، بسته به موضوع مورد مطالعه متفاوت بوده و بستگی به موقعیت مکانی فناوری‌های مختلف در ماتریس دارد. پس از تقسیم‌بندی نواحی ماتریس، چهار ناحیه ۱، ۲، ۳، و ۴ ایجاد می‌شود. هر ناحیه تصمیمات راهبردی متفاوتی را نسبت به فناوری‌ها و زیرفناوری‌های قرار گرفته در آن اعمال می‌نماید. معمولاً ترتیب اولویت-دهی حوزه‌های فناورانه در این ماتریس به ترتیب نواحی ۱، ۲، ۳، و ۴ است.



شکل ۲-۳- تقسیم‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی

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

- ناحیه ۱ در بردارنده حوزه‌هایی 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 حمایت‌های لازم را در توسعه حوزه‌های 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 به وقوع 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، به دنبال کردن پیشروان فناوری پرداخته تا در آینده 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- مفاهیم و روش‌های 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.

• تملک آموزشی<sup>۲</sup>: بنگاهی جهت اکتساب فناوری، متخصصین مربوطه را استخدام و یا شرکت کوچک دیگر را به منظور در اختیار گرفتن افراد برخوردار از توانمندی‌های فناورانه و یا شایستگی‌های مدیریتی خریداری می‌کند.

• ادغام<sup>۳</sup>: در این روش بنگاه با بنگاهی دیگری که دارای فناوری و یا شایستگی فناورانه مورد نظر می‌باشد ادغام شده و بنگاه جدیدی از ادغام این دو مورد به وجود می‌آید.

• خرید حق امتیاز<sup>۴</sup>: شرکت امتیاز تولید فناوری خاصی را به دست می‌آورد.

<sup>1</sup> Acquisition

<sup>2</sup> Educational Acquisition

<sup>3</sup> Merger

<sup>4</sup> Licensing

- مشارکت با سهام<sup>۱</sup>: در این روش شرکت اول سهام شرکت دوم را که دارای فناوری یا شایستگی فناورانه بوده می‌خرد ولی بر آن کنترل مدیریتی ندارد.
- سرمایه‌گذاری مشترک<sup>۲</sup>: شرکت‌ها از طریق سهام، سرمایه‌گذاری مشترک رسمی صورت داده و شرکت سوم به وجود می‌آید و هدف مشخص نوآوری فناوری دنبال می‌شود.
- تحقیق و توسعه مشترک<sup>۳</sup>: یک شرکت با شرکت‌های دیگر توافق می‌کند که مشترکاً روی یک فناوری و یا حوزه فناورانه فعالیت نمایند و هیچ‌گونه شراکتی در مالکیت به وجود نمی‌آید.
- قرارداد تحقیق و توسعه<sup>۴</sup>: شرکت می‌پذیرد که مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه و یا شرکت‌های نوآور کوچک در زمینه فناوری مشخص تحقیق نموده و هزینه‌های آن را بپردازد.
- سرمایه‌گذاری در تحقیقات<sup>۵</sup>: شرکت در زمینه تحقیقات اکتشافی در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت‌های کوچک نوآور سرمایه‌گذاری نموده و فرصت‌ها و ایده‌ها را دنبال می‌نماید.
- اتحاد<sup>۶</sup>: شرکت منابع فناورانه را با شرکت‌های دیگر به اشتراک گذاشته و نیل به هدف کلی نوآوری فناورانه را تعقیب می‌کند.
- کنسرسیوم<sup>۷</sup>: چندین مؤسسه و شرکت مشترکاً تلاش می‌کنند به هدف کلی نوآوری فناورانه نایل شوند.
- ایجاد شبکه<sup>۸</sup>: شرکت شبکه‌ای از روابط را برقرار می‌سازد تا در همراهی با شتاب نوآوری فناورانه قرار داشته و فرصت‌ها و روندهای تکاملی را دنبال نماید.

<sup>1</sup> Minority Equity

<sup>2</sup> Joint Venture

<sup>3</sup> Joint R&D

<sup>4</sup> R&D Contract

<sup>5</sup> Research Funding

<sup>6</sup> Alliance

<sup>7</sup> Consortium

<sup>8</sup> Networking

• برون سپاری<sup>۱</sup>: بنگاه فعالیت‌های فناورانه را از خود خارج نموده و صرفاً به خرید محصول فناوری اکتفا می‌کند.

• خرید خدمات مشاوره‌ای: شرکت در راستای توسعه فناوری فعالیت نموده و در این مسیر از خدمات مشاوره‌ای یک شرکت دارنده فناوری استفاده می‌نماید.

انتخاب هر یک از سبک‌های 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 روش‌های سبک همکاری از معیارهای دیگری چون هزینه، ریسک و زمان دستیابی به فناوری نیز می‌توان استفاده نمود.

علاوه بر سه سبک فوق، مجموعه‌ای از روش‌های اکتساب غیر رسمی نیز مطرح می‌باشند که قابلیت پیشنهاد در موارد خاص را دارند روش‌هایی از قبیل مهندسی معکوس، استخدام پرسنل فنی، تأسیس مراکز تحقیقاتی در کشورهای صاحب فناوری، جاسوسی صنعتی و ...

## ۲-۳- متدولوژی انجام مطالعات

### ۲-۳-۱- مقدمه

به منظور تدوین راهبردهای توسعه فناوری، در گام نخست می‌بایست متدولوژی و مسیر انجام مطالعات تبیین گردد تا بر اساس آن گام‌های بعدی انجام شود. اگر تعمیرات و نگهداری نیروگاه‌های حرارتی را به عنوان یک طرح کلان و راهبردی در نظر بگیرید، این طرح، خود به سه زیر طرح اصلی دیگر قابل تقسیم می‌باشد. این طرح‌ها عبارتند از:

- طرح افزایش راندمان
- طرح قابلیت اطمینان
- طرح افزایش عمر نیروگاه‌ها

<sup>1</sup> Outsourcing



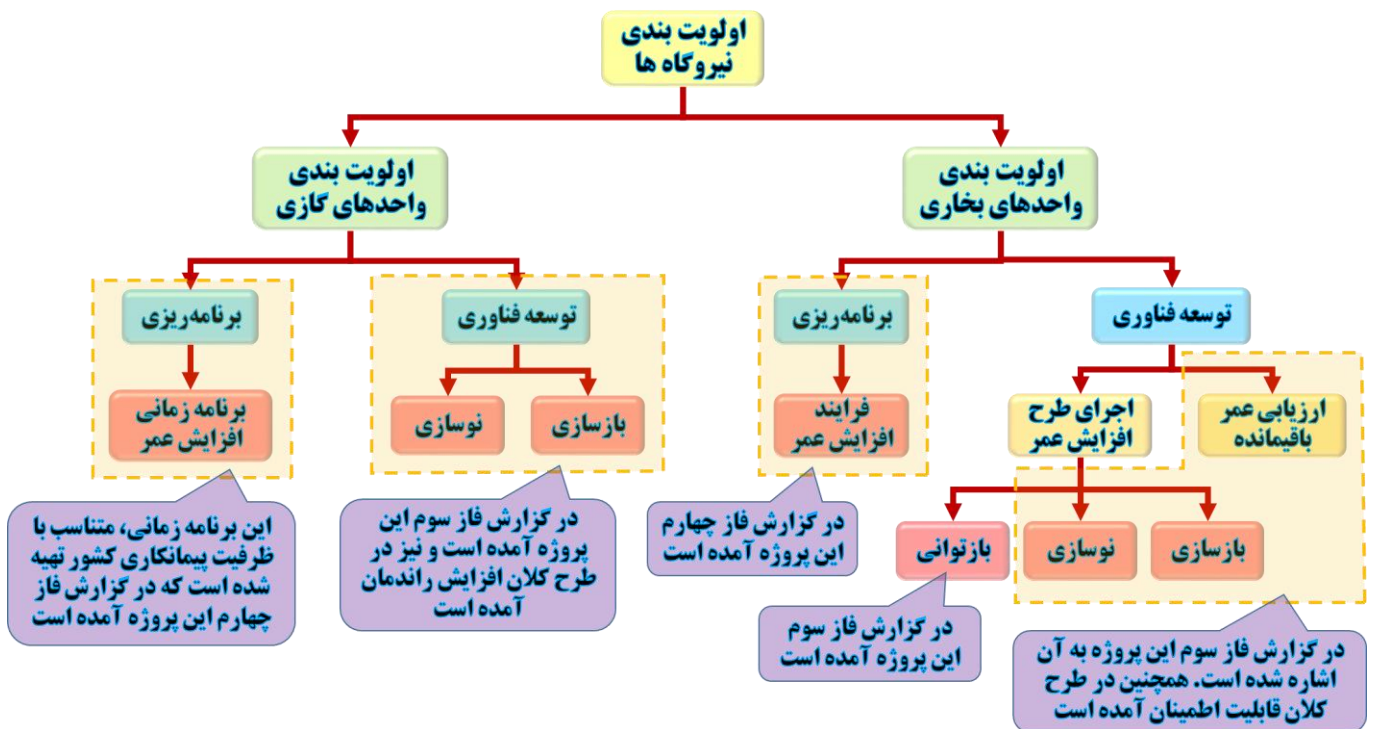


شکل ۲-۴ طرح های کلان و راهبردی تعمیرات و نگهداری

تدوین سند راهبردی طرح افزایش راندمان در پژوهشگاه نیرو با عنوان "تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوری‌های نوین افزایش راندمان نیروگاههای کشور" انجام شده است. همچنین سند راهبردی طرح قابلیت اطمینان در همین پژوهشگاه با عنوان "تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوریهای نوین بهره برداری، نگهداری و تعمیرات نیروگاههای کشور" تدوین شده است. این مطالعات نیز در راستای تدوین سند راهبردی طرح سوم یعنی طرح افزایش عمر نیروگاهها در حال انجام می‌باشد. از طرف دیگر، بدلیل اشتراکات فراوان این سه طرح، ممکن است برخی از راهبردها یا اقدامات مورد نیاز در یک طرح، در مطالعات انجام شده در طرح‌های دیگر اشاره شده باشد.

### ۲-۳-۲- فرایند انجام مطالعات

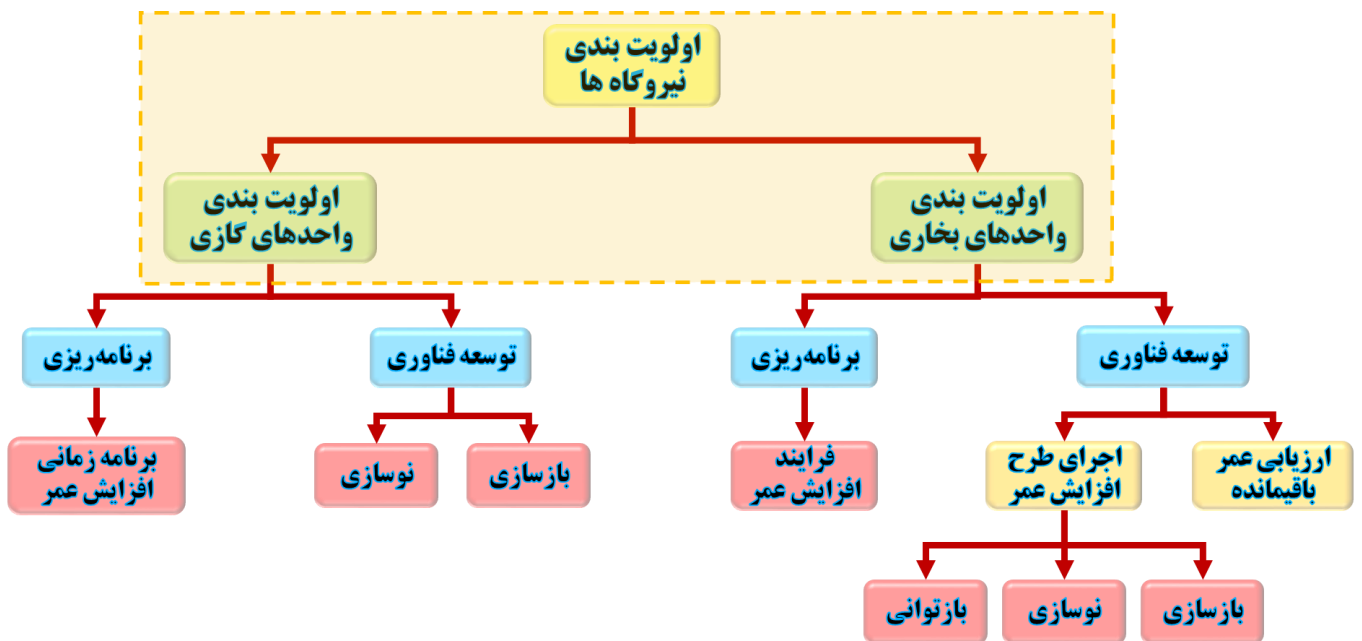
در ادامه مسیر کلان پیش رو جهت تدوین سند راهبردی طرح افزایش عمر تشریح می‌گردد و بخش‌های مشترک در دیگر طرح‌ها مشخص شده و در این مطالعات یا به صورت کلی به آن‌ها اشاره شده و یا دیگر به آن‌ها اشاره نخواهد شد.



شکل ۲-۵ فرایند اولویت بندی نیروگاه ها

## ۲-۴- شناسایی و اولویت بندی واحدهای نیروگاهی قدیمی در جهت اجرای

### طرح های افزایش عمر

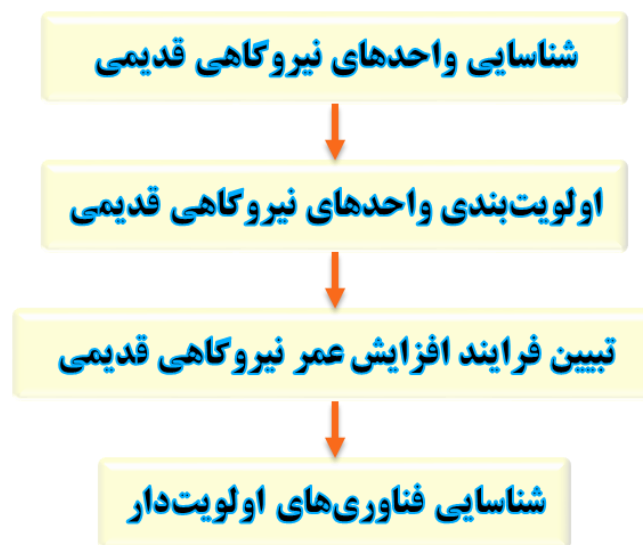


شکل ۲-۶ اولویت بندی نیروگاه ها

#### ۲-۴-۱- فرایند شناسایی واحدهای نیروگاهی قدیمی

به منظور شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار این حوزه در گام نخست می‌بایست نوع نیازهای فناورانه مشخص گردد و بر اساس آن فناوری‌های اولویت‌دار این حوزه شناسایی گردند. به منظور شناسایی نیازهای فناورانه ابتدا می‌بایست مشخص گردد که بحث افزایش عمر نیروگاهی برای چه نوع نیروگاه‌هایی می‌بایست انجام شود و سپس بر اساس آن، نوع نیازهای فناورانه متناسب با نوع نیروگاه‌ها تعیین گردد. شکل ذیل فرایند شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار را نشان می‌دهد. در ادامه این مراحل تشریح می‌گردد.

لازم به ذکر است که به منظور اولویت‌بندی واحدهای نیروگاهی قدیمی، دیگر بحث انتخاب از طریق سنجش جذابیت-توانمندی مطرح نمی‌باشد، بلکه برای نیل به هدف، می‌بایست اولویت‌بندی تیپ نیروگاه‌ها انجام شود. این بدان معناست که می‌بایست در گام نخست نیروگاه‌هایی که عمر آن از مرز بازنشستگی گذشته است شناسایی شوند و در ادامه از میان نیروگاه‌های شناسایی شده، نیروگاه‌هایی که دارای بیشترین فراوانی هستند، و یا حجم مگاوات نصب شده آن‌ها در کشور بیشتر می‌باشد، به عنوان نیروگاه‌های اولویت‌دار انتخاب شوند.



شکل ۲-۷- فرایند شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار

## ۲-۴-۲- شناسایی واحدهای نیروگاهی قدیمی

### ۲,۴,۲,۱ شناسایی واحدهای گازی قدیمی

نصب واحدهای گازی در کشور از دهه پنجاه شمسی آغاز گردید. با توجه به رشد بالای مصرف برق و با توجه به زمان نصب کوتاه این واحدها، واحدهای مختلفی از واحدهای گازی در کشور نصب شد. در دهه های بعدی و طی قراردادهای مختلف تیپ های مختلفی از این واحدها در کشور نصب و راه اندازی گردید. با گسترش مصرف برق و با پیشرفتهای صورت گرفته در فناوری این نیروگاهها و ساخت واحدهای با توان و راندمان بالاتر، کشور ما نیز در زمینه واحدهای V94.2 از طریق انتقال دانش فنی، حرکت جدیدی را آغاز نمود و رشد سریعی در خصوص ساخت این واحدها صورت گرفت.

اکنون با گذشت چندین سال از عمر این واحدها و نزدیکی تعداد قابل توجهی از واحدهای گازی به پایان عمر اسمی، می بایست تصویری از وضعیت موجود این واحدها ارائه گردد تا بر اساس اولویت‌بندی، بررسی‌های مرتبط با افزایش عمر در کشور صورت پذیرد. وضعیت نیروگاه‌های گازی کشور در قالب جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۱-۲- ظرفیت نامی نیروگاههای گازی کشور بر حسب مگاوات به تفکیک تیپ

جمع	سایر	Mitsubishi	V94.3	F5	V94.2	F9	
۳۰۸۲۳	۲۲۵۹	۱۰۲۶	۷۸۹	۱۵۰۰	۲۱۱۲۰	۴۱۴۰	ظرفیت کل
۴۱۶	۱۷۷	۹	۳	۶۰	۱۳۳	۳۴	تعداد کل

### ۲,۴,۲,۲ شناسایی واحدهای بخاری قدیمی

واحدهای بخاری از جمله اولین واحدهای نصب شده در کشور هستند. با توجه به آمار تفصیلی توانیر در سال ۱۳۹۲ نیروگاههای

بخاری کشور، مجموع نیروگاههای دولتی و خصوصی، ۲۰ عدد و شامل ۷۳ واحد نیروگاهی می‌باشند.

به منظور انجام بررسی در این زمینه، جدول تعداد واحدها و ظرفیت هر یک از نیروگاهها در جدول ذیل نشان داده شده است.

جدول ۲-۲- تعداد و ظرفیت واحدهای بخاری کشور

ردیف	نام نیروگاه	تعداد واحد	ظرفیت هر واحد (MW)
۱	فیروزی (طرشت)	۴	۱۲/۵
۲	بعثت	۳	۸۲/۵
۳	اسلام آباد (اصفهان)	۲	۳۷/۵
		۱	۱۲۰
		۲	۳۲۰
۴	منتظر قائم	۴	۱۵۶/۴۷
۵	بهشتی (لوشان)	۲	۱۲۰
۶	زرند	۲	۳۰
۷	مشهد	۲	۶۰
		۱	۱۲
۸	سلیمی (نکا)	۴	۴۴۰
۹	رامین	۶	۳۱۵

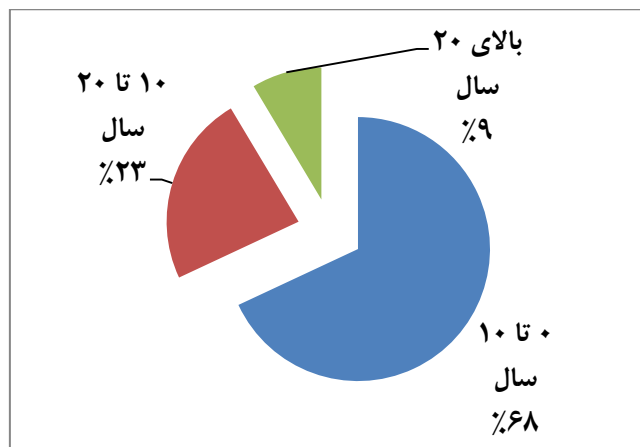
ردیف	نام نیروگاه	تعداد واحد	ظرفیت هر واحد (MW)
۱۰	بندرعباس	۴	۳۲۰
۱۱	منتظری	۸	۲۰۰
۱۲	توس	۴	۱۵۰
۱۳	تبریز	۲	۳۶۸
۱۴	رجایی	۴	۲۵۰
۱۵	بیستون	۲	۳۲۰
۱۶	مفتح (غرب)	۴	۲۵۰
۱۷	ایران شهر	۴	۶۴
۱۸	شازند	۴	۳۲۵
۱۹	سهند	۲	۳۲۵
۲۰	زرگان	۲	۱۴۵

### ۲,۴,۲,۳ اولویت بندی واحدهای گازی قدیمی

همانطور که در شکل ذیل نشان داده شده است، ۹ درصد از واحدهای گازی دارای عمر بالاتر از ۲۰ سال می باشند که عمدتاً شامل واحدهای کوچک و متوسط با راندمان و ضریب بهره برداری پایین می باشند. گروه بعدی واحدهای موجود با فراوانی ۲۳ درصدی، مربوط به واحدهای با عمر ۱۰ تا ۲۰ سال می باشند. این واحدها بیشتر شامل واحدهای GE-F9 می باشند که با توجه به بکارگیری در سیکل ترکیبی، دارای اهمیت زیادی در بررسی راهکارهای افزایش عمر می باشند. در نهایت نیز همانطور که ملاحظه می شود، بیشتر واحدهای گازی موجود، در حدود ۶۸ درصد، زیر ۱۰ سال عمر دارند که بیشتر شامل واحدهای V94.2 ساخت داخل می باشد.

جدول ۲-۳- ظرفیت نیروگاههای گازی بر حسب مگاوات به تفکیک سن واحد

ظرفیت نیروگاههای گازی	۰ تا ۱۰ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	بالای ۲۰ سال
	۲۰,۹۱۱	۷,۱۸۴	۲,۶۳۷



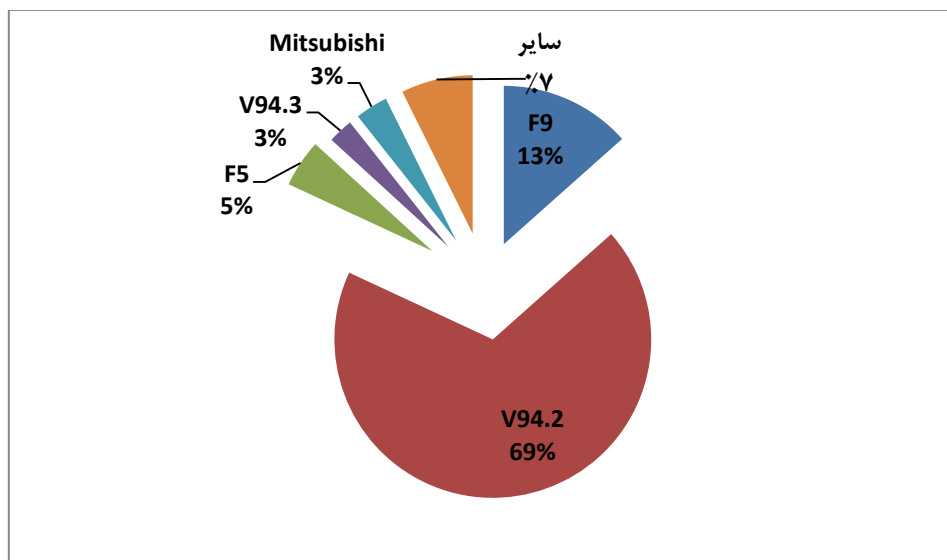
شکل ۲-۸- توزیع سنی ظرفیت نیروگاههای گازی کشور

برای بررسی دقیقتر وضعیت موجود واحدهای گازی، ضروری است تا ظرفیت نامی و میزان انرژی تولیدی این واحدها بر اساس آمار تفصیلی برق در سال ۱۳۹۲ مورد ارزیابی قرار گیرد. بر این اساس و با توجه به فراوانی و سهم تولید برق انواع مختلف این واحدها از کل تولید برق واحدهای گازی، تیپهای F9، V94.2، F5، V94.3 و واحدهای ساخت میتسوبیشی مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می گردد، به لحاظ ظرفیت نصب شده، واحدهای V94.2 با ۶۹ درصد دارای بالاترین سهم از کل ظرفیت نامی نصب شده واحدهای گازی می باشد. واحدهای F9 نیز با اختصاص ۱۳ درصد ظرفیت در بین واحدهای مورد بررسی، حائز اهمیت می باشد. همچنین واحدهای F9، V94.3 و واحدهای ساخت میتسوبیشی به ترتیب ۵، ۳ و ۳ درصد از ظرفیت نصب شده واحدهای گازی را در اختیار دارند. سایر نیروگاهها نیز مجموعاً ۷ درصد از توان نامی واحدهای گازی را شامل می شوند.

جدول ۲-۴- ظرفیت نامی نیروگاههای گازی کشور بر حسب مگاوات به تفکیک تیپ

جمع	سایر	Mitsubishi	V94.3	F5	V94.2	F9	
۳۰۸۲۳	۲۲۵۹	۱۰۲۶	۷۸۹	۱۵۰۰	۲۱۱۲۰	۴۱۴۰	ظرفیت کل
۴۱۶	۱۷۷	۹	۳	۶۰	۱۳۳	۳۴	تعداد کل
-	-	۲۵۵	۰	۱۰۷۵	۶۱۹۲	۹۸۴	ظرفیت وزارت نیرو
-	-	۳	۰	۴۳	۳۹	۸	تعداد وزارت نیرو

جمع	سایر	Mitsubishi	V94.3	F5	V94.2	F9	
-	-	۷۷۱	۷۸۹	۴۲۵	۱۴۹۲۸	۳۱۵۶	ظرفیت بخش خصوصی
-	-	۶	۳	۱۷	۹۴	۲۶	تعداد خصوصی



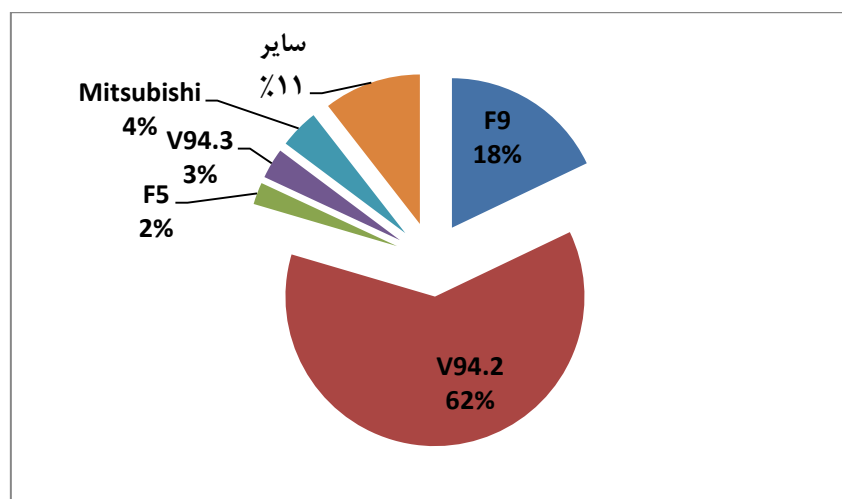
شکل ۲-۹- توزیع ظرفیت نامی نیروگاههای کشور بر اساس تیپ واحد

می بایست در نظر داشت که ظرفیت واحدها، به تنهایی نمی تواند اهمیت واحدها را در بخش تولید نشان دهد. چرا که همانطور که پیشتر اشاره گردید، بخشی از ظرفیت نصب شده واحدهای گازی، مربوط به واحدهای کوچک و متوسط با عمر بالاست که در سالهای اخیر ضریب بهره برداری پایینتری داشته و تنها در ساعات پیک مورد بهره برداری قرار می گیرند. لذا بررسی انرژی تولیدی تیپ های مختلف می تواند دید بهتری در این رابطه ارائه کند. چنانچه در جدول و شکل ۳ ملاحظه می گردد، واحدهای V94.2 دارای بیشترین سهم از تولید واحدهای گازی هستند (۶۲ درصد). همچنین واحدهای F9، ۱۸ درصد از تولید واحدهای گازی در سال ۱۳۹۲ را به خود اختصاص داده اند. این در حالی است که سهم این واحدها از ظرفیت کل، ۱۳ درصد بوده است. در این میان سهم واحدهای ساخت میتسوبیشی نیز ۴ درصد از تولید واحدهای گازی را به خود اختصاص داده است.



جدول ۲-۵- انرژی تولیدی ناپیژه واحدهای گازی بر حسب هزار کیلووات ساعت به تفکیک تیپ واحد

جمع	سایر	Mitsubishi	V94.3	F5	V94.2	F9	
۱۳۱،۵۳۹،۰۲۵	۱۲،۷۹۰،۸۱۴	۵،۱۶۴،۴۱۲	۴،۰۰۲،۰۴۹	۲،۸۹۳،۱۶۱	۷۴،۹۲۱،۲۹۲	۲۱،۷۵۷،۲۹۶	انرژی تولیدی کل
۴۱۶	۱۷۷	۹	۳	۶۰	۱۳۳	۳۴	تعداد کل
-	-	۴۹۱،۳۵۱	۰	۲،۲۴۴،۱۴۹	۲۲،۹۹۷،۲۷۸	۵،۰۴۲،۵۳۷	انرژی تولیدی وزارت نیرو
-	-	۳	۰	۴۳	۳۹	۸	تعداد وزارت نیرو
-	-	۴،۶۷۳،۰۶۱	۴،۰۰۲،۰۴۹	۶۴۹،۰۱۲	۵۱،۹۳۴،۰۱۴	۱۶،۷۱۴،۷۵۹	انرژی تولیدی بخش خصوصی
-	-	۶	۳	۱۷	۹۴	۲۶	تعداد خصوصی



شکل ۲-۱۰- توزیع تولید ناپیژه واحدهای گازی بر اساس تیپ واحد

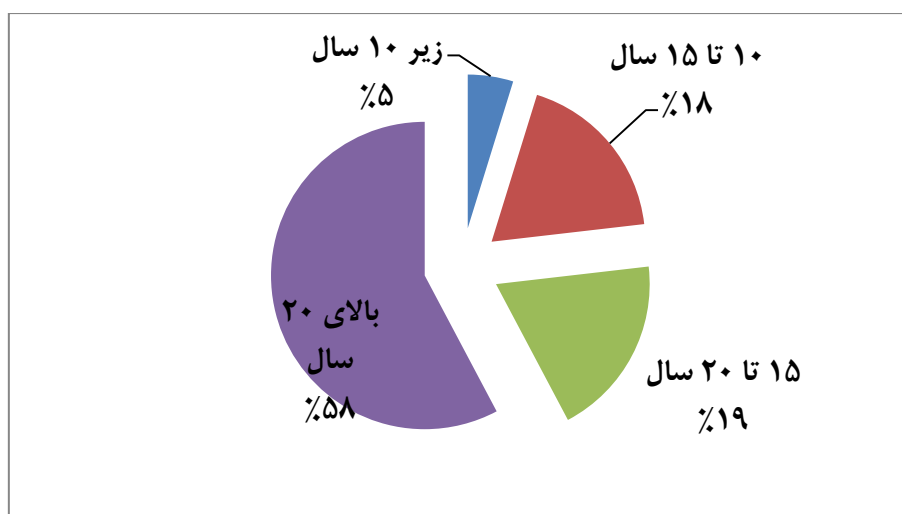
با توجه به مطالب ارائه شده در مورد سن واحدهای مورد بررسی و نیز ظرفیت تولید این واحدها و نیز نظرات اعضای کمیته راهبری ارائه راهکارهای افزایش عمر برای واحدهای F9 و V94.2 در افق چشم‌انداز، به نظر می‌رسد با انتخاب این دو نوع نیروگاه در کشور می‌توان به حدود ۸۰ درصد نیازهای این حوزه پاسخ داد و در نتیجه، این دو نوع نیروگاه اولویت کشور در بحث افزایش عمر می‌باشند.

### ۲,۴,۲,۴ اولویت‌بندی واحدهای بخاری قدیمی

با توجه به نیاز به بررسی وضعیت موجود واحدها برای تدوین برنامه توسعه عمر، نخستین گام بررسی عمر واحدها است. جدول ذیل نشان دهنده ظرفیت نیروگاههای بخاری کشور به تفکیک سن واحد است. همانطور که در شکل ذیل مشاهده می‌گردد، بیش از نیمی از ظرفیت موجود واحدهای بخاری دارای عمر بالاتر از ۲۰ سال و حدود ۳۷ درصد از آنها عمر بین ۱۰ تا ۲۰ سال دارند. لذا در افق زمانی پیش‌بینی شده، واحدهای بخاری موجود از اهمیت بسزایی در بررسی راهکارهای افزایش عمر برخوردارند.

جدول ۲-۶- ظرفیت نیروگاههای بخاری بر حسب مگاوات به تفکیک سن واحد

ظرفیت نیروگاههای بخاری	زیر ۱۰ سال	۱۰ تا ۱۵ سال	۱۵ تا ۲۰ سال	بالای ۲۰ سال
	۷۲۶	۲۷۹۴	۲۸۹۸	۸۷۷۴



شکل ۲-۱۱- توزیع سنی ظرفیت نیروگاههای بخاری کشور

بنابراین نیروگاههای بخاری با عمر بالای ۲۰ سال کشور (نیروگاههای مد نظر برای بحث افزایش عمر) انتخاب می‌شوند که عبارتند از:

جدول ۲-۷- نیروگاههای بخاری با عمر بالای ۲۰ سال کشور

ردیف	نام نیروگاه	تعداد واحد	ظرفیت هر واحد (MW)
۱	فیروزی (طرشت)	۴	۱۲,۵
۲	بعثت	۳	۸۲,۵
۳	اسلام آباد (اصفهان)	۲	۳۷,۵
		۱	۱۲۰
		۲	۳۲۰
۴	منتظر قائم	۴	۱۵۶,۵
۵	بهشتی (لوشان)	۲	۱۲۰
۶	زرند	۲	۳۰
۷	مشهد	۲	۶۰
		۱	۱۲
۸	سلیمی (نکا)	۴	۴۴۰
۹	رامین	۲	۳۱۵
۱۰	بندرعباس	۴	۳۲۰
۱۱	منتظری	۴	۲۰۰
۱۲	توس	۴	۱۵۰
۱۳	تبریز	۲	۳۶۸
۱۴	رجایی	۲	۲۵۰
۱۵	زرگان	۲	۱۴۵

به منظور بررسی دقیقتر وضعیت نیروگاههای نیازمند افزایش عمر، این نیروگاهها بر اساس ظرفیت به چهار دسته ذیل تقسیم شده اند و نحوه توزیع ظرفیت آنها در قالب جدول ذیل نشان داده شده است.

- گروه اول (I): نیروگاههای کوچکتر و مساوی ۱۰۰ مگاوات
- گروه دوم (II): نیروگاههای بزرگتر از ۱۰۰ مگاوات و کوچکتر از ۲۰۰ مگاوات

- گروه سوم (III): نیروگاههای بزرگتر یا مساوی ۲۰۰ مگاوات و کوچکتر از ۳۰۰ مگاوات
- گروه چهارم (IV): نیروگاههای بزرگتر از ۳۰۰ مگاوات

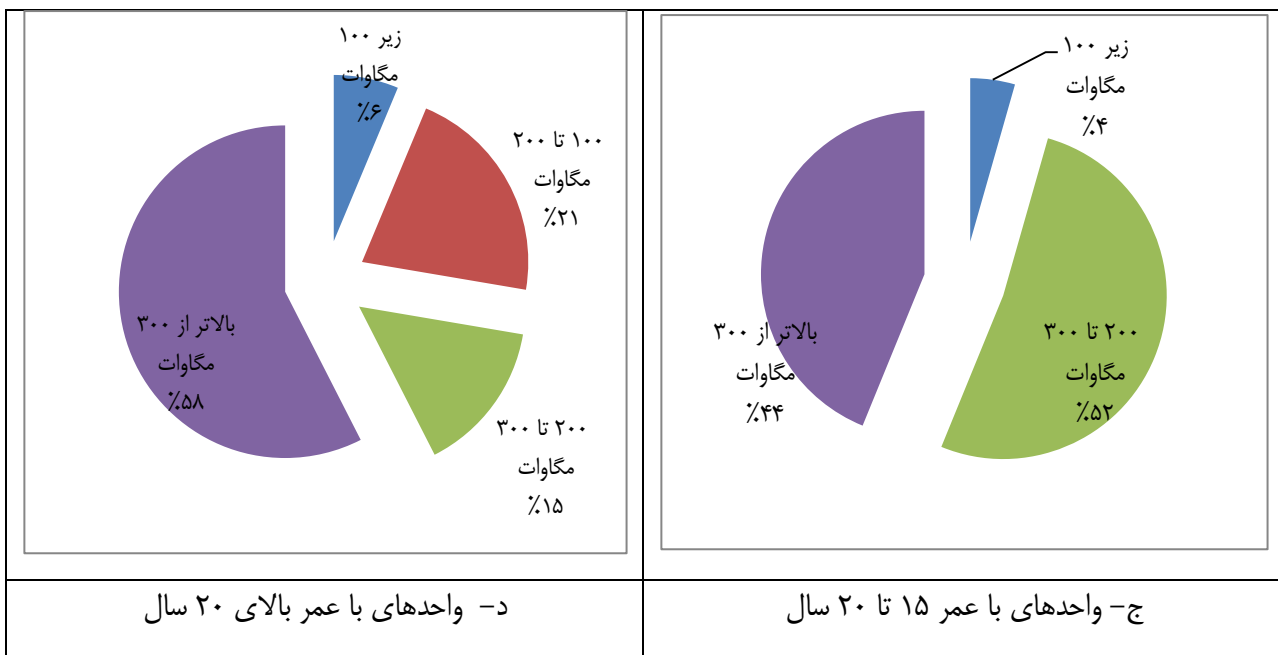
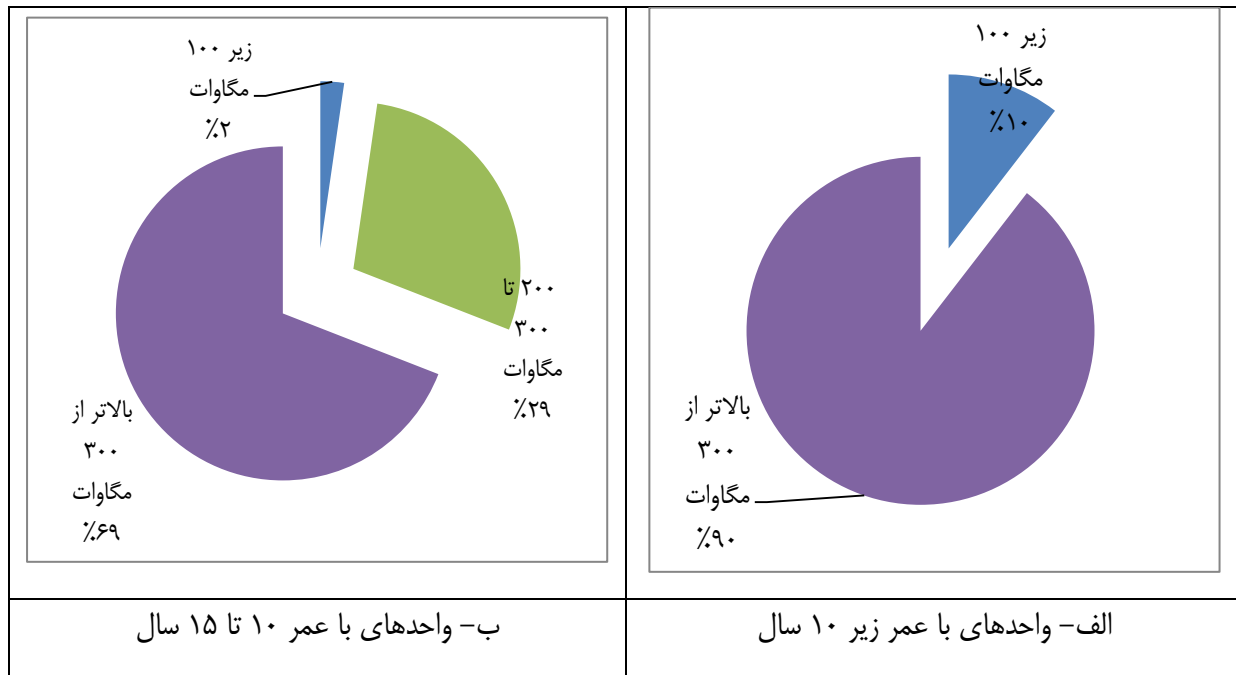
جدول ۲-۸- توزیع ظرفیت نیروگاههای بخاری بر اساس دسته‌بندی سن و توان تولیدی

دسته	زیر ۱۰ سال	۱۰ تا ۱۵ سال	۱۵ تا ۲۰ سال	بالای ۲۰ سال	جمع
I	۷۶	۶۴	۱۲۸	۵۵۲,۵	۸۲۰,۵
II	۰	۰	۰	۱۸۷۵,۹۴	۱۸۷۵,۹۴
III	۰	۸۰۰	۱۵۰۰	۱۳۰۰	۳۶۰۰
IV	۶۵۰	۱۹۳۰	۱۲۷۰	۵۰۴۶	۸۸۹۶
جمع	۷۲۶	۲۷۹۴	۲۸۹۸	۸۷۷۴,۴۴	۱۵۱۹۲,۴۴

همانطور که در این جدول ملاحظه می‌گردد، بیشترین فراوانی در میان واحدهای بخاری مربوط به نیروگاههای با ظرفیت بالاتر از ۳۰۰ مگاوات و پس از آن واحدهای با ظرفیت بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ مگاوات می‌باشد. از سوی دیگر، در میان واحدهای با عمر بالاتر از ۲۰ سال، بیشترین فراوانی مربوط به واحدهای بالای ۳۰۰ مگاوات و پس از آن مربوط به واحدهای بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ مگاوات است. همچنین بیش از نیمی از ظرفیت واحدهای با عمر بین ۱۵ تا ۲۰ سال مربوط به واحدهای با ظرفیت بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ مگاوات و بخش عمده دیگر شامل واحدهای بالای ۳۰۰ مگاوات است. علاوه بر این، واحدهای با ظرفیت بالاتر از ۳۰۰ مگاوات بخش عمده ای از واحدهای با عمر بین ۱۰ تا ۱۵ سال و نیز واحدهای با عمر زیر ۱۰ سال را به خود اختصاص داده است. شکل ۲ نشان‌دهنده توزیع ظرفیت واحدهای بخاری کشور به تفکیک سن و توان تولیدی است.

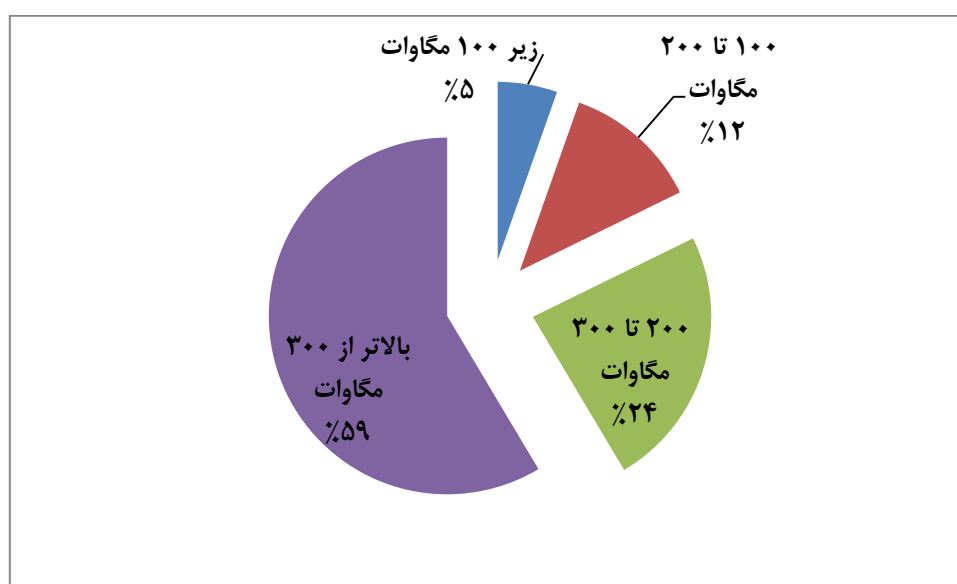
جدول ۲-۹- توزیع ظرفیت نیروگاههای بخاری

مجموع ظرفیت	نام نیروگاه	
۵۵۲.۵	طرشت (۴ واحد)، بعثت (۳ واحد)، اسلام آباد (۳۷.۵*۲)، زرنند (۲) واحد، مشهد (۲ واحد)	نیروگاههای کوچکتر و مساوی ۱۰۰ مگاوات
۱۸۷۵.۹۴	منتظر قائم (۴ واحد)، لوشان (۲) واحد، اصفهان (۱۲۰*۱)، زرگان (۲) واحد، توس (۴ واحد)	نیروگاههای بزرگتر از ۱۰۰ مگاوات و کوچکتر از ۲۰۰ مگاوات
۱۳۰۰	منتظری (۴ واحد)، رجائی (۲ واحد)	نیروگاههای بزرگتر یا مساوی ۲۰۰ مگاوات و کوچکتر از ۳۰۰ مگاوات
۵۰۴۶	رامین (۳۱۵*۲)، نکا (۴ واحد)، بندرعباس (۴ واحد)، اصفهان (۳۲۰*۲)، تبریز (۲ واحد)	نیروگاههای بزرگتر از ۳۰۰ مگاوات
۸۷۷۴.۴۴	-	جمع



شکل ۲-۱۲- توزیع ظرفیت واحدهای بخاری کشور

نکته قابل استنباط دیگر از جداول قبل، توزیع ظرفیت نیروگاههای بخاری کشور بر اساس توان تولیدی است. همانطور که ملاحظه می گردد، فارغ از توزیع سنی، حدود ۶۰ درصد از ظرفیت واحدهای بخاری به واحدهای با ظرفیت بالاتر از ۳۰۰ مگاوات اختصاص دارد. از سوی دیگر واحدهای با ظرفیت بزرگتر و مساوی ۲۰۰ و کوچکتر از ۳۰۰ مگاوات، حدود یک چهارم ظرفیت واحدهای بخاری را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، سهم واحدهای ۱۰۰ تا ۲۰۰ مگاواتی و نیز واحدهای زیر ۱۰۰ مگاوات، به ترتیب برابر ۱۲ و ۵ درصد از ظرفیت واحدهای بخاری می باشد.

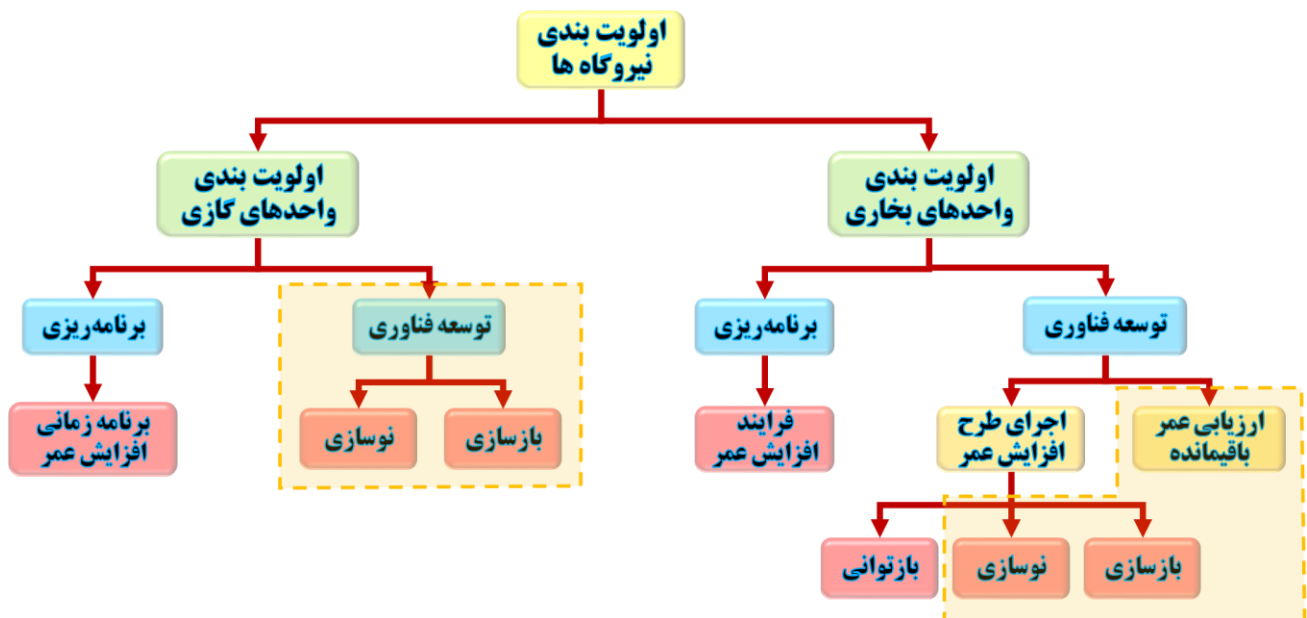


شکل ۲-۱۳- توزیع ظرفیت واحدهای بخاری بر اساس توان تولیدی

بنابراین با توجه به اطلاعات ارائه شده و نظرات اعضای محترم کمیته راهبری، واحدهای بزرگتر و مساوی ۲۰۰ مگاوات (گروه III و IV) برای بررسی طرحهای افزایش عمر دارای اولویت هستند.

## ۲-۴-۳- شناسایی فناوری‌های اولویت‌دار

پس از مشخص شدن واحدهای نیروگاهی اولویت‌دار، حال نیاز است بر این اساس نیازهای فناورانه مورد نیاز جهت تحقق طرح‌های افزایش عمر این حوزه شناسایی و معرفی شوند. همانطور که پیشتر نشان داده شد بحث توسعه فناوری در دو حوزه توربین‌های گازی و توربین‌های بخاری مطرح می‌باشد.



شکل ۲-۱۴ شناسایی نیازهای فناورانه مورد نیاز

بحث توسعه فناوری توربین‌های گازی در گزارش فاز سوم پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوریهای نوین افزایش راندمان نیروگاههای کشور به صورت کامل تشریح گردیده است. لازم به ذکر است، همانطور که در بخش اولویت‌بندی مشخص گردید، نیروگاه‌های اولویت‌دار این حوزه، دو تیپ نیروگاه V.94-2 و F5 می‌باشند. در مورد فناوری تیپ نیروگاهی V.94-2 هم‌اکنون این فناوری در کشور وجود دارد. همچنین فناوری ارتقاء آن نیز در کشور توسعه یافته است. در فناوری افزایش عمر توربین‌های F5 در کشور نیز می‌توان گفت، این فناوری در کشور وجود دارد و در حال حاضر بر روی این تیپ



توربین در حال انجام است، اما در مورد بحث ارتقاء این نوع توربین‌ها ظرفیت بالفعلی در کشور وجود ندارد. شرح اقدامات مورد نیاز در این حوزه در سند راهبردی و نقشه راه فناوریهای نوین افزایش راندمان نیروگاههای کشور به صورت کامل آمده است. همچنین در بخش سبک اکتساب این گزارش نیز به آن پرداخته شده است.

همچنین بحث توسعه فناوری توربین‌های بخار در دو حوزه "ارزیابی عمر باقیمانده نیروگاهها" و "اجرای طرح‌های افزایش عمر" در گزارش فاز سوم پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوریهای نوین بهره برداری، نگهداری و تعمیرات نیروگاههای کشور" به صورت کامل آمده است که در ادامه خلاصه نتایج آن ارائه شده است.

### ○ فناوری‌های اولویت‌دار در حوزه ارزیابی عمر باقیمانده و اجرای طرح‌های افزایش عمر

در پروژه مذکور به منظور شناسایی نیازهای فناورانه این حوزه، تیم پروژه اقدام به طراحی پرسشنامه‌ای با عنوان "پرسشنامه شناسایی فناوری‌های کلیدی" نمود. و بر اساس نتایج این پرسشنامه ۳۰ نیاز فناورانه این حوزه شناسایی گردید. سپس در ادامه، این لیست در جلسات کمیته راهبری به اعضای این کمیته ارائه گردید و پس از اعمال نظرات اعضای محترم کمیته راهبری و حذف و اضافه نمودن برخی از نیازهای فناورانه این حوزه، لیست نهایی نیازهای فناورانه تهیه گردید. این نیازها عبارتند از:

جدول ۲-۱۰- لیست نهایی نیازهای فناورانه

ردیف	لیست نیازهای فناورانه
۱	پایش عملکرد و عیب‌یابی
۲	ترمو گرافی و عیب‌یابی
۳	آنالیز ارتعاشات و عیب‌یابی
۴	آنالیز روغن و عیب‌یابی
۵	آنالیز صوت و عیب‌یابی
۶	تخمین عمر مبتنی بر آزمون‌های تجربی
۷	تخمین عمر بر اساس تحلیل
۸	تخمین عمر بر اساس شبیه‌سازی
۹	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای آزمون‌های تجربی
۱۰	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای تحلیل ( FTA, FMEA, FORM, SORM, )

ردیف	لیست نیازهای فناورانه
	(Decomposition)
۱۱	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای شبیه‌سازی مونت کارلو و Importance Sampling
۱۲	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک آزمون
۱۳	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک مانیتورینگ
۱۴	تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خستگی مکانیکی و حرارتی
۱۵	تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خزش
۱۶	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های تحلیلی
۱۷	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های عددی
۱۸	استفاده از فناوری‌های CBM در نگهداشت نیروگاه‌ها
۱۹	استفاده از فناوری‌های CMMS در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها
۲۰	توسعه فناوری Terotechnology و eMaintenance و بکارگیری آن‌ها در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها
۲۱	توسعه فناوری‌های نوین اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات در واحدهای نیروگاهی
۲۲	توسعه فناوری‌های مرتبط با تهیه نرم‌افزارهای کاربردی در بخش بهره‌برداری، نگهداری، و تعمیرات نیروگاه‌ها
۲۳	توسعه فناوری‌های مرتبط با آزمایشگاه‌های حوزه بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات بخش تولید
۲۴	کالیبراسیون و بازرسی فنی
۲۵	اجرای آموزش‌های تخصصی و تربیت نفرات عیب یاب (Fact Finder) از بین نفرات تعمیراتی

## ○ اولویت‌بندی فناوری‌های اولویت‌دار در حوزه ارزیابی عمر باقیمانده و اجرای طرح‌های افزایش

### عمر

پس از شناسایی نیازهای فناورانه تیم پروژه اقدام به طراحی پرسشنامه‌ای با عنوان "پرسشنامه اولویت‌بندی نیازهای فناورانه در حوزه بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها" نمود که در آن از خبرگان خواسته شد نیازهای فناورانه شناسایی شده را بر اساس ۴ معیار اصلی ذیل اولویت‌بندی نمایند. این معیارها در قالب جدول ذیل قابل مشاهده است.

## جدول ۲-۱۱- معیارهای سنجش جذابیت و اولویت‌بندی نیازهای فناورانه

معیار
گسترده‌گی کاربرد
ارزش مالی با به کارگیری فناوری در بخش تولید صنعت برق
تأثیر بر کاهش ریسک و افزایش قابلیت دسترسی نیروگاه‌های کشور
تأثیر بر کاهش قیمت تمام شده برق نیروگاه‌ها

در پایان با توجه به وزن هر یک از معیارها و نظرات خبرگان پیرامون میزان جذابیت هر یک از گزینه‌ها در هر معیار، اولویت‌بندی نیازهای فناورانه مشخص گردید. نتایج کار در قالب جدول ذیل قابل مشاهده است.

## جدول ۲-۱۲- لیست نهایی نیازهای فناورانه

ردیف	لیست نیازهای فناورانه	امتیاز
۱	استفاده از فناوری‌های CBM در نگهداشت نیروگاه‌ها	7.62
۲	استفاده از فناوری‌های CMMS در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها	7.36
۳	پایش عملکرد و عیب‌یابی	7.34
۴	آنالیز ارتعاشات و عیب‌یابی	7.28
۵	کالیبراسیون و بازرسی فنی	7.08
۶	توسعه فناوری‌های نوین اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات در واحدهای نیروگاهی	6.91
۷	اجرای آموزش‌های تخصصی و تربیت نفرات عیب‌یاب (Fact Finder) از بین نفرات تعمیراتی	6.80
۸	توسعه فناوری‌های مرتبط با تهیه نرم‌افزارهای کاربردی در بخش بهره‌برداری، نگهداری، و تعمیرات	6.68
۹	ترمو گرافی و عیب‌یابی	6.35
۱۰	آنالیز روغن و عیب‌یابی	5.89
۱۱	توسعه فناوری‌های مرتبط با آزمایشگاه‌های حوزه بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات بخش تولید	5.87
۱۲	تخمین عمر مبتنی بر آزمون‌های تجربی	5.716
۱۳	توسعه فناوری Terotechnology و eMaintenance و بکارگیری آن‌ها در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها	5.69
۱۴	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک مانیتورینگ	5.58

ردیف	لیست نیازهای فناورانه	امتیاز
۱۵	تخمین عمر بر اساس تحلیل	5.35
۱۶	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک آزمون	5.32
۱۷	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای آزمون‌های تجربی	5.26
۱۸	تخمین عمر بر اساس شبیه‌سازی	5.11
۱۹	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای تحلیل (FTA, FMEA, FORM, SORM, ) (Decomposition)	5.10
۲۰	آنالیز صوت و عیب‌یابی	5.03
۲۱	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های تحلیلی	4.91
۲۲	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای شبیه‌سازی مونت کارلو و Importance Sampling	4.85
۲۳	تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خستگی مکانیکی و حرارتی	4.76
۲۴	تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خزش	4.64
۲۵	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های عددی	4.42

## ۲-۵- اکتساب فناوری

پس از شناسایی نیازهای فناورانه اولویت‌دار، لازم است نحوه تامین و اکتساب این فناوری‌ها مشخص گردد، به طور کلی سه سبک اکتساب فناوری رسمی و رایج وجود دارند که عبارتند از "توسعه درونزا (بهره‌گیری از توانمندی داخلی)"، "همکاری فناورانه" و "خرید فناوری" که از این میان سبک همکاری فناوری شامل طیف وسیعی از روش‌ها می‌گردد که در بخش مرور ادبیات تشریح شدند. این که یک فناوری براساس کدام یک از سبک‌های فوق تامین شود، بستگی به معیارهایی چرخه عمر فناوری، میزان به کارگیری (حجم بازار) و شکاف فناوری دارد.

چرخه عمر فناوری شامل مراحل معرفی، رشد و بلوغ، و زوال می‌باشد که هر کدام بر تعیین سبک اکتساب فناوری، تاثیرگذار می‌باشند. به طوری که برای فناوری‌های نوظهور و در حال معرفی، امکان خرید و همکاری فناورانه از نوع تجاری آن وجود ندارد و برای فناوری‌های رو به زوال که به نوعی جانشین آن‌ها در حال ظهور می‌باشد، نیز انتخاب سبک‌های تحقیق و توسعه و همکاری فناوری منطقی نیستند. در مراحل رشد و یا بلوغ نیز برای تعیین سبک اکتساب لازم است فاکتورهای بعدی مورد بررسی قرار گیرند. معیار حجم بازار نیز گستره نیاز و تقاضای داخلی برای محصول منتج از توسعه فناوری را ارزیابی نموده و در

صورتی که مقدار آن (از حیث ارزش مالی) قابل توجه نبوده و در نتیجه توسعه توانمندی در آن به صرفه نباشد، سبک خرید محصول پیشنهاد می‌گردد. اما در صورت قابل توجه بودن این مقدار، سبک خرید فناوری را نادیده گرفته و جهت تعیین سبک اکتساب از میان توسعه درونزا و همکاری فناوری، لازم است فاکتور شکاف فناوری مورد بررسی قرار گیرد. در صورتی که توانمندی فناوری مناسبی وجود داشته باشد و شکاف فناوری در افق برنامه‌ریزی قابل پوشش باشد، سبک توسعه درونزا و در غیر این صورت سبک همکاری فناوری پیشنهاد می‌گردد.

تعیین وضعیت نیازهای فناورانه حوزه افزایش عمر، از حیث سه معیار فوق، با توجه به تعداد بالای نیازهای شناسایی شده و نیز نبود یا کمبود اطلاعات کار بسیار دشواری است (برای مثال تعیین دقیق حجم بازار برای بسیاری از نیازهای فناورانه به دلیل نبود اطلاعات غیر ممکن است) و بنابراین تیم پروژه وضعیت این نیازهای فناورانه را در دو معیار حجم بازار و شکاف فناورانه به صورت کیفی و بر اساس نظر خبرگان تعیین نموده است. در ادامه سبک اکتساب در واحدهای گازی و بخاری به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲-۵-۱- سبک اکتساب واحدهای گازی

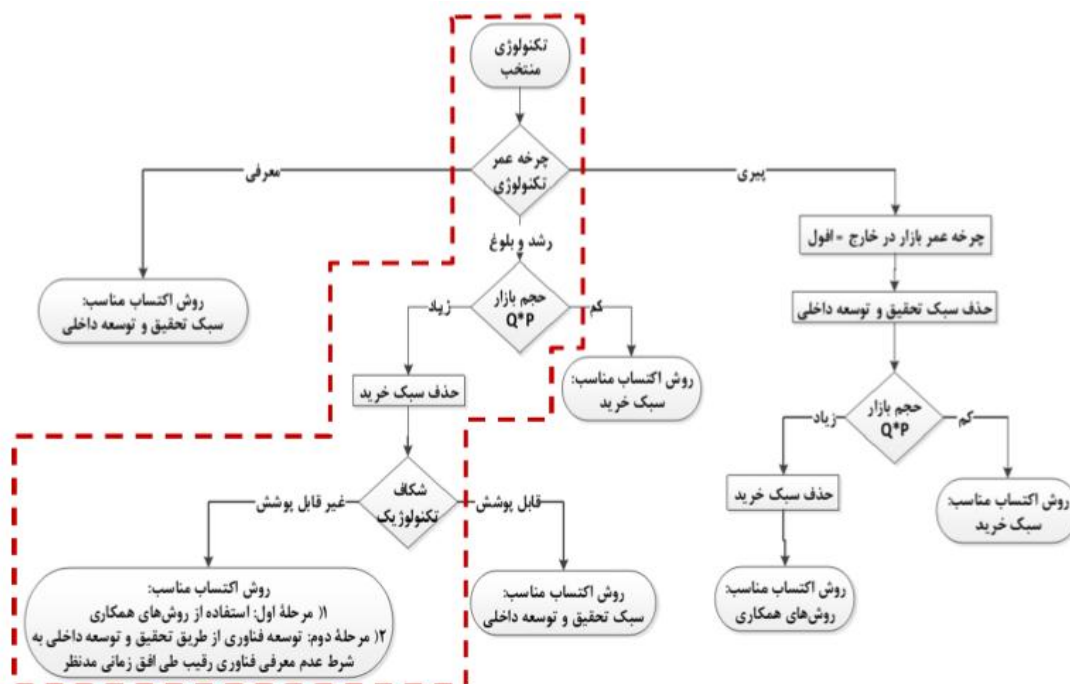
همانطور که در بخش‌های قبل تشریح گردید، در هر یک از واحدهای اولویت بندی شده، یکی از سه سبک تحقیق و توسعه داخلی، همکاری فناورانه و خرید فناورانه برای توسعه میتواند انتخاب شود. همچنین انتخاب هر یک از سبکهای مذکور متاثر از وضعیت فناوری از جهت معیارهایی چون چرخه عمر فناوری، حجم بازار پیش رو و شکاف فناورانه می‌باشد.

## الف- سبک اکتساب واحدهای V94,2

در حال حاضر این فناوری در داخل کشور بومی‌سازی شده است و طرح‌های توسعه‌ای این توربین توسط شرکت مپنا در حال انجام است. همچنین طرح‌های افزایش عمر و ارتقاء این توربین هم توسط شرکت مپنا و هم توسط شرکت تعمیرات نیروگاهی در داخل کشور به صورت کاملاً بومی انجام می‌شود.

## ب- سبک اکتساب واحدهای F9

همانطور که قبلا نیز اشاره شد، به منظور افزایش عمر نیروگاه دو روش افزایش طول عمر (LTE) و ارتقا وجود دارد. با توجه به نتایج مصاحبه با خبرگان، انجام مصاحبه و بازدید از دو شرکت مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران، و نیز تجربیات قبلی تیم پروژه در این حوزه می‌توان گفت که شکاف فناورانه در این حوزه بسیار بالاست. بنابراین به منظور ارتقای واحدهای F9 با توجه به بلوغ چرخه عمر فناوری، حجم زیاد بازار و شکاف تکنولوژیکی بالا، نیاز به همکاری فناورانه با کشورهای پیشرو وجود دارد که در ادامه فرایند سبک اکتساب نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که در حوزه افزایش طول عمر (LTE) شرکت های مپنا و تعمیرات نیروگاهی قابلیت افزایش عمر ۴ واحد در سال را دارند.



شکل ۲-۱۵ فرایند تبیین سبک اکتساب افزایش عمر واحدهای F5

## ۲-۵-۲- سبک اکتساب واحدهای بخاری

## الف- سبک اکتساب فناوری‌های ارزیابی عمر باقیمانده و فناوری‌های حوزه اجرای طرح‌های افزایش عمر

همانطور که پیشتر اشاره شد، سبک اکتساب فناوری‌های مربوط به ارزیابی عمر باقیمانده و فناوری‌های حوزه اجرای طرح‌های افزایش عمر در گزارش فاز سوم پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه فناوری‌های نوین بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌های کشور اشاره شده است. نتایج حاصل در این مطالعات در قالب جداول ذیل نشان داده شده است.

جدول ۲-۱۳- ارزیابی وضعیت نیازهای فناورانه اولویت‌دار از حیث معیارهای اکتساب فناوری

ردیف	لیست نیازهای فناورانه	چرخه عمر فناوری	حجم بازار	شکاف فناوریانه
۱	استفاده از فناوری‌های CBM در نگهداشت نیروگاه‌ها	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۲	استفاده از فناوری‌های CMMS در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۳	پایش عملکرد و عیب‌یابی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۴	آنالیز ارتعاشات و عیب‌یابی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	کم
۵	کالیبراسیون و بازرسی فنی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۶	توسعه فناوری‌های نوین اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات در واحدهای نیروگاهی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۷	اجرای آموزش‌های تخصصی و تربیت نفرات عیب‌یاب (Fact Finder) از بین نفرات تعمیراتی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۸	توسعه فناوری‌های مرتبط با تهیه نرم‌افزارهای کاربردی در بخش بهره‌برداری، نگهداری، و تعمیرات	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۹	ترمو گرافی و عیب‌یابی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۱۰	آنالیز روغن و عیب‌یابی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	کم
۱۱	توسعه فناوری‌های مرتبط با آزمایشگاه‌های حوزه بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات بخش تولید	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۱۲	تخمین عمر مبتنی بر آزمون‌های تجربی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	کم
۱۳	توسعه فناوری‌های Terotechnology و eMaintenance و بکارگیری آن‌ها در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	زیاد
۱۴	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک مانتیورینگ	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۱۵	تخمین عمر بر اساس تحلیل	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	کم
۱۶	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک آزمون	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۱۷	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای آزمون‌های تجربی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۱۸	تخمین عمر بر اساس شبیه‌سازی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط

ردیف	لیست نیازهای فناورانه	چرخه عمر فناوری	حجم بازار	شکاف فناورانه
۱۹	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای تحلیل ( FTA, FMEA, FORM, SORM, (Decomposition	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	زیاد
۲۰	آنالیز صوت و عیب‌یابی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۲۱	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های تحلیلی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۲۲	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای شبیه‌سازی مونت کارلو و Importance Sampling	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	زیاد
۲۳	تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خستگی مکانیکی و حرارتی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۲۴	تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خزش	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	متوسط
۲۵	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های عددی	اواخر رشد و ابتدای بلوغ	زیاد	زیاد

## جدول ۲-۱۴- سبک اکتساب پیشنهادی برای هر یک از نیازهای فناورانه اولویت‌دار

ردیف	لیست نیازهای فناورانه	سبک اکتساب پیشنهادی
۱	استفاده از فناوری‌های CBM در نگهداشت نیروگاه‌ها	همکاری فناورانه
۲	استفاده از فناوری‌های CMMS در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها	همکاری فناورانه
۳	پایش عملکرد و عیب‌یابی	همکاری فناورانه
۴	آنالیز ارتعاشات و عیب‌یابی	تحقیق و توسعه درون‌زا
۵	کالیبراسیون و بازرسی فنی	همکاری فناورانه
۶	توسعه فناوری‌های نوین اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات در واحدهای نیروگاهی	همکاری فناورانه
۷	اجرای آموزش‌های تخصصی و تربیت نفرات عیب‌یاب (Fact Finder) از بین نفرات تعمیراتی	همکاری فناورانه
۸	توسعه فناوری‌های مرتبط با تهیه نرم‌افزارهای کاربردی در بخش بهره‌برداری، نگهداری، و تعمیرات	همکاری فناورانه
۹	ترمو گرافی و عیب‌یابی	همکاری فناورانه
۱۰	آنالیز روغن و عیب‌یابی	تحقیق و توسعه درون‌زا
۱۱	توسعه فناوری‌های مرتبط با آزمایشگاه‌های حوزه بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات بخش تولید	همکاری فناورانه
۱۲	تخمین عمر مبتنی بر آزمون‌های تجربی	تحقیق و توسعه درون‌زا
۱۳	توسعه فناوری Terotechnology و eMaintenance و بکارگیری آن‌ها در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها	انتقال دانش و در ادامه بومی‌سازی

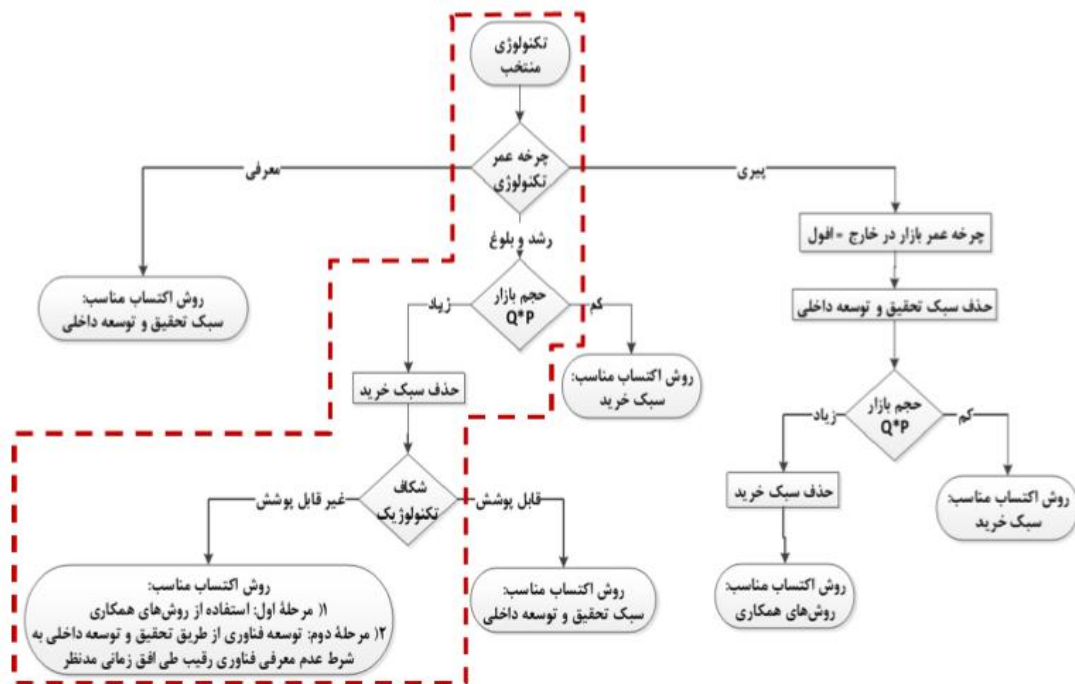


ردیف	لیست نیازهای فناورانه	سبک اکتساب پیشنهادی
۱۴	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک مانیتورینگ	همکاری فناورانه
۱۵	تخمین عمر بر اساس تحلیل	تحقیق و توسعه درونزا
۱۶	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک آزمون	همکاری فناورانه
۱۷	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای آزمون‌های تجربی	همکاری فناورانه
۱۸	تخمین عمر بر اساس شبیه‌سازی	همکاری فناورانه
۱۹	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای تحلیل ( FTA, FMEA, FORM, SORM, (Decomposition	انتقال دانش و در ادامه بومی‌سازی
۲۰	آنالیز صوت و عیب‌یابی	همکاری فناورانه
۲۱	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های تحلیلی	همکاری فناورانه
۲۲	ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای شبیه‌سازی مونت کارلو و Importance Sampling	انتقال دانش و در ادامه بومی‌سازی
۲۳	تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خستگی مکانیکی و حرارتی	همکاری فناورانه
۲۴	تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خزش	همکاری فناورانه
۲۵	تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های عددی	انتقال دانش و در ادامه بومی‌سازی

### ب- سبک اکتساب فناوری های بازتوانی در واحدهای بخاری

با توجه به تنوع زیاد واحدهای بخاری و متفاوت بودن این واحدها با یکدیگر، نمی‌توان برای همه واحدها سبک اکتساب واحدی را تبیین نمود. همانطور که در بخش اولویت‌بندی نیروگاه‌ها نشان داده شد، در بین انواع مختلف واحدهای بخاری، واحدهای FT325 تواتر بیشتری دارند. با توجه به بالغ بودن فناوری افزایش عمر واحدهای FT325 و شکاف بالای فناوری و حجم بالای این واحدها، منطقی به نظر می‌رسد که نیاز کشور به این فناوری از طریق سبک خرید تأمین نگردد و می‌بایست از سبک اکتساب همکاری فناوری استفاده می‌شود. در ادامه می‌توان با استفاده از دانش بدست آمده در طی همکاری فناورانه با کشورهای پیشرو، برای توسعه انواع دیگر واحدهای بخاری استفاده نمود. لازم به ذکر است که وضعیت شاخص شکاف فناورانه،

با توجه به نتایج مصاحبه با خبرگان، انجام مصاحبه و بازدید از دو شرکت مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران، و نیز تجربیات قبلی تیم پروژه در این حوزه تعیین شده است.



شکل ۲-۱۶ فرایند تبیین سبک اکتساب افزایش عمر واحدهای FT325

## ۲-۶- جمع بندی

در این فصل پس از بررسی ادبیات و مفاهیم راهبرد فناوری، راهبرد فناوری حوزه افزایش عمر شامل نیازهای فناورانه اولویت‌دار و سبک اکتساب تشریح گردید. در این جهت در راستای چشم‌انداز و اهداف کلان، با استفاده از نظرات خبرگان ۲۵ نیاز فناورانه به عنوان اولویت‌های توسعه در نظر گرفته شدند و در ادامه سبک کلی اکتساب این نیازهای فناورانه طبق منطق مشخصی و براساس معیارهای چرخه عمر فناوری، میزان به کارگیری (حجم بازار) و شکاف فناوری، تعیین گردید.

### فصل ۳- جمع بندی گزارش

در این گزارش پس از بررسی ادبیات مرتبط با موضوع تدوین چشم انداز و اهداف کلان، چشم انداز و اهداف کلان پیشنهادی حوزه افزایش عمر معرفی گردید.

بیانیه چشم انداز نهایی این حوزه عبارتست از:

" در راستای تحقق اهداف راهبردی وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴، تامین مطمئن و اقتصادی انرژی الکتریکی، افزایش قابلیت اطمینان، توان و راندمان؛ جمهوری اسلامی ایران توانمند در به کارگیری و بومی سازی فناوری های مناسب به جهت افزایش عمر نیروگاه های حرارتی قدیمی کشور، فراخور پتانسیل هر یک از این نیروگاه ها، خواهد بود."

همچنین اهداف کلان پیشنهادی در جهت دستیابی به چشم انداز این حوزه عبارتند از:

#### جدول ۱-۳ اهداف کلان

اهداف کلان	ابعاد
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ افزایش عمر نیروگاه های بخاری قدیمی مبتنی بر پتانسیل هر کدام</li> <li>✓ افزایش عمر نیروگاه های گازی قدیمی مبتنی بر پتانسیل هر کدام</li> </ul>	<p>موقعیت عملکردی</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ سرمایه گذاری و تعامل موثر با دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی</li> <li>✓ افزایش همکاری های تکنولوژیک بین المللی</li> <li>✓ سرمایه گذاری در R&amp;D و جذب نیروی نخبه</li> </ul>	<p>ظرفیت سازی</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ نقش حوزه افزایش عمر نیروگاه های حرارتی در زمینه مسائل زیست محیطی</li> <li>✓ ایفای نقش حوزه افزایش عمر نیروگاه های حرارتی در زمینه رفاه</li> </ul>	<p>مسئولیت اجتماعی</p>

اهداف کلان	ابعاد
اجتماعی و رشد اقتصادی	

در ادامه و بر اساس بررسی‌های انجام شده ۲۵ نیاز فناورانه اولویت‌دار این حوزه شناسایی گردید که عبارتند از:

۱. استفاده از فناوری‌های CBM در نگهداشت نیروگاه‌ها
۲. استفاده از فناوری‌های CMMS در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها
۳. پایش عملکرد و عیب‌یابی
۴. آنالیز ارتعاشات و عیب‌یابی
۵. کالیبراسیون و بازرسی فنی
۶. توسعه فناوری‌های نوین اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات در واحدهای نیروگاهی
۷. اجرای آموزش‌های تخصصی و تربیت نفرات عیب‌یاب (Fact Finder) از بین نفرات تعمیراتی
۸. توسعه فناوری‌های مرتبط با تهیه نرم‌افزارهای کاربردی در بخش بهره‌برداری، نگهداری، و تعمیرات
۹. ترموگرافی و عیب‌یابی
۱۰. آنالیز روغن و عیب‌یابی
۱۱. توسعه فناوری‌های مرتبط با آزمایشگاه‌های حوزه بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات بخش تولید
۱۲. تخمین عمر مبتنی بر آزمون‌های تجربی
۱۳. توسعه فناوری‌های Terotechnology و eMaintenance و بکارگیری آن‌ها در بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات نیروگاه‌ها
۱۴. تحلیل علل از کار افتادگی به کمک مانیتورینگ

۱۵. تخمین عمر بر اساس تحلیل

۱۶. تحلیل علل از کار افتادگی به کمک آزمون

۱۷. ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای آزمون‌های تجربی

۱۸. تخمین عمر بر اساس شبیه‌سازی

۱۹. ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای تحلیل (FTA, FMEA, FORM, SORM, )

(Decomposition)

۲۰. آنالیز صوت و عیب‌یابی

۲۱. تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های تحلیلی

۲۲. ارزیابی احتمال از کار افتادگی تجهیزات بر مبنای شبیه‌سازی مونت کارلو و Importance Sampling

۲۳. تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خستگی مکانیکی و حرارتی

۲۴. تحلیل علل از کار افتادگی ناشی از خزش

۲۵. تحلیل علل از کار افتادگی به کمک روش‌های عددی

سپس با استفاده از سه معیار چرخه عمر فناوری، حجم بازار و میزان شکاف فناورانه وضعیت سبک اکتساب این نیازهای فناورانه اولویت‌دار تعیین گردید. بر این اساس دو گزینه توسعه درون‌زای فناوری و همکاری‌های تکنولوژیک به عنوان دو سبک اکتساب قابل بررسی انتخاب گردید؛ و راهبرد اصلی توسعه فناوری‌های این حوزه در برخی از موارد، استفاده از دانش موجود در کشور (تحقیق و توسعه درونزا)، در برخی از موارد همکاری فناورانه (استفاده از توان و دانش فنی کشورهای دیگر در روند توسعه فناوری) و در برخی از موارد انتقال دانش فنی در کوتاه مدت و بومی‌سازی (تحقیق و توسعه درونزا) در درازمدت تعیین گردید.

## 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 فناوری‌های 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.

## فهرست مطالب

فصل ۱- مرور ادبیات .....	۱
۱-۱- مقدمه .....	۱
۲-۱- تعاریف و مفاهیم سیاست‌گذاری و تدوین سیاستها و اقدامات .....	۱
۳-۱- ویژگی‌ها و اصول تدوین سیاست‌های 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
فصل ۲- شناسایی چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه حوزه افزایش عمر .....	۳۶
۱-۲- مقدمه .....	۳۶
۲-۲- شناسایی موانع و چالش‌ها .....	۳۶
فصل ۳- تدوین اقدامات و سیاست‌های پشتیبان .....	۴۰
۱-۳- مقدمه .....	۴۰
۲-۳- اقدامات سیاستی .....	۴۰
۳-۳- اقدامات فنی .....	۴۲
۱-۳-۳- اقدامات فنی افزایش عمر نیروگاه‌های گازی .....	۴۲
۲-۳-۳- فرایند افزایش عمر نیروگاه‌های بخاری .....	۴۸
فصل ۴- جمع بندی و نتیجه گیری کلی گزارش .....	۵۳
مراجع .....	۵۴

### فهرست شکلها

- شکل ۱-۱ چارچوب طراحی سیاستهای کلان ..... ۷
- شکل ۱-۲ - طبقه‌بندی چالشهای پیش روی توسعه فناوری ..... ۳۷
- شکل ۱-۳ فرایند اولویت بندی نیروگاه های گازی ..... ۴۲
- شکل ۲-۳ توزیع تولید ناویژه واحدهای گازی بر اساس تیپ واحد در سال ۱۳۹۲ ..... ۴۳
- شکل ۳-۳ فرایند اولویت بندی نیروگاه های بخاری ..... ۴۸
- شکل ۴-۳ توزیع ظرفیت واحدهای بخاری با عمر بالاتر ..... ۴۹
- شکل ۵-۳ فرایند افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی ..... ۵۱



### فهرست جداول

- جدول ۱ فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف در طول زمان ..... ۲۴
- جدول ۲ کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها برگرفته از ( BERGEK ET AL., 2008; HEKKERT AND NEGRO, 2009; SUURS ET AL., 2010) ..... ۲۷
- جدول ۳- کارکردهای نظام نوآوری و شاخص‌های مربوطه ..... ۳۴
- جدول ۴- لیست خبرگان ..... ۳۷
- جدول ۵- لیست موانع و چالش‌های اصلی حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی ..... ۳۸
- جدول ۶- طبقه بندی چالش‌های پیش روی توسعه حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی ..... ۳۹
- جدول ۷- سیاست‌های پیشنهادی جهت مقابله با چالش‌های اصلی حوزه افزایش عمر ..... ۴۰
- جدول ۸ تعداد کل واحدهای بازنشسته ..... ۴۳
- جدول ۹- اقدامات فنی و پروژه‌های مورد نیاز جهت افزایش عمر نیروگاه‌های گازی ..... ۴۶
- جدول ۱۰ توزیع ظرفیت نیروگاه‌های بخاری بالای ۲۰ سال ..... ۴۸

## فصل 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 هرگاه 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 می‌گذارند، 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، به یکپارچگی و رفع تناقضات راهبردها در مسیر دستیابی به اهداف کمک می‌کند، مسیر اجرای راهبردها را تسهیل می‌کند و به‌عنوان یک راهنما در جهت‌دهی به راهبردها نقش ایفا می‌کند.

### 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: 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 رسند. 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.

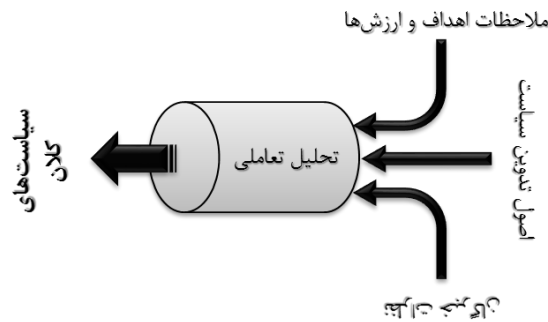
• توجه به توسعه شبکه و مراکز توانمندی: توسعه شبکه و مراکز توانمندی می‌تواند باعث افزایش کارایی نظام ملی نوآوری گردد. طبق این مفهوم، هر کنش‌گر در نظام ملی نوآوری یک کشور می‌تواند به‌عنوان یک مرکز توانمندی عمل کند که شرکت‌های نوآور، سازمان‌های تحقیقاتی، و نهادهای دولتی را به هم ارتباط می‌دهد. توجه ویژه 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 مسئولیت‌نشان می‌دهد که نمی‌تواند توسط نهادهای دولتی یا خصوصی زیردست 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 ۱-۱ چارچوب طراحی سیاست‌های کلان

## ورودی

ورودی مشکل 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 حمایت کنند 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>1</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 می‌شود را شناسایی کرد.

برای شناسایی کنش‌گران، روش‌های مختلفی مانند استفاده از جداول داده-ستاده و آمارهای عضویت موجود در اتحادیه‌ها و صنایع، استفاده از پتنت‌های ثبت شده و شناخت بنگاه‌های مرتبط با آنها و استفاده از قاعده گلوله برف<sup>۱</sup> (شناخت کنش‌گران پیرامون یک واحد تحلیل از روی ارتباطات با سایر کنش‌گران) توصیه شده است [5]. در این گزارش کنش‌گران به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند.

## الف) سیاست گذار<sup>۲</sup>

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌هایی که باید توسط دولت، کسب و کارها و غیره دنبال شود را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرآیندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می‌باشد. به طور کل، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی به خود بگیرد مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی. لذا به نظر می‌رسد بررسی ویژگی‌های فرآیند سیاست‌گذاری 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 سیاست‌گذاری، پیامدهایی که سیاست برای دستیابی به آن طراحی شده است را تعریف می‌کند. لذا به طور معمول، در این فرآیند باید نگاهی بلند مدت (حداقل پنج ساله) بر اساس روندهای آماری و پیش‌بینی‌های اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و فرهنگی وجود داشته باشد. نکات زیر رویکرد نگاه رو به جلو را واضح‌تر می‌سازد:

✓ 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>1</sup>- foresight program

<sup>2</sup>- outward looking

<sup>3</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 پیاده‌سازی

سیاست

• ارتباطات: فرآیند سیاست‌گذاری، چگونگی ارتباط سیاست با مردم را در نظر می‌گیرد. موارد زیر در ایجاد ارتباط مؤثر

سیاست سهم قابل توجهی دارند:

✓ آماده‌سازی و پیاده‌سازی استراتژی ارتباطات / ارائه

✓ ارائه خدمات اطلاعاتی اجرایی از مراحل اولیه

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

به ارزیابی را نشان می‌دهند، 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>: سیاست‌های موجود باید به طور مستمر بازنگری شوند چرا که سیاست‌های طراحی شده برای حل مشکلات،

باید کارایی خود را در طول زمان حفظ کنند. جنبه‌های رویکرد بازنگری برای سیاست‌گذاری شامل:

✓ برنامه بازنگری مستمر با شاخص‌های عملکرد متنوع و معنادار

✓ مکانیسم‌هایی برای فراهم کردن بازخورد از سیاست‌های تنظیم شده

✓ دور انداختن سیاست‌های شکست خورده!

(ب) تنظیم‌کننده<sup>۱</sup>

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

تنظیم مجموعه گوناگونی از ابزارهاست که به واسطه آن دولت نیازمندی‌های شرکت‌ها و مردم را تنظیم می‌کند.

کارکردهای تنظیم‌کننده بنا به دلایل گوناگونی به وجود آمده‌اند از جمله:

- تعیین حقوق و مسئولیت‌های هر یک از موجودیت‌های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار

- تنظیم استانداردهای صنعتی

- جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و ...

به منظور درک بهتر کارکردهای تنظیم‌کننده، بررسی انواع روش‌های تنظیمی مفید خواهد بود.

## انواع تنظیمات

- فرمان و کنترل<sup>۱</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 فعالیت‌های معینی به کار می‌رود. استانداردها

می‌تواند از طریق قانون‌گذاری یا تنظیم‌کنندگانی 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 پیاده‌سازی می‌شوند،

محدودیت‌های تعریف شده به طور واضح تنظیم می‌شود، و نشان می‌دهد که تنظیم‌کننده یا دولت قاطعانه عمل

می‌کند. از سویی دیگر، این رویکرد می‌تواند برای فعالیت‌های تنظیمی پیچیده باشد. مشکلاتی که ممکن است به

واسطه این رویکرد رخ بدهد، در دسته‌های زیر قرار می‌گیرند:

- ✓ تسخیر شدن در فرآیند تنظیم<sup>۲</sup>: رویکرد مذکور نیازمند این است که تنظیم‌کننده و تنظیم‌شونده<sup>۴</sup>، به ویژه

برای تضمین در فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز تنظیم‌کننده، با یکدیگر مشارکت داشته باشند. این

ارتباط نزدیک ممکن است به تسخیر شدن تنظیم‌کننده توسط تنظیم‌شونده 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 رویه‌ایست 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 پایایی سیستم کمک می‌کند. طرح تنبیه و تشویق به صورت مکانیکی عمل می‌کند. بنابراین کاهش در حوزه صلاح‌دید 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 ارزاتر است.

✓ تنظیم به واسطه قرارداد<sup>۴</sup>: دولت می‌تواند از قدرت خرید خود برای تعیین شرایط قراردادها با 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

نظام‌های نوآوری فناورانه<sup>۱</sup> به تحلیل گذار از منظر تغییرات نهادی، سازمانی، اقتصادی، سیاسی، و فنی پیرامون ظهور فناوری-های جدید می‌پردازد. این رویکرد بر پایه‌ی نظر کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) درباره نوآوری شکل گرفته است که مهمترین محرک‌های خلق، انتشار، و بهره‌برداری از نوآوری‌های فناورانه را در تعاملات نظام‌مند کنش‌گران، تحت زیرساخت‌های نهادی می‌داند. این برداشت از گسترش نوآوری فناورانه با الهام از تئوری بلوک‌های 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 فناوری‌های مشخص<sup>۵</sup> به جای تمرکز بر فناوری‌های عمومی و گسترده<sup>۶</sup>، تاکید بر وقوع نوآوری‌های بنیادین به‌عنوان محرک گذارهای اجتماعی-فنی به‌جای تاکید بر نوآوری فناورانه به‌عنوان ابزاری در ایجاد رشد اقتصادی، و توجه به فناوری‌های نوظهور (و غالباً پایدار) به‌جای توجه به سایر انواع فناوری، نمونه‌هایی از تغییرات و همگرایی‌هایی صورت گرفته در این حوزه است. علاوه بر این‌ها، شناسایی مجموعه‌ی فرایندهای لازم برای توسعه نوآوری تحت عنوان کارکردهای نظام نوآوری فناورانه، شناسایی مجموعه‌ی مکانیزم‌های اثرگذار بر شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه در قالب موانع و محرک-های توسعه، ارائه‌ی تحلیل‌های ساختاری در قالب نقش کنش‌گران، نهادها، و شبکه‌ها در شکل‌گیری نوآوری، گسترش مفهوم شکست‌های بازار و با ارائه‌ی تعریفی جدید تحت عنوان شکست‌های سیستمی<sup>۷</sup>، برقراری ارتباط و ایجاد سازگاری میان رویکردهای مختلف گذار (مانند رویکرد TIS و MLP) و ارائه‌ی رویکردهایی برای راهبردی شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه، نمونه‌هایی از بهبودهای صورت پذیرفته در رویکرد نظام‌های 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 مطالعه 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 حوزه اقتصادی/صنعتی خاص باهم در تعامل بوده، تحت مجموعه‌ای از زیرساخت‌های نهادهای 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 می‌گیرد. این فرض در سایر مدل‌های نظام نوآوری نیز مشابه است.
  - سیستم ماهیتی پویا دارد. بنابراین در نظر گرفتن بازخوردها برای بررسی روند شکل‌گیری این سیستم‌ها ضروری می‌باشد.
  - فرصت‌های فناورانه عملاً نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره‌برداری از فرصت‌های 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 محدودیت‌هایی از جنس توانایی‌ها و اطلاعات روبه‌رو هستند.
- در کنار رویکرد نظام نوآوری فناورانه، مفهوم بلوک‌های شایستگی<sup>۲</sup> قرار می‌گیرد. بلوک‌های شایستگی از جانب طرف تقاضا (محصول یا بازار) و به عنوان مجموع زیرساخت‌های لازم برای ساخت، انتخاب، تشخیص دادن، انتشار و بهره‌برداری از ایده‌های جدید در خوشه‌هایی از بنگاه‌ها تعریف می‌گردد. نمونه‌ای از تحلیل با این رویکرد را می‌توان در بلوک شایستگی برای نظام سلامت کشور سوئد جستجو نمود که در آن اجزای تشکیل‌دهنده نظام‌های نوآوری فناوری مختلف محصولات و فناوری‌های لازم بخش سلامت را تامین میکنند، به تصویر کشیده شده است.

## ۱-۷- شناخت کارکردی نظام نوآوری

نظام‌های نوآوری فناورانه را می‌توان به عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به کار برد ( Hekkert and Negro, 2009). از آنجایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان 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	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	توسعه دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	(Suurs and Hekkert, 2009; Suurs et al., 2010; Suurs et al., 2009)
ایجاد مشروعیت	تامین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	توسعه دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	(Van Alphen et al., 2009b)
مشروعیت‌بخشی	تامین و تخصیص منابع	ایجاد بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	خلق دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	(van Alphen et al., 2009a)
توسعه اثرات جانبی مثبت	مشروعیت‌بخشی	شکل‌دهی بازار	تأثیرگذاری بر جهت‌دهی تصمیمات		توسعه و انتشار دانش	آزمایش‌های کارآفرینی	(Bergek et al., 2008b; Jacobsson, 2008)
ایجاد مشروعیت/غلبه بر مقاومت در برابر تغییر	تامین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها	توسعه دانش	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	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها	توسعه دانش	فعالیت‌های کارآفرینی	(Negro et al., 2007)
	تامین مالی فرایند نوآوری	شکل‌دهی بازار	تامین حداقل‌های کیفی	شبکه‌سازی	تحقیق و توسعه		
	فعالیت‌های حمایتی	محصول جدید	ایجاد و تغییر ساختار صنعتی		مزیت‌سازی		
			ایجاد و تغییر قواعد		فراهم کردن خدمات مشاوره‌ای		(Edquist, 2005)



ایجاد دانش جدید	هدایت فرایند جستجو	هموار کردن شکل - گیری بازار	تامین منابع	هموار کردن ایجاد اثرات جانبی مثبت	(Jacobsson and Bergek, 2004)
اجرا	تحقیق	ارتباط	مصرف نهایی	آموزش	(Liu and White, 2001)
ایجاد و انتشار محصول جدید	انجام تحقیقات بازار	افزایش شبکه‌سازی	هدایت تکنولوژی	ایجاد بازار و انتشار دانش بازار	(Rickne, 2000b)
ایجاد و انتشار فرصت نوآورانه	هموارسازی تبادل دانش و اطلاعات	کاستن از عدم تعیین هدایت فرایند جستجو	ایجاد و شبیه‌سازی بازار تامین مشوق‌ها برای بنگاه‌ها	مشروعیت‌بخشی فناوری و بنگاه هموارسازی تامین مالی ایجاد بازار نیروی کار	(Johnson, 1998)
		شناسایی پتانسیل‌های توسعه		غلبه بر مقاومت در 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 به‌همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول ذیل ارائه شده است.

## جدول ۱ کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها برگرفته از ( Bergek et al., 2008; Hekkert and Negro, 2009; Suurs )

(et al., 2010)

شاخص	توصیف	کارکرد
فعالیت‌های کارآفرینی	شامل ترجمه‌ی دانش فنی موجود در زمینه‌ی یک فناوری خاص به زبان موقعیت‌های کاری جدید و انجام پروژه‌های عملیاتی و یا انجام فعالیت‌هایی با هدف اثبات مفید بودن فناوری نوظهور در محیط تجاری است.	تعداد و کیفیت پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی، حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده، تعداد نمایشگاه‌های فناوری برگزار شده، تعداد پروژه‌های نمایشی انجام شده
خلق دانش	دربرگیرنده‌ی فعالیت‌های یادگیری است که به‌طور عمده بر دانش فنی فناوری و به-میزان 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.	تعداد مقالات ISI منتشر شده، تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری، تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از فناوری، تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه‌ی بازار، تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده
انتشار دانش	دربرگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است با هدف پراکنده‌سازی <sup>۱</sup> و به‌اشتراک‌گذاری <sup>۲</sup> 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.	تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری، تعداد و اندازه شبکه‌های مشکل از بازیگران موجود در نظام فناوریانه، میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل‌کرده دانشگاهی با محوریت فناوری
جهت‌دهی به سیستم	اشاره به فعالیت‌هایی دارد که منجر به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری می‌گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود.	تعداد و اثربخشی قوانین مربوط به فناوری، استانداردهای تدوین شده، میزان شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی فناوری
شکل‌گیری بازار	شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه‌ی امتیازاتی منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری می‌گردد.	تعداد و حجم niche marques، تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری، تعداد و تنوع نهادهای تنظیم‌شده برای شکل‌دهی به بازار، میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه-گذاران، مرحله‌ی بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار
تأمین منابع	شامل تخصیص سرمایه‌های مالی، انسانی، مکمل و مواد مورد نیاز برای توسعه فناوری است. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره‌ی این کارکرد قرار می‌گیرد.	حجم کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه) و سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی، میزان دسترسی به نیروی انسانی فنی، میزان دسترسی به مواد اولیه، میزان توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری و محصولات و خدمات مکمل
مشروعیت‌بخشی	دربرگیرنده‌ی تمامی فعالیت‌ها با هدف غلبه بر مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری‌های کنونی از طریق تشویق صاحبان قدرت به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناوریانه است.	میزان هم‌گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناوریانه در حال توسعه، میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی فناوری و محصولات مربوط به آن، میزان رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری، میزان حمایت از فناوری در رسانه‌ها

همان طور که اشاره شد، نظام‌های نوآوری تکنولوژیک را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات تکنولوژیک به کار برد. دنبال کردن فرایندهای نوآوری و یا به‌تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به‌کارگیری نوآوری‌ها در عمل را به‌عنوان کارکرد اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد میکند. برای مطالعه‌ی 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 فعالیت‌های 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

<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.

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-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 فناوری، افزایش نرخ خروجی در تولید دانش، می‌تواند منجر به پدیداری گزینه‌های فناوری 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، می‌بایست از میان گزینه‌های مختلف فناورانه موجود دست به انتخاب زد. بدون انجام این کار، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه‌ی وسیعی از گزینه‌ها پراکنده شده و به هدر می‌رود. برای جلوگیری از هدررفتن منابع، کارکرد جهت‌دهی به جستجو در روند توسعه‌ی فناورانه تعریف می‌گردد.

کارکرد جهت‌دهی به جستجو، اشاره به فعالیت‌هایی دارد که منجر به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری می‌گردد. بنابراین، بدون وجود این کارکرد، تمام منابع موجود به هدر رفته و تمام گزینه‌های توسعه، ناموفق باقی می‌ماند. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود. این کارکرد می‌تواند توسط بازیگران مختلفی از جمله صنعت، دولت و بازار تحقق پیدا کند.

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

- هدف‌گذاری‌های انجام شده در زمینه فناوری
- استانداردهای تدوین شده در زمینه‌ی مطالعات و جهت‌دهی‌های مناسب
- قوانین وضع شده در زمینه‌ی فناوری (تسهیل‌گر، تنظیم‌گر، سیاست‌ها)
- حرکت‌های جمعی از سوی تعدادی از بازیگران در نتیجه‌ی شکل‌گیری برخی انتظارات و یا هنجارها
- نگاه‌های مثبت و یا منفی ایجاد شده در رابطه با سیستم یا بخشی از آن

### ه) شکل‌دهی به بازار

نیاید انتظار داشت که فناوری‌های نوظهور، توانایی رقابت با فناوری‌های موجود را داشته باشند. بنابراین، نیاز به ایجاد محیطی با هدف افزایش رقابت‌پذیری فناوری نوظهور احساس می‌شود. کارکرد شکل‌گیری بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه‌ی امتیازاتی منجر به ایجا تقاضا برای فناوری می‌گردد. با فعالیت‌های مختلفی می‌توان به تحقق این کارکرد کمک کرد:

- ایجاد مزیت رقابتی بوسیله سیاست‌های مالیاتی بر فناوری و صنایع رقیب
- کاهش هزینه‌های مصرف فناوری



- وضع آیین‌نامه‌ها و قواعد تنظیم‌کننده بازار در مورد فناوری
- معافیت‌های مالیاتی بر فناوری
- اعطای تسهیلات در صورت استفاده از فناوری
- تعیین حداقلی از سهم استفاده از فناوری
- اقدامات انجام‌شده برای بازاریابی محصولات تولیدشده از فناوری

### (و) بسیج منابع

دسترسی به منابع مورد نیاز، از ضرورت‌های توسعه نظام‌های نوآوری است. کارکرد تأمین منابع، به تخصیص سرمایه‌های مالی، انسانی، مکمل و مواد مورد نیاز برای توسعه فناوری می‌پردازد. فعالیت‌های مربوط به این کارکرد شامل انواع سرمایه‌گذاری‌ها و یارانه‌های تعلق گرفته به عوامل مختلف توسعه است. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره‌ی این کارکرد قرار می‌گیرد.

این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر موثر دیگری در توسعه فناوری، برآورده گردد. با افزایش سطح بلوغ فناوری نوظهور، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز نیز بیشتر گردد. نمونه‌ای از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

- کمک‌های بلاعوض دولتی (سوبسید) برای گسترش و نشر فناوری یا انجام فعالیت کارآفرینی
- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری
- تلاش‌های انجام گرفته برای تأمین مواد و قطعات موردنیاز
- تلاش‌های انجام گرفته برای آموزش نیروهای انسانی (علمی و مهارتی)

## ز) مشروعیت بخشی

ظهور یک فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری‌های کنونی همراه می‌شود. بنابراین، می‌بایست 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 می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان فناوری صورت می‌پذیرد. این کارکرد، به میزان زیادی با کارکرد جهت‌دهی 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، رسمیت‌بخشیدن 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. به‌طور خلاصه، کلیه زیرکارکردها را می‌توان در قالب جدول صفحه بعد به‌نمایش گذاشت:

جدول ۲- کارکردهای نظام نوآوری و شاخص‌های مربوطه

عامل	زیر عامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
فعالیت‌های کارآفرینانه	ایجاد فرصت‌های جدید	تعداد پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی	
		تعداد شرکت‌های ثبت شده در زمینه فناوری	
	نمایش فرصت‌های جدید	ورود شرکت‌های موجود به عرصه فناوری	
		حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده	
توسعه دانش	فنی	برگزاری نمایشگاه تکنولوژی	
		انجام پروژه‌های نمایشی	
	غیرفنی	تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی	
		تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی	
		تعداد سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی	
		اندازه‌ی سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی	
		تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از تکنولوژی	
		تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (Prototype)	
		تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه بازار	
		تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده	
انتشار دانش	فنی	تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)	
		تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری	
	غیرفنی	تعداد شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک	
		اندازه‌ی شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک	
جهت‌دهی به سیستم	غیررسمی (شکل‌گیری انتظارات)	میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی	
		تعداد گزارش‌های منتشر شده در رابطه با مطالعه بازار	
	رسمی (وضع نهادها)	تعداد مطالعات امکان‌سنجی منتشر شده	
		قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی	
جهت‌دهی به سیستم	غیررسمی (شکل‌گیری انتظارات)	استانداردهای تدوین شده	
		وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه‌ی تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند	
	رسمی (وضع نهادها)	شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه‌ی تکنولوژی یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی تکنولوژی)	
		شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی	
		رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر	
ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر			

عامل	زیر عامل	شاخص های کیفی	شاخص های کمی
شکل گیری بازار		سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی)	
		شکل گیری انتظاراتی درباره ی آینده ی تکنولوژی	
		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	
بسیج منابع	مالی		تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل دهی به بازار کمک های بلاعوض دولتی (یارانه)
			سرمایه گذاری های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
مشروعیت بخشی	انسانی	در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی مورد نظر	
	مواد	تأمین مواد اولیه ی مورد نیاز برای توسعه ی تکنولوژی از خارج از کشور	
	دارایی های مکمل	توسعه زیرساخت های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل	
		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		

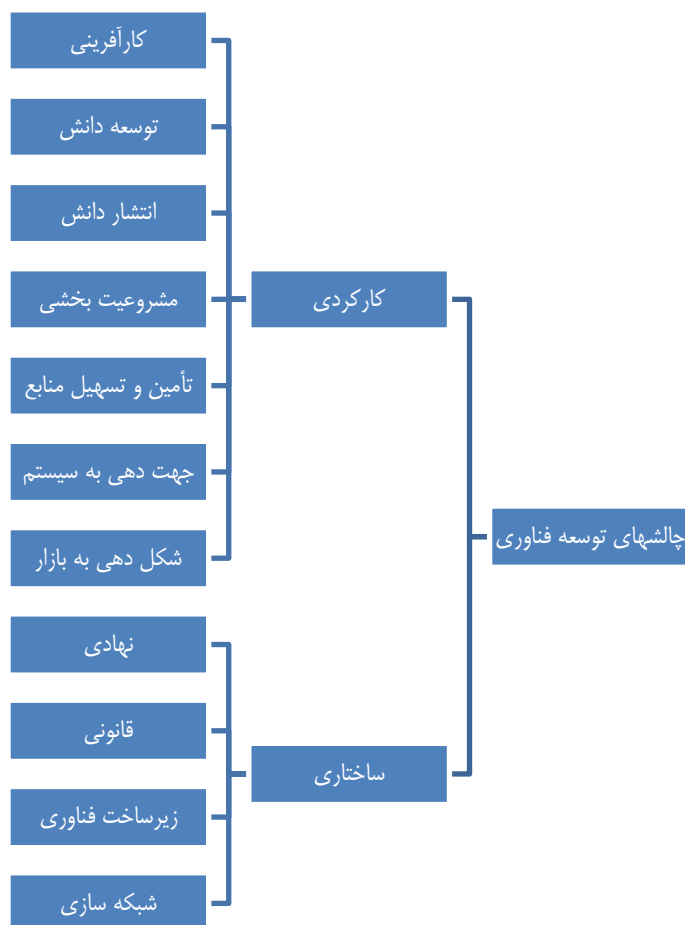
## فصل ۲- شناسایی چالش ها و موانع پیش روی توسعه حوزه افزایش عمر

### ۲-۱- مقدمه

در این بخش تلاش می‌شود به منظور دستیابی به چشم‌انداز و اهداف کلان، اقدامات و سیاست‌های پشتیبان تحقق ارکان جهت‌ساز تعیین شود. به منظور تدوین اقدامات سیاستی در گام نخست می‌بایست موانع و چالش‌های پیشروی این حوزه شناسایی شده و بر اساس آن اقدامات سیاستی لازم در جهت برطرف‌سازی موانع شناسایی شده ارائه شود..

### ۲-۲- شناسایی موانع و چالش‌ها

در بررسی چالش‌های توسعه، به طور کلی چالش‌ها در دو گروه کارکردی و ساختاری قرار می‌گیرند. چالش‌های کارکردی به ۷ دسته کارآفرینی، توسعه دانش، انتشار دانش، مشروعیت بخشی، تأمین و تسهیل منابع، جهت‌دهی به سیستم و شکل‌دهی به بازار و چالش‌های ساختاری به ۴ دسته نهادی، قانونی، زیر ساخت فناوری و شبکه سازی تقسیم می‌شوند. شکل ۲ طبقه‌بندی چالش‌های فناوری را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۱- طبقه‌بندی چالش‌های پیش روی توسعه فناوری

استفاده از طبقه‌بندی باعث سهولت و افزایش دقت در شناسایی چالش‌ها می‌شود. با استفاده از طبقه‌بندی فوق‌الذکر، مصاحبه‌ای با خبرگان انجام شد و پانزده چالش به عنوان چالش‌های اصلی پیش روی حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی شناسایی شدند. لیست خبرگان مورد مصاحبه قرار گرفته در جدول ذیل قابل مشاهده است.

جدول ۳- لیست خبرگان

اعضای کمیته راهبری
دکتر سید ابراهیم موسوی ترشیزی
مهندس محمد علی شکراللهی
مهندس محمود اخیانی
مهندس پرویز فردنیا

اعضای کمیته راهبری
مهندس مصطفی قلمچی
مهندس خسرو روشندل
مهندس محمد زمانی
مهندس علی محرمی

همانطور که ذکر شد ایشان پانزده چالش را به عنوان چالش‌های اصلی پیش روی حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی شناسائی کردند. مشروح این چالشها در جدول ذیل قابل مشاهده است.

جدول ۴- لیست موانع و چالش‌های اصلی حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

ردیف	لیست موانع و چالش‌های اصلی
۱	کمبود سیاستها، قوانین، مقررات و ضوابط اجرایی و استانداردها در این حوزه
۲	عدم وجود نظام آموزشی منسجم و کارآمد برای پرسنل نیروگاهها و شرکت های تعمیراتی
۳	ناکارآمدی نظام احراز صلاحیت حرفه ای افراد و شرکت های ارائه خدمات افزایش عمر
۴	کمبود منابع و مشوق‌های مالی
۵	عدم وجود زیرساختها و ثبات کافی در تامین خدمات مورد نیاز حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی
۶	عدم هماهنگی بازیگران حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی و تحلیل رفتن متولی این حوزه در توانیر
۷	دچار شدن به روزمرگی و عدم وجود تفکر درازمدت در برنامه‌ریزی‌ها
۸	وجود نگاه تولید محور و ظرفیت محور در میان مدیران و عدم وجود دید نقطه سر به سری و بازگشت سرمایه ای
۹	عدم وجود یا ناکارآمدی واحدهای R & D در این حوزه
۱۰	بکارگیری افراد فاقد صلاحیت لازم در نیروگاهها
۱۱	عدم رعایت مالکیت معنوی

ردیف	لیست موانع و چالش‌های اصلی
۱۲	عدم رعایت نقش دولت و بخش خصوصی در تعامل با یکدیگر
۱۳	عدم دنبال کردن فعالیتهای بر اساس یک نقشه راه کارآمد
۱۴	عدم حمایت ساختار یافته از بخش خصوصی در توسعه تکنولوژی فناوری های حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی
۱۵	عدم وجود یک مرکز متولی حوزه و ایفا نقش در مدیریت توسعه فناوری و تسهیل ارائه خدمات به این حوزه

چالش‌های ذکر شده در پنل خبرگان با حضور خبرگان ذکر شده در جدول ۴ مطرح شد. ایشان این پانزده چالش را ذیل ۵ چالش اصلی دسته‌بندی نمودند. همانطور که مشخص است ۳ چالش مربوط به چالش‌های کارکردی و ۲ چالش مربوط به چالش‌های ساختاری است. مهمترین چالش‌های پیش رو توسعه حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی، در جدول ۶ قابل مشاهده است.

#### جدول ۵- طبقه‌بندی چالش‌های پیش روی توسعه حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

طبقه‌بندی	چالش‌های اصلی توسعه حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی
نهادی	عدم هماهنگی بازیگران حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی و تحلیل رفتن متولی این حوزه در توانیر
تأمین و تسهیل منابع	کمبود منابع و مشوق‌های مالی
قانونی	کمبود قوانین، مقررات و استانداردها
زیرساخت فناوری	عدم وجود زیرساختها و ثبات کافی در تامین خدمات مورد نیاز حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی
انتشار دانش	کمبود آموزش‌های تخصصی

همانطور که در گزارش‌های قبل نیز اشاره شد، توسعه فناوری های افزایش عمر در نیروگاه های گازی و بخاری در اولویت قرار می گیرد. در ادامه وضعیت نیروگاه های گازی و بخاری در کشور مورد بررسی قرار می گیرد.



## فصل ۳- تدوین اقدامات و سیاستهای پشتیبان

### ۳-۱- مقدمه

برنامه اقدامات را می توان به دو دسته اقدامات فنی و اقدامات سیاستی تقسیم نمود. بر این اساس اقدامات فنی متناظر با پروژه-های توسعه ایدر نظر گرفته شده و اقدامات سیاستی متناظر با بحث برطرف سازی چالش های نظام نوآوری است.

### ۳-۲- اقدامات سیاستی

براساس چالش ها و موانع پیش روی مطرح شده در بخش قبل، لازم است مجموعه ای از سیاستها و اقدامات متناظر با آنها، تدوین شوند. به عبارت دیگر بسترسازی مناسب برای پیاده سازی راهبرد فناوری و جهت دهی مناسب انگیزه ها، ساختار، منابع، قوانین، بازیگران و روابط بین آنها ضرورتی انکارناپذیر برای تسهیل اجرای راهبردها و در نهایت تحقق اهداف می باشد. سیاست های مورد نیاز به منظور بسترسازی مناسب جهت رفع چالش های پیش روی این حوزه که با استفاده از نظرات خبرگان ذکر شده در بخش قبل پیشنهاد گردیده اند به شرح جدول ذیل می باشند.

جدول ۶- سیاست های پیشنهادی جهت مقابله با چالش های اصلی حوزه افزایش عمر

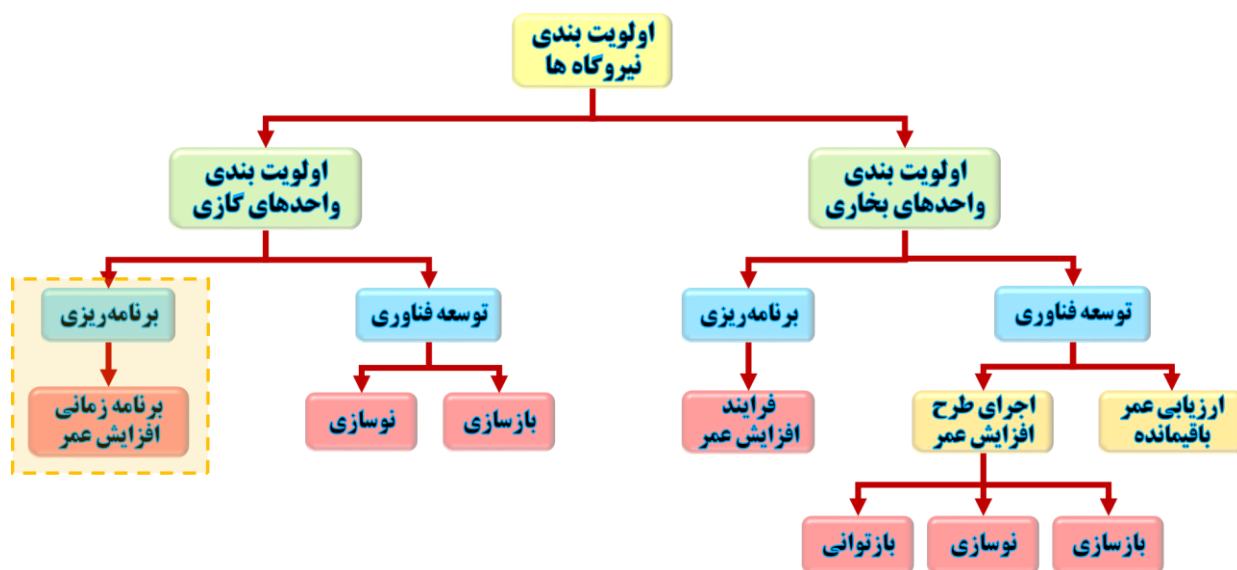
سیاست های پیشنهادی	هدف خرد	چالش های اصلی
✓ ایجاد یک مدیریت مستقل افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سطح وزارت نیرو جهت راهبری طرح های افزایش عمر با هماهنگی شرکت های توانیر، مدیریت شبکه، سازمان توسعه برق، انجمن صنفی نیروگاه های ایران (اصنا) و پژوهشگاه نیرو ✓ ایجاد ساختاری برای پایش مستمر و سنجش عمر باقیمانده نیروگاه ها و تعیین یک متولی مشخص	ایجاد متولی مشخص و هماهنگی بین بخش های مختلف	عدم هماهنگی بازیگران حوزه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی و تحلیل رفتن متولی این حوزه در توانیر
✓ جهت دهی منابع و اعتبارات پژوهشی وزارت نیرو در	رفع موانع مالی	کمبود منابع و مشوق های

سیاست‌های پیشنهادی	هدف خرد	چالش‌های اصلی
<p>جهت اجرای طرح‌های توسعه‌ای حوزه افزایش عمر</p> <p>✓ تعریف مشوق‌هایی برای نیروگاه‌های موجود به منظور پیاده‌سازی طرح‌های افزایش عمر، شامل اعطای وام‌های کم بهره، مشوق‌های مالیاتی</p> <p>✓ اعطای تسهیلات و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در اجرای طرح‌های جدید افزایش عمر برای بخش خصوصی و شرکت‌های دانش‌بنیان</p> <p>✓ جبران بخشی از ضررهای مالی ناشی از عدم تولید در حین اجرای طرح‌های افزایش عمر</p>		مالی
<p>✓ پیاده‌سازی استانداردهای مصوب راندمان نیروگاه‌ها</p> <p>✓ شناسایی پروژه‌های افزایش عمری که با اجرا و توسعه قوانین زیست محیطی الزام آور می‌شوند و ایجاد سازو کار حمایتی لازم</p> <p>✓ لزوم صدور مجوز مشروط بهره‌برداری به نیروگاه‌های با عمر بالا، در صورت تعهد این نیروگاه‌ها به اجرای طرح‌های افزایش عمر مورد نظر در یک بازه زمانی مشخص</p>	ایجاد قوانین و مقررات لازم	کمبود قوانین، مقررات و استانداردها
<p>✓ برخورد با موضوع افزایش عمر تولید به طور یکسان و همتراز با موضوعاتی چون انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت مصرف برای حمایت مالی</p> <p>✓ اطلاع رسانی عمومی در مورد اینکه افزایش عمر نیروگاه‌های فسیلی از نظر کاهش آلاینده‌ها همتراز با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است.</p> <p>✓ ارائه پیام‌های روشن و اجرایی از سوی دولت به سرمایه‌گذاران و صاحبان نیروگاه‌ها در زمینه افزایش عمر از جمله تدوین و ابلاغ سند افزایش عمر و اهمیت نقش افزایش عمر نیروگاه‌ها در کاهش مصرف سوخت کشور و بهبود شرایط زیست‌محیطی</p>	ترویج اهمیت مقوله افزایش عمر	عدم توجه کافی به مقوله افزایش عمر
<p>✓ تعیین الزامات حرفه‌ای برای پرسنل بهره‌برداری نیروگاه‌ها</p>	توسعه آموزش‌های	کمبود آموزش‌های تخصصی

سیاست‌های پیشنهادی	هدف خرد	چالش‌های اصلی
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ برگزاری دوره‌های آموزشی افزایش عمر در مراکز تخصصی فعال در این حوزه</li> <li>✓ به اشتراک گذاری بهترین تجربیات و الگوهای عملکردی بین مدیران نیروگاهها</li> </ul>	تخصصی	

### ۳-۳- اقدامات فنی

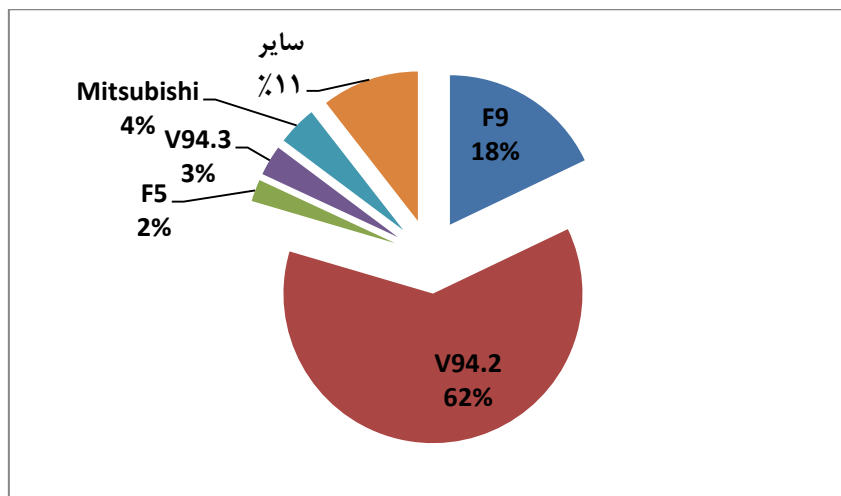
#### ۳-۳-۱- اقدامات فنی افزایش عمر نیروگاه های گازی



شکل ۳-۱ فرایند اولویت بندی نیروگاه های گازی

با توجه به مطالب ارائه شده در مورد سن واحدهای گازی و نیز ظرفیت تولید این واحدها در فاز سوم این پروژه، مشخص گردید

که واحدهای گازی V94.2 و F9 در اولویت طرح‌های افزایش عمر قرار دارند.



شکل ۲-۳ توزیع تولید ناویژه واحدهای گازی بر اساس تیپ واحد در سال ۱۳۹۲

جدول زیر تعداد واحدهای V94.2 و F9 و سال بازنشستگی هرواحد در کشور را طی ده سال آینده نشان می دهد.

جدول ۷ تعداد کل واحدهای بازنشسته

سال بازنشستگی	نیروگاه	واحد	توان	نوع توربین	F9 (تعداد)	V94.2 (تعداد)
بازنشستگی در زمان صفر	سلیمی	11	137.5	V94.2	13	7
	سلیمی	12	137.5	V94.2		
	چرخه ترکیبی گیلان	2	143.2	V94.2		
	چرخه ترکیبی منتظر قائم	1	116.3	F9		
	چرخه ترکیبی گیلان	3	143.2	V94.2		
	چرخه ترکیبی منتظر قائم	2	116.3	F9		
	چرخه ترکیبی گیلان	4	143.2	V94.2		
	چرخه ترکیبی گیلان	5	143.2	V94.2		
	چرخه ترکیبی منتظر قائم	3	116.3	F9		
	چرخه ترکیبی گیلان	6	143.2	V94.2		
	چرخه ترکیبی منتظر قائم	4	116.3	F9		
	چرخه ترکیبی منتظر قائم	5	116.3	F9		
	چرخه ترکیبی منتظر قائم	6	116.3	F9		
	چرخه ترکیبی رجائی	1	123.8	F9		

سال بازنشستگی	نیروگاه	واحد	توان	نوع توربین	F۹ (تعداد)	V۹۴.۲ (تعداد)
	چرخه ترکیبی رجائی	2	123.8	F9		
	چرخه ترکیبی رجائی	3	123.8	F9		
	چرخه ترکیبی رجائی	4	123.8	F9		
	چرخه ترکیبی رجائی	5	123.8	F9		
	چرخه ترکیبی شریعتی	7	123.4	F9		
	چرخه ترکیبی شریعتی	8	123.4	F9		
1394	چرخه ترکیبی فارس	1	123.4	F9	6	0
	چرخه ترکیبی فارس	2	123.4	F9		
	چرخه ترکیبی رجائی	6	123.8	F9		
	چرخه ترکیبی فارس	3	123.4	F9		
	چرخه ترکیبی فارس	4	123.4	F9		
	چرخه ترکیبی فارس	5	123.4	F9		
1395	چرخه ترکیبی نیشابور	1	123.4	F9	4	0
	چرخه ترکیبی نیشابور	2	123.4	F9		
	چرخه ترکیبی نیشابور	3	123.4	F9		
	چرخه ترکیبی نیشابور	4	123.4	F9		
1396	چرخه ترکیبی خوی	1	123.4	F9	3	0
	شیراز	6	123.4	F9		
	خوی	2	123.4	F9		
1397	چرخه ترکیبی نیشابور	6	123.4	F9	2	0
	چرخه ترکیبی نیشابور	5	123.4	F9		
1399	چرخه ترکیبی یزد	3	123.4	F9	2	0
	چرخه ترکیبی یزد	4	123.4	F9		
1400.00	کرمان	1	159.0	V94.2	0	5
	کرمان	2	159.0	V94.2		
	کرمان	3	159.0	V94.2		
	کرمان	4	159.0	V94.2		
	کرمان	5	159.0	V94.2		
1401	کرمان	16	159.0	V94.2	2	5
	کازرون	13	159.0	V94.2		
	کازرون	14	159.0	V94.2		
	کرمان	17	159.0	V94.2		
	کرمان	18	159.0	V94.2		

سال بازنشستگی	نیروگاه	واحد	توان	نوع توربین	F9 (تعداد)	V94.2 (تعداد)
	آبادان	11	123.4	F9		
	آبادان	12	123.4	F9		
	آبادان	13	123.4	F9		
1402	کازرون	15	159.0	V94.2	2	5
	آبادان	14	123.4	F9		
	کازرون	16	159.0	V94.2		
	دماوند	16	159.0	V94.2		
	دماوند	15	159.0	V94.2		
	دماوند	14	159.0	V94.2		
	دماوند	13	159.0	V94.2		
1403	دماوند	12	159.0	V94.2	0	7
	دماوند	11	159.0	V94.2		
	دماوند	17	159.0	V94.2		
	دماوند	18	159.0	V94.2		
	دماوند	19	159.0	V94.2		
	دماوند	20	159.0	V94.2		
	دماوند	21	159.0	V94.2		
1404	دماوند	22	160.0	V94.2	0	10
	جنوب اصفهان	11	159.0	V94.2		
	جنوب اصفهان	12	159.0	V94.2		
	سنندج	11	159.0	V94.2		
	جنوب اصفهان	13	159.0	V94.2		
	جنوب اصفهان	14	159.0	V94.2		
	سنندج	12	159.0	V94.2		
	شیروان	11	159.0	V94.2		
	جنوب اصفهان	15	159.0	V94.2		

در ادامه بر اساس وضعیت نیروگاه های گازی در کشور، اقدامات فنی در راستای افزایش عمر واحدهای F9 و واحدهای V94.2 آورده شده است.

با توجه به بررسی‌های انجام شده از طریق مصاحبه با خبرگان (مصاحبه با خبرگان و مدیران شرکت مپنا و شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران) مشخص گردید که توان کشور در افزایش عمر واحدهای F9 تعداد ۷ واحد در سال و واحدهای V94.2 تعداد ۱۱ واحد در سال است، بر این اساس پروژه‌های مورد نیاز به صورت جدول ذیل تعریف می‌گردد.

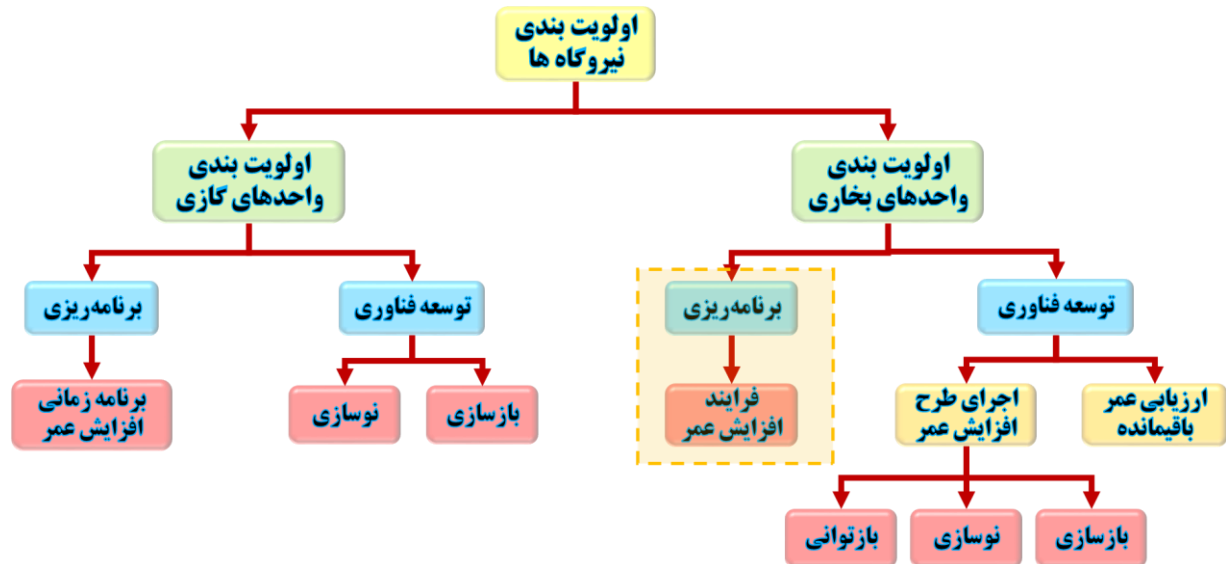
جدول ۸- اقدامات فنی و پروژه‌های مورد نیاز جهت افزایش عمر نیروگاه‌های گازی

پروژه‌ها	اقدامات فنی	ردیف
<ul style="list-style-type: none"> <li>• سال ۰</li> <li>○ واحد V94.2 ۷</li> <li>• سال ۱</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۲</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۳</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۴</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۵</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۶</li> <li>○ واحد V94.2 ۵</li> <li>• سال ۷</li> <li>○ واحد V94.2 ۵</li> <li>• سال ۸</li> <li>○ واحد V94.2 ۵</li> <li>• سال ۹</li> <li>○ واحد V94.2 ۷</li> <li>• سال ۱۰</li> <li>○ واحد V94.2 ۱۰</li> </ul>	افزایش عمر واحدهای V94.2	۱
<ul style="list-style-type: none"> <li>• سال ۰</li> </ul>	افزایش عمر واحدهای F9	۲

پروژه ها	اقدامات فنی	ردیف
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>● سال ۱</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>● سال ۲</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>● سال ۳</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>● سال ۴</li> <li>○ صفر</li> <li>● سال ۵</li> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>● سال ۶</li> <li>○ صفر</li> <li>● سال ۷</li> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>● سال ۸</li> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>● سال ۹</li> <li>○ صفر</li> <li>● سال ۱۰</li> <li>○ صفر</li> </ul>		



### ۳-۳-۲- فرایند افزایش عمر نیروگاه های بخاری



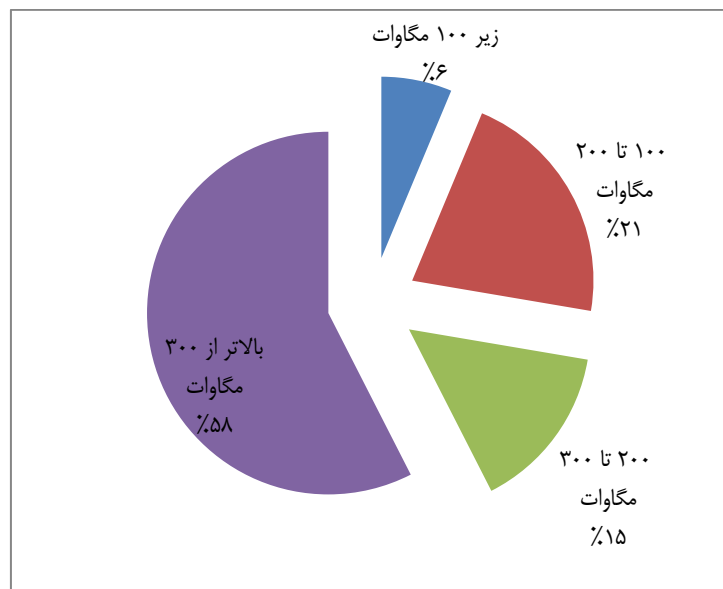
شکل ۳-۳ فرایند اولویت بندی نیروگاه های بخاری

همانطور که در گزارش فاز سوم این پروژه تشریح گردید، واحدهای بخاری از جمله اولین واحدهای نصب شده در کشور هستند. با توجه به آمار تفصیلی توانیر در سال ۱۳۹۲ نیروگاههای بخار و اولویت بندی های انجام شده در آن فاز مشخص گردید که خلاصه نتایج آن در ادامه اشاره شده است.

جدول ۹ توزیع ظرفیت نیروگاههای بخاری بالای ۲۰ سال

مجموع ظرفیت	نام نیروگاه	
۵۵۲,۵	طرشت (۴ واحد)، بعثت (۳ واحد)، اسلام آباد (۳۷,۵*۲)، زرنند (۲ واحد)، مشهد (۲ واحد)	نیروگاههای کوچکتر و مساوی ۱۰۰ مگاوات
۱۸۷۵,۹۴	منتظر قائم (۴ واحد)، لوشان (۲ واحد)، اصفهان (۱۲۰*۱)، زرگان (۲ واحد)، توس (۴ واحد)	نیروگاههای بزرگتر از ۱۰۰ مگاوات و کوچکتر از ۲۰۰ مگاوات
۱۳۰۰	منتظری (۴ واحد)، رجائی (۲ واحد)	نیروگاههای بزرگتر یا مساوی ۲۰۰ مگاوات و کوچکتر از ۳۰۰ مگاوات
۵۰۴۶	رامین (۳۱۵*۲)، نکا (۴ واحد)، بندرعباس (۴ واحد)، اصفهان (۳۲۰*۲)، تبریز (۲ واحد)	نیروگاههای بزرگتر از ۳۰۰ مگاوات
۸۷۷۴,۴۴	-	جمع

همانطور که در این جدول ملاحظه می گردد، بیشترین فراوانی در میان واحدهای بخاری با عمر بالای ۲۰ سال مربوط به نیروگاههای با ظرفیت بالاتر از ۳۰۰ مگاوات و پس از آن واحدهای با ظرفیت بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ مگاوات می باشد. همچنین دیده می شود که سهم واحدهای زیر ۱۰۰ مگاوات در حدود ۶ درصد از ظرفیت واحدهای مذکور می باشد که می توان واحدهای مذکور را از اولویت مطالعه خارج نمود. شکل ذیل توزیع ظرفیت واحدهای بخاری با عمر بالاتر از ۲۰ سال را نشان می دهد.



شکل ۳-۴ توزیع ظرفیت واحدهای بخاری با عمر بالاتر

با توجه به گستردگی و تنوع بالای واحدهای بخاری، وابستگی زمان و هزینه افزایش عمر نیروگاه به تاریخچه تعمیرات و نگهداری و نتایج آزمونهای عمر سنجی اجزاء و قطعات نیروگاه و ... نمی توان برای واحدهای بخار همانند واحدهای گازی برنامه زمانی اجرای طرحهای افزایش عمر ارائه نمود. زیرا همانطور که گفته شد، نتایج آزمونهای عمر سنجی نه تنها نیروگاه به نیروگاه متفاوت است، بلکه قطعه به قطعه درون یک نیروگاه نیز ممکن است متفاوت باشد و اساسا این نیروگاهها مانند نیروگاههای گازی تیپیک و مشخص نمی باشند. بنابراین در این بخش سعی می شود فرایندی استاندارد برای مراحل مختلف افزایش عمر واحدهای بخاری از طرح ریزی تا اجرای افزایش عمر معرفی گردد. این فرایند بر اساس فرایند ارائه شده در یکی از گزارشات مؤسسه EPRI استخراج

گردیده است. فرایند افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی مورد تأیید اعضای محترم کمیته راهبری در قالب شکل ذیل نمایش داده شده است.



شکل ۳-۵ فرایند افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

همانگونه که در شکل مربوط به این فرایند مشاهده می گردد، این فرایند مدلی ساختار یافته را در چند سطح ارائه می نماید. تمام ابعاد و پارامترهای دخیل در افزایش عمر و روابط حاکم بین آنها در این فرایند در نظر گرفته شده است. هر یک از بخش های این فرایند (بخش های I تا XVI) دارای زیر بخش های متعددی می باشند. همانگونه که مشاهده می شود این فرایند ۴ سطح (یا بخش) تفکیک شده را ارائه می دهد که از "موضوعات و مسائل برنامه ریزی شرکت و سیستم" تا "مسایل و موضوعات نوسازی و پسا نوسازی" را در بر می گیرد. پرداختن به مسائل و موضوعات نوسازی و پسا نوسازی در محدوده کاری مطالعه حاضر قرار نمی گیرد و بر همین اساس پروژه حاضر سطوح "موضوعات و مسائل برنامه ریزی شرکت و سیستم"، "برنامه ریزی تخمین عمر" و "اجرای افزایش عمر" را مورد مطالعه و بررسی قرار می دهد.

## فصل ۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کلی گزارش

در این گزارش به عنوان فاز چهارم از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور، 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 فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور 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. روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های 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
۲-۲- تدوین نقشه راه توسعه فناوریهای افزایش عمر نیروگاههای قدیمی کشور .....	۵
۱-۲- مقدمه .....	۵
۲-۲- تعیین زمان و هزینه اجرای اقدامات فنی نیروگاه های گازی .....	۵
۳-۲- تعیین زمان و هزینه اجرای اقدامات فنی نیروگاه های بخاری .....	۷
۴-۲- رهنگاشت توسعه فناوریهای افزایش عمر نیروگاههای قدیمی کشور .....	۱۲
۵-۲- نحوه تقسیم کار ملی .....	۱۵
۶-۲- تعیین نهادهای مجری طرحها .....	۱۶
۷-۲- شناسنامه طرحهای افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی .....	۱۹
۳-جمع بندی و نتیجه گیری کلی گزارش .....	۲۸
مراجع .....	۳۶



### فهرست شکلها

- شکل ۱ ره نگاشت افزایش عمر واحدهای F9 و V94.2 ..... ۱۳
- شکل ۲ ره نگاشت افزایش عمر واحدهای بخاری ..... ۱۴
- شکل ۳ ساختار اجرایی در سطح ملی ..... ۱۵

## فهرست جداول

جدول ۱ مدت زمان و بودجه مورد نیاز پروژه های افزایش عمر نیروگاه های گازی..... ۵

جدول ۲ مدت زمان و بودجه مورد نیاز پروژه های افزایش عمر نیروگاه های بخاری..... ۷

جدول ۳ نهادهای مجری طرح های افزایش عمر واحدهای گازی..... ۱۶

جدول ۴ نهادهای مجری طرح های افزایش عمر واحدهای بخاری..... ۱۸

## 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 رهنماست ذی‌نفع‌اند، مانند نمایندگان دولت، صنعت، دانشگاه و سازمان‌های مردم‌نهاد.
- اجرا: فرآیند عملیاتی کردن رهنماست 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 رهنماست بسته به نوع سندی که تدوین می‌شود تغییر می‌کند. برای رهنماست‌های 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 به معنی 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 های افزایش عمر نیروگاه های قدیمی کشور

### ۲-۱- مقدمه

همانطور که در گزارش فاز چهارم این پروژه تشریح گردید، لیست اقدامات فنی و پروژه ها جهت افزایش عمر نیروگاه های گازی و بخاری مشخص گردید. حال می بایست پس از مشخص شدن اقدامات فنی، زمان، هزینه و مجریان پیشنهادی هر یک از پروژه ها را مشخص نمود. در ادامه هر یک از این مباحث مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

### ۲-۲- تعیین زمان و هزینه اجرای اقدامات فنی نیروگاه های گازی

جدول ذیل زمان و بودجه مورد نیاز پروژه های افزایش عمر در نیروگاه های گازی شامل واحدهای V94,2 و واحدهای F9 را بیان می کند.

لازم به ذکر است بودجه مورد نیاز برای هر واحد توربین V94-2 برابر ۱۰,۵ میلیون دلار و برای هر واحد توربین F9 برابر ۶ میلیون دلار می باشد. این هزینه پروژه ها بر اساس قیمت های اعلامی دو شرکت مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران و تأیید اعضای محترم کمیته راهبری بدست آمده است.

جدول ۱ مدت زمان و بودجه مورد نیاز پروژه های افزایش عمر نیروگاه های گازی

ردیف	اقدامات فنی	پروژه ها	بودجه (میلیون دلار)
۱	افزایش عمر واحدهای V94.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سال ۹۴</li> <li>○ واحد ۷ V94.2</li> <li>• سال ۹۵</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۹۶</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۹۷</li> <li>○ صفر</li> </ul>	۴۰۹,۵

بودجه (میلیون دلار)	پروژه ها	اقدامات فنی	ردیف
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سال ۹۸</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۹۹</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۰۰</li> <li>○ ۵ واحد V94.2</li> <li>• سال ۰۱</li> <li>○ ۵ واحد V94.2</li> <li>• سال ۰۲</li> <li>○ ۵ واحد V94.2</li> <li>• سال ۰۳</li> <li>○ ۷ واحد V94.2</li> <li>• سال ۰۴</li> <li>○ ۱۰ واحد V94.2</li> </ul>		
۲۰۴	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سال ۹۴</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>• سال ۹۵</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>• سال ۹۶</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>• سال ۹۷</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>• سال ۹۸</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۹۹</li> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>• سال ۰۰</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۰۱</li> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>• سال ۰۲</li> </ul>	افزایش عمر واحدهای F9	۲



ردیف	اقدامات فنی	پروژه ها	بودجه (میلیون دلار)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>● سال ۰۳</li> <li>○ صفر</li> <li>● سال ۰۴</li> <li>○ صفر</li> </ul>	

## ۲-۳- تعیین زمان و هزینه اجرای اقدامات فنی نیروگاه های بخاری

جدول ذیل زمان و بودجه مورد نیاز جهت فرایند مراحل مختلف افزایش عمر واحدهای بخاری از طرح ریزی تا اجرای افزایش عمر را بیان می کند. با توجه به اینکه واحدهای نیروگاه های بخاری تفاوت های زیادی با یکدیگر دارند، نمی توان زمان مشخصی برای فرایند افزایش عمر که قابل استفاده برای تمامی واحدها باشد، مشخص نمود و هر واحد بسته به تاریخچه بهره برداری، نوع اجزاء، مکانیزم های شکست و یا خرابی، درجه خرابی فعلی، نرخ افزایش خرابی و ... زمان متفاوتی برای افزایش عمر نیاز دارد. همچنین بودجه تخمینی مورد نیاز برای هر یک از پروژه ها بر اساس تجربیات قبلی تیم پروژه، نظرات اعضای محترم کمیته راهبری و نظرات شرکت های مپنا و تعمیرات نیروگاهی در زمینه افزایش عمر نیروگاه های بخاری برآورد شده است. همچنین تقدم و تأخر اجرای طرح ها، به ترتیبی که در جداول ذیل شماره گذاری و ارائه شده است می باشد.

طرح ۱: بررسی موضوعات و مسائل برنامه ریزی

جدول ۲ مدت زمان و بودجه مورد نیاز پروژه های افزایش عمر نیروگاه های بخاری

بودجه مورد نیاز (میلیون ریال)	پروژه
۱۰۰۰	پروژه ۱-۱: استخراج و تحلیل مسایل و موضوعات سیستم (بخش I)

بودجه مورد نیاز (میلیون ریال)	پروژه
	<p><b>فلوچارت، شکل ۱-۲)</b></p> <p>۱. فرموله کردن (یا تایید کردن) اینکه کدام گروه‌ها یا پارامترها<sup>۱</sup> در سودمندی فعالیت‌های افزایش طول عمر نقش ایفا می‌کنند.</p> <p>۲. انجام دادن (یا مرور کردن) اهداف یکپارچه‌سازی برای افزایش عمر.</p> <p>۱-۲ تعیین عوامل افزایش طول عمر</p> <p>۲-۲ انتخاب زمان‌بندی برنامه افزایش طول عمر، به عنوان برنامه نهایی<sup>۲</sup> و یا مرحله‌ای<sup>۳</sup></p> <p>۳-۲ در نظر گرفتن اینکه آیا ارتقا<sup>۴</sup> تجهیزات می‌تواند بخشی از پروسه افزایش عمر باشد یا خیر.</p> <p>۴-۲ تعیین اینکه چه مقداری از اهداف برنامه افزایش عمر باید بر روی ویژگی‌های اصلی کارایی سیستم تمرکز کند؛ شامل دسترسی، نرخ حرارت، قابلیت اطمینان و سیکل.</p> <p>۵-۲ بررسی اینکه چطور برنامه‌های افزایش عمر با طرح تولید برق سیستم به طور یکپارچه عمل نمایند.</p> <p>۶-۲ تعیین الویت‌ها<sup>۵</sup> برای عمر مورد نظر تجهیزات نوسازی شده<sup>۶</sup></p> <p>۷-۲ در نظر گرفتن هزینه تمامی اجزا به عنوان بخشی از برنامه افزایش طول عمر</p> <p>۸-۲ تعیین تمامی اهداف محیط زیستی<sup>۷</sup> که باید در برنامه افزایش عمر لحاظ گردد.</p> <p>۹-۲ لحاظ کردن سایر اهداف با توجه به نیازهای خاص سودآوری</p> <p>۳. انتخاب ضوابط برای رتبه‌بندی واحدها و تعیین واحدهای مطلوب برای ملاحظات افزایش طول عمر</p> <p>۴. مرور برنامه‌های قبلی افزایش طول عمر و بررسی دقیق موفقیت‌ها و قابلیت‌های اجرایی آن‌ها</p> <p>۵. پیاده‌سازی اهداف، زمان‌بندی و منابع قابل دسترسی برای مطالعه طرح اولیه و اصلاح طرح برنامه</p> <p>۶. مرور سیستم‌های اطلاعاتی و برنامه‌های اولیه برای حصول اطمینان از اینکه</p>

<sup>1</sup> Individuals

<sup>2</sup> Front-end

<sup>3</sup> Phased Approached

<sup>4</sup> Uprating

<sup>5</sup> Preferences

<sup>6</sup> Refurbished

<sup>7</sup> Environmental

بودجه مورد نیاز (میلیون ریال)	پروژه
	سیستم‌های کافی برای اجرای برنامه‌های آتی افزایش عمر در دسترس می‌باشد. ۷. مشخص کردن گزینه‌های کنترل زیست محیطی ۸. فاکتورهای آنالین به عنوان بخشی از مطالعه طرح اولیه و یا مرور برنامه باید لحاظ گردد.
۵۰۰	پروژه ۱-۲: گردآوری اطلاعات سیستم (بخش ii فلوجارت، شکل ۱-۲) ۹. جمع‌آوری اطلاعات بازدهی و هزینه از واحدهای تولید برق موجود ۱۰. گردآوری اطلاعات هزینه‌ها، موجودی سیستم، نیازها و بازدهی ۱۱. یکپارچه‌سازی داده‌های قبلی و اطلاعات موجود برای دستیابی به آگاهی از افزایش عمر و پیش‌بینی سیستم آینده و فعالیت‌های مورد نیاز
۲۵۰	پروژه ۱-۳: مزایای افزایش عمر (بخش iii فلوجارت، شکل ۱-۲) ۱۲. تعیین مزایای افزایش طول عمر برای یک سیستم و یا یک نیروگاه مشخص، مربوط به اهداف برنامه افزایش طول عمر
۲۵۰	پروژه ۱-۴: هزینه‌های افزایش عمر (باکس iv فلوجارت، شکل ۱-۲) ۱۳. تعیین کردن اطلاعات مربوط به مقدار هزینه‌ها که برای مطالعات طراحی اولیه مورد نیاز خواهد بود. همچنین تعیین کلیه هزینه‌های برنامه افزایش طول عمر.
۲۵۰	پروژه ۱-۵: طرح ریزی برنامه افزایش طول عمر (بخش v فلوجارت، شکل ۱-۲) ۱۴. آماده‌سازی مطالعات طرح‌ریزی اولیه یا مرور طرح برنامه، شامل رتبه‌بندی واحدها، تخمین هزینه و برنامه.
۲۵۰	پروژه ۱-۶: ریسک‌ها و سایر ملاحظات ۱۵. محاسبه ریسک‌ها و عوامل عدم قطعیت برنامه افزایش عمر ۱۶. لیست کردن اقدامات لازم برای مرور اولیه برنامه بعدی

طرح ۲: برنامه ریزی تخمین عمر

۱۰۰۰	پروژه ۱-۲: گردآوری داده‌های نیروگاه (بخش vii فلوجارت، شکل ۱-۳)
------	--

	<p>۱۷. لیست کردن تمامی سیستم‌های اصلی در نیروگاه و تقسیم آن‌ها به اجزا<sup>۱</sup></p> <p>۱۸. محاسبه شرایط قبلی و فعلی واحد و اجزای کلیدی آن، و نیز بررسی ویژگی‌های عملیاتی فعلی با استفاده از داده‌های نیروگاه</p>
۲۵۰	<p>پروژه ۲-۲: سایر منابع اطلاعات تجهیزات (بخش viii فلوجارت، شکل ۱-۳)</p> <p>۱۹. بررسی سایر منابع اطلاعات تجهیزات با رکوردهای ثبت شده در هنگام نیاز</p>
۲۵۰	<p>پروژه ۲-۳: رویه رتبه‌بندی تجهیزات (بخش ix فلوجارت، شکل ۱-۳)</p> <p>۲۰. انتخاب یک رویه رتبه‌بندی تجهیزات</p>
۲۵۰	<p>پروژه ۲-۴: اولویت تجهیزات (بخش x فلوجارت، شکل ۱-۳)</p> <p>۲۱. تدوین اولویت اولیه تجهیزات</p>
۵۰۰	<p>پروژه ۲-۵: برنامه زمانی و هزینه اولیه نیروگاه (بخش xi فلوجارت، شکل ۱-۳)</p> <p>۲۲. تدوین برنامه اولیه و هزینه‌های پروژه برای افزایش طول عمر واحد و استفاده از اطلاعات برای اصلاح برنامه یکپارچه‌سازی تا حد نیاز.</p>

طرح ۳: اجرای افزایش عمر

۱۰۰۰	<p>پروژه ۱-۳: تعیین عوامل موردنیاز برای روند ارزیابی تخمین عمر نیروگاه</p> <p>۲۳. تعیین نوع اجزا</p> <p>۲۴. تعیین مواد به کار رفته در تجهیزات</p> <p>۲۵. تعیین رژیم‌های عملیاتی</p> <p>۲۶. تعیین مکانیزم‌های شکست و یا خرابی</p> <p>۲۷. استخراج سابقه خرابی</p> <p>۲۸. مشخص نمودن زمان‌های تعمیر</p> <p>۲۹. مشخص نمودن هزینه‌های نوسازی</p> <p>۳۰. تعیین درجه خرابی فعلی در اجزا</p> <p>۳۱. تعیین نرخ افزایش خرابی</p> <p>۳۲. تعیین درجه خرابی لازم برای شکست</p> <p>۳۳. استخراج مکانیزم‌های خرابی اجزا و تحلیل تفاوت‌های احتمالی با جدول زیر:</p> <p>خرابی می‌تواند بر اثر عواملی نظیر فرسایش<sup>۱</sup>، خوردگی<sup>۲</sup>، خستگی<sup>۳</sup>، خزش<sup>۴</sup>، ساییدگی<sup>۵</sup> و شکست دی الکتریک<sup>۶</sup> اتفاق بیافتد. مکانیزم شکست بر اثر تاثیر عوامل مختلف بر روی اجزا در جدول زیر آورده شده</p>
------	---

اجزا	است.				
	مکانیزم خرابی				
	خزش	خستگی	فرسایش	شکست دی الکتریک	ساییدگی
ژنراتور بخار					
درام ها		✓			✓
هدر های سوپر هیت	✓	✓			✓
هدر های گرمایش مجدد	✓	✓			✓
هدر های واتروال		✓			✓
هدر داخلی اقتصادی		✓			✓
لوله های انتقال گاز کوره بلند		✓			✓
پایپینگ اصلی	✓	✓			
پایپینگ گرمایش مجدد	✓	✓			
لوله گذاری سوپر هیت	✓	✓	✓		✓
لوله گذاری گرمایش مجدد	✓	✓	✓		✓
لوله گذاری واتروال		✓	✓		✓
داکت			✓		✓
تسریع کننده <sup>۷</sup>			✓		✓
توربین					
روتور	✓	✓			
پوسته	✓	✓			
محفظه بخار <sup>۸</sup>	✓	✓	✓		
کیسپینگ	✓	✓			✓
پره ها		✓	✓		✓
ژنراتور					
روتور		✓			
سیم بیچ های استاتور		✓	✓		
عایق			✓		✓
رینگ ضامن					✓
بالانس نیروگاه					
اجزای ورود و تخلیه			✓		✓
ساختارهای فولادی					✓
خطوط ذخیره <sup>۹</sup>					✓
ترانسفورمورهای اصلی ساکنس					✓

1 Erosion

2 Corrosion

3 Fatigue

4 Creep

5 Wear

6 Dielectric Breakdown

7 Precipitator

8 Steam Chest

9 Stack Liners

کندانسور	✓	✓		
هیترهای فیدواتر	✓	✓		
دستگاه ها و کنترل ها			✓	✓
چرخ دنده کمکی			✓	✓

## ۲-۴- رهنگاشت توسعه فناوری های افزایش عمر نیروگاه های قدیمی کشور

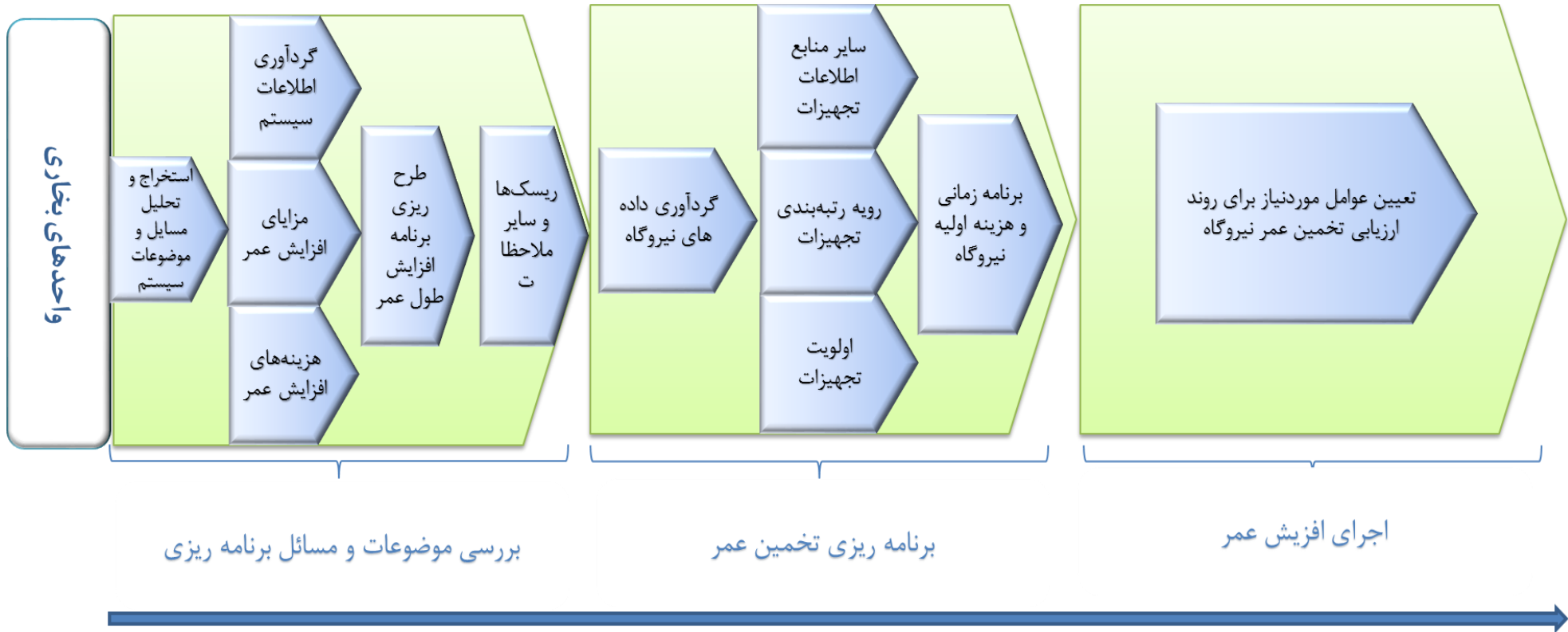
همانطور که ذکر شد رهنگاشت فناوری نمای تصویرری از زمان بندی و بودجه بندی طرح های توسعه فناوری است به طوری که در بازه زمانی مشخص به اهداف طراحی شده دست یابیم. بنابراین با توجه به نظرات اعضای محترم کمیته راهبری، نقشه راه افزایش عمر نیروگاه های گازی در واحدهای V94.2، F9 و نیروگاه های بخاری تهیه گردید که در ادامه آورده شده است.

لازم به ذکر است، همانطور که پیشتر تشریح گردید، با توجه به اینکه واحدهای نیروگاه های بخاری تفاوت های زیادی با یکدیگر دارند، نمی توان زمان مشخصی برای فرایند افزایش عمر که قابل استفاده برای تمامی واحدها باشد، مشخص نمود و هر واحد بسته به تاریخچه بهره برداری، نوع اجزاء، مکانیزم های شکست و یا خرابی، درجه خرابی فعلی، نرخ افزایش خرابی و ... زمان متفاوتی برای افزایش عمر نیاز دارد. بنابراین در ترسیم نقشه راه افزایش عمر نیروگاه های بخاری، زمان بندی ارائه نشده است.



شکل ۱ رهنگاشت افزایش عمر واحدهای F9 و V94.2

نقشه راه توسعه فناوری افزایش عمر نیروگاه های گازی



شکل ۲ رهنگاشت افزایش عمر واحدهای بخاری



## ۲-۵- نحوه تقسیم کار ملی

پس از شناسایی پروژه‌ها، ارائه زمانبندی طرح‌های توسعه فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور، 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. شکل زیر نمایی از تقسیم کار ملی توسعه فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور را نشان می‌دهد.



شکل ۳ ساختار اجرایی در سطح ملی

روابط بین نهادها به شرح زیر می‌باشد:

• در بخش سیاست‌گذاری و تسهیل و تنظیم‌گری:

✓ مدیریت طرح‌های توسعه حوزه افزایش عمر نیروگاه‌ها در وزارت نیرو (پیشنهاد شده):

▪ کمیته راهبری (متشکل از سازمان مرکزی وزارت نیرو، بخش تولید شرکت توانیر، شرکت‌های

برق منطقه‌ای، دانشگاه‌های فعال در حوزه افزایش عمر نیروگاه‌ها، و ...

✓ مرکز مدیریت و توسعه فناوری افزایش عمر نیروگاه‌ها

• در بخش پژوهش و فناوری:

✓ پژوهشگاه نیرو

✓ شرکت مپنا

✓ شرکت تعمیرات نیروگاهی

✓ دانشگاهها و شرکت‌های دانش بنیان

• در بخش اجرایی و صنعتی:

✓ شرکت توانیر

✓ شرکت‌های پیمانکاری

✓ شرکت‌های تولید برق/نیروگاهها

## ۲-۶- تعیین نهادهای مجری طرحها

در جداول زیر نهادهای مجری هر یک از طرحها در جهت توسعه فناوری ارائه گردیده است.

جدول ۳ نهادهای مجری طرحهای افزایش عمر واحدهای گازی

ردیف	اقدامات فنی	پروژه‌ها	مجری
۱	افزایش عمر واحدهای V94.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سال ۹۴</li> <li>○ ۷ واحد V94.2</li> <li>• سال ۹۵</li> <li>○ صفر</li> </ul>	مرکز مدیریت و توسعه فناوری افزایش عمر نیروگاهها

مجرى	پروژه ها	اقدامات فنى	ردیف
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سال ۹۶</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۹۷</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۹۸</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۹۹</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۰۰</li> <li>○ ۵ واحد V94.2</li> <li>• سال ۰۱</li> <li>○ ۵ واحد V94.2</li> <li>• سال ۰۲</li> <li>○ ۵ واحد V94.2</li> <li>• سال ۰۳</li> <li>○ ۷ واحد V94.2</li> <li>• سال ۰۴</li> <li>○ ۱۰ واحد V94.2</li> </ul>		
مرکز مدیریت و توسعه فناوری افزایش عمر نیروگاه ها	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سال ۹۴</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>• سال ۹۵</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>• سال ۹۶</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>• سال ۹۷</li> <li>○ ۷ واحد F9</li> <li>• سال ۹۸</li> <li>○ صفر</li> <li>• سال ۹۹</li> </ul>	افزایش عمر واحدهای F9	۲

ردیف	اقدامات فنی	پروژه ها	مجری
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>● سال ۰۰</li> <li>○ صفر</li> <li>● سال ۰۱</li> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>● سال ۰۲</li> <li>○ ۲ واحد F9</li> <li>● سال ۰۳</li> <li>○ صفر</li> <li>● سال ۰۴</li> <li>○ صفر</li> </ul>	

جدول ۴ نهادهای مجری طرح های افزایش عمر واحدهای بخاری

ردیف	اقدامات فنی	پروژه ها	مجری
۱	بررسی موضوعات و مسائل برنامه ریزی	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ استخراج و تحلیل مسایل و موضوعات سیستم</li> <li>○ گردآوری اطلاعات سیستم</li> <li>○ مزایای افزایش عمر</li> <li>○ هزینه های افزایش عمر</li> <li>○ طرح ریزی برنامه افزایش</li> <li>○ طول عمر ریسک ها و سایر ملاحظات</li> </ul>	مرکز توسعه فناوری بهره برداری، نگهداری و تعمیرات پژوهشگاه نیرو
۲	برنامه ریزی تخمین عمر	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ گردآوری داده های نیروگاه</li> <li>○ سایر منابع اطلاعات تجهیزات</li> <li>○ رویه رتبه بندی تجهیزات</li> <li>○ اولویت تجهیزات</li> <li>○ برنامه زمانی و هزینه اولیه نیروگاه</li> </ul>	مرکز توسعه فناوری بهره برداری، نگهداری و تعمیرات پژوهشگاه نیرو

ردیف	اقدامات فنی	پروژه ها	مجری
۳	اجرای افزایش عمر	○ تعیین عوامل موردنیاز برای روند ارزیابی تخمین عمر نیروگاه	مرکز توسعه فناوری بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات پژوهشگاه نیرو

## ۷-۲- شناسنامه طرح‌های افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی

### ۷-۲-۱- شناسنامه طرح افزایش عمر واحدهای گازی

#### ○ شناسنامه طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی V.94.2

##### عنوان طرح: افزایش عمر واحدهای نیروگاهی V.94.2

##### معرفی طرح:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای واحدهای نیروگاهی V.94-2 موجود که عمر آن‌ها به پایان رسیده است پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

##### مراحل اصلی:

##### نیروگاه‌های دولتی

۱. برگزاری مناقصات عمومی میان پیمانکاران داخلی
۲. انتخاب پیمانکاران اصلی متناسب با نوع نیروگاه‌ها
۳. اجرای طرح‌های افزایش عمر در افق زمانی

##### نیروگاه‌های خصوصی

۱. تنظیم مشوق‌های لازم جهت ترغیب بخش خصوصی به اجرای طرح‌های افزایش عمر
۲. تنظیم جداول و بازه زمانی خروج نیروگاه‌ها برای اجرای طرح‌های افزایش عمر

##### معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

سیاست‌گذار: معاونت برق و انرژی وزارت نیرو/ مدیریت طرح‌های افزایش عمر نیروگاه‌های حرارتی

پیمانکاران

مشاور

کارفرما

شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)
زمان: ۱۰ سال		هزینه: ۴۰۹,۵۰۰,۰۰۰ دلار

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۲ واحد توربین V.94.2 نیروگاه سلیمی

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۲ واحد توربین V.94-2 نیروگاه سلیمی پیاده‌سازی می‌شود.

#### سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)
زمان: ۶۵ روز (به ازای هر واحد)		هزینه: ۲۱,۰۰۰,۰۰۰ دلار

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۵ واحد توربین V.94.2 نیروگاه سیکل ترکیبی گیلان

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۵ واحد توربین V.94-2 نیروگاه سیکل ترکیبی گیلان پیاده‌سازی می‌شود.

#### سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)
زمان: ۶۵ روز (به ازای هر واحد)		هزینه: ۵۲,۵۰۰,۰۰۰ دلار

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۸ واحد توربین V.94.2 نیروگاه کرمان

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۸ واحد توربین V.94-2 نیروگاه کرمان پیاده‌سازی می‌شود.

#### سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات)

نیروگاهی و ...)		
هزینه: ۸۴,۰۰۰,۰۰۰ دلار	زمان: ۶۵ روز (به ازای هر واحد)	

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۴ واحد توربین V.94.2 نیروگاه کازرون

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۴ واحد توربین V.94-2 نیروگاه کازرون پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما
شرکت‌های خصوصی (مینا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۴۲,۰۰۰,۰۰۰ دلار	زمان: ۶۵ روز (به ازای هر واحد)	

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۱۲ واحد توربین V.94.2 نیروگاه دماوند

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۱۲ واحد توربین V.94-2 نیروگاه دماوند پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما
شرکت‌های خصوصی (مینا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۱۲۶,۰۰۰,۰۰۰ دلار	زمان: ۶۵ روز (به ازای هر واحد)	

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۵ واحد توربین V.94.2 نیروگاه جنوب اصفهان

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۵ واحد توربین V.94-2 نیروگاه جنوب اصفهان پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما

شرکت های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۵۲,۵۰۰,۰۰۰ دلار		زمان: ۶۵ روز (به ازای هر واحد)

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۲ واحد توربین V.94.2 نیروگاه سنندج

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۲ واحد توربین V.94-2 سنندج پیاده سازی می شود.

سبک اکتساب: بهره گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما
شرکت های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۱,۰۰۰,۰۰۰ دلار		زمان: ۶۵ روز (به ازای هر واحد)

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۱ واحد توربین V.94.2 نیروگاه شیروان

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۱ واحد توربین V.94-2 شیروان پیاده سازی می شود.

سبک اکتساب: بهره گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما
شرکت های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۱۰,۵۰۰,۰۰۰ دلار		زمان: ۶۵ روز (به ازای هر واحد)

## ○ شناسنامه طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی F9

### عنوان طرح: افزایش عمر واحدهای نیروگاهی F9

#### معرفی طرح:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای واحدهای نیروگاهی F9 موجود که عمر آنها به پایان رسیده است پیاده سازی می شود.



## عنوان طرح: افزایش عمر واحدهای نیروگاهی F9

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

مراحل اصلی:

نیروگاه‌های دولتی

۱. برگزاری مناقصات عمومی میان پیمانکاران داخلی
۲. انتخاب پیمانکاران اصلی متناسب با نوع نیروگاه‌ها
۳. اجرای طرح‌های افزایش عمر در افق زمانی

نیروگاه‌های خصوصی

۱. تنظیم مشوق‌های لازم جهت ترغیب بخش خصوصی به اجرای طرح‌های افزایش عمر
۲. تنظیم جداول و بازه زمانی خروج نیروگاه‌ها برای اجرای طرح‌های افزایش عمر

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

سیاست‌گذار: معاونت برق و انرژی وزارت نیرو / مدیریت طرح‌های افزایش عمر نیروگاه‌های حرارتی

کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)
زمان: ۱۰ سال	هزینه: ۲۰۴,۰۰۰,۰۰۰ دلار	

## عنوان پروژه: افزایش عمر ۶ واحد توربین F9 نیروگاه سیکل ترکیبی منتظر قائم

معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۶ واحد توربین F9 سیکل ترکیبی منتظر قائم پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)
زمان: ۷۵ روز (به ازای هر واحد)	هزینه: ۳۶,۰۰۰,۰۰۰ دلار	

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۶ واحد توربین F9 نیروگاه سیکل ترکیبی شهید رجایی

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۶ واحد توربین F9 سیکل ترکیبی شهید رجایی پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما
شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۳۶,۰۰۰,۰۰۰ دلار		زمان: ۷۵ روز (به ازای هر واحد)

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۲ واحد توربین F9 نیروگاه سیکل ترکیبی شریعتی

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۲ واحد توربین F9 سیکل ترکیبی شریعتی پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما
شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۱۲,۰۰۰,۰۰۰ دلار		زمان: ۷۵ روز (به ازای هر واحد)

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۶ واحد توربین F9 نیروگاه سیکل ترکیبی فارس

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۶ واحد توربین F9 سیکل ترکیبی فارس پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما
شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۳۰,۰۰۰,۰۰۰ دلار		زمان: ۷۵ روز (به ازای هر واحد)

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۶ واحد توربین F9 نیروگاه سیکل ترکیبی نیشابور

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۶ واحد توربین F9 سیکل ترکیبی نیشابور پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)
زمان: ۷۵ روز (به ازای هر واحد)		هزینه: ۳۶,۰۰۰,۰۰۰ دلار

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۲ واحد توربین F9 نیروگاه سیکل ترکیبی خوی

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۲ واحد توربین F9 سیکل ترکیبی منتظر قائمخوی پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)
زمان: ۷۵ روز (به ازای هر واحد)		هزینه: ۱۲,۰۰۰,۰۰۰ دلار

### عنوان پروژه: افزایش عمر ۲ واحد توربین F9 نیروگاه سیکل ترکیبی یزد

#### معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۲ واحد توربین F9 سیکل ترکیبی یزد پیاده‌سازی می‌شود.

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

کارفرما	مشاور	پیمانکاران
شرکت تولید برق حرارتی	شرکت‌های ذی صلاح مهندسی مشاور	شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)
زمان: ۷۵ روز (به ازای هر واحد)		هزینه: ۱۲,۰۰۰,۰۰۰ دلار

## عنوان پروژه: افزایش عمر ۴ واحد توربین F9 نیروگاه آبادان

## معرفی پروژه:

در این طرح با استفاده از ظرفیت پیمانکاری داخلی، طرح افزایش عمر برای ۴ واحد توربین F9 نیروگاه آبادان پیاده‌سازی می‌شود.

## سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

پیمانکاران	مشاور	کارفرما
شرکت‌های خصوصی (مپنا، تعمیرات نیروگاهی و ...)	شرکت‌های ذی‌صلاح مهندسی مشاور	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۴,۰۰۰,۰۰۰ دلار		زمان: ۷۵ روز (به ازای هر واحد)

## ۲-۷-۲- شناسنامه طرح افزایش عمر واحدهای بخاری

## عنوان طرح کلان: افزایش عمر واحدهای نیروگاهی بخاری قدیمی

## معرفی طرح:

در این طرح، تمامی نیروگاه‌های بخاری قدیمی کشور بر اساس فرایندی مشخص که در بخش‌های قبلی این گزارش به آن اشاره شده است، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و عمر باقیمانده نیروگاه و قطعات آن احصاء شده و متناسب با وضعیت نیروگاه، اقدامات مقتضی انجام خواهد گردید.

## سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

مراحل اصلی	هزینه (میلیون ریال)
بررسی موضوعات و مسائل برنامه ریزی	۲۵۰۰
برنامه ریزی تخمین عمر	۲۲۵۰
اجرای افزایش عمر	۱۰۰۰

## معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

مجری	ناظر	همکاران
شرکت تولید برق حرارتی	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکت‌های برق منطقه ای و شرکت‌های مدیریت تولید، شرکت‌های تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران
زمان: با توجه به وضعیت نیروگاه‌ها زمان متغیر است.		هزینه: ۵۷۵۰ میلیون ریال

○ شناسنامه اقدامات زیر طرح بررسی موضوعات و مسائل برنامه‌ریزی

## عنوان زیر طرح: بررسی موضوعات و مسائل برنامه ریزی

## سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

## مراحل اصلی

- استخراج و تحلیل مسایل و موضوعات سیستم
- گردآوری اطلاعات سیستم
- مزایای افزایش عمر
- هزینه‌های افزایش عمر
- طرح ریزی برنامه افزایش طول عمر ریسک‌ها و سایر ملاحظات

### عنوان زیر طرح: بررسی موضوعات و مسائل برنامه ریزی

#### معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۵۰۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

### عنوان پروژه: استخراج و تحلیل مسایل و موضوعات سیستم

#### سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- فرموله کردن (یا تأیید کردن) اینکه کدام گروه‌ها یا پارامترها در سودمندی فعالیت‌های افزایش طول عمر نقش ایفا می‌کنند.
- انجام دادن (یا مرور کردن) اهداف یکپارچه‌سازی برای افزایش عمر.
- تعیین عوامل افزایش طول عمر
- انتخاب زمان‌بندی برنامه افزایش طول عمر، به عنوان برنامه نهایی و یا مرحله‌ای
- در نظر گرفتن اینکه آیا ارتقا تجهیزات می‌تواند بخشی از پروسه افزایش عمر باشد یا خیر.
- تعیین اینکه چه مقداری از اهداف برنامه افزایش عمر باید بر روی ویژگی‌های اصلی کارایی سیستم تمرکز کند؛ شامل دسترسی، نرخ حرارت، قابلیت اطمینان و سیکل.
- بررسی اینکه چطور برنامه‌های افزایش عمر با طرح تولید برق سیستم به طور یکپارچه عمل نمایند.
- تعیین الویت‌ها برای عمر مورد نظر تجهیزات نوسازی شده
- در نظر گرفتن هزینه تمامی اجزا به عنوان بخشی از برنامه افزایش طول عمر
- تعیین تمامی اهداف محیط زیستی که باید در برنامه افزایش عمر لحاظ گردد.
- لحاظ کردن سایر اهداف با توجه به نیازهای خاص سودآوری
- انتخاب ضوابط برای رتبه‌بندی واحدها و تعیین واحدهای مطلوب برای ملاحظات افزایش طول عمر
- مرور برنامه‌های قبلی افزایش طول عمر و بررسی دقیق موفقیت‌ها و قابلیت‌های اجرایی آنها
- پیاده‌سازی اهداف، زمان‌بندی و منابع قابل دسترسی برای مطالعه طرح اولیه و اصلاح طرح برنامه
- مرور سیستم‌های اطلاعاتی و برنامه‌های اولیه برای حصول اطمینان از اینکه سیستم‌های کافی برای اجرای برنامه‌های آتی افزایش عمر در دسترس می‌باشد.
- مشخص کردن گزینه‌های کنترل زیست محیطی

#### معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

### عنوان پروژه: استخراج و تحلیل مسایل و موضوعات سیستم

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۱۰۰۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

### عنوان پروژه: گردآوری اطلاعات سیستم (بخش ii فلوجارت، شکل ۱-۲)

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- جمع‌آوری اطلاعات بازدهی و هزینه از واحدهای تولید برق موجود
- گردآوری اطلاعات هزینه‌ها، موجودی سیستم، نیازها و بازدهی
- یکپارچه‌سازی داده‌های قبلی و اطلاعات موجود برای دستیابی به آگاهی از افزایش عمر و پیش‌بینی سیستم آینده و فعالیت‌های مورد نیاز

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۵۰۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

### عنوان پروژه: مزایای افزایش عمر (بخش ii فلوجارت، شکل ۱-۲)

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- تعیین مزایای افزایش طول عمر برای یک سیستم و یا یک نیروگاه مشخص، مربوط به اهداف برنامه افزایش طول عمر

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

### عنوان پروژه: مزایای افزایش عمر (بخش ii فلوچارت، شکل ۲-۱)

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۵۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

### عنوان پروژه: هزینههای افزایش عمر (باکس iv فلوچارت، شکل ۲-۱)

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- تعیین کردن اطلاعات مربوط به مقدار هزینه‌ها که برای مطالعات طراحی اولیه مورد نیاز خواهد بود. همچنین تعیین کلیه هزینه‌های برنامه افزایش طول عمر.

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۵۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

### عنوان پروژه: طرح ریزی برنامه افزایش طول عمر (بخش v فلوچارت، شکل ۲-۱)

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- آماده‌سازی مطالعات طرح‌ریزی اولیه یا مرور طرح برنامه، شامل رتبه‌بندی واحدها، تخمین هزینه و برنامه.

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید،	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی



### عنوان پروژه: طرح ریزی برنامه افزایش طول عمر (بخش ۷ فلوچارت، شکل ۱-۲)

شرکت‌های تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران

هزینه: ۲۵۰ میلیون ریال

زمان: با توجه به وضعیت نیروگاه‌ها زمان متغیر است.

### عنوان پروژه: ریسک‌ها و سایر ملاحظات

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- محاسبه ریسک‌ها و عوامل عدم قطعیت برنامه افزایش عمر
- لیست کردن اقدامات لازم برای مرور اولیه برنامه بعدی

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکت‌های برق منطقه ای و شرکت‌های مدیریت تولید، شرکت‌های تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۵۰ میلیون ریال		زمان: با توجه به وضعیت نیروگاه‌ها زمان متغیر است.

- شناسنامه اقدامات زیر طرح برنامه ریزی تخمین عمر

### عنوان زیر طرح: برنامه ریزی تخمین عمر

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- گردآوری داده های نیروگاه
- سایر منابع اطلاعات تجهیزات
- رویه رتبه‌بندی تجهیزات
- اولویت تجهیزات
- برنامه زمانی و هزینه اولیه نیروگاه
- تعیین عوامل موردنیاز برای روند ارزیابی تخمین عمر نیروگاه

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

عنوان زیر طرح: برنامه ریزی تخمین عمر		
همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۲۵۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

عنوان پروژه: گردآوری داده های نیروگاه (بخش vii فلوچارت، شکل ۱-۳)
سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی
مراحل اصلی
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ لیست کردن تمامی سیستم‌های اصلی در نیروگاه و تقسیم آن‌ها به اجزا ۱</li> <li>○ محاسبه شرایط قبلی و فعلی واحد و اجزای کلیدی آن، و نیز بررسی ویژگی‌های عملیاتی فعلی با استفاده از داده‌های نیروگاه</li> </ul>

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۱۰۰۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

عنوان پروژه: سایر منابع اطلاعات تجهیزات (بخش viii فلوچارت، شکل ۱-۳)		
سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی		
مراحل اصلی		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ بررسی سایر منابع اطلاعات تجهیزات با رکوردهای ثبت شده در هنگام نیاز</li> </ul>		
معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح		

### عنوان پروژه: سایر منابع اطلاعات تجهیزات (بخش VIII فلوجارت، شکل ۳-۱)

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۵۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

### عنوان پروژه: رویه رتبه‌بندی تجهیزات (بخش IX فلوجارت، شکل ۳-۱)

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

○ انتخاب یک رویه رتبه‌بندی تجهیزات

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۲۵۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

### عنوان پروژه: اولویت تجهیزات (بخش X فلوجارت، شکل ۳-۱)

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

○ تدوین اولویت اولیه تجهیزات

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکتهای برق منطقه ای و شرکتهای مدیریت تولید، شرکتهای تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی

### عنوان پروژه: اولویت تجهیزات (بخش X فلوچارت، شکل ۳-۱)

زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است. هزینه: ۲۵۰ میلیون ریال

### عنوان پروژه: برنامه زمانی و هزینه اولیه نیروگاه (بخش XI فلوچارت، شکل ۳-۱)

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- تدوین برنامه اولیه و هزینه‌های پروژه برای افزایش طول عمر واحد و استفاده از اطلاعات برای اصلاح برنامه یکپارچه‌سازی تا حد نیاز.

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکت‌های برق منطقه ای و شرکت‌های مدیریت تولید، شرکت‌های تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۵۰۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

- شناسنامه اقدامات زیر طرح اجرای افزایش عمر

### عنوان زیر طرح: اجرای افزایش عمر

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- تعیین عوامل موردنیاز برای روند ارزیابی تخمین عمر نیروگاه

معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکت‌های برق منطقه ای و شرکت‌های مدیریت تولید، شرکت‌های تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۱۰۰۰ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاهها زمان متغیر است.	

### عنوان پروژه: تعیین عوامل موردنیاز برای روند ارزیابی تخمین عمر نیروگاه

سبک اکتساب: بهره‌گیری از توانمندی داخلی

#### مراحل اصلی

- تعیین نوع اجزا
- تعیین مواد به کار رفته در تجهیزات
- تعیین رژیم‌های عملیاتی
- تعیین مکانیزم‌های شکست و یا خرابی
- استخراج سابقه خرابی
- مشخص نمودن زمان‌های تعمیر
- مشخص نمودن هزینه‌های نوسازی
- تعیین درجه خرابی فعلی در اجزا
- تعیین نرخ افزایش خرابی
- تعیین درجه خرابی لازم برای شکست
- استخراج مکانیزم‌های خرابی اجزا و تحلیل تفاوت‌های احتمالی

#### معیار پذیرش: تأیید خبرگان و تأیید ناظر طرح

همکاران	ناظر	مجری
پژوهشگاه نیرو، با همکاری شرکت تولید برق حرارتی، شرکت‌های برق منطقه ای و شرکت‌های مدیریت تولید، شرکت‌های تخصصی مانند مپنا و تعمیرات نیروگاهی ایران	کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی	شرکت تولید برق حرارتی
هزینه: ۱ میلیون ریال	زمان: با توجه به وضعیت نیروگاه‌ها زمان متغیر است.	

### ۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کلی گزارش

در این گزارش به عنوان فاز پنجم 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. 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.

## 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. روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی. تهران : در دست چاپ، ۱۳۹۲.
- [6] <http://2rooznameh.ir/index/index.php/>

## فهرست مطالب

- ۱- مرور ادبیات: مفاهیم تدوین برنامه ارزیابی..... ۱
- ۱-۱- مقدمه ..... ۱
- ۲-شناسایی شاخص‌های ارزیابی ..... ۲
- ۳-برنامه به‌روزرسانی و بازنگری طرح توسعه فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور ..... ۳
- ۳-۱- مقدمه ..... ۳
- ۳-۲- سازوکار ارزیابی ..... ۳
- ۳-۳- برنامه ارزیابی سالانه ..... ۴
- ۳-۴- شاخص‌های کلیدی ..... ۸
- ۴-برنامه به‌روزرسانی و بازنگری طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی ..... ۹
- ۴-۱- مقدمه ..... ۹
- ۴-۲- سازوکار بازنگری طرح افزایش عمر ..... ۹
- ۵-جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ..... ۱۱
- مراجع ..... ۱۲

## فهرست جداول

- جدول ۱- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال اول..... ۴
- جدول ۲- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال دوم..... ۴
- جدول ۳- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال سوم..... ۵
- جدول ۴- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال چهارم..... ۵
- جدول ۵- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال پنجم..... ۵
- جدول ۶- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال ششم..... ۶
- جدول ۷- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال هفتم..... ۶
- جدول ۸- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال هشتم..... ۶
- جدول ۹- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال نهم..... ۷
- جدول ۱۰- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال دهم..... ۷
- جدول ۱۱- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال یازدهم..... ۷
- جدول ۱۲- شاخص‌های کلیدی..... ۸



## 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

شاخص‌های ارزیابی دلالت بر شاخص‌هایی دارند که به منظور پایش و نظارت بر روند پیشرفت مطالعات و پروژه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با فناوری‌های حوزه توسعه فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور تعریف شده‌اند. شاخص کلیدی ارزیابی، شاخص عمر مفید باقیمانده واحدهای نیروگاهی است که در فاز اول فرمول محاسبه آن با در نظر گرفتن کارکرد نیروگاه بر حسب سال و با لحاظ کردن ضریب بهره برداری ارائه گردیده است.

همچنین با توجه به جنس پروژه‌های تعریف شده در این سند شاخص ارزیابی این است که آیا افزایش عمر در واحدهایی که در نقشه راه مشخص گردیده اند انجام شده است یا خیر؟ بر اساس این شاخص هر سال باید میزان افزایش عمر واحدهای نیروگاهی طبق نقشه راه تعیین شده ارزیابی گردد و در صورت نیاز نقشه راه مورد بازبینی و اصلاح قرار گیرد.

### ۳- برنامه به روزرسانی و بازنگری طرح توسعه فناوری های افزایش عمر

#### نیروگاه های قدیمی کشور

##### ۳-۱- مقدمه

پس از تعیین شاخص ارزیابی سالانه، حال نوبت آن است تا مکانیزم ارزیابی و بروزرسانی سند مشخص شود. در ادامه این ساز و کار تشریح می گردد.

##### ۳-۲- سازوکار ارزیابی

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 بازنگری های احتمالی جهت رفع موانع پیش روی توسعه فناوری های افزایش عمر نیروگاه های قدیمی کشور می باشد.

به عبارت دیگر می بایست پس از هر سال با توجه به اینکه افزایش عمر در واحدهای پیش بینی شده انجام شده است یا خیر، در زمان بندی کار به روزرسانی صورت گیرد. به علاوه با پیشرفت برنامه و کسب بازخورهای حیطة اجرا می توان در سیاست های تدوین شده به منظور تسهیل روند اجرایی و پیاده سازی پروژه ها بازنگری هایی صورت گیرد.

برای نیل به این هدف، یک کمیته ای متشکل از نمایندگان وزارت نیرو، صنعت و دانشگاه ها توسط مرکز مدیریت و توسعه فناوری افزایش عمر نیروگاه ها تشکیل خواهد شد. این مرکز به طور سالیانه فعالیت های صورت گرفته را رصد نموده و برنامه نقشه راه را ارزیابی نموده و بروزرسانی کند. اعضای پیشنهادی این کمیته عبارتند از نمایندگان پژوهشگاه نیرو، نماینده وزارت نیرو، توانیر، شرکت مپنا و نمایندگان از دانشگاه هایی که در حوزه افزایش عمر نیروگاه ها به فعالیت و تحقیق مشغول اند.

### ۳-۳- برنامه ارزیابی سالانه

همان طور که در بخش قبل نیز بیان گردید شاخص مورد نیاز برای ارزیابی افزایش عمر نیروگاه ها، تعداد نیروگاه هایی است که در نقشه راه مشخص گردیده اند و باید فرایند افزایش عمر در آن ها صورت پذیرد. در نتیجه با توجه به توان و ظرفیت کشور، برنامه ارزیابی سالانه افزایش عمر واحدهای نیروگاهی به صورت زیر تعیین می گردد. به عنوان مثال در پایان سال صفر (سال ۹۴) باید ۷ واحد V94,2 و ۷ واحد F9 تعمیر گردند و چنانچه افزایش عمر در این واحدها صورت نگیرد، برنامه مجدداً بازبینی و اصلاح گردد.

جدول ۱- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال اول

نوع شاخص	عنوان شاخص
ساختاری	تأسیس نهادهای پیشنهادی: ✓ مدیریت راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی ✓ کمیته راهبری افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی
عملیاتی	آغاز پروژه: ✓ افزایش عمر ۷ واحد V94.2 ✓ افزایش عمر ۷ واحد F9 پایان پروژه: ✓ افزایش عمر ۷ واحد V94.2 ✓ افزایش عمر ۷ واحد F9
تحلیل وضعیت	✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر

جدول ۲- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال دوم

نوع شاخص	عنوان شاخص
عملیاتی	آغاز پروژه: ✓ افزایش عمر ۷ واحد F9 پایان پروژه: ✓ افزایش عمر ۷ واحد F9

عنوان شاخص	نوع شاخص
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۳- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال سوم

عنوان شاخص	نوع شاخص
<p>آغاز پروژه:</p> <p>✓ افزایش عمر ۷ واحد F9</p> <p>پایان پروژه:</p> <p>✓ افزایش عمر ۷ واحد F9</p>	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۴- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال چهارم

عنوان شاخص	نوع شاخص
<p>آغاز پروژه:</p> <p>✓ افزایش عمر ۷ واحد F9</p> <p>پایان پروژه:</p> <p>✓ افزایش عمر ۷ واحد F9</p>	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۵- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال پنجم

عنوان شاخص	نوع شاخص
<p>آغاز پروژه:</p> <p>✓ -</p> <p>پایان پروژه:</p> <p>✓ -</p>	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۶- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال ششم

عنوان شاخص	نوع شاخص
آغاز پروژه: ✓ افزایش عمر ۲ واحد F9 پایان پروژه: ✓ افزایش عمر ۲ واحد F9	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۷- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال هفتم

عنوان شاخص	نوع شاخص
آغاز پروژه: ✓ افزایش عمر ۵ واحد V94.2 پایان پروژه: ✓ افزایش عمر ۵ واحد V94.2	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۸- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال هشتم

عنوان شاخص	نوع شاخص
آغاز پروژه: ✓ افزایش عمر ۵ واحد V94.2 ✓ افزایش عمر ۲ واحد F9 پایان پروژه: ✓ افزایش عمر ۵ واحد V94.2 ✓ افزایش عمر ۲ واحد F9	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۹- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال نهم

عنوان شاخص	نوع شاخص
آغاز پروژه: ✓ افزایش عمر ۵ واحد V94.2 ✓ افزایش عمر ۲ واحد F9 پایان پروژه: ✓ افزایش عمر ۵ واحد V94.2 ✓ افزایش عمر ۲ واحد F9	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۱۰- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال دهم

عنوان شاخص	نوع شاخص
آغاز پروژه: ✓ افزایش عمر ۷ واحد V94.2 پایان پروژه: ✓ افزایش عمر ۷ واحد V94.2	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

جدول ۱۱- برنامه ارزیابی پیشرفت طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی قدیمی در سال یازدهم

عنوان شاخص	نوع شاخص
آغاز پروژه: ✓ افزایش عمر ۱۰ واحد V94.2 پایان پروژه: ✓ افزایش عمر ۱۰ واحد V94.2	عملیاتی
✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	تحلیل وضعیت

### ۳-۴- شاخص‌های کلیدی (چشم‌انداز، اهداف کلان، تعیین وضعیت، عملیاتی)

در بخش قبل شاخص‌های ارزیابی وضعیت پیاده‌سازی سند ارائه شده است، اما از میان شاخص‌های ذکر شده برخی از شاخص‌ها از اهمیت بالاتری برخوردارند، به طوری که عدم تحقق آن‌ها به معنی عدم تحقق کل برنامه می‌باشد. در این سند شاخص‌های کلیدی در قالب جدول ذیل اشاره شده‌اند.

جدول ۱۲- شاخص‌های کلیدی

نوع شاخص	عنوان شاخص	اندازه شاخص
چشم‌انداز و اهداف	✓ عمر باقیمانده واحدهای نیروگاهی کشور	بزرگتر از صفر
تعیین وضعیت	✓ تعداد واحدهای نیازمند افزایش عمر	صفر
عملیاتی	✓ تعداد پروژه‌های افزایش عمر اجرا شده	✓ در حوزه توربین‌های گازی حداقل ۶۰ توربین ✓ در حوزه بخار حداقل ۴۰۰۰ مگاوات



## ۴- برنامه به روزرسانی و بازنگری طرح افزایش عمر واحدهای نیروگاهی

### قدیمی

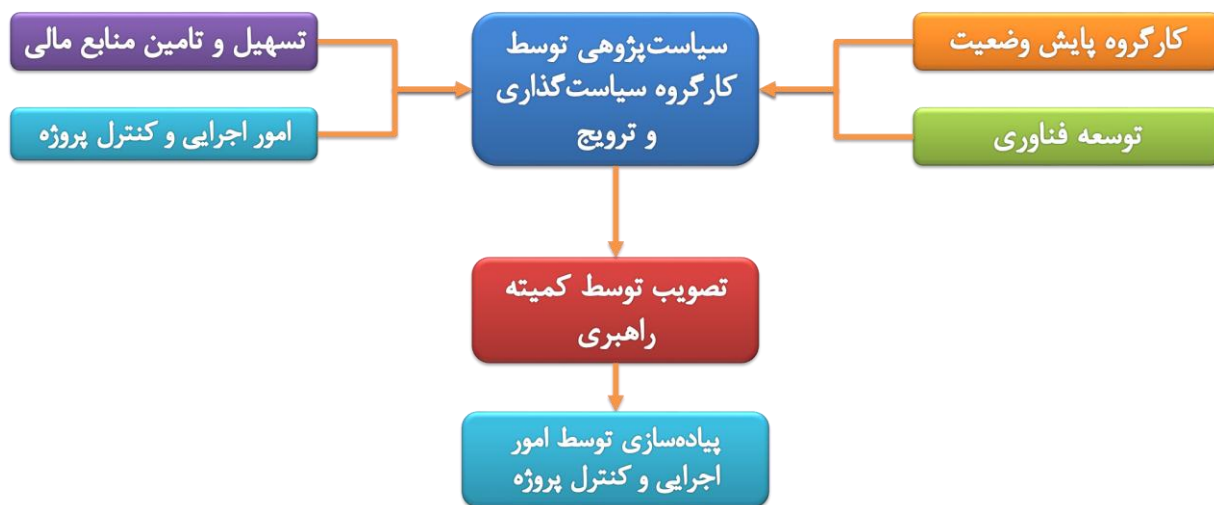
#### ۴-۱- مقدمه

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 براساس شاخص افزایش عمر تحقق یافته در سطح نیروگاههای کشور، نیازمند نظارت و کنترل سالیانه و بازنگریهای احتمالی جهت رفع موانع پیش روی افزایش عمر نیروگاهها می باشد.

به عبارت دیگر می بایست پس از هر سال با توجه به میزان پیشرفت برنامه اجرایی طرحها و برنامههای تحقیق و توسعه، در زمانبندی کار به روزرسانی صورت گیرد و همچنین با توجه به وضعیت فناوریها از حیث جذابیت آنها و روش اکتساب آنها، اولویتها و ارکان جهت ساز بازبینی شده و در صورت لزوم بازنگری در آنها انجام شود. به علاوه با پیشرفت برنامه و کسب بازخورهای حیطة اجرا می توان در سیاستهای تدوین شده به منظور تسهیل روند اجرایی و پیاده سازی پروژهها بازنگریهایی صورت گیرد.

#### ۴-۲- سازوکار بازنگری طرح افزایش عمر

برای نیل به هدف فوق الذکر، کارگروه سیاست گذاری و ترویج می بایست سالانه با هماهنگی کارگروههای دیگر، اقدام به سیاست پژوهش و بازنگری سند طرح افزایش عمر نماید و نتایج کار را مورد تأیید و تصویب کمیته راهبری نماید. سپس کارگروه امور اجرایی و کنترل مسئولیت اجرا و پیاده سازی آن را برعهده گیرد.



شکل ۱- مکانیزم بروز رسانی و بازنگری طرح افزایش عمر

## ۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این گزارش ضمن بیان مفاهیم مربوط به موضوع ارزیابی و پایش پیشرفت برنامه راهبردی، به شناسایی شاخص مناسب برای ارزیابی، کنترل و نظارت بر روند پیشرفت برنامه راهبردی توسعه فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور پرداخته شد.

در پایان برنامه ارزیابی سالیانه پروژه مشخص شده و بیان گردید کمیته‌ای متشکل از نمایندگان وزارت نیرو، صنعت و دانشگاه توسط مرکز توسعه فناوری‌های افزایش عمر نیروگاه‌های قدیمی کشور تشکیل می‌شود و میزان افزایش عمر واحدهای نیروگاهی را مورد ارزیابی قرار داده و برنامه‌ها را بروز رسانی می‌کنند. همچنین دوره‌ی زمانی لازم برای به‌روزرسانی زمانبندی 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. *روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی*. تهران : در دست چاپ، ۱۳۹۲.
- [6] <http://2rooznameh.ir/index/index.php/>